

Société p.18

Dépendance aux écrans : le cerveau sous influence

Santé p.35

Sport de haut niveau : chronique d'une blessure annoncée

EDIWALL





ÉDITO



Comme un Rubik's Cube: tenter de remettre de l'ordre

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

Atari, disquette, vidéocassette, walkman, Gameboy, Minitel, téléphone à cadran rotatif avec son écouteur... si vous ne le saviez pas, je suis née dans les années 80 ! Les enfants ont réalisé il n'y a pas si longtemps que leurs parents ont connu un monde où on se parlait de vive voix, où on allait à la bibliothèque pour trouver de la documentation, où on allait au magasin de chaussures et qu'on y passait 3 heures pour choisir une paire qui devait tenir toute l'année sans avoir aucune idée au préalable de ce qu'on allait trouver, où on a connu la magie du Fax pour s'envoyer des mots, où on tombait sur la Mire quand il n'y avait plus rien à la télé (cathodique mais en couleur tout de même !). Si nous, Génération X, sommes nés et avons grandi en même temps qu'Internet, nos parents, eux, étaient déjà des adultes accomplis. Dans le domaine des nouvelles technologies, ils ont dû tout découvrir, apprendre, expérimenter. C'était un autre monde pour eux. Pour les générations suivantes Y et Z, c'est tout le contraire. Ils ne connaîtront jamais le monde «d'avant». Pour les jeunes d'aujourd'hui, c'est même inconcevable d'imaginer une vie sans le Web et surtout, sans les réseaux sociaux ! Si chaque génération a ses propres usages du Web et ses défis respectifs, une chose est sûre: la majorité des personnes, tous âges et tous milieux confondus (en tous cas dans notre société

occidentale), passe énormément de temps sur un écran, plus trop de télé, mais de smartphone, d'ordinateur ou de tablette. C'est vrai, ces petits bijoux technologiques sont rentrés dans nos vies quotidiennes pour y rester et même devenir indispensables. Ils nous servent à peu près à tout ! Pas étonnant donc que le temps d'écran moyen, à l'échelle mondiale, soit de plus de 6 h par jour... hors activité professionnelle !!!! On évoque plus de 4 h pour les jeunes (sur une plage horaire normalement plus limitée que les adultes puisqu'ils sont à l'école). Sommes-nous tous devenus des «drogués» numériques ? On comprend, vu toutes les fonctionnalités disponibles et même requises, qu'on y passe beaucoup de temps. Mais qu'est-ce qui fait que même lorsque ce n'est pas nécessaire, que l'on pourrait ou devrait faire autre chose, on ne parvient pas à appuyer sur «off» ? Quels sont les mécanismes de cette dépendance «moderne» ? Et surtout, comment s'en défaire et reprendre le contrôle de nous-même ? Prendre conscience, comme moi, de cette question de génération est déjà un premier pas. Des aspects biologiques et de leurs effets sur le cerveau en est un autre. Un certain nombre de réponses sont à découvrir dans les rubriques Internet et Société de ce numéro. Sur papier ou sur écran, je vous souhaite d'enrichissantes lectures ! 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

370

Janvier-Février 2025



- 4 **Actualités** • Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Wall'Innove Tour** • Aerospacelab
- 12 **Technologie** • Smart cities, l'Afrique: un acteur clé ?
- 16 **L'ADN de...** • Dorothée BRIDOUX, Diététicienne
- 18 **Société** • Dépendance aux écrans: le cerveau sous influence
- 22 **Mathématiques** • Le hasard existe-il vraiment ?
- 24 **Dossier** • La mémoire se conjugue au pluriel
- 30 **Colombe** • Aussi barje que *Barje*, elle nous partage son regard acéré sur l'actu scientifique
- 31 **Curiokids** • Le tableau des éléments: à la découverte des briques secrètes de l'univers! (partie 1)
- 35 **Santé** • Sport de haut niveau: chronique d'une blessure annoncée
- 39 **Qui est-ce ?** • Émilie STEINBACH
- 41 **AI** • L'IA dans l'éducation: le travail bien fait
- 45 **Internet** • Le Web à travers les générations: un sacré choc culturel !
- 49 **Chimie** • Et si le CO₂ pouvait nous être utile ?
- 51 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 55 **Physique** • Une centenaire en pleine croissance
- 57 **Tania nous parle de l'Espace** • Vol en apesanteur
- 59 **Les anecdotes spatiales de Tania** • Les secrets (de polichinelle) de l'histoire spatiale
- 60 **Espace** • Protéger les animaux grâce au secteur spatial
- 63 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...



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

PHOTOS : © JEAN-LUC - STOCK.ADOBE.COM (P.4), © PHOTOGRAPHEE.EU - STOCK.ADOBE.COM (P.5), © WHITEHOUSE - STOCK.ADOBE.COM (P.6), © LOTUSBLÛTE17 - STOCK.ADOBE.COM (P.6), © OKSANA - STOCK.ADOBE.COM (P.7), © HUB (P.8), © NOVADIP (P.8)

Les Nobel 2024

Chaque année, au mois d'octobre, l'Académie des Sciences de Suède décerne les prix Nobel à «des personnes qui auront rendu de grands services à l'humanité, permettant une amélioration ou un progrès considérable dans le domaine des savoirs et de la culture.»

Le **Prix de physiologie et de médecine** a été décerné aux Américains Victor Ambros et Gary Ruvkun, pour l'identification d'une voie de contrôle de l'activité des gènes par des micro-ARN. Alors que l'on a longtemps pensé que les gènes étaient contrôlés en amont, au niveau de l'ADN, les 2 chercheurs ont ouvert la voie à un contrôle en aval. Pour le comprendre, il faut voir les gènes comme un code qui va servir à fabriquer des protéines. Le gène est transcrit en ARN messenger, qui sera à son tour traduit en protéine. Les microARN se lient ainsi aux ARNm, empêchant leur lecture et donc leur traduction. Ce mécanisme fondamental du vivant se retrouve dans toutes les cellules animales et végétales, et de nombreux processus en dépendent comme la mémoire ou la formation de tumeurs.

Le **Prix de physique** a été attribué à l'Américain John Hopfield et au Britannique Geoffrey Hinton «pour les découvertes et inventions qui ont permis l'apprentissage automatique grâce à des neurones artificiels». Ces neurones artificiels sont à la base des systèmes d'intelligence artificielle dont on parle le plus aujourd'hui. Dans les années 1980, les 2 chercheurs ont montré qu'un réseau de fonctions mathématiques, reliées entre elles par des connexions plus ou moins fortes, pouvait mémoriser, apprendre, découvrir des motifs... Bref, développer des compétences alors propres aux cerveaux. Ils ont ainsi appliqué les principes de la physique statistique, une science qui décrit les comportements macroscopiques à partir de composants individuels, c'est-à-dire comme un tout qui serait plus que la somme des parties.

Le **Prix de chimie** consacre lui aussi l'intelligence artificielle, et a été décerné au Britannique Demis Hassabis et aux Américains John Jumper et David Baker. Ce dernier a été récompensé «pour la conception computationnelle des protéines», tandis que le duo Hassabis et Jumper a été récompensé «pour la prédiction de la structure des protéines». Les protéines sont les molécules actives du vivant: les enzymes, les récepteurs cellulaires, ainsi que quantité d'hormones. Ces dernières sont formées d'une chaîne de petites molécules qui est alors pliée et repliée dans un enchevêtrement impossible, mais crucial: c'est sa forme qui donne à la protéine sa fonction. Seulement, les biologistes, eux, ont uniquement accès à la composition de la chaîne et non à sa forme. Dans les années 2000, David Baker a contribué à résoudre le problème du repliement de la chaîne d'acides aminés en s'appuyant sur des règles physico-chimiques afin de prédire une forme. Et en 2020, Hassabis et Jumper ont mis au point un algorithme d'intelligence artificielle, *AlphaFold*, capable de prédire la forme de la protéine uniquement à partir de sa séquence d'acides aminés.

Enfin, Daron Acemoglu, Simon Johnson et James Robinson ont reçu le Prix 2024 du jury de la Banque de Suède en hommage à Alfred Nobel (dit **Prix Nobel d'économie**) «pour leurs études sur la façon dont les institutions sont formées et affectent la prospérité.» Grâce à une approche de la croissance non plus strictement mathématique, mais prenant en compte l'histoire et les réalités institutionnelles des économies étudiées, les chercheurs ont montré que les institutions des pays et la présence d'un état de droit stimulent le progrès technique et économique. D'après les auteurs, l'absence d'institutions dans certains pays est due à l'attitude des pays colonisateurs occidentaux qui, dans les endroits inhospitaliers pour eux, se sont contentés de réduire la population en esclavage et d'exporter ses ressources. ^A

L'ACTU DES LABOS

Mieux évaluer les représentations corporelles des personnes autistes

Le terme de représentation corporelle regroupe divers concepts, depuis la perception instinctive de notre corps (même en fermant les yeux, nous sommes capables de toucher le bout de notre nez) jusqu'à des représentations plus construites socialement, comme nos complexes ou nos croyances vis-à-vis de notre apparence. Chez les personnes atteintes d'un trouble autistique, ces représentations corporelles peuvent représenter un véritable challenge, avec des difficultés de coordination spatiale, de conscience de l'espace autour de soi, ou d'intégration sensorielle, au point de perturber de nombreux aspects de leur vie de tous les jours. Pour la première fois, une équipe de chercheurs de l'UNamur a mené une étude holistique de tous les paramètres influant sur les représentations corporelles de personnes atteintes d'un trouble autistique, afin de mieux comprendre leur influence sur leur autonomie et leur qualité de vie. En mêlant questionnaires traditionnels et une analyse de données issues de capteurs corporels comme des montres connectées ou des smartphones, les résultats obtenus devraient aider à la fois les personnes autistes à mieux comprendre leurs représentations corporelles, et les personnes aidantes à mieux calibrer leurs interventions afin de subvenir efficacement à leurs besoins spécifiques. 

► J. Mourad et al. *Sensors*, 2024

Améliorer la motricité des enfants atteints de paralysie

Avec une prévalence de 2 naissances pour 1 000, soit 250 à 300 naissances chaque année en Belgique, la paralysie cérébrale est la cause la plus fréquente de handicap physique. Les causes de cette paralysie sont nombreuses, allant d'une infection de la mère lors de la grossesse à un manque d'oxygène du fœtus lors de l'accouchement. Depuis plusieurs années, les protocoles de détection se sont améliorés, et cette pathologie est prise en compte de plus en plus tôt. Tablant sur la plasticité cérébrale maximale des enfants avant l'âge de 2 ans, la prise en charge des enfants consiste notamment en une activité soutenue visant à développer la motricité des membres paralysés. Une équipe de l'UCLouvain a testé avec succès un nouveau protocole intensif de 50 heures, réparties sur 2 semaines, ciblant particulièrement les enfants atteints de paralysie cérébrale unilatérale, en proposant une approche centrée de façon simultanée sur le tronc et les membres inférieurs et supérieurs. Alors que cette technique a déjà prouvé son efficacité sur les enfants plus âgés, cette étude a démontré son efficacité sur la motricité d'enfants âgés de 6 à 18 mois, avec une plus grande utilisation de la main atteinte par un handicap à la fin de la période de test. 

► A. Carton de Tournai et al. *JAMA Network Open*, 2024



Autonomie et bien-être

Alors que la plupart des études sur la santé et la vieillesse suggèrent que la dégradation des conditions de santé se fait de façon graduelle au cours des années, des chercheurs de l'ULB se sont penchés sur la survenue d'événements ponctuels, comme une perte subite d'autonomie à un âge relativement avancé, et ses effets sur le bien-être cognitif et affectif des personnes, ainsi que sur leur bonheur général. Les résultats de l'étude montrent d'abord que les handicaps de courte durée n'ont qu'un effet transitoire sur la santé et le bien-être des personnes, ce qui est une découverte importante démontrant que même les limitations fonctionnelles sévères ne sont pas irrémédiables. Pour autant, l'étude montre également que les pertes d'autonomie de plus longue durée, voire définitives, ont un impact bien plus marquant sur la vie affective, en particulier concernant la qualité de vie ou la survenue de dépression. Les résultats de cette étude devraient encourager les politiques publiques à prendre en compte le vieillissement dans toute sa complexité, alors que le vieillissement des populations occidentales s'accélère. 

► T. Kohler et al. *The Journals of Gerontology: Series B*, 2024

Décrypter la dégénérescence neuronale

Il existe en biologie un concept très répandu dénommé la dégénérescence, mais qui n'est pas une maladie. Ce terme désigne le fait que les éléments d'un ensemble plus grand, comme les neurones du cerveau, avec des caractéristiques très différentes les unes des autres, assurent paradoxalement fiabilité et robustesse au système. Cette variabilité rend ainsi le cerveau plus adaptable aux perturbations qui peuvent survenir. D'un autre côté, cette dégénérescence rend les traitements plus compliqués, en raison de cette même adaptabilité. Plus spécifiquement, il existe des protéines membranaires dans les neurones, dénommées les canaux ioniques, qui régulent leur activité électrique. Ces canaux peuvent être très différents d'un individu à l'autre, et même d'un neurone à l'autre. Une équipe de chercheurs de l'ULiège a adopté une approche originale en appliquant des outils mathématiques pour mieux comprendre cette propriété. Ils ont ainsi mis en lumière 2 mécanismes distincts à l'origine de cette dégénérescence, levant ainsi un peu plus le voile sur les principes de la neuromodulation, un processus par lequel le cerveau ajuste son activité en réponse à des signaux internes ou externes. ^A

► A. Fyon et al. *PNAS Nexus*, 2024



En Bref

Malgré leur contexte historique et géographique commun, l'espérance de vie des citoyens transfrontaliers résidant dans les provinces de Liège, du Limbourg, et la région urbaine d'Aix-la-Chapelle est très variable. Pendant 3 ans, un consortium universitaire dénommé «Blue Zone» va explorer les facteurs qui expliquent ces différences, via un projet de science citoyenne à grande échelle. Il dressera notamment la carte de diverses variables cardiométaboliques, de santé physique et mentale des populations transfrontalières en Euregio, et visera à mettre en place de nombreuses actions préventives.

 <https://www.interreg-emr.eu/home-fr>

Une équipe de chercheurs de l'ULB s'est penchée sur l'utilisation d'approches moléculaires pour suivre et comprendre la circulation de 20 virus dans des populations animales. Ces approches permettent de mieux comprendre l'histoire de dispersion d'un virus et estimer sa vitesse de diffusion dans une population. Les analyses révèlent une large gamme de vitesses de diffusion mais aussi, dans certains cas, la survenue d'événements responsables d'une dispersion longue distance, comme le commerce d'animaux, soulignant l'importance de l'interconnexion des santés animales et humaines.

► Dellicour et al. *PLoS Biology*, 2024

L'UNamur va participer au projet PFAS-B, porté par la société IBA, qui a pour objectif de valider expérimentalement un système de traitement pour l'élimination des polluants éternels dans l'eau et adsorbé sur des charbons actifs, grâce à l'utilisation combinée de faisceau d'électrons et d'une action biologique avec régénération des supports filtrants.

 www.unamur.be

Nouvelle génération de pesticides

Alors que la biodiversité s'effondre, les agriculteurs doivent d'urgence réduire leur utilisation de pesticides afin de rendre l'agriculture plus soutenable. L'Union européenne, par le biais des projets transfrontaliers Interreg, a mis sur la table 14 millions d'euros pour financer une série de projets rassemblés sous le titre *Biocontrol 4.0* et destinés à mettre au point de nouvelles substances de contrôle des ravageurs moins nocives, en associant les recherches en biotechnologie et les services du numérique. Pas moins de 24 institutions belges et françaises participeront au projet coordonné par la faculté Agro Biotech de Gembloux. Ainsi, l'UMons sera chargée de coordonner le volet *Trans-Pest*, qui vise à tester l'effet des changements climatiques sur l'efficacité des solutions de bioinsecticides déjà existantes, et d'en tester de nouvelles en prenant en compte cette nouvelle réalité. Quant à *Multitel*, le centre de recherche montois, il proposera des solutions numériques permettant notamment la détection locale des risques, afin d'aider les agriculteurs à optimiser le calendrier des traitements et à réduire l'utilisation de pesticides synthétiques. ^A



 <https://www.biocontrol4-0.eu>

L'ACTU DE L'INNOVATION

Des biopesticides alternatifs

Pour les agriculteurs du monde entier, les maladies fongiques sont l'ennemi numéro 1 de leurs cultures, détruisant jusqu'à 40% des récoltes annuelles au niveau mondial. Malheureusement, les méthodes de lutte actuelles ont également des conséquences désastreuses sur la santé du sol et la biodiversité des insectes. De nombreuses recherches s'orientent donc vers des biopesticides, un terme qui désigne le plus souvent des microorganismes, comme des bactéries, capables d'infecter les champignons et ainsi protéger les plantes. Mais ces derniers sont souvent difficiles à manier pour les agriculteurs. La start-up belge *BioCSol*, issue de l'UCLouvain, lance donc sur le marché des biopesticides innovants, conçus à partir de substances actives d'origine microbienne, plus stables et simples à utiliser. Ces molécules, biodégradables et peu toxiques, peuvent être utilisées en agriculture biologique. Les premiers tests en conditions réelles confirment leur efficacité, promettant une alternative durable aux pesticides chimiques, tout en réduisant les risques de résistance des pathogènes. **A**

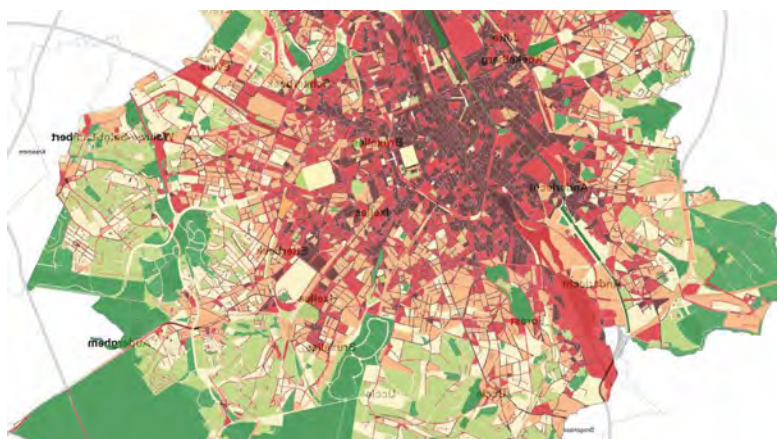
 <https://www.linkedin.com/company/biocsol/>



Une nouvelle carte des sols bruxellois

L'imperméabilité du sol a un impact important sur l'environnement et sur la viabilité de la ville. La présence de surfaces imperméables dans les zones urbaines augmente le risque d'inondations et pose des problèmes pour la recharge des nappes phréatiques, la qualité de l'eau des cours d'eau et le microclimat urbain. Or, le nombre de ces surfaces est en augmentation dans la Région de Bruxelles-Capitale, avec 53,2% de sols imperméables. Afin d'en identifier précisément la nature, comme des places de parking, des terrasses sur des terrains privés ou encore des petits sentiers, la Région s'est dotée d'une nouvelle carte, plus précise, élaborée notamment à l'aide d'images satellites obtenues grâce au réseau d'observation de la Terre *Sentinel*, avant d'être classifiées à l'aide d'un modèle d'IA. Au total, 92,3% des surfaces de Bruxelles ont été cartographiées et les données, disponibles en libre accès, devraient permettre d'améliorer le développement urbain. **A**

 <https://environnement.brussels>



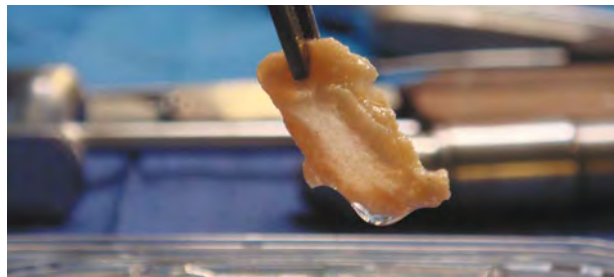
Des revêtements et des adhésifs durables et biosourcés

L'industrie du papier produit un certain nombre de sous-produits peu valorisés, comme l'hémicellulose, et ce alors même que l'hémicellulose constitue 30 à 45% de la biomasse terrestre. Le projet européen *Hemicoat*, soutenu par le Service Public de Wallonie et piloté par *Materia Nova*, a pour ambition de développer des processus à faible impact environnemental visant à hydrolyser l'hémicellulose afin d'obtenir des molécules à haute valeur ajoutée comme l'acide itaconique. Ce dernier peut être utilisé comme brique de base pour des revêtements d'implants et des adhésifs durables. L'accent sera notamment mis sur leurs propriétés mécaniques et antibactériennes ainsi que sur leur caractère ignifugeant. Prévu pour 2 ans, *Hemicoat* a été financé par le mécanisme Cornet de l'UE. *Hemicoat* doit fournir des solutions alternatives et durables à un réseau de PME européennes, qui utilisent de l'acide itaconique issu de l'industrie pétrolière. Plusieurs sociétés ont d'ores et déjà marqué leur intérêt pour les solutions développées. **A**

 hemicoat.eu

Enfin traiter l'épilepsie réfractaire

A lors que 30% des 75 000 Belges souffrant d'épilepsie sont réfractaires à tout traitement médicamenteux, aucune chirurgie n'était jusqu'à présent possible pour les patients dont le foyer épileptogène se trouve dans les zones cérébrales fonctionnelles qui contrôlent le langage, la motricité ou la vue. Une carence comblée par l'Hôpital Universitaire de Bruxelles, qui propose désormais à ces patients une thérapie peu invasive: la thérapie thermique interstitielle par laser (LITT). Cette dernière offre une précision neurochirurgicale inégalée en ciblant les tissus atteints tout en préservant les structures cérébrales saines. Cette technique utilise en effet la chaleur dégagée par la lumière d'un laser pour détruire, de manière sélective, les tissus cérébraux responsables des crises d'épilepsie. Combinée à une Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) pour visualiser, en temps réel, l'évolution des zones cérébrales traitées, la LITT atteint une efficacité sans précédent de 50 à 80% des patients libérés des crises, même sévères, à moyen terme. Cette thérapie réduit par ailleurs considérablement les risques de complication post-opératoire ainsi que la durée d'hospitalisation des patients **A**



Une poudre pour améliorer la régénération osseuse

Lors d'une fracture, le corps humain est tout à fait capable de se soigner tout seul et sans séquelles, pour peu que l'on stabilise la fracture à l'aide d'un plâtre. Pour autant, après 55 ans, la densité osseuse s'amenuise, et les fractures guérissent moins bien, surtout en présence de comorbidités comme le diabète, le tabac ou l'obésité. La spin-off de l'UCLouvain *NovaDip* développe actuellement un produit potentiellement révolutionnaire et encore unique au monde. La technique consiste à prélever des cellules souches adipeuses chez le patient pour ensuite les amener à se différencier en cellules spécifiques avec un potentiel régénératif important. En effet, ces cellules, intégrées à une matrice en 3D, vont sécréter des protéines, des facteurs de croissances, ainsi que des miRNA très spécifiques, le tout permettant d'accélérer une régénération tissulaire stable. Le produit développé se présente alors sous la forme d'une poudre qui peut directement être appliquée à l'endroit désiré. Actuellement en phase de test clinique, ce produit montre de bons résultats et l'entreprise belge a obtenu l'accord de l'autorité de régulation américaine, la FDA, pour un essai chez des patients atteints de pathologies du disque intervertébral. **A**

 novadip.com

En Bref

Treize initiatives belges ont été récompensées par la Fondation Roi Baudouin pour une économie plus circulaire. Ainsi, à Bruxelles, *Repair Together* - en partenariat avec l'ULB - a été saluée pour lutter contre l'accroissement des déchets à travers une formation sur la réparation par impression 3D. Et en Wallonie, l'ASBL *LaSemo* d'Enghien a notamment été récompensée pour son projet de recyclage de bâches publicitaires en mobilier durable et en accessoires écologiques.

 <https://kbs-frb.be/fr/fonds-ing-pour-une-economie-plus-circulaire-2>

Light It Up, une start-up d'étudiants de Mons a remporté la 13^e édition du concours *Startech*, qui vise à découvrir des talents émergents via des projets innovants. Leur solution consiste en un système plug and play directement installé sur les lampadaires publics, qui permet d'adapter la luminosité en fonction du passage dans la rue via un capteur de mouvements infrarouge. Le système est en outre équipé d'un système de détection automatique des pannes.

 Lightitup.odoo.com

L'entreprise liégeoise *Tonomia* a rejoint le programme *Inception* du géant américain des semi-conducteurs *Nvidia*. Ce programme vise à développer des centres de données d'intelligence artificielle durables, alors que l'entreprise est spécialisée dans les solutions d'énergie solaire pour les applications pilotées par l'IA, combinant la production d'énergie renouvelable avec des solutions de calcul à haute performance.

Le 3 décembre dernier, la sonde spatiale *Proba-3*, pour laquelle la Belgique a largement contribué à la conception, s'est envolée du Centre spatial indien de Satish Dhawan. La sonde est une prouesse technologique, puisqu'il s'agit de 2 éléments volant ensemble à une distance de 150 m l'un de l'autre, formant un observatoire solaire virtuel. Le premier satellite servira d'occulteur pour créer une éclipse solaire artificielle de façon continue, tandis que l'autre, le coronographe, étudiera le halo autour du Soleil.

 www.spacebel.be

INTERVIEW

Défossiliser l'industrie

Lionel Dubois, chercheur à l'UMONS, a remporté le Prix Jean-Pierre Contzen de l'Académie Royale de Belgique pour son projet de recherche DEMIXC4U de capture et d'utilisation du CO₂.

Pouvez-vous nous présenter le projet DEMIXC4U ?

Le projet comporte 2 grandes parties, l'une centrée sur la capture de carbone, et l'autre sur sa valorisation. Dans la première, on met en contact des fumées issues d'industries très émettrices de CO₂, comme les cimenteries, avec un solvant liquide afin de le capturer. Ensuite, le CO₂ est récupéré lors de la régénération du solvant. Habituellement, cette étape de régénération est très coûteuse en énergie, en raison des températures nécessaires. C'est pourquoi nous menons actuellement des recherches sur un solvant dit démixant, qui a la propriété de se scinder en 2 phases au contact du CO₂. En ne régénérant que la phase contenant véritablement le CO₂, cela permet de diminuer les coûts en diminuant la quantité de solvant à traiter. De plus, nous investiguons également la possibilité de combiner l'utilisation de ce solvant à des catalyseurs qui pourraient contribuer à la réduction de la consommation énergétique.

Ce projet est couplé à une 2^e partie, qui consiste à combiner le CO₂ à de l'hydrogène vert, issu de sources renouvelables, et ainsi créer des carburants de synthèse comme du méthane, du méthanol ou encore

du kérosène, plus facilement transportable que l'hydrogène. Cette opération, dite «exothermique», dégage beaucoup de chaleur, qui peut être utilisée directement au sein de la première phase, réduisant encore davantage l'énergie totale nécessaire.

Pourquoi ne pas stocker le CO₂, comme le font déjà d'autres projets ?

Il s'agit d'une voie parallèle, visant à accompagner la transition énergétique, en utilisant préférentiellement des émissions de CO₂ qui sont inévitables. En effet, lors du processus de fabrication du ciment, près de 2/3 du CO₂ émis ne provient pas de la combustion, mais de la réaction chimique de décarbonatation de la matière première, à savoir la craie (carbonate de calcium). L'objectif de ce projet n'est donc pas de permettre à une industrie de continuer à fonctionner comme avant, mais bien de défossiliser l'économie, en fournissant aux avions, par exemple, des carburants qui ne soient plus issus d'énergies fossiles. La capture de carbone ne doit être qu'un levier supplémentaire dans une société qui doit avant tout éliminer toutes les émissions de carbone possibles dans l'atmosphère outre, la communication catastrophiste n'est aujourd'hui guère pertinente. 

DATA

13%

En 2023, 665 personnes ont été diagnostiquées avec le VIH en Belgique, soit une augmentation de 13% par rapport à 2022. «Le nombre de diagnostics a augmenté en 2023 dans tous les groupes de population, avec une augmentation notable chez les hommes belges ayant des rapports sexuels avec des hommes, ainsi que chez les hommes et les femmes hétérosexuels d'origine belge et non belge», précise Sciensano dans un communiqué. Parmi les raisons qui expliquent l'augmentation des cas, le recul de l'utilisation du préservatif, notamment en raison de la banalisation de l'image du VIH et de la perception atténuée de sa gravité. Et le VIH n'est pas la seule infection sexuellement transmissible à connaître une recrudescence: la gonorrhée et la chlamydia sont également en hausse en Belgique. Or, les personnes atteintes d'une IST sont plus à risque d'infection par le VIH si elles y sont exposées. Plus que jamais, il est donc important de rappeler que le préservatif est le seul moyen efficace d'éviter une infection sexuellement transmissible.



COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT_DUBOIS@ME.COM

Il n'y aurait pas que les humains qui trouvent que la première gorgée de bière fait partie des plaisirs minuscules de la vie. Une synthèse de différentes études publiées dernièrement montre que l'éthanol, apparu il y a environ 100 millions d'années avec la fermentation des fruits sucrés, est une substance que l'on trouve dans quasiment tous les écosystèmes de la Terre, et que de nombreux animaux sont capables de le métaboliser. «Nous nous éloignons de cette vision anthropocentrique selon laquelle l'alcool est utilisé uniquement par les humains», a commenté Anna Bowland, première autrice de l'étude. Laquelle cite le comportement de certains insectes, notamment les mouches à fruits, particulièrement adaptées à un environnement alcoolisé: les mâles se tournent vers l'alcool lorsqu'ils sont rejetés comme partenaires, tandis que les femelles d'une espèce proche deviennent «moins exigeantes» et ont des relations sexuelles avec davantage de mâles après avoir bu. Des comportements qui ne sont finalement pas si différents des êtres humains...

► A.C. Bowland, Trends in Ecology & Evolution, 2024



WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur Aerospacelab

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.I.O), © AEROSPACELAB (PP.10-11)

Il était une fois...

Une figure émergente du secteur aérospatial, fondée en 2018 par un jeune ingénieur, Benoît Deper, à Mont-Saint-Guibert où se trouvent ses bureaux. L'usine de fabrication est installée à Louvain-la-Neuve. Après une croissance rapide, un premier satellite est envoyé dans l'espace en juin 2021. Il s'agit du premier satellite privé belge. Actuellement, *Aerospacelab* compte déjà 8 satellites déployés avec succès en orbite. Sa capacité de production est de 48 satellites par an dans son usine wallonne. Une capacité récemment doublée grâce à l'implantation d'une seconde usine aux États-Unis. Également établie en Suisse et en France, la société est ce qu'on appelle une licorne, une entreprise à très forte croissance. Passée de 6 employés en 2018 à plus de 300 aujourd'hui, elle recrute chaque mois près de 10 nouveaux collaborateurs.

L'entreprise conçoit, fabrique et exploite de petits satellites à prix concurrentiels avec une approche

verticale intégrée unique. Ses satellites, d'une dizaine de kilos jusqu'à 300 kilos, sont construits en s'appuyant sur leur approvisionnement vertical de sous-systèmes avioniques, d'intégration et de tests. Ces constellations de satellites permettent, grâce aux instruments embarqués à bord de réaliser des missions aux objectifs variés, de l'observation terrestre à la télécommunication. L'intelligence géospatiale rendue possible par ces satellites en orbite consiste en une série de données telles que l'imagerie multispectrale, l'imagerie à très haute résolution, ainsi que de la télédétection.

Cette scale-up, née dans l'ère du *New Space* (mouvement lié à l'émergence d'une industrie spatiale d'initiative privée ayant pour objectif de créer des satellites moins lourds et donc moins chers), s'est donné pour mission d'améliorer l'efficacité des industries concernées en rendant le satellite accessible et ainsi l'intelligence géospatiale abordable. Ce qui lui permet de fournir un accès à l'espace à moindre coût. Son ambition est d'apporter une réponse européenne et internationale à la hausse attendue de la demande mondiale de petits satellites en orbite basse. «*Nous fabriquons des satellites basés sur notre plateforme polyvalente qui peuvent accommoder une variété de missions*, détaille Benoît Deper. *Nous travaillons pour des gouvernements, des agences spatiales, des centres de recherche, des entreprises privées.*» Si *Aerospacelab* a débuté avec l'observation de la Terre, elle est en train d'investir davantage dans les télécommunications. Grâce à ses solutions,

CARTE D'IDENTITÉ

CRÉATION: 2018

SIÈGE SOCIAL:

Rue André Dumont, 14b,
1435 Mont-Saint-Guibert

SECTEUR

D'ACTIVITÉS:

Aérospatial

MEMBRES

DE L'ÉQUIPE:

Plus de 300

CONTACT:

065 45 72 14

info@aerospacelab.com

 aerospacelab.com

elle aide diverses industries dans leurs prises de décisions, des traders aux militaires en passant par des institutions européennes.

Comment cette petite entreprise s'est-elle développée à une telle allure ? *«Le contexte a changé. Jusqu'il y a peu, l'espace était le monopole des États. Ce n'est plus le cas. Ces dernières années, l'industrie spatiale privée s'est fortement développée. Aujourd'hui, l'un des acteurs les plus influents est SpaceX d'Elon Musk. L'industrie commerciale va accélérer le déploiement de capacités spatiales critiques. Nous sommes l'un des fabricants de satellites les plus intégrés verticalement, capables de produire rapidement des bus de satellites et d'intégrer des charges utiles pour un ensemble diversifié de missions.»*

...l'envie d'innover

Récemment, la jeune pousse wallonne a fait l'acquisition de la firme liégeoise Amos, l'un des grands noms des systèmes optiques terrestres ou spatiaux de grande précision. Une étape importante pour les 2 sociétés qui entrent ensemble dans une nouvelle ère de technologies spatiales avancées et s'ouvrent ainsi à de nouveaux marchés. *«Cette acquisition stratégique représente un moment charnière pour les deux entreprises, car nous combinons notre expertise, nos ressources et nos talents pour accélérer les avancées technologiques dans la fabrication et le déploiement de satellites.»* Créée en 1983, Amos conçoit et fabrique des solutions dans les domaines de l'astronomie professionnelle de l'observation de la Terre depuis l'espace et l'exploration scientifique, des systèmes de tests et des solutions optomécaniques pour les laboratoires et l'industrie. Elle est réputée mondialement pour ses télescopes professionnels, ses capacités de fabrication d'optiques et la performance de ses systèmes. Elle a participé aux plus grands projets spatiaux et compte des références pour plusieurs télescopes dans le monde. Benoit Deper estime l'activité des 2 entreprises complémentaires. *«Ensemble, nous souhaitons favoriser une culture de l'innovation qui favorisera le développement de technologies spatiales de pointe en veillant à ce que nous restions à l'avant-garde de l'industrie. En tirant parti du talent et des ressources d'Amos, ainsi que du vaste portefeuille de produits d'Aerospacelab, notamment des satellites clés en main, des plateformes satellites, de l'avionique et des sous-systèmes, l'objectif ultime est d'établir une voie vers un accès efficace et abordable de l'espace. Grâce à une approche unique de l'intégration verticale, cette acquisition renforcera la portée du marché et l'offre de produits de nos 2 sociétés avec une gamme plus large de solutions. Cela nous permettra de répondre aux différents besoins des clients dans*

divers secteurs, notamment les télécommunications, l'observation de la Terre, la navigation, l'astronomie, la recherche scientifique et l'industrie.»

En mai 2024, Aerospacelab a lancé à Charleroi le début des travaux de construction de sa mega-factory de 20 000 m² dont le démarrage des opérations est prévu en 2026. *«Fort de notre agilité, notre flexibilité rendue possible par l'intégration verticale et la conception de nos satellites au plus haut niveau de maturité technologique, nous stimulons toujours davantage l'innovation dans l'industrie spatiale.»* La méga-usine fabriquera des satellites de 150 kg à 1 t, avec une capacité de production de 2 satellites par jour pour un total de 500 satellites par an. Avec 7 000 m² de surface de production et 4 000 m² de salles blanches, ce sera la plus grande usine de fabrication de satellites d'Europe, la troisième plus grande usine de satellites au monde, juste après celles d'Amazon et de SpaceX. L'embauche de plusieurs centaines d'employés fait partie du programme. L'usine prendra place sur l'ancien site des ACEC, non loin de Thales Alenia Space où sont conçus notamment des moteurs électriques pour satellites. En septembre dernier, Aerospacelab a ouvert une implantation de fabrication de satellites à Torrance, en Californie. Elle est conçue pour répondre à sa clientèle américaine croissante. En quelques années, Aerospacelab est devenue un fleuron de l'industrie spatiale en Belgique. *«Grâce à des opérations stratégiquement réparties dans différents endroits, notamment aux États-Unis, notre entreprise reste fidèle à sa mission de fournir des solutions innovantes à ses divers clients.»* A

QUI EST BENOÎT DEPER, FONDATEUR ET CEO ?



Un homme qui ne perd pas de temps. Après des études d'ingénieur civil en

électronique et mécanique à l'UCLouvain,

il effectue un master en mécatronique, robotique et systèmes embarqués, puis réussit à décrocher un stage à la Nasa et parfait sa formation par un master complémentaire à Superaero à Toulouse, l'une des plus grandes écoles d'aéronautique et de l'espace en Europe. Retour à la Nasa où il travaille pour une start-up avant de passer par l'Agence spatiale européenne (ESA) aux Pays-Bas, où il travaille comme ingénieur systèmes pour les lanceurs. Fin 2012, il rejoint, en tant que chef de projet, une start-up de véhicules hypersoniques en Suisse. Encouragé par le bureau de l'Awex à Genève dans son idée de créer une société de fabrication de satellites en Wallonie, il rentre au pays en 2017. Devenir un acteur agile et compétitif de l'aérospatial qui gagne une reconnaissance à l'international, tel est son objectif. Il fonde Aerospacelab en mars 2018.



Smart cities L'Afrique: un acteur clé ?

Alors que les villes intelligentes s'imposent comme un modèle mondial d'urbanisation technologique, l'Afrique se retrouve à un carrefour déterminant. Avec une population urbaine qui pourrait atteindre 1,2 milliard d'ici 2050 (sur une population totale estimée à 2,5 milliards), le continent fait face à une pression croissante sur ses infrastructures. Mais au-delà des défis (inégalités économiques, manque de ressources locales, faible accès aux technologies...) émergent des opportunités sans précédent. Une jeunesse connectée, un marché en pleine expansion et un besoin pressant de solutions durables dessinent les contours d'un futur où l'Afrique pourrait devenir un acteur clé de cette révolution urbaine. Les villes intelligentes africaines sont-elles un rêve lointain ou une réalité en développement ? Décryptage

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY • VIRGINIE@MARKETROTTERS.COM

PHOTOS: GÉNÉRÉ À L'AIDE DE L'IA - MICROSOFT DESIGNER (P12), GREEN CITY KIGALI (P14),

© WAZKKII - STOCK.ADOBE.COM (P15), © OURA (P15)

Les smart cities sont des espaces urbains qui optimisent l'utilisation des technologies dans des secteurs clés tels que les transports, l'énergie, les infrastructures, la santé et la sécurité publique afin d'améliorer leur efficacité et d'élever la qualité de vie des habitants. L'objectif principal est de répondre aux besoins d'une population croissante tout en favorisant un développement économique durable et en minimisant l'impact environnemental. Ces villes intelligentes s'appuient sur des réseaux de capteurs et de transmetteurs de faible puissance qui collectent des données en temps réel. Ces informations sont ensuite analysées par des systèmes informatiques pour, par exemple, réduire la consommation d'énergie grâce à des réseaux électriques intelligents (*smart grid*), fluidifier la mobilité urbaine avec des transports connectés ou améliorer la gestion des déchets à l'aide d'algorithmes prédictifs.

Plus que des capteurs et des données

Mais une smart city n'est pas seulement une question de technologie: c'est aussi la vision d'une ville inclusive où l'innovation est mise au service des citoyens pour répondre aux défis contemporains comme la surpopulation, la pollution et les inégalités. En Afrique, cette vision prend une dimension particulière face à des défis uniques: urbanisation rapide, infrastructures insuffisantes, inégalités économiques marquées

et accès limité aux ressources essentielles telles que l'énergie ou l'eau potable. Ces problématiques sont exacerbées par une forte dépendance aux financements internationaux et aux partenariats privés, ainsi que par le recours à des technologies importées, souvent peu adaptées aux besoins réels des populations locales. Par ailleurs, la fracture numérique constitue un frein majeur: de nombreuses régions africaines n'ont pas encore accès à Internet et les infrastructures existantes, souvent peu fiables et coûteuses à moderniser, compliquent l'intégration de solutions numériques à grande échelle.

De plus, certains projets urbains, notamment les «villes nouvelles», conçus comme des réponses rapides à l'expansion démographique, se révèlent souvent déconnectés des besoins réels des citoyens. Plutôt que de traiter les enjeux urgents comme le logement ou les services de base, ces projets servent de vitrines politiques et économiques, exacerbant ainsi les inégalités sociales. Ils s'appuient fréquemment sur des réaménagements urbains en contradiction avec la vie agricole, commerciale ou résidentielle locale. Enfin, la corruption reste une problématique persistante, posant une question cruciale: comment garantir que ces initiatives profitent réellement à la population et ne soient pas détournées de leurs objectifs premiers ?

Cependant, ces défis s'accompagnent également d'opportunités inédites. La jeunesse africaine, largement connectée et avide de solutions innovantes, agit comme un catalyseur de transformation. Les startups tech jouent un rôle clé dans cette dynamique en développant des solutions sur mesure pour répondre aux besoins spécifiques du continent: systèmes intelligents de gestion des déchets, plateformes de paiement mobile révolutionnaires ou encore technologies de surveillance adaptées aux réalités locales. L'adoption de ces innovations permet aussi d'améliorer concrètement la qualité de vie: un meilleur accès à l'éducation et à la santé, une mobilité urbaine plus efficace et des services publics mieux gérés. Des initiatives comme *Smart Africa*, créée lors du *Sommet Transform Africa* de 2013 à Kigali, capitale du Rwanda, soutiennent cette transformation. Aujourd'hui, l'alliance regroupe 40 pays africains, représentant plus d'un milliard de personnes, et agit comme un moteur de collaboration entre gouvernements, entreprises et citoyens.

Cette dynamique se reflète dans plusieurs villes africaines, illustrant le potentiel des smart cities. De l'Afrique de l'Est à l'Afrique de l'Ouest, des initiatives concrètes montrent comment la technologie peut répondre aux défis urbains

tout en améliorant la qualité de vie. Plus au nord, des villes modernisent leurs infrastructures pour intégrer des solutions intelligentes, tandis qu'au sud, des projets novateurs optimisent les services publics. Explorons quelques exemples de villes africaines en pleine transformation.

Face aux défis de l'urbanisation rapide, l'Afrique façonne ses propres smart cities, mêlant innovation locale, solutions numériques adaptées et collaborations stratégiques pour bâtir des villes plus durables et inclusives.

Kigali: la perle technologique de l'Afrique de l'Est

Kigali, souvent citée comme un modèle phare pour les villes intelligentes africaines, se distingue par ses initiatives technologiques innovantes visant à améliorer la vie quotidienne de ses habitants. La capitale rwandaise a notamment instauré une gestion intelligente des transports, avec des systèmes de surveillance du trafic et la plateforme de paiement digital *Tap&Go*, simplifiant ainsi les déplacements en bus. Inspirée de la tradition de l'Umuganda, des journées communautaires dédiées au travail collectif, Kigali en a lancé la version digitale. Chaque mois, cette initiative rassemble des codeurs qui développent des outils numériques et des applications d'intérêt public. Elle porte également *Green City Kigali*, un projet pilote de 600 hectares qui ambitionne de devenir un modèle de ville durable en Afrique. Prévu pour accueillir 150 000 habitants, ce projet combine logements écologiques, énergies renouvelables et infrastructures intelligentes. Enfin, l'administration rwandaise s'est digitalisée avec le portail *Irembo*, permettant aux citoyens d'effectuer de nombreuses démarches administratives en ligne, et le pays a déployé des drones pour la livraison de sang et de médicaments. Cette initiative répond particulièrement aux besoins des zones rurales et isolées, améliorant ainsi l'accès aux services de santé à l'échelle nationale.

Nairobi: la Silicon Savannah

À 750 km plus à l'est, Nairobi, capitale du Kenya, s'affirme comme un hub technologique majeur en Afrique, méritant pleinement son surnom de *Silicon Savannah*. La ville est connue pour son système de paiement mobile *M-Pesa*, une plateforme révolutionnaire qui a démocratisé l'accès aux services financiers pour des millions de personnes, y compris dans les zones rurales,



1. Green City Kigali vise à développer une communauté modèle sur la colline de Kinyinya, dans le district de Gasabo. Elle incarne l'ambition du Rwanda de bâtir une ville durable et connectée, tout en respectant son identité culturelle. Souvent comparée au *Wakanda* de *Black Panther*, son ambition futuriste et durable en fait un symbole fort du renouveau urbain africain.

2. DigiKen prévoit de créer 15 hubs d'innovation digitale à travers le Kenya, proposant des formations aux entrepreneurs et encourageant le développement de solutions en éducation en ligne, santé et e-commerce. D'ici 2027, l'initiative ambitionne de générer 4500 emplois directs et d'améliorer l'accès aux outils numériques pour plus de 2 millions de Kényans.

contribuant ainsi à l'inclusion financière. Mais l'innovation ne s'arrête pas là : Nairobi utilise également des applications intelligentes pour l'agriculture, fournissant aux travailleurs de la terre des données météorologiques en temps réel et des conseils personnalisés pour optimiser leurs rendements. Ces outils digitaux ciblent des cultures variées telles que l'avocat, la banane, le manioc, le maïs, la goyave et la pomme de terre. Ils fournissent des informations cruciales sur la prévention des parasites, les maladies des cultures et les périodes optimales de plantation. Par ailleurs, Nairobi a lancé *DigiKen* (*Digital Platforms Kenya*), une initiative des Nations Unies visant à transformer l'écosystème numérique au Kenya en facilitant l'accès aux technologies pour tous et en soutenant les plateformes numériques locales. Concrètement, *DigiKen* favorise le développement de solutions adaptées aux besoins locaux, notamment dans les domaines de l'éducation en ligne, de la santé, de l'e-commerce et des services publics digitaux.

Lagos: innover dans une mégapole

Lagos, mégapole nigériane de plus de 20 millions d'habitants, est confrontée à des défis majeurs qu'elle tente de relever en misant sur des solutions innovantes. La ville a déployé des réseaux électriques intelligents pour optimiser la gestion et la distribution de l'énergie, réduisant de la sorte les fréquentes coupures de courant. Lagos innove également dans la gestion des déchets urbains. La ville encourage le recyclage et lutte contre les décharges sauvages grâce à diverses applications mobiles qui visent à sensibiliser les citoyens et à stimuler le marché de la seconde main. De plus, le *Yaba Tech Cluster*, l'un des plus grands écosystèmes technologiques du pays, rassemble une multitude de hubs, startups et espaces de coworking. Il soutient l'entrepreneuriat numérique et favorise l'émergence de solutions adaptées aux

besoins locaux dans les secteurs de la fintech, de la santé et de la mobilité. Enfin, Lagos investit dans des initiatives visant à améliorer la mobilité urbaine et la gestion de l'eau, des domaines essentiels pour une ville de cette envergure.

Rabat: parmi les leaders africains

Rabat, capitale du Maroc, figure parmi les smart cities les plus avancées d'Afrique, avec des projets ambitieux visant à renforcer la connectivité numérique et à moderniser ses infrastructures. Elle a investi dans des réseaux numériques de pointe pour améliorer l'accès à Internet et faciliter les démarches administratives en ligne. Rabat s'est également distinguée par ses initiatives en matière d'énergie renouvelable et de services publics numériques. Un Wi-Fi gratuit est désormais disponible dans de nombreux espaces urbains et la ville a mis en place un système de prise de rendez-vous médicaux en ligne. De plus, un réseau de caméras de vidéosurveillance a été installé pour renforcer la tranquillité des citoyens. Enfin, un site web et une application dédiés permettent aux habitants de surveiller la qualité de l'air et de donner des objets non utilisés, favorisant ainsi une gestion responsable et solidaire des ressources.

Johannesburg: surveiller et améliorer

Johannesburg, métropole majeure d'Afrique du Sud, se distingue par une approche novatrice dans la gestion de ses services publics. Le projet *Smart City Johannesburg* repose sur un réseau de capteurs intelligents, permettant de surveiller en temps réel des indicateurs clés comme la qualité de l'air et l'état des infrastructures. Ces données offrent des informations précieuses pour leur maintenance, améliorant l'efficacité et la durabilité



des systèmes urbains. La ville œuvre également pour renforcer l'inclusion numérique en facilitant l'accès aux services en ligne et en déployant du Wi-Fi public dans des quartiers emblématiques comme Soweto, symbole historique de la résistance à l'apartheid principalement habité par des populations noires. L'objectif est de réduire la ségrégation spatiale héritée de l'apartheid en facilitant l'accès aux services essentiels et en rapprochant les zones résidentielles des centres d'activités économiques. La sécurité publique s'appuie également sur un réseau de caméras connectées et des outils de surveillance avancés, assurant une réponse plus rapide et efficace aux situations d'urgence. Enfin, Johannesburg encourage la collaboration citoyenne grâce au *Smart City Community Innovation Challenge*, un concours visant à stimuler l'innovation locale pour résoudre les problèmes quotidiens, tout en impliquant activement les résidents dans le processus de transformation de la ville.

Une révolution en marche

Comme nous l'avons montré, les smart cities africaines ne se limitent pas à une vision futuriste ou à un concept abstrait: le changement est en marche. En intégrant des solutions technologiques adaptées aux réalités locales, en répondant aux défis environnementaux et en favorisant l'innovation, ces villes redéfinissent les paradigmes urbains à travers le continent. Cette (r)évolution soulève une question essentielle à l'échelle mondiale: quels enseignements peut-on tirer de l'expérience africaine ? À une époque où l'urgence climatique et les inégalités sociales nous poussent à repenser nos modèles sociétaux et économiques, les approches africaines - souvent ancrées dans le pragmatisme et l'adaptabilité - offrent des leçons précieuses.

Pour ceux qui souhaitent approfondir le sujet, 2 événements majeurs s'imposent:

- L'*Africa Smart Cities Investment Summit 2025* qui aura lieu à Addis-Abeba, en Éthiopie, sur le thème des villes africaines résilientes face au climat. Pour en savoir plus, rendez-vous sur:

 <https://smart-cities.africa>

- Le *Smart City Expo World Congress* à Barcelone, un rendez-vous mondial incontournable pour les acteurs de l'innovation urbaine. Pour plus d'informations, consultez:

 www.smartcityexpo.com

Ces événements témoignent de l'engouement pour les smart cities et des ambitions portées par une vision commune d'un avenir urbain plus inclusif et durable, en Afrique comme ailleurs dans le monde. 



TECHNO-ZOOM

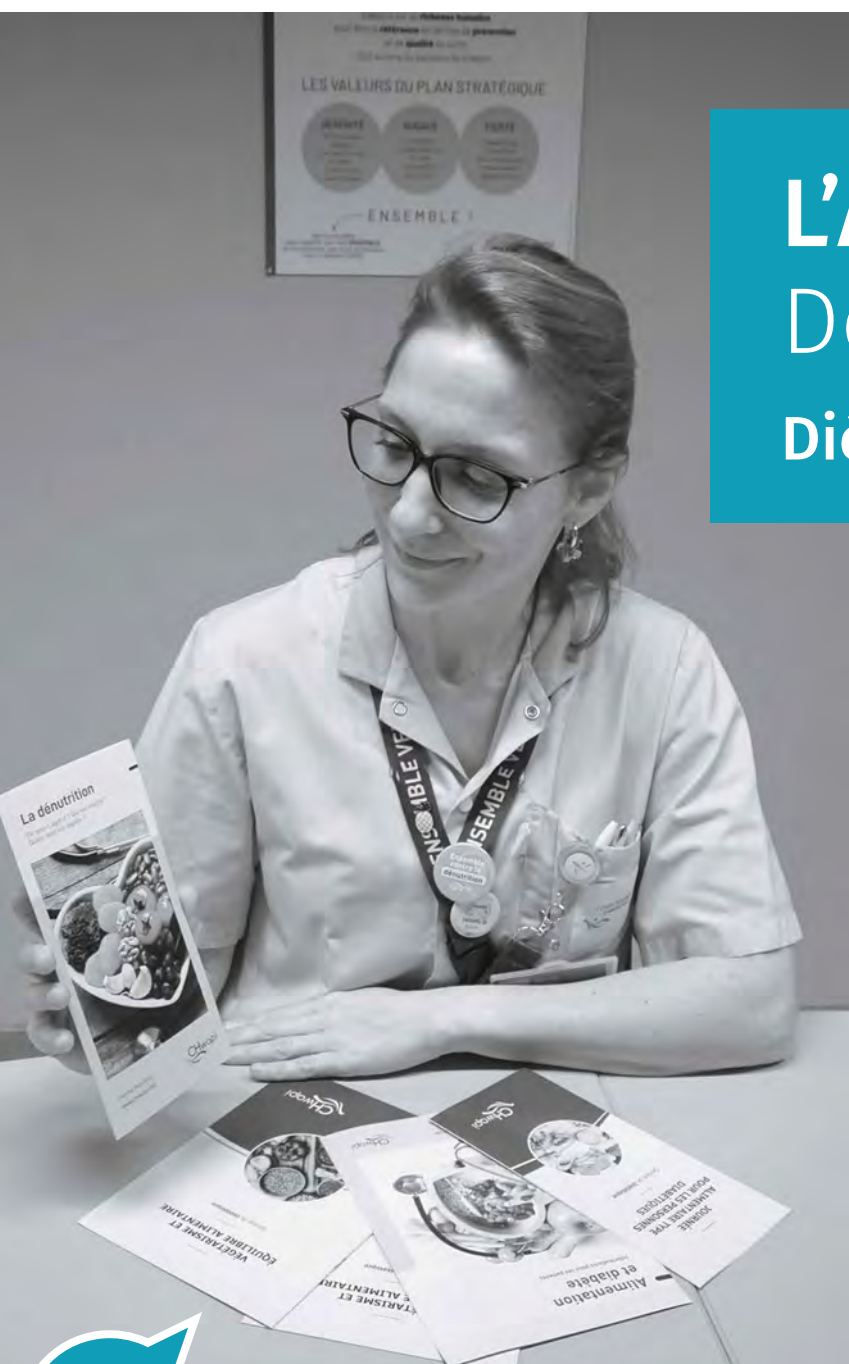
Incontournables, les montres connectées suivent aujourd'hui l'activité physique, analysent la qualité du sommeil et surveillent certains signes vitaux. Pour allier discrétion et élégance, une entreprise finlandaise a choisi de penser plus petit mais tout aussi performant. C'est ainsi qu'est née l'*Oura Ring*, une bague connectée qui allie design raffiné et technologie de pointe. Contrairement aux montres, parfois jugées encombrantes ou inadaptées à certaines occasions, l'*Oura Ring* s'intègre à toutes les tenues. Elle offre une autonomie d'environ une semaine, un système de recharge rapide et plus de 20 données biométriques analysées en temps réel. Capable de mesurer les cycles du sommeil, d'analyser la fréquence cardiaque et de prédire les moments de fatigue, cette bague détecte aussi des anomalies physiologiques comme une hausse de température corporelle. En constante évolution depuis son lancement il y a une dizaine d'années, l'*Oura Ring* continue de se démarquer par son design élégant et ses fonctionnalités toujours plus avancées. Proposée à partir de 399€, elle incarne la diversification des objets intelligents et une technologie portable toujours plus discrète.

 <https://ouraring.com/fr>



COMMENT
ÇA MARCHE ?
(EN ANGLAIS)

L'ADN de... Dorothee BRIDOUX Diététicienne



Recto

Diététicienne, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ?

Absolument pas ! Après ma rhéto, j'ai passé 2 ans dans une école de danse professionnelle. Des problèmes aux genoux m'ont contrainte à me réorienter. Lors d'une journée portes ouvertes à l'IPL à Bruxelles (ndlr: Institut Paul Lambin, faisant partie de la Haute École Léonard de Vinci), j'ai été franchement attirée par les cours dispensés en diététique: une base scientifique étroitement liée à la santé.

Comment devient-on diététicienne ?

Avant tout, il faut être épicurien - aimer manger et goûter fait partie de notre job ! Curiosité (le domaine évolue sans cesse), rigueur scientifique et attrait pour le médical sont essentiels pour dispenser des conseils nutritionnels adaptés. Et finalement, une bonne dose d'empathie est essentielle pour créer du lien avec nos patients. Au niveau formation, le bachelier dure actuellement 3 ans, avec une

possible extension à 4 ans dans le futur. Plusieurs écoles francophones le proposent: HEPH-Condorcet (Tournai), IPL et HELdB (Bruxelles), HEPL (Liège). Des spécialisations existent ensuite en nutrition sportive, pédiatrique, gériatrique, etc. Il est aussi possible de poursuivre avec un master en nutrition ou en santé publique.

Vous exercez actuellement en tant que diététicienne dans le service de gériatrie au Centre Hospitalier de Wallonie Picarde à Tournai (CHWAPI), quelle est votre journée-type ?

Être diététicien en milieu hospitalier, et plus précisément dans une unité de soins (ce qui est différent d'être en consultations externes), implique que la journée est rythmée par les horaires de la cuisine de collectivité. Nos adaptations des plateaux repas doivent respecter les horaires de production en cuisine. Une fois cet impératif respecté, la journée se partage entre des anamnèses alimentaires, des calculs des besoins nutritionnels en lien avec les motifs d'admission à l'hôpital et les antécédents médicaux des patients. Ensuite, je donne des conseils nutritionnels adaptés, avec pour objectif de favoriser un vieillissement en bonne santé.

L'un des plus grands défis en gériatrie est de lutter contre la dénutrition, qui est responsable de la fragilité chez le patient âgé. Ainsi, je jongle entre l'équilibre alimentaire, la texture, les portions servies, l'enrichissement des repas et, dans certains cas, une nutrition par sonde. Les restrictions alimentaires injustifiées n'ont pas leur place en gériatrie ! Ce qui rend ce travail particulièrement riche, c'est l'approche pluridisciplinaire et une collaboration quotidienne avec les différents soignants (médecin-gériatre, infirmier, logopède, kinésithérapeute, ergothérapeute, psychologue...). Cependant, notre premier partenaire reste le patient, ainsi que son entourage, surtout lorsque la personne âgée présente des troubles cognitifs.

Quels sont vos rapports avec la science?

Une base solide en chimie et biochimie est indispensable pour exercer ce métier. La chimie est omniprésente, que ce soit dans la composition des aliments ou lors de leur cuisson. Ces processus engendrent de véritables réactions physico-chimiques, qui peuvent avoir des effets bénéfiques ou, au contraire, délétères, selon les pathologies. Cette connaissance fait le lien entre science et médecine en mettant la chimie au service de la santé. De plus, le diététicien bénéficie également d'un bagage solide en physiopathologie, essentiel pour associer efficacement nutrition et soins de santé adaptés à chaque patient.

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

Le respect de la profession de diététicien ! Nous faisons sans cesse face à des personnes qui s'estiment capables de donner des conseils nutritionnels avec peu, voire aucune formation. Cela peut s'avérer dangereux pour la santé des patients, avec des conséquences parfois néfastes qui se manifestent des années plus tard comme

une dégradation de la fonction rénale. Le plus grand danger, c'est l'absence de cadre légal pour ces pseudo-formations, alors que les diététiciens, eux, sont strictement encadrés par un arrêté royal.

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

Le trajet de soins du patient âgé permet aujourd'hui de le suivre après une hospitalisation. Il s'agit de le revoir en hôpital de jour. Quelle satisfaction de retrouver un patient en meilleure forme, appliquant les conseils nutritionnels reçus ! Cela donne vraiment du sens à mon travail quotidien.

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

Les débouchés professionnels sont nombreux et variés pour un jeune diététicien: les structures de soins (hôpital, maison de repos), le milieu scolaire, les cuisines de collectivité, le contrôle qualité et l'hygiène alimentaire, l'industrie agroalimentaire, le marketing... Alors, qu'il laisse place à son imagination: partout où l'alimentation a une importance, le diététicien a sa place ! 



Dorothée Bridoux

ÂGE : 42 ans

SITUATION FAMILIALE :
En couple, maman de 2 enfants

LIEU DE NAISSANCE :
Tournai

LIEU DE RÉSIDENCE :
Tournai

PROFESSION : Diététicienne

FORMATION : Bachelier en diététique spécialisé en approche interdisciplinaire en gériatrie

MAIL :
dorothee.bridoux@chwapi.be

SITE INTERNET :
 <https://www.chwapi.be/services-medicaux/pole-nutrition/>

Verso

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

Je ne crois pas que je m'éloignerais beaucoup de mon métier actuel... J'aurais envie d'associer l'activité physique à la nutrition. Alors, comme second métier, pourquoi pas kinésithérapeute ! Avec pour objectif de faire bouger davantage les gens tout en respectant leurs capacités physiques.

Je vous offre un super pouvoir...

Laissons place à l'utopie: offrir à chacun la possibilité de manger à sa faim !

Je vous offre un auditoire...

Sans hésiter, je m'adresserais aux jeunes futurs médecins pour introduire la notion de collaboration et de complémentarité avec les paramédicaux qu'ils rencontreront sur le terrain. Je leur rappellerais que s'alimenter est un soin à part entière, y compris à l'hôpital.

Je vous offre un laboratoire...

Toute seule, je risque de faire exploser le labo ! Avec une bonne équipe, je développerais de nouvelles sources de protéines (insectes, microalgues, levures, ...) avec un impact minimal sur l'environnement. Un vrai défi !

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

Personnellement, je choiserais l'appareil photo numérique: j'adore capturer les moments de la vie, surtout en famille ! Professionnellement, plutôt qu'un objet, je choiserais un mouvement en plein

essor: consommer local et privilégier les circuits courts. Connaître l'origine des produits qui composent notre assiette est essentiel.

Je vous offre un voyage...

Le Canada: ses grands espaces, la nature à l'état pur ! Il faut aussi souligner que le Canada a une longueur d'avance sur nous en matière de stratégie nutritionnelle en milieu de soins. Là-bas, le bien-être des aînés est une véritable priorité nationale.

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

Je reviens à ma passion pour la danse... Maurice Béjart ! Son côté visionnaire et avant-gardiste dans ses chorégraphies m'impressionne.

La question «a priori»: diététicien, c'est avant tout prescrire des régimes, non ?

Il y a 20 ou 30 ans, peut-être... On m'interpelle encore souvent avec un traditionnel: «fromage blanc-carotte, c'est la base !» Heu... non, pas du tout ! Quelle horreur, fuyez si c'est ce qu'on vous propose, car le risque de dénutrition est bien présent pour tous, à tout âge et peu importe votre corpulence. À l'heure actuelle, le diététicien va avant tout privilégier une alimentation équilibrée, variée et personnalisée, avec même de la place pour des douceurs ! Si l'alimentation nécessite d'être plus sélective en raison de certaines pathologies, le diététicien n'utilisera plus le terme régime, synonyme de restriction. On parle désormais d'alimentation thérapeutique, une approche qui rejoint la notion de soin et, surtout, celle de prendre soin de l'autre. 

En savoir

 www.vinci.be/fr/formations/dietetique



Dépendance aux écrans : le cerveau sous influence

En provoquant des pics de dopamine dans notre cerveau, applications et réseaux sociaux favorisent les mécanismes de la dépendance. La bonne nouvelle, c'est que nous ne sommes pas condamnés à devenir esclaves de nos outils numériques: un examen critique de ces technologies couplé à quelques mesures concrètes peuvent permettre de reprendre le contrôle

TEXTE: JULIE LUONG • JULUONG@YAHOO.FR

PHOTOS: © LASSEDESIGNEN - STOCK.ADOBE.COM (P18), © JANVIER - STOCK.ADOBE.COM (P21)

Chaque jour, à l'échelle mondiale, les adultes passent en moyenne 6 h et 57 min à regarder un écran (hors activité professionnelle) et la moitié de ce temps sur leur téléphone portable. Selon les chiffres français, le temps moyen d'exposition des adultes est de 5 h 50 par jour, contre 3 h 10 il y a 10 ans. Les jeunes, eux, y passent 4 h et 11 min par jour, soit une heure de plus qu'il y a 10 ans (1). Les outils numériques auraient-ils pris le contrôle de nos vies ? «Pour certains, chez qui les écrans gardent une place relativement marginale, ce questionnement peut sembler anodin. Mais pour d'autres, il s'agit d'une question cruciale. Car derrière l'apparente facilité de communication et de divertissement qu'offrent les écrans se cachent des pièges et des mécanismes d'addiction puissants», résume Caroline Depuydt, psychiatre, directrice médicale adjointe d'Epsilon ASBL et autrice de *Je me libère des écrans !* (Éditions Racine, 2024). «L'addiction aux écrans n'est pas un motif de consultation en soi, précise la spécialiste, mais il n'est pas rare que je reçoive des patients qui font état d'un mal-être quand ils commencent à scroller, à ne pas pouvoir décrocher, à s'endormir trop tard, à sentir cette compulsivité par rapport à la connexion... C'est donc un facteur qui semble plutôt aggraver les symptômes... Et puis j'ai des patients qui sont aussi des parents et qui se

sentent très démunis face à l'usage des écrans par leurs enfants...»

Une histoire de dopamine

Caroline Depuydt met cependant en garde contre un discours de prévention moralisateur et culpabilisant par rapport aux méfaits des écrans. D'abord parce que les nouvelles technologies et les réseaux sociaux ont une face positive: ils regorgent de potentialités, que ce soit en termes de sociabilité, d'opportunités professionnelles, de créativité, de bien-être, de savoir... Mais aussi parce que, lorsque l'usage tourne à l'excès, ce n'est pas la faute de l'utilisateur... mais bien du concepteur. *«Vous n'êtes pas faible, c'est le système de récompense de votre cerveau qui a été influencé par les concepteurs des technologies numériques dans le but d'augmenter votre attachement à leurs produits, explique-t-elle. Les outils numériques n'ont pas été créés pour nous faire plaisir, mais bien pour nous faire dépenser notre argent.»*

Comment ? En jouant sur le système dopaminergique du cerveau, c'est-à-dire sur l'ensemble des chemins neuronaux qui communiquent par le biais de la dopamine, un neurotransmetteur impliqué dans de nombreuses fonctions cérébrales vitales. La dopamine contribue par exemple à la régulation des mouvements, à la motivation, aux émotions et à l'apprentissage. Elle joue également un rôle essentiel dans les mécanismes cérébraux du plaisir et de la récompense, *«favorisant les comportements indispensables à la survie de l'espèce, comme manger et avoir des relations sexuelles»*, détaille Caroline Depuydt. Ainsi, quand nous mangeons un dessert que nous adorons, nous libérons de la dopamine, ce qui motive la répétition des actions ayant conduit à cette production de dopamine (remanger ce dessert). Malheureusement, ce système dopaminergique a un visage plus sombre puisqu'il est aussi impliqué dans l'addiction et *«encourage la poursuite de certaines activités ou consommations, au-delà de ce qui est nécessaire ou bénéfique, dans cette quête sans fin de la récompense.»*

«On peut définir l'addiction aux écrans comme un trouble caractérisé par le besoin excessif et obsessionnel d'utiliser un ordinateur (ou tout autre écran) pour se connecter à Internet, à des applications en ligne, à des jeux vidéo, à des plateformes de streaming; pour vérifier ses e-mails, téléphoner, texter, s'orienter, checker ses notifications ou les informations», résume Caroline Depuydt. Au fil du temps, les récepteurs de dopamine dans le

ADDICTION ET DÉPENDANCE: DE QUOI PARLE-T-ON ?

Selon les données actuelles, aujourd'hui, la moitié de la population serait dépendante à quelque chose, que ce soit à un produit ou à un comportement (2). Mais comment la définir ? La dépendance commence d'abord par l'addiction, c'est-à-dire l'envie irrésistible de consommer une substance ou d'adopter un comportement de façon répétée. *«Elle signe un glissement progressif de la consommation depuis un usage fonctionnel vers un usage intensif, qui peut éventuellement devenir problématique, la dernière étape de ce glissement étant l'addiction à proprement parler, et de là à la dépendance»*, explique Caroline Depuydt. En cas d'addiction, la personne se sent incapable d'arrêter la consommation de la substance (ou le comportement) malgré ses conséquences négatives sur sa santé, son bien-être et/ou sa vie sociale.

TOLÉRANCE ET SYNDROME DE SEVRAGE

La dépendance émerge alors comme une conséquence directe de l'addiction. Elle se caractérise par 2 phénomènes. Premièrement, la tolérance, qui exige une consommation croissante de la substance ou une répétition de plus en plus fréquente du comportement pour atteindre un même effet d'apaisement. Le deuxième phénomène est le syndrome de sevrage, qui se manifeste par l'apparition de symptômes de manque quand on tente de diminuer ou d'arrêter la consommation. Ces symptômes peuvent être psychiques (irritabilité, anxiété, compulsions intenses à consommer...) et/ou physiques (tremblements, nausées, palpitations, augmentation de la transpiration...).

cerveau deviennent alors moins sensibles, ce qui pousse la personne à rechercher davantage de stimuli pour retrouver le même niveau de plaisir. *«Même s'il est vrai que certaines personnes sont plus sensibles au risque de développer une dépendance du fait de leur génétique ou de leurs tendances impulsives, l'emprise des écrans opère sur presque n'importe qui, à des degrés divers»*, précise la psychiatre. Et pour cause: les décharges de dopamine qu'ils produisent sont plus intenses et plus rapides que lorsqu'on se livre à d'autres activités «plaisantes» comme écouter de la musique ou faire du sport. La bonne nouvelle, c'est que cette désensibilisation du circuit dopaminergique n'est pas permanente et peut être inversée. *«Le cerveau est plastique: en réduisant l'exposition aux stimuli excessifs ou addictifs, il peut se rétablir et retrouver une sensibilité normale à la dopamine»*, rassure la psychiatre.

Dr Caroline Depuydt,
Je me libère des écrans !,
Racine, 2024.



Réveiller le cortex préfrontal

Caroline Depuydt conseille cependant d'y aller progressivement, sans quoi le risque d'échec est grand... avec à la clé le renforcement de la spirale de la culpabilité et des comportements compulsifs. Ce qu'on appelle en psychologie comportementale «l'épuisement de la volonté», phénomène qui désigne la diminution progressive de la capacité d'une personne à prendre des décisions de qualité ou à résister à des tentations après une période prolongée durant laquelle elle a dû exercer sa volonté. L'étude la plus connue à ce sujet (3) portait sur 2 groupes de participants: les sujets du premier groupe devaient résister à manger les cookies qui se trouvaient devant eux (et plutôt manger des radis) alors que les sujets du deuxième groupe étaient autorisés à manger tous les cookies qu'ils voulaient. Ensuite, les 2 groupes étaient invités à résoudre un problème de logique. Résultat des courses: les participants du premier groupe ont démontré des performances inférieures à ceux du deuxième groupe, suggérant que résister à la gourmandise avait épuisé leurs ressources mentales...

«Oui, il faut s'autoriser à glander sur les réseaux sociaux», affirme Caroline Depuydt. On a le

droit à des moments où l'on ne fait rien, où l'on décompresse. D'autant que c'est justement à partir du moment où l'on déculpabilise qu'on peut reprendre le contrôle et découvrir que l'on a en soi les ressources pour se limiter.» Un geste tout simple à mettre en place ? Prendre 3 grandes respirations avant de saisir son téléphone quand on est au feu rouge, dans la file d'attente du supermarché ou que l'ami avec qui vous dînez est aux toilettes... «Interrogez-vous sur votre intention réelle», conseille Caroline Depuydt. Qu'est-ce qui vous pousse, là, maintenant, à vous connecter ? Y a-t-il des situations qui déclenchent votre connexion aux écrans ? Quand vous vous ennuyez, quand vous êtes stressé, quand vous vous sentez seul ? N'êtes-vous pas en train de vous connecter sur une impulsion automatique ?»

Ce processus de mise à distance et d'analyse permet l'activation du cortex préfrontal... ce qui peut s'avérer déterminant pour mener à bien vos projets. «Les études ont montré que la capacité à penser à long terme (très dépendante du cortex préfrontal) est un grand prédicteur de succès futur, qu'il soit financier ou personnel, commente la psychiatre. Par exemple, la capacité à manger une nourriture saine maintenant, sans céder à ce macaron qui nous fait de l'œil, nous permettra de maintenir une meilleure santé globale et d'être,

COMMENT RETROUVER UNE SENSIBILITÉ NORMALE À LA DOPAMINE ?

- 1 Réduire graduellement l'exposition aux écrans en se fixant des limites de temps d'utilisation quotidienne. Cette fonctionnalité existe sur la plupart des smartphones. On peut par exemple décider de limiter sa fréquentation des réseaux sociaux à 60 min par jour, la semaine suivante à 45 min et la semaine d'après à 30 min. Si l'on souhaite se connecter plus longtemps, il faudra effectuer une démarche supplémentaire, ce qui permet l'activation du cortex préfrontal (zone du cerveau qui permet de prendre des décisions). Un bon début pour sortir de la compulsivité.
- 2 Afficher l'écran de son téléphone en noir et blanc pour rendre les applis et les notifications (ce fameux rond rouge sur fond vert) moins attractives. Cette option est généralement disponible dans la rubrique «affichage et taille du texte».
- 3 Mettre son téléphone hors de sa vue, en particulier quand on doit se concentrer sur une tâche professionnelle. Une étude publiée en 2017 a en effet révélé que la présence visible d'un smartphone peut affecter la capacité cognitive, même si l'appareil est éteint ! (4) C'est pourquoi il est utile de mettre son téléphone dans un tiroir fermé ou même dans une autre pièce. Idem au restaurant ou au café: laisser son téléphone dans son sac permet d'être plus disponible pour échanger avec ses amis ou simplement savourer son repas.
- 4 Utiliser des applications qui permettent de bloquer l'accès à des sites spécifiques pendant des périodes déterminées et/ou de fournir un décompte du temps passé sur les différents sites ou applications mobiles, comme *RescueTime* ou *Offtime*.
- 5 Instaurer des moments sans écrans. Par exemple, le matin, ne pas rallumer son téléphone avant d'avoir pris le petit déjeuner. «Choisir de ne pas se connecter contribue à interrompre le cycle de l'addiction», rappelle Caroline Depuydt. Progressivement, on peut essayer de se passer d'écran toute une journée de la semaine, par exemple le dimanche, afin de renouer avec d'autres sources de plaisir comme la lecture, la marche, la cuisine, les jeux de société...



dans 20 ans, en meilleure forme que ce voisin qui a brûlé la chandelle par les 2 bouts.» À rebours de la logique d'immédiateté des plateformes, il est donc possible de préserver et d'entretenir sa capacité à réfléchir «à tête reposée» et à agir... plutôt que réagir. ^A

⁽¹⁾ <https://10jourssansecrets.org>

⁽²⁾ D. Richard, *Dictionnaire des drogues et des dépendances*, Paris, Larousse, 2009

⁽³⁾ R.F. Baumeister et al., *Ego depletion: Is the active self a limited resource ?*, *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(5), 1998, p. 1252-1265.

⁽⁴⁾ A. F. Ward et al., *Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity*, *Journal of the Association for Consumer Research*, 2(2), 2017.

⁽⁵⁾ J. Fardouly, *Social comparisons on social media: the impact of Facebook on young women's body image concerns and mood*, *Body Image*, 13, 201, p. 38-45.

FAIRE LA PAIX AVEC SON APPARENCE

Entre autres inconvénients, l'usage assidu des outils numériques peut altérer la façon dont nous percevons notre corps. «La comparaison constante à laquelle nous nous soumettons, via les réseaux sociaux, via les plateaux de télévision, via les séries TV, est rarement en notre faveur, tant nous sommes exposés à des corps "parfaits" et souvent retouchés», rappelle Caroline Depuydt. Les études montrent ainsi que la comparaison aux autres sur les réseaux sociaux est liée à une plus grande insatisfaction corporelle ⁽⁵⁾, en particulier chez les jeunes filles, et à des émotions désagréables comme de la tristesse, de la culpabilité, de la jalousie, de la frustration. Elle favorise aussi la dysmorphophobie, un trouble mental caractérisé par l'obsession pour un ou plusieurs défauts physiques, «souvent inexistant, insignifiants ou invisibles pour les autres».

LE TRI DANS SES ABONNEMENTS

Pour limiter ce phénomène, la première chose est d'arrêter de suivre les comptes qui poussent à la comparaison et diminuent insidieusement l'estime de soi. «Petit à petit, on tire bénéfice de l'algorithme de recommandation, explique Caroline Depuydt. Plus on suit, like, commente des comptes qui prônent l'acceptation de soi, l'inclusivité et la diversité, plus l'algorithme nous proposera de nouveaux contenus de ce genre. De la même façon, évitons d'alimenter des publications qui font la promotion du corps parfait, des régimes, de la perte de poids, qui montrent des photos avant/après. Plus on les commente, plus on leur donne de la visibilité.»

UNE LETTRE À SON CORPS

Pour se réconcilier vraiment avec son image, on peut aussi tenir un journal de gratitude ou écrire «une lettre à son corps» en le remerciant pour ce qu'il nous permet de faire (marcher, danser, ressentir du plaisir, porter un enfant...) et non pour l'image qu'il renvoie aux autres. «Cette lettre peut aussi être l'occasion de demander pardon à son corps pour ces propos dégradants que l'on tient à son égard quand on se regarde dans le miroir, poursuit l'experte. Pardon de le dénigrer, de l'oublier, de le dévaloriser, de le comparer. Enfin, on peut s'engager à le respecter, à se comporter plus comme un ami bienveillant que comme le pire des harceleurs à son égard.»



Le hasard existe-il vraiment ?

«Dieu ne joue pas aux dés» aurait dit Einstein. C'était en 1927 à Bruxelles lors du 5^e congrès Solvay. Par cette déclaration, le physicien manifeste alors son profond malaise face à l'importance croissante accordée aux probabilités dans le domaine de la physique

TEXTE : NATHAN UYTENDALE, ALIAS CHAT SCEPTIQUE - CHATSCEPTIQUE@GMAIL.COM



YOUTUBE.COM/CHATSCEPTIQUE

PHOTOS: © BY-STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.22)

Participants du premier congrès Solvay (1911) à l'hôtel Métropole, place De Brouckère, à Bruxelles. Reconnaissez-vous Albert Einstein ainsi que la seule femme présente à ce congrès ?

SOLUTION

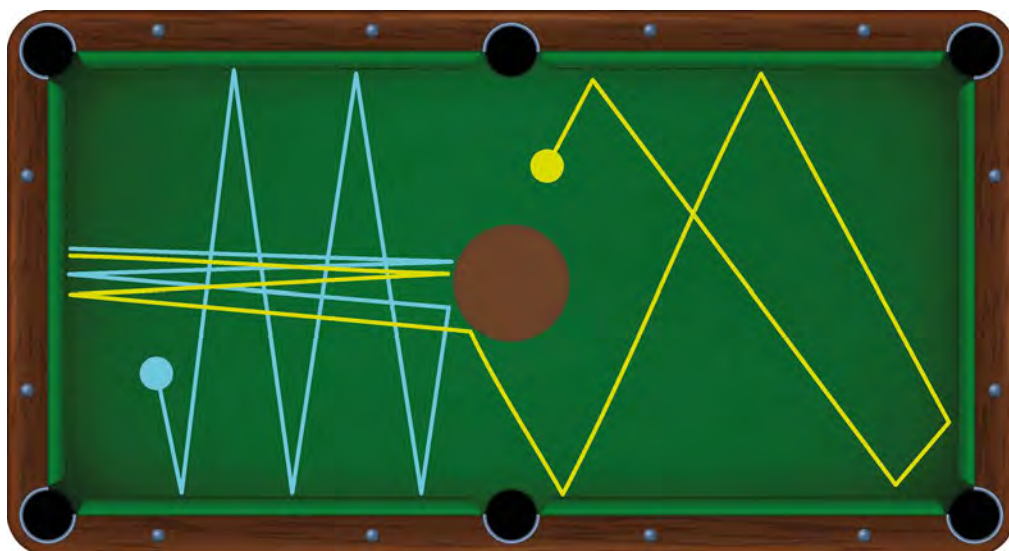


vraiment du hasard ? Et si l'exemple pourtant standard de tous les livres de statistique était en réalité mal choisi ?

Le dé est un objet physique. La main qui le lance aussi. Les deux sont soumis aux lois de la physique de sorte qu'en principe, en connaissant la force et l'angle du lancer ainsi que les caractéristiques du dé et de la surface d'impact, il devrait être possible de calculer quelle face «va sortir» avant même que le dé soit jeté. Bref, tout peut être déterminé, le lancer d'un dé n'est pas quelque chose d'intrinsèquement aléatoire.

La météo, souvent vécue comme un processus aléatoire, est pourtant aussi soumise aux lois de la physique: l'évolution de notre atmosphère n'est pas de la magie ! Et pourtant, nous échouons à prédire l'état de l'atmosphère dans une semaine autant que le résultat du jet d'un dé. La raison

Savez-vous ce qu'est le hasard ? Ouvrez n'importe quel livre d'introduction aux probabilités et on vous donnera rapidement l'exemple du jet d'un dé. Le dé possède 6 faces et il est impossible de déterminer à l'avance quelle face on obtiendra en le lançant. C'est ça, le hasard, nous dit-on ! Mais est-ce



Le billard est souvent utilisé comme exemple de système avec une grande sensibilité aux conditions initiales. Deux billes partant avec des trajectoires très légèrement différentes se séparent pourtant rapidement.

est simple: l'atmosphère tout comme le lancer d'un dé sont des systèmes dits *CHAOTIQUES*. Un bien grand mot pour désigner des systèmes dont l'une des propriétés est la *sensibilité aux conditions initiales*. N'abandonnez pas votre lecture, c'est moins compliqué que ça en a l'air 😊.

Vous avez légèrement sous-estimé la force du lancer du dé ou échoué à prendre en compte une imperfection de la surface d'impact ? Pas de chance, ces erreurs seront amplifiées au point que les prédictions théoriques vont vite se séparer de la réalité.

Vous avez mesuré l'ensemble de l'atmosphère terrestre à un instant t afin de prédire les jours de pluie et de Soleil à venir via les lois de la physique ? Bravo ! Avez-vous mesuré l'atmosphère avec une précision parfaite ? Non !? Hé bien dans ce cas, vos prédictions seront potables à court terme et catastrophiquement fausses à long terme.

Une précision totale des mesures étant à jamais inaccessible, la météo et les dés seront toujours vécus comme des phénomènes aléatoires bien qu'ils ne soient pas intrinsèquement aléatoires. Le choix du dé comme symbole du hasard dans les livres de statistique n'est donc pas si déraisonnable... à moins que l'IA s'en mêle ? Un jour peut-être, quelqu'un fournira les premières images du jet de plusieurs milliards de dés ainsi que les résultats de ces lancers à une IA pour l'entraîner, la rendant capable de prédire avec une précision redoutable le résultat de tout nouveau lancer sur base des premières millisecondes du phénomène. Ou pas !

Existe-t-il des choses autour de nous qui sont intrinsèquement aléatoires, c'est-à-dire à propos desquels il n'est pas possible, même théoriquement, de prédire le résultat ? La

réponse est oui, ce qui nous ramène à la physique quantique.

L'exemple concret que j'aime donner est celui du carbone 14. Un atome de carbone possède par définition 6 protons en son cœur. Ajoutez 6 neutrons et vous avez du carbone dit «12», une forme de carbone stable constituant l'essentiel du carbone dans nos corps et autour de nous.

Mais il existe aussi des atomes de carbone avec 8 neutrons, c'est le carbone 14. Celui-ci est instable et finit par se désintégrer en azote, mais le phénomène est intrinsèquement aléatoire. Sur 1 000 atomes de carbone 14, la seule chose qu'on sait, c'est qu'après 5730 ans, la moitié seront devenus de l'azote ⁽¹⁾. Mais impossible de dire ou calculer *quelle* moitié: rien ne distingue les atomes de départ les uns des autres. Je peux laisser un physicien étudier ces atomes pendant des années, puis échanger 2 de ces atomes et demander au physicien de déterminer lesquels ont été échangés, il sera incapable de me répondre.

Que me dites-vous ? Il doit bien y avoir quelque chose qui les distingue, permettant d'expliquer pourquoi certains vont se désintégrer avant d'autres, c'est juste que la science ne l'a pas encore déterminé ? NON, répond la physique quantique ! Le fait que certains atomes vont se désintégrer et d'autres pas alors que rien ne les distingue *fait partie des propriétés fondamentales de la matière*. Et donc, l'aléatoire intrinsèque à cette situation fait partie des propriétés fondamentales de l'Univers dans lequel nous vivons. Un résultat qu'Einstein n'a jamais vraiment pu avaler. Aujourd'hui pourtant, la physique quantique a largement triomphé, n'en déplaise à Einstein qui, aussi brillant qu'il était, n'a pas eu raison sur tout ! 

⁽¹⁾ Une connaissance qui permet la datation au carbone 14, mais c'est un autre sujet.



LE DOSSIER NEUROLOGIE

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © MIA STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.24),
© ARKNA - STOCK.ADOBE.COM (P.26),
© DILOK - STOCK.ADOBE.COM (P.28)

La mémoire se conjugue au pluriel

Longtemps la mémoire fut décrite comme une entité monolithique qu'il fallait entraîner à l'image d'un bodybuilder soulevant des charges. Depuis quelques décennies, cette vision mécaniste est battue en brèche par les travaux de la neuropsychologie et de la psychologie cognitive. La mémoire est le siège de subdivisions neuroanatomiques et fonctionnelles. Elle est plurielle, composée de systèmes et sous-systèmes en interaction sous-tendus par des réseaux neuronaux

«**L**a mémoire ne fonctionne pas comme un muscle.» Ainsi que l'expliquait le professeur Martial Van der Linden, qui fut responsable des unités de psychopathologie et de neuropsychologie clinique aux Universités de Genève et de Liège, on ne «muscle» pas sa mémoire en assemblant régulièrement des puzzles, en s'adonnant à des jeux vidéos qui lui seraient dédiés ni en ingurgitant des listes de mots. «Si vous apprenez des poèmes par cœur, vous améliorerez seulement votre mémoire des poèmes», indiquait-il encore de façon imagée. Non, il n'existe pas de méthode qui permette de doper les performances mnésiques au-delà des domaines spécifiques soumis à un entraînement ni, dès lors, de répondre à des plaintes diversifiées telles que peiner à retrouver des noms de films et d'acteurs, oublier des rendez-vous, perdre sans cesse ses clés ou encore être incapable de suivre une conversation de façon consistante.

L'échec avéré des techniques aux «vertus miracles» et aux parfums souvent mercantiles, certaines qualifiées de «jogging mental» ou de «gym-cerveau» par exemple, s'enracine dans

la nature même de la mémoire. Depuis une cinquantaine d'années et plus encore depuis la publication en 1995 des travaux du psychologue Endel Tulving, de l'Université de Toronto, les neuroscientifiques considèrent que la mémoire n'est pas monolithique, mais constituée de systèmes et sous-systèmes indépendants en interaction sous-tendus par des réseaux cérébraux dont certains composants leur sont individuellement spécifiques et d'autres sont communs à plusieurs d'entre eux. Tulving postulait l'existence de 5 systèmes mnésiques principaux, l'un voué à la mémorisation à court terme, la mémoire de travail, et 4 autres, à la mémorisation à long terme: les mémoires épisodique, sémantique et procédurale ainsi que le système de représentations perceptives (PRS). Dans ses grandes lignes, ce modèle reste d'actualité, mais a subi quelques aménagements et extensions. Ainsi, le PRS, auquel le psychologue canadien attribuait une fonction de stockage de la forme et de la structure des objets, des visages et des mots, abstraction faite de leurs propriétés sémantiques (signification), n'a plus la cote chez la plupart des auteurs actuels.

Mémoires de l'éphémère

Selon le professeur Steve Majerus, responsable de l'Unité de recherche en psychologie et neurosciences cognitives (PsyNCog) à l'Université de Liège, il existe une mémoire à très court terme non évoquée par Tulving: la **mémoire sensorielle**. Elle joue dans le théâtre d'une forme d'instantanéité car elle serait dévolue au maintien en mémoire de perceptions visuelles, auditives, gustatives, olfactives ou kinesthésiques durant une période s'étendant de quelques millièmes de seconde à une seconde. *«C'est elle, par exemple, qui contribue au sentiment que nous éprouvons d'une fluidité des mouvements lorsque nous regardons un film tourné en 24 images par seconde. Vu la brièveté de la persistance de l'information perceptive en mémoire sensorielle, cette sensation de continuité de l'action serait perdue si la cadence d'image était inférieure à 16 hertz, la perception d'un mouvement continu faisant alors place à celle d'une succession d'images fixes»*, rapporte Steve Majerus.

Avec cette mémoire pour le moins éphémère coexiste, dans le court terme, une autre forme de mémoire figurant dans le modèle proposé par Tulving: la **mémoire de travail**, dont la fonction réside dans le maintien temporaire (moins d'une minute) d'informations sous une forme aisément accessible à la conscience et dans leur traitement contrôlé afin de permettre la réalisation de tâches cognitives. Sans elle, impossible entre autres d'effectuer un calcul mental, de suivre une conversation ou encore de composer un numéro de téléphone après l'avoir consulté dans l'annuaire. En outre, la mémoire de travail est essentielle aux apprentissages, en particulier aux apprentissages scolaires.

Publié en 1974, le modèle le plus connu de ce système mnésique est l'œuvre d'Alan Baddeley, de l'Université de York, en Angleterre. Que postule-t-il ? En haut de la pyramide, un administrateur central remplirait les fonctions de chef d'orchestre. Ainsi, dans l'occurrence d'un calcul mental, il gérerait le déroulement des opérations. À un échelon inférieur, 2 systèmes esclaves se chargeraient du stockage temporaire de l'information. Les modèles récents sont très souvent implémentés sous la forme d'architectures computationnelles, impliquant une précision conceptuelle et une falsifiabilité plus élevée. *«Actuellement, on parle moins de modèles spécifiques; au contraire, on essaie de mettre en évidence une architecture qui fasse consensus sur des concepts importants pour chacune des fonctions cognitives étudiées»*, souligne Steve Majerus. L'interaction de différents processus gérant l'attention, le contrôle exécutif, l'activation de souvenirs ou connaissances en mémoire à long terme, la prise en considération de l'«ordre sériel», c'est-à-dire l'agencement des informations dans le bon ordre, est essentielle au bon fonctionnement de la mémoire de travail.

Aujourd'hui, des données convergentes mettent en exergue que des tâches réputées simples, comme la répétition de chiffres ou de mots, recrutent des processus cognitifs complexes et, qui plus est, en partie partagés avec d'autres fonctions cognitives. En effet, de nombreuses études actuelles montrent que les interactions entre les systèmes et sous-systèmes mnésiques sont parfois le moteur de la réalisation de certaines fonctions que l'on attribuait auparavant à un système ou un sous-système spécifique. *«Le modèle de Baddeley est historiquement le premier et beaucoup de cliniciens s'y réfèrent encore, alors qu'il s'agit actuellement d'un modèle parmi de nombreux autres, dont certains plus précis et plus complets. Les praticiens se*

sentent un peu perdus face à la prolifération des modèles - il en existe plus de 30 - et se rabattent sur celui qui était un des premiers», dit Steve Majerus.

Limitée et fragile

La mémoire de travail a une capacité très limitée. Le nombre maximal d'informations qu'un individu est capable de restituer correctement lors de tests reposant sur la répétition verbale de séquences de mots ou de chiffres n'est que de 7 plus ou moins 2 chez un adulte de 18 à 25 ans, de 5 à 6 chez un enfant de 10 ans ou encore de 4 à 5 chez un enfant de 5 ans. Évidemment, ces scores sont sujets à une grande variabilité inter-individuelle, mais dépendent également en partie du type d'informations à mémoriser. Si elles sont familières, ils seront très supérieurs à ceux obtenus, par exemple, lorsqu'il est demandé de répéter une phrase d'une langue qu'on ne maîtrise absolument pas. *«Au tout début de l'apprentissage d'une nouvelle langue, on ne sera pas capable en général de prononcer correctement plus de 2 ou 3 syllabes d'une phrase, voire parfois aucune»*, commente le professeur Majerus.

Une autre propriété de la mémoire de travail est sa fragilité. Elle recrute des réseaux cérébraux partiellement modulables suivant le but à atteindre et la nature des informations à traiter (visuelles, auditives...). Or, ces réseaux possèdent une caractéristique qui augmente leur risque de défaillance: ils font appel à de nombreux systèmes et sous-systèmes anatomiquement répartis dans le cerveau. Par conséquent, la probabilité d'une déficience résultant d'une lésion d'une ou plusieurs de ces structures ou d'un problème de connectivité entre certaines d'entre elles est non négligeable. *«La probabilité que la mémoire de travail soit affectée par des lésions cérébrales occasionnées par un AVC, un traumatisme crânien, une anoxie ou toute autre cause est élevée. En outre, la fréquence des déficits causés par ces lésions est souvent sous-estimée car ils sont parfois difficiles à détecter»*, fait remarquer Steve Majerus.

À cette réalité s'en ajoute une autre: un des facteurs communs à la majorité des troubles neurodéveloppementaux et des troubles des apprentissages, tels que la dyslexie, la dysphasie, la dyscalculie, les déficits attentionnels ou encore l'extrême lenteur dont font montre certains enfants dans l'acquisition des matières scolaires, est presque systématiquement une moindre capacité de la mémoire de travail par rapport à la norme. D'après les neuroscientifiques, il existe par ailleurs un lien étroit entre les capacités de la mémoire de travail et ce qu'il est convenu d'appeler l'«intelligence fluide». Une forme d'intelligence



QUI SUIS-JE ET QUI SERAI-JE ?

Selon le psychologue britannique Martin Conway, décédé en 2022, la **mémoire autobiographique** se réfère aux souvenirs détaillés d'épisodes vécus par un individu (mémoire épisodique) ainsi qu'aux connaissances générales lui permettant de situer ces épisodes dans l'ensemble de son histoire personnelle (mémoire sémantique). Par là même, elle est essentielle à la construction de notre identité, au sentiment qui nous habite d'une continuité personnelle malgré les aléas et changements de caps qui jalonnent nos existences. Se souvenir des expériences que nous avons personnellement vécues contribue beaucoup à cette fonction, mais également les connaissances plus abstraites, plus sémantiques que nous avons de notre propre passé.

Toutefois, une autre dimension doit encore être prise en considération: le «raisonnement autobiographique», notre capacité d'extraire le sens de nos expériences, en lien avec nos caractéristiques personnelles, avec d'autres événements vécus, avec nos buts... Se crée ainsi un récit de vie qui nous confère notre identité. *«L'image de soi dépend aussi dans une large mesure de la mémoire autobiographique: ce dont nous nous souvenons détermine comment nous nous percevons»*, dit le professeur Arnaud D'Argembeau.

En quelque sorte, le passé, le présent et le futur s'entremêlent à travers la mémoire autobiographique. Car une autre de ses fonctions consiste à utiliser les informations émanant de nos expériences de vie et de nos

axée sur la résolution de problèmes impliquant un raisonnement et ce, indépendamment de nos connaissances acquises, territoire de l'«intelligence cristallisée». *«Les individus dotés d'une mémoire de travail plus performante sont à même de prendre en compte une quantité supérieure d'informations lors des traitements cognitifs. Capables de combiner un nombre plus important de variables dès le début du processus de résolution d'un problème, ils y apportent en général une solution plus rapide et potentiellement de qualité supérieure»*, explique le professeur Majerus.

Afin de se jouer quelque peu de sa capacité limitée, la mémoire de travail dispose d'un outil stratégique: établir un lien entre les informations à traiter à court terme et certaines informations stockées dans les mémoires épisodiques et sémantiques, 2 mémoires à long terme qui peuvent la délester de certaines opérations et, par là même, lui permettre d'en effectuer d'autres.

connaissances sur notre passé personnel pour résoudre certains de nos problèmes du moment, nous permettre d'envisager l'avenir et nous guider dans la définition et l'obtention de nos objectifs. Des études ont montré que des patients amnésiques incapables de se souvenir consciemment d'un seul épisode de leur passé personnel ne parviennent pas non plus à se projeter mentalement dans le futur. C'est le vide des 2 côtés ! D'autre part, des personnes présentant des lacunes au niveau des connaissances plus générales relatives à des périodes de leur vie sont également en difficulté quand il s'agit d'imager de façon cohérente le «profil» de périodes de vie futures - *ce que je ferai au terme de mes études et de mon stage... «À l'ULiège, nous nous sommes demandé quels étaient les points de convergence entre la représentation du passé et l'imagination du futur, explique Arnaud D'Argembeau. L'idée générale qui ressort de nos études est que pour pouvoir se représenter des événements futurs, nous devons initialement employer des détails extraits d'événements passés et stockés en mémoire épisodique, avant de les réutiliser en les recombinaison de manière nouvelle.»* Un raisonnement similaire vaut pour les connaissances sémantiques relatives à son propre passé. Enfin, l'imagerie cérébrale nous enseigne que les régions du cerveau recrutées pour se remémorer des événements spécifiques passés (en rapport avec notre famille ou des vacances, par exemple) ou, au contraire, pour imaginer des événements similaires ayant trait au futur sont en grande partie les mêmes.



Notre histoire personnelle

Au nombre des 5 systèmes de mémoire principaux définis par Endel Tulving, les mémoires épisodique et sémantique sont qualifiées d'explicites ou de déclaratives, les souvenirs qu'elles abritent pouvant être décrits verbalement. Quand nous nous souvenons d'avoir mangé dans un restaurant italien le jour de l'an et d'y avoir croisé un chanteur connu qui avait un peu trop bu, c'est notre **mémoire épisodique** qui est à la manœuvre. Permettant le stockage et la prise de conscience d'épisodes personnellement vécus ainsi que du contexte de leur encodage, elle est le support de notre histoire individuelle. L'encodage, précisément, est multimodal en mémoire épisodique, dans la mesure où il peut impliquer des éléments visuospatiaux, auditifs, olfactifs, kinesthésiques, gustatifs ou encore émotionnels. Cette pluralité facilite la récupération des souvenirs ayant trait aux événements spécifiques vécus à un moment particulier de notre passé - par exemple, la cérémonie de mariage d'un ami. En quelque sorte, il y a plusieurs fils sur lesquels il est possible de tirer pour parvenir à se remémorer un souvenir épisodique qui a été préalablement encodé puis consolidé. La récupération d'un tel souvenir est active, repose sur une recherche stratégique de l'information, par indices.

C'est à ce stade que la mémoire épisodique a partie liée avec les fonctions exécutives, ensemble de processus cognitifs de haut niveau qui nous permettent de nous adapter à notre environnement lorsque les routines d'action ne peuvent suffire. *«Il s'agit d'une recherche active visant à réinstaller volontairement un contexte de récupération et de localiser un indice à partir duquel les processus associatifs qui relient les différents éléments contextuels pourront opérer»*, indique Sylvie Willems, chargée de cours en neuropsychologie clinique de l'adulte à l'ULiège. La récupération stratégique d'un souvenir en mémoire épisodique peut être altérée et mener à des problèmes d'amnésie. Toutefois, à côté de cette «recollection volontaire» existe une possible «recollection spontanée». Des processus associatifs, plus automatiques, assurent alors la récupération du souvenir épisodique pour autant que les indices disponibles soient suffisamment nombreux pour conduire à une activation de la représentation globale disponible en mémoire.

Le professeur Majerus aime à rappeler la phrase de Voltaire: *«Ce qui touche le cœur se grave dans la mémoire.»* En effet, il est établi que les émotions favorisent l'encodage des souvenirs épisodiques. En

1977, Roger Brown et James Kulik, 2 psychologues de l'Université Harvard, ont d'ailleurs introduit la notion de «souvenirs éclair», qui se réfère aux circonstances dans lesquelles on a appris un événement public important comme les attentats du 11 septembre. Selon les 2 psychologues, les événements émotionnels donnant lieu à des souvenirs éclair assureraient un encodage plus détaillé et plus exact du contexte dans lequel on en a pris connaissance, ce qui garantirait un maintien prolongé en mémoire des souvenirs qu'on s'en est forgés. Des études ultérieures ont cependant révélé que si ces souvenirs particuliers sont souvent enregistrés de manière plus détaillée et plus durable, ils sont néanmoins susceptibles, comme les autres souvenirs épisodiques, de renfermer des erreurs et des distorsions, de faire l'objet d'ajouts au fil du temps ou d'être progressivement amputés de certains éléments. *«La mémoire ne repose jamais sur un enregistrement littéral de ce qui se produit; elle est le fruit de reconstructions successives»*, commente le professeur Arnaud D'Argembeau, directeur de recherche FNRS au sein de l'unité PsyNCog. De surcroît peuvent naître de faux souvenirs aux confins d'un épisode qui n'aurait jamais été vécu mais émanerait d'un rêve, d'un souhait, d'une pensée... Ce n'est pas par hasard si en 1994, le médecin et philosophe américain Israël Rosenfield, à l'époque professeur de neurosciences et d'histoire des idées à la City University de New York, publia un essai intitulé *L'invention de la mémoire*.

Connaissances générales

Vous n'ignorez pas que Donald Trump a été réélu président des États-Unis, que Paris est la capitale de la France et que le *Real Madrid* est un club de football. Ces connaissances ressortissent à la **mémoire sémantique**, second grand système mnésique à long terme de caractère déclaratif (ou explicite). Il s'agit du réceptacle de «nos

connaissances générales sur le monde». Les mots pourraient cependant être trompeurs, car son territoire s'étend bien au-delà des sphères de la géographie, de l'histoire ou de la littérature, notamment. Non, la mémoire sémantique sert également de support à nos connaissances de la signification des mots (vocabulaire) ou des sons (un beuglement est émis par un bovin et un miaulement par un chat), de la fonction des objets et des outils, des concepts mathématiques (ce qu'est une addition ou un triangle) ou encore des scripts relatifs à l'attitude à adopter dans des lieux bien définis, tels qu'un cinéma ou la salle d'attente d'un notaire. «Puisqu'elle stocke les connaissances sur le monde, la mémoire sémantique comprend beaucoup de concepts communs à toute une culture», souligne Christine Bastin, maître recherche FNRS au sein du GIGA-CRC *Human Imaging* de l'ULiège.

Ce n'est pas tout. La mémoire sémantique renferme aussi des connaissances personnelles générales ou abstraites que nous avons de notre propre passé - des souvenirs portant sur des événements répétés, comme des réunions de travail qui avaient lieu tous les vendredis, ou appartenant à une même période (mon séjour à Madrid en 2008). Ainsi que l'indique Arnaud d'Argembeau, il peut en outre s'agir de souvenirs ayant trait à de «grandes périodes qui découpent la vie d'une personne». Par exemple, l'époque où cette personne vivait en colocation. À cela s'ajoutent encore des connaissances factuelles sur soi - date et lieu de naissance, etc.

Les différents systèmes et sous-systèmes mnésiques sont sous-tendus par des réseaux neuronaux parfois vastes et disséminés dans l'ensemble du cerveau - c'est en particulier le cas pour la mémoire épisodique et la mémoire de travail. Ces entités ne vivent pas en vase clos mais entretiennent des interactions, voire d'étroites relations comme celles, susmentionnées, entre la mémoire de travail et ses homologues épisodique et sémantique. À l'interface de ces 2 dernières a d'ailleurs été développé un concept essentiel: la **mémoire autobiographique**, élément clé de la construction de notre identité et de notre capacité de nous projeter dans l'avenir (voir encadré p.27).

De nouvelles aptitudes

Creusets de souvenirs pouvant être verbalisés, les mémoires épisodique et sémantique sont sans doute celles qui correspondent le mieux à l'idée que nous nous faisons communément de la mémoire. Toutefois, lorsque nous débrayons spontanément au volant de notre voiture, sans réfléchir, ce n'est pas elles qui sont impliquées mais un autre système mnésique à long terme, implicite

cette fois, non déclaratif: la **mémoire procédurale**. Sa fonction ? Stocker des connaissances qui reposeraient sur des apprentissages répétés ne pouvant s'acquérir que par l'action et qui s'exprimeraient sous la forme de nouvelles aptitudes motrices comme jouer du piano, perceptives comme arriver à lire dans un miroir ou cognitives comme effectuer «automatiquement» certaines opérations simples de calcul mental - songeons aux tables de multiplication. «La mise en œuvre du langage oral aussi relève de la mémoire procédurale», rapporte Steve Majerus. On sait, sans devoir y réfléchir, comment bouger la langue et les lèvres, comment contrôler la respiration pour produire les mots. Le babillage chez le jeune enfant est un apprentissage procédural».

Il existe d'autre mémoires implicites dont, selon certains neuropsychologues, les conditionnements émotionnels. Ainsi, entendre un aboiement alors qu'on a été un jour glacé d'effroi devant un chien menaçant peut ressusciter une peur intense. Sont aussi rangés au nombre des mémoires implicites les réflexes conditionnés et les effets d'amorçage, où un stimulus (l'amorce) se manifestant peu avant un autre (la cible) influence la façon dont ce dernier sera traité, et ce, sans que l'individu soit conscient de cette influence.

La mémoire n'est pas monolithique, mais constituée de systèmes et sous-systèmes indépendants en interaction sous-tendus par des réseaux cérébraux dont certains composants leur sont individuellement spécifiques et d'autres sont communs à plusieurs d'entre eux.

La prise en charge des troubles de la mémoire s'est dégagée d'une vision «musculaire» du fonctionnement mnésique, du moins en clinique. Forte du concept d'une mémoire plurielle, et à défaut de pouvoir restaurer les facultés perdues à la suite d'un AVC, d'un traumatisme crânien, d'une anoxie ou encore d'une tumeur, elle cherche à exploiter les ressources offertes par les systèmes mnésiques préservés au sein du puzzle de la mémoire. 



Pour ses recherches visant à améliorer la compréhension et la prise en charge des troubles de la mémoire épisodique, l'équipe de Sylvie Willems recrute des patients ayant eu un traumatisme cérébral léger à sévère, récent ou ancien.

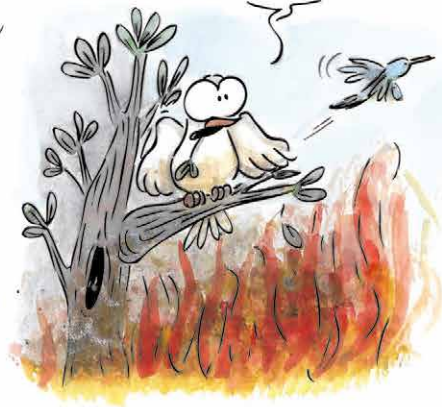
Tout patient intéressé peut contacter son équipe via l'adresse mail: maud.billet@uliege.be

INCENDIES DE LOS ANGELES : LES PLUS DÉVASTATEURS DE L'HISTOIRE DE LA CALIFORNIE...

Quel malheur...



Colibri, pourquoi tu essayes d'éteindre le feu ? Tu t'entraînes pour les JO de 2028 ou quoi ?



Tu crois vraiment que ça va changer quelque chose ?



Allez...
Arrête de t'épuiser.
Tu vois bien que
ça ne sert à rien.



Peut-être, mais au moins,
moi, je fais ma part.



OK. Je vais t'aider...

Merci !



Encore un peu à droite !



Aly



Curiokids

1^{re} partie

Le tableau des éléments: À la découverte des briques secrètes de l'univers!

Que ce soit dans ton corps, dans ton smartphone ou même dans l'espace, les éléments chimiques sont partout ! Certains donnent des couleurs éclatantes aux pierres précieuses, d'autres façonnent les métaux ultra-résistants des satellites. Sans eux, pas d'or, pas de fer et encore moins de vibranium (même s'il n'existe que dans les films !). Alors, prêts à découvrir les éléments les plus incroyables du tableau périodique ?

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE • INFO@CURIOKIDS.NET

PHOTOS: © FYLE - STOCK.ADOBE.COM (P.31), © FABRICE - STOCK.ADOBE.COM (P.33)

ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT

Le *Morning Glory Pool* situé dans le parc national de Yellowstone, aux États-Unis, qui a complètement changé d'aspect et de couleur au fil du temps.

Regarde autour de toi: ta console, ton gloss, l'eau que tu bois, le pain au chocolat que tu dévores... Tout est fabriqué à partir de milliers de minuscules briques: ce sont les éléments chimiques. Imagine un immense jeu de *Lego*® composé de pièces si petites que non seulement tu ne pourrais pas voir à l'œil nu mais que tu ne pourrais pas casser pour obtenir quelque chose de plus petit. On appelle cela un élément ou encore un atome. En s'assemblant, ces éléments forment tout ce qui existe. Certains, comme l'or, sont visibles et brillants. D'autres, comme l'hélium, sont invisibles. Tu le connais sûrement: c'est lui qui fait flotter les ballons de fête dans les airs et rend la voix rigolote quand on en respire un peu !

Il y a longtemps, les gens pensaient que tout était fait de feu, d'eau, d'air et de terre. Pas bête, mais pas tout à fait juste ! Aujourd'hui, on sait que tout



est constitué d'**atomes**, ces minuscules pièces qui s'associent pour créer des **molécules**. Par exemple, l'eau est un mélange d'atomes d'hydrogène et d'oxygène. Chaque chose est constituée d'une combinaison d'atomes unique. Sans ces combinaisons, il n'y aurait ni chocolat, ni voiture, ni verre, ni papier...

Mais comment sait-on tout ça ? Avant 1700, on ignorait presque tout des éléments. Puis, la chimie s'est développée grâce à l'invention de nouveaux outils et les scientifiques ont ainsi découvert progressivement de quoi est fait le monde. Aujourd'hui encore, ils continuent de percer ses secrets !

L'alphabet secret des éléments

Pour s'y retrouver dans tous ces **éléments**, les chimistes ont créé leur propre alphabet. Des lettres et des symboles qui représentent les 118 éléments découverts à ce jour ! Chaque élément chimique est identifié par un **symbole** sous forme d'une ou 2 lettres. Par exemple, **H** pour l'hydrogène, **O** pour l'oxygène, **C** pour le carbone... Facile, non ? Mais certains symboles sont plus mystérieux... L'or par exemple: pourquoi son symbole est-il **Au** ? Parce que son nom vient du latin *Aurum*, qui signifie «brillant». Le potassium est quant à lui symbolisé par **K** car son nom vient de l'allemand *Kalium*; et le sodium, dont le symbole est **Na**, pour *Natrium*.

Sur les 118 éléments connus, 94 existent naturellement sur Terre. Ce sont ceux que l'on trouve dans les montagnes, l'eau, notre corps ou même dans les étoiles ! Les 24 autres ont été fabriqués en laboratoire par les scientifiques. Ces éléments artificiels sont cependant souvent très instables: ils disparaissent en quelques fractions de seconde après leur création ! Certains éléments existent en si petites quantités qu'il est impossible de les récupérer directement. Par exemple, le technétium (**Tc**), qui est fabriqué en laboratoire pour être utilisé en médecine.

Le truc de ouf !

L'OR DES BIJOUX VIENT DES ÉTOILES !

Les premiers atomes de l'univers sont apparus après le Big Bang, il y a 13,7 milliards d'années. En 20 minutes, les conditions extrêmes de températures ont permis la formation des 2 plus petits éléments: l'hydrogène (75%) et l'hélium (25%). Ce phénomène s'appelle la nucléosynthèse. Il a ensuite fallu attendre 100 millions d'années pour que les premières étoiles naissent et commencent à produire des atomes plus lourds comme le carbone et l'oxygène. Plus tard, dans des étoiles géantes, d'autres éléments comme le fer et le silicium se sont formés. Plus lourds encore, l'or, le plomb ou le platine, sont fabriqués par les supernovas. Ces explosions d'étoiles en fin de vie produisent les métaux les plus rares de l'univers. Ces atomes ont voyagé des milliards d'années dans l'espace avant d'arriver sur Terre, il y a 4,55 milliards d'années. Notre planète est née d'un nuage de gaz et de poussières - composé à 98% d'hydrogène et d'hélium, et à 2% de fer, silicium, carbone, oxygène... - avant d'être bombardée par des météorites qui l'ont enrichie en métaux précieux pendant ses premiers millions d'années. On estime que 20 milliards de tonnes de matériaux extraterrestres sont ainsi tombées sur notre planète. Tu sais d'où vient l'or de tes bijoux maintenant !

Grâce à cet alphabet spécial, les chimistes peuvent écrire le langage de la matière. Avec seulement quelques lettres, ils décrivent des millions de molécules, comme l'eau (H_2O) ou le sel ($NaCl$). Un vrai code secret... mais scientifique !

Ce que les atomes ont dans le ventre !

Si on pouvait zoomer sur l'intérieur d'un atome, on découvrirait un minuscule noyau, bien caché au centre. Ce noyau contient des **protons** (chargés positivement) et des **neutrons** (sans charge, donc neutres). Ce sont eux qui donnent du poids à l'atome: plus un élément a de protons et de neutrons, plus il est «lourd».

Autour du noyau, on trouve des **électrons**, minuscules et chargés négativement. Mais attention, ils ne tournent pas n'importe où: ils suivent des trajectoires bien précises, un peu comme des voitures de course sur des circuits invisibles. En science, on appelle ça des couches électroniques. Mais pourquoi les électrons ne s'envolent-ils pas ? Parce que les opposés s'attirent ! La charge positive des protons attire la charge négative des électrons, un peu comme un aimant, ce qui maintient l'atome «compact».

Et maintenant, un petit secret de chimiste: chaque atome a un **nombre atomique**, qui correspond au nombre de protons contenus dans son noyau. L'hydrogène, qui n'a qu'un seul proton, porte le numéro 1. Le fer, lui, en possède 26, donc son numéro est 26. Grâce à ces nombres, on peut classer tous les éléments... c'est là que le **tableau périodique** entre en jeu !

Le grand classement des éléments

Nous voici donc avec une immense collection de 118 éléments ! Comment s'y retrouver ?

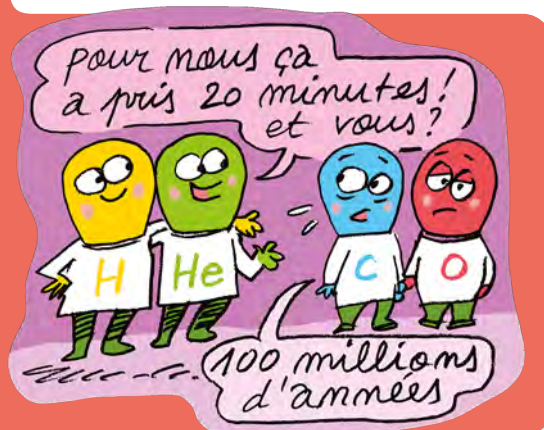


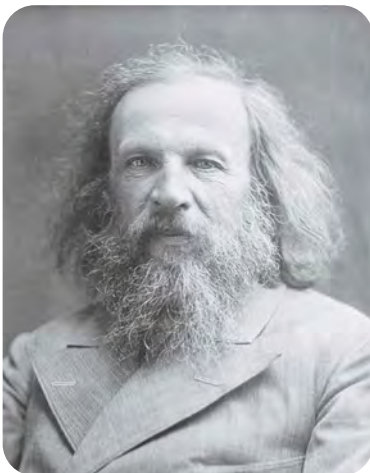
Tableau périodique des éléments

Alcalins Alcalino-terreux Métaux pauvres Métaux de transition Gaz nobles Lanthanides Actinides Métalloïdes Autres non-métaux Halogènes																															
1 H 1.008 Hydrogène 2 He 4.003 Hélium																															
3 Li 6.941 Lithium 4 Be 9.012 Béryllium																															
5 Na 22.990 Sodium 6 Mg 24.305 Magnésium																															
7 K 39.098 Potassium 8 Ca 40.078 Calcium 9 Sc 44.956 Scandium 10 Ti 47.883 Titane 11 V 50.942 Vanadium 12 Cr 51.996 Chrome 13 Mn 54.938 Manganèse 14 Fe 55.845 Fer 15 Co 58.933 Cobalt 16 Ni 58.693 Nickel 17 Cu 63.546 Cuivre 18 Zn 65.380 Zinc 19 Ga 69.723 Gallium 20 Ge 72.630 Germanium 21 As 74.922 Arsenic 22 Se 78.960 Sélénium 23 Br 79.904 Brome 24 Kr 83.798 Krypton																															
25 Rb 85.468 Rubidium 26 Sr 87.62 Strontium 27 Y 88.906 Yttrium 28 Zr 91.224 Zirconium 29 Nb 92.906 Niobium 30 Mo 95.94 Molybdène 31 Tc 98.906 Technétium 32 Ru 101.07 Ruthénium 33 Rh 102.91 Rhodium 34 Pd 106.42 Palladium 35 Ag 107.87 Argent 36 Cd 112.41 Cadmium 37 In 114.82 Indium 38 Sn 118.71 Étain 39 Sb 121.76 Antimoine 40 Te 127.60 Tellure 41 I 126.905 Iode 42 Xe 131.29 Xénon																															
43 Cs 132.91 Césium 44 Ba 137.33 Baryum 45 La 138.905 Lanthane 46 Hf 178.49 Hafnium 47 Ta 180.947 Tantalum 48 W 183.84 Tungstène 49 Re 186.21 Rhenium 50 Os 190.23 Osmium 51 Ir 192.22 Iridium 52 Pt 195.08 Platine 53 Au 196.967 Or 54 Hg 200.59 Mercure 55 Tl 204.38 Thallium 56 Pb 207.2 Plomb 57 Bi 208.980 Bismuth 58 Po 209 Polonium 59 At 210 Astatine 60 Rn 222 Radon																															
61 Fr 223 Francium 62 Ra 226 Radium 63 Ac 227 Actinium 64 Th 232 Thorium 65 Pa 231 Protactinium 66 U 238 Uranium 67 Np 237 Neptunium 68 Pu 244 Pluton 69 Am 243 Américium 70 Cm 247 Curium 71 Bk 247 Bériquel 72 Cf 251 Californium 73 Es 252 Éinsteinium 74 Fm 257 Fermium 75 Md 258 Mendelevium 76 No 259 Nobelium 77 Lr 262 Lawrencium																															

Heureusement, un chimiste russe du nom de Dmitri Mendeleïev a eu une idée géniale il y a plus de 150 ans: ranger les éléments dans un tableau, qu'on appelle tableau périodique des éléments. Les atomes y sont classés par nombre atomique (nombre de protons dans le noyau). Il commence par l'hydrogène (H) avec 1 proton, puis l'hélium (He) avec 2 protons, le lithium (Li) avec 3, et ainsi de suite. Mais Mendeleïev ne s'est pas arrêté là. Il a remarqué que certains éléments avaient des propriétés similaires. Alors, il a aussi organisé son tableau en colonnes (verticales, appelées groupes) et des lignes (horizontales, appelées périodes). Les éléments d'une même colonne ont des propriétés similaires !

À cette époque, en 1869, on ne connaissait que 63 éléments, mais Mendeleïev, prévoyant, avait laissé des cases vides dans son tableau, prédisant que des éléments inconnus viendraient un jour les remplir. Et il avait raison ! Au fil des années, les scientifiques ont découvert de nouveaux éléments qui correspondaient exactement aux prédictions de Mendeleïev. Son tableau est si bien pensé qu'on l'utilise encore aujourd'hui !

Le selfie du jour



DMITRI MENDELEÏEV : L'HOMME QUI A DOMPTÉ LES ÉLÉMENTS !

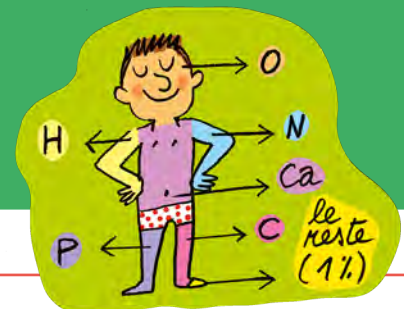
Avec ses cheveux longs et ses idées révolutionnaires, ce n'était pas un chimiste comme les autres. Né en 1834 en Sibérie, il est le dernier d'une fratrie de... 17 enfants ! Son père étant devenu aveugle, sa mère reprend une usine de verre pour nourrir la famille avant de tout perdre dans un incendie. Mais elle croit en son fils et l'emmène à Saint-Petersbourg pour qu'il étudie la chimie. Pari réussi: Mendeleïev devient professeur et veut mettre de l'ordre dans la chimie ! En 1869, il découvre une règle magique: si on classe les éléments par nombre atomique, leurs propriétés se répètent. C'est là que naît son tableau périodique... Mendeleïev n'était pas qu'un chimiste de génie: il parlait aussi 7 langues, s'intéressait entre autres à la météo, au pétrole, aux gaz... Son travail a tellement marqué la science qu'un élément porte aujourd'hui son nom: le mendelevium (Md) !

INFO science:

99% de ton corps vient de seulement 6 éléments

On pourrait croire que le corps humain est un mélange hyper compliqué de molécules et d'ingrédients secrets... mais en réalité, presque tout ce qui te compose tient en seulement 6 éléments !

Le champion toutes catégories, c'est l'oxygène (O), qui représente 65% de ta masse corporelle. Normal, ton corps contient beaucoup d'eau (H₂O), composée d'hydrogène et d'oxygène. Ensuite vient le carbone (18,5%), la star des molécules vivantes: c'est lui qui entre dans la composition des protéines et des cellules ! Puis, il y a l'hydrogène (10%), ultraléger mais indispensable, et l'azote (3%), qui compose ton ADN et les protéines. Et les os ? Merci le calcium (1,5%) et le phosphore (1%) qui renforcent ton squelette et tes dents. Tous les autres éléments réunis (fer, sodium, potassium, zinc, cuivre...) tiennent dans le 1% restant de ton corps ! Ils sont présents en mini-quantités, mais restent essentiels: sans fer, ton sang ne pourrait pas transporter l'oxygène, et sans sodium, tes muscles n'arriveraient même pas à bouger ! Comme quoi, même une pincée d'éléments peut faire toute la différence.



LE P'TIT DICO



Atome : La plus petite brique qui compose tout ce qui existe

Molécule : Plusieurs atomes liés ensemble pour former une nouvelle substance.

Electron, proton, neutron : les 3 composants des atomes

Nombre atomique : Nombre de protons contenus dans le noyau de l'atome

6	14.007	7	15.999
C	N	O	
Carbone	Azote	Oxygène	
14	30.974	15	32.06
Si	P	S	
Silicium	Phosphore	Soufre	
32	74.922	33	78.971
Ge	As	Se	
Germanium	Arsenic	Sélénium	



Décrypter le tableau périodique comme une vraie chimiste

Regarder le tableau périodique, c'est un peu comme lire une carte secrète... à condition de savoir décrypter les cases ! Chaque case représente un élément chimique et contient 3 informations essentielles:

1. Le **nombre atomique** → Il correspond au nombre de protons dans le noyau de l'atome. Par exemple, l'aluminium (Al) a 13 protons, donc son nombre atomique est 13.
2. Le **symbole chimique** → C'est l'abréviation de l'élément. Exemples: C pour le carbone, O pour l'oxygène, Na pour le sodium.
3. La **masse atomique** → C'est le poids de l'atome, qui dépend du nombre de protons et neutrons qu'il contient.

Masse atomique			
40.078	20		Nombre atomique
Ca			Symbole chimique
Calcium			Nom de l'élément

Mais ce n'est pas tout ! Le tableau est organisé en lignes et en colonnes, et ce n'est pas un hasard:

- Les lignes (= **périodes**) montrent combien de couches d'électrons possèdent un élément. Par exemple, l'hydrogène (H) n'a qu'une seule couche, il est donc en période 1. Le sodium (Na) a 3 couches, il est en période 3.
- Les colonnes (= **groupes**) indiquent le nombre d'électrons présents sur la dernière couche. Par exemple, l'azote (N), le phosphore (P) et l'arsenic (As) sont tous dans le groupe 5, car ils ont 5 électrons sur leur dernière couche (voir illustration ci-contre).

Grâce à ce classement malin, on peut deviner les propriétés des éléments, même sans les connaître ! Malin, non ?

MÉTAUX VS NON-MÉTAUX: QUI DOMINE LE TABLEAU ?

Sur le tableau périodique, la plupart des éléments sont des métaux ! Ils sont solides, brillants et surtout, conducteurs d'électricité. Sans eux, pas de téléphone, de console ou de voiture électrique !

Voici quelques exemples:

- Le **lithium** (Li): le plus léger des métaux, dans les batteries, mais aussi dans certains champignons.
- Le **sodium** (Na): dans le sel, mais pur, il est mou comme du chewing-gum et inflammable !
- Le **potassium** (K): dans les bananes, essentiel pour tes muscles et les plantes.
- Le **magnésium** (Mg): fait briller les feux d'artifice.
- Le **calcium** (Ca): dans les coquillages, tes os et tes dents !
- Le **cuivre** (Cu), le **fer** (Fe) et le **titane** (Ti), sont partout: fils électriques, immeubles, rollers, prothèses médicales !

Les non-métaux, eux, sont isolants, souvent gazeux ou cassants:

- L'**oxygène** (O): pour respirer.
- Le **soufre** (S): jaune, il sent l'œuf pourri !
- Le **chlore** (Cl): désinfecte l'eau.

Alors, qui gagne ? Les métaux sont partout et bien plus nombreux, mais sans non-métaux, pas de vie ! 🦋

The diagram illustrates the periodic table with a clear distinction between metals and non-metals. A red line runs from the top left, passing between Hydrogen (H) and Helium (He), and then curves down to separate the transition metals from the metalloids. The area to the left of this line is labeled 'Métaux' (Metals) and contains elements like Lithium (Li), Beryllium (Be), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Potassium (K), Calcium (Ca), and others. The area to the right of this line is labeled 'Non-Métaux' (Non-metals) and contains elements like Boron (B), Carbon (C), Nitrogen (N), Oxygen (O), Fluorine (F), Neon (Ne), and others. A trophy is placed in the bottom left corner of the metal region.



TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec Curiokids:
«L'illusion de l'œuf d'argent»

SCANNE-MOI





Sport de haut niveau : chronique d'une blessure annoncée

Pour les athlètes de haut niveau, les blessures font partie du «contrat». Il n'est pas rare qu'ils les minimisent, voire les occultent, et continuent à s'entraîner et à participer à des compétitions malgré des douleurs quelquefois à la limite du supportable. Physiologiques, biomécaniques, psychologiques, environnementaux, sociologiques..., les facteurs à l'origine de leur émergence sont nombreux. Comment les appréhender dans une optique de réduction des risques et de prévention ?

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: © SYDA PRODUCTIONS - STOCK.ADOBE.COM (P.35), © STATSPORT (P.37)

«**S**ans souffrance, il n'y a pas de bonheur. J'ai appris à aimer la douleur», dit un jour Rafael Nadal.

Quant au médecin sportif français Jean-Pierre de Mondenard, responsable des contrôles antidopage sur le Tour de France de 1973 à 1975 et auteur de nombreux livres et articles de revue, il déclare: «Souvent esclaves des démons de la gagne et de la gloire médiatisée, les sportifs du top sont les plus aptes à supporter la douleur et les plus enclins à faire n'importe quoi pour réussir à l'"effacer" le temps d'une compétition.» Abstraction faite de la question du dopage, les sportifs de haut niveau ont effectivement une propension à soutenir des charges d'entraînement colossales afin d'assouvir leurs ambitions de podiums et de records. Aussi, poussés à outrepasser leurs limites, s'exposent-ils à un risque élevé de blessures, lesquelles appartiennent à la culture même du sport de haut niveau, au même titre que l'acceptation de la douleur qu'elles génèrent. Dans *Individualisation de l'entraînement*, un ouvrage collectif publié en 2022 par Insep-Éditions, on peut lire, dans un chapitre intitulé *Entre performance et blessure, une ligne de crête individuelle*, l'avis tranché de l'ancien judoka David Douillet et de l'ancien rugbyman Serge Simon qui concluent à la banalisation des sensations de douleur et de blessure dans le milieu sportif. Ils soulignent en outre qu'«avoir mal, souffrir, fait partie du contrat».

Ancien joueur professionnel de hockey sur glace, Gaël Guilhem, directeur d'un laboratoire spécialisé en biomécanique et physiologie neuromusculaire

à l'*Institut national du sport, de l'expertise et de la performance* (*Insep* - France), rapporte qu'au cours des 4 années ayant précédé les Jeux Olympiques de Rio (2016), quelque 75% des athlètes français sélectionnés ont été arrêtés au moins une semaine pour blessure, 40% d'entre eux faisant même état d'au moins 2 épisodes de cette nature. À ces chiffres se greffe une réalité plus éloquentes encore. Les auteurs d'un rapport de recherche de l'*Insep* datant de novembre 2021 indiquent en effet que 45% des sportifs disent avoir eu des temps d'arrêt cumulés supérieurs à 2 mois durant cette olympiade et plus de 10%, supérieurs à 6 mois.

Chocs, fatigue et usure

La fréquence des blessures est évidemment fonction du sport pratiqué. Les disciplines de contact comme le football, le rugby, le hockey sur glace ou la boxe engendrent un nombre élevé de blessures traumatiques que l'on ne rencontre pas dans des sports comme la natation ou le tir à l'arc. Les «chocs» encaissés peuvent avoir un effet immédiat - des boxeurs sont morts sur le ring... - mais occasionner également, par leur répétitivité, des conséquences à plus long terme. Il en va ainsi de l'encéphalopathie traumatique des pugilistes, affection neurodégénérative qui touche les boxeurs. De progression lente, elle se traduit par une détérioration graduelle de la personnalité, des troubles de la mémoire, une dysarthrie (difficultés d'élocution), un tremblement cérébelleux et une ataxie (troubles de la coordination des mouvements), avant de déboucher sur un tableau démentiel. Autre illustration: les résultats d'une étude conduite en 2007 par le professeur Kevin Guskiewicz, de l'Université de Caroline du Nord, suggèrent l'existence d'un lien entre les commotions récurrentes liées à la pratique du football américain - l'extrapolation vers d'autres disciplines comme le football «classique» semble légitime - et un risque accru de dépression chez les joueurs professionnels retraités.

Par ailleurs, les accidents soumettant les sportifs à des forces d'inertie élevées à la suite de chocs ou de collisions peuvent parfois se révéler mortels ou les exposer à de graves séquelles. Songeons par exemple au décès, le 5 août 2019, du coureur cycliste belge Bjorn Lambrecht à la suite d'une chute au cours de la troisième étape du Tour de Pologne. Songeons également au pilote de F1 Philippe Streiff devenu tétraplégique après une sortie de route consécutive à une rupture de la suspension de son AGS lors d'essais privés le 15 mars 1989 sur le circuit de Jaracepagna à Rio de Janeiro. Dans un registre moins dramatique, aucun amateur de cyclisme n'a oublié l'accident de Remco Evenepoel lors du Tour de Lombardie disputé le 15 août 2020. Ayant commis une erreur de trajectoire dans la descente du Mur de Sormano, le futur double champion olympique heurte un pont en pierre et est projeté une dizaine de mètres en contrebas. Entre autres blessures, une fracture du pelvis et une contusion pulmonaire. Fin de sa saison, plusieurs mois de soins et de rééducation !

À côté des blessures traumatiques cohabite une seconde grande catégorie de blessures, en lien cette fois avec

l'apparition d'une certaine fatigue ou d'une usure, soit que le corps perde sa tolérance pour y faire face lorsqu'elles deviennent trop importantes, soit qu'insuffisamment préparé, il ne puisse répondre aux efforts demandés. Il s'agit en particulier d'un terrain fertile pour l'éclosion ou la résurgence de lésions musculaires, tendineuses ou ligamentaires.

Influences directes

Affinant l'analyse, les travaux de l'*Insep* mettent l'accent sur les conditions d'émergence de ces situations propices aux blessures chez les sportifs de haut niveau. Se dégage une constellation de facteurs physiologiques, biomécaniques, environnementaux, psychologiques, sociologiques ou encore contextuels qui en constituent les soubassements. Sur cette base, les chercheurs distinguent 2 catégories de conditions: les unes liées à l'environnement sportif et les autres, à l'environnement extra-sportif.

La première catégorie se subdivise elle-même en 2: primo, les éléments en lien direct avec les blessures d'usure et les blessures accidentelles; secundo, les éléments ensemençant indirectement un terrain qui favorise la survenue de ces blessures. Appréhendée par la plupart des athlètes et des entraîneurs comme une condition sine qua non d'accès à la performance, la répétition «inlassable» du geste à l'entraînement représente un facteur clé du risque de blessures d'usure et, à long terme, de lésions irréversibles du système musculo-squelettique, dont en particulier l'arthrose. *«Les blessures d'usure sont perçues, par le staff, comme une conséquence inéluctable de la haute performance sportive»*, commentent les chercheurs de l'*Insep* dans leur rapport de recherche de novembre 2021. Ils soulignent cependant que *«la surenchère de la répétition des gestes tend progressivement à être limitée par un travail plus qualitatif, notamment grâce au recours à l'imagerie, à la vidéo et plus généralement à de multiples dimensions qui participent à la production de la performance»*.

Des travaux de recherche en physiologie et en biomécanique visent également à restreindre le nombre de blessures et à élever la performance via une possible adaptation des entraînements par les coaches en fonction des nouvelles données scientifiques. Par exemple, Johan Garcia, spécialiste suisse de la biomécanique et de la physiologie du système musculaire, réalise un doctorat à l'*Insep* sur une thématique largement méconnue jusqu'il y a peu, mais dont la pertinence saute aux yeux à présent: l'impact de l'intensité de la décélération lors de sprints répétés sur les dommages musculaires au niveau

des quadriceps (1), sur l'architecture (2) et la raideur musculaires ainsi que sur la cinétique de récupération. L'étude se justifie d'autant plus que les décélérations sont régies par des contractions excentriques, lesquelles sont connues pour induire des dommages musculaires, et que de nombreux sports collectifs et intermittents (3), tels que le football et le rugby, mais aussi des sports individuels comme le tennis et le badminton, sont concernés. Ainsi, des travaux montrent que les footballeurs font plus de décélérations de haute intensité que d'accélération et qu'en moyenne, un but sur 2 implique une décélération. «Chez les joueurs de football, la décélération précédant des changements de direction soudains et répétés est gouvernée par les mouvements des adversaires et du ballon», précise Johan Garcia.

Quant aux blessures accidentelles, elles seraient parfois imputables à une mauvaise exécution technique, mais le plus souvent à une perte de concentration engendrée par la fatigue. Ceci, abstraction faite, d'une éventuelle déficience du matériel (monoplace, perche, ski...).

Les pressions du milieu

Quelles sont les conditions inhérentes à l'environnement sportif qui influent indirectement sur le risque de blessures ? Elles sont nombreuses. La multiplication des compétitions en est une. En résulte une réduction du temps disponible pour s'entraîner au mieux et progresser. Voyages incessants, stress omniprésent, la fatigue est au rendez-vous et fait le lit de la blessure, au même titre que le manque de concentration qu'elle peut engendrer. Nul n'ignore par exemple que pour les joueurs des meilleurs clubs de football, qui sont amenés à jouer tous les 3 jours à certaines périodes, le calendrier est devenu trop lourd. À telle enseigne que des entraîneurs comme Jürgen Klopp et Pep Guardiola sont sortis du silence pour protester et que des menaces de grèves ont émané des joueurs.

Le manque d'individualisation du travail à l'entraînement a également été pointé du doigt, spécialement dans les sports collectifs. Aujourd'hui, le cap est mis sur une prise en charge individuelle de plus en plus affirmée grâce à l'analyse régulière de divers paramètres physiologiques et à celle d'autres paramètres qu'a rendue possible le port d'un gilet GPS à l'entraînement et en compétition dans un nombre croissant de sports. Dans le cas du football sont ainsi mesurés la distance totale parcourue par le joueur, le nombre de sprints qu'il a effectués et leurs longueurs, la vitesse de pointe qui a été atteinte, etc. Autant d'éléments qui contribuent à la définition d'un entraînement plus personnalisé.

La proximité d'une compétition peut modifier le rapport du sportif à la blessure et à la douleur. Il est alors enclin à minimiser ou à occulter la gravité des lésions dont il souffre et à s'entraîner coûte que coûte pour atteindre ses objectifs de performance, et ce, en dépit de douleurs quelquefois à la limite du supportable. Le cas échéant, son entraîneur peut le pousser dans cette voie au mépris du danger d'une aggravation de la blessure, d'un allongement subséquent de la période d'indisponibilité, voire de la manifestation ultérieure de séquelles invalidantes. Les athlètes se font souvent un devoir de répondre aux attentes de leurs entraîneurs. «L'enjeu pour eux est de rester présents dans l'esprit des entraîneurs, de se maintenir dans l'équipe et d'être inscrits dans les tournois adéquats», relève-t-on dans le rapport de recherche de l'Insep. Il arrive aussi que la passion les aveugle, tout comme elle aveugle certains entraîneurs, faisant glisser les uns et les autres vers des choix déraisonnables aux conséquences délétères. Des intérêts financiers (par exemple, les *Price Money* dans le tennis) sont également susceptibles de conduire le sportif à s'entraîner blessé. De surcroît, les chercheurs de l'Insep font remarquer que si la pression exercée par les entraîneurs sur les athlètes peut être forte, la raison en est parfois que les bonnes performances des seconds sont de nature à participer à la construction de la réputation des premiers.

La solitude et l'ennui résultant d'une mise au repos pour blessure sont souvent mal vécus par les sportifs. D'où, une fois encore, le risque d'une reprise prématurée des entraînements. Et si l'indisponibilité est de longue durée, d'aucuns - ce n'est pas rare - peuvent dériver vers un état dépressif. Tant aux yeux des athlètes que de leurs entraîneurs, les interruptions pour blessure sont

Individualisation de l'entraînement, ouvrage collectif, Insep-Éditions, 2022.



Ce GPS Performance Tracker donne par exemple une image complète des performances et fournit des données en temps réel à travers plusieurs mesures clés: des cartes thermiques, la distance parcourue, les sprints et les vitesses maximales afin que le sportif découvre ses forces et améliore ses lacunes.

habituellement assimilées à un frein, si pas un recul, dans la progression planifiée vers la performance optimale. Pour «limiter les dégâts», des accommodements avec le risque d'une aggravation de la situation médicale du sportif sont fréquemment consentis, y compris dans bien des cas en recourant à des anesthésiques locaux ainsi qu'à des glucocorticoïdes (4).

La proximité d'une compétition peut modifier le rapport du sportif à la blessure et à la douleur. Il est alors enclin à minimiser ou à occulter la gravité des lésions dont il souffre et à s'entraîner coûte que coûte pour atteindre ses objectifs de performance

Dans les sports collectifs, certains joueurs peuvent se sentir indispensables à l'équipe et, par là même, éprouver de la culpabilité quand une blessure les écarte des terrains d'entraînement et des compétitions. D'autres, dont l'impact est plus faible sur le rendement collectif, perçoivent leur absence comme un danger. Celui de ne pas récupérer leur place dans l'équipe après leur retour de blessure, un «concurrent» s'étant révélé meilleur qu'eux aux yeux du sélectionneur. Là aussi, plane la tentation de s'entraîner et de jouer blessé.

Une approche multifactorielle

L'environnement extra-sportif. Parmi les conditions où il joue un rôle délétère dans l'émergence de blessures, l'*Insep* cite un rythme de vie intense générateur de stress, de fatigue, de surmenage, voire d'un burn-out. La succession incessante d'entraînements, de compétitions, de voyages, d'obligations publicitaires est souvent mise en cause par les athlètes. Le fait de poursuivre des études parallèlement à la pratique d'un sport d'élite ressortit à la même logique, de même que la pression exercée par certains parents dans une optique de performance scolaire et/ou sportive. Et puis, il y a le non-respect des règles d'hygiène de vie - dormir trop peu, adopter des horaires irréguliers, ne pas appliquer les conseils de nutrition et d'hydratation, consommer de l'alcool, négliger les temps de récupération, faire régulièrement la fête au-delà de rares moments festifs destinés à relâcher une pression physique et mentale quasi permanente... «Accepter les exigences d'une culture du corps aux limites du supportable n'implique pas une "docilité" équivalente vis-à-vis des règles d'hygiène de vie», commentent les chercheurs de l'*Insep*.

La prévention des blessures chez le sportif de haut niveau nécessite une approche individualisée à la fois holistique et multifactorielle. Selon Gaël Guilhem, il ne s'agit plus de se focaliser sur le lien entre le risque de blessures et un paramètre donné, telle la capacité de production de force de l'athlète. Au contraire, il convient de croiser, via des modèles statistiques complexes, un riche ensemble d'indicateurs,

notamment des paramètres comportementaux et environnementaux, les propriétés intrinsèques de l'athlète (ressources physiques, cognitives, psychologiques) et sa charge d'entraînement. Cette démarche doit permettre à l'encadrement du sportif d'estimer de façon précise ses risques de blessures et de communiquer à ses entraîneurs ses points de fragilité dans la perspective d'une adaptation de sa préparation. Dans leur rapport de recherche de novembre 2021, les auteurs soulignent cependant que «l'ambition d'une prise en charge du risque de blessure par des dispositifs de prévention côtoie en permanence la peur d'en faire trop et que la prévention devienne un frein à la performance».

Le caractère multifactoriel de l'origine des blessures suppose que leur prise en charge et leur prévention soit collégiale, fasse intervenir, outre les données GPS récoltées, tous les experts concernés par la question - médecins, kinés, entraîneurs, psychologues..., ainsi que le sportif lui-même. Certes, il lui arrive d'adopter des comportements contre-productifs - relativisation de la gravité d'une blessure, errance médicale, automédication, reprise anticipée de l'entraînement et de la compétition... -, mais à la lumière des blessures dont il a déjà souffert, il peut souvent devenir un «expert profane de son propre corps». C'est le fruit de l'expérience. «La blessure, et surtout la première blessure "sérieuse", (...) représente un moment privilégié d'apprentissage dans la carrière d'un sportif de haut niveau. Les athlètes découvrent soudainement les limites de leur corps, ses faiblesses et font l'expérience de la "rupture" de ce corps qui peut "lâcher sans prévenir" (...)», écrivent encore les chercheurs de l'*Insep*. Dans le sport de haut niveau, le temps ne semble plus au «paternalisme médical», mais à un partenariat faisant de l'athlète blessé, ou soucieux de réduire ses risques de blessures, un partenaire réflexif. (1)

(1) Les mollets sont également impactés, mais ne font pas l'objet de la recherche en cours.

(2) Épaisseur du muscle, longueur des faisceaux musculaires, angle de pennation des faisceaux musculaires par rapport à l'axe selon lequel le muscle exerce une force de contraction.

(3) Les sports intermittents se caractérisent par des mouvements intermittents de haute intensité et l'exécution de compétences spécifiques au sport sur une période de temps prolongée.

(4) L'injection de glucocorticoïdes juste avant une compétition est interdite depuis le 1^{er} janvier 2022 par l'Agence mondiale antidopage.

Qui est-ce ? Émilie STEINBACH

TEXTE : JACQUELINE REMITS • JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : © ASTRID DI CROLLALANZA (P.39)



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 8 décembre 1992 (Bruxelles, Belgique)

NATIONALITÉ: Belge

SITUATION FAMILIALE: Mariée

DIPLOME: Bachelier en psychologie clinique à l'Institut Marie-Haps à Bruxelles; diplôme en neuro-nutrition au S.I.I.N. à Paris; master en neuropsychologie à l'Université de Maastricht; double master en neurosciences à l'Université Collège de Londres; doctorat en microbiologie intégrative et nutrition à l'INSERM, Université de la Sorbonne à Paris

CHAMPS DE RECHERCHE: Neurophysiologie du sommeil, biologie des mitochondries, microbiome intestinal, nutrition et obésité

DISTINCTIONS: Lauréate du prix de la communication orale, MSSG x AFERO (2023); Ambassadrice des sciences de Bruxelles (2023); Women Award in Technology and Sciences d'Innoviris, Bruxelles (2023); Women in Tech, Startup accelerator by Google

Je suis...

Docteure en biologie intégrative et neuroscientifique belge spécialisée en nutrition vivant à Paris et bientôt de retour à Bruxelles. Je m'intéresse à l'impact de notre mode de vie, par exemple de ce qu'on mange, sur notre cerveau et notre bien-être. Je suis de nature très curieuse et passionnée, des qualités que l'on retrouve souvent chez les scientifiques. Ma curiosité m'a poussée à me poser de nombreuses questions et à essayer de trouver des réponses. Et les sciences, c'est quand même pas mal pour ça ! Enfant, j'étais passionnée par les volcans, la météo... Je viens d'un milieu plutôt intellectuel. Ma mère, d'abord traductrice polyglotte, a repris la direction d'une maison d'accueil pour jeunes mamans en difficultés. Elle était fort ambitieuse pour ses 4 filles. Mon père, banquier, qui lit énormément, est aussi très sportif. Il nous a poussées, mes sœurs et moi, à bouger. Petites, on jouait du piano, on lisait beaucoup, on n'avait pas le droit de regarder la télévision. J'ai reçu mon premier téléphone à 16 ans ! Ma personnalité forte s'explique, entre autres, par le fait que j'ai une sœur jumelle.

Chacune de nous a dû apprendre à se faire une place unique, à exister individuellement. En fin de compte, je suis la somme de mon éducation, de l'amour de mes parents et de mes 3 sœurs, de mes amis, et de l'amour de ma vie.

Pour mes études, j'ai d'abord eu envie de devenir archéologue, géologue... Mais mes professeurs à l'école disaient que je ne devais pas aller à l'université à cause de mon trouble de l'attention avec hyperactivité (TDAH). Après mes études secondaires à l'Institut de la Vierge Fidèle à Bruxelles, en 2011, j'ai entrepris des études de psychologie clinique à l'Institut Marie-Haps à Bruxelles. Puis, je me suis tournée vers la santé, sans doute à cause de mon histoire personnelle. J'ai commencé des études pour une carrière en sciences. En 2015, j'ai décroché un diplôme en neuro-nutrition au S.I.I.N. (*Scientific Institute for Intelligent Nutrition*) à Paris. En 2016, j'ai suivi un master en neuropsychologie à la Maastricht University et en 2017 un double master en neurosciences à l'University College de Londres. Le tout complété par un doctorat en biologie intégrative à l'INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale) et à l'Université de la Sorbonne à Paris. Cela m'a permis de découvrir beaucoup d'aspects de la physiologie humaine, pas que le cerveau.

SAVIEZ-VOUS QUE...

Parmi les difficultés qui ont permis à Émilie de devenir la femme qu'elle est aujourd'hui, il y a, entre autres, son combat contre le TDAH (trouble de l'attention avec hyperactivité). «À l'école, on m'avait déconseillé d'entreprendre des études universitaires. Si, adolescente, je n'avais pas été bien suivie et si je n'avais pas eu les parents que j'ai, des parents très impliqués dans notre éducation, je ne pense pas que j'aurais survécu. Cela a été très dur. Aujourd'hui, je considère que c'est plutôt une force. Mon autre combat, personnel celui-là, était de me prouver que j'avais les capacités de faire ce que je voulais.» Son moteur ? «Relever des challenges et répondre à des questions auxquelles personne ne peut encore répondre. Quand on trouve, on acquiert de nouvelles compétences, de la fierté, et ça booste la confiance en soi.»

Émilie est adepte d'une alimentation peu ou pas du tout transformée, en particulier du régime méditerranéen crétois, reconnu par la littérature scientifique pour améliorer l'humeur, prévenir le déclin cognitif ou gérer son poids tout au long de sa vie. «C'est un régime optimal. On mange beaucoup de légumes, des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots secs, des céréales complètes...), des poissons gras (sardines, maquereaux, anchois, harengs, truites- arc-en-ciel...), de l'huile d'olive, un peu de fromage, des fruits, une petite poignée de noix par jour.»

Selon elle, l'un des piliers les plus importants du mode de vie, c'est le sommeil. «Le sommeil est crucial pour la santé de notre cerveau. Il permet en quelque sorte de nettoyer le cerveau, d'améliorer la créativité, la mémoire.» Autres piliers de la santé, «la nutrition et l'activité physique. Se muscler permet de lutter contre le déclin cognitif, de gérer le stress. Les connexions sociales sont également très importantes».

Bien que vivant à Paris, Émilie n'est jamais loin de sa famille à Bruxelles. «Nous sommes une famille très proche, aujourd'hui on s'appelle encore tous les jours.» Elle a ses petits rituels, le sport, la méditation, des moments de solitude. «J'essaie souvent de quitter le travail tôt, avant 19 heures. J'ai fait le choix de m'offrir aussi une vie privée.» En bonne Belge, elle adore faire la fête. «J'ai une bande d'amis avec qui j'adore sortir, j'aime retrouver mes copines. J'essaie d'être un rayon de soleil pour les personnes que je rencontre.»



Plus d'infos



www.feedyourbrain.io



www.instagram.com/thebraingut-scientist/

Émilie Steinbach vient de publier un livre, *Votre santé optimisée*, 320 pp., chez Marabout, le 5 mars en librairie.

En 2024, j'ai créé mon entreprise *Feed Your Brain*, et je peux en vivre, ce dont je suis fière. Je donne des conférences, principalement en entreprises. Aujourd'hui, j'essaie de transmettre mes connaissances de manière accessible à un public non-scientifique, notamment sur *Instagram*. Je pense que le choix de ma carrière a été fait dans cette recherche d'un métier qui aurait un réel impact positif sur les gens.

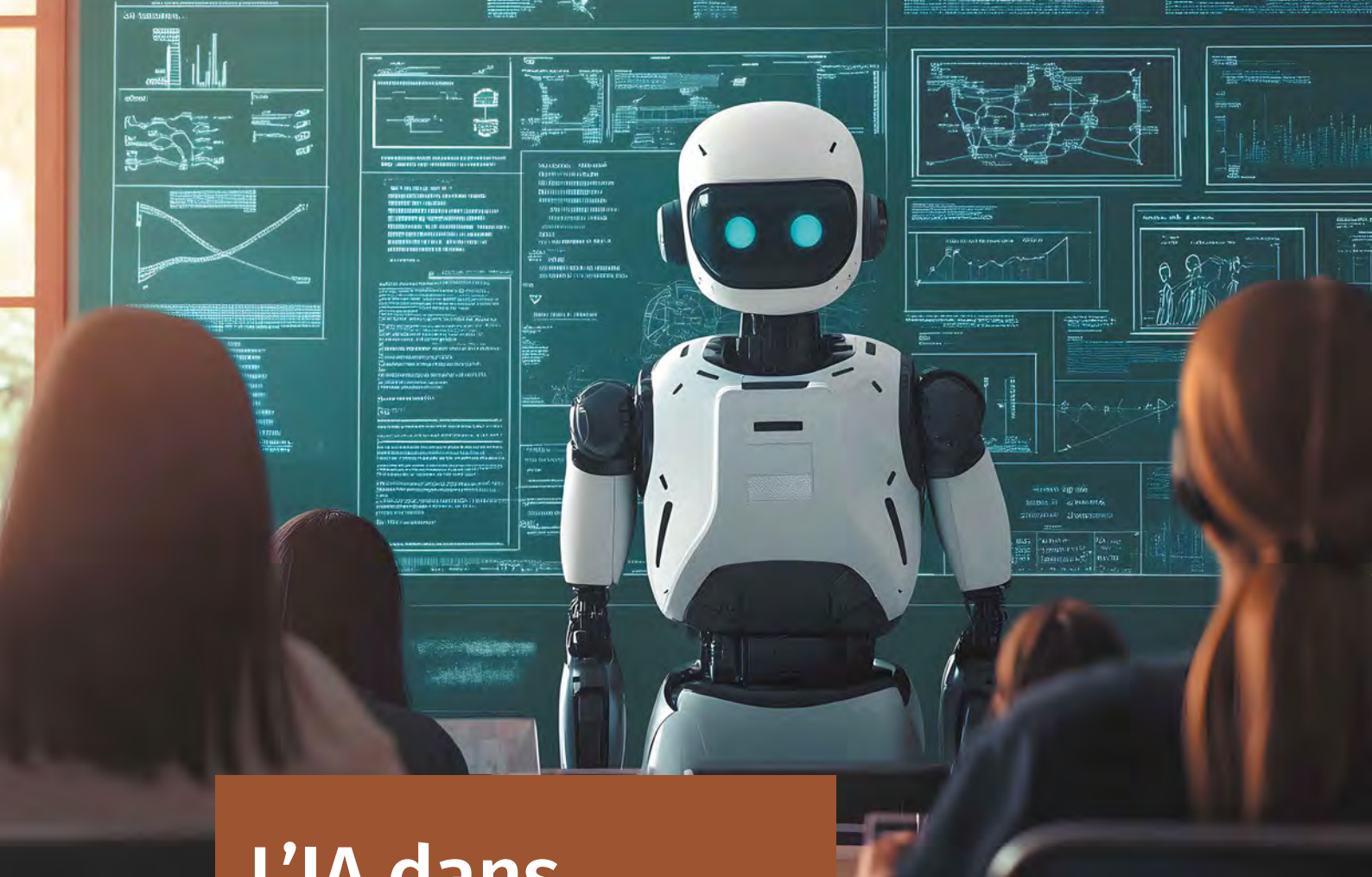
À cette époque...

Ma préoccupation pour le réchauffement climatique a certainement contribué à me pousser vers les sciences, car les sciences sont porteuses d'espoir.

J'ai découvert...

J'ai choisi d'entreprendre une thèse sur le microbiote intestinal (l'ensemble des micro-organismes qui vivent dans l'intestin). Dans ce champ d'études, j'allais pouvoir intégrer différents organes et paramètres du mode de vie. Cela m'intéressait beaucoup. J'ai choisi l'obésité comme maladie sur laquelle me concentrer pendant 4 ans. C'est une maladie complexe et multifactorielle et l'étudier sous l'angle du microbiome m'a permis d'étudier la santé dans sa globalité.

Aujourd'hui, docteure en biologie intégrative, je découvre un nouveau champ dans la recherche médicale. Je m'intéresse à la communication entre les organes. Par exemple, comment se fait la communication entre l'intestin et le cerveau, entre notre organisme et notre microbiote intestinal, ou même l'environnement ? L'axe intestin-cerveau est très important. L'alimentation impacte notre cerveau de 2 façons. De manière indirecte par le microbiote intestinal (ou l'inflammation de bas grade), et de manière directe avec les nutriments que nous mangeons et qui vont faire leur chemin par la circulation jusqu'au cerveau. Par exemple, les acides gras oméga-3 vont s'incorporer dans de petites cellules du cerveau et jouer certaines fonctions. Ces molécules sont importantes pour le bon développement du cerveau. 



L'IA dans l'éducation: le travail bien fait

Un peu plus de 2 ans après l'arrivée dans nos vies de *ChatGPT*, il n'y a guère de domaines qui ont été autant bouleversés par l'IA conversationnelle que l'éducation et l'enseignement. Passé le moment de sidération face à une IA capable de rédiger elle-même les devoirs des élèves et les mémoires des étudiants, les professeurs se mettent eux aussi à utiliser l'IA, avec la volonté d'enseigner, sinon mieux, en tout cas différemment

THIBAUT GRANDJEAN - GRANDJEAN.THIBAUT@GMAIL.COM

PHOTOS: © DORACLUB - STOCK.ADOBE.COM (P.41), © VILAYAT - STOCK.ADOBE.COM (P.42),
© PHOTOGRANARY - STOCK.ADOBE.COM (P.44), © NEW AFRICA - STOCK.ADOBE.COM (P.44),
© AGGI SCHMID - STOCK.ADOBE.COM (P.44)

Trois mois. Il n'a fallu qu'un trimestre à *ChatGPT* pour franchir la barre des 100 millions d'utilisateurs uniques dans le monde, alors qu'il avait fallu 16 ans au téléphone portable, 7 ans à Internet, et même un peu plus de 2 ans à *Whatsapp* et *Instagram* pour atteindre le même nombre symbolique. Un engouement indéniable, qui s'est fait profondément sentir dans les universités et les lycées, alors qu'en avril 2024, 18% des 18-24 ans de plusieurs pays occidentaux déclaraient l'utiliser de façon hebdomadaire, et même quotidiennement pour 9% d'entre eux. *«Il y a eu une certaine phase de sidération de la part du monde enseignant et dans laquelle nous sommes encore par certains égards, car l'évolution de ces outils est très rapide, et elle se heurte au temps long des systèmes d'éducation»*, reconnaît Pascal Vangrunderbeeck, conseiller pédagogique au numérique au Louvain Learning Lab (LLL) de l'UCLouvain.

Le LLL, conçu comme une cellule d'appui aux activités d'enseignement au sein de l'Université, accompagne depuis plus de 20 ans les professeurs, afin de les accompagner dans leurs pratiques pédagogiques, dont le soutien aux innovations numériques. *«Aujourd'hui, nous entrons dans une nouvelle phase d'appropriation collective, avec l'établissement de balises, indiquant quels usages sont acceptables ou non, estime le conseiller pédagogique. Par exemple, je pense que l'un des premiers enjeux est celui de*



l'intégrité académique, tant de la part d'un étudiant que d'un chercheur, et nous devons établir des principes de transparence sur l'utilisation de ces IA, en fonction du contexte.»

Si l'IA bouleverse tant l'enseignement, c'est d'abord par sa capacité à s'exprimer et à être questionnée en langage naturel, et non en code informatique. De nombreux étudiants l'utilisent donc pour corriger, reformuler, voire rédiger des travaux écrits. Ces usages questionnent beaucoup d'enseignants sur la pertinence des productions écrites pour évaluer l'acquisition des apprentissages par les étudiants. *«Pour autant, il serait dommage de ne voir ces IA que par ce prisme, estime Pascal Vangrunderbeeck. Car nombre d'étudiants utilisent aussi l'IA comme un tuteur, disponible 24h sur 24, à qui on peut demander de réexpliquer certains concepts, ou de produire des questions de révisions. C'est un usage à considérer, alors même que les cohortes d'étudiants sont très grandes, et qu'il n'y a que peu d'encadrants pour de plus en plus d'étudiants.»*

Consciente que les étudiants devront sans doute savoir manier l'IA dans leur futur professionnel, l'UCLouvain encourage et soutient désormais son usage par les étudiants. Mais pas à n'importe quelle condition: *«Ces outils ont des limites et les biais qu'il convient de ne pas sous-estimer, tout comme leur impact écologique qui est loin d'être négligeable, met en garde Pascal Vangrunderbeeck. Si nous voulons que chaque étudiant ait accès à ces outils de façon équitable, nous devons le faire dans un espace de confiance, avec des IA qui respectent et protègent les informations qui leur sont confiées.»*

Former les enseignants

Pour autant, et en dépit de la progression constante de l'utilisation de ChatGPT, beaucoup d'enseignants et de professeurs de la Fédération Wallonie-Bruxelles maîtrisent mal ces outils. C'est pourquoi l'eduLAB, un projet de formation et d'innovation de l'ASBL TechnofuturTIC et qui propose des formations aux enseignants sur les nouvelles technologies, a mis en place depuis juin 2024, un parcours *référent.e enseignement IA*. Ce dernier permet aux enseignants non seulement de se former à ces nouvelles pratiques, mais aussi de devenir référent au sein d'un établissement scolaire. *«Les enseignants font appel à nous parce qu'ils se rendent compte que*

leurs élèves utilisent l'IA, et veulent être capables de gérer cette nouvelle situation, ou bien parce qu'ils s'y sont déjà intéressés, et qu'ils se rendent compte qu'ils peuvent l'intégrer dans leur pratique, et apprendre à leurs élèves à l'utiliser efficacement et éthiquement», estime Jonathan Ponsard, technopédagogue et responsable de l'eduLAB.

Composé de 5 modules obligatoires et de plusieurs modules optionnels à la carte, le parcours *référent.e enseignement IA* propose une formation complète sur les IA génératives, depuis l'écriture de commandes efficaces, les fameux prompts, jusqu'à l'évaluation des étudiants, en passant par la culture de l'esprit critique des élèves et du développement de tutorat personnalisé. *«Ce dernier module devient pour nous extrêmement important, car l'IA permet de plus en plus de remédier et différencier les apprentissages, juge Jonathan Ponsard. Plusieurs outils comme MagicSchool par exemple, permettent d'aider considérablement la réalisation des activités par les professeurs, en adaptant un même contenu aux besoins spécifiques de chaque élève. Les grands acteurs de l'IA ne s'y sont d'ailleurs pas trompés, et des entreprises comme Google avec son IA Gemini ont annoncé comme objectif de fournir un assistant personnalisé à chaque enfant, dédié à ses propres besoins.»*

Une vision pour laquelle Pascal Vangrunderbeeck émet de sérieuses réserves: *«Il est clair que l'IA veut nous faire faire beaucoup de choses, mais nous, que voulons-nous faire de l'IA ? À l'heure actuelle, les étudiants qui font une recherche sur Internet savent qu'ils ont affaire à un moteur de recherche général, qui donnent des sources qu'ils doivent eux-mêmes exploiter. Fournir un assistant à chacun d'entre eux leur permettra-t-il encore d'agir de façon consciente dans leur interaction avec l'IA ?»*

Car d'après le conseiller pédagogique, l'utilisation actuelle de ChatGPT est encore loin de remplir une telle condition. *«Les chiffres que nous avons montrent que les interactions que les gens entretiennent avec ChatGPT sont de l'ordre de quelques minutes, éclaire-t-il. Il s'agit de questions générales, et peu construites. Or, il faudrait commencer par apprendre à avoir avec l'IA une interaction de meilleure qualité, c'est-à-dire en apprenant à rédiger correctement des prompts, puis vérifier les informations fournies. Ce n'est qu'à la suite de ce processus que l'étudiant doit pouvoir s'interroger sur son raisonnement, en*

questionnant l'outil qu'il utilise. Si ces prérequis sont absents, alors l'utilisation de l'IA ne pourra pas être bénéfique pour qui que ce soit.»

Les étudiants comme les enseignants doivent en effet être capables d'avoir du recul sur les réponses que fournit l'IA, et qui peuvent par exemple véhiculer une certaine vision du monde. Mais les choses évoluent vite: «*Au début, ChatGPT exprimait une philosophie très américaine, et cela se sentait très fortement dans ses réponses, retrace Jonathan Ponsard. Mais cela s'est progressivement effacé, notamment depuis que ces outils sont effectivement capables de faire des recherches sur Internet. De plus, il est désormais possible, avec ChatGPT, ou d'autres outils comme NotebookLM de Google, de créer des chatbots personnalisés. En leur fournissant un corpus d'informations définis, comme les programmes scolaires en PDF par exemple, ou le contenu d'un cours, on peut ainsi leur fournir un cadre et une base de connaissance à exploiter. Pour autant, il est important de rester vigilant à l'ensemble des biais racistes ou sexistes que ces IA peuvent encore véhiculer.*»

Bien utilisées et encadrées, les IA peuvent être un véritable avantage pour les étudiants comme pour les enseignants, en leur libérant du temps pour se concentrer sur leurs missions principales. Mais attention au piège de la recherche d'efficacité: «*On entend souvent le potentiel des usages de l'IA en termes de gains d'efficacité, estime Pascal Vangrunderbeeck. Et il est vrai qu'il est devenu impossible pour un professeur d'assurer un retour de façon personnalisée à chacun de ses 500 étudiants. Mais l'art de savoir utiliser les IA ne sera que peu d'utilité si, dans le même temps, on ne développe pas celui d'accompagner ses étudiants et de les former à développer leur esprit critique.*» 

UN PEU D'HISTOIRE

QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ?

À la fin du 19^e siècle, l'Europe s'est passionnée pour un cheval dénommé Hans, et bientôt surnommé *Hans le Malin*. Sous le dressage de son maître, Hans fut capable de dire l'heure, résoudre des problèmes mathématiques simples comme des additions, ou distinguer des notes de musique. Pour chaque question, il répondait en martelant le sol de ses sabots: «*Combien font deux plus deux ?*» Quatre coups sur le sol, etc. Alors que les foules se pressaient devant ce prodige, la communauté scientifique, divisée, créa une commission d'enquête afin d'étudier ce qui semblait un cas unique au monde. Le cheval défia toute tentative de mettre au jour une quelconque tricherie. Finalement, les scientifiques comprirent que l'animal était capable de «lire» les subtils changements de comportements de son maître ou de l'examineur lorsqu'il approchait de la bonne réponse. Ce cas d'école, encore enseigné aujourd'hui, nous apprend plusieurs choses. Tout d'abord, qu'on ne peut jamais être sûr de ce qu'un système apprend des données fournies. En l'occurrence, l'animal n'avait pas appris à lire l'heure ou les chiffres, mais bien à décoder un langage corporel. Ensuite, qu'une intelligence n'existe pas en dehors d'un contexte ou d'une société. Elle est au contraire pétrie des forces socioculturelles et des valeurs de son temps. Et alors que certaines entreprises souhaitent de plus en plus confier l'éducation des jeunes à des machines dites intelligentes, il est important de se rappeler ce que nous mettons collectivement dans ce terme. 

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.

PROMPT: Il s'agit d'une commande textuelle permettant de déclencher une réponse chez l'IA. Alors que n'importe quelle question formulée naturellement permet d'obtenir des résultats, il est possible d'améliorer ces derniers en donnant à l'IA un cadre (un cours de français par exemple), une tâche précise (conçois un exercice de style), et un rôle (mets-toi dans la peau d'un professeur de Français de niveau de deuxième secondaire). Sans oublier de demander plusieurs versions.

LARGE LANGUAGE MODEL (LLM) ou MODÈLE DE LANGUAGE: Les nouvelles IA comme *chatGPT* sont de très grands réseaux de neurones qui ont été conçus pour générer du texte. Au départ, leurs créateurs ont commencé par récupérer de larges ensembles de textes

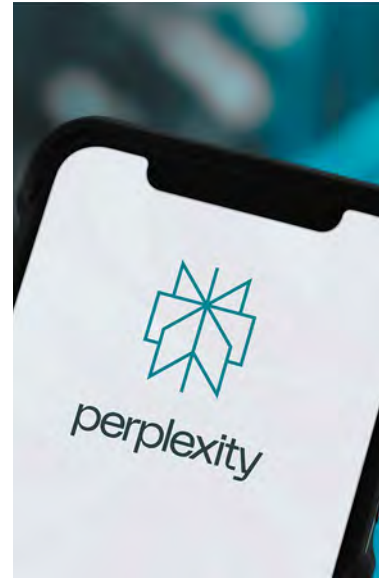
d'Internet, par exemple *Wikipédia*, pour ensuite créer des textes à trous, comme des exercices pour enfants. À charge de l'IA de tenter de deviner les mots manquants. Par essais-erreurs, les IA ont acquis un sens de la langue poussé, ce qui donne l'illusion que la machine est particulièrement savante.

IA GÉNÉRATIVES (IAG): De la même manière que pour les mots, les IAG ont été nourries avec des centaines de milliers d'images issues d'Internet, avec comme objectif d'essayer de reconnaître les objets en question avant de les reproduire. Aujourd'hui, ces IA sont de plus en plus multimodales, c'est-à-dire capable de générer une image à partir d'un texte, et inversement, mais aussi de comprendre et générer du son ou des vidéos.

Un abîme de perplexité

A lors que l'IA promet de changer profondément la façon dont on navigue sur le Web, la société *Perplexity AI* fait beaucoup parler d'elle. Elle a mis au point en 2022 un «moteur de réponse», selon ses propres termes, accessible gratuitement, qui combine la fonction de moteur de recherche et de chatbot conversationnel. Lorsqu'on lui pose une question, la partie recherche de l'outil se met en chasse sur Internet pour collecter différents éléments de réponses, qui les transmet ensuite à un modèle de langage afin de présenter une réponse complète, dans un style neutre, et surtout référencée avec l'affichage de liens vers les différentes sources utilisées. Cette dernière fonctionnalité lui donne ainsi la réputation d'être beaucoup plus précis que ses concurrents, comme *searchGPT* ou *Gemini* de *Google*. Et depuis le 5 décembre 2024, *Perplexity* a annoncé avoir signé des contrats avec plusieurs médias internationaux, comme le *Los Angeles Times*, *Der Spiegel*, ou encore les magazines *Time* et *Fortune* pour les rémunérer en échange de leurs informations, le distinguant un peu plus des autres IA génératives. Enfin, la fonction «découverte» propose un ensemble d'actualités récentes qu'il est possible de questionner séparément. La guerre de l'IA pour la recherche d'informations est lancée. ^A

 <https://www.perplexity.ai/>



Les créateurs inquiets de l'essor de l'IA

Selon la première étude mondiale menée par la Confédération internationale des sociétés d'auteurs et compositeurs (Cisac), l'avenir s'annonce sombre pour les créateurs du domaine de la musique et de l'audiovisuel. En effet, l'étude évalue la chute des rémunérations des artistes à 24% dans la musique et à 21% dans l'audiovisuel d'ici 5 ans. Il faut dire que l'IA générative pose d'immenses problèmes de droits d'auteur:

elles ont allègrement pillé quantité d'œuvres accessibles sur Internet, sans jamais en rémunérer les auteurs, et propose maintenant à n'importe qui de générer images, musiques et vidéos à l'aide de quelques mots seulement, créant ainsi des «œuvres» qui sont parfois difficilement distinguables d'une création humaine. L'étude prévoit par exemple que la musique générée par IA comptera pour 20% du revenu des plateformes, entraînant une perte de revenu totale de 10 milliards de dollars pour les artistes - une manne désormais captée par les industries de la Tech. Du côté de l'audiovisuel, l'étude estime que l'IA va massivement se populariser dans la création de vidéos pour les réseaux sociaux, mais aussi et surtout l'écriture automatique de scripts, le sous-titrage automatique, voire la modification des vidéos pour synchroniser en temps réel les lèvres en fonction de la langue de visionnage choisie. À terme, les traducteurs et adaptateurs qui travaillent dans le doublage et le sous-titrage risquent de perdre 56% de leurs revenus. ^A

 cisac.org

Décrypter les «conversations» animales

Sil y a une chose que l'IA fait remarquablement bien, c'est décrypter des schémas et des motifs récurrents dans un ensemble de données. Or, que ce soient les cliquettements des dauphins, le berrissement des éléphants, ou les pépiements des oiseaux, si nous savons depuis longtemps qu'ils véhiculent certaines informations aux autres membres du groupe, nous en connaissons encore mal les différentes subtilités. Dès lors, de nombreux biologistes commencent à utiliser l'IA pour comprendre ces interactions, avec déjà certains résultats. Des études récentes ont par exemple montré que les éléphants et les ouistitis s'appellent par des sons uniques à chacun, ce qui pourrait s'apparenter à des noms. Et d'autres études sont en cours concernant la vocalisation des corbeaux, ou des baleines. Si nous sommes encore loin d'un *Google Translate* entre humains et animaux, ces études devraient permettre de mieux comprendre la communication animale et, en levant le voile sur leurs capacités cognitives, peut-être encourager davantage de personnes à protéger les espèces en danger. ^A



► Pardo et al. *Nature Ecology & Evolution*, 2024
Oren et al. *Science*, 2024



Le Web à travers les générations : un sacré choc culturel !

TEXTE : JULIE FIARD · JFI@EASI-IE.COM

ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE

Il y a quelques jours, j'ai assisté à une scène digne d'une série humoristique sur Netflix : un *Baby Boomer* en panique devant l'écran de son ordinateur, sur lequel un message de maintenance lui demandait de redémarrer la machine : «*Mais si je redémarre, je perds toutes les données qui se trouvent dans l'ordinateur, non ?!*». À côté de lui, un ado de la Génération Z scrollait *TikTok* à une vitesse défiant presque celle de la lumière. Entre ces 2 mondes, un *Millennial* tentait d'envoyer un e-mail... mais peinait à comprendre pourquoi il ne pouvait tout simplement pas copier-coller la «pièce jointe» dans le message. Si vous n'avez pas compris un seul mot de ce paragraphe, cet article va potentiellement vous intéresser.

En effet, selon la génération à laquelle nous appartenons, notre rapport au numérique, et à la technologie en général, varie du tout au tout. Là où les *Baby Boomers* et la Génération X ont appris l'informatique avec les premiers ordinateurs, les

disquettes et les CD-ROM (et maîtrisent toujours mieux *Excel* que leurs petits-enfants !), les *Millennials*, eux, sont experts en réseaux sociaux mais paniquent à la moindre évocation d'un tableur. Quant à la Génération Z et Alpha, leur dextérité sur smartphone défie toute entente : ils peuvent tenir une conversation, répondre à 10 messages et monter une vidéo sur *CapCut*, tout en regardant une série... Mais leur demander de compresser un fichier ou de mettre en page un document *Word*, c'est plus compliqué !

Dans cet article, nous allons explorer ces différences d'usage du Web à travers les générations. Pourquoi nos parents maîtrisent-ils mieux *Word* que *Google Drive* ? Pourquoi les *Millennials* passent-ils des heures sur *Instagram* mais ne sont pas capables d'utiliser un simple tableur ? Et comment encourager la Génération Z à explorer Internet au-delà des quelques applications qu'ils utilisent, sans pour autant se perdre dans un scroll infini ? En comprenant ces écarts, il devient possible d'adapter l'apprentissage et de proposer des solutions concrètes pour que chacun puisse mieux maîtriser l'outil informatique.

Les différentes générations et leur relation au Web



▷ Les Baby Boomers (1946-1964) : les pragmatiques du numérique

Les *Baby Boomers*, ceux qui sont donc nés dans un monde sans Internet, ont dû intégrer le numérique à l'âge adulte, souvent par nécessité plus que par intérêt spontané. Contrairement aux générations suivantes, qui ont grandi avec les technologies, leur apprentissage a été progressif et souvent réactif, en fonction des besoins du quotidien.

> LEURS USAGES

- ✓ La **communication**: emails, SMS et messageries comme *WhatsApp* ou *Messenger* sont devenus des outils courants pour garder le contact avec leurs proches. *Facebook* reste leur réseau social privilégié, leur permettant de suivre l'actualité de leur entourage et de participer à des groupes d'intérêt.
- ✓ Les **achats en ligne**: initialement réticents, ils ont progressivement adopté le e-commerce, notamment pour des achats pratiques (voyages, électroménager, produits du quotidien). Les plateformes comme *Amazon* et les grandes enseignes ont su les rassurer avec des systèmes de paiement sécurisés et un service après-vente accessible.
- ✓ L'**information** et le **divertissement**: toujours attachés aux médias traditionnels (journaux, télévision), ils se tournent désormais vers le Web pour s'informer, via des sites d'actualité et *YouTube*. Certains explorent également les blogs et forums spécialisés pour approfondir leurs centres d'intérêt.

> LEURS DÉFIS

- ✗ La **cybersécurité** et la **méfiance en ligne**: moins sensibilisés aux risques du Web, ils sont plus vulnérables aux arnaques (*phishing*, faux emails de banques...). Leur prudence vis-à-vis des paiements en ligne et des nouvelles plateformes peut limiter leur adoption de certains services numériques.
- ✗ L'**adaptation aux nouvelles interfaces**: les évolutions constantes des applications et des systèmes peuvent être déconcertantes. Entre mises à jour fréquentes, interfaces peu intuitives et démultiplication des plateformes, l'usage du numérique leur paraît parfois complexe. La dématérialisation des démarches administratives est une source de stress, par peur de faire une erreur irréversible ou de bloquer un dossier.
- ✗ L'**intégration des outils collaboratifs** et du **cloud**: bien que certains utilisent *Word* et *Excel* depuis longtemps, la transition vers le stockage en ligne (*Google Drive*, *Dropbox*, *Microsoft Teams*) reste plus laborieuse, ces outils leur semblant abstraits et éloignés de leurs habitudes.

▷ La Génération X (1965-1980) : les bâtisseurs du numérique

La Génération X a grandi sans numérique mais a assisté à son essor et l'a intégré progressivement, notamment dans le cadre professionnel. Cette génération a dû s'adapter à l'arrivée des ordinateurs personnels, d'Internet et du digital, sans l'aisance intuitive des générations suivantes, mais avec une certaine maîtrise acquise au fil du temps.

> LEURS USAGES

- ✓ Les **outils bureautiques**: formée avec des logiciels comme *Word*, *Excel* et *PowerPoint*, cette génération s'est largement approprié les outils bureautiques classiques. Cependant, bien qu'ayant adopté progressivement les solutions collaboratives comme *Google Drive* ou *Microsoft OneDrive*, le passage au cloud est moins naturel.
- ✓ L'**Internet professionnel**: premiers utilisateurs du Web en entreprise, ils ont rapidement intégré l'email, les moteurs de recherche et les plateformes métiers. Aujourd'hui, leur maîtrise de l'informatique en milieu professionnel est solide, même si la multiplication des outils et des nouvelles pratiques peut parfois les dépasser.
- ✓ Les **premiers réseaux sociaux**: ayant connu les débuts des espaces communautaires en ligne (*MySpace*, *Skyblog*, *MSN*, *Caramail*, forums, blogs), ils ont progressivement migré vers *Facebook*, *LinkedIn* et *Instagram*. Certains s'adaptent aux nouveaux formats comme *TikTok*, mais restent plus à l'aise sur des plateformes privilégiant l'écrit et les échanges professionnels.

> LEURS DÉFIS

- ✗ Une **évolution technologique rapide**: l'accélération du numérique, avec le développement du cloud, de l'intelligence artificielle et de l'automatisation, impose un apprentissage constant. Beaucoup doivent s'adapter à un environnement professionnel en mutation, où les méthodes de travail évoluent sans cesse.
- ✗ De **nouveaux modes de communication** à apprivoiser: si les emails restent leur standard, ils doivent composer avec l'essor des messageries instantanées professionnelles (*Slack*, *Microsoft Teams*) et des visioconférences (*Zoom*, *Google Meet*), qui modifient les interactions au travail.
- ✗ La **gestion du numérique** au sein de la famille: nombreux sont ceux qui, en tant que parents, doivent gérer leur propre adaptation au digital tout en accompagnant leurs enfants, plus à l'aise avec les outils mais parfois peu conscients des enjeux (sécurité en ligne, addiction, désinformation).

▷ Les Millennials/Génération Y (1981-1996) : les consommateurs du Web

Les *Millennials*, nés entre 1981 et 1996, ont vécu en pleine explosion numérique, devenant les témoins de la transition de la société vers l'ère digitale. Évoluant avec Internet et la révolution mobile, ils sont les premiers à intégrer ces technologies dans leur quotidien personnel et professionnel. Contrairement aux générations précédentes, qui ont dû s'adapter à l'arrivée du numérique, la Génération Z l'a adopté de manière naturelle.

> LEURS USAGES

- ✓ Les **réseaux sociaux**: les *Millennials* ont été les pionniers de plateformes comme *Facebook*, *Twitter*, *Instagram* et plus récemment, *TikTok*. Ces réseaux sont devenus des espaces essentiels d'expression personnelle, de communication et de création d'image. Ils ont aussi été des acteurs majeurs dans l'essor du marketing d'influence, influençant les comportements d'achat des consommateurs.
- ✓ Le **streaming**: avec des plateformes comme *Netflix*, *YouTube*, et *Spotify*, cette génération a transformé la consommation de films, séries et musique, favorisant un modèle dématérialisé et personnalisé.
- ✓ L'**influence digitale**: la génération a vu un grand nombre de ses membres devenir créateurs de contenu, blogueurs ou vloggers. Ces influenceurs ont appris à bâtir des communautés et à utiliser leur notoriété pour générer des revenus, transformant les réseaux sociaux en de véritables outils de marketing.

> LEURS DÉFIS

- ✗ **Connaissances de base** en informatique: bien que les *Millennials* aient grandi avec l'informatique et la digitalisation, leur expertise se limite souvent à une utilisation de base des outils numériques, principalement orientée vers la consommation (réseaux sociaux, streaming, etc.)
- ✗ **Cybersécurité**: la prise de conscience des enjeux liés à la cybersécurité (protection des données, gestion des mots de passe, sécurité en ligne) reste souvent insuffisante. Beaucoup d'entre eux ne maîtrisent pas les bonnes pratiques de sécurité, ce qui les expose potentiellement à des risques.
- ✗ **Programmation**: bien que certains *Millennials* aient une formation technique, la majorité d'entre eux n'ont pas développé de compétences approfondies en programmation ou en développement logiciel. Ils utilisent les technologies sans comprendre en profondeur leur fonctionnement sous-jacent.
- ✗ **Approche intuitive vs expertise technique**: leur usage des technologies reste largement intuitif, axé sur l'utilisation d'applications ou de services prêts à l'emploi, sans une connaissance approfondie des processus techniques qui les soutiennent (comme les algorithmes, l'architecture des systèmes, ou le codage derrière les interfaces).

- ✗ **Difficulté à suivre les évolutions technologiques**: face à la vitesse à laquelle la technologie évolue (*cloud computing*, intelligence artificielle, automatisation), de nombreux *Millennials* se retrouvent dépassés, ce qui engendre un fossé dans leur capacité à s'adapter aux nouveaux outils ou à en comprendre les implications techniques.



▷ La Génération Z (1997-2012) : les digital natives

La Génération Z est la première génération à avoir grandi dans un environnement totalement numérique. Souvent qualifiés de *Digital Natives*, ils sont constamment connectés et utilisent les technologies presque instinctivement, avec une grande aisance sur les plateformes sociales et les applications de création de contenu.

> LEURS USAGES

- ✓ **Création de contenu et interaction sociale en ligne**: sur des plateformes comme *TikTok*, *Instagram*, *YouTube* et *Snapchat*, la Génération Z est très active dans la création et le partage de contenu, cherchant à exprimer leur identité et à interagir avec des communautés en ligne. Ces espaces sont devenus des lieux de validation sociale.
- ✓ **Multitâche et adaptabilité**: ils sont capables de gérer simultanément plusieurs tâches numériques - conversations instantanées, vidéos en streaming, interactions sociales sur différents réseaux - avec une grande fluidité et adaptabilité, ce qui reflète un usage intensif des technologies.

> LEURS DÉFIS

- ✖ **Sécurité des données:** malgré leur activité numérique, ceux de la Génération Z sont souvent moins conscients des risques liés à la sécurité des données. Le partage constant d'informations personnelles sur les réseaux sociaux les rend vulnérables à des violations de la vie privée, à la cybercriminalité et à l'exploitation de ses données.
- ✖ **Dépendance aux écrans:** leur utilisation excessive des appareils numériques peut entraîner une dépendance, avec des conséquences négatives sur leur bien-être, telles que l'anxiété liée à l'image de soi, des troubles du sommeil, ou encore des difficultés à se déconnecter du monde numérique.

▷ La Génération Alpha (2013 et +): les ultra-connectés

La Génération Alpha, née après 2013, représente une nouvelle ère où les enfants grandissent totalement immergés dans les technologies numériques. Dès leur plus jeune âge, ils sont exposés à des appareils sophistiqués, des assistants vocaux intelligents, des écrans tactiles et des applications éducatives. Ce lien précoce avec la technologie façonne leur mode d'apprentissage, leurs interactions sociales et leur rapport au monde.

> LEURS USAGES

- ✔ **L'apprentissage précoce** des outils numériques: les enfants de la Génération Alpha font leurs premiers pas dans le monde numérique dès leur plus jeune âge. Ils maîtrisent rapidement les outils numériques comme les applications éducatives et les jeux interactifs, souvent avant d'entrer à l'école. Ce lien intime avec la technologie stimule leur curiosité et les aide dans leur développement cognitif.
- ✔ **L'intelligence artificielle et l'automatisation:** la Génération Alpha grandit avec des technologies avancées comme l'intelligence artificielle et les assistants vocaux (*Siri*, *Alexa*). Ces outils sont non seulement utilisés pour l'éducation, mais aussi pour gérer des tâches quotidiennes à la maison. En conséquence, ces enfants bénéficient d'une exposition accrue à l'IA, ce qui leur permet d'acquérir des compétences précieuses dès leur jeune âge.

> LEURS DÉFIS

- ✖ **Manque de recul critique** sur les technologies: cette Génération grandit dans un environnement où la technologie est omniprésente, ce qui peut limiter leur capacité à prendre du recul et à évaluer les implications de son utilisation. Ils sont souvent moins conscients des risques sociaux, éthiques et psychologiques associés à l'usage des outils numériques.
- ✖ **Dépendance accrue** à la technologie: leur exposition précoce à des appareils et à l'intelligence artificielle les



rend fortement dépendants des outils numériques, ce qui peut nuire à leur capacité à développer des compétences autonomes et critiques.

- ✖ **Compréhension limitée des enjeux:** en raison de leur jeune âge et de leur forte immersion numérique, la Génération Alpha peut manquer de la maturité nécessaire pour comprendre les conséquences à long terme de leur usage des technologies, comme la gestion de la vie privée et des données personnelles.

Chaque génération aborde le numérique à sa manière, que ce soit par nécessité, intuition ou exploration. Il est aussi important de noter que tout le monde ne se retrouve pas entièrement dans ces catégories. Dans la seconde partie de cet article, nous explorerons comment, au-delà de ces différences, chaque génération peut mieux maîtriser les outils numériques à travers des prises de conscience et des solutions adaptées.

Une question, une réaction sur un de nos articles. Partagez vos expériences avec nous via contact@easi-ie.com **A**



Et si le CO₂ pouvait nous être utile ?

Des scientifiques du *MIT (Massachusetts Institute of Technology)* ont mis au point une nouvelle électrode pour convertir du dioxyde de carbone en ressources utiles (1). De tels systèmes sont en développement en vue de capturer le CO₂, gaz à effet de serre dégagé par l'activité humaine, tout en le valorisant pour produire des matériaux utiles, comme du plastique ou du carburant

TEXTE : MILAN VANDER WEE - LÉONARD • MILAN.VDWL@GMAIL.COM
PHOTO : © MALP - STOCK.ADOBE.COM (P.49)

L'éthylène (C₂H₄), un composé chimique simple mais essentiel, joue un rôle central dans l'industrie moderne. Il est à la base de nombreux produits tels que les plastiques (comme le polyéthylène) ou les solvants. Chaque année, près de 158 millions de tonnes d'éthylène sont produites dans le monde, principalement à partir d'hydrocarbures fossiles comme le gaz naturel et le naphta (2), par un procédé appelé vapocraquage.

Cependant, cette production massive a un coût environnemental élevé. Non seulement elle repose sur des ressources non renouvelables, mais elle génère aussi d'importantes émissions de gaz à effet de serre (GES).

Face à ces enjeux, les chercheurs du *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* ont récemment mis au point une technologie innovante pour produire de l'éthylène à partir de dioxyde de carbone (CO₂) et d'eau (H₂O). Cette avancée, décrite dans leur article publié dans *Nature Communications*, représente une étape majeure vers la décarbonation de l'industrie chimique.

L'électrochimie au cœur de l'innovation

Transformer le CO₂ en produits utiles est un objectif à la fois ambitieux et stratégique. L'électrolyse, qui repose sur des réactions provoquées par un courant électrique, offre une voie prometteuse pour y parvenir. Cependant, les procédés électrochimiques actuels présentent plusieurs limitations au niveau des électrodes (3) : durabilité restreinte, conductivité faible et infiltration d'électrolytes (4).

Pour résoudre ces problèmes, les chercheurs du *MIT* ont conçu une nouvelle électrode hybride composée de fils de cuivre intégrés dans une fine membrane de PTFE (polytétrafluoroéthylène - «Téflon» (5)). Ce matériau est non seulement hydrophobe, mais aussi extrêmement

résistant, ce qui permet de réduire l'infiltration d'électrolyte tout en maintenant une conductivité élevée.

Lors des tests en laboratoire, cette nouvelle électrode a fonctionné de manière continue pendant plus de 75 h sans perte significative de performance, ce qui est un résultat inhabituel dans ce domaine. De plus, les chercheurs ont produit des électrodes d'une taille 10 fois supérieure à celles utilisées communément en laboratoire, ouvrant ainsi la voie à une éventuelle mise à l'échelle industrielle. Cette capacité à augmenter les dimensions des dispositifs tout en maintenant leur efficacité est cruciale pour rendre cette technologie viable commercialement. L'équipe a également mesuré un rendement énergétique amélioré dans la conversion du CO₂ en éthylène.

Objectif: une industrie chimique décarbonée

Si cette technologie parvient à être adoptée à grande échelle, elle pourrait transformer l'industrie chimique en réduisant considérablement sa dépendance aux ressources fossiles et ses émissions de CO₂. En utilisant des sources d'énergie renouvelables pour alimenter les procédés électrochimiques, il serait possible de produire de l'éthylène de manière presque neutre en carbone. De plus, les applications potentielles d'une telle technologie vont au-delà de l'éthylène. Le CO₂ pourrait être converti en une gamme étendue de produits chimiques utiles, comme des carburants synthétiques ou d'autres composés organiques.

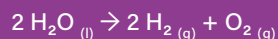
Les prochaines étapes consisteront à optimiser ces procédés et étudier leur viabilité économique à grande échelle. Si ces obstacles sont surmontés, cette approche pourrait révolutionner la façon dont nous percevons et utilisons le CO₂, le transformant d'une contrainte environnementale en une ressource précieuse pour un avenir plus vert. 

DO IT YOURSELF !

Ici, je t'invite à découvrir la technique de l'électrolyse avec une molécule bien connue: l'eau. Cette réaction électrochimique est une des clés de la transition que notre société opère actuellement.

- 1 Perce le fond d'un gobelet en plastique transparent par le dessous avec 2 punaises uniquement composées de métal. La distance entre les 2 trous doit correspondre à 13 mm. Les punaises serviront d'électrodes.
- 2 Ajoute une cuillère à café de bicarbonate de soude (NaHCO₃) dans le gobelet et dissous cela avec 100 mL d'eau. Le «bica» servira d'électrolyte.
- 3 Soulève le gobelet et place dessous une pile de 9 V (une pile «rectangulaire») avec les bornes contre les punaises.
- 4 Observe ce qu'il se passe à chaque électrode. Quelle différence constates-tu entre les bornes ? Comment interpréter cela ? Quels sont les produits de l'électrolyse de l'eau ? Pars de sa formule chimique pour déterminer quel produit est formé à quelle électrode... Tu trouveras des éléments de réponses ci-dessous !

L'électrolyse de l'eau provoque son clivage en 2 molécules gazeuses: l'hydrogène (H₂) et l'oxygène (O₂). En écrivant l'équation chimique de cette transformation, on observe qu'il y a 2 fois plus d'hydrogène qui devrait être produit par rapport à la quantité d'oxygène (loi d'Avogadro). Effectivement, tu as dû le remarquer, il y avait une borne avec plus de bulles que l'autre.



C'est à la borne positive de la pile qu'il y avait le moins de gaz, et donc l'O₂. À cette électrode, c'est l'oxydation (6) de l'eau que tu as observée. Les protons (H⁺) de l'eau se dirigent alors vers la borne négative de la pile pour subir la réduction (7) et devenir du H₂.

L'électrolyse de l'eau permet in fine de stocker le surplus d'électricité «renouvelable» produit sous forme chimique, méthode plus durable dans le temps que les batteries. Par la suite, l'hydrogène et l'oxygène sont recombinaés dans des piles à combustibles (8) pour générer un courant électrique.

⁽¹⁾ S. Rufer, *Nat. Commun.* 2024, 15, 9429 ( <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53523-8>).

⁽²⁾ Le naphta est un liquide transparent composé d'hydrocarbures issu de la distillation du pétrole.

⁽³⁾ Une électrode est un conducteur d'électricité sur lequel une réaction électrochimique peut avoir lieu.

⁽⁴⁾ Un électrolyte rend une solution aqueuse conductrice grâce à la présence d'ions.

⁽⁵⁾ Le Téflon est une marque déposée pour un polymère possédant une grande inertie chimique et un très grand

pouvoir anti-adhésif. Il est notamment à l'origine du succès des poêles Tefal®.

⁽⁶⁾ L'oxydation d'une substance est une réaction où des électrons lui sont extraits.

⁽⁷⁾ La réduction d'une substance est une réaction où des électrons lui sont ajoutés.

⁽⁸⁾ Une pile à combustibles est une pile alimentée par des réservoirs de réactifs permettant une réduction et une oxydation. Ces réactions chimiques génèrent un courant électrique en continu.



BIO NEWS

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

PHOTOS : © ANDREY POPOV - STOCK.ADOBE.COM (P.51), © RISHANS GRAPHER - STOCK.ADOBE.COM (P.52),

© ANKS - STOCK.ADOBE.COM (P.53), © STÉPHANE LANCELOT, INRAP (P.54),

© BIOZOOM/MATTHEW SEPHTON - CC-BY-NC (P.54)

Bar à diagnostics

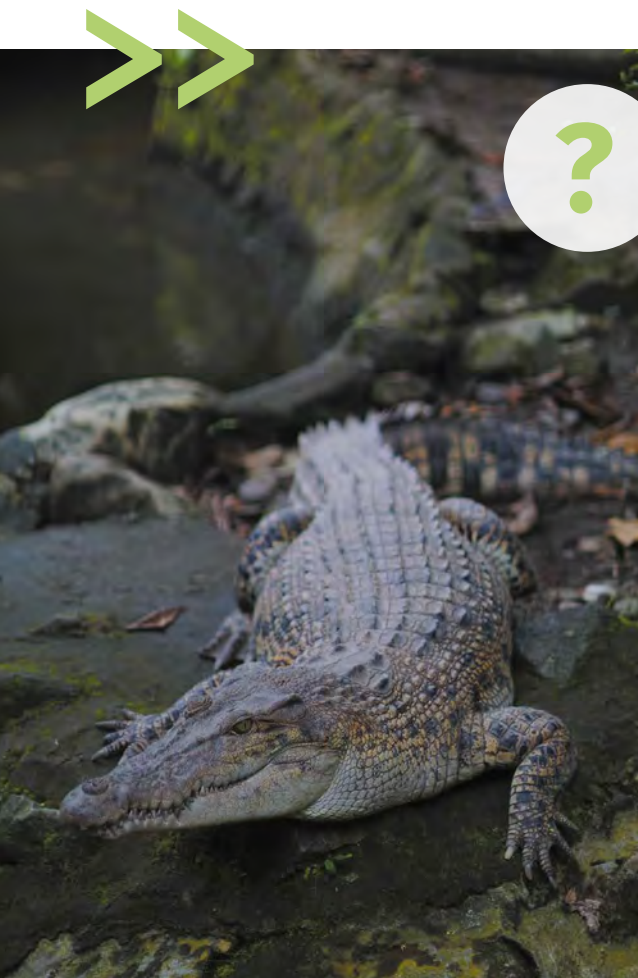
Comme le cheval mais contrairement à la plupart des autres mammifères, nous avons des glandes sudoripares sur toute la surface de notre corps qui, par l'excrétion de liquide, servent à assurer une stabilisation de la température corporelle. Mais elles ont une seconde fonction: l'excrétion de substances diverses qui se retrouvent sur et dans la peau. L'idée de profiter de cette élimination à des fins diagnostiques n'est pas neuve. Elle a déjà été mise en application pour mesurer par exemple le flux de chlorures en cas de fibrose kystique (mucoviscidose) ou des traces de produits illicites chez des consommateurs.

Mais des firmes ont trouvé judicieux de rendre le processus plus performant en mettant au point des systèmes qui permettent, en temps réel et de façon simultanée, une capture en série de traces diverses afin d'établir l'état de santé des individus. Et ce, tant qu'à faire, via une procédure non-invasive: le patch. Dans sa conformation idéale, il doit être composé de 3 parties: une partie adhésive poreuse contre la peau, une seconde isolante à l'extérieur et pris en sandwich entre les 2, un dispositif complexe de taille

identique. Et c'est bien entendu là que se trouve tout le système analytique. Il peut comporter des microréservoirs à fluide à analyser ensuite, des colorants dont le virage dans une couleur différente peut renseigner sur la concentration d'un produit. Il peut également être enrichi de micro-canaux destinés à donner une idée de la dynamique de production, mais aussi de senseurs microchimiques dont les résultats peuvent être envoyés en temps réels sur un smartphone... La liste n'est bien entendu pas exhaustive.

Que peut-on doser ? Tout ce qui est détectable à un niveau de concentration suffisant. Des traces, le plus souvent, suffisent à fournir un diagnostic. Et s'il faut les amplifier quelque peu, il suffit de demander aux patients de fournir un effort physique pour augmenter leur sécrétion. On pense aux ions, aux sucres, aux métaux lourds, aux hormones, aux électrolytes les plus divers, aux marqueurs de la réponse immunitaire, de la détresse cardiaque ou rénale, du stress, des effets de l'exposition à la chaleur, etc. Reste à ces capteurs à fournir une réponse fiable, qui peut toujours être confirmée par un dosage sanguin ou urinaire. Il va de soi que ce type de dispositif peut surtout se montrer salutaire en cas de maladie ou autre affection à diagnostiquer aussi vite que possible grâce à des marqueurs spécifiques, dès leur apparition. Juste avec un patch collé sur le haut du bras... 

► **Science, 2023, 379: 760-761**



Pourquoi les crocodiles ont-ils la peau craquelée ?

Avec leur grande gueule remplie de dents acérées, leurs gros yeux au-dessus de la tête, leurs petites pattes disproportionnées et leur longue queue pleine de crêtes, les crocodiles ont de quoi faire peur ! Le cinéma ou la télé en ont souvent tiré profit ! Mais dans les labos, on se demande très sérieusement pourquoi ils ont cette tête au tégument craquelé. L'origine de cette structure est embryologique, or les embryons crocodiliens se développent dans des œufs, à l'abri de l'observation immédiate. Il faut donc émettre des hypothèses et grâce à des stratagèmes, les valider... ou les invalider. Facile à dire, complexe à réaliser. Une face, c'est de l'os sur lequel reposent du derme et de l'épiderme. Si une peau apparaît craquelée en motifs vaguement géométriques, c'est probablement qu'elle s'est développée davantage que son support... mais à un stade précoce, quand ces téguments restent encore souples. Imaginons que ce soit le cas, la peau qui se développe «trop» commence par former des plis par invaginations progressives. Ces plis s'indurent ensuite prenant l'allure des craquelures typiques du tégument crocodilien, déjà bien visible chez les animaux sortis de l'œuf. C'est ce que vient de démontrer une équipe pluridisciplinaire genevoise, dont plusieurs belges.

On peut bien entendu objecter que cela ne va pas changer la face du monde, mais à une époque où règnent les conflits et la violence, il est rassurant de savoir que des scientifiques continuent de chercher à comprendre les mécanismes évolutifs qui ont mené à l'émergence, il y a des millions d'années, de structures dont on ne connaissait pas jusqu'ici l'origine exacte. Et petit clin d'œil qui ramène à l'histoire: est notamment impliqué le «système chimique de Turing». Alan Turing, étant le mathématicien britannique qui est parvenu à «craquer» les codes secrets allemands qui présidaient aux lancements des bombes V1 et V2 sur la Grande-Bretagne. Il s'est ensuite intéressé à la morphogenèse, ce qui permet de le citer ici. Un bienfaiteur de l'humanité disparu depuis longtemps qui permet aujourd'hui d'identifier l'origine de structures de la tête des crocodiles. Un joli raccourci historico-scientifique, non ? 

► *Nature*, volume 637, issue 8045, 9 January 2025

Vers un rajeunissement induit ?

Il y a une dizaine d'années, une équipe de chercheurs japonais menée par Shinya Yamanaka - qui a reçu le Prix Nobel pour ce travail - a réussi à inverser le développement de cellules humaines spécialisées pour leur faire retrouver l'aspect de cellules embryonnaires. Un tour de force apparent qui a tenu à l'introduction de 3 gènes précisément bien exprimés dans les cellules embryonnaires initiales. L'idée de Yamanaka était d'en faire des cellules souches de néoformation que l'on pouvait alors réorienter dans un sens thérapeutique utile pour régénérer un tissu lésé ou devenu défaillant.

L'idée était innovante, permettant d'envisager une réparation tissulaire sans risque de rejet, les cellules destinées au rajeunissement induit étant prélevées sur le futur destinataire. On a découvert depuis que cette régression, à un stade pseudo-embryonnaire, n'avait qu'un temps et qu'il était nécessaire, en cas d'application thérapeutique, de renouveler l'opération. Mais il n'empêche que l'idée d'un rajeunissement appliqué au niveau cellulaire a fait naître dans certains esprits aventureux l'espoir que l'on pourrait bien l'appliquer à un organisme entier. Tiens, et pourquoi pas à l'homme, après tout ?

De l'intention à la mise en œuvre, il n'y avait évidemment qu'un pas et plusieurs sociétés ont vu le jour, ont trouvé les financements nécessaires et se sont lancées dans l'aventure. Pas question, dans un premier temps, de tester chez l'humain, c'est donc la souris qui a fait les frais des essais pionniers. Le corps d'une souris est tout de même composé de milliers de milliards de cellules. Le moyen d'en cibler le plus grand nombre devait donc passer par une injection de type viral. On a choisi pour cela un virus atténué, suffisamment grand pour contenir les 3 gènes nécessaires au rajeunissement. Pour l'occasion, on a retenu un virus adénoassocié (AAV) qui présente cette caractéristique de taille. Les spécialistes comprendront.

Les injections ont donc été opérées et on a comparé le comportement des souris expérimentales avec des témoins. Si ces dernières ont survécu 9 semaines encore, celles qui ont reçu les gènes ont survécu le double, ce qui laisse augurer d'un effet réellement significatif. Ce qui est apparu à l'occasion d'un examen organique plus approfondi, ce n'est pas que les

De l'insecte au menu

La production animale dans le monde monopolise 70 à 80% des terres agricoles, mais leur consommation ne fournit qu'environ 18% de l'apport calorique et 25% des protéines alimentaires. Il existe donc une disproportion massive entre l'investissement (pour produire la nourriture à ces animaux) et le bénéfice que l'homme peut en retirer au niveau alimentaire. Il faut aussi savoir que 33% des sols cultivés ne servent qu'à produire la nourriture destinée au bétail; une réalité qui pousse à chercher des alternatives afin d'occuper ces sols de manière optimale, notamment grâce à la production de végétaux plus utiles à nourrir les humains. Parmi les alternatives dans l'air du temps, figurent les insectes. Inutile de penser à les incorporer au régime alimentaire des herbivores; l'apparition des «farines animales» il y a quelques années ayant mis fin à cette compensation alimentaire.

Mais il reste quelques autres groupes d'animaux comme les poules et autres volatiles de basse-cour, les porcs (omnivores) et les poissons par exemple, pour lesquels les insectes pourraient parfaitement convenir étant donné qu'ils figurent déjà de manière régulière ou occasionnelle dans leur régime. Recourir aux insectes plutôt qu'à une nourriture végétale stricte présente de multiples avantages: ces arthropodes se nourrissent souvent de matières organiques inexploitées en raison de leur état (fruits et légumes avariés). Leur croissance produit très peu de gaz à effet de serre et requiert très peu d'eau. Bref, c'est presque tout bénéfique si on s'arrête à ces aspects-là.

Sauf que toute médaille a son revers: produire des insectes en quantité requiert des installations importantes et de la main d'œuvre dont le coût est loin d'être concurrentiel par rapport aux aliments conventionnels. Autre inconvénient plus subtil car non directement perceptible: les insectes peuvent contenir, sans que cela leur nuise, quelques substances toxiques provenant des aliments improbables dont ils se nourrissent parfois, comme par exemple des résidus de métaux, lourds ou pas. Mais en revanche et pour rester un instant encore au niveau chimique, on a déjà remarqué, à l'occasion d'expériences diverses menées en labo, que la consommation de chitine (la protéine qui constitue l'essentiel de l'exosquelette des insectes) semble accroître les défenses immunitaires de leurs consommateurs au même titre qu'elle modifierait de manière favorable leur microflore intestinale, les 2 éléments étant vraisemblablement liés.

Trois espèces font déjà l'objet de recherches: la mouche domestique (*Musca domestica*), le soldat noir (*Hermetia illucens* - voir photo ci-dessous) et le ver de farine (*Tenebrio molitor*). C'est leur dernier stade larvaire qui est retenu en priorité en raison de la taille et de la richesse en substances nutritives de ces larves. Des quantités limites semblent avoir été fixées pour ne pas trop perturber les métabolismes des consommateurs (de 10 à 20% de la ration alimentaire). Et les résultats semblent prometteurs. Et tiens, question toute bête: pourquoi ne pas directement faire profiter les humains de ces produits animaux garantis sains afin de réduire la production et la consommation de viande ? A

► **Science, 2023; 379: 138-139**



cellules «infectées» aient intégré les 3 gènes, mais que ceux-ci aient favorisé des réparations d'atteintes liées à l'âge. Pas de réparation génétique, donc, mais plutôt épigénétique, ce qui n'est déjà pas si mal. On a par exemple noté une amélioration de la vue et de quelques autres fonctions.

S'agit-il des prémices du début d'un commencement d'atténuation du vieillissement ? Rien ne permet de l'affirmer. D'abord, parce qu'il s'agit ici d'expériences préliminaires opérées chez la souris. Avant d'envisager une application à l'homme - si on le fait un jour - il faudra au préalable s'assurer de la totale sécurité de la manœuvre et de son innocuité. Autant dire qu'avant qu'un éventuel accord des autorités biomédicales soit obtenu, il passera encore du temps; ne fût-ce que pour obtenir la garantie que sur le moyen et le long terme, aucune altération majeure n'est à craindre, comme le déclenchement d'un cancer. On ne peut toutefois pas nier le fait qu'un premier pas a été franchi dans le sens du transhumanisme. Est-ce un progrès ? Est-ce un bien ? L'avenir nous l'apprendra suffisamment vite. A

► **Science, 2023, 379: 224**

La Vénus de Renancourt porte une étonnante «coiffure» réalisée par de fines incisions en quadrillage. Elle constitue un rare témoignage de l'art gravettien caractéristique des chasseurs-cueilleurs.



Déjà différents

Tous ceux qui ont abordé la paléontologie savent que la préhistoire a été divisée en cultures différentes, basées sur des découvertes faites notamment dans le domaine de l'art ou du type d'habitation. C'est de cette façon que l'on a par exemple défini l'Aurignacien (de 43 000 à 29 000 ans d'ici), le Gravettien ensuite (de 29 000 à 23 000) puis le Solutréen (après 23 000). Ces différents noms tiennent à des sites du Sud-Ouest français d'identification de vestiges.

Le Gravettien en particulier - la période la plus courte - a été singularisé par une unité de style dans toute l'Europe de l'époque, du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest. C'est notamment de cette époque que datent les Vénus sculptées dans l'os de mammouth, avec des chevelures ouvragées ainsi que des seins et des fessiers exagérés. Les archéologues et anthropologues étaient depuis des années d'accord sur cette uniformité gravettienne. Sauf que, récemment, des spécialistes ont revisité l'ADN des vestiges osseux humains de l'époque avec des séquenceurs dernière génération et ont mis en évidence des différences qui n'étaient pas apparues jusque-là. L'une d'elles concerne le génome des habitants du territoire de l'actuelle France et de l'Espagne et de ceux de territoires correspondant à la République Tchèque et à l'Italie. C'est pendant cette période, essentiellement entre - 25 000 et - 19 000 ans, que la température moyenne a connu un recul significatif, ce qui a mené à une totale redistribution des populations. Il apparaît notamment qu'un territoire comme celui de l'Italie actuelle, plutôt

que d'être une sorte de refuge dans cette période de grands froids, ait plutôt été une voie sans issue. Et ce sont des populations issues des Balkans qui, venant de l'Est, auraient donc non seulement reconquis ces territoires (Italie et ceux de l'Est) mais auraient apporté un génome différent; ce que les études génomiques récentes auraient mis en évidence.

Et c'est ce qui fait que les Magdaléniens, datés de la période qui a suivi le maximum glaciaire (de - 17 000 à - 14 000 ans environ) auraient hérité du génome de ces nouveaux arrivants de l'Italie, lesquels auraient ensuite progressivement gagné des territoires plus nordiques à la faveur du réchauffement. Ce sont ces migrations successives qui expliqueraient que les populations de l'Ouest européen il y a 8 000 ans avaient plutôt la peau brune et les yeux clairs, alors que ceux qui venaient de l'Est, la peau claire et les yeux bruns. Ces 2 populations d'origines différentes qui se seraient pourtant partagé le territoire de l'Europe actuelle de façon simultanée, ne se seraient pas «hybridés» pendant une durée de plusieurs millénaires, globalement de - 14 000 à - 8 000 ans, comme l'examen des génomes l'a mis en évidence. Après, avec le retour à des conditions bien plus clémentes, ils se seraient rapprochés, donnant naissance à une population plus mélangée.

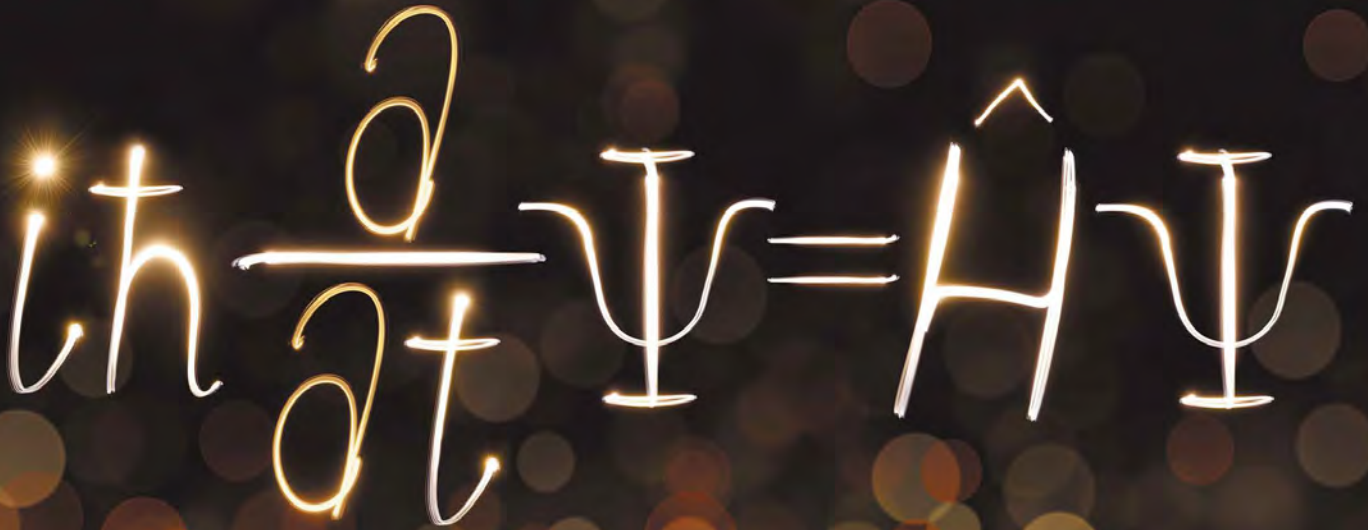
Cette révision génomique repose tout de même la question longtemps acceptée de la belle unité culturelle des Gravettiens - notamment traduite dans la morphologie des figurines évoquées plus haut - qui, à l'évidence, étaient de 2 origines différentes. Reste à déterminer, en matière de conception d'outils, de méthode de chasse et de culte des morts en particulier laquelle des 2 populations est davantage à l'origine. Les spécialistes n'ont pas fini d'en débattre. ^A

► **Science, 2023, 379: 865-866**



BIO ZOOM

Depuis quand les pieuvres imitent-elles les bernard l'hermite et se cachent dans les coquillages ? La réponse est: jamais ! Parce que ce n'est pas un coquillage. Il s'agit d'un argonaute voilier (*Argonauta argo*), souvent appelé «nautile en papier», tant sa coquille est fine. Et c'est plus précisément une femelle car les mâles, plus petits, n'ont pas de coquille. Elle fabrique elle-même ce «couvre-chef» calcaireux - la nacelle - pour y déposer ses œufs en toute sécurité et le maintient accroché à elle jusqu'à leur éclosion. Mais quel rapport avec un voilier ? Quand la mer est calme, elle remonte à la surface et laisse 2 de ses tentacules aplatis hors de l'eau pour se laisser porter par le vent et parcourir de longues distances sans trop se fatiguer ! L'intelligence de la nature...



Une centenaire en pleine croissance

L'ONU a proclamé 2025 Année Internationale des Sciences et Technologies Quantiques.

Son slogan: «100 ans de quantique, ce n'est qu'un début». Une belle reconnaissance pour un domaine de la physique qui ne cesse de bouleverser notre quotidien

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

PHOTOS : © MAKSYMBONDARENKO - STOCK.ADOBE.COM (P.55),

BUNDESARCHIV, BILD 183-R57262/CC-BY-SA 3.0 (P.56), © VALERII APETROAIEI - STOCK.ADOBE.COM (P.56)

Cette année internationale quantique (AIQ ou IQY en anglais), lancée officiellement le 4 février au siège de l'UNESCO à Paris, vise à encourager la recherche mais aussi à sensibiliser un large public aux retombées de la physique quantique. Mais tout d'abord, que célèbre-t-on exactement ? Pourquoi 2025 a-t-elle été choisie comme année centenaire ? Petit retour au début du 20^e siècle. La physique - qu'on dénommera plus tard «classique» - triomphe: du mouvement des planètes au phénomène électromagnétique, elle explique tout. Ou presque car, tel un célèbre village gaulois résistant à l'autorité de Rome, quelques phénomènes ne se laissent pas expliquer par les théories classiques. Parmi eux,

le rayonnement du corps noir. Petit rappel: tout objet émet de l'énergie sous forme de lumière. Et selon une fréquence (une couleur) caractéristique proportionnelle à sa température: une pièce de métal chauffée à par exemple 700 degrés sera rouge; si on augmente sa température, elle deviendra blanche («chauffer à blanc» est une belle expression !). Aux températures du quotidien si l'on peut dire, les objets émettent dans l'infrarouge, ils sont donc invisibles pour nos yeux. Si on les voit, c'est parce qu'ils réfléchissent la lumière qui les frappe. Nous ne voyons donc un objet que par la lumière qu'il nous renvoie et non par celle qu'il émet. Mais la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell prévoit qu'un objet à température ambiante brillerait comme mille soleils, ce qui signifie qu'il faudrait une énergie infinie pour chauffer n'importe quoi. Même un enfant dira que c'est absurde.

En 1900, Max Planck fournit une explication théorique à cette incongruité: les énergies émises par un objet sont discrètes et non pas continues. Elles sont émises par palier, donc pas question de s'envoler vers l'infini. Einstein prend le relais en 1905: pour lui, c'est la lumière elle-même qui est constituée de paquets d'énergie, des quanta (du latin *quantum*, combien). Voilà qui pose un grave problème: jusqu'alors, la physique avait toujours considéré que les phénomènes étaient soit ondulatoires, soit corpusculaires et voici qu'on s'aperçoit que la lumière est constituée de grains (appelés plus tard photons) qui ont



Werner
Heisenberg



Erwin
Schrödinger

une énergie bien définie déterminée par leur fréquence. Mais, bien sûr, la lumière ne perd pas ses propriétés ondulatoires pour autant; elle reste, aussi, une onde. Elle est donc à la fois une onde ET une particule. Inacceptable aux yeux de beaucoup. Sautons quelques étapes. En 1923, Louis de Broglie montre que l'électron, une particule, a des propriétés ondulatoires. Donc la matière est elle aussi duale ! Bien entendu, à notre échelle, cela ne se perçoit pas mais il faut se souvenir que ce qui est décrit ici se déroule dans le monde de l'infiniment petit, les particules élémentaires, l'atome. Et 1925 alors ? Il semblerait que ce soit cette année-là que le physicien allemand, Werner Heisenberg, réfugié sur l'île de Helgoland (Allemagne) pour cause de rhume des foies, ait mis au point une première version des équations fondatrices de la mécanique quantique. Centenaire donc, même si c'est en 1926 qu'Erwin Schrödinger publia dans la revue *Annalen der Physik* la fameuse équation d'onde qui formalise la théorie quantique. Et qui réconcilie son approche, ondulatoire, avec celle, matricielle, d'Heisenberg développée quelques mois plus tôt. Plus simple à manipuler, c'est l'approche mathématique de Schrödinger qui va s'imposer avec sa célèbre fonction d'onde.

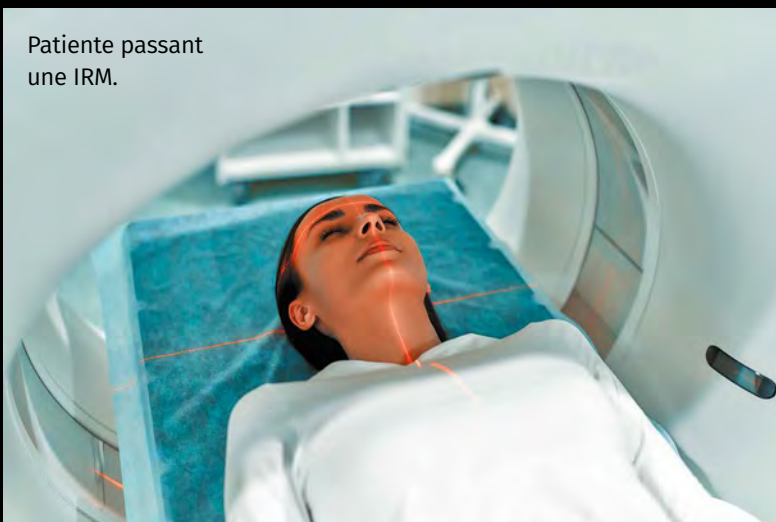
Applications

Le développement de la physique quantique qui a permis de rendre compte des propriétés de la matière, de la lumière et de leurs interactions est sans doute l'une des plus belles réalisations humaines de tous les temps. Mais ce n'est pas seulement une construction théorique. Dans un premier temps, elle a permis des avancées technologiques spectaculaires: transistors, semi-conducteurs (donc toute l'électronique moderne !), LED, GPS, ordinateurs, horloges atomiques ou encore les lasers. Ces derniers par exemple ayant «essaimé» dans à peu près tous les

domaines des sciences et des technologies. Issus directement de la connaissance de l'interaction entre lumière et matière, ils vont modeler notre quotidien. Sans eux, pas de lecteur-graveur de CD ou DVD, pas de communication par fibres optiques. Ni de lecture de codes-barres dans les supermarchés ! Et bien des mesures de distance et de vitesse seraient impossibles ou imprécises. Sans eux, comment découper facilement du métal ou... comment réaliser certaines interventions chirurgicales, notamment pour corriger des défauts de l'œil. Mais la plus belle application de cette première révolution reste sans doute l'imagerie médicale. L'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) ne serait en effet pas possible sans 3 technologies quantiques: supraconductivité, spin et semi-conducteurs. Elle consiste en effet à observer le comportement de noyaux des atomes d'hydrogène (car nous sommes surtout composés de H_2O !) plongés dans un champ magnétique, ce qui donne une image 3D du corps en différenciant les différents tissus.

Ces quelques exemples sont des conséquences de ce qu'on pourrait appeler la première révolution quantique, celle des pères fondateurs. Mais dans les années 1980 est apparue ce qu'on a appelé la deuxième révolution quantique. Les scientifiques ont tout d'abord vérifié expérimentalement la réalité de l'intrication quantique et appris ensuite à manipuler des atomes un à un. L'intrication quantique est cette propriété extraordinaire d'une paire d'objets (particules, atomes) qui se comportent comme un système quantique unique même s'ils sont éloignés l'un de l'autre (même si c'est de plusieurs centaines ou milliers de km !). Propriété qui a permis le développement de la cryptographie quantique et ouvre la voie aux ordinateurs quantiques. Parmi d'autres évolutions, il faut citer la spintronique (le *spin* est une grandeur quantique sans équivalent en physique classique) où l'on manipule le spin des électrons plutôt que leur charge électrique afin de réduire taille et consommation des composants. Ou encore la révolution qui se profile dans le domaine des capteurs dont la capacité de mesure est 1 million de fois supérieure à ce que la physique classique permet avec la lumière, applicable depuis les géosciences (détecter des nappes souterraines) jusqu'aux sciences du vivant (mesurer le champ électromagnétique d'une seule cellule). Quant aux médicaments de demain, leurs molécules actives seront (sont déjà) testées (comment une molécule individuelle se lie-t-elle à d'autres structures nanométriques ?) grâce à des outils de simulation intégrant les principes quantiques. La physique quantique, une centenaire qui a tout l'avenir devant elle et bouleversera notre monde. 

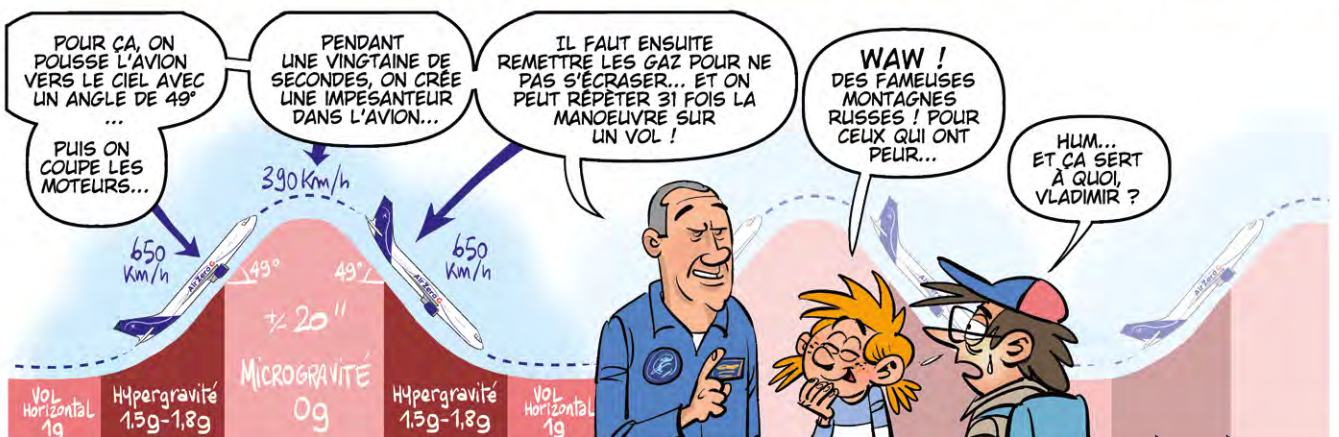
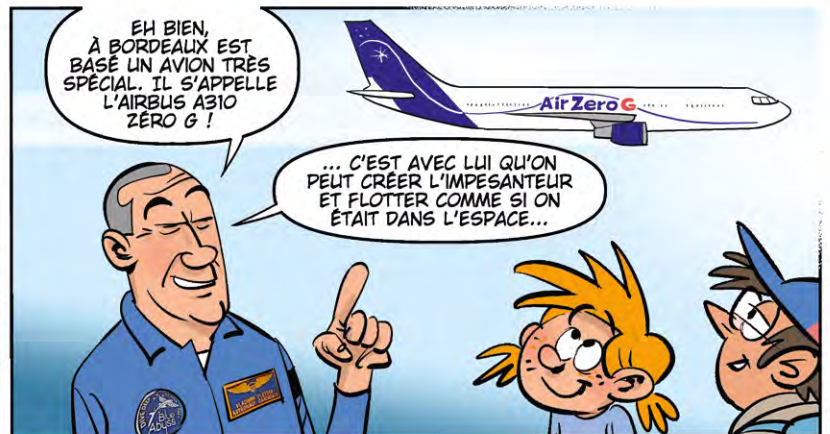
Patiente passant
une IRM.



Tania nous parle de l'Espace

Vol en apesanteur.

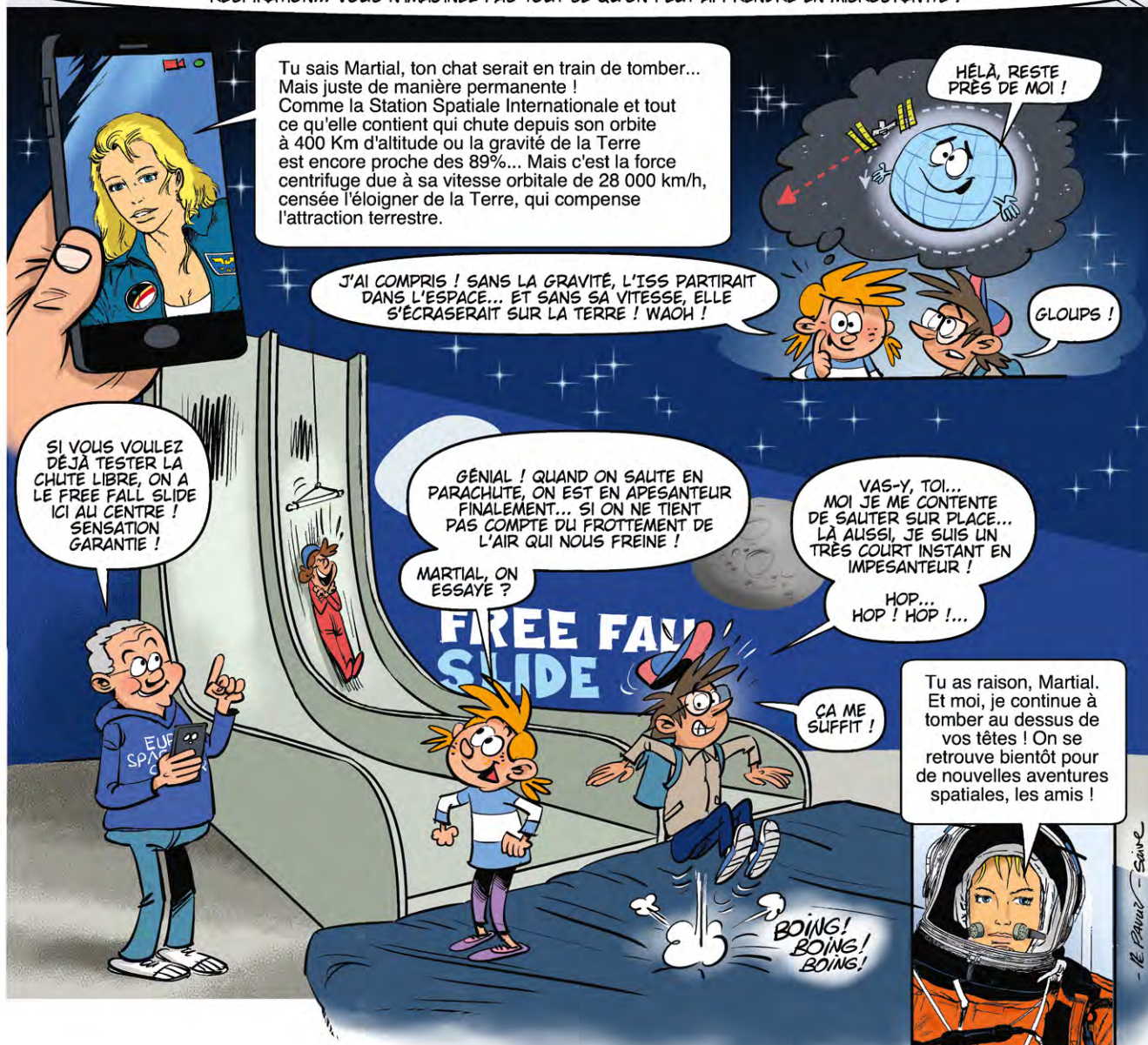
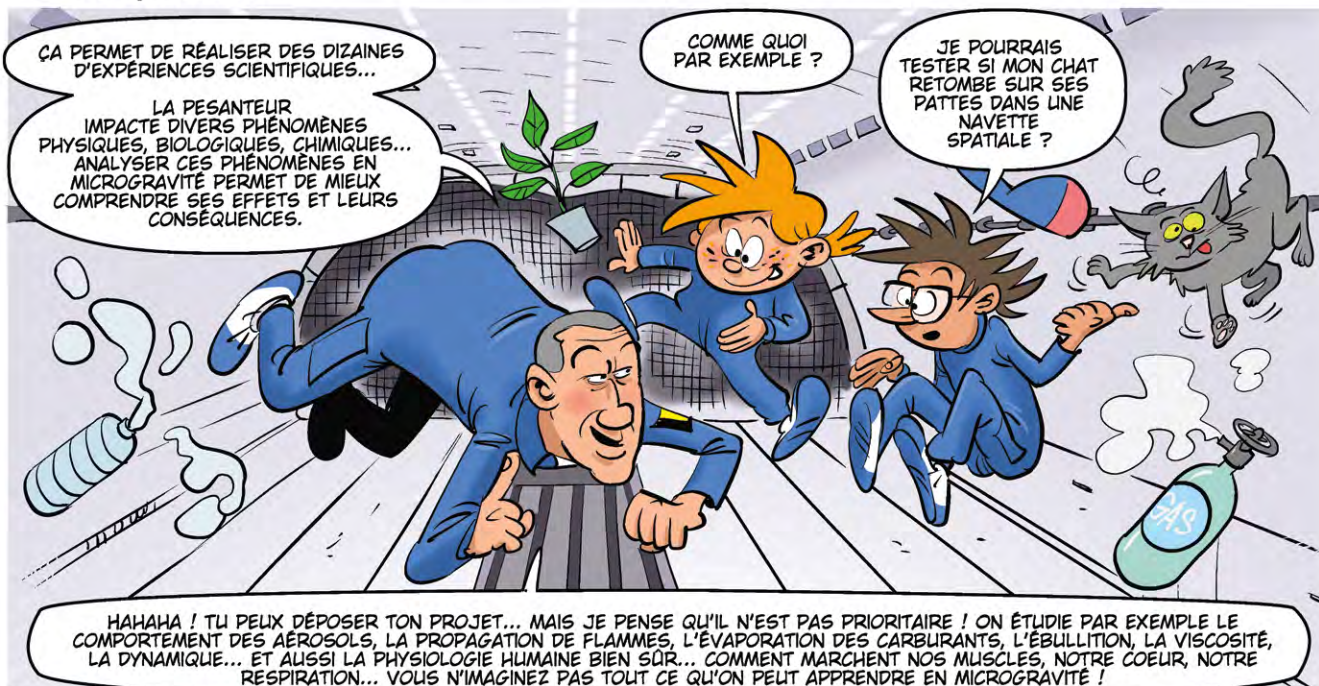
PAR
PIERRE-EMMANUEL PAULIS
ET OLIVIER SAIVE



Tania nous parle de l'Espace

Vol en apesanteur.

PAR
PIERRE-EMMANUEL PAULIS
ET OLIVIER SAIVE



Les anecdotes spatiales de Tania

PAR PIERRE-EMMANUEL PAULIS & OLIVIER SAIVE

1 C'est gonflé !

Le 18 mars 1965, le Soviétique Alexei Leonov fut le premier homme à s'aventurer à l'extérieur d'un vaisseau spatial. Mais sa sortie dans l'Espace faillit tourner à la catastrophe ! Au moment de rentrer par la porte à l'issue d'une balade de 12 minutes dans le vide spatial, il constata que son scaphandre avait gonflé. Après plusieurs tentatives infructueuses, il fut obligé de dégonfler son scaphandre en ouvrant une soupape ! Ce qui lui permit de rentrer la tête la première, position inhabituelle qui l'obligea à se retourner ensuite complètement afin de verrouiller la trappe.



2 On trinque ?

Lors de la première mission conjointe Américano-Soviétique «Apollo-Soyouz», en 1975, qui réunit en orbite terrestre une capsule Apollo et une capsule Soyouz, les cosmonautes russes (Alexei Leonov et Valery Kubasov) firent une petite blague à leurs collègues américains: ils proposèrent de trinquer à la réussite de la mission en portant un toast ... avec de la vodka ! C'est en tout cas ce qui était écrit sur l'étiquette de l'emballage. Après de longues hésitations, les Américains, décidèrent de pas frustrer leurs homologues soviétiques car, rappelons-le, l'alcool est strictement interdit à bord. Portant le tube à ses lèvres, le commandant Thomas Stafford constata que c'était en fait ... juste de la soupe !



3 BOUM !

En 1990 a lieu le 36^e décollage d'une fusée européenne Ariane 4. Et soudain: c'est l'explosion ! Le lanceur explose en vol au large des côtes guyanaises, entraînant la perte de 2 satellites japonais. Quelle en est la cause ? Un technicien a oublié un chiffon dans une canalisation d'un des 4 moteurs Viking du premier étage !

Le moteur en question a en effet été retrouvé quelques jours plus tard dans une mangrove. La cause de l'accident fut ainsi rapidement élucidée sans qu'on puisse démasquer le technicien distrait.



4 Véronique

La première fusée française s'appelle ... Véronique. Mais qui est donc Véronique ? C'est la synthèse de 2 noms: **VER**non et électro**NIQUE**.

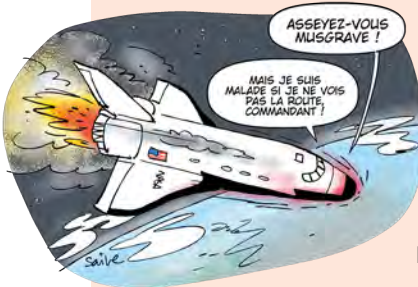
Vernon étant le nom de la ville, dans l'Eure, dans la vallée de la Seine, où se trouve le centre de recherche spatiale où la fusée a été développée.



5 Sit down please !

L'astronaute américain Story Musgrave est l'astronaute le plus diplômé de l'Histoire avec 6 doctorats et 6 vols dans l'Espace à bord de la navette spatiale. Lors de son dernier vol, il transgressa les consignes de sécurité en restant debout lors de la rentrée dans l'atmosphère, cramponné au siège devant lui, celui de son commandant de bord

qui lui enjoignait pourtant de s'asseoir et boucler sa ceinture. Musgrave voulait filmer la rentrée et l'atterrissage du vaisseau spatial à travers les fenêtres du plafond... Ce qui aurait été impossible assis à sa place au fond de la navette.



6 Voyage, voyage...

La sonde la plus lointaine de la Terre est Voyager 1, lancée en septembre 1977. Elle se trouve maintenant à plus de 20 milliards de km de nous ! Elle continue de s'éloigner à la vitesse de 60 000 km par heure ! La capacité totale des 3 ordinateurs embarqués est d'environ 68 Ko...

Ce qui est moins qu'une simple montre à quartz. Et pourtant, ils nous envoient encore des informations précieuses grâce à cette technologie largement dépassée.





Protéger les animaux grâce au secteur spatial

Le braconnage détruit depuis longtemps le patrimoine génétique de l'humanité. Les causes sont multiples. Corruption, explosion démographique, manque de sensibilisation, manque de synergies... Si l'écotourisme est régulièrement cité pour inverser la tendance, le salut du rhinocéros, espèce gravement menacée, viendra peut-être du ciel

TEXTE: GEOFFREY VAN HECKE - GEOFFREY@BVHCO.BE

PHOTOS: © JURGENS - STOCK.ADOBE.COM (P.60), © SIGFOXFOUNDATION (P.61),

© GIOVANNI CANCEMI - STOCK.ADOBE.COM (P.62), NASA (P.62), © AHMED - STOCK.ADOBE.COM (P.62)

Le rhinocéros est en danger: 2 sociétés, *Sigfox* et *Eutelsat*, se sont associées pour lutter contre le braconnage de ce grand herbivore. Aujourd'hui, dans la famille des rhinocerotidés, il ne reste que 5 espèces dans le monde (2 en Afrique et 3 en Asie). Le rhinocéros blanc du Nord (une sous-espèce), par exemple, est au bord de l'extinction complète. Auparavant, la principale menace était la destruction de son habitat naturel mais aujourd'hui, le braconnage est devenu la première cause du déclin des populations de ce mammifère, un des plus massifs des terres émergées. En Chine et au Vietnam par exemple, ses cornes sont consommées sous forme de poudre à des fins médicinales.

Pour lutter contre cette chasse, la société *Sigfox*, spécialiste des objets connectés, s'est investie dans le projet *Now Rhinos Speak*, réalisé en partenariat avec 3 grandes organisations internationales dédiées à la conservation de cette espèce: *International Rhino Foundation*, *Save The Rhino* et *Lowveld Rhino Trust*. La *Sigfox Foundation* a «conçu et mis en place une solution de suivi à distance de rhinocéros évoluant dans leur environnement naturel», nous explique sa Présidente, Marion Moreau. Le service se fonde sur le réseau à très bas débit de *Sigfox*, conçu pour l'Internet des objets. Un tel réseau permet de transmettre des petits messages sur de très



grandes distances et d'utiliser un capteur à bas coût. Pour moins de 40 euros pour 4 années d'utilisation, ce capteur de très petite taille est logé dans la corne du rhinocéros. Il ne gêne pas l'animal (lequel ne supporte pas les colliers) et consomme très peu d'énergie. Il a une durée de vie de 4 ans et envoie 3 fois par jour la position GPS de l'animal connecté. Le reste du temps, il est en veille, ce qui le rend impossible à intercepter par les braconniers. Cette expérience s'est révélée concluante. La mise en place de ce dispositif a permis d'améliorer l'identification des zones de vigilance, ainsi qu'une meilleure allocation des moyens dédiés à la protection sur le terrain. Eutelsat s'engage de son côté à accompagner ce déploiement des ressources satellitaires nécessaires.

À terme, la *Sigfox Foundation* souhaite améliorer le capteur et lui donner de nouvelles fonctions. Par exemple, l'utilisation d'accéléromètres donnera des informations sur le comportement des rhinocéros dans leur milieu naturel, ce qui améliorera dans le même temps la compréhension de l'espèce. D'autres voies d'amélioration sont à l'étude, comme des capteurs d'intrusion, de localisation et d'autres liés au comportement de l'animal. Cependant, la Fondation ne parle pas de ces évolutions futures «pour ne pas renseigner les braconniers et donc mieux protéger ces rhinocéros». Il est aussi envisagé d'adapter ces capteurs à d'autres espèces menacées, comme les éléphants.

La course technologique

Des ONG comme le *Fonds international pour la protection des animaux* (IFAW), l'*Institut Jane*

Goodall ou le *WWF* intègrent depuis des années d'innombrables outils dans leur stratégie de protection de la faune et de l'environnement, que ce soit pour lutter contre le braconnage, préserver les écosystèmes et la biodiversité ou limiter les conflits entre l'homme et les animaux sauvages. Caméras-pièges, capteurs acoustiques ou infrarouges, traqueurs, détecteurs de mouvements, drones... La panoplie d'objets connectés potentiellement utiles à la conservation est aussi vaste que les moyens de télécommunications disponibles: satellites, Wi-Fi, réseau privé LTE/4G, réseaux à bas débit *Sigfox* ou *LoRa* reliés à un cloud. Pour les gestionnaires de parcs, la difficulté est de concilier l'inventivité presque sans limite des développeurs avec les contraintes d'un terrain rustique, de moyens limités et de personnels souvent mal voire pas du tout formés. Et de résister ainsi à la tentation de se lancer dans une «course à l'armement» technologique alors que sur le continent africain, 80% des réserves sont sous-financées, et qu'au niveau mondial, à peine un quart d'entre elles sont considérées comme bien gérées. «Seules les technologies vraiment utiles, peu coûteuses, faciles d'utilisation et robustes peuvent représenter une solution efficace», souligne Geoffroy Mauvais, coordinateur du Programme pour les aires protégées d'Afrique & Conservation de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Sur un marché «de niche» comme celui de la conservation, «les solutions technologiques qui se développeront sont celles qui peuvent être utilisées ailleurs que dans les parcs», poursuit-il en plaidant pour la mise en place d'une forme d'autorité scientifique qui canaliserait efforts et moyens au bénéfice des solutions les plus efficaces. C'est le calcul qu'a fait *Sigfox*, dont les capteurs conçus pour

Le capteur GPS *Sigfox* est placé dans la corne du rhinocéros endormi. L'opération est impressionnante mais ne fait pas mal, la corne n'étant composée que de kératine, comme nos ongles.

les rhinocéros trouvent, sous des formes différentes, des applications dans de multiples domaines allant du suivi des bagages dans les aéroports à l'assistance aux chercheurs en Antarctique.

Associer les habitants à la préservation de leur propre environnement

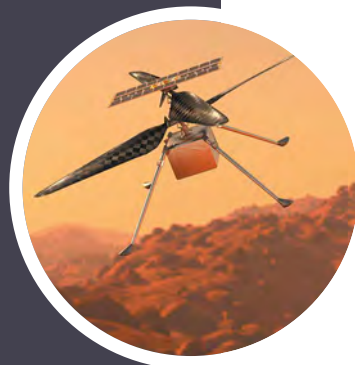
Sigfox a dans le même temps entamé une collaboration avec l'*Institut Jane Goodall*, qui fait figure de pionnier en matière d'utilisation des nouvelles technologies et de «*crowdsourcing*» dans le domaine de la conservation. Il ne s'agit pas cette fois d'équiper les chimpanzés chers à la primatologue britannique de capteurs, mais de participer, avec d'autres acteurs comme la *Nasa*, à un ambitieux programme de préservation des écosystèmes et de développement durable sur un vaste territoire de l'ouest de la Tanzanie. «*Il est essentiel d'associer les habitants à la préservation de leur propre environnement*, a rappelé Jane Goodall lors d'une visite à Paris en décembre 2018. *La technologie fournit des outils très précieux, mais elle ne peut pas faire le travail seule. La clé, c'est l'implication des communautés.*»

Ce constat, l'*IFAW* l'a aussi dressé au Kenya, où le projet *tenBoma* développé en collaboration avec le *Kenya Wildlife Service* (KWS) et les populations locales a permis, selon l'ONG, de réduire de 90% le braconnage des éléphants dans le parc de Tsavo en 5 ans. «*Nous avons élaboré un écosystème technologique sophistiqué mais qui reste très simple pour les utilisateurs en première ligne*, a souligné Faye Cuevas, vice-présidente d'*IFAW*, en présentant à Paris ce projet visant à renforcer la coordination et l'efficacité des services luttant contre la criminalité organisée. *L'analyse poussée des données nous permet d'identifier les "hotspots" du braconnage et de concentrer les moyens humains dans ces zones. Les signaux d'alerte remontant du terrain nous permettent d'intervenir avant que les braconniers ne passent à l'acte*», a expliqué à *Reuters* cette ancienne officier de l'armée américaine. Malgré un passé d'analyste de drone, Faye Cuevas a fait le choix de ne pas utiliser ces outils de surveillance fragiles et onéreux - les plus performants coûtent jusqu'à 250 000 euros - pour privilégier «*l'implication des communautés locales et des instruments d'alerte très simples*», comme un logiciel installé sur un smartphone. Un choix en partie dicté par le fait que les parcs kényans, comme beaucoup d'autres en Afrique, ne sont pas clôturés et que les animaux s'aventurent souvent à l'extérieur. Situation qui, comme c'est le cas avec les ours ou les loups en France, génère des conflits avec les villageois qui perdent bétail ou récoltes. A

MAIS ENCORE...

Pourquoi l'hélicoptère *Ingenuity* s'est crashé sur Mars

Un an après le crash sur Mars de l'hélicoptère *Ingenuity* - premier engin à réaliser un vol contrôlé et motorisé sur une autre planète que la Terre - les experts de la *NASA* ont reconstitué la suite d'événements qui ont probablement mis fin à cette incroyable mission. Trop peu d'informations sur la texture du sol et une vitesse horizontale trop rapide auront eu raison d'*Ingenuity*.



Chopper, le successeur d'*Ingenuity*

Équipé de 6 rotors et possédant l'envergure d'un SUV, *Chopper* serait 20 fois plus lourd qu'*Ingenuity*. Il pourrait embarquer 5 kg d'instruments scientifiques en parcourant de manière autonome jusqu'à 3 kms par jour. «*En une semaine, il pourrait couvrir la même distance que Perseverance (en près de 4 ans)*», a souligné l'ingénieur Theodore Tzanetos, chef de projet d'*Ingenuity*. *Ce qui changerait radicalement la donne en termes de découvertes et d'exploration.*»



Le sol lunaire, terrain fertile ?

Exolith Lab a mené une expérience destinée à comprendre la fertilité des sols extraterrestres. Les chercheurs américains derrière cette étude ont observé que le sol martien était moins propice que celui de la Lune en ce qui concerne la culture du maïs. La raison derrière le fait que Mars est un terrain moins propice à la pratique de l'agriculture spatiale réside dans sa composition. Bien qu'il contienne des taux élevés d'azote, élément vital pour le développement futur de la vie sur la planète, ses taux en oxygène sont bien trop bas pour que les plantes puissent se développer au mieux.





À LIRE



AGENDA

Le mag' scientifique

• EN WALLONIE ET À BRUXELLES (24-30/03)

Printemps des Sciences

Le rendez-vous incontournable des sciences et des technologies en Wallonie et à Bruxelles est de retour. Que vous soyez élèves, enseignant-es, curieux-ses ou passionné-es, embarquez pour une aventure scientifique autour d'un thème commun: Eau-Réka. Indispensable à la vie sur Terre, l'eau est un élément des plus essentiels sur notre planète qui en a tiré son surnom: la planète bleue. Quelle que soit sa forme et son état, l'eau façonne les paysages et conditionne les activités humaines. Le *Printemps des Sciences* est l'occasion unique de sensibiliser sur les défis environnementaux et sociétaux actuels et de célébrer les sciences et les technologies de manière éducative et ludique.

www.sciences.be/printemps-des-sciences

• À BRUXELLES (24-30/03)

Festival du Film Scientifique de Bruxelles

Dans le cadre du *Printemps des Sciences*, le campus du Solbosch accueillera la 14^{ème} édition du *Festival du Film Scientifique* de Bruxelles. Tous les soirs, des documentaires scientifiques récents et parfois exclusifs seront présentés gratuitement. Les diffusions sont régulièrement accompagnées d'interventions d'expert-e-s, afin de compléter les propos des documentaires et de répondre aux questions du public, tout en restant accessibles et compréhensibles à tous, quel que soit son bagage scientifique.

linktr.ee/ffsbxl

• À MONS (JUSQU'AU 30/03)

Exposition: Une vie de docteur

Cette nouvelle exposition urbaine du MUMONS s'affiche en plein air sur la place du Parc. À travers une série de photographies grand format, cette expo invite le public à découvrir l'envers du décor du doctorat. Loin des clichés, ces portraits mettent en lumière la diversité des parcours de chercheurs, qui, en parallèle de leur thèse, ont pu mener des vies bien remplies et engagées. Derrière le statut de docteur se cachent des trajectoires singulières: certains ont appris à jongler entre leur recherche et la parentalité, d'autres ont allié thèse et pratique sportive professionnelle. Si le doctorat reste un défi exigeant, l'exposition et son livre à télécharger, témoignent qu'il est possible de trouver un équilibre, malgré les obstacles.

mumons.be/activites/types/expositions

NOTRE-DAME DE PARIS: LA SCIENCE À L'ŒUVRE

Éditions Le Cherche Midi

Au lendemain de l'incendie de Notre-Dame du 15 avril 2019, la mobilisation succède instantanément à l'émotion. Une formidable aventure scientifique démarre alors. Son objectif: recueillir un maximum de données sur les centaines de tonnes de matériaux qui jonchent le sol. Une véritable auscultation du monument blessé est menée par 9 groupes composés de scientifiques issus d'une cinquantaine de laboratoires - historiens, archéologues, anthropologues, acousticiens, informaticiens et spécialistes des matériaux. Leur mission est double: réaliser un travail de recherche sur la mémoire de la cathédrale et accompagner le grand chantier de restauration mené par les architectes et compagnons sous la supervision du maître d'ouvrage.

ATHENA 370

Janvier-Février 2025

Tiré à 22 500 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 inscrire, 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

Snel Grafics • Z.I. des Hauts-Sarts,
Rue du Fond des Fourches 21, 4041 Herstal

ISSN 0772-4683 (P) • 2736-5875 (N)

COLLABORATEURS

Virginie Chantry, Jean-Michel Debry,
Henri Dupuis, Julie Fiard, Thibault
Grandjean, Philippe Lambert, Julie Luong,
Laetitia Mespouille, Jacqueline Remits,
Nathan Uyttendale, Geoffrey Van Hecke,
Milan Vander Wee-Léonard

DESSINATEURS

Als, Peter Elliott, Olivier Saive, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Jean-François HEUSE

Inspecteur général

ÉDITEUR RESPONSABLE

Lionel BONJEAN

Directeur général

COUVERTURE

Première

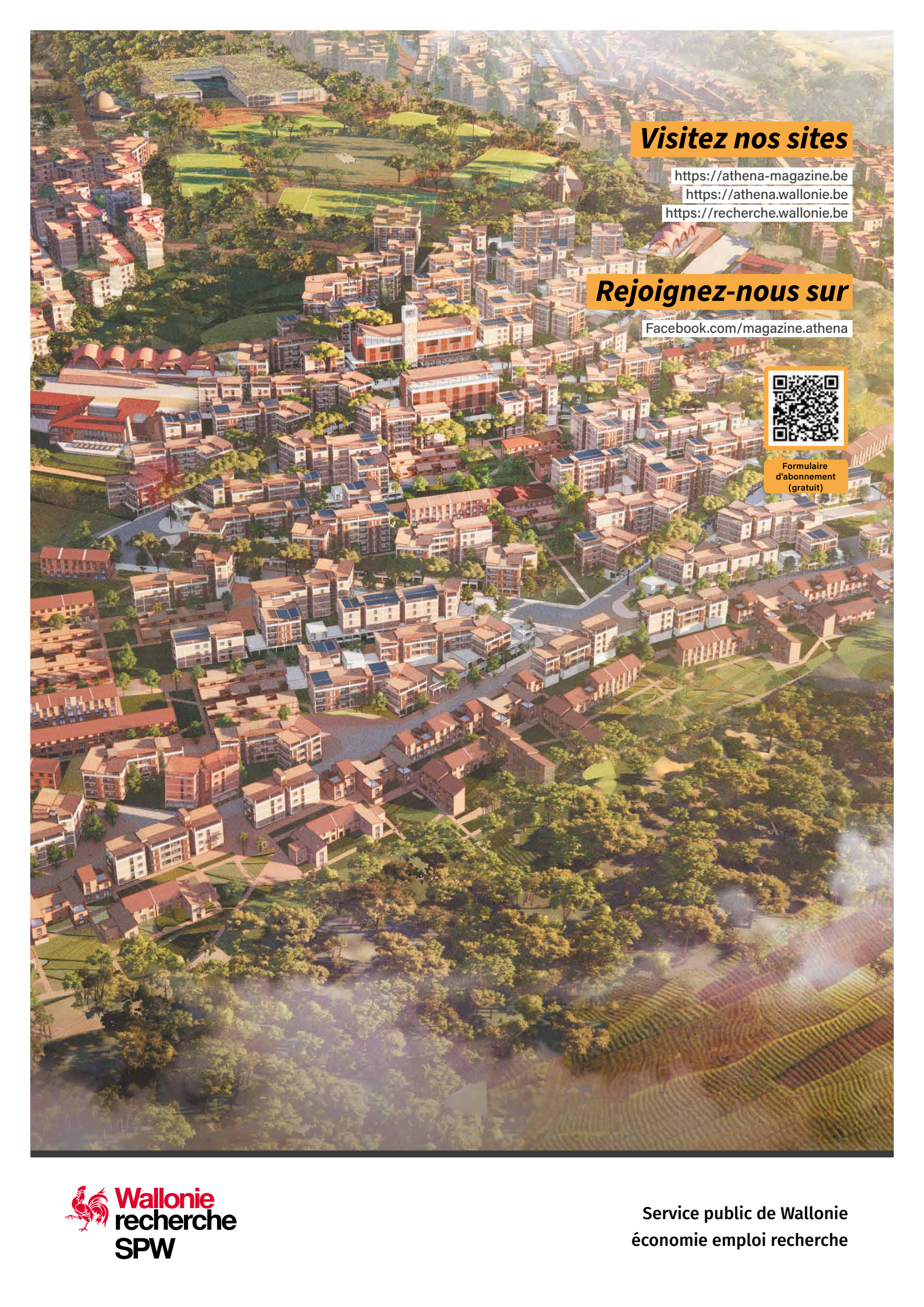
Crédit: © lanych - stock.adobe.com

Quatrième

Masterplan of Green City
Kigali • Crédit: green-citykigali.org/the-vision

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://facebook.com/magazine.athena)



Formulaire
d'abonnement
(gratuit)