

Société p.18

Euthanasie: où en est-on 20 ans après la loi ?

Mathématiques p.33

Fascinante suite de Fibonacci

EDIWALL





ÉDITO

Moi, accro ? Non ! Enfin, je crois...



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

Cinq heures par jour et presque 100 «déverrouillages» en moyenne. Des ouvertures de session environ toutes les 3 minutes. 255 milliards de téléchargements. Vous voyez de quoi je parle ? Voilà quelques chiffres liés à la pratique des utilisateurs du smartphone dans le monde ! On jette souvent la pierre à la génération Z, on houspille nos ados qui ne parviennent pas à regarder un film d'1h30 ou même manger un repas d'une 1/2 h sans au moins déverrouiller leur smartphone compulsivement un nombre incalculable de fois. Pourtant, aujourd'hui, toutes les tranches d'âges sont visées par ce phénomène de dépendance aux nouvelles technologies. Vérifiez votre compteur de temps d'écran, vous serez étonné ! Bye bye le cinéma, la télé, l'ordinateur domestique ou la tablette, le smartphone est devenu, en quelques années seulement, le roi incontesté des écrans. On peut dire que cet outil est désormais comme une extension de nous-même... Presque 70% de la population mondiale en possède un. Et 90% des connexions Internet se font par ce biais. Qu'y faisons-nous ? Tout ! Mais 80% du temps passé sur smartphone est consacré aux réseaux sociaux et applications de communication. Sans surprise, *TikTok* arrive en tête, suivi d'*Instagram*, *Whatsapp*, *CapCut* (édition vidéo) et *Snapchat*. Bref, c'est une avancée technologique majeure mais qui peut rapidement devenir une servitude tant les fonctionnalités sont nombreuses, variées, ludiques, utiles, incontournables... À tel point qu'un néologisme - la nomophobie - a dû être

inventé pour caractériser cette phobie pathologique de se retrouver sans son téléphone, que fleurissent aux 4 coins de la planète, des offres de stages de déconnexion, que les cliniques spécialisées dans les addictions ont dû créer des protocoles de soins spécifiques à la cyberdépendance. Outre les addictions aux substances (alcool, drogues, tabac, médicaments) et en dépit du fait qu'il n'y a pas encore de consensus sur le sujet, il existe bel et bien de nombreuses autres addictions: aux jeux, aux nouvelles technologies, au cybersexe, au shopping, au sport, au travail... qui comportent également des risques pour la santé mentale et physique dans des cas extrêmes. Peut-on pour autant parler de drogue ? Sont-elles considérées par les instances médicales comme des pathologies ? Quels sont les ressorts et mécanismes psychologiques de ces assuétudes que l'on qualifie de «comportementales» ? C'est à découvrir dans la rubrique «Santé» de ce numéro. Personnellement, je pense avoir vérifié plus de 5X si j'avais des notifications pendant que je rédigeais cet édito... peut-être plus ! Si vous êtes curieux de connaître le nombre de fois que vous checkez votre téléphone, il existe l'appli (et oui...) *Checky*. Attention, vous risquez d'être surpris ! Bonnes lectures...

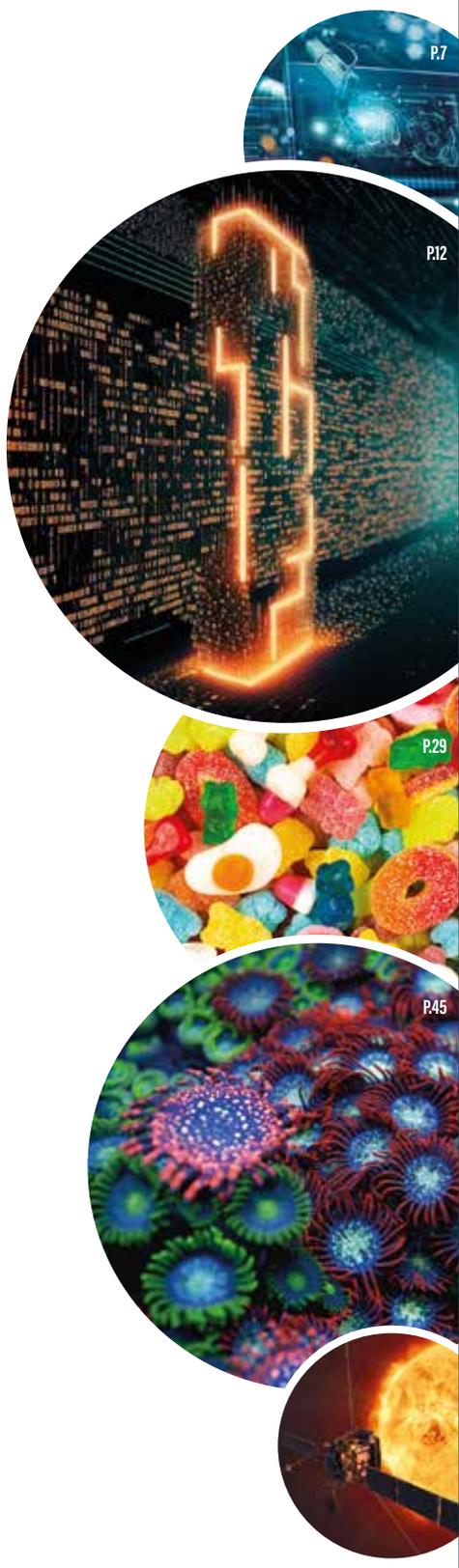


SOMMAIRE

Le mag scientifique

360

Janvier-Février 2023



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

- 10 **Wall'Innove Tour** • Equestrian Technology

- 12 **Technologie** • Des données très humaines

- 16 **L'ADN de...** • Raphaël HELAERS, Bioinformaticien

- 18 **Société** • Euthanasie: où en est-on 20 ans après la loi ?

- 22 **Dossier** • Un rejet appelé ostracisme

- 28 **Colombe** • Aussi barje que *Barje*, elle nous partage son regard acéré sur l'actu scientifique

- 29 **CurioKids** • La science des bonbons

- 33 **Mathématiques** • Fascinante suite de Fibonacci

- 35 **Santé** • Le second visage des assuétudes

- 39 **Qui est-ce ?** • Marthe GAUTIER

- 41 **Internet** • La vidéo: star de la communication numérique

- 45 **Chimie** • La palytoxine: le summum de la synthèse organique

- 47 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie

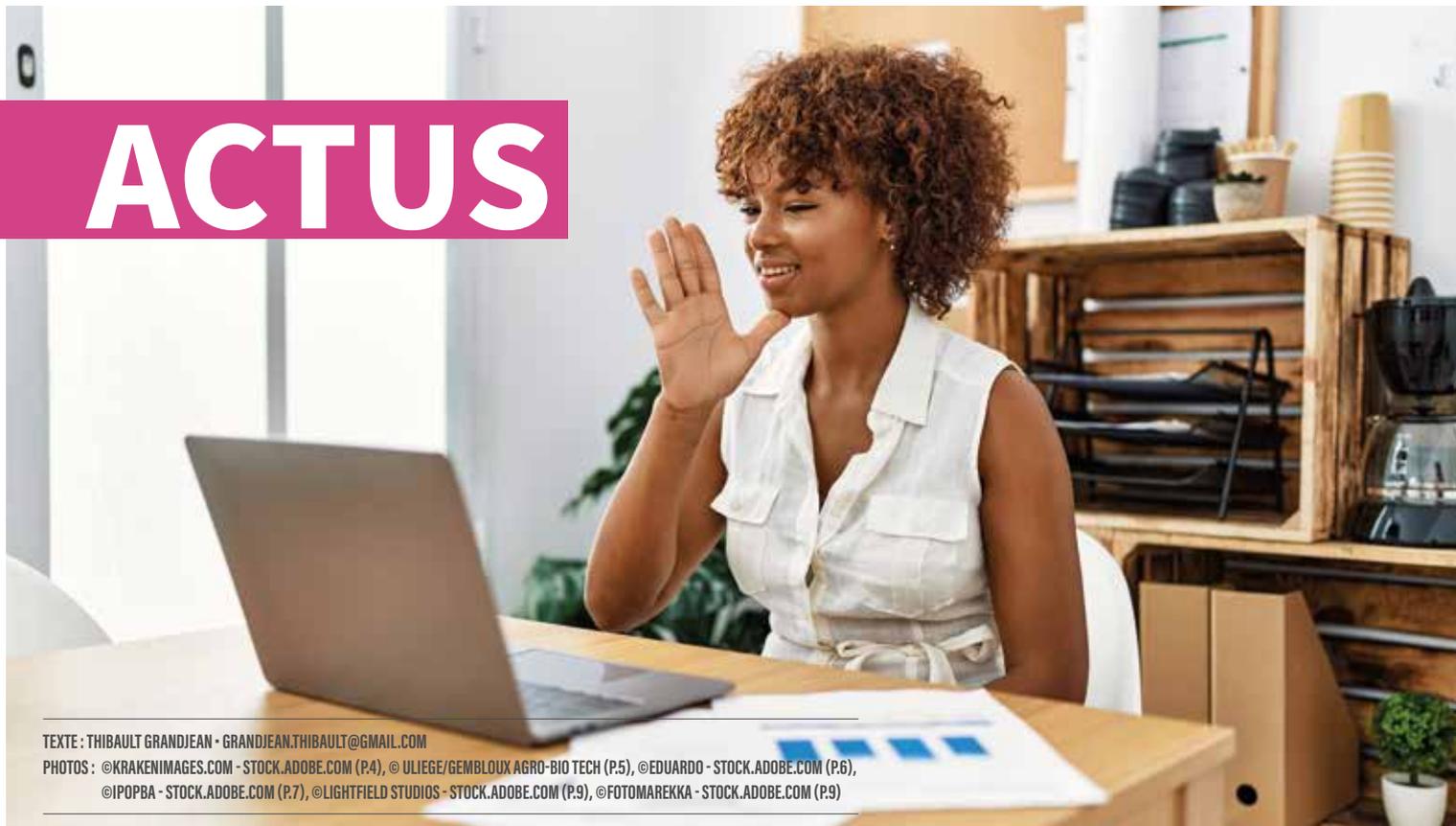
- 51 **Physique** • La fin des neutrinos stériles ?

- 53 **Espace** • Quoi de neuf dans l'espace ?

- 54 **Astronomie** • Petite balade tête dans les étoiles

- 56 **Espace** • 2023 pour percer les mystères du Soleil

- 59 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...



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

PHOTOS : ©KRAKENIMAGES.COM - STOCK.ADOBE.COM (P.4), © ULIEGE/GEMBOLOUX AGRO-BIO TECH (P.5), ©EDUARDO - STOCK.ADOBE.COM (P.6), ©IPOPBA - STOCK.ADOBE.COM (P.7), ©LIGHTFIELD STUDIOS - STOCK.ADOBE.COM (P.9), ©FOTOMAREKKA - STOCK.ADOBE.COM (P.9)

Un vrai dictionnaire bilingue Français-Langue des signes

«**U**n premier pas concret vers une société digitale plus inclusive.». C'est en ces termes que les professeurs Anthony Cleve et Laurence Meurant de l'UNamur présentent le nouveau dictionnaire bilingue français - langue des signes de Belgique Francophone (LSFB). Fruit d'une collaboration pluridisciplinaire entre les informaticiens et les linguistes de leurs 2 instituts, le NaDI et le NaLTT, et financé par le Fonds Baillet-Latour, ce dictionnaire est une première mondiale, et ce à plus d'un titre.

En tapant un mot dans la barre de recherche, le dictionnaire fournit non seulement une vidéo du ou des signes correspondants, mais également plusieurs exemples de phrases le remplaçant dans un contexte. Mais il y a mieux: la plateforme est équipée d'un logiciel de reconnaissance faciale qui permet de signer devant la caméra de son ordinateur pour en obtenir la traduction en quelques secondes. Pour réaliser cette prouesse, les informaticiens se sont appuyés sur un gigantesque corpus de conversations en langue des signes, patiemment filmées, annotées et analysées depuis 20 ans par la Pr Meurant et son équipe au sein du LSFB-Lab. Pour chaque vidéo, les chercheurs ont extrait une sorte de squelette simplifié et articulé, reprenant la posture, les bras, les mains et l'expression du visage de l'interlocuteur afin d'entraîner une intelligence artificielle (IA) à la reconnaissance des signes.

Ce dictionnaire n'aurait, en effet, pas pu voir le jour sans le développement important, depuis plusieurs années, de ces nouvelles IA dans lesquelles l'UNamur possède une grande expertise. Reste que les données nécessaires à son élaboration représentaient tout de même un certain challenge pour les informaticiens. «Le défi technique était triple, résume Jérôme Fink, doctorant en informatique ayant participé au projet. D'une part le format des données, car même avec du matériel

moderne, les vidéos restent très lourdes à traiter. Leur nature ensuite, car il s'agissait d'analyser des vidéos de conversations car, contrairement à des signes pris isolément, les mots sont liés entre eux et les coupures moins nettes. Enfin, leur variabilité, puisque ces vidéos regroupent plus de 100 signeurs, avec chacun son accent, ce qui augmente la difficulté de traitement.»

Au total, 4 ans ont été nécessaires pour réaliser ce dictionnaire accessible à tous, qui comprend plus de 88 h de vidéos, dont 36 sont annotées, ce qui représente près de 4 600 signes et 18 872 phrases. Il sera non seulement utile aux 4 000 locuteurs de la LSFB, mais également à tous les interprètes et surtout aux professeurs qui travaillent avec des enfants sourds. Plutôt que de faire appel à leur enseignant pour la traduction d'un mot, les étudiants peuvent désormais faire des recherches en autonomie sur Internet afin de s'approprier les mots plus efficacement. Car il s'agit d'une des grandes forces de ce dictionnaire: en proposant à la fois plusieurs définitions et contextes, il permet à l'étudiant de mieux saisir les nuances en choisissant le terme qui lui convient le mieux.

«Ce projet est un support très important pour le développement de la linguistique, et il permet de donner un grand coup d'accélérateur à l'étude de la langue des signes et au développement d'outils d'assistance automatique à la traduction», estime Laurence Meurant. À l'avenir, les chercheurs projettent de continuer à améliorer le système de détection des signes de l'utilisateur et de continuer à enrichir le corpus. Un développement à l'international est même prévu, avec des tests en cours sur le couple néerlandais - langue des signes des Pays-Bas, grâce à une collaboration avec le Pr Onno Crasborn de l'Université Radboud de Nimègue.

<https://dico.corpus-lsfb.be/>

SERR'URE, la serre urbaine basse énergie

Le 20 décembre dernier, le Centre de Recherches en Agriculture urbaine (C-RAU) de Gembloux Agro-Biotech inaugurerait le projet SERR'URE, une serre urbaine basse énergie implantée sur le toit du bâtiment du Centre de recherche TERRA. En plus d'abriter une série d'expérimentations sur l'agriculture urbaine, comme l'aquaponie et l'hydroponie, elle doit permettre de démontrer sa valeur ajoutée au sein de l'environnement urbain. En effet, cette serre de toit de 198 m² de nouvelle génération est capable de récupérer activement la chaleur produite et non consommée par le bâtiment (qui peut perdre jusqu'à 30% de son énergie par le toit), tout en produisant de l'électricité, grâce à des panneaux photovoltaïques ne perturbant pas la croissance des plantes. Enfin, en produisant fruits et légumes localement, elle contribue à diminuer les émissions de CO₂.



Après les fermes urbaines de Saint-Denis en région parisienne et *Fresh*, installée sur le toit d'un restaurant à Bettembourg au Luxembourg, SERR'URE est la troisième des 4 installations pilotes du projet Interreg GROOF (*Greenhouse to Reduce CO₂ on RooFs*). Pour l'instant, SERR'URE se «situe sur le podium, à la 2^e place des serres moins polluantes sur une échelle de 4. Et ce, sans être encore couplée aux énergies perdues de TERRA», explique le Pr Haïssam Jijakli, coordinateur du C-RAU. Qui projette également d'atteindre la première place en rendant la serre neutre en émission de gaz à effet de serre une fois l'installation finalisée.

GROOF, doté d'un budget de 5,9 millions d'euros, ambitionne de réduire les émissions de gaz à effet de serre en rendant la conception de serres de toits accessible à tous. En étudiant toutes les facettes de ce type d'architecture, il permettra d'établir un guide des bonnes pratiques à adopter lorsqu'on souhaite mettre en œuvre un projet similaire en Europe, tant dans l'aspect administratif (règles d'urbanisme, etc.) que technique (énergie, norme de construction, etc.). La dernière des serres sera installée sur le toit d'une ancienne maternité à Bürstadt, en Allemagne, afin notamment de démontrer la faisabilité de l'horticulture en milieu urbain. La fin du projet est prévue en 2023. 

 <https://www.gembloux.ulg.ac.be/agriculture-urbaine/>

AXA finance la chasse au plastique à l'UMons

 <https://web.umons.ac.be/materiaux/fr/>

Le Fonds Axa pour la recherche a choisi de soutenir les travaux du Pr Olivier Coulembier, Maître de recherche FNRS à l'UMons. La subvention d'1 million d'euros, répartie sur 5 ans, financera son projet «recyclage des déchets plastiques par valorisation du CO₂» centré sur ces 2 déchets emblématiques de notre époque, afin de créer de nouveaux matériaux fonctionnels aux propriétés supérieures.

C'est un euphémisme de dire que nous avons un problème de plastique. Selon l'OCDE, la montagne mondiale d'ordures culmine à 353 millions de tonnes en 2019, dont 22 millions sont rejetés dans l'environnement. Leur recyclage, largement présenté comme la solution à tous les maux, ne représente en Europe qu'un tiers des déchets produits. Pis, d'après le Pr Coulembier, «le recyclage mécanique conduit indubitablement à la production de matériaux aux propriétés inférieures à celles des matériaux initiaux, limitant fortement toute incitation économique.»

Le chercheur propose donc non pas de les recycler, mais de les valoriser. Il a ainsi choisi de se concentrer sur les polyoléfènes, la classe la plus courante qui comprend notamment le polyéthylène et le polypropylène. En les associant au dioxyde de carbone, le chercheur ambitionne de produire de nouveaux polymères exploitables à grande échelle par l'industrie.

Le projet s'appuiera sur 2 pôles complémentaires. Le premier, en recherche fondamentale, se focalisera sur la synthèse de nouveaux catalyseurs organiques capables d'optimiser les réactions chimiques nécessaires, capables de transformer les plastiques en nouveaux matériaux. L'autre partie du projet se concentrera quant à elle sur des molécules sélectionnées pour leur capacité à séquestrer et réutiliser le dioxyde de carbone. Ces 2 pôles seront alors intégrés à la conception d'une installation industrielle réaliste, afin de prouver la viabilité de la démarche et ainsi faire la démonstration d'un réel impact social. 

La diffusion scientifique à l'honneur à l'ULB

Pour la seconde année consécutive, l'ULB a distingué les chercheur.euse.s qui se sont illustré.es grâce à leurs outils de vulgarisation scientifique: 17 femmes et 7 hommes figurent ainsi au palmarès.

La catégorie «Édition digitale ou papier» a ainsi vu récompensés 2 ouvrages. Le premier est la bande dessinée *De Salamanque à Guantanamo: une histoire du droit international*, parue chez Futuropolis, et écrite par Olivier Corten et Pierre Klein. Illustrée par Gérard Bedoret, elle donne vie au droit international en le replaçant au cœur de notre histoire. Le second est un livre intitulé *Patrimoine Mondial en péril* (Éditions *Passé Composé*), sous la plume de Peter Eeckhout. Ce spécialiste de l'Amérique précolombienne entraîne le lecteur d'Ankgor Wat à Palmyre en passant par Carthage pour l'avertir des dangers qui menacent nos sites historiques: pillage et destructions, mais aussi pression urbaine, tourisme de masse et pollution...

Dans la catégorie «Multimédia», pas moins de 4 projets aux formes diverses ont été récompensés. Ainsi, Caroline Close a été distinguée pour les podcasts *Contes revisités* qui reprennent les contes traditionnels en déconstruisant les stéréotypes sexistes. Blanche-Neige devient ainsi la patronne d'une compagnie minière, quand la méchante reine lutte contre l'injonction faite aux femmes de rester éternellement jeune... Chiara Giordano, elle, a été choisie pour son documentaire *Auprès d'elle*, qui suit 3 femmes migrantes irrégulières dans leur travail au quotidien: le secteur du soin aux personnes âgées à Bruxelles. Un film intime, qui montre les enjeux sociaux et politiques autour de l'invisibilité de ces 2 populations. Ont également été primés 2 podcasts réalisés par Marie Fierens et Ornella Rovetta. *Juger un génocide, la justice en héritage* retrace les heures des procès instruits au Tribunal Pénal International pour le Rwanda, où pour la première fois des individus ont été condamnés pour génocide. *Radio Phénix: les journalistes burundais face à la crise* traite, lui, des journalistes burundais qui, contraints à l'exil, réinventent leur manière de travailler. Enfin, cette catégorie a également récompensé le collectif de jeunes pédiatres derrière la plateforme interactive *Covid for Kids*. Sous un format qui n'est pas sans rappeler *C'est pas sorcier* et *Les P'tits Bateaux*, les médecins décryptent, pour les enfants, tout ce qu'il faut savoir sur ce satané virus.

Place à la catégorie «Sur scène» ! Chloé Deligne, Ananda Kohlbrenner et Sophie Richelle sont ainsi récompensées pour l'exposition *Oh ! Ça ne coule pas de source*, qui s'est intéressée à tout ce qu'on ne voit pas en ouvrant le robinet: des découvertes scientifiques nécessaires à l'eau courante, aux différents spécialistes qui s'en occupent, sans oublier le réchauffement climatique. Karine Van Doninckx a elle été primée pour l'exposition art-sciences *Manned flight - rotifers in action*. En 2013, la chercheuse a montré que ces minuscules créatures (voir photo) évoluent et se reproduisent depuis des millions d'années... Sans mâles ! Voilà qui valait bien une exposition ! Toujours dans le domaine du vivant, Jean-Christophe de Biseau a été choisi pour *Evolution*, l'exposition qui embarque les spectateurs à bord du *Beagle* de Charles Darwin pour décrypter les mécanismes de l'évolution. Enfin, cette catégorie a également retenu la pièce de théâtre *La Pizza Économie* de Marek Hudon. Ce spectacle à destination des plus jeunes a pour but de les sensibiliser à une économie responsable.

L'ULB a également distingué Aude Merlin et Coline Maestracci dans la catégorie «Expert.es presse», pour leurs interventions dans les médias à propos de la guerre en Ukraine. Le Prix spécial du jury a été remis à Pasquale Nardone, pour son engagement continu en diffusion scientifique via ses chroniques matinales sur la RTBF, tandis que le prix spécial doctorant.e a été décerné à Sarah Waulthy pour sa chaîne *Youtube Journal d'une mission en Antarctique*, où elle décrit son quotidien lors de son séjour sur le 6^e continent.



Du Plutonium made in Belgium

Peut-être vous souvenez-vous de cette scène dans *Seul sur Mars* où Matt Damon, qui incarne l'astronaute coincé sur la Planète Rouge, cherche une source de chaleur pour son Rover ? Il trouve la solution en déterrant un Générateur Thermoélectrique à Radionucléide (GTR), enfoui par la précédente mission d'exploration. Eh bien, ces générateurs sont tout sauf de la science-fiction ! Ils sont utilisés pour la production d'électricité au cours de missions spatiales au-delà de l'orbite terrestre basse, où les panneaux solaires deviennent inefficaces. Ils ont par exemple équipé des sondes *Pioneer*, *Voyager* ou encore *Cassini*.

Le générateur est basé sur le Plutonium 238 (^{238}Pu), un isotope radioactif qui, en se désintégrant, produit de la chaleur, entraînant à son tour un générateur électrique. Le plutonium présente l'avantage d'être dense et d'avoir une demi-vie de 87,7 ans, ce qui porte sa puissance initiale à près de 400 Watts par kilogramme de matière. Et surtout, il émet exclusivement des rayonnements alpha, qui peuvent être facilement convertis en électricité (et n'ayant qu'une très faible portée, ils ne risquent pas d'abîmer votre ADN).

Mais pourquoi cet intérêt soudain pour une technologie vieille de plus de 50 ans ? La réponse se trouve du côté du nouveau projet PULSAR, un consortium financé en partie par la Commission européenne et mené par *Tractebel*, une entreprise bruxelloise du groupe *Engie* spécialisée dans l'ingénierie nucléaire, qui cherche à développer de nouveaux GTR plus efficaces. En effet, le poids est une donnée importante à prendre en compte lorsqu'on lance une fusée, et ces générateurs nécessitent une masse conséquente de radioélément pour fonctionner. PULSAR vise ainsi à augmenter l'efficacité de ces dispositifs, afin de diminuer d'autant le plutonium nécessaire.

Mais une autre raison pousse l'Europe à investir à nouveau dans cette technologie. Depuis quelques années, il n'a en effet échappé à personne qu'une nouvelle course à l'espace est engagée entre les différentes puissances du globe, avec la Lune

et Mars comme objectifs. Les GTR seraient donc une façon commode de fournir de l'électricité à une éventuelle future base lunaire, où les nuits durent jusqu'à 2 semaines. Or, aucun pays de l'Union européenne ne produit de Plutonium 238, et l'essentiel du stock mondial provient de Russie. Une dépendance dont l'UE cherche à s'affranchir dans le contexte actuel.

Une des phases du projet consiste donc à estimer la faisabilité de la production de cet élément dans les frontières de l'UE. Pour cela, le *Belgian Reactor 2* (BR2) du Centre de Recherche Nucléaire belge SCK CEN était tout indiqué. Ce réacteur produit déjà des radio-isotopes utilisés en médecine nucléaire, comme le molybdène 99. Pour obtenir du ^{238}Pu , le réacteur irradie du Neptunium 237, issu du traitement de combustible nucléaire usé, avec un faisceau de neutrons. Une tâche loin d'être aisée: après en avoir stoppé la production pendant 27 ans, les États-Unis ont annoncé en janvier 2019 réussir à produire annuellement 400 g de ^{238}Pu , et visent une moyenne de 1,5 kg par an à l'horizon 2025.

Outre la Commission Européenne, ce projet est aussi financé par L'Agence Spatiale Européenne (ESA). Le Commissariat à l'Énergie Atomique français, *ArianeGroup* et *Airbus Defence and Space*, notamment, se sont également joints au projet, tout comme l'Université de Bourgogne Franche-Comté et la société de conseil spécialiste des projets collaboratifs de R&D technologique européens ARTTIC. Débutées en septembre dernier, les recherches se poursuivront jusqu'en août 2024. 

 <https://www.sckcen.be>



Assemblage de la sonde *New Horizons* en 2005 intégrant ici un modèle grandeur nature du GTR, remplacé ensuite par le vrai générateur peu avant son lancement.

«Elles bougent» recrute en Belgique

C'est une statistique tenace... Malgré de nombreuses politiques incitant les filles et les jeunes femmes à se diriger vers des métiers scientifiques et technologiques, ces filières sont encore largement dominées par les garçons. Une enquête de 2019 menée par 2 chercheurs de l'UCLouvain auprès de jeunes de 12 à 25 ans montre d'ailleurs que le genre est le facteur le plus décisif pour le choix d'orientation vers les métiers techniques.

Face à ces inégalités, l'association *Elles bougent* (EB), créée en France en 2005, s'est donnée pour objectif de sensibiliser les filles dès le plus jeune âge (dès la 4^e primaire), afin de les attirer vers les filières et carrières scientifiques. En leur faisant rencontrer chercheuses et ingénieures de tous les horizons, l'association souhaite ainsi susciter des vocations en permettant aux adolescentes de s'identifier à des femmes de science, et ainsi prouver que ces métiers ne sont pas que des «trucs de garçons».

Aujourd'hui, l'association, qui compte plus de 5 000 marraines dans toute la France, cherche à étendre ses activités en Belgique. Elle recrute activement des femmes ingénieures,



techniciennes ou ayant une formation scientifique et qui souhaitent partager la passion de leur métier. Ces nouvelles marraines seront amenées à aller à la rencontre de jeunes filles, dans les écoles ou les salons d'étudiants. Porté par Maryse Colson, Culture Manager chez *Eura Nova*, société active dans l'intelligence artificielle, l'architecture informatique, le big data et le développement de logiciels, le réseau belge comprend déjà 25 marraines et 11 entreprises relais dans notre pays. 

 <https://www.ellesbougent.com/regions/belgique/>

LE CHIFFRE

12

C'est le nombre d'endroits où des moustiques tigres ont été formellement identifiés en Belgique en 2022. Bien plus élevé que prévu, ce chiffre confirme la lente implantation du parasite dans notre pays. Cette année, la surveillance du moustique s'est effectuée en partie grâce aux citoyens, qui ont pu envoyer leurs photos à la plateforme participative mise en place par *Sciensano* et l'*Institut de Médecine Tropicale* d'Anvers au printemps 2022. Sur les 300 clichés envoyés, 9 ont permis d'identifier formellement *Aedes albopictus*. Cette science collective est venue renforcer le dispositif de surveillance active des points d'entrée du moustique, principalement des parkings, et qui a fourni 3 identifications supplémentaires. Ces observations confirment que le parasite rentre en Belgique via des voitures et des camions à partir de pays dans lesquels il est déjà bien établi. Le moustique tigre est particulièrement agressif, même la journée. Il est notamment vecteur de plusieurs maladies, telles que la dengue, le chikungunya et le virus zika, ainsi que divers arbovirus. Originaire de l'Asie du Sud-Est, cette espèce généraliste est en expansion mondiale depuis les années 1970. Il est désormais bien implanté dans le pourtour méditerranéen depuis les années 2000, et continue de s'étendre vers le nord, notamment via le transport de marchandises. En 2023, *Sciensano* poursuit sa campagne de surveillance citoyenne afin de sensibiliser la population à ce phénomène grandissant. L'institut invite tout le monde à repérer ces moustiques et à déposer ses photos sur la plateforme participative (voir ci-dessous) dès le début de la saison des moustiques à partir de mi-avril. 



 <https://surveillancemoustiques.be/>



WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur Equestrian Technology

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.I.O)

EQUESTRIAN

CARTE D'IDENTITÉ

CRÉATION: 2020

SIÈGE SOCIAL:
13, Avenue des Moissons,
1360 Perwez

**SECTEUR
D'ACTIVITÉS:**
Solutions automatisées
pour installations équestres

**MEMBRES
DE L'ÉQUIPE:**
4

CONTACT:
0476 30 10 29

info@equestrian.technology
 www.equestrian.technology

Il était une fois...

Equestrian Technology, une toute jeune société fondée en 2020 à Perwez par Loïc Massart et Alexandre Vandermeulen. Tous deux cavaliers depuis leur plus jeune âge, ils connaissent le milieu de l'équitation comme leur poche. «*Je me suis rendu compte que dans les centres équestres, il existait encore un retard technologique, commence Loïc Massart. Or, si certaines tâches à peu de valeur ajoutée pour le personnel étaient automatisées, cela permettrait à ces personnes d'être dédiées à des tâches plus gratifiantes pour elles et plus intéressantes pour les chevaux.*» En 2017, au sortir de ses études d'ingénieur, le jeune homme de 23 ans souhaite développer cette idée. Mais par où commencer ? «*J'en ai parlé autour de moi et à ce moment, j'ai revu Alexandre que je connaissais déjà.*» Après des études de vente et marketing à l'EPHEC, lui aussi avait l'envie chevillée au corps de participer

à un projet innovant, de créer une start-up. «*J'avais besoin de quelqu'un pour s'associer avec moi dans mon projet, poursuit Loïc. Mon idée étant d'automatiser les tâches pénibles dans les écuries, la première à laquelle j'ai pensé était le nivelage des pistes par un robot herseur en lieu et place d'un tracteur pourvu d'une herse.*» En 2018, il commence à bricoler dans son coin à partir de pièces de récupération dénichées à gauche et à droite. Il discute également avec pas mal de personnes susceptibles de l'aider ou de l'orienter. «*C'est en rencontrant certaines personnes qui m'ont conseillé, inspiré, que j'ai pu grandir et trouver les bons partenaires*», confie-t-il. Le bon partenaire pour mettre au point son robot, il le trouve 2 ans plus tard avec Quimesis, une société de robotique à Wavre qui développe notamment des robots tondeuses, des ramasseurs de balles de golf et autres engins automatisés. «*On s'est dit qu'on pourrait travailler ensemble, eux en tant que sous-traitants. Et c'est le cas. Le software, la programmation, c'est l'affaire de Quimesis.*» En début de projet, avant la création de la société, les 2 starters sont incubés par WSL, le support des techno-entrepreneurs en Wallonie. «*Une belle marque de crédibilité pour nous et qui a constitué un véritable levier pour nous permettre de trouver des fonds auprès d'investisseurs.*»

Fin 2020, une fois les actionnaires trouvés, Loïc Massart et Alexandre Vandermeulen créent la société Equestrian Technology. «*Le premier*

actionnaire qui a accepté de prendre le risque de nous suivre est un dirigeant d'entreprise, Grégory Mouton. En 2022, Didrik Lasanow a aussi rejoint l'équipe en tant qu'expert financier. Également cavalier de haut niveau, il apporte son expertise financière et sa connaissance du marché équestre, autant d'atouts pour notre société.» Ensemble, ils fusionnent leur passion commune pour le monde équestre et leurs expertises professionnelles respectives pour apporter leur contribution à la digitalisation et à l'automatisation du milieu de l'équitation.

...l'envie d'innover

Dans les écuries haut de gamme, pour les sports équestres de haut niveau, les pistes intérieures et extérieures doivent être quotidiennement hersées, c'est-à-dire damées, nivelées. Actuellement, cette tâche ingrate, mais nécessaire, s'effectue toujours à l'aide d'un tracteur à combustion auquel est attachée une herse à l'arrière. «Cela prend en moyenne une demi-heure par piste, précise Loïc. "Si on pouvait imiter ce que font les robots tondeuses par rapport aux tondeuses classiques, ce serait super", m'étais-je dit.»

Le robot herseur (1,8 m de long sur 1,4 m de large, 300 kg) est une machine 100% autonome qui nivèle la piste en dehors des heures d'entraînements. «Les chevaux s'entraînant tout au long de la journée, l'activité de nivelage s'effectue tôt le matin ou tard le soir. C'est un énorme avantage. Outre l'aspect pratique du gain de temps, il faut ajouter l'aspect qualitatif. La machine est moins lourde qu'un tracteur, avec une technologie plus avancée en matière de traitement du sol. Le terrain où les chevaux travaillent tous les jours sera mieux traité et le résultat meilleur que celui réalisé à l'aide d'un tracteur et qui demande en plus de la main d'œuvre.» Cette herse autonome convient tant pour les pistes intérieures qu'extérieures. «Elle a été conçue pour fonctionner dans le sable assez spécifique des écuries de haut niveau.» Ces automatisations offrent aux centres équestres des avantages économiques et écologiques. «Cette machine va effectuer un meilleur travail, plus propre et plus écologique que les méthodes habituelles, et sans intervention humaine. Notre machine émet 55 fois moins de CO₂ qu'un tracteur. Une solution unique et brevetée pour laquelle, cerise sur le robot, la majorité de nos fournisseurs sont belges et wallons.»

Ce projet de herse autonome en développement expérimental a pu se concrétiser grâce à une avance récupérable de 50% du budget total octroyée par la Région wallonne, une aide qui s'est terminée fin 2022. «Cela nous a évité de nous disperser dans la société, souligne Loïc Massart.

Si nous avions dû trouver 100% du montant de l'investissement, nous aurions beaucoup moins de parts aujourd'hui et personne n'aurait osé nous prêter de l'argent. Une banque n'aurait pas pris le risque, et nous non plus. C'est un moyen avec risque réduit. Ce financement nous a permis de pouvoir développer notre produit, de faire levier pour trouver d'autres aides et de nous constituer un réseau d'actionnaires. Que la Région wallonne ait validé notre projet et octroyé cette aide, c'est une marque de crédibilité pour nous. Cela veut dire que le produit est bon, qu'il y a du potentiel.»

Au cours du premier trimestre 2023, l'entreprise va passer en phase de production et de commercialisation de son robot. «Les premières machines, fabriquées chez Quimesis, vont être livrées en 2023, en effet. Elles seront commercialisées en Belgique d'abord.» Equestrian Technology est affiliée à Equisfair, la filière équine wallonne. Il faut savoir que le marché équestre en Wallonie représente un chiffre d'affaires d'1 milliard d'euros. Un marché toujours plus évolutif en Wallonie avec, notamment, les installations spécifiques pour chevaux de l'aéroport de Liège. «Il y a un engouement de plus en plus grand pour le marché équestre en Belgique.» ⁴



QUI EST LOÏC MASSART, COFONDATEUR ET CEO ?

«Mes parents aiment dire que je montais à cheval avant de savoir marcher !, sourit

Loïc Massart. Ils pratiquaient tous deux l'équitation, mon père à un haut niveau.» Cavalier depuis sa plus tendre enfance donc, Loïc a fait partie de l'équipe belge junior d'obstacles. Il a été 2^e de la Coupe de Belgique junior (entre 14 et 18 ans). Il a participé à 2 Coupes des Nations avec l'équipe belge. À 18 ans, il entreprend des études d'ingénieur industriel en électromécanique à la KUL. Au cours de ses études, il apprend la technologie. «Quand je suis sorti de mes études, mon rêve était d'avoir mes chevaux, de participer à des concours, de travailler dans le monde équestre et de tenir un stand en parallèle pour vendre mon produit. Bref, d'allier ma passion des chevaux et mon travail.» Si aujourd'hui, à 28 ans, Loïc monte des chevaux de propriétaires, il n'est pas cavalier professionnel. «Tout simplement parce que je n'ai pas le temps, et que ce n'est pas mon métier.» Il continue cependant à participer à des compétitions les week-ends, principalement en Belgique et de temps en temps à l'étranger.



Des données très humaines

Qu'est donc la science, si ce n'est la volonté de documenter un phénomène au point de l'appréhender dans toute sa complexité ? Depuis un peu plus de 10 ans, les Big Data ont parfois pu donner l'illusion qu'un tel idéal était à portée d'algorithme. Mesurons et numérisons le monde, et laissons la machine faire le reste. Une utopie qui oublie un peu vite le rôle indispensable de l'humain à chaque étape du processus

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

PHOTOS : © MONICA - STOCK.ADOBE.COM (P.12), © ADIN - STOCK.ADOBE.COM (P.13), © DIVA.BE (P.14), © KARUNYAPAS - STOCK.ADOBE.COM (P.15)

« **R**egardez-moi cette petite merveille ! Douze Megaoctets de mémoire vive, un disque dur de 500 mégaoctets, tableur intégré et un modem qui transmet à plus de 28 000 bits par seconde ! » Nous sommes en 1995 lorsque Chandler Bing, personnage de la série *Friends*, présente ainsi son nouvel ordinateur portable, une machine plus épaisse qu'une boîte à pizza. On pourrait être tenté de se moquer, si cette situation n'était pas emblématique de la vitesse

folle à laquelle nos moyens numériques se sont développés. Depuis *Friends*, la mémoire de travail dont disposent nos smartphones a été multipliée par plus de mille alors qu'on ne pourrait même pas stocker un épisode de *The Crown* sur l'ordinateur de Chandler - sans parler de réussir à le visionner.

Ce que l'on nomme les Big Data, littéralement les « grosses données », se trouve à la confluence d'au moins 2 accélérations : celle de la puissance de calcul des ordinateurs, et celle des dispositifs de stockage. Quelque part au cours des 15 dernières années, il est devenu possible à la fois d'emmagasiner quantité et quantité de données, et de les traiter via des algorithmes pour en tirer des informations pertinentes. C'est le cas bien sûr des réseaux sociaux, de la finance mondiale, des transports en commun, mais également de la recherche scientifique.

Gattaca dépassé

Dans le laboratoire de bioinformatique de l'ULB-VUB, IB², les Big Data ont pris le nom d'omique, néologisme qui regroupe l'ensemble des groupes de molécules étudiées. « *La génomique correspond à l'étude de l'ensemble du génome d'un organisme*, résume le Pr Matthieu Defrance, bioinformaticien et directeur d'IB². *Mais nous nous sommes rendu compte que séquencer le génome n'apportait que peu d'informations sur les processus en cours au sein d'une cellule, et c'est pourquoi nous le croisons désormais avec le transcriptome, soit l'ensemble des produits de transcription de*

l'ADN, le protéome, et même l'épigénome, c'est-à-dire les modifications qui influencent l'expression même des gènes.»

Difficile pour notre esprit de concevoir la quantité astronomique de données que cela représente. «*Le génome humain est composé d'environ 3 milliards de paires de bases, les fameux nucléotides ATCG, ce qui est déjà un challenge en soi, alors qu'il n'est même pas le plus grand du vivant, détaille Matthieu Defrance. Mais la complexité se trouve ailleurs, car contrairement au génome, les autres ensembles que nous mesurons sont très dynamiques. Ils varient en fonction des conditions de l'expérience, de la température, du moment de la journée...»* Et du type cellulaire ! Car si au sein d'un individu, un neurone et une cellule musculaire possèdent le même génome, leur transcriptome et leur épigénome sont très différents.

En plus du développement spectaculaire de l'informatique, ces nouvelles disciplines doivent leur succès au développement des NGS (Next Generation Sequencing), une technologie qui permet de séquencer massivement en parallèle de courtes séquences d'ADN. «*Même divisé en plusieurs chromosomes, le génome est trop grand pour être lu d'une traite, révèle Matthieu Defrance. Nous devons d'abord le fragmenter, ce qui revient un peu à devoir scanner un livre en ayant uniquement accès à des morceaux de pages, pour devoir ensuite tout remettre dans l'ordre.»*

C'est à ce moment que les algorithmes de traitement de l'information rentrent en jeu, car seul un programme peut traiter ces immenses jeux de données. «*La machine produit en réalité une image remplie de points lumineux les uns à côté des autres, chacun étant associé à un nucléotide, précise le bioinformaticien. Cette image est traitée afin de convertir le signal lumineux en information. Vient ensuite le temps de les mettre dans l'ordre, ce qui peut se révéler ardu si le génome est connu ou non, car le traitement algorithmique est alors très différent. En cas de génome inconnu, ne sachant pas ce que l'on doit trouver, on ne peut comparer les résultats à un éventuel étalon.»*

Une cathédrale de données

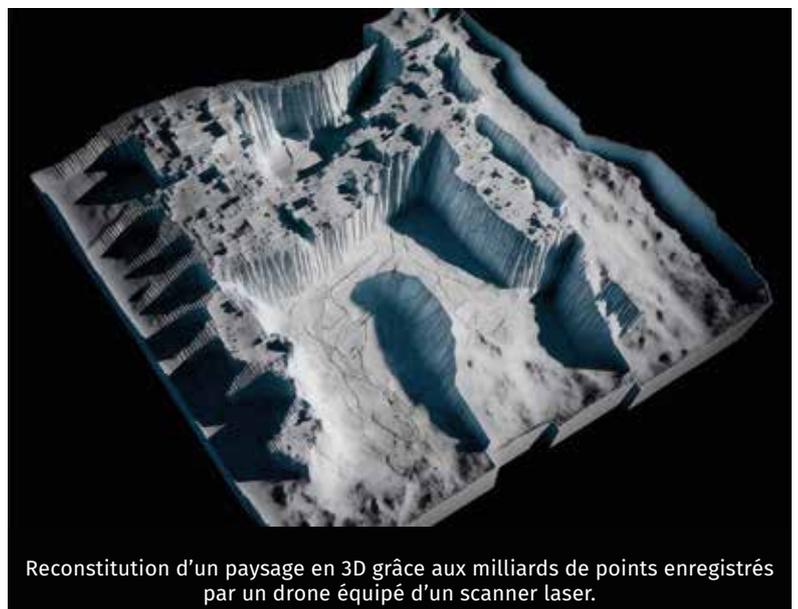
L'ordonnement de millions et de millions de données en un tout cohérent n'est pas l'apanage des sciences naturelles. À l'ULiège, le Pr Pierre Hallot, doyen de la faculté d'architecture et du patrimoine et spécialiste de la numérisation, connaît bien cette difficulté, lui qui, depuis des années, numérise bâtiments et pièces d'orfèvrerie. «*Si on utilise peu le terme Big Data dans le*

patrimoine, sa réalité est bien présente, raconte-t-il. Elle vient d'une évolution technologique qui rend désormais possible la création d'une copie virtuelle en 3 dimensions d'un environnement que l'on souhaite pouvoir analyser par la suite.»

Cette copie virtuelle est obtenue grâce à différentes techniques, que ce soit par photogrammétrie, c'est-à-dire via l'assemblage numérique de plusieurs milliers de photos d'un objet, ou par scanner laser, un dispositif capable de convertir un bâtiment en un nuage de points localisés grâce à des coordonnées spatiales. «*À ces points sont éventuellement associés des éléments thématiques comme des notions de couleur ou de forme, développe le chercheur. En définitive, la fidélité de ces copies nous permet de lancer une série d'analyses scientifiques sans être physiquement en présence de l'objet ou du lieu. Un avantage indéniable, surtout lorsqu'ils sont difficile d'accès.»*

Le Big Data rend possible la création d'une copie virtuelle en trois dimensions d'un environnement que l'on souhaite pouvoir analyser par la suite

Et là encore, l'exhaustivité de la collecte de données fait que ces dernières se comptent en millions, voire en milliards. «*Le nuage de points de la Cathédrale Saint-Paul à Liège (voir illu 1, p. 14) compte entre 20 et 30 milliards de points, estime Pierre Hallot, mais en réalité, la taille de l'objet importe peu. Nous avons ainsi réalisé un modèle en 3D d'une pièce d'orfèvrerie médiévale, conservée dans un musée de Saint-Omer en France, avec un jeu de données de taille quasi comparable.»*



Reconstitution d'un paysage en 3D grâce aux milliards de points enregistrés par un drone équipé d'un scanner laser.



©Diva.be



©Diva.be



1. Ces images de la Collégiale Sainte-Croix à Liège sont composées de 30 milliards de points. La représentation de cette pyxide conservée au musée de Saint-Omer en France a quant à elle nécessité des centaines de photos. Ces technologies permettent de couper virtuellement des objets et d'élargir ainsi le champ de recherche.

2. L'accès aux données humaines récoltées lors de recherches sont strictement protégées sur des machines sécurisées.

À l'instar du bioinformaticien qui doit intégrer des informations hétérogènes car issues de plusieurs ensembles différents, voire de plusieurs organismes, le spécialiste en numérisation du patrimoine doit s'adapter à différents matériaux, ce qui nécessite un ajustement constant des instruments de mesure. «Le bois ou la pierre n'ont pas la même signature spectrale, explique Pierre Hallot, ce qui signifie que le laser n'est pas renvoyé de la même manière. Face à du verre, il pénètre dans la matière et fausse les mesures. Quant au métal, il est souvent réfléchissant, ce qui rend le laser inopérant. Cela nous a poussé, notamment dans le cas des pièces d'orfèvrerie, à développer d'autres techniques de numérisation, tout en préservant la colorimétrie de l'objet.»

Un stockage épineux

La taille des jeux de données émis par ces nouvelles techniques pose immédiatement la question de leur stockage. Car un des piliers fondamentaux de la science aujourd'hui consiste à produire des résultats reproductibles. Les données doivent donc pouvoir être accessibles afin d'être comparées ultérieurement à de nouveaux résultats. Un défi considérable, quand les capacités de stockage ne sont pas illimitées. «On a atteint réellement un point de rupture, car les techniques de génération de données à partir du vivant ont évolué encore plus vite que les capacités de stockage, confirme Matthieu Defrance. On se pose désormais la question de ne plus stocker nos données de façon permanente. Les séquences de nucléotides sont déposées sur des bases de données européennes et américaines, mais quantité de données intermédiaires sont supprimées.»

Reste que la biologie possède une caractéristique qui lui est propre, celle de jongler avec le code génétique d'êtres humains en chair et en os. Un problème éthique, à l'heure où il existe une volonté générale d'un accès libre aux publications scientifiques. «L'accès libre aux

données de recherche n'est valable que dans le cadre de données non-humaines, témoigne Matthieu Defrance. Ces dernières comportant des informations sur les individus, elles sont très strictement protégées par la loi. Ainsi, même au cours de la recherche, les données humaines ne peuvent quitter des machines sécurisées, qui ne sont accessibles que par quelques personnes.»

La recherche liée au patrimoine dispose également de ses propres difficultés, liées à la nature même de leur objet de recherche. «Les données sont le miroir d'un objet du patrimoine, estime Pierre Hallot. Produites en vue de sa restauration ou sa réhabilitation, elles ont pour but d'en évaluer la valeur, qu'elle soit par exemple historique ou scientifique. À ce titre, non seulement ces données doivent être les plus fiables et crédibles possibles, mais elles doivent également être accessibles sur le long terme. Nous avons donc une obligation morale de faire en sorte que ce jeu de données devienne pérenne, en le stabilisant le plus possible dans le temps. Un vrai défi, compte tenu de l'évolution des techniques.»

Données et métadonnées

On pourrait alors croire qu'il ne s'agit finalement que d'une question technique du nombre de serveurs disponibles, mais la réalité est là encore plus complexe. Pour être exploitables, les données doivent être accompagnées d'autres, les métadonnées, qui reflètent le contexte dans lequel les big data ont été produites. «L'exploitation des données ne peut s'opérer que via les métadonnées, car sans ces dernières, on ne saurait pas à quoi les associer, révèle Matthieu Defrance. Lorsqu'une étude porte par exemple sur un patient, il est nécessaire de connaître son âge, son genre ou encore le stade d'avancement de la maladie, car tout cela change l'interprétation des résultats. Or, malheureusement, la qualité de ces métadonnées est très variable d'un jeu à l'autre, car il n'existe pas à l'heure actuelle de protocole

de standardisation, ce qui limite la réutilisation des données en tant que telles.»

«Dans le domaine du patrimoine, un jeu de données non structuré n'est finalement qu'un ensemble de coordonnées spatiales, abonde Pierre Hallot. Elles deviennent inutiles si on ne sait pas dans quel système elles ont été prises, avec quel type de capteur, et ce qu'elles sont censées représenter. D'autant qu'il est important de comprendre que toute mesure comporte une part de défauts, et donc d'incertitude. Tout jeu de données n'est qu'un modèle de la réalité, et sujet à interprétation. Des notions qu'il est difficile d'inscrire dans des métadonnées.»

Loin d'une machine qui scannerait automatiquement tout ce dont un chercheur a besoin et lui servirait les réponses sur un plateau d'argent, les 2 chercheurs donnent à voir une science qui ne peut faire l'économie d'une vraie méthode scientifique. «Toute méthode nécessite un guidage humain, déclare Matthieu DeFrance. Or, ce guidage en sciences naturelles est délicat, car on ne connaît évidemment pas tous les paramètres en jeu. Guider une machine n'est véritablement efficace qu'au sein d'un environnement connu. S'il y a eu par le passé un réel engouement à générer des données dans le but de tout comprendre, il tend à être aujourd'hui tempéré par un retour à l'expérimental.»

Un retour de balancier également constaté par Pierre Hallot, qui plaide également pour une réflexion sur les conséquences de ces données sur la recherche et sur le monde. «Un peu à la manière dont les premiers logiciels d'architecture ont modifié la façon même de dessiner des bâtiments, quel est l'impact de ces outils sur notre vision du patrimoine et notre démarche scientifique ?, s'interroge le chercheur. Nous sommes souvent sous l'impression que la machine est neutre, alors qu'elle est au contraire orientée par les outils, le matériel et l'opérateur qui la dirige». 

En savoir



<https://ibsquare.be/>
<https://www.diva.uliege.be/>

TECHNO-ZOOM

Pour la majorité d'entre nous, rien ne ressemble plus à un clavier d'ordinateur qu'un autre clavier. Bien sûr, il existe quelques configurations originales, comme ces claviers séparés en 2, réservés à quelques puristes. Mais depuis 2020, quelque chose a changé. Les claviers design aux touches silencieuses sont subitement devenus ringards, et ont cédé la place aux claviers mécaniques customisables. Aujourd'hui, les gamers et les écrivains en herbe ne jurent plus que par ces claviers de toutes les formes et couleurs, et au bruit de machine à écrire des années 1980.

Mais quelle différence, sinon le bruit ? Sur nos ordinateurs portables, les claviers sont dits à membrane: presser une touche enclenche un mécanisme en ciseaux, et appuie sur un bouton poussoir recouvert de caoutchouc. La pression à exercer est minimale, ce qui rend le clavier silencieux, mais augmente d'autant le risque de glisser sur la touche adjacente. Rien de dramatique... Sauf pour un joueur d'e-sport, qui n'a pas le droit à l'erreur face au monstre qui lui fonce dessus à toute vitesse.

Dans les claviers mécaniques, les interrupteurs situés sous les touches opposent une résistance plus importante, et donc plus de confort de frappe. Ça a l'air d'un détail anodin, mais il existe des dizaines d'interrupteurs différents, en fonction de leur résistance, de leur bruit, et d'une éventuelle résistance à mi-parcours, et ce pour toutes les bourses... Les forums de discussions de gamers regorgent quant à eux de discussions sans fin sur le meilleur clavier à utiliser.

Les écrivains et les programmeurs ont également adopté cette ancienne technologie redevenue à la mode, car elle dispose d'un autre atout: chaque interrupteur étant indépendant, ils peuvent être reprogrammés à volonté, et transformer, sous réserve de remplacer le jeu de touches, un clavier AZERTY en QWERTY ou en BEPO, une disposition ergonomique réputée diminuer les syndromes du canal carpien et les fautes de frappes.



L'ADN de...

Raphaël HELAERS

Bioinformaticien



Recto

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

Non, tout simplement parce que ce métier n'existait pas vraiment quand j'étais petit ! Mais dès l'école primaire, je m'amusais à programmer sur «Commodore 64», j'ai toujours été fasciné par l'écriture de son propre code informatique. J'ai donc très vite su que je voulais devenir informaticien. C'est le chemin que j'ai pris après mes études secondaires. Au moment de me lancer dans mon mémoire, le laboratoire de génétique de l'évolution de l'ULB proposait un sujet nécessitant un informaticien. Ça m'a tout de suite attiré. D'ailleurs, si je n'avais pas choisi l'informatique, j'aurais certainement opté pour la bio. Depuis, j'ai toujours travaillé dans des laboratoires de biologie moléculaire, c'est ainsi que je suis progressivement devenu un bio-informaticien, en même temps que l'informatique devenait de plus en plus indispensable.

Comment devient-on bioinformaticien ?

Aujourd'hui, un master d'un an existe dans plusieurs universités. Il est ouvert tant aux informaticiens qu'aux biologistes, et fournit les bases nécessaires en biologie pour les uns et en informatique

pour les autres. Il forme aussi aux spécificités du domaine, comme l'analyse (informatique) des données (biologiques), l'utilisation des outils et bases de données spécialisés, ou l'application de solutions de machine learning (qu'on appelle plus communément «IA») à des problèmes biologiques. Je conseillerais donc de se lancer dans les études de type long en informatique, en biologie ou en biologie médicale puis de faire la spécialisation en bioinformatique. La plupart de ces filières proposent déjà des cours de bio-informatique. Notez qu'aujourd'hui, beaucoup de bioinformaticiens sont des biologistes qui se sont mis à l'informatique par nécessité. De mon point de vue, on manque d'informaticiens qui se lanceraient en bioinformatique !

Vous travaillez actuellement en tant que chercheur à l'Institut de recherche en biologie médicale de Duve (UCLouvain), mais quelle est votre journée-type ?

Je n'en ai pas. Je suis à la fois chercheur au laboratoire de génétique humaine, bioinformaticien de la plateforme de génomique et informaticien pour l'Institut. Je travaille sur des projets de recherche menés par le Pr Vikkula, qui consistent principalement à développer des outils bioinformatiques permettant aux biologistes et cliniciens d'analyser leurs données. Le labo étudie les causes génétiques de plusieurs maladies rares et séquence l'ADN de nombreux patients dans l'espoir d'identifier d'éventuelles mutations causant ces maladies. L'arrivée de machines de séquençage a engendré un problème d'échelle: devoir analyser plus de 5 millions de variations génétiques, sachant qu'une seule peut être la cause de la maladie. Une aiguille dans une botte de foin donc ! Du coup, je passe une partie de mes journées à développer des outils destinés à la récupération et à l'analyse de ces données. Je dois donc également gérer un cluster de calcul et de stockage dédié. Enfin, je m'occupe aussi de projets plus orientés «logistique» que «recherche appliquée», comme le développement

d'une base de données et son interface pour gérer toutes les données de laboratoire de l'Institut.

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

J'ai toujours été très attiré par la science et le fait d'essayer de comprendre comment fonctionnent les choses. Dès les secondaires j'ai choisi les spécialisations scientifiques et depuis, j'ai toujours travaillé dans des instituts de recherche.

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

Je dirais le fait que la bioinformatique soit une discipline hybride plutôt jeune et entre 2 domaines qui jusqu'ici, n'avaient pas l'habitude de se parler. Et quand ils se parlent, c'est dans une langue très différente ! De plus, il y avait une réelle difficulté à faire reconnaître aux autorités scientifiques les réalités de la bioinformatique, notamment en terme de financement où un labo pouvait justifier un technologue mais pas un (bio)informaticien. Heureusement, les choses changent, la bioinformatique est devenue cruciale et des instituts de bioinformatique se forment dans de plus en plus d'universités.

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

Le logiciel d'analyse des données de séquençage d'ADN, Highlander, que je développe depuis que je travaille chez le Pr Vikkula. C'est une belle illustration de collaboration multidisciplinaire qui permet aux biologistes et cliniciens qui n'ont aucune compétence en bioinformatique de progresser dans leurs projets recherche, avec un minimum de formation. Il est depuis utilisé par tout le secteur de la santé à l'UCLouvain et dans plusieurs hôpitaux. Il est donc réellement utile à plein de gens, c'est important pour moi.

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

De s'essayer à la programmation et l'algorithmique car ce n'est pas facile de se rendre compte de ce que c'est concrètement. Trop peu d'écoles secondaires donnent de vrais cours d'informatique (au sens programmation), ce qui ne permet pas de savoir ce que c'est concrètement. J'ai malheureusement connu beaucoup d'étudiants qui se lançaient dans des études supérieures d'informatique et abandonnaient après le premier quadri car ce n'était pas du tout ce qu'ils imaginaient. 



Raphaël HELAERS

ÂGE : 42 ans

SITUATION FAMILIALE :
En couple, un enfant

PROFESSION :
Bioinformaticien à l'institut de Duve, maître de recherche à l'UCLouvain

FORMATION : Master en sciences informatiques puis doctorat en bioinformatique à l'ULB.

MAIL :
raphael.helaers@uclouvain.be

SITE INTERNET :
<https://www.deduveinstitute.be/fr>

Verso

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

Créateur de jeux de société ! C'est un de mes passe-temps, non seulement d'y jouer, mais également d'en créer avec un ami. Même si nous n'avons pas le temps libre nécessaire pour arriver au bout de ces projets, j'adore le processus créatif de combiner des mécaniques pour arriver à jeu qui nous plaise.

Je vous offre un super pouvoir...

La téléportation ce serait bien pratique, surtout vu le temps (et l'énergie) passé dans les transports.

Je vous offre un auditoire...

J'aime transmettre mes connaissances de manière pédagogique et selon moi, l'éducation est une composante essentielle de la société pour qu'elle évolue de manière plus égalitaire. J'ai pu donner des cours de bioinformatique à l'université, et ça m'a beaucoup plu. Mais je peux aussi expliquer de manière simple ce que nous faisons au grand public lors de visites du laboratoire par exemple.

Je vous offre un laboratoire...

Je continuerais à travailler sur les sujets qui me tiennent déjà à cœur actuellement, donc soutenir les projets de biologie médicale qui ont des problèmes que la bioinformatique peut régler, ou au moins accélérer ou automatiser la recherche d'une solution.

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

Un ordinateur évidemment, que ferait-on sans ?

Je vous offre un billet d'avion...

Je ne suis pas un grand fan de voyage et je n'ai aucun problème à observer le monde à travers un écran.

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

Aucune idée... et un peu comme les voyages, lire ou écouter une interview me suffiraient probablement.

La question «a priori»: Bioinformaticien, c'est finalement «juste» un informaticien spécialisé !

Ce n'est pas totalement faux, mais c'est une sacrée spécialisation ! Le fait que cette discipline hybride ait émergé, c'est parce que pour la majorité des problèmes biologiques nécessitant l'informatique, une connaissance basique de l'autre domaine ne suffit pas. Un informaticien est formé à trouver des solutions algorithmiques à n'importe quel problème, quel que soit le domaine. Cela demande un certain temps d'analyse du problème et des explications sur le contexte. Le problème en biologie, c'est qu'expliquer le contexte, c'est souvent ouvrir une boîte de Pandore, car chaque concept est lié à un autre, qui est lié à un autre, etc. Inversement, un biologiste ne peut pas juste s'improviser informaticien en quelques jours. Donc bioinformaticien, c'est aussi différent d'un autre informaticien spécialiste qu'un chirurgien vasculaire et un dentiste, alors que finalement ce sont «juste» des médecins spécialisés. 

 <https://www.ulb.be/fr/programme/ma-binf>



Euthanasie : où en est-on 20 ans après la loi ?

Depuis 20 ans, une loi autorise les médecins belges à pratiquer l'euthanasie. Alors que la France (où l'euthanasie est encore interdite) examine en ce moment un projet de loi sur la fin de vie, la Belgique peut donc se prévaloir de posséder un certain recul sur cette pratique. Ainsi, si la peur des dérives et de la banalisation demeure présente chez certains, l'euthanasie est désormais perçue par de nombreux médecins comme un dernier «soin» au patient, dans une perspective humaniste et plus égalitaire de la relation thérapeutique

TEXTE: JULIE LUONG - JULUONG@YAHOO.FR

PHOTOS: @PATTILABELLE - STOCK.ADOBE.COM (P18), @PROSTOCK-STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P20),
@REGUEIFEIRO - STOCK.ADOBE.COM (P21)

En 2002, la Belgique adoptait 3 lois encadrant la fin de vie: aux côtés de la loi relative aux droits du patient et de celle relative aux soins palliatifs, la dépénalisation de l'euthanasie était ainsi actée. Le cadre fixé est strict: pour qu'un médecin puisse pratiquer l'euthanasie, il faut que la demande formulée par le patient soit «volontaire, réfléchie, répétée», «sans pression extérieure». Il doit également être en proie à une «souffrance physique ou psychique constante et insupportable» résultant des suites d'une «affection accidentelle ou pathologique incurable» et «se trouver dans une situation médicale sans issue». L'euthanasie, si elle a donné et donne encore lieu à un important débat de société, ne concerne pourtant qu'une faible proportion des décès, de l'ordre de 3 à 4%. Selon les chiffres de la Commission fédérale de contrôle et d'évaluation de l'euthanasie (1), le pays comptabilisait 2 699 euthanasies pour l'année 2021, avec une majorité de personnes entre 60 et 89 ans. Dans 84% des cas, le décès était attendu à «brève échéance».

«Dans les 10 premières années qui ont suivi la loi, les euthanasies concernaient à 80% des cancers, à 10% des maladies neurologiques avancées et à 10% d'autres maladies plus rares», analyse François Damas, médecin au CHR de la Citadelle à Liège - où il tient depuis 10 ans une consultation de fin de vie - et pilier de la réflexion sur l'euthanasie en Belgique. «Mais depuis 10 ans, on voit apparaître des situations où la maladie grave et incurable n'a pas été clairement identifiée: aujourd'hui, entre 15 et 20% des euthanasies concernent une

polypathologie: la personne est affectée par une série de handicaps et d'affections qui ne sont pas graves en eux-mêmes mais qui, additionnés, rendent la vie insupportable. Cela concerne souvent des personnes très âgées devenues sourdes, à moitié aveugles, qui ne savent plus bouger, qui sont percluses de rhumatismes, ne sont jamais confortables et n'en peuvent plus.»

«Jusqu'ou ne pas aller trop loin»

Médecin réanimateur, le Dr Damas a été confronté très tôt à la question de la responsabilité du médecin dans la mort d'un patient pour qui il n'y a plus d'espoir d'amélioration. «Les services de réanimation ont ceci de particulier que vous travaillez avec des malades qui sont en défaillance vitale: ce sont dans ces services qu'on meurt le plus», explique-t-il. Étroitement liés aux progrès des techniques médicales, les services de réanimation sont récents: leur généralisation date des années 70 et 80. «Ils sont rapidement devenus des lieux de réflexion sur la limite des interventions, sur le "jusqu'ou ne pas aller trop loin"», poursuit le médecin. «Si l'on arrêtait les respirateurs, est-ce que c'était de l'euthanasie ? Dans ces services, 80% des décès résultent d'un arrêt de traitement ou de ce qu'on appelait alors "l'euthanasie passive". Psychologiquement, le médecin qui assume un arrêt de traitement assume une intention de mort.»

D'abord opposé à l'idée d'une loi sur l'euthanasie qui viendrait encadrer ces pratiques de fait, François Damas change d'avis lorsqu'il assiste à l'arrestation de plusieurs de ses confrères pour avoir aidé des patients à mourir dans les années 2000. Malgré le non-lieu, la leçon semble claire: il n'est plus possible de laisser les médecins seuls face à cette question. «À l'époque, toutes les sociétés médicales - sociétés savantes, Ordre des médecins, syndicats - étaient opposées à l'euthanasie. Aujourd'hui, 80% des médecins ne s'y opposent plus, ce qui ne veut pas dire qu'ils y soient favorables. Je dirais qu'environ la moitié d'entre eux sont vraiment pour et qu'entre 10 à 15% seulement sont prêts à passer à l'acte, ce qui est bien compréhensible. Tous les médecins ne sont pas égaux face à la mort: en tant que dermatologue ou ophtalmologue, on n'est pas confronté de la même manière à la fin de vie.» Les généralistes, en revanche, sont en première ligne puisqu'aujourd'hui, 70% des euthanasies sont pratiquées à domicile ou en maisons de repos et de soins. «Il est bien que les médecins traitants se réapproprient l'un des moments clefs de l'existence humaine et de ne plus imposer aux patients de mourir en milieu hospitalier», estime le Dr Damas

Soins palliatifs et euthanasie

Corinne van Oost est médecin au sein d'une équipe de soins palliatifs à domicile du Brabant Wallon. Elle a longtemps vécu en France, où elle a travaillé au sein de la Maison médicale Jeanne-Garnier (Paris), pionnière des soins palliatifs, et connaît donc bien la situation d'un côté comme de l'autre de la frontière. «J'ai beaucoup entendu dire qu'il était impossible d'allier soins palliatifs et euthanasie, or dans ma pratique, j'ai vu tout le contraire», commente-t-elle. Aujourd'hui, en Belgique, la quasi-totalité des services de soins palliatifs pratiquent parfois des euthanasies, de même que l'euthanasie ne s'envisage pas indépendamment d'un accompagnement palliatif. Croyante, le Dr van Oost a partagé sa réflexion sur les liens entre foi et pratique de l'euthanasie dans un premier livre paru en 2014, *Médecin catholique, pourquoi je pratique l'euthanasie* (Presses de la Renaissance). Dans un nouvel ouvrage, *L'euthanasie au seuil des soins palliatifs. Vingt ans de modèle belge* (éditions Académia, 2022), elle réaffirme son point de vue: «Je suis catholique engagée et c'est au nom même de ma foi en un Dieu d'amour, qui comprend et s'engage auprès des plus pauvres, que j'ai accepté de pratiquer parfois l'euthanasie. Il me semble que les choix et les valeurs de la personne passent avant mes propres convictions. Je ne cache pas non plus mon désir de proposer à tous, patients en demande d'euthanasie, proches et soignants, un cheminement accompagné dans la philosophie des soins palliatifs.»

C'est une manière de construire une société plus humaine, qui ne peut pas soulager toutes les souffrances et qui, quand elle ne peut pas le faire, doit entendre cette souffrance et répondre à cette demande d'aide. Même si cette réponse, c'est la mort.

Corinne van Oost rappelle qu'aujourd'hui, les principales religions reconnaissent l'importance de soulager la souffrance physique qui n'est plus perçue comme une épreuve spirituelle nécessaire. Le Dr Marie Magdeleine Amory, médecin spécialisée en soins continus et palliatifs, avec qui elle dialogue dans cet ouvrage, estime que l'euthanasie est en ce sens la «péridurale de la mort». Elle n'est pas pour autant un acte expéditif et purement technique. «On arrive à créer des rites autour de l'euthanasie, à traverser ce moment en lui donnant du sens, commente le Dr van Oost. Les proches sont présents. Une parole est parfois dite pour chacun. Les personnes échangent



L'euthanasie au seuil des soins palliatifs. Vingt ans de modèle belge, Corinne van Oost avec Jean Bauwin, éditions Académia, 2022





jusqu'au bout, se regardent jusqu'au bout, c'est un moment très fort et parfois même il est beau, il est doux... alors qu'une agonie naturelle est très difficile à vivre.»

Entendre la souffrance

«Pour moi, respecter et entendre le patient dans sa souffrance, c'est lui permettre de reprendre du pouvoir sur sa vie», poursuit Corinne van Oost. C'est une manière de construire une société plus humaine, qui ne peut pas soulager toutes les souffrances et qui, quand elle ne peut pas le faire, doit entendre cette souffrance et répondre à cette demande d'aide. Même si cette réponse, c'est la mort.» Bien sûr, pour pouvoir entendre, il est nécessaire de s'extraire du paternalisme qui a longtemps prévalu dans la relation patient-médecin. *«Pendant des siècles, la pratique médicale était celle du mensonge bienveillant, on cachait au malade sa maladie, on cachait la vérité aux familles et on prétendait prendre en charge le stress de tout le monde. On se trompait évidemment, rappelle le Dr François Damas. Aujourd'hui, l'inentendu médical est encore considérable, surtout concernant les personnes âgées... On a encore des médecins qui répondent d'une pirouette: "Mais non enfin madame qu'est-ce que vous racontez là ! On ne dit pas des choses pareilles ! On verra ça plus tard". Ils pensent que c'est mieux comme ça mais ça ne l'est pas nécessairement...»*

La question de l'écoute est également au cœur des dynamiques complexes entre le patient en fin de vie et ses proches, comme l'a souvent observé le Dr van Oost. *«L'euthanasie repose sur le respect des volontés individuelles du patient. Poussée à son maximum, elle pousserait à dire: "tant pis pour les conséquences sur mes proches". Mais dans la réalité, ce qu'on voit c'est beaucoup de négociations, de compromis. Car il est vrai qu'il*

faut un temps aux familles pour s'acclimater à l'idée d'une euthanasie.» En soins palliatifs, il n'est pas rare d'entendre cet argument selon lequel le patient se doit de «tenir» pour les autres. *«Ce "mais tu dois vivre parce que moi je t'aime" pose question», estime Corinne van Oost. On touche ici aux limites de nos capacités d'altruisme: lorsque la peur de perdre un proche devient trop forte, est-on encore capable d'entendre la volonté de ce proche ? De ne pas céder à une forme de chantage affectif ? De déni ? Par ailleurs, n'y a-t-il pas parfois une forme d'hypocrisie quand on assure à un proche extrêmement dépendant qu'il n'est pas une charge ? «En soins palliatifs, on constate souvent que ce sont les autres qui empêchent la personne de partir. Quand les autres nous laissent partir, généralement le lendemain on est mort... On retient beaucoup les gens âgés aujourd'hui, or c'est normal de mourir à 90 ans, estime le Dr van Oost. On observe aussi ce phénomène dans les maisons de repos. Si une personne âgée dit qu'elle n'a pas faim et refuse de manger, les soignants vont quand même lui donner à manger, comme à un enfant. Mais une personne qui ne sait plus manger, qui avale difficilement, la mort naturelle, ce serait qu'elle arrête de manger. Beaucoup de personnes en maisons de repos disent "je ne sais pas ce que je fais encore ici sur cette terre, j'espère qu'on va venir me chercher". D'autres n'ont plus la capacité de réflexion, elles sont désorientées, pensent qu'elles ont encore des enfants qu'il faut aller chercher à l'école... La vie n'est acceptable pour elles que lorsqu'elles sont dans l'irréel, dans le passé. Or, le réel, c'est qu'on les prend en charge comme on prend en charge les enfants. Qu'elles doivent parfois vivre avec une couche et qu'elles affirment ne pas en avoir besoin, tellement cette réalité leur est insupportable. Je crois que la société se cache un peu la réalité...»*

Une mort sensée

Les progrès de la médecine nous confrontent en réalité à des situations inédites, dans lesquelles la vie physique se prolonge tandis que le désarroi psychique s'étend. L'esprit n'en peut plus mais le corps tient. *«C'est une question de valeur, estime le Dr van Oost. Est-ce que la valeur suprême, c'est la vie, avec un grand V, ou est-ce que la valeur suprême, c'est le sens de la vie ?»* Bien sûr, la question fait craindre à certains une «pente glissante», qui ouvrirait l'euthanasie à tous ceux qui éprouvent un douloureux vertige existentiel. *«Pourquoi seulement une mort assistée pour les personnes souffrant d'une maladie, et pas pour celles qui souffrent du manque de sens, de marginalisation, de la solitude, de la vie elle-même ?»,* questionnait dans une récente





tribune au Monde (2) le néerlandais Theo Boer. «Voilà le paradoxe de la légalisation de la mort administrée: ce qui est perçu comme une occasion bienvenue par ceux qui sont attachés à leur autodétermination devient rapidement une incitation au désespoir pour les autres», avance ce professeur d'éthique de la santé, autrefois engagé pour l'euthanasie et qui estime aujourd'hui s'être trompé, invoquant notamment l'augmentation des cas de suicides aux Pays-Bas, alors que l'un des arguments en faveur de l'euthanasie est d'en réduire le nombre, notamment chez les personnes âgées, nombreuses à recourir à cette mort violente. «Je ne crois pas qu'il existe une pente glissante, estime au contraire le Dr Damas. Je pense au contraire que les gens, loin d'être poussés au désespoir, saisissent une possibilité concernant leur fin de vie. Mais certaines personnes ne parviennent pas à penser que les malades sont capables d'autodétermination.» Pour François Damas, le désespoir est d'ailleurs plutôt un drapeau rouge. «À ma consultation, beaucoup de personnes viennent me voir en pleurant. Or si l'on pleure, c'est probablement que l'euthanasie n'est pas la bonne solution ! Car quand la mort est le choix opportun, on ne doit pas avoir peur, on ne doit pas être triste. Si la personne est triste, c'est qu'il y a encore quelque chose à faire.» A

EUTHANASIE ET TROUBLES PSYCHIATRIQUES

Les euthanasies demandées et pratiquées sur la base de troubles mentaux et du comportement sont marginales (1,9% de l'ensemble des euthanasies) (3). Elles interpellent pourtant vivement la société. La souffrance psychique est en effet extrêmement difficile à évaluer - parfois même à imaginer - et renvoie chacun à ses propres questionnements existentiels. Ce fut le cas avec la mort de Shanti De Corte, une jeune Flamande rescapée des attentats de Bruxelles de 2016. Déjà très fragile, elle ne se remettra pas de ce traumatisme. Plusieurs fois hospitalisée en psychiatrie et ayant déjà tenté de mettre fin à ses jours, Shanti de Corte obtiendra finalement d'être euthanasiée au printemps 2022, à l'âge de 23 ans. «Les attentats, ce n'était évidemment pas sa seule souffrance, estime le Dr van Oost. Et qui est-on pour dire qu'elle pouvait continuer à vivre sans souffrance ?»

«Nous savons qu'à propos des patients psychiatriques, la question de l'incurabilité est difficile. Il faut aborder ces cas avec prudence et il faut que deux psychiatres indépendants au moins attestent que la situation est bel et bien sans issue. Ceux qui arrivent au bout du processus sont souvent dans des situations épouvantables», ajoute le Dr Damas. Dans le documentaire *Les Mots de la fin* (Arte), le médecin liégeois dialoguait avec une femme de 50 ans souffrant de dépression sévère et sortant d'une nouvelle tentative de suicide, venue le consulter «pour faire les choses proprement» et à qui il répondait qu'il ne serait «pas du tout raisonnable de [la] suivre là-dessus», d'autant que ses fils n'étaient pas au courant de sa démarche.

Même si les cas sont rares, il arrive pourtant aujourd'hui que des patients souffrant de dépression sévère ou de troubles bipolaires soient euthanasiés, entourés de leur famille. «J'ai accompagné des patients qui avaient 20 ou 30 ans de pathologie dépressive ou manico-dépressive derrière eux, confie le Dr van Oost. Ils ont été plusieurs fois hospitalisés, ont fait plusieurs tentatives de suicide et n'en peuvent plus. Dès que le téléphone sonne, les proches ont peur qu'on leur annonce que la personne a enfin réussi... Quand les psychiatres reconnaissent que ça devient incurable, qu'ils ont tout essayé et qu'on programme l'euthanasie, la famille dit souvent que c'est plus doux de l'accompagner de cette manière que d'attendre le suicide.»



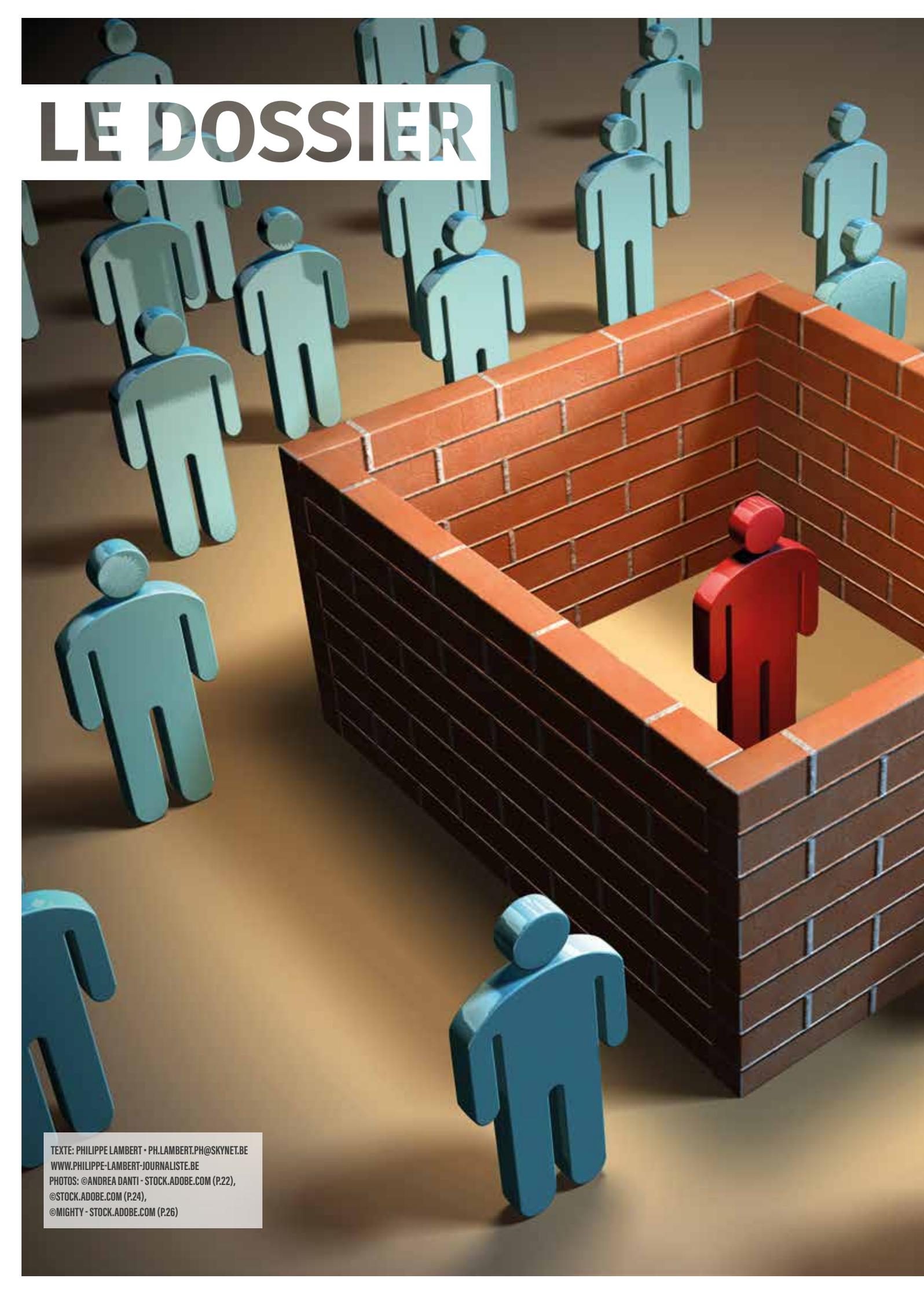
Bande-annonce
du documentaire

(1) <https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/fr/documents/euthanasie-chiffres-de-lannee-2021>

(2) https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/12/01/fin-de-vie-ce-qui-est-percu-comme-une-opportunit%C3%A9-par-certains-devient-une-incitation-au-d%C3%A9sespoir-pour-les-autres_6152451_3232.html

(3) <https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/fr/documents/euthanasie-chiffres-de-lannee-2021>

LE DOSSIER

A 3D illustration featuring a crowd of blue human figures on a light brown floor. In the foreground, a large, rectangular enclosure is built from reddish-brown bricks. Inside this enclosure, a single red human figure stands facing away from the viewer. The scene is lit from the top, creating soft shadows on the floor.

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: ©ANDREA DANTI - STOCK.ADOBE.COM (P.22),
©STOCK.ADOBE.COM (P.24),
©MIGHTY - STOCK.ADOBE.COM (P.26)

Un rejet appelé ostracisme

Rejet social, l'ostracisme conduit à la perte des liens sociaux. De ce fait, il menace 4 besoins fondamentaux de l'individu et peut avoir des conséquences très dommageables sur sa santé physique et mentale. Il serait en partie responsable de l'adhésion à des groupes sectaires ou cultivant des idéologies déviantes susceptibles, dans certains cas, de s'incarner dans des actes terroristes

À l'origine, le terme «ostracisme» se référait au bannissement de 10 ans prononcé au 5^e siècle avant J.-C. à Athènes envers des citoyens jugés dangereux pour la cité en raison de leur puissance ou leurs ambitions tyranniques supposées. Défini également aujourd'hui, par extension, comme le fait d'exclure des individus d'une communauté ou de les ignorer, l'ostracisme est un phénomène biologique et social qui se rencontre communément dans le monde animal et dans les différentes cultures humaines. Il n'est généralement pas sans conséquences sur les plans mental et physique pour la personne ostracisée, dans la mesure où il peut conduire à une forme d'isolement et à une solitude non désirée. Ainsi que l'ont souligné les travaux (1995) de Roy Baumeister, de l'Université du Queensland (Australie), et de Mark Leary, de l'Université Duke (Caroline du Nord), tout individu éprouve un fort besoin d'appartenance et, par conséquent, cherche assidûment à tisser des liens avec d'autres individus. Ainsi que l'ont écrit les psychologues français Anthony Cursan, Alexandre Pascual et Marie-Line Félonneau dans un article publié dans *Bulletin de Psychologie* 2017/5 (n° 551), «*la perte de liens sociaux conduit, au contraire, à des émotions négatives et à un sentiment de détresse.*»

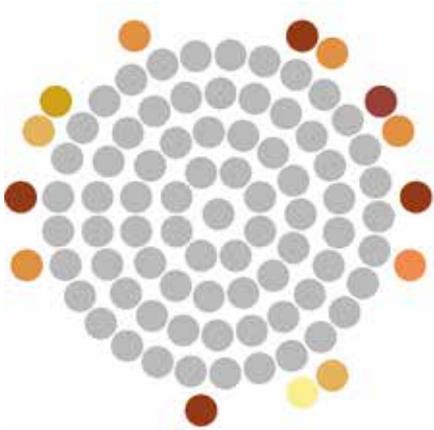
Professeur de psychologie sociale à l'UCLouvain, Vincent Yzerbyt insiste sur le fait que la solitude à laquelle peut être confrontée une personne ostracisée est subie et se distingue donc radicalement du désir d'être seul, choix que posent l'ermite ou, pour un temps limité, ceux qui aspirent à partir en vacances en solitaire ou à sillonner les chemins de Compostelle, par

exemple. L'ostracisme ne doit pas non plus être confondu avec la discrimination, cette dernière étant habituellement fondée sur une identité vue sous l'angle de l'appartenance à un groupe connoté négativement par les individus à l'origine du traitement inégalitaire infligé. De même, l'ostracisme diffère du harcèlement, c'est-à-dire d'une persécution nourrie de menaces, d'intimidations et autres moqueries. «*Alors que le harcèlement constitue un renforcement "actif", visant ouvertement à nuire à autrui, l'ostracisme est un renforcement "passif", en ce sens qu'il consiste en une privation d'interaction sociale*», indiquent Anthony Cursan, Alexandre Pascual et Marie-Line Félonneau.

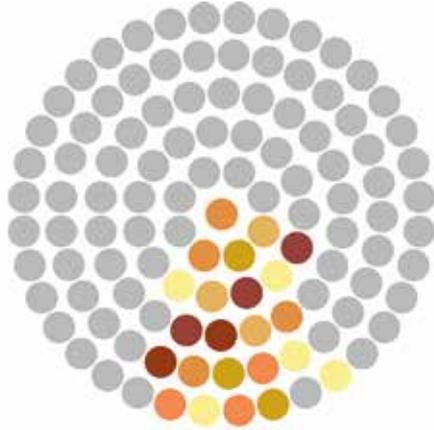
Paradigmes expérimentaux

Étudier expérimentalement l'ostracisme relève a priori de la gageure. En effet, comment créer de toutes pièces des situations arbitraires qui le génèrent tout en s'acquittant des exigences déontologiques et éthiques indispensables ? L'inclination de l'être humain à chercher du lien social est tellement forte, inéluctable, que les expérimentateurs ont trouvé une brèche dans laquelle s'engouffrer. «*Quand on parle d'ostracisme, on se réfère spontanément à l'exclusion par des groupes qui nous tiennent à cœur, tels la famille, un groupe d'amis ou encore une équipe de travail*, dit Vincent Yzerbyt. *Mais à y regarder de plus près, on peut aussi ressentir très rapidement du rejet dans le cadre d'appartenances apparemment futiles.*»

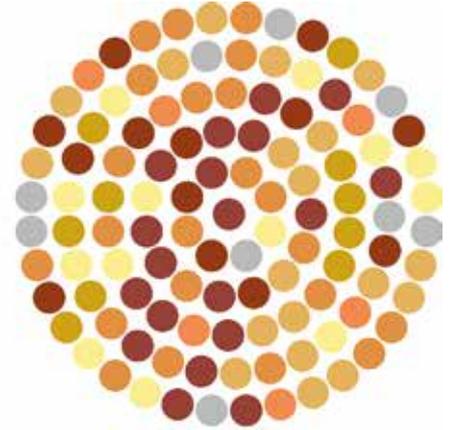




EXCLUSION



INTÉGRATION



INCLUSION



Ce constat a ouvert une porte à la recherche expérimentale. Le simple fait pour un enfant d'être choisi parmi les derniers lors de la constitution de 2 équipes de foot pour un match entre élèves d'une même classe est vécu de façon désagréable, comme une mise à l'écart. Pourtant, les équipes ainsi formées sont des groupes qui n'existaient pas auparavant et qui ne tarderont pas à se dissoudre. À vrai dire, le sentiment d'être ostracisé est omniprésent dans la vie quotidienne, de sorte qu'il s'est avéré finalement possible d'insérer des individus dans des situations d'exclusion compatibles avec le respect des exigences éthiques. Reste que tout projet de recherche en laboratoire doit être validé par un comité d'éthique. Puisque, par nature, l'ostracisme affecte psychologiquement, voire également physiquement, l'individu, une prudence extrême s'impose. Dans ce contexte, il est indispensable que la manipulation expérimentale repose sur des paradigmes que l'on pourrait qualifier de «soft» et s'inscrive sur le court terme. «Très rarement, mais cela arrive, des scénarios qui semblent de prime abord totalement innocents peuvent être mal vécus. Aussi, même si cela reste une exception, est-il nécessaire de prévoir une prise en charge psychologique des participants au terme de l'expérience et, en particulier, de s'assurer que celle-ci n'a pas réveillé d'anciennes blessures, rouvert des plaies», explique le professeur Yzerbyt.

Plusieurs paradigmes expérimentaux ont été mis au point à la fin des années 1990 et au début des années 2000. Par exemple, celui, baptisé «Get Acquainted», où les participants sont initialement invités à échanger sur des thèmes donnés. Ils sont ensuite séparés et l'on demande à chacun d'entre eux avec qui il souhaiterait continuer à discuter par la suite. Puis, 2 situations, qui serviront de base de comparaison, sont créées artificiellement par les expérimentateurs: l'inclusion et l'exclusion.

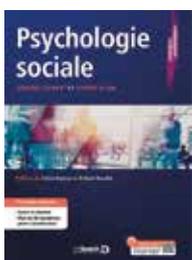
Afin de générer la première, certains participants s'entendent dire individuellement qu'ils ont été choisis par une majorité de débatteurs pour poursuivre les échanges, tandis que, dans le scénario d'exclusion, d'autres apprendront que personne ne veut collaborer avec eux.

Le Cyberball

Conçu en 2006 par les psychologues américains Kipling Williams et Blair Jarvis, le «Cyberball» est cependant le paradigme le plus utilisé par les chercheurs. Il fait appel à un jeu sur ordinateur. On invite le participant à jouer en réseau à se lancer une balle avec 2 autres joueurs. Apparaissant à l'écran sous les labels 1 et 3, ces derniers sont en réalité des partenaires fictifs. Quant à la tâche (se lancer une balle), elle est présentée comme devant servir de support à un programme visant à entraîner la visualisation mentale. «Dans la condition contrôle, le jeu se déroule normalement et les 3 joueurs échangent la balle de façon équilibrée pendant une période donnée. En revanche, dans la condition «ostracisme», après avoir échangé la balle durant plusieurs essais, les 2 partenaires fictifs cessent de la lancer au personnage représentant le vrai sujet. L'exclusion est de mise. On constate que cette situation, aussi simple et artificielle qu'elle puisse paraître, a des effets importants sur le ressenti des participant.e.s, qui se sentent véritablement rejeté.e.s», peut-on lire dans le livre *Psychologie sociale* (De Boeck, 2019) que Vincent Yzerbyt a coécrit avec son collègue de l'Université libre de Bruxelles, Olivier Klein.

Historiquement, on a beaucoup étudié les questions du lien social et de l'isolement, mais peu celle du rejet ou de la négligence débouchant sur un sentiment d'ostracisme. D'autant que jusqu'il y a une vingtaine d'années, on ne disposait pas

Psychologie sociale, Vincent Yzerbyt et Olivier Klein, De Boeck Supérieur, 2019



des moyens expérimentaux pour le faire de façon contrôlée. L'émergence de paradigmes tels que le *Cyberball* a changé la donne, permis de s'assurer que les effets attribués à l'ostracisme étaient bien réels et découlaient vraiment de ce phénomène social et non d'autres facteurs. Exactement comme quand, en médecine, on étudie les effets d'un médicament en comparant 2 groupes de malades, l'un qui reçoit le principe actif et l'autre, le groupe contrôlé, qui ne le reçoit pas.

Sur le plan expérimental, l'éthique interdit d'isoler durablement des êtres humains si ce n'est pour des recherches «marginales» autorisées par des contextes particuliers. La conquête spatiale, par exemple. Ainsi, il a été jugé éthiquement acceptable que, moyennant une information transparente, des volontaires consentent à être isolés au cours d'études sur les conséquences pour la santé mentale d'un isolement prolongé comparable à celui auquel seraient confrontés des astronautes qui devraient rallier Mars.

Par définition, l'ostracisme est un rejet qui s'apparente à une punition. Dès lors, l'isolement en tant que tel ne peut s'y substituer dans les études scientifiques, bien que les 2 marchent souvent de concert. Selon le professeur Yzerbyt, l'élément cardinal qui ressort des recherches sur l'ostracisme est que si le lien social est indispensable pour se construire mentalement et socialement au début de l'existence, ainsi que l'ont montré les travaux sur l'isolement, ce lien est également primordial dans la suite de la vie.

Menace sur 4 besoins fondamentaux

Les études de laboratoire recourant à des paradigmes expérimentaux tels que le *Cyberball* ont permis de montrer que l'ostracisme se décline en 3 étapes principales. La première, appelée stade du réflexe, souligne qu'une situation de rejet social induit une souffrance immédiate chez la personne ostracisée. On observe alors différentes réactions physiologiques, dont une augmentation de la pression artérielle, du rythme cardiaque et du taux de cortisol. Plus étonnamment, des études en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont révélé une activation supérieure du cortex cingulaire dorsal antérieur, région cérébrale associée à la douleur physique. Dans un premier temps, le sentiment d'être ostracisé engendrerait apparemment une souffrance, une «douleur morale», comparable à une douleur physique. «*Cette souffrance est relativement indépendante de facteurs situationnels ou contextuels et touche à peu près tout le monde*», écrivent Vincent Yzerbyt et Olivier Klein. *Par exemple, même si la*

personne qui semble nous rejeter ou nous ignorer ne l'a pas fait de manière intentionnelle, nous ressentons cette souffrance.» Les conséquences physiologiques du rejet social constitueraient une alerte, à l'instar de la douleur physique qui avertit

LES ORPHELINATS DE CEAUȘESCU

En un sens, les travaux sur l'ostracisme constituent une manière nouvelle d'appréhender le caractère crucial du lien social. Une manière nouvelle, car les recherches sur l'impact de l'ostracisme ont des ancêtres: les nombreuses études sur l'isolement chez l'animal, notamment chez les singes rhésus, et chez l'Homme, qui ont mis en évidence à quel point les individus se développent mal sur le plan social quand ils sont isolés de manière prolongée. «*Elles ont surtout montré le caractère indispensable du lien social au début de l'existence, pour permettre à l'individu de se construire, sans quoi notre insertion dans un groupe social est problématique*», commente le professeur Yzerbyt.

Le syndrome d'hospitalisme a ainsi été au cœur de nombreux travaux. De quoi s'agit-il ? D'un ensemble de manifestations que présentent des enfants qui ont été longtemps mis à l'écart de leur cocon familial soit en raison d'une longue hospitalisation, soit parce qu'il s'agissait d'orphelins abandonnés. Un cas extrême est celui de certains orphelinats découverts en Roumanie après la chute de Ceaușescu. Pas d'encadrement, absence d'éducateurs et de personnel infirmier... Bref, enfants laissés à eux-mêmes dans une forme de perte. La conséquence en fut de très importants retards dans leur développement physique, mais aussi mental avec, dans ce dernier cas, des pertes de capacités de communication, des déficits cognitifs, des troubles anxieux, des troubles de l'attention ou encore de l'hyperactivité. On observa en outre, chez certains orphelins, un phénomène d'«inopérance apprise», c'est-à-dire une apathie et une résignation se traduisant par un désengagement total par rapport à l'environnement: il ne sert à rien de faire quoi que ce soit puisque rien ne se passera de toute façon.

C'est somme toute un phénomène de résignation assez similaire que l'on a observé dans les homes pour personnes âgées durant le confinement résultant de la pandémie de la Covid-19. «*Assignés à résidence*», largement coupés de leurs liens familiaux, nombre de seniors se sont laissés aller, glisser vers la mort - les psychologues parlent d'ailleurs du «syndrome de glissement» que d'aucuns qualifient même de suicide inconscient. «*Lors du confinement, on ne peut pas dire que les personnes âgées ont été rejetées par la société, considère Vincent Yzerbyt. Dans les faits, elles ont simplement été isolées. Mais rien n'interdit de penser que certaines d'entre elles ont néanmoins éprouvé le sentiment d'un ostracisme à leur égard.*»





La violence exercée par certaines personnes qui se sentent ostracisées s'expliquerait par leur volonté de restaurer, par ce biais, un sentiment de contrôle et d'existence

confirmé par de nombreuses études et au moyen de plusieurs paradigmes expérimentaux.

Un daim immobile

Dans les situations où les besoins les plus menacés aux yeux de l'individu ostracisé sont l'appartenance groupale ou l'estime de soi - des besoins relationnels -, essayer de rétablir des liens sociaux sera la réaction la plus probable. Cette quête n'est pas anodine car, rapporte Vincent Yzerbyt, «les personnes victimes d'ostracisme sont plus enclines à se laisser influencer par autrui, voire à lui obéir». Ainsi, dans certaines expériences au cours desquelles des points de vue minoritaires sont proposés à un groupe de participants préalablement ostracisés et à un groupe contrôle, à propos de sujets controversés, on observe que les personnes ostracisées ont tendance à abandonner leur point de vue pour en rallier d'autres. Par exemple, elles adhèrent plus volontiers à un texte prônant des mesures coercitives en matière d'avortement que ne le font les membres du groupe contrôle.

Lorsque ce sont les besoins de contrôle et de sens qui sont perçus comme les plus impactés par l'ostracisme dont on est la cible, la réponse résiderait dans la volonté de modifier son environnement. Comment ? Notamment par des conduites agressives - colère, violence... D'après divers auteurs, agresser d'autres personnes permettrait de restaurer un sentiment de contrôle et d'existence. Aux États-Unis se déroulent régulièrement des homicides de masse par arme à feu. L'un des épisodes les plus tristement célèbres de ce phénomène dit de «*Mass Shooting*» en anglais est la fusillade de Columbine, le 20 avril 1999. Deux élèves d'une école secondaire de cette ville du Colorado se suicidèrent après avoir tué 12 élèves et un professeur, laissant 24 autres adolescents plus ou moins grièvement blessés. L'enquête montrera que les 2 auteurs de ce carnage étaient en grande difficulté relationnelle avec leur entourage, se sentaient exclus. Et c'est fréquemment le même constat qui est dressé pour les autres tueries de ce type.

Face au sentiment de perte de contrôle ou de sens, la fuite est, à côté de l'agressivité, une autre solution possible quand s'offre l'opportunité d'échapper à l'environnement particulier dans lequel on se sent mis à l'écart. «*En effet, relate Vincent Yzerbyt, certaines personnes sont sans réaction face au rejet social qui s'abat sur elles. Elles sont comme pétrifiées, à l'image d'un daim qui resterait immobile lorsqu'une voiture s'approche pendant la nuit. C'est une réaction fréquente face au stress, mais inadaptée.*»



le corps qu'il est en danger. Par là même, elles inciteraient l'individu à recréer du lien avec autrui, ce qui, dans une perspective évolutionniste, apparaît comme une nécessité pour la survie à l'échelle de l'espèce.

Au stade du réflexe (émotionnel) succède celui de la réflexion, de l'évaluation cognitive. Selon Kipling Williams, la menace que représente l'ostracisme pour celui qui le subit peut concerner, à des degrés divers, 4 besoins fondamentaux de l'individu: l'appartenance à une collectivité, l'estime de soi, le contrôle, c'est-à-dire sentir qu'on pèse d'un certain poids dans l'interaction sociale, et enfin donner du sens à son existence. À propos de ce 4^e aspect, le professeur Yzerbyt précise: «*Lorsqu'on est rejeté d'un groupe, on peut avoir l'impression de ne servir à rien, que notre existence n'a guère de signification puisque les autres nous écartent ou ne nous accordent pratiquement aucune attention.*» L'effet menaçant de l'ostracisme sur les besoins sociaux fondamentaux a été

Hitler et Merah

En fonction de notre perception de la manière dont il menace nos besoins fondamentaux, l'ostracisme éveille donc, en guise de réponse, des comportements antisociaux ou prosociaux. Ces derniers, comme susmentionné, sont principalement induits par des besoins écornés d'appartenance à une collectivité ou d'estime de soi. Néanmoins, dans une dynamique secondaire, ils peuvent parfois conduire à des actes antisociaux en raison du profil du groupe auquel nous aurons porté allégeance afin de nous y intégrer. Des travaux de laboratoire menés en 2018 par Andrew Hales et Kipling Williams, tous 2 de l'Université Purdue à West Lafayette, dans l'Indiana, ont mis en évidence que des personnes ayant été préalablement ostracisées dans le cadre du paradigme du *Cyberball* envisageaient plus favorablement qu'en condition contrôle le fait de rejoindre des groupes radicaux ou des bandes urbaines pour commettre des actes de délinquance.

De nombreux auteurs considèrent que l'ostracisme vécu comme une menace pour l'affiliation sociale ou l'estime de soi est susceptible de pousser les personnes ostracisées à se tourner vers des groupes sectaires ou aux idéologies déviantes. Dans leur ouvrage, les professeurs Yzerbyt et Klein se demandent si Mohammed Merah, qui sema la mort dans une école juive toulousaine en 2012, s'était radicalisé à la suite des multiples exclusions dont il avait été victime dans le système scolaire français. Dans la même logique, l'engagement d'Hitler dans le nazisme a-t-il pu être en partie la résultante du peu de succès qu'il rencontra en tant que peintre ? *«Si des explications aussi simplistes de l'engagement radical (fût-il nazi ou djihadiste) sont insuffisantes à elles seules, écrivent les 2 psychologues, l'engagement dans des groupes extrémistes peut de fait répondre à différents besoins mis à mal par l'ostracisme, car ils confèrent notamment un sentiment d'appartenance.»* Vincent Yzerbyt note par ailleurs que leurs membres font souvent l'objet d'une sélection intense, ce qui est d'autant plus valorisant pour l'estime de soi, que les idéologies véhiculées par ces groupes peuvent répondre au besoin de sens que l'on souhaite donner à son existence et que la violence est de nature à rencontrer le besoin de contrôle de l'individu sur son environnement.

Chronicisation et résignation

Très limitées en durée pour des raisons éthiques, les expériences de laboratoire ne permettent

pas, on le comprend, d'étudier les conséquences d'ostracismes chroniques. Cependant, on peut légitimement supposer que l'impact d'une exposition prolongée au rejet social est exacerbé par rapport à celui d'une exposition ponctuelle. Pour mieux cerner le problème, il convient en quelque sorte de marier l'expérimentation «hic et nunc» et l'observation de situations réelles de chronicisation qui, à défaut de fournir formellement des relations de cause à effet, permettent de dégager des associations. Par exemple, on constate que la criminalité est moindre lorsque le lien social est fort.

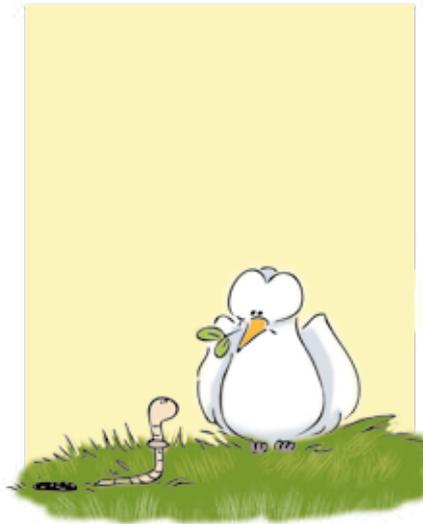
Le simple fait pour un enfant d'être choisi parmi les derniers lors de la constitution de 2 équipes de foot pour un match entre élèves d'une même classe est vécu de façon désagréable, comme une mise à l'écart. Pourtant, les équipes ainsi formées sont des groupes qui n'existaient pas auparavant et qui ne tarderont pas à se dissoudre. À vrai dire, le sentiment d'être ostracisé est omniprésent dans la vie quotidienne.

La personne ostracisée de façon chronique est en proie à des épisodes répétés de stress subi (par opposition à choisi). S'ensuit notamment un risque accru de maladies cardiovasculaires. De même, le rejet social balise la voie d'états dépressifs, d'une baisse de l'estime de soi et du sentiment de représenter une charge pour autrui. *«Dans ce type de situation, chaque interaction sociale est perçue comme risquée, et les victimes d'ostracisme chronique sont extrêmement sensibles à des signaux potentiels de rejet»,* souligne Vincent Yzerbyt. Leur solitude peut s'en trouver renforcée. En effet, de peur de l'échec, elles tendent à éviter les interactions sociales. Mais le trait essentiel de la chronicisation de l'ostracisme est ce qui peut en constituer la 3^e étape selon les modèles théoriques: le rejet social récurrent mène fréquemment à une forme de résignation dont plusieurs exemples ont été évoqués. La personne ostracisée finit alors par accepter que ses besoins fondamentaux ne soient pas satisfaits, avec toutes les conséquences délétères que l'on imagine. 

Colombe

©Alsy 2023

Réflexe de Pavlov



Questions métaphysiques



Théorie de l'évolution



Tu as des milliards d'années de progrès derrière toi !

Oui, mais comme tu es plus lent que nous, tu as encore des milliards d'années de retard sur nous.





Curiokids



La science des bonbons

Qui a dit qu'il n'y avait pas de science dans les bonbons ? Durs, mous, collants, acidulés ou fondants, les bonbons sont les rois de la récré et des anniversaires. Une monnaie d'échange incontournable pour Halloween. Mais pour produire ces petits délices colorés aux multiples parfums, il est essentiel de maîtriser la science de la confiserie

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE - INFO@CURIOKIDS.NET

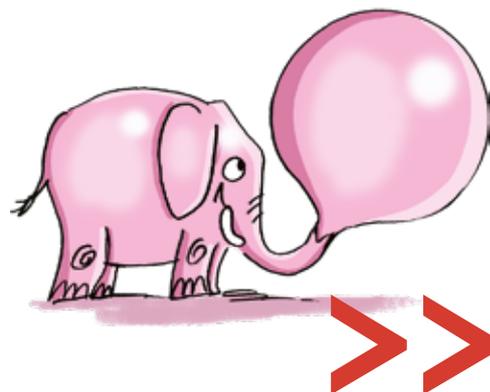
PHOTOS: ©NIKOLAY - STOCK.ADOBE.COM (P.29), ©KIM BRITTEN - STOCK.ADOBE.COM (P.30), ©NELEA REAZANTEVA - STOCK.ADOBE.COM (P.30), ©DENBOMA - STOCK.ADOBE.COM (P.31)

ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT

Le chewing-gum

Le chewing-gum est un bonbon qui se mâche des heures. Sa texture super élastique te permet de faire des bulles qui claquent à l'oreille des copains. Il se compose de différents ingrédients: tout d'abord une gomme naturelle ou artificielle qui lui donne ses propriétés élastiques et te permet de le mâcher. Lors de son invention en 1872 par Thomas Adams, la résine employée était du chicle (d'où le terme «chiclette» employé dans notre pays ou en Suisse). Il s'agit d'une gomme récoltée au Mexique, au départ de l'arbre sapotillier *Sapota Achras*. Aujourd'hui, on utilise aussi des gommes synthétiques à base de plastique comestible. Dans le procédé de fabrication, les ingrédients comme la gomme, les colorants et les arômes sont mélangés à haute température. On y ajoute ensuite du sirop de glucose pour donner un gout sucré tout en préservant l'élasticité, et du dextrose pour le rendre facile à mâcher. La pâte obtenue est travaillée et refroidie pour arriver à des chewing-gums qui ne collent pas au papier. Les parfums varient de la traditionnelle menthe à cerise ou melon. Lequel préfères-tu ?

Par un choix judicieux des ingrédients et de la «recette» de fabrication, tu peux produire des bonbons durs comme les berlingots, mous comme les guimauves ou même extensibles comme les chewing-gums. Pour cela, il faut bien sûr du sucre, du sirop de glucose et de la gélatine. Le sucre donne la douceur aux friandises tandis que le sirop de glucose freine la formation de cristaux qui les rendraient trop durs. La gélatine, elle, leur confère une texture molle et élastique. Mais ce n'est pas tout: pour développer des barbes à papa ou encore des cuberdons par exemple, la chimie des bonbons est essentielle. Plonge dans l'univers merveilleux de la confiserie et deviens un expert dans la science des bonbons.



La barbe à papa

La barbe à papa est une autre friandise sucrée dont raffolent les enfants et les parents. Elle a été inventée par 2 dentistes (c'est un comble ! 😊) de Nashville: William Morrison et John C. Wharton en 1897. Ils voulaient offrir aux enfants une nouvelle sorte de douceur lors des foires et carnivals. À l'époque, ce petit plaisir coûtait cher et était donc plutôt réservé aux personnes plus nanties. Mais avec le développement des machines, elle est devenue accessible à tous.



Sa composition est simple. Il s'agit de sucre, de colorants et d'arômes. Lors de sa confection, le sucre est chauffé à 160-170 °C. À cette température, le sucre fond et se mélange avec le colorant et l'arôme. Mais comment obtenir cette fameuse texture duveteuse ? Le sucre liquide est versé dans une bassine tournante et percée de petits trous. En tournant très vite, il se crée des fils de sucre fondu, fins et délicats, qui sont projetés vers l'extérieur. En effet, en tournant la bassine, on génère une **force centrifuge** qui pousse les objets vers l'extérieur. De la même manière qu'une machine à lessiver essore le linge en faisant tourner le tambour très vite. En tournoyant, les filaments de sucre refroidissent et sont récoltés autour d'un bâtonnet pour former un gros nuage gourmand. Gros et pourtant, figure-toi qu'il ne faut «que» 30 g de sucre pour fabriquer une barbe à papa ! C'est tout de même l'équivalent de 5 morceaux de sucre blanc classique.

Le caramel

Quand tu fais chauffer du sucre dans une casserole, celui-ci fond et prend progressivement une couleur brunâtre, tandis que de délicieuses odeurs



s'échappent et se répandent dans la cuisine. C'est ainsi que le caramel se forme. Simple non ? Si tu refroidis ta mixture, tu observeras que le liquide brun visqueux se solidifie. Bref, pas de retour en arrière possible. Dans ta casserole s'est produite une réaction chimique.

RECETTE



À RÉALISER SOUS LA SURVEILLANCE D'UN ADULTE

Tu peux aussi fabriquer du caramel mou en adaptant la recette. Pour cela, il te suffit de chauffer du sucre et du beurre entre 120 et 130 °C. Dans ces conditions et grâce au beurre, tu obtiens un caramel mou. Comme tu auras chauffé ton sucre à une température inférieure, ton caramel sera plus clair et de texture plus laiteuse. D'autres ingrédients peuvent aussi être ajoutés comme le sirop de maïs ou de glucose, qui favorisent tout deux la formation d'un caramel onctueux...

Le truc de ouf !

Ouille, ça pique !!!

Il existe effectivement des bonbons acidulés. Tu sais, ceux qui piquent et te font faire des grimaces ? Parmi les bonbons connus, il y a les célèbres Napoléons, les Soucoupes citriques ou les têtes brûlées. Pour obtenir cet effet, les confiseurs doivent ajouter un ingrédient acide, celui qui «pique» ! Ces acides sont par exemple, l'acide citrique, l'acide malique ou l'acide tartrique. L'acide citrique est un acide naturel qu'on retrouve dans le citron, les oranges, l'ananas et bien d'autres. Cependant, en confiserie, on se tourne vers l'acide citrique synthétique, bien moins cher. Attention, les dentistes attirent l'attention sur l'importance d'avoir d'excellents soins dentaires lorsqu'on mange ces bonbons en particulier car l'acide citrique consommé en grande quantité provoque une dissolution de l'email dentaire. C'est la fine couche qui protège les dents contre l'usure quotidienne et les agressions chimiques justement.



Le sucre blanc en grain que tu utilises est du sucrose. Il se compose de 2 parties attachées ensemble: le glucose et le fructose. Quand tu chauffes le sucre à 160 °C, le sucrose se décompose pour libérer le glucose et le fructose. Ensuite, toute une série de réactions chimiques se produisent. De longues molécules se forment, appelées respectivement caraméline, caramélane et caramélène. Avec elles, de plus petites se créent également dont le maltol, la molécule responsable de cette odeur divine.

La guimauve

Connue aussi sous le nom de marshmallow, elle est l'invitée de marque des feux de camps. Cuite délicatement à la flamme au bout d'un bâton, cette friandise fond littéralement dans la bouche. Beaucoup l'aiment aussi dans leur chocolat chaud en hiver. Mais comment les chimistes ont-ils créé ce bonbon léger et moelleux ? La guimauve est elle aussi composée de sucre, de sirop de glucose, d'eau et de gélatine. Pratiquement, le sirop est chauffé à 115 °C. À cette température, les petites molécules de sucre se décomposent pour en former de nouvelles se présentant sous forme de chaînes. À cette mixture épaisse et collante est ajoutée de la gélatine. Cette protéine permet de gélifier un mélange pour l'empêcher de s'écouler comme un liquide. C'est pour cela que le marshmallow est élastique. Les confiseurs battent la gélatine dans le sirop de sucre pour introduire une grande quantité d'air. Le mélange doit tripler de volume. Cette préparation est ensuite refroidie lentement dans un moule beurré et saupoudré d'amidon de maïs pour éviter que la pâte riche en sucre et gélatine ne colle pas trop.

BIG DATA

100 000

c'est le nombre annuel de tonnes de chewing-gums consommés dans le monde.

3,8 kg

c'est la consommation annuelle de friandises de Belgique. Notre pays est le 7^e plus gros mangeur de bonbons derrière la Suède, le Danemark et l'Allemagne qui occupent les 3 premières places du podium.



ACTU science:

Peut-on remplacer le sucre ?

En matière d'innovation en confiserie, il y a l'isomalt. Le quoi ? L'isomalt est un édulcorant, autrement dit, un produit qui donne un goût sucré sans être du sucre. Pratique non ? Il vient du sucrose et est obtenu par fermentation, c'est-à-dire, à l'aide de bactéries. Il se forme ainsi de l'isomaltulose que les chimistes ont transformé ensuite en isomalt. Cette molécule est judicieusement utilisée en confiserie car elle est 2 fois moins calorique que le sucre et présente un **indice glycémique** faible. Il est donc adapté aux personnes diabétiques. Les confiseurs aiment travailler l'isomalt pour de nombreuses raisons. Incorporé dans les bonbons, il n'absorbe pas l'eau. On dit qu'il a une faible hygroscopie. Ce qui fait que les bonbons peuvent se conserver plus longtemps et n'ont pas besoin d'emballage individuel. Un autre grand avantage est qu'il ne provoque pas de caries. En effet, les bactéries présentes dans ta bouche «consomment» le sucre car c'est une source d'énergie pour elles. Suite à cette digestion, elles délivrent des composés acides qui attaquent tes dents. Mais ces mêmes bactéries sont incapables de digérer l'isomalt. Grâce à la chimie, les bonbons du futur seront meilleurs pour les dents et la santé !

Le selfie du jour



Le cuberdon

Il s'agit d'une friandise belge en forme de cône, dur à l'extérieur et coulant à cœur. Bien qu'il en existe de tous les goûts aujourd'hui, le cuberdon originel est parfumé à la framboise. Cette sucrerie fruitée a été créé à Gand et vendue par Carl Demmestere. Son succès a très vite conquis les touristes si bien que d'autres concurrents se sont mis à le fabriquer. Cependant, la recette est jalousement gardée. Le cuberdon se compose de différents ingrédients: on y trouve de la **gomme arabique**, de la gélatine, du sucre, des arômes naturels de framboise et des colorants naturels. Ces ingrédients sont mélangés à haute température durant de nombreuses heures jusqu'à obtention d'un sirop onctueux et fluide. Ensuite, les confiseurs versent leur préparation dans des moules en forme de cône. Les bonbons sèchent ensuite durant une semaine à 55 °C. Dans ces conditions, une croûte se forme à l'extérieur protégeant son cœur moelleux.



LE P'TIT DICO



Force centrifuge:

c'est la force qui tend à éloigner en objet quand il est soumis à un mouvement circulaire.

Indice glycémique (IG):

il te permet de savoir si les glucides contenus dans l'aliment passent vite ou non dans le sang. Les glucides, c'est comme de l'essence pour une voiture. C'est l'énergie dont ton corps a besoin pour bouger. Ils se trouvent dans la plupart des aliments. L'IG est un nombre compris entre 0 et 100. Plus ce nombre est élevé, plus vite les glucides passent dans ton sang. Cette valeur ne dépend pas nécessairement de la quantité de glucides, mais aussi de la préparation de l'aliment, du temps de cuisson, de la température...

Gomme arabique:

elle est extraite de l'acacia du Sénégal. Cette gomme est souvent utilisée pour épaissir les préparations ou comme colle comestible. Les pâtisseries l'utilisent aussi comme « vernis » pour donner un coup de brillant sur leur préparation.

IL EN FAUT POUR TOUS LES GOÛTS

1 Question d'arôme

Goûts cerise, fraise, citron, orange, cassis, cola, crotte de nez, œufs pourris... j'en passe et des meilleurs ! La diversité des goûts permet de combler le palais des gourmands. Mais sais-tu ce que sont les arômes ? Ils peuvent être soit naturels, soit artificiels.

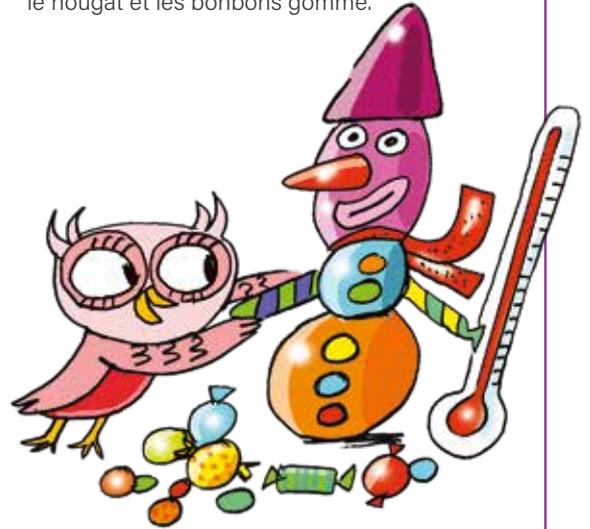
Les arômes naturels sont dérivés de vrais fruits, de gousses, de plantes, d'épices, de noix. La vanille est l'exemple le plus répandu. Elle est extraite de la gousse de l'orchidée *Vanilla planiflora*. Tu connais aussi la menthe qui vient des feuilles de la plante aromatique. Cet arôme, tu le retrouves beaucoup dans les chewing-gums. Les extraits de fruits tels que le citron, l'orange ou la fraise donnent un goût plus naturel aux bonbons. Aux États-Unis, on retrouve également la cannelle, une épice bien connue qui entre dans la composition de nos célèbres spéculoos.

Les arômes artificiels quant à eux sont synthétisés en laboratoire au départ de produits chimiques. Ils sont conçus pour imiter le goût et l'odeur des ingrédients naturels. Les confiseurs les utilisent car ils sont souvent moins chers et plus stables que leur équivalent naturel. Parmi les molécules les plus connues, il y a la vanilline, qui comme son nom l'indique, imite le goût de la vanille. Le Maltol est un autre composé chimique pour imiter le goût du caramel. Et pour les fruits rouges comme la fraise ou la framboise, il y a le furaneol. Pour le citron, on utilise le citral.

2 Question de température

Le sucre est l'un des ingrédients de base des bonbons. Mais il ne suffit pas d'en mettre dans la recette pour réussir son bonbon. Le contrôle de la température est très important car il définit la consistance finale de la friandise: dur, collant, cassant. La température impacte aussi la couleur et le goût. Chauffé trop fort, le sucre brunit. Ce qui gâche le résultat final. Les friandises sont classées en catégories de produits en fonction de leur dureté. Cette consistance est liée à la température à laquelle le sucre a été chauffé et donc à la quantité d'eau résiduelle dans le sirop de sucre. Plus la température monte, moins il y a d'eau dans le sucre.

- 1. Le petit boulé:** Lorsque le sirop atteint une température de cuisson comprise entre 115 et 117 °C, le sirop forme une boule molle qui roule lorsqu'il est refroidi. C'est la catégorie des caramels fondants.
- 2. Le boulé:** Lorsque le sirop atteint une température de cuisson comprise entre 118 et 121 °C, le sirop forme une boule souple qui roule lorsqu'il est refroidi. C'est la catégorie des meringues ou des pâtes d'amandes.
- 3. Le gros boulé:** Lorsque le sirop atteint une température comprise entre 121 et 129 °C, le sirop forme une boule ferme et ronde lorsqu'il est refroidi. On y retrouve les guimauves, le nougat et les bonbons gomme.



- 4. Le petit cassé:** Lorsque le sucre atteint une température de cuisson comprise entre 132 et 143 °C, la texture obtenue sera cassante et collera aux dents. On retrouve les caramels durs dans cette catégorie.
- 5. Le grand cassé:** Les friandises sont dures et cassables comme les sucettes. Elles sont produites en chauffant le sucre entre 148 et 154 °C. À cette température, il ne reste presque plus d'eau dans le sirop. En refroidissant, le bonbon devient dur et cassant. 🍬

TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec Curiokids:

«Plutôt gonflées ces bactéries !»

SCANNE-MOI





Fascinante suite de Fibonacci

Ah, la fameuse suite de Fibonacci... Tout le monde, ou presque, a déjà entendu ce nom, même sans savoir exactement de quoi il retourne. Cette suite infinie de nombres (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...) est souvent associée au nombre d'or (Φ) objet de fantasme mathématique par excellence. Pourtant, l'intérêt de la suite de Fibonacci dépasse de très loin ses liens avec Φ !

TEXTE : CLÉMENTINE LAURENS • TWITTER : @CLEMLAURENS
PHOTOS : @VERIN - STOCK.ADOBE.COM (P.33)

«Partant d'un couple de lapins dans un enclos, combien obtiendra-t-on de couples après un nombre donné de mois, sachant que chaque couple de lapins, à partir de deux mois d'existence, produit un nouveau couple par mois ?» Ce problème est issu de l'ouvrage le plus célèbre de Fibonacci, *Liber abaci*, publié en 1202. Penchons-nous un instant dessus. Le premier mois, seul un couple de lapins est présent. Le deuxième mois, ce couple n'est pas encore productif: il reste donc seul dans l'enclos. Le troisième mois, il produit un autre couple: on a dorénavant 2 couples de lapins. Le mois suivant, le premier couple produit encore un nouveau couple, mais le second couple n'est pas encore productif: on obtient donc, en tout, 3 couples. En poursuivant le raisonnement, on obtient les valeurs suivantes:

Mois	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	7 ^e	8 ^e	9 ^e	10 ^e	11 ^e	12 ^e
Nbr de couples	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144

En fait, elle constitue un excellent exemple de la manière dont s'échafaude parfois la connaissance mathématique: à partir d'un problème en apparence récréatif, sans grande ambition théorique, il arrive qu'on voie apparaître des objets aux propriétés surprenantes soulevant toujours plus de questions, ouvrant de nouveaux champs d'investigation... Regardons cela de plus près: avec Fibonacci pour guide et sa suite pour embarcation, partons en exploration sur le grand fleuve Mathématiques.

En regardant attentivement ce tableau, on constate que chaque case de la seconde ligne est égale à la somme des 2 cases précédentes: $2 = 1 + 1$; $3 = 2 + 1$; $5 = 3 + 2$; $55 = 34 + 21$... Et c'est logique ! Car chaque mois, il y a le nombre de couples présents le mois précédent, plus un nouveau couple par couple productif. Mais comme chaque couple ne devient productif qu'au bout de 2 mois d'existence, le nombre de couples productif un mois donné est exactement égal au nombre de couples présents 2 mois avant.

Si vous n'avez pas tout saisi à ce raisonnement, ne détalez pas comme des lapins pour autant. Car les mathématiques ont ceci de fabuleux qu'elles permettent d'exprimer simplement ce qu'il peut être difficile de décrire avec des mots. Si l'on formalise ce qui précède, en effet, on définit tout simplement une suite de nombres commençant par 1 et 1, et telle que chaque terme de la suite est égal à la somme des 2 termes précédents. Nous y sommes: voilà la célèbre «suite de Fibonacci».

Notons au passage que derrière le défi mathématique imaginé par l'auteur du *Liber abaci* se cache en fait l'un des premiers modèles mathématiques de dynamique des populations (1) ! Un modèle simpliste, dans lequel les lapins ne meurent jamais et où leur reproduction est facile à décrire.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. Comme les mathématiciens et mathématiciennes ne cessent jamais de lever des lièvres, ils ont commencé à triturer les termes de la suite de Fibonacci pour voir si des propriétés intéressantes - ou tout du moins amusantes - ne pouvaient pas en surgir (tel un lapin du chapeau d'un magicien). Ils ont par exemple découvert qu'en additionnant entre eux 10 termes consécutifs de la suite, le résultat était toujours égal à 11 fois le septième terme de la somme. En reprenant des valeurs du tableau de la page précédente, on vérifie ainsi que:

$$2 + 3 + 5 + 8 + 13 + 21 + 34 + 55 + 89 + 144 = 374 = 11 \times 34$$

Un mystère persistant

Et cela reste vrai pour n'importe quelle série de 10 termes consécutifs de la suite. La suite de Fibonacci possède de nombreuses propriétés comme celle-ci, que des amoureux des nombres se sont amusés à traquer et à lister. Cependant, des propriétés plus subtiles, plus profondes, se cachent dans cette suite. On peut ainsi citer l'utilité des nombres de Fibonacci pour constituer des «triplets pythagoriciens»: ces ensembles de 3 nombres entiers (a,b,c) vérifiant $a^2 + b^2 = c^2$. Quel intérêt ? Faire des équerres ! Car d'après le célèbre théorème de Pythagore, si l'on connaît 3 nombres entiers (a,b,c) vérifiant cette égalité, alors un triangle de côtés a, b et c sera toujours rectangle. Bien pratique pour manufacturer des outils de géométrie ! Et plus pratique encore: il existe une méthode systématique pour fabriquer un triplet pythagorien à partir de 4 termes consécutifs pris n'importe où dans la suite de Fibonacci. Une jolie propriété, qui fait écho à des problèmes assez profonds de théorie des nombres.

Mais le plus surprenant avec la suite de Fibonacci est que, plus de 800 ans après sa création, elle n'a



LEONARDO DA PISA, DIT «FIBONACCI»

Leonardo Da Pisa («Léonard de Pise») naît en 1170 (et meurt en 1250) en Italie. Plus connu sous son surnom «Fibonacci» («fils de Bonaccio»), il est le fils d'un commerçant et passe son enfance et sa jeunesse en Afrique du nord avec son père, lequel l'encourage très tôt à s'initier à la comptabilité.

Au cours de ses voyages et à mesure que croît son intérêt pour les mathématiques, Fibonacci constate la supériorité du système numérique indo-arabe (3) sur le système de numération romain, encore utilisé en Europe à la fin du 12^e siècle. Il sera un ardent défenseur de ce système de numération, et beaucoup d'historiens considèrent qu'il est à l'origine de son adoption en Europe. Plus largement, Fibonacci jouera un rôle de «passeur de savoirs» pour l'introduction des mathématiques orientales et arabes dans l'Italie du 13^e siècle.

Mais Fibonacci ne se contente pas d'importer des connaissances venues d'ailleurs: il apporte lui-même un certain nombre de contributions, formulant des problèmes et démontrant des résultats. Phénomène notable: il s'intéresse non seulement à des problèmes liés au commerce, mais aussi à des aspects plus abstraits, plus fondamentaux des mathématiques. Il apporte en particulier des résultats très novateurs en théorie des nombres, mais qui resteront largement méconnus pendant plusieurs siècles. Ses travaux de mathématiques appliquées, en revanche, ainsi que son activité d'enseignement, lui vaudront de son vivant une notoriété certaine.

toujours pas livré tous ses secrets. Une question en particulier taraude les mathématiciennes et mathématiciens depuis des décennies, sans que personne ne soit encore parvenu à y répondre: y a-t-il, oui ou non, une infinité de nombres premiers (2) parmi les termes de cette suite ? Il semblerait que oui, d'après les tests faits par ordinateur. Mais nul ne peut l'affirmer avec certitude. Celui ou celle qui y parviendra verra sans aucun doute sa démonstration publiée dans la revue *Fibonacci Quarterly*, une revue spécialement dédiée aux résultats mathématiques relatifs à cette suite ! A

(1) La dynamique des populations est un domaine des mathématiques qui cherche à comprendre comment une population donnée évolue dans le temps, en fonction des différentes contraintes qu'elle subit (mort, reproduction, prédation...).

(2) Un nombre premier est un nombre qui possède exactement deux diviseurs: 1 et lui-même. Par exemple, 2, 3, 29 et 47 sont premiers, mais 6 ne l'est pas (car 6 est divisible par 1, 2, 3 et 6).

(3) Le système de numération indo-arabe correspond aux chiffres tels qu'on les connaît à l'heure actuelle, écrits avec les neuf symboles 0, 1, 2, 3, 4...



Le second visage des assuétudes

Il n'existe pas de données épidémiologiques précises et fiables sur les addictions comportementales. En revanche, tout indique que ces dépendances ont le vent en poupe. Notamment parce que certaines d'entre elles ont trouvé depuis une trentaine d'années un support technologique qui a permis leur éclosion et leur expansion: Internet. C'est notamment le cas des addictions aux jeux en ligne et à la cybersexualité, dont l'essor devient de plus en plus problématique

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: ©NEW AFRICA - STOCK.ADOBE.COM (P.35), ©GORODENKOFF - STOCK.ADOBE.COM (P.37)

L'absence d'un consensus quant à la définition et à la liste des addictions comportementales est une des raisons majeures à l'origine du manque de données épidémiologiques relatives à ces «addictions sans substance», ainsi qu'on les nomme parfois pour les distinguer des addictions aux substances psychoactives - tabac, drogues, alcool. Isabelle Varescon, professeure à l'Université Paris Cité, directrice du *Laboratoire de Psychopathologie et Processus de Santé (LPPS)*, précise néanmoins que des objets d'addiction bien circonscrits ont été identifiés comme de loin les plus fréquents. Sans

prétendre à l'exhaustivité, on citera les achats, les jeux de hasard et d'argent, le sexe et la cybersexualité, les conduites alimentaires, le travail, l'activité physique. Six facettes des addictions comportementales que décortique un ouvrage publié très récemment aux *Éditions Mardaga* (1) sous la direction d'Isabelle Varescon. On pourrait y adjoindre des formes de cyberdépendance autres que la cybersexualité, en particulier l'addiction aux réseaux sociaux.

Une autre raison expliquant le manque de données épidémiologiques est que contrairement aux addictions aux substances psychoactives, où se manifestent assez rapidement des conséquences visibles en matière de désocialisation et de santé physique et psychologique pour lesquelles beaucoup de personnes consultent tôt ou tard des centres de soins, les addictions comportementales ont une particularité essentielle qu'Isabelle Varescon évoque dans l'ouvrage susmentionné: «(...) leur objet addictif est un objet commun sans toxicité apparente, utilisé par tous (achats, nourriture, jeux, ordinateurs) ou qui concerne la majorité d'entre nous (travail, sport).»

Vu leur objet, ces addictions ne sont pas forcément connotées négativement au départ. Quand elles ont trait au travail ou à l'activité physique, elles ont même tendance à être valorisées socialement. Dès lors, les personnes qui les présentent mettent souvent du temps à





se rendre compte de l'existence d'un problème et, par conséquent, ne consultent pas. Jusqu'il y a peu, les addictions comportementales ne constituaient qu'une préoccupation mineure pour les pouvoirs publics. Toutefois, sous l'impact des dégâts qu'occasionnent les jeux de hasard et d'argent et la cybersexualité lorsqu'ils deviennent addictifs, la perception des autorités commence à évoluer vers une phase de prise de conscience.

L'addiction aux achats et l'anorexie mentale ne pourraient prendre racine dans les pays déshérités, soulignant ainsi que le contexte socioéconomique propre à la société de consommation favorise l'essor des addictions comportementales au même titre que certains progrès de la technologie qui, comme Internet, ont servi de support aux jeux en ligne et à la cybersexualité

Une autre difficulté tient au fait que rares sont les addictions comportementales répertoriées dans le DSM-5, la 5^e édition de la « bible » de la psychiatrie américaine. Pour l'heure, seules y figurent celles dont l'épicentre est les jeux d'argent ou les troubles des conduites alimentaires. Les « brouillons » de la prochaine édition du DSM font état de l'addiction à la cybersexualité et s'efforceraient d'en définir les critères. Malgré l'élaboration d'échelles spécifiques d'évaluation, l'absence de standards internationaux pour la plupart des addictions comportementales entretient un certain flou qui nuit tant à l'obtention de données épidémiologiques fiables qu'à une approche comparative des résultats des travaux de recherche. « Néanmoins, cela n'empêche pas une prise en charge efficace des patients », signale Isabelle Varescon.



⁽¹⁾ Les addictions comportementales. Aspects cliniques, psychopathologiques et sociétaux. Mardaga Supérieur, 2022.

⁽²⁾ Chacune des versions possibles d'un même gène.

Réalité bio-psycho-comportementale

À défaut d'une définition faisant consensus au sein de la communauté scientifique, la psychologue propose l'énoncé suivant: « Les addictions comportementales sont le résultat d'un processus interactionnel entre un individu et un objet externe, banal, à disposition de tous, qui conduit à une expérience sur laquelle se développe une dépendance principalement psychologique en raison des effets qu'elle procure et des fonctions qu'elle remplit. Cette dépendance, qui se traduit par la répétition de la conduite, la perte de contrôle, la centration et le besoin, peut entraîner des conséquences négatives pour la personne et son entourage. »

Aux yeux d'Isabelle Varescon, il est erroné, en l'occurrence, d'assimiler le concept de dépendance à celui de trouble ou de maladie. Pourquoi ? Parce que toute dépendance n'est pas pathologique, dans la mesure où elle ne draine pas nécessairement dans son sillage des effets délétères pour l'individu ou son entourage. Ainsi, la dépendance amoureuse peut être bien vécue et même source de bonheur. Et, finalement, nous sommes dépendants de mille et une choses, à commencer par l'air que nous respirons et la nourriture que nous consommons. « *Initialement, le nombre d'heures passées sur Internet ou à travailler était considéré comme déterminant pour caractériser une addiction à ce réseau ou une addiction au travail, commente Isabelle Varescon. Ce critère est mauvais, n'a même guère de sens. Ce qui importe, ce sont les raisons du comportement et l'impact de son arrêt sur l'individu.* »

Les addictions comportementales se développent sur le terrain d'une réalité bio-psycho-comportementale dans une société donnée. Les individus ne sont pas égaux face aux addictions. De plus en plus de travaux sont initiés dans la sphère de la génétique, mais ils sont essentiellement centrés sur les addictions aux substances. Les études portant sur des jumeaux homozygotes soulignent certes des prédispositions génétiques, mais dévoilent également la part importante qui revient, dans l'éclosion des addictions, à l'environnement et au contexte psychosocial. « *Il faut toujours recontextualiser les résultats des études génétiques, insiste Isabelle Varescon. Aucun gène, aucun allèle (2) n'a été identifié comme clé de voûte du développement d'une addiction.* »

Y a-t-il des traits de personnalité qui seraient à risque pour les addictions comportementales ? Pour l'heure, des travaux sur de petits échantillons semblent en dégager certains, mais à défaut d'études sur de vastes populations, ils ne permettent pas de conclure, nous cantonnant dans l'interprétation et l'extrapolation. Il semble toutefois que l'impulsivité soit une caractéristique très présente dans les différents types d'addictions comportementales. « *Aujourd'hui, on n'est cependant pas en mesure de conclure qu'elle est commune à toutes les personnes addicts et, de toute façon, elle ne pourrait expliquer à elle seule le phénomène addictif* », dit Isabelle Varescon.

Selon les recherches du professeur Joël Billieux, de l'Université de Lausanne, l'impulsivité serait en tout cas un facteur de risque dans l'addiction aux jeux en ligne, plus spécialement les MMORPG (Massively Multiplayer Online Role-Playing Games). Selon le modèle proposé en 2001 par Stephen Whiteside et Donald Lynam, de l'Université du

Kentucky, l'impulsivité n'est pas un monolithe mais comporterait 4 dimensions qui se renforcent ou se tempèrent mutuellement: l'urgence, définie comme la tendance à exprimer de fortes réactions dans les contextes émotionnels, le manque de persévérance (dans l'accomplissement d'une tâche difficile ou ennuyeuse), le manque de préméditation, c'est-à-dire la tendance à ne tenir aucun compte des conséquences d'un acte avant de l'engager, et la recherche de sensations. Toutes seraient impliquées dans une dérive vers le jeu pathologique.

Les études mettent en évidence une dimension transversale à l'ensemble des addictions comportementales: une faible estime de soi. L'addiction vient alors au secours de l'individu confronté à une sorte de fragilité narcissique. Par exemple, dans les jeux MMORPG, il est probable que le joueur recherche entre autres, via son avatar, un sentiment de maîtrise qui dope son ego. «*De même, acheter des vêtements de façon compulsive, avec les dépenses et l'éventuel endettement que cela suppose, est de nature à donner à l'acheteur un sentiment de toute-puissance*», fait remarquer Isabelle Varescon.

Distorsions cognitives

La chercheuse indique par ailleurs que les travaux de recherche et la pratique clinique montrent que des difficultés de régulation émotionnelle sont fréquemment associées tant aux addictions aux substances qu'aux addictions comportementales. «*On observe souvent des affects négatifs, voire des éléments dépressifs ou anxieux*, rapporte-t-elle. *L'addiction est alors une échappatoire qui permet de se sentir mieux, mais il s'agit évidemment d'un piège.*» Dans la réalité bio-psycho-comportementale, il faut en outre tenir compte de l'existence de biais cognitifs (ou distorsions cognitives) associés aux comportements inadéquats des individus addicts. C'est dans le jeu pathologique que ces biais ont été le plus étudiés au sein des addictions comportementales. On a notamment relevé un biais attentionnel en faveur des stimuli en rapport avec les jeux en ligne, phénomène bien documenté également pour les stimuli relatifs à l'alcool dans l'alcoolisme. «*Plusieurs distorsions cognitives ont été identifiées dans différents types d'addiction*, commente Isabelle Varescon. *L'une d'elles, très fréquentes, consiste en un biais de rationalisation et de croyances permissives qui vient justifier le recours à l'addiction. Une personne pourra penser: "J'ai acheté 8 pulls en sortant de mon travail, mais je le méritais bien vu tout le boulot que j'ai accompli aujourd'hui". Autre phénomène: une illusion de contrôle, particulièrement bien mise en lumière dans le jeu pathologique.*»



Dans les jeux en ligne MMORPG, l'avatar vient au secours du joueur en lui conférant un sentiment de maîtrise qui dope son ego et édulcore ainsi sa fragilité narcissique.

Il est acquis que des distorsions cognitives sont à l'œuvre dans toute assuétude. Elles peuvent avoir trait entre autres à des difficultés d'inhibition d'informations non pertinentes, à l'émergence de pensées intrusives, à l'automatisme de comportements ou encore à d'autres domaines, tels ceux que nous venons d'évoquer: le biais de rationalisation ou le sentiment de contrôle. Un vaste champ de recherche s'ouvre dans la mesure où il convient à présent de déterminer, pour chaque type d'addiction, la nature des distorsions qui y sont impliquées. D'où l'intérêt d'aboutir à l'élaboration de thérapies travaillant la métacognition, la prise de conscience par le sujet addict des cognitions qu'il produit en lien avec son addiction.

On ne peut abstraire les addictions comportementales d'un contexte sociétal. Ainsi, l'addiction aux achats pourrait-elle prendre racine dans les pays déshérités et l'anorexie mentale, dans ceux, souvent les mêmes, où règne la famine ? Non, bien sûr. Il est patent que le contexte socio-économique propre à la société de consommation favorise l'essor des addictions comportementales au même titre que des progrès de la technologie qui leur ouvrent des fenêtres, comme Internet.

À ce jour, les thérapies cognitivo-comportementales sont globalement les plus efficaces face à ces troubles mais une addiction n'est pas l'autre et, comme le mentionne Isabelle Varescon, «*il n'existe pas de schéma de prise en charge prédéfini, systématique*». 



LES PRISONNIERS DU BOULOT

Certains considèrent le travail comme l'épicentre de leur vie, ce qui n'a rien de pathologique en soi, mais chez d'autres, il revêt en plus une dimension obsessionnelle et devient un objet de compulsion. Il pénètre alors sur le terrain des troubles psychiques, plus précisément des addictions comportementales. En l'occurrence, celle qui fut baptisée «workaholisme» en 1968 par l'Américain Wayne Oates. Ce psychologue, qui était également pasteur, créait ainsi un néologisme fondé sur les mots *work* (travail, en anglais) et *alcoholism* (alcoolisme), soulignant de la sorte la similitude entre les mécanismes à l'œuvre dans l'addiction au travail et dans l'addiction à l'alcool - ou plus largement dans les toxicomanies.

Le nombre d'heures que l'on consacre au travail n'est pas le baromètre du workaholisme, même s'il fut initialement considéré comme tel. Il représente évidemment une composante du problème, mais la clé de voûte de l'addiction est à chercher ailleurs, dans les causes du comportement du «workaholique» et dans le sentiment de manque qu'il éprouve dès qu'il tente d'y mettre fin. On peut bosser 15 h par jour et s'en trouver bien. Les «gros» travailleurs arrivent à couper l'interrupteur, à profiter alors pleinement de leur vie de famille et de leurs contacts sociaux, à s'adonner à des loisirs, à se ressourcer. Les workaholiques, eux, ne parviennent jamais, ou presque, à s'extraire de leur travail.

Des conséquences multiples

Selon les rares études épidémiologiques disponibles, 8 à 10% des actifs seraient concernés. L'élément cardinal qui caractérise les personnes workaholiques n'est pas l'important capital de temps qu'ils investissent dans le travail, nous l'avons dit, mais la compulsion, la pression interne qu'ils ressentent et qui les obligent à travailler. À leurs yeux, toute autre activité, qu'elle soit familiale, sociale ou récréative, devient secondaire. Ne pas travailler génère chez eux un mal-être intérieur et un sentiment de culpabilité. Les workaholiques éprouvent des sensations psychiques et physiques de manque dès qu'ils sont dans l'incapacité de travailler, par exemple en cas de maladie ou à l'occasion des jours fériés.

L'addiction au travail n'est pas dénuée d'effets délétères. Et tout d'abord pour les workaholiques eux-mêmes. Dans *Les addictions comportementales* (Éditions Mardaga), Évelyne Bouteyre, professeure de psychopathologie à l'Université d'Aix-Marseille, évoque une alimentation désordonnée, un manque d'exercice physique, de repos et de sommeil, une suralimentation, un excès de tabac et de caféine. «Comme conséquences plus immédiates, écrit-elle, on note des maux de tête, des douleurs musculaires, de la fatigue chronique et de l'insomnie, des allergies, des troubles digestifs, des reflux acides, des diarrhées et/ou de la constipation, des douleurs

thoraciques, de l'essoufflement, des tics nerveux et des vertiges.» Mais ce n'est pas tout. Stress important, obésité, hypertension artérielle, accidents vasculaires cérébraux ou troubles cardiaques sont également répertoriés comme de possibles conséquences à plus long terme, au même titre que le burn-out et des plaintes qui appartiennent à ces entités plus floues que sont le syndrome de fatigue chronique ou la fibromyalgie. Chez l'accro au travail, d'autres addictions, notamment à l'alcool et au tabac, sont souvent observées.

La vie conjugale et familiale est également mise à rude épreuve. Le/la conjoint(e) se sent délaissé(e) et contraint(e) d'abandonner ses rêves. Les moments d'intimité sont ternis, voire laminés, par un duo infernal: les sensations de manque qui envahissent le workaholique et la culpabilité qui s'empare de lui parce qu'il n'est pas en train de travailler. Pas facile non plus d'être l'enfant d'un bourreau de travail. Il faut composer avec un père ou une mère stressé, irritable, sans humour, très exigeant sur le plan de la réussite scolaire, jugeant sans intérêt réel le sport, l'art ou toute activité autre que les études.

Management toxique

Paradoxe ou non, le workaholisme ne trace pas le sillon d'une meilleure efficacité professionnelle. L'addict vit dans une sorte d'isolement social sur son lieu de travail et est peu enclin à déléguer tâches et responsabilités, sans doute en raison du haut degré de perfectionnisme qui le caractérise et le pousse à considérer qu'une activité en cours, par exemple la rédaction d'un dossier, n'est jamais terminée malgré le temps investi. Le workaholique n'est donc pas un «hyperperformeur». De surcroît, son comportement peut être source de conflits avec son entourage professionnel.

Quelles sont les causes du workaholisme ? La majorité des auteurs s'accordent pour le situer au confluent de prédispositions individuelles et d'un contexte de travail qui le favorise. Les études mettent en évidence une dimension transversale à l'ensemble des addictions comportementales: une faible estime de soi. En l'occurrence, le travail apporterait au workaholique la reconnaissance et la valeur dont il se juge dépourvu.

L'environnement de travail peut booster la tendance au workaholisme. C'est le cas lorsque le climat organisationnel privilégie la compétition et les heures supplémentaires, glorifie le travailleur acharné. Mais aussi lorsqu'un management toxique «met la pression» en arguant de la nécessité d'accroître la productivité, de tenir ou de dépasser des objectifs initialement fixés, ou lorsqu'il cultive un sentiment d'urgence. Et puis, ainsi que le fait remarquer Évelyne Bouteyre, «le phénomène grandissant de la connectivité permanente, notamment par le biais des smartphones, est un mode d'attache supplémentaire au travail».



Qui est-ce ? Marthe GAUTIER

TEXTE : JACQUELINE REMITS • JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : DR (P.39), GAUTIER BARTOLI/VIGNETTE (P.39)

l'internat des Hôpitaux de Paris et je passe 4 ans en apprentissage clinique en pédiatrie. En 1955, je soutiens ma thèse en cardiologie pédiatrique sous la direction de Robert Debré, alors responsable de la pédiatrie en France. Il me propose une bourse d'études d'un an aux États-Unis. Je choisis Harvard, où je poursuis ma formation sur les cardiopathies congénitales. Je m'initie également à la culture cellulaire en travaillant sur des fibroblastes. J'avais eu la promesse de mon directeur qu'à mon retour de Boston, j'obtiendrais un poste en cardiologie infantile à l'hôpital Bicêtre. Raté: c'est un homme qui en bénéficiera. J'intègre alors l'hôpital Trousseau, dans le service dirigé par le Professeur Turpin, spécialisé dans les syndromes dits polymalformatifs, dont le «mongolisme» (terme médical utilisé à l'époque pour la trisomie 21) est le plus courant. Un an plus tard, quand 2 biologistes suédois établissent l'existence de 46 chromosomes chez l'humain, et que Raymond Turpin est favorable à l'hypothèse d'une origine chromosomique de la trisomie, j'ai un déclic. Je lui propose d'en faire mon affaire si on me donne un local. Il accepte et je constitue le premier laboratoire de culture cellulaire in vitro en France. Je travaille sur des fibroblastes issus de tissu conjonctif que le service de chirurgie voisin a prélevé au cours d'interventions. En le mettant en culture, je parviens à faire pousser les fragments et proliférer les cellules. Je travaille avec les moyens du bord. Dotée d'un vieux microscope, sans moyens financiers et travaillant bénévolement, je mets en culture des cellules de patients atteints du syndrome de Down et d'autres non atteints.



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 10 septembre 1925, Montenils (Seine-et-Marne, France)

DÉCÈS: 30 avril 2022, Meaux (Seine-et-Marne, France)

NATIONALITÉ: Française

SITUATION FAMILIALE: Célibataire

DIPLÔME: Faculté de médecine de Paris

CHAMPS DE RECHERCHE: Cardiologie pédiatrique, trisomie 21, hépatologie infantile

DISTINCTIONS: Grand Prix de la Société française de génétique humaine (2014), Officière de la Légion d'honneur (2014), Commandeure de l'Ordre national du Mérite (2018), Médaille présidentielle de la Liberté (2015)

Je suis...

Comme je l'ai souvent dit, je suis une «découvreuse oubliée». Une de plus. Née dans une famille d'agriculteurs du pays de Brie, 5^e d'une famille de 7 enfants, j'ai la chance d'avoir une mère qui veut que ses filles fassent des études. Ce n'est pas courant à l'époque. Attirée par le latin, je le suis aussi par la médecine que ma sœur aînée Paulette étudie alors dans Paris occupé. En 1942, à 17 ans, je la rejoins avec le désir de devenir pédiatre. En bon mentor, elle me transmet 2 messages: pour réussir en médecine, une femme doit travailler 2 fois plus qu'un homme et, venant de notre campagne, sans relations, nous ne pouvons compter que sur nous-même. Hélas, ma sœur perd la vie en août 1944 durant les derniers affrontements de la Libération. Cela ne m'a pas empêchée de réussir le concours de

À cette époque...

Le 17 juillet 1942, quand je rejoins ma sœur à Paris, une gigantesque rafle a lieu. Plus de 8 000 Juifs sont arrêtés par la police française pour être parqués au Vélodrome d'Hiver (le Vel' d'Hiv'). Le port de l'étoile jaune devient obligatoire. En 1955, l'année où je passe ma thèse en cardiologie pédiatrique et me rends aux États-Unis, James Dean, espoir du cinéma américain, meurt dans un accident de voiture à 24 ans. En 1958, quand je mets en évidence une anomalie chromosomique chez les personnes atteintes du syndrome de Down, le 17 avril, le roi Baudouin inaugure l'Exposition universelle de Bruxelles avec l'Atomium pour emblème. La même année, de Gaulle est élu Président de la République française.

J'ai découvert...

Qu'il existe bien un chromosome supplémentaire dans les tissus cellulaires des enfants trisomiques. Dans les cellules d'un garçon trisomique, j'ai

observé un chromosome de plus. Selon moi, en mai 1968, il s'agissait de la première mise en évidence d'une anomalie chromosomique chez les individus atteints du syndrome de Down. Mais dans mon labo de fortune, je ne dispose pas d'un microscope capable de photographier les lames. Un chercheur du CNRS, Jérôme Lejeune, élève de mon patron, se montre intéressé par mes travaux et me propose de prendre mes plaques en photo grâce à un microscope spécifique. Et puis, plus de nouvelles: «*Les photos sont chez le patron*», me dit-on. J'avais la sensation étrange et amère de devenir gênante. En août 1958, les photos ont permis d'identifier un chromosome surnuméraire chez le patient trisomique. J'apprendrai un peu plus tard que Jérôme Lejeune avait publiquement parlé de cette découverte lors d'un séminaire sur la génétique à Montréal durant l'été, sans me citer. En octobre 1958, il a annoncé la découverte de la trisomie 21 et du syndrome de Down lors d'un séminaire de génétique de l'Université McGill, au Canada. En janvier 1959, le laboratoire a publié les résultats de l'analyse des lames dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, dans un article mentionnant comme auteurs, dans l'ordre, Jérôme Lejeune, Marthe Gauthier (mon nom écrit avec une faute) et Raymond Turpin, chef de laboratoire. Et cela, contrairement à l'usage qui voulait que le chercheur, ou la chercheuse, qui a imaginé et réalisé les manipulations soit le premier signataire. À Denver, en avril 1960, la première trisomie humaine sera baptisée trisomie 21 et la mise en évidence de l'anomalie chromosomique attribuée à Jérôme Lejeune. Je me suis sentie blessée et de là est né mon sentiment d'être la «découvreuse oubliée».

Si je n'ai rien dit alors, c'est parce que je risquais de ne pas être écoutée, comme je l'ai fait remarquer dans *Complément d'enquête* sur France 2. C'est toujours fatigant de chercher à démontrer quelque chose et de ne pas y arriver. Même Turpin ne m'a jamais beaucoup remerciée de tout ce que j'avais fait, donc j'étais plutôt dégoûtée. Dans un autre entretien accordé à *Médecines/Sciences* en 2009, cité par *France Culture*, je me suis souvenue avoir été, à l'époque, consciente de ce qui se dessinait sournoisement, mais je n'avais pas assez l'expérience, ni l'autorité dans ce milieu médical dont je n'avais pas encore compris les mécanismes pour savoir comment m'y confronter. Trop jeune, je ne connaissais pas les règles du jeu. Tenu à l'écart, je ne savais pas pourquoi l'on ne publiait pas tout de suite. Je n'ai compris que plus tard que Jérôme Lejeune, inquiet et n'ayant par l'expérience des cultures, craignait un artéfact qui aurait brisé sa carrière - jusque-là assez peu brillante - mais qui, si les résultats étaient avérés, s'annonçait soudain géniale. A

SAVIEZ-VOUS QUE...

Convaincue d'avoir été trahie, Marthe Gauthier abandonne la trisomie 21 pour retourner vers les soins de l'enfant atteint de cardiopathie. Elle a participé à plusieurs découvertes dans ce domaine et consacré sa vie professionnelle à l'étude de différentes anomalies congénitales chez les nourrissons et les enfants. En 1966, elle a fondé et dirigé le département d'anatomopathologie des maladies hépatiques de l'enfant à l'hôpital du Kremlin-Bicêtre. Elle sera maîtresse de recherche en 1967, puis directrice de recherche à l'INSERM, et membre de la Commission scientifique spécialisée (CSS) de cet organisme, «*Métabolismes inorganiques, physiologie et pathologie hépatiques et digestives*».

Lors de sa retraite, elle s'est passionnée pour la peinture et la botanique. À son décès, l'association *Femmes et sciences* a tenu à rendre hommage, sur son site, à Marthe Gauthier, la scientifique, mais aussi la poète et peintre, en rappelant qu'elle était «*la découvreuse incontestée du chromosome 21 car elle seule, en France, connaissait et a mis en œuvre la technique de la culture cellulaire apprise à Harvard, technique indispensable à cette découverte*». Et de reprendre les mots de la romancière Corinne Royer, autrice du livre *Ce qui nous revient* (Éditions Actes Sud): «*Juste avant le 1^{er} mai, elle qui aimait tant les plantes, les fleurs, les arbres et tout ce que les forêts comptent de mystère et de féerie, elle nous a quittés, sans doute en emportant quelques brins de muguet...*».



La vidéo: star de la communication numérique

TEXTE : JULIE FIARD - JFI@EASI-IE.COM

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

ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

Avez-vous déjà essayé de consulter une page, un réseau social ou même un site Internet sans y trouver un contenu vidéo ? À l'heure actuelle, ce format est clairement devenu incontournable. L'utilisation de la vidéo en ligne poursuit sa forte croissance et ce depuis de nombreuses années. Dès les années 90, la vidéo tente une percée sur le net. C'est seulement en 1999, grâce à l'essor du *Peer-to-Peer*, une technologie qui facilite et accélère les échanges entre plusieurs ordinateurs au sein d'un réseau, que certaines vidéos virales sont envoyées par email. C'est en 2005 que la première vidéo est téléversée sur *YouTube* et que le partage vidéo augmente rapidement. Désormais, la connexion

Internet le permet. Depuis, la technologie vidéo a énormément progressé. Le coût des connexions Internet est plus bas qu'il y a quelques années et leurs vitesses sont bien plus élevées.

Les plateformes de diffusion «classiques»

La vidéo est devenue incontournable, elle est omniprésente sur tous les réseaux sociaux. Le contenu vidéo est accessible pour tous et est utilisé pour divertir, instruire, informer, faire de la publicité. En tant qu'utilisateur, il est de plus en plus complexe de trouver le contenu vidéo qui





nous convient, l'offre étant immense, il est facile de s'y perdre. Voici quelques pistes pour vous y retrouver.

Facebook Watch

Le service intégré de vidéos à la demande de *Facebook* est accessible directement depuis l'application principale via par le symbole d'un écran avec le signe «play» en son centre ou via l'url:  <https://www.facebook.com/watch>.

Que ce soit sur vos appareils mobiles ou depuis un ordinateur, le principe est le même: grâce à la loupe, il est possible de faire des recherches par mots-clés pour trouver des vidéos susceptibles de vous intéresser. Les vidéos proposées par *Watch* ne sont pas limitées dans le temps, contrairement à d'autres services de courtes vidéos dont nous allons parler également.

Dans l'interface de *Facebook Watch*, vous retrouverez plusieurs types de vidéos.

- Les vidéos sélectionnées «Pour vous», qui sont préalablement choisies par l'algorithme en fonction du contenu que vous consultez sur *Facebook*.
- Les vidéos «En direct» sont filmées en live au moment où vous regardez *Facebook* sur les pages et profils que vous suivez. *Facebook* vous propose également du contenu en direct de pages et profils que vous ne suivez pas forcément, l'algorithme est passé maître dans l'art de proposer des suggestions de contenus.
- Les «Reels» à visionner dans l'interface *Watch*, mais aussi directement depuis la page d'accueil quand vous arrivez sur votre profil. Il s'agit de vidéos courtes de maximum 90 secondes,

au format vertical. C'est à dire, lisible facilement depuis un smartphone.

Les Reels sont majoritairement des vidéos divertissantes. L'interface de création permet d'ailleurs d'ajouter des effets et de la musique à vos créations vidéo, qui se consomment à la chaîne en scrollant. C'est un peu le fast-food du contenu vidéo. On ne sait pas ce qu'on regarde et on scrolle jusqu'à s'arrêter ou non, sur un contenu qui nous divertit ou nous interpelle.

- Dans le menu «Suivi(e)s», vous trouverez aussi toutes les vidéos éditées par les pages que vous suivez sur *Facebook*, ce qui permet de retrouver le contenu qui vous correspond plus facilement.
- Vos «Enregistrements»: c'est à dire toutes les vidéos que vous avez consultées sur *Facebook* et que vous avez eu envie de conserver en cliquant sur «Enregistrer pour regarder plus tard».

Youtube

Sur *YouTube* en ligne et sur mobile, en réalisant une simple recherche par mots-clés, vous avez accès à des heures et des heures de contenu vidéo, qu'il est possible de consigner. Ici, vous allez trouver tout type de contenus, n'oublions pas que c'est la plateforme historique des influenceurs. Il existe néanmoins un grand nombre de reportages, de tutoriels, de chaînes spécifiques à de nombreux sujets et auxquelles vous pourrez vous abonner afin d'être tenu au courant des nouvelles mises en ligne.

YouTube propose également une section «Vos films», qui est un service de vidéo à la demande. Grâce à la recherche, trouvez le film que vous



ASTUCES YOUTUBE

- Pour télécharger une vidéo *YouTube* (cette fonctionnalité n'étant pas toujours disponible), il suffit, dans l'URL de la vidéo, de remplacer *youtube* par *Youpak*. Dans la fenêtre qui apparaît, vous allez pouvoir choisir les paramètres de téléchargement de la vidéo. Qui s'affichera ensuite dans le dossier «Téléchargements» de votre ordinateur.
- Pour partager une vidéo à partir d'un moment précis, amenez le curseur de temps de la vidéo au moment où vous le souhaitez. Utilisez le clic droit de votre souris et sélectionnez «copier l'url de la vidéo à partir de cette séquence». *YouTube* générera automatiquement une

URL dans laquelle la vidéo sélectionnée démarrera au moment choisi.

- Pour activer les sous-titres sous les vidéos, rendez-vous dans le menu en bas à droite de chaque vidéo. Pour changer de langue, dans «Paramètres», cliquez sur «Sous-titres» puis sélectionnez l'option «Traduire automatiquement». Sélectionnez la langue souhaitée.
- Pour créer une file d'attente et lire plusieurs vidéos à la suite, sans ouvrir la vidéo, passez simplement votre souris sur la vignette de la vidéo et les options «à regarder plus tard» et «ajouter à la file d'attente» vont vous être proposées. Cliquez sur «ajouter à la file d'attente» et lancez ensuite la vidéo qui s'est affichée en miniature, les autres vidéos sélectionnées seront lues à la suite les unes des autres.

avez envie de visionner en le louant (disponible seulement pour une durée limitée de 24 à 48h) ou en l'achetant (visionnage illimité).

Une alternative très pratique est disponible pour enfants: *YouTube Kids* ( <https://www.youtubekids.com>). En tant que parents, vous pouvez décider des paramètres en fonction de l'âge de vos enfants.

Enfin, histoire de faire comme *Facebook* et ses Reels et de concurrencer les spécialistes en la matière *Instagram* et *TikTok*, il existe désormais un nouveau format de courtes vidéos de 15 à 60 secondes disponible dans «*Youtube Shorts*».

Instagram

Est-il encore nécessaire de présenter ce réseau social initialement dédié au partage de photos, puis de vidéos ? Vous y retrouverez 3 types de contenu vidéo:

- Les «Reels»: et oui, les vidéos courtes sur *Instagram* (90s maximum) ont le même nom que sur *Facebook*, étonnant ? Pas vraiment, étant donné que les 2 plateformes appartiennent au même groupe. Les «Reels» sont accessibles directement sur votre fil *Instagram*, en plein centre du menu sur mobile, représentés par un écran avec un symbole «play» en son centre.

Instagram propose des tas de fonctionnalités et d'astuces (filtres, musiques,...) pour créer des «Réels» inventifs et originaux.

- L'«IGTV»: tout simplement le fait de poster une vidéo sur *Instagram* qui va s'afficher dans le fil des vidéos dédiées et également sur notre profil si on le souhaite. Ces vidéos privilégient le format vertical et durent entre 15 et 60min en fonction de la méthode utilisée.

Autant sur *Facebook* que sur *Instagram*, il est possible de publier des vidéos en utilisant les «Stories». Celles-ci permettent d'être dans l'instantanéité. Il faut parfois quelques heures pour créer un bon «Réal» en utilisant des filtres, des applications de montage, etc. Les «Stories» quant à elles, permettent d'enregistrer des séquences de 15s maximum. Il est possible d'en enregistrer plusieurs à la suite et leur durée de vie est limitée à 24h.

TikTok

Là où les autres applications ajoutent des fonctionnalités liées à la vidéo, *TikTok*, développée en Chine, est l'application de référence en la matière, entièrement dédiée au partage de



vidéos. Extrêmement simple d'utilisation, c'est l'application chouchou du jeune public. En ouvrant l'application, vous avez directement accès à des millions de vidéos. En fonction de ce que vous aimez et ce que vous regardez, l'application vous propose du contenu appelé «Pour toi» mais il est également possible de suivre des comptes et de retrouver leurs vidéos dans la section «Suivis».



QUELQUES CHIFFRES

En 2022, les vidéos représentent plus de 82 % du trafic mondial, soit 15 fois plus qu'en 2017.

Plus de la moitié du contenu vidéo est affiché sur mobile.

78% des internautes regardent des vidéos en ligne chaque semaine et 55% quotidiennement.

Chaque individu passe 100 minutes par jour à regarder des vidéos en ligne en 2022.

6 personnes sur 10 préfèrent regarder des vidéos en ligne plutôt que la télévision.

YouTube compte 2,291 milliard d'utilisateurs mensuels, soit plus d'un tiers des internautes (au 31 décembre 2021, les statistiques internet montrent qu'il y a plus de 5,25 milliards d'internautes actifs dans le monde). Et plus d'un milliard d'heures de vidéo est visionné chaque jour.

YouTube est une plateforme de diffusion et de partages de vidéos en ligne. Considéré comme un réseau social, il est le deuxième réseau le plus utilisé au monde, derrière *Facebook*.

Sources:

 [playplay.com](https://www.playplay.com)
www.blogdumoderateur.com

Cisco - Zenith Media - Google

Comme la plupart des autres applications, *TikTok* propose également des vidéos en diffusion *live*, c'est-à-dire qu'il est possible de filmer et de diffuser en direct sur son compte. Cette fonctionnalité est cependant réservée aux utilisateurs ayant au minimum 1 000 abonnés sur leur compte.

Les nouvelles plateformes de diffusion

- La VOD: la vidéo à la demande est une technique de diffusion de contenus vidéo: films, documentaires disponibles au moment où la personne souhaite y accéder. À la différence d'un programme TV.

Tout le monde connaît le géant *Netflix*. Il existe de nombreuses plateformes proposant ce service: *Amazon prime vidéo*, *Disney plus*, *Apple TV*, *Salto*, *HBO*,...

- Le *livestream*: la diffusion en direct de vidéos filmées par webcam. Il est utilisé par les gamers, qui filment l'évolution de leur jeu en ligne.

Quelques applications dédiées au livestream: *Periscope*, *Facebook Live*, *YouTube Live*, *Twitch*.

- Le *streaming*: est un moyen d'envoyer et de recevoir des données numériques en flux continu. Les données ne sont pas téléchargées sur votre ordinateur, la lecture du contenu commence alors que le reste des données est encore en transit. Le reste des données est envoyé à votre appareil alors que la lecture du film se poursuit.

En savoir



LES PETITES SŒURS DE YOUTUBE

Vimeo <https://vimeo.com>

Sur le même modèle que *Youtube*, *Vimeo* plaît beaucoup aux professionnels qui n'hésitent pas à utiliser la plateforme pour partager leurs films d'entreprise.

Dailymotion <https://www.dailymotion.com>

Une des premières plateformes sur le marché.

Vevo <https://www.hq.vevo.com>

Une alternative à *YouTube* pour tout ce qui concerne la musique et les artistes.

TED <https://www.ted.com/#>

La plateforme recense les conférences *TEDx*. *Ted* est un organisme mondialement connu, visant à rechercher et découvrir des «idées qui valent la peine d'être diffusées».

Quelques plateformes de streaming: *YouTube live*, *Twitch*, *Periscope*, *Facebook Live*, *Livestream*, *Younow*, *Brightcove*, *Ustream*.

L'évolution d'Internet passe clairement par la vidéo. Se pose alors la question de l'impact environnemental. Les vidéos sont ultra-consommatrices de bande passante, d'espaces de stockage et donc d'énergie. En 2019, *The Shift Project* publie un rapport intitulé «*L'insoutenable usage de la vidéo en ligne*» (<https://tinyurl.com/v8nvrhdf>). Comment pouvons-nous alors envisager un bon usage du Web en cohérence avec les besoins environnementaux de notre planète ? La question est posée...





La palytoxine: le summum de la synthèse organique

La palytoxine, isolée d'un cœlentéré, *Palythoa toxica*, que l'on retrouve parfois dans certains aquariums, figure en tête des produits naturels non protéiques les plus dangereux que l'on connaisse

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE
PHOTOS : SEATECH (P.45)

On estime que, pour l'homme, la dose létale médiane (LD₅₀) de ce poison se situerait aux alentours de 50 microgrammes (50 × 10⁻⁶ g). Il s'agit d'une gigantesque molécule (C₁₂₉H₂₂₃N₃O₅₄) comportant 64 carbones chiraux, outre 7 insaturations pouvant être de type cis ou trans, ce qui fait que 2⁷¹ stéréo-isomères sont envisageables ! Et pourtant, malgré cette complexité incroyable, la synthèse totale de la palytoxine naturelle fut réussie en 1994 à l'Université Harvard, constituant un exploit que certains ont comparé à la conquête de l'Everest !

Coraux de l'ordre des zoanthides dont le mucus défensif contient de la palytoxine

La structure ultra-compliquée de certaines toxines dépasse bien souvent tout entendement. En 1961, 2 professeurs de l'Université d'Hawaii, Paul J. Scheuer et Richard E. Moore, furent intrigués par une légende en vogue parmi les pêcheurs de l'île Maui à propos d'une soi-disant algue fatale. Celle-ci sera identifiée par la suite comme étant plutôt un corail mou appartenant à l'ordre des zoanthides, et plus précisément au genre *Palythoa*, variété *toxica* (qui donnera son nom à la toxine). Ces sortes de coraux contiennent ainsi de la palytoxine dans le mucus défensif qu'ils sécrètent afin de se protéger vis-à-vis de leurs prédateurs (1). Mais en réalité, la présence de cette molécule complexe est due à la synthèse assurée par un micro-organisme, en l'occurrence un dinoflagellé qui vit en parfaite symbiose au sein de ce petit polype des mers chaudes.

Structure et synthèse

Il faudra attendre 20 ans pour que la structure exacte de la palytoxine soit enfin élucidée, tant par l'équipe de Moore que par celle des Japonais Yoshimasa Hirata et Daisuke Uemura à l'Université de Nagoya. Il s'agit d'une très longue chaîne linéaire entrecoupée de cycles pyraniques (des hexagones dont un des sommets est un oxygène) qu'il est indispensable de replier plusieurs fois afin de pouvoir la représenter sur une feuille de papier ordinaire. On y décèle 71 sites stéréochimiques (comportant 64 carbones asymétriques - identifiés par des tirets et/ou coins selon que les liaisons pointent en avant ou en arrière du plan

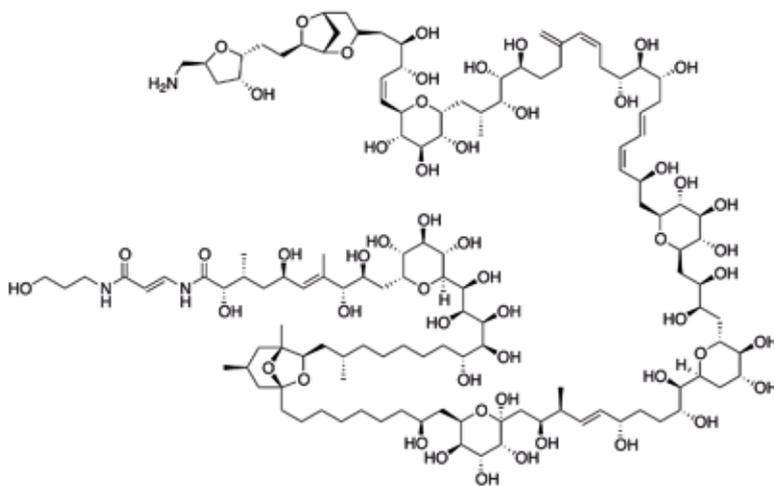
de la page – et 7 doubles liaisons C=C donnant lieu à de l'isomérisation géométrique). De ce fait (2), le nombre de combinaisons stéréo-isomères possibles s'élève à 2⁷¹, soit 2 361 183 241 434 822 606 848 structures différentes, parmi lesquelles une seule correspond à la structure véritable de la palytoxine naturelle.

Le prodigieux exploit fut achevé en 1994 par un autre Japonais, Yoshito Kishi (3), avec toute son équipe, inspiré par les stratégies que lui avait enseigné son conseiller postdoctoral, en l'occurrence le légendaire et regretté professeur Robert B. Woodward (4) de Harvard. Pour mener à bien ce projet colossal, Kishi fut tout d'abord obligé de vérifier la stéréochimie correcte de 27 carbones douteux (sur les 64), ce qui impliqua 2 années de travail laborieux. Ce n'est qu'après de nombreuses analyses spectroscopiques et autres que le véritable exploit allait pouvoir être tenté ! Pour ce faire, cette équipe japonaise s'inspira de la technique imaginée par Elias J. Corey (5) qu'on appelle l'analyse rétrosynthétique, ce qui revient à décomposer la molécule complexe (que l'on cherche à obtenir) en un ensemble de précurseurs plus faciles à synthétiser (parce que plus simples). Ladite synthèse partit de 8 fragments différents et convergea sur le produit voulu à la suite d'environ 150 étapes distinctes, comprenant des réactions entièrement originales conçues spécialement pour l'occasion (6). Cet effort colossal et impressionnant démontra à loisir que les chimistes organiciens sont actuellement capables de synthétiser pratiquement n'importe quoi, pourvu qu'on leur en donne le temps et les subsides voulus !

Mécanisme d'action de la palytoxine

Des concentrations nanomolaires (10⁻⁹ mol l⁻¹) de palytoxine suffisent pour augmenter la perméabilité membranaire des cellules musculaires vasculaires vis-à-vis des cations sodium et potassium. Cette ouverture exacerbée des pompes Na⁺/K⁺ – régulant en principe l'expulsion de Na⁺ en échange de l'entrée de K⁺ – a pour effet de créer une dépolarisation entraînant une contraction musculaire (spasme) dans chaque organe sensible. Ainsi, la palytoxine bat notamment le record absolu des substances exerçant une activité vasoconstrictrice au niveau des coronaires mais aussi des cellules nerveuses.

Les symptômes d'intoxication à la palytoxine sont divers et dépendent bien entendu de la quantité ingérée et de la voie de contamination. On ressent typiquement un goût amer, des crampes abdominales, des spasmes musculaires, des



La formule de la palytoxine, laissant entrevoir l'une des plus longues chaînes carbonées de toutes les molécules se présentant à l'état naturel. La masse molaire de cette substance hydrosoluble est exceptionnelle, atteignant 2 680,14 g mol⁻¹.

douleurs thoraciques ainsi qu'une détresse respiratoire. À ce tableau peu rassurant s'ajoute une hypertension artérielle avec tachycardie et dans les cas les plus graves, la mort survient généralement par arrêt cardiaque. Enfin, étant donné qu'aucun antidote n'existe actuellement, le traitement reste purement symptomatique. (4)

(1) Le nettoyage à l'eau tiède des coraux mous (du genre *Palythoa*) servant d'ornements dans des aquariums domestiques peut, dans certains cas, entraîner de sérieuses intoxications.

(2) Les carbones asymétriques peuvent être de type R ou S (voir Athena n° 328), tandis que les doubles liaisons peuvent être de type Z ou E (ce qui correspond à cis ou trans, selon que les groupes prioritaires sont disposés d'un même côté ou de côtés opposés sur les 2 carbones unis par la double liaison).

(3) La fascination du professeur Kishi pour ce genre de toxines débuta avec la tétrodontoxine dont il assura la synthèse totale en 1972. Ce poison se retrouve au Japon dans une délicatesse culinaire appelée *fugu* (tétrodon ou poisson-globe, ainsi dénommé pour sa faculté de se gonfler lorsqu'il est menacé). La consommation de ce mets provoque une sorte d'euphorie s'accompagnant d'une sensation de picotement. Cette toxine mortifère est surtout concentrée dans certaines parties bien précises du poisson (foie, gonades, intestins, peau), que seuls des chefs strictement agréés sont amenés à ôter.

(4) Robert B. Woodward (1917-1979), prix Nobel de chimie 1965.

(5) Elias J. Corey (né en 1928), prix Nobel de chimie 1990.

(6) Parmi ces réactions nouvelles, on retiendra la réaction de couplage de Nozaki-Hiyama-Kishi.



BIO NEWS

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

PHOTOS : ©MARCEL - STOCK.ADOBE.COM (P.47), ANIMALS IN SOCIETY/MARCUS BAYNES-ROCK (P. 48), ALFRED WEGENER INSTITUTE/PSI24 AWI OFOBS TEAM (P.48), ©ERNI - STOCK.ADOBE.COM (P.49), ©TAKAYUKI_N82 - STOCK.ADOBE.COM (P.50), ©K. TETSUYA - STOCK.ADOBE.COM + ©RUSSELL - STOCK.ADOBE.COM/BIOZOOM(P.50)

Des bassins peu attirants

Tous ceux qui fréquentent les parcs zoologiques savent que quelques-uns des pensionnaires peuvent être identifiés à distance. Par les cris, d'abord, mais parfois aussi par... les odeurs. Loin de moi l'idée d'imaginer que ce genre de parc puisse être mal tenu; simplement, quelques animaux, par leur taille et leurs habitudes, peuvent marquer leur environnement immédiat d'une empreinte qui ne peut échapper à nos sens et en particulier à l'odorat. Les hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) sont de ceux-là. Ces gros herbivores sont de mœurs le plus souvent aquatiques. Que ce soit dans les parcs ou dans leur milieu naturel, c'est dans des bassins, de grandes mares qu'on les retrouve où ils passent le plus clair de leur journée, en tout cas pour l'espèce la plus grande, justement qualifiée d'amphibie. Ils se nourrissent la nuit et font tout le reste pendant la journée dans l'eau, élimination (massive) des déchets urinaires et digestifs inclus. D'où l'odeur évoquée.

La vie quotidienne des hippopotames se déroule donc le plus souvent dans le calme d'un cloaque qui finit par ressembler, par effet d'accumulation, à l'intérieur de leur tube digestif. Prélever un peu d'eau de ces milieux de vie permet du

coup d'avoir aussi une idée très claire de la flore digestive de leurs occupants, d'où l'appellation de «metagut» (grand, gros tube digestif) donné par les scientifiques à ces bassins de vie. Comme ces lieux sont en général partagés, tous ceux qui y résident profitent, en les avalant, des germes digestifs des précédents, ce qui doit être de nature à renforcer leurs défenses naturelles. Les seuls à ne pas trop apprécier, ce sont les poissons quand, à la saison des pluies, l'eau des mares naturelles se déverse dans les rivières proximales qui les a fait naître. Une mortalité massive au sein des populations de plusieurs espèces peut être observée à l'occasion du déversement bactérien que cela occasionne.

Celui qui voudrait profiter d'une mare rencontrée au hasard d'une sortie dans la savane pour se rafraîchir est donc prévenu. La présence d'hippopotames dans l'eau doit aussi le forcer à une prudence redoublée: bien qu'herbivore, lourd et aux mâchoires dotées de dents longues et puissantes, l'animal défend son territoire, y compris vis-à-vis de l'homme. Chaque année, plusieurs centaines de victimes l'apprendraient à leurs dépens. Mais, tous comptes faits, qui aurait envie de se baigner dans un cloaque, même s'il a très chaud ? 

► **Science, 2021; 374: 1303**



Je ramasse les poubelles, je n'ai ni moteur, ni roues. Qui suis-je ?

Dans le souci de recyclage et d'élimination de déchets, les autorités de nombreux pays occidentaux ont pris toutes les dispositions pour rendre ces activités aussi efficaces que possible. Dans les pays émergents ou ceux qui sont confrontés à la guerre, les priorités sont mises ailleurs; et si un recyclage existe, la collecte des déchets souffre souvent d'un manque de prise en charge. Résultat: des décharges sauvages s'installent, source d'odeurs et de maladies mais aussi responsables de la présence incongrue d'animaux sauvages venus y trouver un possible complément alimentaire. L'image n'est certes pas gratifiante mais, à certains égards, n'a pas que des effets négatifs. Pour preuve, une étude récemment rapportée et menée en Éthiopie, qui a tenté de quantifier l'effet bénéfique de la visite régulière d'animaux sauvages sur les dépôts d'ordures à proximité des villes et villages. Les animaux ? Des hyènes. Avec leurs allures de gros chien, elles vivent surtout dans la savane où elles se nourrissent de viande fraîche, de charognes et, à défaut, de ce qu'elles trouvent qui soit en rapport. En Éthiopie, elles savent se montrer peu farouches avec les humains, qui pour certains, offrent le nourrissage de ces carnivores comme attraction aux touristes.

La fréquentation des décharges par ces hôtes-là n'est donc pas une surprise; ce qui a amené une équipe de biologistes à tenter de quantifier le nettoyage opéré. L'animal étant nocturne, les mesures ont porté sur 40 nuits au cours desquelles près de 200 hyènes ont été suivies dans leur recherche alimentaire. Si des évaluations quantitatives ont pu être établies - chaque hyène consomme l'équivalent d'1 t de déchets par an - c'est surtout dans un registre qualitatif que les résultats se montrent, pour les humains, les plus probants. En éliminant des carcasses avariées, les hyènes réduisent en effet de 4% la transmission d'anthrax et de tuberculose bovine aux humains. Plutôt qu'être vilipendées ou chassées pour le risque potentiel qu'elles représenteraient pour notre espèce, les hyènes sont, dans le contexte où elles interviennent, plutôt considérées comme d'utiles auxiliaires sanitaires. À défaut de mieux, évidemment. L'idéal serait que les déchets, surtout animaux, puissent faire l'objet d'un traitement sélectif et non d'une mise systématique en décharge. Mais on sait que l'Éthiopie fait face depuis quelques années à d'autres problématiques, d'ordre militaire. ⁴

► *J. Animal. Ecol.* 10.1111/1365-2664.14024

La philopatrie de l'effarvate

La rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) est une des espèces de fauvettes qui peuple nos roselières. Elle a une taille moyenne semblable à la plupart des passereaux: 12 ou 13 cm de long pour un poids de l'ordre de 13 g. Elle a une robe assez banale: brune sur le dos, plus claire sur le ventre. Son bec est fin, légèrement allongé. Tout le reste permet de la distinguer. Son nom, d'abord. Une autre particularité ensuite, qui n'est pas spécialement à son avantage: c'est souvent dans son nid, facilement accessible dans les roseaux, que le coucou vient pondre son œuf squatteur, jetant hors du nid un des 4 ou 5 que la rousserolle y a déposés. La suite est connue: la mère nourricière ne fait pas la différence entre les petits de son espèce et cet étonnant gros rejeton qu'elle s'épuise un peu à nourrir. La 3^e particularité est que la rousserolle effarvate est un oiseau migrateur. Partie d'Europe, d'Afrique du Nord ou du Moyen Orient où elle a ses habitudes, elle s'offre chaque année un très long voyage qui l'amène en Afrique centrale voire australe où elle va passer l'automne et l'hiver, avant de rejoindre ses pénates en avril ou mai. Et «retrouver ses pénates», cela s'appelle aussi de la philopatrie.

«Ses» pénates, car l'oiseau rejoint à tous les coups l'endroit d'où il est parti. Il n'est certes pas le seul dans le cas mais cela a de quoi étonner les humains qui, à défaut de panneaux indicateurs rédigés dans la langue maternelle, risquent bien de ne pas retrouver leur chemin.

Une étude récente fait une part de lumière sur cette étonnante aptitude d'un oiseau qui ne pèse pourtant pas plus de 15 g. Il dispose d'un organe de perception qui lui permet, avant de partir, de se situer par rapport au pôle magnétique terrestre, selon les coordonnées nord-sud et est-ouest. Puis il part vers la destination choisie pour le long voyage évoqué, axé sur le beau temps et le sud, le plus souvent. C'est bien entendu le retour qui interpelle les chercheurs: comment l'oiseau fait-il pour revenir au point de départ sans se tromper ? Il semble qu'il avance

Prolifération en profondeur

L'évocation permanente des effets du réchauffement climatique nous offre à chaque fois des réalités ou des perspectives plus dramatiques les unes que les autres. La plupart des effets rapportés ne sont pas douteux, même si l'attribution de la responsabilité au seul réchauffement permet aussi de faire l'économie d'une gestion parfois aléatoire de l'environnement par l'homme. La (sur)pêche en est un exemple. Mais tout n'est pas négatif, à condition de regarder parfois un peu plus intensément dans des lieux peu fréquentés. Ainsi, l'observation intensive des fonds marins en marge de l'Antarctique, dans la mer de Weddell a permis de découvrir, par caméra interposée, d'importantes colonies d'un poisson local, *Neopagetopsis ionah* - le bien nommé poisson des glaces que l'on retrouve entre 20 et 900 m de fond.

Les chercheurs qui ont fait la découverte ont identifié 16 160 nids sur le fond, chacun d'entre eux comportant une moyenne de 2 100 œufs, gardés en général par un mâle solitaire, chacun des nids ayant un diamètre de 75 cm. Une extrapolation des valeurs rapportées a permis aux scientifiques qui ont fait l'observation d'évoquer l'existence de 60 millions de tels nids sur une surface de 240 km carrés ! À l'évidence, l'espèce n'est pas menacée dans l'environnement occupé où la densité de zooplancton est aussi très élevée; ceci expliquant cela.

La première intention à vocation écologique serait de créer une zone protégée afin d'en poursuivre plus intensivement



l'étude d'abord, et de mettre ensuite ces populations privilégiées à l'abri de la surpêche qui sévit trop souvent ailleurs. Voilà donc, dans le calme des eaux froides antarctiques, un poisson qui semble tout ignorer du réchauffement dont on dit qu'il menace la planète. Il existe par conséquent au moins un espace à l'abri. En cherchant bien, on en trouvera sans doute d'autres... A

► *Science*, 2019 ; 366 : 620-623

avec précision en suivant la ligne d'inclinaison suivie lors du voyage aller. Et s'il existe plusieurs endroits qui correspondent aux coordonnées de départ, la rousserolle s'arrête au premier qui est, semble-t-il, souvent le bon. C'est une compilation de près de 18 000 informations fournies par des bagues, posées à la patte de ces voyageuses entre 1940 et 2018 qui a pu être réalisée.

Cela n'explique toujours pas comment ce migrateur et les autres perçoivent le pôle magnétique terrestre. On a postulé que certains - comme le pigeon - possédaient de la magnétite dans certaines cellules cérébrales qui les renseigneraient sur le positionnement. On pense aujourd'hui que des cellules rétinienne contiendraient des inclusions qui joueraient le même rôle, mais faisant intervenir une «cohérence quantique». Cela devient un peu plus compliqué et mériterait un complément d'information. On serait là dans un contexte de la physique de l'atome et des particules subatomiques. Et si, pour l'heure, faute de mieux, on se contentait déjà d'admirer les performances de ces admirables voyageurs ? A

► *Science*, 2022; 375: 398 et 446-449





Le choix du sexe: un progrès ?

Donner la préférence à un sexe plutôt qu'à l'autre a un sens en matière de production animale: n'obtenir que des femelles pour des races bovines laitières ou pour des poules est le rêve des producteurs, compte-tenu de ce qui est essentiellement recherché. Or, la naissance mène à une parité. La résultante pratiquement retenue jusqu'ici est, dans les cas évoqués, la route de l'abattoir pour les veaux mâles, celle de la broyeuse pour les poussins du même sexe. Ces situations n'émeuvent pas tout le monde mais à une époque où on semble faire prévaloir le bien-être animal, des chercheurs tentent de trouver une alternative; celle, en particulier, qui permettrait d'éliminer tous les individus du sexe non recherché dès les stades de développement les plus précoces.

Cet objectif vient d'être atteint chez la souris avec un taux de succès de 100%. Pour la souris aussi, en effet, le type d'étude scientifique menée grâce à elle peut donner préférence à l'un ou l'autre sexe selon l'objectif recherché. Produire un modèle murin du cancer du sein peut vouloir utiliser des femelles; faire émerger des animaux transgéniques chargés de se reproduire rapidement favorisant au contraire plutôt les mâles.

La méthode retenue pour opérer la sélection a d'abord consisté à identifier la cible génique idéale à atteindre. Le choix a porté sur la Topoisomérase 1, une enzyme déterminante dans le processus de division cellulaire. La suite a tenu à la mise en œuvre de la méthode CRISPR, dont il a déjà été question dans cette chronique. Il s'agit de celle qui permet de «corriger» un gène anormal. Pour l'occasion, la méthode a été séparée en ses 2 étapes. Sans entrer dans les détails techniques un peu longs à évoquer, il s'est agi de coupler l'inactivation de l'enzyme visée avec l'identification du chromosome identifiant du sexe: Y pour les mâles, X pour les femelles. Ce qui a été fait avec succès puisque selon le choix opéré, il n'est né que des souriceaux tantôt mâles, tantôt femelles. Seul bémol: le nombre de jeunes nés était inférieur aux 50% normalement attendus. Pour le reste, c'est avant même l'implantation utérine que la sélection a été opérée, lorsque les embryons n'étaient composés que de quelques dizaines de cellules.

Le résultat obtenu est de nature à contenter beaucoup de monde dans la mesure où, si la méthode connaît des applications, elle devrait permettre que la moitié des animaux produits ne soit sacrifiée inutilement et, souvent, cruellement. Mais il ne s'agit que d'une victoire partielle pour des opposants. D'abord, la méthode repose sur une manipulation génétique qui reste pour eux suspecte et décriée. Ensuite, si elle permet de faire l'économie d'une partie des animaux, la recherche scientifique qui suit (si c'est le cas) repose encore sur du vivant, ce qui est également combattu. Enfin, une méthode qui «marche» apparemment bien chez l'animal et en particulier chez un mammifère pourrait donner des idées à quelques-uns qui trouveraient utile d'en faire profiter notre espèce. Il existe des interdictions légales. Mais sait-on jamais... 

► **Science, 2021; 374: 1307-1308**



BIO ZOOM

Malgré son nom, rassurez-vous, le vanneau soldat est inoffensif. Si on lui a attribué ce qualificatif de guerrier, c'est seulement en raison des caroncules jaunes en forme de casque qui recouvrent ses joues et des éperons qu'il possède au bout de ses ailes.

Attention tout de même, il n'hésitera cependant pas à les sortir pour défendre son territoire, en plus de pousser des vocalises plus puissantes que celles de la Castafiore. Le *Vanellus miles*, qui est monogame, vit essentiellement sur le continent australien et en Papouasie Nouvelle Guinée, et niche au sol, dans les herbes courtes, souvent près de l'eau.



La fin des neutrinos stériles ?

Malgré son caractère fantomatique, les physiciens espéraient piéger le neutrino stérile capable de mettre à mal le Modèle Standard de la physique des particules. Les derniers résultats de l'expérience STEREO semblent sonner le glas de cet espoir

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

PHOTOS : ©LANAPO - STOCK.ADOBE.COM (P.51), ©CEA/LORIS SCOLA (P.52)

L'année 2023 a commencé fort en physique des particules, par une sorte de condamnation à mort. Un papier publié le 12 janvier dans *Nature* (1) annonce en effet le rejet de l'hypothèse de l'existence des neutrinos stériles. Ce qui signifie un nouvel arrêt dans la marche vers la nouvelle physique qui voudrait aller au-delà du Modèle Standard (MS) des particules et faire enfin la lumière sur des énigmes toujours pas résolues comme la matière noire.

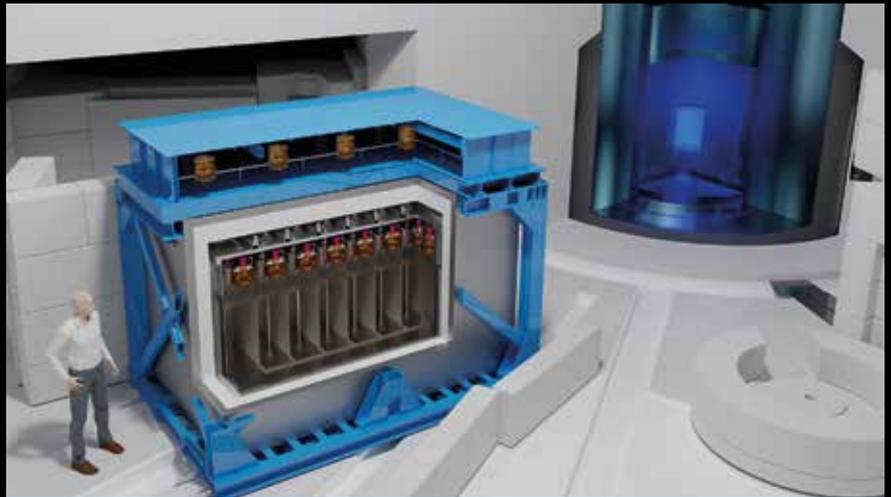
Même si on pourrait les qualifier de meilleurs amis de l'homme - des milliers de milliards d'entre eux nous traversent chaque seconde sans aucun dommage - les neutrinos sont des particules élémentaires qui n'ont cessé de jouer les troubles fêtes et d'ennuyer les chercheurs. D'abord imaginés avec une masse nulle, ils se sont finalement révélés porteurs

d'une masse minuscule. Ensuite, ils n'interagissent pratiquement pas avec le reste de la matière au point d'être affublés du qualificatif de fantomatiques, ce qui a nécessité des trésors d'imagination et de technologie pour les repérer. Et surtout, ils adoptent un comportement très étrange. Dans les années 1960 en effet, lorsqu'on a commencé à mesurer les flux de neutrinos d'origine solaire, on en détectait toujours un nombre largement inférieur à ce que prévoyait la théorie. Expériences après expériences, les chercheurs se sont rendu compte que ce n'était pas la théorie qui laissait à désirer mais bien leurs mesures: ils ne mesureraient pas ce qu'ils croyaient mesurer. Il y a en effet 3 types de neutrinos, 3 saveurs: les neutrinos électroniques, les muoniques et les tauiques (chacun est «associé» à une autre particule élémentaire du MS). Les réactions nucléaires à l'œuvre au sein du soleil libèrent des neutrinos électroniques... qui, apparemment, n'arrivaient pas tous sur Terre. Ou plutôt ils y arrivent mais sous une autre forme d'où le déficit enregistré, les détecteurs n'étant calibrés que pour détecter un type de neutrinos. Les neutrinos manquants arrivent en fait aussi sur Terre, mais sous une autre forme, sous la forme de neutrino tauique. Ce phénomène est appelé oscillation: un neutrino qui naît sous une forme peut se modifier au cours du temps en une autre forme. Un phénomène très complexe qui est dû à la composition en «état de masse» des 3 saveurs. Chaque type de

neutrino est composé d'un mélange de trois états de masse. Chez l'un, par exemple, les états de masse 1 et 2 seront très petits, l'état 3 plus élevé. Mais ces 3 états se propagent à des vitesses légèrement différentes; avec le temps, ces écarts entraînent donc une modification du mélange des états de masse. Ce qui explique que la particule change de saveur. Ce comportement tout à fait bizarre implique cependant 2 conséquences importantes. Tout d'abord, subir un changement signifie ressentir le temps. Selon la relativité d'Einstein, en effet, plus un objet va vite, plus son horloge interne ralentit (par rapport à une horloge immobile) jusqu'à s'arrêter lorsqu'il atteint la vitesse de la lumière. Comme le temps ne s'arrête pas pour le neutrino, cela veut dire qu'il ne se déplace pas à la vitesse de la lumière (même si c'est proche), ce qu'on imaginait jusque-là. Ce qui signifie aussi qu'il n'a pas une masse nulle (caractéristique de ce qui se déplace à la vitesse de la lumière).

Une quatrième saveur ?

On imagine sans peine que de telles découvertes ont poussé les scientifiques à mettre sur pied d'autres expériences afin de mieux comprendre ce changement de saveur. Et surtout de voir si cette fois le compte est bon. Autrement dit, connaissant le taux de conversion d'un type de neutrino en un autre, les détecteurs allaient-ils enfin mesurer le nombre attendu de neutrinos ? Hélas non ! Une expérience réalisée près de la frontière belge, à Chooz dans les Ardennes françaises, dite Double Chooz a tenté le coup mais cette fois avec des neutrinos issus des réacteurs nucléaires de cette centrale. Verdict: même en tenant compte des changements de saveurs, 6% des neutrinos manquent toujours à l'appel. Les théoriciens ont alors imaginé l'existence d'une quatrième saveur de neutrino, le neutrino stérile. Pourquoi ce qualificatif ? Car il serait encore plus fantomatique que les 3 autres (même si de masse supérieure), n'interagissant qu'avec la force gravitationnelle. Autrement dit, il serait insensible à toutes les autres forces fondamentales: électromagnétisme, force nucléaire faible et forte. Pour rendre compte de l'étrangeté de cette particule (qui, notons-le, n'apparaît pas dans le MS actuel, d'où son intérêt), les chercheurs utilisent une image: si vous étiez dans un avion suffisamment minuscule et rapide pour suivre un neutrino à la trace, vous le verriez donc osciller, c'est-à-dire passer par les 3 saveurs de manière cyclique. Mais à certains moments, il deviendrait stérile c'est-à-dire qu'il disparaîtrait sur sa trajectoire pour réapparaître un peu plus loin sous une autre saveur ! Plusieurs expériences à travers le monde ont alors été conçues pour repérer ce neutrino stérile, dont STEREO (*Search for Sterile Reactor Neutrino Oscillations*).



Le détecteur de neutrinos est constitué de 6 cellules identiques (à gauche) remplies d'un liquide scintillant, situées de 9 à 11 m du réacteur de recherche (à droite).

Effet Stereo

L'expérience franco-allemande STEREO est constituée par le réacteur nucléaire de recherche de l'Institut Laue-Langevin (ILL) situé à Grenoble. D'une puissance de 57 MW, il «crache» 10^{19} neutrinos par seconde. Conçu pour la recherche, avec un cœur très compact, il permet d'installer des détecteurs très près du cœur, en l'occurrence ici une dizaine de mètres. Ces détecteurs sont en prise de données depuis novembre 2016. L'étude publiée dans *Nature* en ce début d'année porte ainsi sur 4 années de données (2017 à 2020) suivies de 2 années d'analyse. Au total, 107 558 neutrinos ont été observés... mais aucun avec les caractéristiques attendues du neutrino stérile ! Pour les chercheurs franco-allemands, la conclusion est claire: «nous rejetons l'hypothèse d'un neutrino stérile léger», écrivent-ils.

La fin de l'aventure pour les neutrinos stériles ? Pas nécessairement. D'autres expériences se poursuivent avec des neutrinos solaires par exemple et dans d'autres gammes d'énergie.

Si leur inexistence devait se confirmer, avouons une déception car ils étaient un candidat sérieux à la matière noire: des particules super abondantes, ayant une masse mais invisibles, que rêver de mieux ? En attendant, le MS ne reste toujours pertinent que pour une infime partie de l'Univers, le visible. Il serait temps d'aller au-delà. 

⁽¹⁾ *STEREO neutrino spectrum of ^{235}U fission rejects sterile neutrino hypothesis*, The STEREO Collaboration, *Nature* 613, 12 janvier 2023.

Quoi de neuf dans l'espace ?

La première mission du programme lunaire *Artemis* de la *Nasa* à peine achevée - avec succès en décembre dernier - tous les regards se tournent vers *SpaceX*. La compagnie d'Elon Musk a en effet été choisie par l'agence spatiale américaine pour déposer un équipage sur la Lune dès 2025 dans le cadre de la mission *Artemis III*, avec sa nouvelle fusée *Starship*. Le lanceur *Super Heavy*, le plus grand jamais construit, et l'atterrisseur lunaire *Starship HLS*, sont toutefois toujours en phase de développement... Le premier vol orbital d'essai de la fusée devait avoir lieu en décembre, mais a été reporté «au premier trimestre 2023»

TEXTE: FLEUR OLAGNIER • FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM | PHOTO: SPACEX

Pourquoi la fusée *Starship* est-elle unique ?

Avec ses 120 m de haut, *Starship* est le plus grand lanceur jamais réalisé. Il a pour particularité d'être construit essentiellement à ciel ouvert sur son pas de tir à Boca Chica Village, au sud du Texas, ce qui permet au public de suivre le développement du projet. Le *Starship* aura la particularité d'être réutilisable et pourrait jouer un rôle central dans les futures missions d'exploration de Mars. À moyen terme, c'est une version spécialement développée pour la *Nasa* qui doit



prendre part à la mission *Artemis III*: le lanceur *Super Heavy* doit envoyer dans l'espace l'atterrisseur *Starship HLS* (*Human Landing System*). *SpaceX* a une approche qui tranche avec celles des autres constructeurs de lanceurs. La société d'Elon Musk s'appuie en effet sur une succession de véhicules expérimentaux, susceptibles d'être détruits lors des essais ! Cela revient à un système d'essai-erreur avant de parvenir à mettre au point le lanceur final capable de voler.

Quel est l'objectif de l'atterrisseur lunaire *Starship HLS* ?

Le vaisseau doit être placé en orbite terrestre basse par le premier étage réutilisable *Super Heavy* de la fusée *Starship*. Ainsi en orbite autour de la Terre, le *Starship HLS* sera ravitaillé plusieurs fois en ergols (carburant) avant son départ pour la Lune. Si et seulement si cette phase se déroule correctement, un équipage composé de 4 astronautes pourra alors être envoyé dans l'espace par la fusée *SLS* de la *Nasa* à bord du vaisseau *Orion*. Une fois en orbite lunaire, celui-ci s'amarrera à l'atterrisseur lunaire *Starship HLS*, dans lequel 2 des 4 astronautes dont au moins une femme - la première femme sur la Lune - prendront place. À bord de ce véhicule spatial, ils descendront se poser pendant 6 jours et demi près du pôle Sud de notre satellite naturel, avant de redécoller pour se replacer en orbite lunaire. Le retour sur Terre se fera à bord du vaisseau *Orion*.

La mission *Artemis III* compromise ?

Le programme *Starship* a pris du retard. En effet, le tout premier vol d'essai en orbite n'a pas encore eu lieu alors qu'il était prévu dans un premier temps début 2022 ! Ce vol test nécessite le feu vert de l'Agence fédérale de l'aviation (*FAA*), qui a soumis à *SpaceX* pas moins de 75 conditions à respecter pour limiter l'impact environnemental. En outre, même si la licence de la *FAA* est bel est bien obtenue et que le vol test a lieu dans les prochaines semaines, le chemin est encore long avant de prouver que le *Starship HLS* est capable de se poser sur la Lune... D'autant plus que la *Nasa* souhaite d'abord effectuer un vol à vide pour qualifier l'atterrisseur lunaire. 🚀

À la Une du cosmos

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



L'observatoire antarctique *IceCube* montre que Messier 77, une galaxie active, émet des neutrinos de haute énergie. Ils proviendraient du cœur de cette galaxie, un trou noir supermassif en train d'absorber de la matière.

CRÉDITS: HST



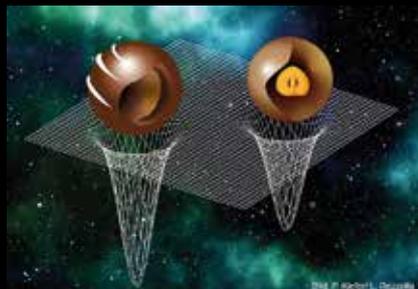
Pollution céleste ! En combinant des données satellitaires et des modèles, on découvre que la pollution lumineuse dans deux tiers des grands sites d'observatoires astronomiques a déjà dépassé la limite raisonnable. Et ça ne va pas s'améliorer: *BlueWalker 3*, un nouveau satellite télécom, a déployé son antenne de 64 m², et est alors devenu aussi brillant que les étoiles principales du ciel... or l'entreprise prévoit de multiplier ces satellites. Une étude a aussi analysé l'impact des mégaconstellations (type *Starlink*) sur les observations depuis l'observatoire *Vera Rubin*: sacrifier 10% du temps permettrait d'éliminer la moitié des problèmes...

CRÉDITS: ASTSPACEMOBILE · VUE D'ARTISTE



Cure d'amaigrissement... Une étoile brillante dans la constellation de la Colombe s'est avérée très particulière car il ne s'agit pas d'une étoile, mais du noyau stellaire lui-même ! L'astre initial (environ 12 masses solaires) a perdu son enveloppe, peut-être à cause d'un compagnon, au moment où elle terminait la fusion centrale de l'hydrogène. Elle n'arbore désormais que 4 masses solaires...

CRÉDITS: JOHANNES HEVELIUS



Une praline d'un genre particulier... Les étoiles à neutrons légères (dont la masse est inférieure à environ 1,7 masse solaire) semblent avoir un manteau mou et un noyau rigide (comme une praline au cœur de noisette), alors que les plus lourdes ont au contraire un manteau rigide et un noyau mou (comme des pralines traditionnelles)...

CRÉDITS: KIEFER/REZZOLLA · VUE D'ARTISTE



Du neuf pour les sursauts gamma ! ❶ Il existe 2 types de sursauts, des longs et des courts et on pensait avoir compris pourquoi, le premier type provenant de l'effondrement d'étoiles massives, le second de la fusion de 2 étoiles à neutrons. Toutefois, GRB211211A est bien long et provient d'une fusion: c'est un cas qu'on avait imaginé mais encore jamais vu. ❷ On associe souvent sursauts gamma et naissance de trou noir, mais de nouvelles données indiquent que certains proviennent plutôt de la naissance d'une étoile à neutrons - et donc potentiellement associés à des émissions d'ondes gravitationnelles... ❸ Les astronomes ont dressé l'inventaire des galaxies d'où proviennent 84 sursauts gamma courts: 85% sont de jeunes galaxies formant activement des étoiles.

CRÉDITS: KECK



La lune Phobos présente des fissures parallèles. Grâce à de nouvelles simulations, des scientifiques les pensent provoquées par la gravité de Mars, qui serait en train de désagréger son satellite.

CRÉDITS: MRO



Quatre décennies d'observations de Jupiter par des engins spatiaux et des télescopes au sol ont été analysées. On y a trouvé des cycles en température, non liés aux saisons ou autres périodes joviennes connues. Elles ont aussi montré que des changements à un endroit pouvaient avoir des conséquences des milliers de kilomètres plus loin. Tout cela devrait permettre d'élaborer de nouveaux modèles de la météo de Jupiter...

CRÉDITS: ESO



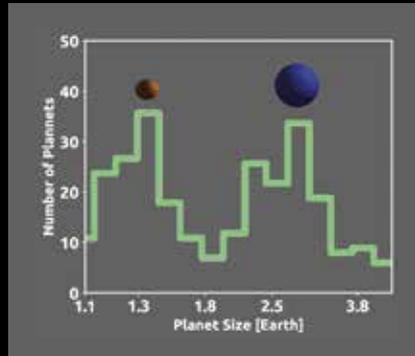
Le télescope spatial *IXPE* a observé Cygnus X-1, un trou noir associé à une étoile qu'il dévore petit à petit. La matière la plus chaude forme un anneau proche de l'horizon du trou noir et perpendiculaire à son jet radio.

CRÉDITS: NASA/JOHN PAICE - VUE D'ARTISTE



Des dizaines de couples stellaires ont été observés en rayons X pour rechercher si de grosses planètes (des Jupiters chauds) avaient un effet sur leurs étoiles hôtes. Il semble que oui, puisque ces astres semblent plus actifs.

CRÉDITS: CHANDRA



Il existe peu de planètes d'une taille intermédiaire entre les super-Terres (1.4 rayon terrestre) et les mini-Neptunes (2-3 rayons terrestres). Selon une nouvelle modélisation, ce serait dû aux multiples interactions entre planètes (et avec le disque original) lors de leur formation... Ces effets de migration prédisent des super-Terres sèches et rocheuses et des mini-Neptunes riches en glace.

CRÉDITS: A IZIDORO/RICE UNI



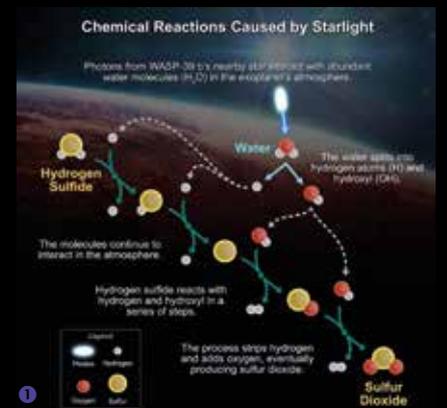
Succès pour la méga fusée américaine *SLS* et la mission lunaire *Artemis-1*: lancement sans pépin, tour de la Lune dans les temps, retour sans problème. Les prochaines missions *Artemis* seront, elles, habitées, mais il faudra attendre un peu. Pour 2023, par contre, une tripotée d'atterrisseurs robotiques sont annoncés des quatre coins du globe, pour des missions tant privées que publiques.

CRÉDITS: ARTEMIS-1



Une météorite rocheuse qui a traversé le ciel du Canada s'est avérée provenir des confins du système solaire. C'est une surprise: on pensait ces régions lointaines plutôt remplies d'objets glacés...

CRÉDITS: UNIV. ALBERTA



1 Le JWST a sondé l'atmosphère de l'exoplanète WASP-39b, une Saturne chaude: il y a trouvé du sodium, du potassium, de l'eau, du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone et du dioxyde de soufre. Ce dernier provient de la réaction - de la photochimie - entre les molécules de l'atmosphère et le rayonnement de l'étoile. Il semblerait en outre que la couverture nuageuse soit irrégulière, un peu comme sur Terre. On attend avec impatience les résultats sur les planètes de *Trappist-1*... 2 Deux planètes, à peine plus grandes que la Terre, orbitent la naine rouge Kepler-138. Elles sont en grande partie remplies d'eau, un peu comme certaines lunes glacées du système solaire externe (Europe...).



CRÉDITS: NASA, UMONTRÉAL - VUE D'ARTISTE



2023 pour percer les mystères du Soleil

Ce début d'année marque les 2 ans en orbite de la très ambitieuse sonde spatiale *Solar Orbiter*, ainsi que le lancement de la toute première mission solaire indienne *Aditya*. L'occasion de faire le point sur les questionnements actuels des chercheurs au sujet de notre étoile le Soleil. Quelles sont les premières découvertes de *Solar Orbiter* ? Quels objectifs pour les nouvelles missions *Aditya*, *PUNCH* et *Proba-3* ?

TEXTE: FLEUR OLAGNIER • FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM
PHOTOS: ESA/ATG MEDIALAB (P.56), KELVINSONG (P.57)

Il s'en est passé des choses depuis le lancement de *Soho*, le premier satellite moderne d'observation du Soleil, en 1995. Aujourd'hui, les sondes qui étudient notre étoile depuis l'orbite terrestre ou bien au plus près de la couronne solaire sont nombreuses. L'intérêt pour la physique solaire et ses conséquences sur l'atmosphère terrestre ne faiblit pas. Ce 10 février, la sonde européenne *Solar Orbiter*, une des plus remarquables missions solaires jamais lancées, fête ses 2 ans en orbite. De premiers résultats scientifiques d'envergure sont déjà en cours d'analyse, tandis que le satellite indien *Aditya-L1* décolle en janvier. Les missions *PUNCH* de la *Nasa* et *Proba-3*, sous la responsabilité de l'*Observatoire Royal de Belgique (ORB)*, sont aussi actuellement en phase de préparation.

Le mystère de la couronne bientôt résolu ?

Développé par l'*Agence spatiale européenne (Esa)* avec une participation de la *Nasa*, le satellite d'observation *Solar Orbiter* embarque à son bord pas moins de 10 instruments. Parmi eux, se trouve l'imageur *EUI (EUV Full-Sun and High-Resolution*

Imager), construit au Centre Spatial de Liège et dont les données sont traitées principalement à l'ORB, à Bruxelles. «Solar Orbiter a déjà obtenu des résultats significatifs, appuie Marie Dominique, chercheuse à l'ORB, spécialiste de la physique des éruptions solaires et de leur impact sur l'atmosphère terrestre. EUI a fourni l'image à plus haute résolution jamais obtenue du Soleil depuis l'espace, à une distance de seulement 50 millions de kilomètres. L'une des plus grandes découvertes de la sonde est aussi d'avoir mis en évidence des éruptions solaires de petite taille jamais détectées jusqu'à présent».

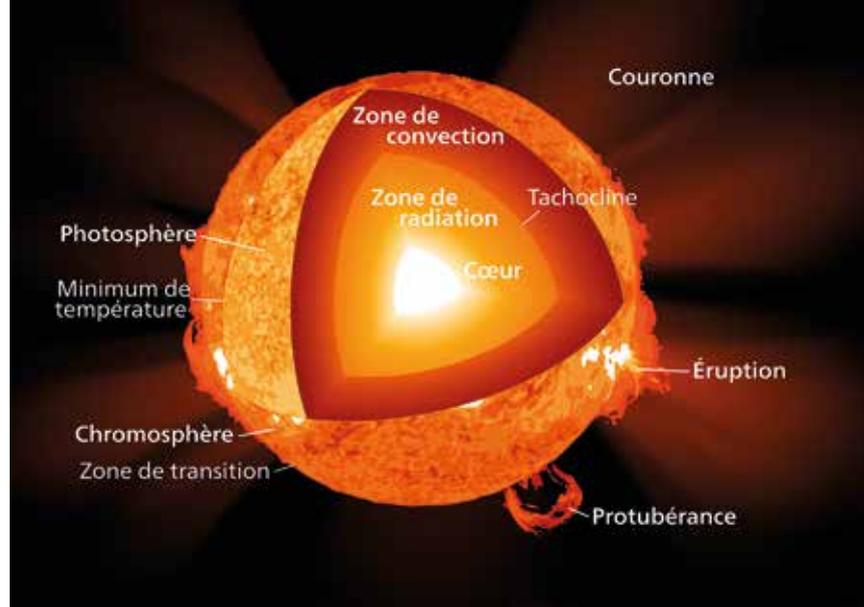
En effet, l'un des plus grands mystères de la physique solaire concerne la différence de température entre la photosphère, c'est-à-dire la surface visible de notre étoile, et la couronne solaire, couche la plus externe de son atmosphère qui peut s'observer lors des éclipses totales de Soleil. Au cœur du Soleil, la température atteint les 15 millions de degrés Celsius, et diminue à mesure qu'on s'éloigne du centre jusqu'à 6 000 °C au niveau de la photosphère; puis, fait apparemment illogique, la température augmente de nouveau fortement quand on s'éloigne encore du cœur, pour atteindre 1 million de degrés au niveau de la couronne. «À ce jour, nous n'avons aucune confirmation de nos différentes théories sur le sujet, reprend Marie Dominique. Mais grâce à Solar Orbiter et ses observations des petites éruptions, une des hypothèses va peut-être être validée. On sait que les éruptions solaires dissipent une grande partie de leur énergie (et donc de la chaleur, NdlR) dans la couronne. Toutefois, l'énergie des grandes éruptions ne suffit pas à expliquer la hausse de la température à 1 million de degrés. Maintenant, on va pouvoir déterminer si la somme des petites éruptions que l'on vient de découvrir sont la source de chauffage supplémentaire qui permet d'atteindre cette température».

Mieux comprendre et prédire la météo spatiale

Par ailleurs, un autre instrument de la mission *Solar Orbiter*, *METIS*, a récolté la première image du phénomène appelé *switchback*. Le coronographe *Metis*, qui observe la couronne solaire en occultant le centre du Soleil (comme une éclipse), va donc permettre d'analyser l'évolution des *switchbacks*. Ces déviations en forme de «S» du champ magnétique de notre étoile ont été détectées pour la première fois par *Parker Solar Probe*, l'observatoire solaire de la Nasa lancé en 2018.

En outre, *Solar Orbiter* a une trajectoire elliptique dont le Soleil est l'un des 2 foyers. Tous les 5 à 7 mois, la sonde se trouve à «un plus près» du Soleil, et au fur et à mesure, chaque nouvelle

Schéma du Soleil



orbite s'éloigne du plan de l'écliptique - plan géométrique contenant l'orbite de la Terre autour du Soleil. «Le fait que l'orbite s'incline petit à petit va permettre, à l'horizon 2025, d'observer pour la première fois les pôles du Soleil, dont on a simplement des mesures sans image fournies par la sonde euro-américaine *Ulysses*», explique Valérie Van Grootel, chercheuse en physique stellaire à l'Institut d'Astrophysique de l'ULiège. Or, on sait que les pôles solaires sont impliqués dans la production du vent solaire rapide, qui naît dans des régions appelées trous coronaux situées préférentiellement aux pôles. Ce vent est généré ponctuellement lors des pics d'activité du Soleil et des inversions des pôles magnétiques Nord et Sud, qui ont lieu tous les 11 ans. «Comprendre comment est généré le vent rapide va permettre de préciser comment le Soleil impacte l'environnement spatial de la Terre (orages magnétiques, etc.) et perturbe nos satellites, instruments, avions, astronautes, la Station spatiale internationale, les futurs voyages autour de la Lune... La surveillance et la prédiction de la météo spatiale sont l'une des lignes directrices de toutes les missions solaires», souligne l'astrophysicienne.

Enfin, toujours en lien avec la météo spatiale, *Solar Orbiter* observe avec précision les différentes éjections du Soleil, qui peuvent être sous forme de *flares* (flashes lumineux), d'émissions de particules à très haute énergie à des vitesses quasiment relativistes (*solar particle events* ou *SPE*) ou de nuages de particules appelés éjections de masse coronale (EMC). «L'objectif est de commencer à connecter ce qui se passe in situ au niveau de la sonde à ce que l'on observe plus loin en termes de densité de particules, d'énergie des particules...», éclaire Valérie Van Grootel. Avec *Solar Orbiter*, et c'est toute l'originalité de la mission, on a les 2 en même temps».



Ambitions indiennes

Outre *Solar Orbiter*, dont la mission nominale doit s'achever entre 2027 et 2030, la toute première sonde solaire indienne décolle en janvier. *Aditya-L1* sera située comme par exemple sa prédécesseur *Soho*, au point de Lagrange L1, un point stable qui offre un champ de vue dégagé sur le Soleil 24h/24. «Les équipes indiennes veulent en priorité observer les éjections de masse coronale, car ce sont principalement elles qui provoquent les tempêtes magnétiques lorsqu'elles atteignent l'atmosphère terrestre», détaille Marie Dominique. De plus, *Aditya* veut relever le défi d'observer la zone d'ombre laissée par les coronographes entre le disque solaire et la couronne lointaine. En effet, le masque des coronographes est toujours surdimensionné pour éviter des perturbations de l'image, donc la couronne solaire «interne», cercle le plus proche du disque solaire, est inobservable. Or, c'est précisément là que les EMC prennent de la vitesse ! Il serait donc intéressant d'accéder à cette zone». *Aditya* ambitionne également de mesurer le champ magnétique au niveau de la couronne. Il y est moins intense donc plus difficile à détecter, c'est pourquoi on l'observe habituellement dans la photosphère. Mais c'est bien au niveau de la couronne que le champ magnétique subit des perturbations qui sont à l'origine des phénomènes de météo spatiale. D'où l'intérêt, encore une fois, de comprendre et prédire les tempêtes et orages magnétiques de la haute atmosphère terrestre.

Côté américain, la prochaine mission dont le lancement est prévu en avril 2025 se nomme *PUNCH* (*Polarimeter to Unify the Corona and Heliosphere*). Particularité, ce coronographe se compose de 4 micro-satellites «de la taille d'une valise» qui voleront en formation sur une orbite terrestre basse. Leur but est d'observer la couronne solaire lointaine, chacun dans une direction différente, pour avoir une meilleure vision en 3D des phénomènes observés. La finalité est de comprendre comment interagissent le vent solaire et les EMC, et de quelle manière les EMC se propagent dans le milieu interstellaire depuis le Soleil jusqu'à la Terre.

Pour finir, la mission *Proba-3* (*PRoject for On-Board Autonomy*) est la 4^e mission à faible coût de l'*Esa* destinée à la mise au point de nouvelles technologies spatiales. Sous les responsabilités du CSL et de l'ORB, elle se compose d'un coronographe en 2 parties. «Deux engins vont voler en formation à 150 m de distance, l'un servant de masque occultant à l'autre», termine Marie Dominique, qui travaille sur le projet. L'objectif est une fois de plus de cibler au mieux le disque solaire pour accéder à la couronne «interne». C'est un véritable défi car les positions respectives des 2 satellites devront être ajustées au millimètre près !» *Proba-3* doit décoller en 2024. A

MAIS ENCORE...

Huit artistes pour voyager autour de la Lune

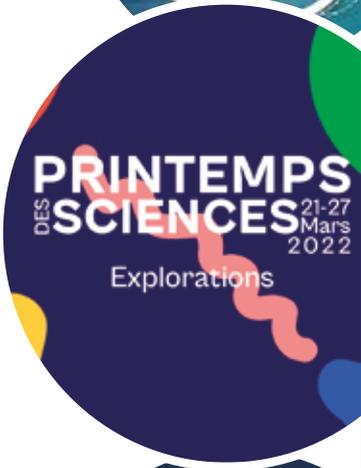
En 2018, le milliardaire japonais Yusaku Maezawa a été le premier client privé à réserver un vol de tourisme spatial à bord d'une fusée *Starship* de *SpaceX*. Le fondateur du plus gros site de vente en ligne de vêtements au Japon et collectionneur d'art contemporain vient de dévoiler la liste de 8 artistes qui l'accompagneront courant 2023 pour un voyage de 6 jours autour de la Lune. Les heureux élus sont le DJ et producteur américain Steve Aoki, le youtubeur américain Tim Dodd, l'artiste tchèque Yemi A.D., la photographe irlandaise Rhiannon Adam, le photographe britannique Karim Iliya, le documentariste américain Brendan Hall, l'acteur indien Dev Joshi et le chanteur sud-coréen TOP. Deux remplaçantes ont aussi été sélectionnées pour participer à la mission baptisée *dearMoon*: la snowboardeuse américaine Kaitlyn Farrington et la danseuse japonaise Miyu. «J'espère que tous utiliseront cette expérience pour apporter à la planète et à l'humanité», a commenté Yusaku Maezawa.

Top départ pour la construction du plus puissant radiotélescope du monde

L'Australie a lancé la construction d'un vaste réseau d'antennes dans son immense et désertique arrière-pays. Couplées avec un réseau similaire édifié en Afrique du Sud, les antennes formeront une parabole virtuelle baptisée *SKA* (*Square Kilometre Array*). «Ce radiotélescope sera l'une des entreprises scientifiques les plus importantes de l'humanité», a affirmé Philip Diamond, directeur général de l'organisation *SKA*. Le radiotélescope aura pour mission d'étudier certains des phénomènes cosmiques les plus violents, comme les supernovæ, les trous noirs ou encore les toutes premières traces du Big Bang.

La Belgique augmente son budget pour le secteur spatial

Le conseil des ministres belge a approuvé une enveloppe annuelle de 325 millions d'euros pour les investissements dans le secteur spatial pour la période 2023-2027. La majorité de cette somme est allouée à l'*Agence spatiale européenne* (*Esa*), qui voit la contribution belge passer de 255 à 305 millions d'euros par an. Le Plat pays entend ainsi rester «le plus gros contributeur des plus petits pays européens», soit le 5^e financier d'Europe au budget de l'*Esa*. «L'Espace doit permettre de mieux comprendre les effets du réchauffement climatique et donc de réagir plus vite lorsqu'il y a des tempêtes ou des inondations», a précisé Thomas Dermine, le secrétaire d'État en charge de la politique scientifique.



À LIRE



Crédit: agasari/new - stock.adobe.com

AGENDA

Le magazine scientifique

• DU 20 AU 26/03 (à Bruxelles)

Festival du Film Scientifique

Cet événement gratuit, organisé par des étudiant·e·s de de l'ASBL *Cercle des Sciences* de l'ULB, propose des documentaires et films scientifiques récents et parfois exclusifs afin de sensibiliser le public aux sciences ! La journée, les projections sont disponibles uniquement pour les écoles. En soirée et durant le weekend, le festival est accessible à tout public. Les documentaires sont également souvent accompagnés d'intervenant·e·s pouvant fournir des explications complémentaires et des réponses aux questions des spectateur·rice·s.

<http://www.ffsblx.be/fr/index.php>

• DU 20 AU 26/03 (en Wallonie)

Printemps des Sciences

C'est le rendez-vous annuel des sciences et des technologies (culture STEM) en Wallonie et à Bruxelles ! De nombreuses activités (ateliers, laboratoires, expériences, démonstrations publiques, spectacles, projections, conférences...) destinées à toutes et tous sont organisées tout au long de la semaine. Cette année, rencontrez des passionné·e·s de sciences et de technologies et plongez au cœur de leurs découvertes autour du thème «Diversités». Véritable fil rouge, fédérateur et transdisciplinaire, celui-ci vous invite à la découverte des diversités dans les sciences et les technologies: diversités des sujet d'études, des disciplines, des métiers, des méthodes et approches, mais également diversité de genres.

<http://bit.ly/3SFVxSV>

• DU 27/03 AU 01/04 (à Liège)

Festival IMAGÉSANTE

IMAGESANTE, c'est un festival de cinéma, qui met en compétition pas moins de 22 films ayant trait à la santé, concourant dans 4 catégories. Chaque projection est l'occasion de rencontrer l'équipe du film, des spécialistes de la santé, des représentants d'associations concernées par le thème du film et de débattre sur les sujets sensibles abordés. C'est aussi une trentaine d'opérations chirurgicales retransmises en direct, permettant de découvrir le travail du personnel soignant et d'échanger en temps réel avec les chirurgiens. Ce volet «Campus» proposera de nombreux ateliers pédagogiques et des conférences traitant des grands enjeux contemporains en matière de santé.

<https://www.imagesante.be/fr/>

Le bal des photons D'Einstein à la téléportation quantique

Anton Zeilinger - Flammarion Savoir

«Quiconque n'est pas choqué par la théorie quantique ne la comprend pas.». La phrase choc de Niels Bohr s'applique merveilleusement à la notion forgée par Erwin Schrödinger en 1935, l'intrication, soit l'idée que 2 particules élémentaires sont capables de s'influencer quelle que soit la distance qui les sépare. Einstein s'y refusait, Anton Zeilinger, Prix Nobel de Physique 2022, prouva son existence lors d'expériences magistrales menées avec des photons, d'abord sous le Danube, puis sur 150 km entre 2 sommets des îles Canaries ! Pour la première fois, il lève un coin du voile en expliquant pas à pas comment il a procédé et la portée de ses travaux, qui ont ouvert la voie à l'ordinateur quantique.

ATHENA 360 Janvier-Février 2023

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

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES
N° Vert du SPW: 1718 • www.wallonie.be

Abonnement (gratuit)

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

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

PAR TÉLÉPHONE
au 081 33 44 93

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

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur
www.athena-magazine.be
<http://athena.wallonie.be>
[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)

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

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

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

ISSN 0772-4683 (P) • 2736-5875 (N)

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

DESSINATEURS
Peter Elliott, Olivier Saive, AlSy, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT
Jean-François HEUSE
Inspecteur général

ÉDITRICE RESPONSABLE
Isabelle QUOILIN
Directrice générale

COUVERTURE
Première
Crédit: ©Dan Race - stock.adobe.com

Quatrième
Crédit: NASA/John Paice •
vue d'artiste

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



Promouvoir la gestion durable de la forêt
www.pefc-france.org



Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

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