

Société p.18

**Le culte
de l'enfant : une
menace pour
la démocratie ?**

Espace p.48

**DART: la mission
américaine qui va tous
nous sauver ?**

EDIWALL






ÉDITO



Deep impact

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

Le pitch de *Deep Impact*, *Armageddon* ou plus récemment, *Don't look up* (si l'on oublie la métaphore du réchauffement climatique pour s'en tenir au thème premier): le crash imminent entre un astéroïde/comète/météorite et la Terre. Autant de scénarios catastrophes qui mèneraient à la destruction de notre planète et donc à l'extinction de la race humaine. Pure (science)fiction ? Plus tant que ça. La mission DART (*Double Asteroid Redirection Test*), menée par la NASA, en est la preuve. L'objectif principal: la défense planétaire contre les géocroiseurs (astéroïdes ou comètes du système solaire que l'orbite autour du Soleil amène à faible distance de l'orbite terrestre, et donc potentiellement de la Terre). Les simulations étant compliquées à réaliser en laboratoire, ce test grandeur nature était plus qu'attendu par le monde spatial et s'est couronné par un succès ! L'impact avec l'astéroïde Dimorphos a bien eu lieu le 26 septembre dernier à une vitesse de presque 24 000 km/h, à seulement 70 m du point d'impact initialement prévu, ce qui a permis de dévier la trajectoire de l'astéroïde et diminuer sa période orbitale de 11 minutes. C'est une prouesse technique sans précédent, un moment historique. Pour les scientifiques mais pas que. L'espace est un lieu commun, qui fascine depuis que l'Homme a pris conscience de sa dimension. La curiosité suscitée par l'Univers et les astronautes n'a jamais faibli depuis la naissance de l'astronomie. Nous avons encore pu le constater durant la *Belgian Space Week* (17-21/10/2022). Partout où nous sommes passés, les salles étaient combles et l'enthousiasme au rendez-vous. Il faut dire que le programme

était alléchant avec la présence des 2 astronautes belges: Dirk Frimout qui fêtait les 30 ans de son voyage dans l'espace (1992) et Frank De Winne, commandant de l'ISS il y a 20 ans (2002). Le public a également eu la chance de rencontrer et écouter des astronautes internationaux: Charles Bolden (USA), Reinhold Ewald (DE), Anna Lee Fischer (USA), Robert Thirsk (CA) et Nicole Stott (USA). Chacun a son propre parcours mais un point commun les lie, au-delà d'être l'un ou l'une des 600 astronautes que compte le monde jusqu'à aujourd'hui, c'est leur envie et leur détermination à susciter l'intérêt pour l'espace et pour les carrières dans le domaine spatial. Ils ont tous pour volonté de montrer que ce qui peut paraître inaccessible est accessible. Qu'il y a encore des millions de découvertes à faire, qui amèneront à mieux connaître notre Univers. Et surtout que de voir la Terre d'en-haut permettra de mieux la protéger. L'urgence climatique était au cœur des discussions. Personnellement, j'ai été (agréablement) surprise par un tel engouement de la part des jeunes, qui ont pu, tout au long de cette semaine, mesurer l'importance de la recherche au niveau spatial, et donc des carrières qui s'offrent à eux. Le raccourci des dépenses astronomiques futiles alors qu'il y a tellement à résoudre sur Terre, est peut-être trop souvent vite pris... De «*deep impact*», il est bien question à tous points de vue. Des étoiles plein les yeux, je vous laisse découvrir ce numéro et vous souhaite de belles lectures. 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

358
Septembre-Octobre 2022



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

- 10 **Wall'InnoVe Tour** • VÉSALE BIOSCIENCE

- 12 **Technologie** • Crypto-monnaies: décodage (partie 2)

- 16 **L'ADN de...** • Aude BELLEFLAMME, Biologiste et Coach

- 18 **Société** • Le culte de l'enfant: une menace pour la démocratie ?

- 22 **Dossier** • Le défi: débusquer les signes de conscience

- 28 **Santé** • Plus conscients qu'on ne le pense !

- 32 **Qui est-ce ?** • Jocelyn BELL

- 34 **Internet** • Comment optimiser sa navigation en ligne ?

- 38 **Chimie** • Pasteur Carbonate de sodium: une histoire prodigieuse

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

- 44 **Physique** • La nouvelle physique (belge)

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

- 48 **Espace** • DART: la mission américaine qui va tous nous sauver ?

- 51 **Barje** • On est tous Barje, même *Athena* !


ACTUS

TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART - JC.QUINTART@SKYNET.BE

PHOTOS : © FOKKE BAARSEN - STOCK.ADOBE.COM (P.4), DEWA (P.5), © POPPYPIX - STOCK.ADOBE.COM (P.6), © CASIMIRO - STOCK.ADOBE.COM (P.7),
© PATIWAT - STOCK.ADOBE.COM (P.8), © MICHELE URSI - STOCK.ADOBE.COM (P.8), © GOPIXA - STOCK.ADOBE.COM (P.9)

L'appel du large


Vent en poupe pour le secteur éolien, dont la production en mer du Nord devrait quadrupler grâce à la Belgique, au Danemark, à l'Allemagne et aux Pays-Bas qui vont unir leurs forces pour faire de la mer du Nord la plus grande centrale d'énergie durable d'Europe. Concrètement, selon l'accord signé entre les 4 pays lors du *North Sea Summit* d'Esbjerg (Danemark), leur capacité éolienne combinée en mer devrait passer à 65 GW d'ici 2030 et à 150 GW au moins d'ici 2050. Pour notre pays, cela se traduit par une capacité éolienne offshore de près de 6 GW en 2030 et 8 GW en 2040. À noter qu'avec son tout premier îlot énergétique hybride en mer du Nord et ses interconnexions avec le Danemark et le Royaume-Uni, la Belgique fait figure de pionnier en matière d'éolien offshore. De surcroît, avec une production actuelle de 2,26 GW, en 10 ans, notre pays s'est hissé à la deuxième place mondiale en terme de capacité offshore par habitant après le Danemark.

« Cette accélération verte nous permet de remplacer plus rapidement le gaz et le pétrole par l'éolien en mer et l'hydrogène vert. Nous augmentons ainsi notre indépendance énergétique tout en réduisant à la fois nos factures et nos émissions de CO₂ », note à ce sujet Tinne Van der Straeten, ministre de l'Énergie du Gouvernement fédéral. Qui rappelle que dans le cadre du plan de relance européen, la Belgique fait encore la Une en construisant le tout premier îlot d'énergie hybride en mer du Nord et en envisageant également la pose de panneaux solaires flottants en mer du Nord. Notons enfin que nombreuses sont déjà les entreprises belges à figurer parmi les leaders mondiaux de l'éolien de par leur participation à la construction de parcs en Écosse, en France et aux États-Unis notamment. Aujourd'hui, l'éolien représente chez nous quelque 14 000 emplois et 10 000 supplémentaires devraient être créés à l'horizon 2030. 

 <https://www.premier.be>

Nouveaux développements

C'est durant cet été que les premiers sels ont été injectés dans le récepteur de la centrale solaire DEWA (UAE), dans le désert de Dubaï. Conçu et fourni par le wallon *John Cockerill*, ce récepteur thermo-solaire de 1 500 tonnes et d'une hauteur de 40 m, est installé au sommet d'une tour en béton de 260 m. Basée sur la technologie des sels fondus, utilisés comme fluide colporteur, cette installation, une fois la température atteinte de 565 °C via les 70 000 héliostats réfléchissant les rayons du soleil vers les échangeurs, produira de l'électricité jour et nuit grâce aux sels stockés, à une puissance stable et continue de 100 MW. Avec seulement 5 références dans le monde pour cette technologie, *John Cockerill* peut se targuer d'être le premier fournisseur mondial de récepteurs solaires à sels fondus.

Sur un autre registre, l'entreprise annonce qu'elle figure parmi les 35 sociétés retenues du Projet Important d'Intérêt Européen Commun (PIIEC) *Hy2Tech* de construction d'une chaîne de valeur dans la technologie de l'hydrogène en Europe. À cette occasion, *John Cockerill* ambitionne de développer une capacité de production de 1 GW d'électrolyseurs à l'horizon 2030. Cette volonté repose sur le développement d'électrolyseurs alcalins de grandes capacités (de 5 à 20 MW) et sur le lancement d'une filière de fabrication d'électrolyseurs à grande échelle en Europe. «*Nous sommes très fiers de pouvoir participer au développement et à la mise en place de cette chaîne de valeur et allons de ce pas accélérer le déploiement de nos capacités de production d'électrolyseurs ainsi que nos travaux de recherche et d'innovation*», déclare Raphael Tilot, Président exécutif de *John Cockerill Renewables*. Avec 1/3 du marché mondial, le groupe est le leader mondial des électrolyseurs alcalins. En 2021, il a d'ailleurs installé 151 MW des 458 MW qu'a comptés le marché mondial, soit 33% de parts de celui-ci. 

 <https://www.johncockerill.com>




Les verres de demain débarquent

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

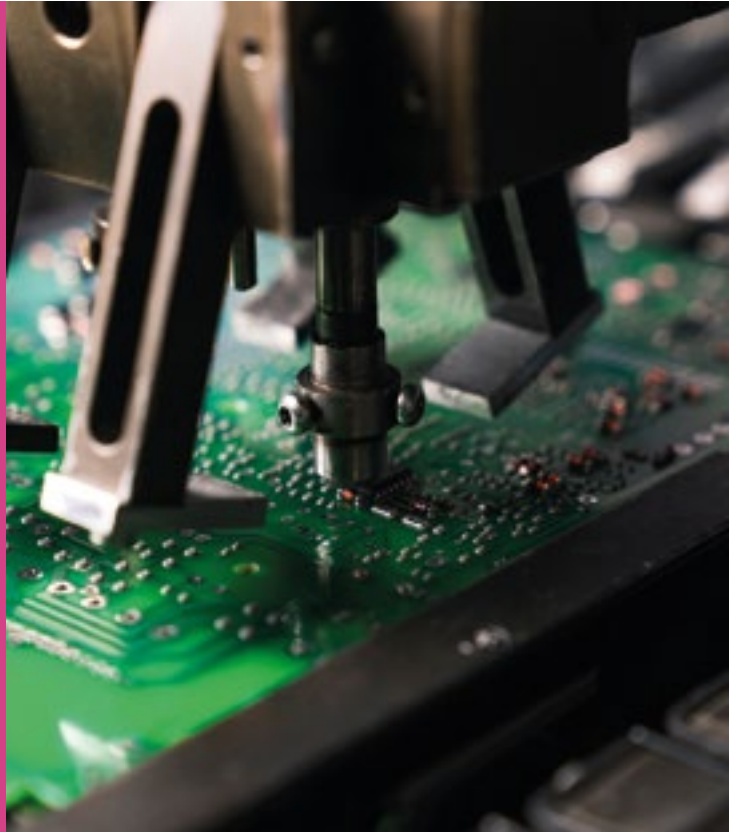
Soucieux de contribuer à la protection de l'environnement, *AGC Glass Europe* annonce l'arrivée d'une nouvelle gamme de verres bas carbone pour la fin de cette année. Selon sa feuille de route, le verrier devrait atteindre la neutralité carbone à l'horizon avec, en 2030 déjà, une réduction de ses émissions directes et indirectes de CO₂ de quelque 30%. «*Atteindre la neutralité carbone demandera une transformation holistique de notre production de verre. Une démarche qui devra aller du sourcing et de l'utilisation de matières premières durables et de l'augmentation de la teneur en groisil aux méthodes de fusion du verre, par le recours à de nouvelles techniques, d'énergies alternatives et d'un accroissement de la part d'électricité renouvelable dans le processus de production, sans oublier la conception et les usages utiles de nos*

produits en vue d'optimiser leurs avantages climatiques pendant leur cycle de vie», explique Davide Cappellino, Président de la division *Architectural Glass Europe and Americas* d'AGC.

Dans ce contexte, la société a déjà mis en œuvre différentes mesures sur plusieurs fours récemment rénovés afin de réduire leur empreinte carbone. Un engagement dont la prochaine étape sera la mise sur le marché d'une première gamme de verres bas carbone. «*Un jalon de première importance sur notre feuille de route vers la neutralité carbone*», conclut avec satisfaction Davide Cappellino. 

Les cartes au menu

Leader mondial en Défense et Sécurité ainsi qu'en Armement sportif, le wallon *FN Herstal* a inauguré, en présence du Ministre wallon de l'Économie, une nouvelle ligne d'assemblage de cartes électroniques sur sa facilité de Herstal (Liège). Un investissement au menu de son programme de diversification et d'engagement dans la digitalisation des systèmes critiques. Avec l'assemblage de ces cartes dites *Surface Mounted Device*, le wallon se positionne comme futur leader européen en termes d'innovations, conception, production et assemblage des fonctions électroniques de demain. Un projet qui se concrétise à point nommé lorsqu'on songe à la pénurie actuelle et aux encouragements de l'Union européenne quant à un retour de la fabrication des semi-conducteurs d'aujourd'hui et de demain sur le vieux continent. «*Par son très haut niveau de qualification, cette ligne est une première en Wallonie et en Belgique*», souligne avec fierté Igor Klapka, Directeur du Département Systèmes. «*Elle répondra aux besoins de productions industrielles agiles à haute variabilité et niveaux d'exigence requis pour les systèmes critiques, ceci non seulement pour les prototypes mais également pour les séries*», précise Julien Compère, CEO du groupe. Ajoutant qu'«*Avec une ligne d'assemblage aussi pointue, nous répondrons à nos besoins, à ceux de nos clients historiques et aux demandes d'autres secteurs aux fonctions critiques comme les transports, l'aéronautique, le ferroviaire et le médical*».



Cet investissement de quelque 4 millions d'euros réjouit bien évidemment Willy Borsus, vice-président et ministre de l'Économie du Gouvernement wallon, qui y voit «*Une opportunité technologique sans précédent pour le redéploiement économique de notre Région*». Et ajoute: «*C'est une réponse concrète à la pénurie mondiale de semi-conducteurs de haute technologie à laquelle nous devons faire face et aussi un signal fort pour la compétitivité des start-ups, PME et industries wallonnes technologiques qui, à l'avenir, pourront bénéficier de la flexibilité et de l'agilité de cet outil à la pointe de l'Art*». ^A

 <https://www.fnherstal.com>

Du bon usage des médicaments

 <https://pharma.be>

Avec la plateforme *PharmaScan BeLux*, *pharma.be* et *Medaxes* apportent des réponses à un besoin exprimé depuis longtemps déjà en termes d'informations de meilleure qualité sur la distribution des médicaments aux hôpitaux. Ainsi, par exemple, les entreprises doivent pouvoir démontrer l'impact budgétaire à l'occasion du lancement de nouveaux médicaments ou lorsque des solutions concurrentes apparaissent, de suivre l'évolution du marché. Pour ces raisons, la plateforme recevra, directement auprès des sociétés pharmaceutiques, les informations de distribution des médicaments aux hôpitaux et ce, uniquement au niveau du nombre de conditionnements pour tous les médicaments dans l'environnement hospitalier, qu'ils soient délivrés sur prescription ou non, remboursés ou non. Les données

sensibles et notamment celles relatives aux patients ne sont donc collectées.

«*L'ambition est de devenir la source d'information fiable sur la distribution des médicaments aux hôpitaux. Primordiale dans ce projet, la qualité des données permettra aux membres de mieux organiser leur approvisionnement en médicaments et de mieux étayer leurs dossiers de demandes de remboursement grâce à des données de marché plus fiables*», note Caroline Ven, CEO de *pharma.be*. De son côté, Michel Collard, CEO de *PharmaScan Belux* explique que «*la plateforme fonctionnera selon les normes de qualité les plus élevées en termes de confidentialité, de respect de la vie privée et d'agrégation des données*». ^A

Solvay à la Une

Parmi les 13 000 fournisseurs réguliers de Boeing issus de plus de 48 pays dans le monde, c'est le belge Solvay qui a emporté cette année le *Boeing Supplier of the Year Award*, pour la qualité de ses performances, ses coûts, ses initiatives environnementales, son service client et son expertise technique. « Cette reconnaissance est l'aboutissement de plus de 50 années de collaboration à la résolution de problèmes complexes par des innovations, des solutions de supply chain non conventionnelles et de partage des mêmes valeurs entre nos deux entreprises », se réjouit Carmelo Lo Faro, Président du Segment Matériaux.

Quelques semaines plus tard, c'était au tour de Lockheed Martin de décerner à CEM Defense Material LLC (CDM), filiale de Solvay, l'*Elite Supplier Award* pour avoir respecté à 100% le zéro défaut et les délais de livraisons prévus durant la totalité de l'exercice 2021. Installée à Tempe, en Arizona, et opérant sous agrégation *Special Security* du Département de la Défense des États-Unis, cette filiale de Solvay propose une large panoplie de matériaux composites pour les besoins de défense terrestre, aérospatiale et maritime.

Parallèlement à la réception de ses lauriers américains, Solvay a inauguré un laboratoire de développement en nouvelles applications ainsi qu'une ligne de technologie d'impression 3D dans sa facilité de recherche et d'innovation d'Alpharetta (Géorgie), site qui est également le quartier général mondial du segment Matériaux du Groupe. Ce dernier investissement de plus de 30 millions d'euros permettra à Solvay d'offrir à ses clients une plateforme d'innovation sur



laquelle ils pourront pratiquer des opérations de prototypage avancé, de validation d'ingénierie virtuelle et des tests spécialisés. Un plus qui permettra aux clients d'intervenir en temps réel avec les ingénieurs de Solvay pour co-créditer des solutions disruptives et innovantes encore plus efficaces qu'auparavant. Cette réalisation est « Le dernier exemple en date de notre présence croissante aux États-Unis et de notre investissement continu dans l'innovation afin d'ouvrir la voie aux véhicules électriques, à l'économie de l'hydrogène, à l'aérospatial et à d'autres avancées qui soutiennent une société plus durable », devait déclarer à cette occasion Ilham Kadri, CEO de Solvay. En 2021, l'Amérique du Nord représentait 26% des ventes nettes de Solvay qui mobilise ici plus de 5 400 salariés dans 25 États, sur 38 sites industriels, 3 centres de Recherche et Innovation et 3 sièges sociaux. ^A

 <https://www.solvay.com>



COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT_DUBOIS@ME.COM · WWW.VINCE-CARTOON.BE

Elle a fait le buzz à la Fashion Week de Paris: la robe en spray ! Dix minutes à peine ont suffi pour pulvériser une robe blanche sur mesure sur un mannequin presque nu. Le tout sous les yeux ébahis du monde entier. Si ce n'est pas de la magie, de quelle technologie s'agit-il ? Le spray contient des fibres au choix (laine, mohair, coton, nylon, cellulose, lin...), un polymère liquide et des solvants qui s'évaporent au contact de certaines surfaces, comme la peau par exemple. Les fibres se collent entre elles, créant ainsi un textile non-tissé, lavable et même recyclable ! La technologie, qui date en réalité d'une dizaine d'années, peut être utilisée notamment dans le secteur médical pour fabriquer des pansements, lingettes ou même des masques.

essenscia affûte ses outils...

Et annonce sans complexe, «*Build a home for your biomanufacturing in Wallonia*» en entame de son nouveau site Internet dédié aux investisseurs internationaux. En osant affirmer que la Wallonie est une terre d'accueil de choix pour les bio- et pharma- entreprises, *essenscia* montre sa volonté d'attirer toujours plus d'initiatives dans la région. Développé par l'Awex et *essenscia Wallonie*, le site nouveau <https://www.kickstartbiomanufacturing.be> détaille les nombreuses success stories déjà écrites chez nous et présente les atouts régionaux en sciences de la vie: collaborateurs hautement qualifiés, localisation au cœur de l'Europe, etc. «*En Wallonie, biopharma et biotech font désormais partie de notre ADN*», note Frédéric Druck, directeur d'*essenscia Wallonie*. Et l'administratrice générale de l'Awex, Pascale Delcomminette, d'ajouter: «*Nous avons les talents, nous avons l'écosystème, nous sommes un pôle biologistique. Avec essenscia, nous allons travailler ensemble pour continuer à amplifier notre présence sur la carte mondiale*». À noter que ce nouveau site est une facette des initiatives du plan *Boosting biomanufacturing in Wallonia* lancé en 2021 par les 2 entités.

Afin d'accompagner les entreprises biomanufacturières dans leur transformation numérique, *Biowin*, le *CETIC* et *essenscia Wallonie* ont conjugué leurs efforts pour créer *BioMan*. Ce projet, d'une durée de 2 ans et doté d'un budget de 140 000 euros, vise la numérisation des bioprocédés et est repris par l'Agence du numérique (AdN) via le programme régional *Industrie du futur*, qui entend améliorer la compétitivité des sociétés manufacturières par les technologies digitales. De fait, les approches biothérapeutiques ont désormais recours à des méthodes de production plus complexes et plus coûteuses que les procédures classiques d'hier basées sur la synthèse chimique. Aujourd'hui, la bioproduction touche les produits de thérapie cellulaire et d'ingénierie tissulaire, les protéines recombinantes, les anticorps monoclonaux, les acides nucléiques ADN/ARN, les vecteurs viraux, les exosomes, les bactériophages, etc. Cette nouvelle réalité impose aux industriels wallons de disposer d'outils de pointe en réalité virtuelle, réalité augmentée, maintenance prédictive, etc.

Sur le terrain, *BioMan* articulera sa mission en 4 volets: la sensibilisation digitale des entreprises actives en biomanufacturing; la réalisation d'un diagnostic de maturité digitale pour les industriels marquant un intérêt au concept; l'accompagnement et la rédaction d'un road map pour des projets concrets de numérisation avec identification des outils financiers pour la conduite à bonne fortune du projet et enfin, la récolte de

données sur les besoins futurs en compétences techniques des acteurs du biomanufacturing. «*Cela fait plusieurs années déjà que nous avons identifié l'évolution de la bioproduction comme un défi majeur pour la croissance et la compétitivité de l'écosystème BioWin. Aujourd'hui, la digitalisation est un angle d'innovation incontournable si nous voulons rester parmi les leaders. Aussi, sommes-nous fiers d'être associés au CETIC et à essenscia Wallonie pour ce projet stratégique*», explique Sylvie Ponchaut, directrice générale de *BioWin*. De son côté, Paul Vanabelle, *Expert Research Engineer* au *CETIC*, déclare que dans le cadre de *BioMan*, une des missions du *CETIC* «*Est de mobiliser les biopharmaciens et de les soutenir de manière pratique lorsqu'ils se lancent, même petitement, dans la digitalisation de leurs procédures de travail*». Thierry Ferain, directeur innovation et croissance chez *BioWin* et coordinateur du projet *BioMan*, de conclure en précisant «*Être déjà en contact avec plusieurs sociétés wallonnes intéressées par un diagnostic digital de leur entreprise par le CETIC*».

<https://www.digitalwallonia.be/fr/programmes/industrie-du-futur/>

Sur un autre registre, Valérie Glatigny, ministre de l'Enseignement supérieur, a accrédité 2 nouvelles formations de bacheliers pour les étudiants en chimie et sciences de la vie. Proposé par HELHa et HEPH Condorcet, le bachelier en biopharmacie formera les étudiants à la recherche et à l'élaboration de produits, à la production de molécules, de vaccins, etc. Offert par la HE Vinci et HELHa, le cours de bachelier en bioqualité amènera les étudiants à élaborer et améliorer les procédures liées à la qualité, l'hygiène, la sécurité et l'environnement. Ces formations entendent répondre aux besoins de l'industrie en talents formés et rencontrer aussi une demande d'étudiants en matière de pratique des métiers. ^A

<https://www.essenscia.be>



Découverte très inquiétante !

On se serait bien passé de cette nouvelle. Ainsi, une équipe de l'UCLouvain a découvert un facteur génétique multipliant par 4 le risque d'insuffisance rénale terminale. Terrible en effet, surtout lorsqu'on sait que cette pathologie est une maladie à forte prédisposition génétique qui affecte 10% de la population mondiale, y compris dans notre pays, soit 1 million de belges dont l'insuffisance rénale terminale nécessite dialyse ou transplantation. D'où le besoin de décrypter l'architecture génétique de l'insuffisance rénale chronique afin d'identifier au plus vite de nouvelles cibles thérapeutiques et ainsi prévenir ou retarder la progression de cette maladie. «Jusqu'ici, on observait 2 types de mutations ou variants génétiques: soit des mutations très rares avec un effet sévère sur le rein, impliqués surtout dans les maladies rares ou des variants fréquents présents chez tout un chacun mais avec ici un effet à peine perceptible sur le rein», explique Olivier Devuyst, professeur à l'UCLouvain et chef de clinique à Saint-Luc. Qui précise: «Un troisième type de mutations, à effet intermédiaire, était prédit de longue date pour mieux rendre compte de la composante héréditaire de la pathologie». Et c'est ce type de mutation à effet intermédiaire dans le gène UMOD, bien connu pour son rôle dans les pathologies rénales, qu'a réussi à identifier l'équipe conduite par Olivier Devuyst et Éric Olinger, des Universités de Zurich et Newcastle, et Cliniques Saint-Luc. «Cette mutation, détectée chez environ 1 individu sur 1 000, génère un effet biologique intermédiaire au niveau du rein, malheureusement suffisant pour multiplier par 4 le risque d'insuffisance rénale chronique terminale dans des cohortes combinées de plus de 6 millions de sujets. Ce qui, chez nous, pourrait toucher quelque 10 000 personnes», précisent les 2 chercheurs. Ajoutant que cette découverte a été possible grâce l'accès aux grandes bases de données, notamment celle de l'UK Biobank, dont la cohorte rassemble les données génétiques et cliniques de 500 000 individus en bonne santé et dont les données combinées à d'autres leur ont permis de valider leur hypothèse. Pour l'équipe de l'UCLouvain, ces avancées génétiques sont importantes dans l'optique d'une médecine de précision, car la connaissance de tels facteurs génétiques permettra de préciser le risque par rapport à certaines maladies. La compréhension de l'architecture génétique des maladies rénales ouvre la voie à de nouveaux traitements visant à éviter ou retarder la pénible et coûteuse dialyse. ^A



L'étude complète ici:

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2114734119>

LE CHIFFRE

593

Tel était, en millions d'euros, le montant des avoirs dormants auprès de la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC) du SPF Finances il y a quelques semaines. Une institution bien

utile et pourtant méconnue des Belges. À gros traits, sa vocation première est la gestion des différents dépôts qui lui sont confiés, avant de les rembourser aux ayants droits en fin de procédure. Par avoirs dormants, la Caisse entend des comptes, assurances ou coffres transférés chez elle suite à l'inactivité avérée de leurs ayants droits. Sont concernés ici des fonds perdus de vue, comme un ancien compte oublié, ou des fonds versés sans le savoir sur un compte au bénéfice d'une personne notamment lors d'une succession. Une méconnaissance qui fait que de nombreux citoyens belges possèdent en nom propre des fonds dormants à la CDC ! Sa vocation n'étant pas la thésaurisation, il est possible de récupérer les sommes via *MyMinfin*. Soucieuse d'aider toujours plus le citoyen, la CDC a décidé d'accélérer cette opération en la digitalisant totalement. Après avoir vérifié, via *MyMinfin*, s'il possède des avoirs dormants et si cette recherche a été fructueuse, il peut désormais les récupérer grâce à e-DEPO, plateforme sur laquelle le client peut faire la plupart de ses démarches de manière digitale, comme la constitution d'une garantie locative en quelques minutes ou encore, la récupération de fonds déposés en son nom à CDC. Bref, des raisons et bien d'autres qui devraient pousser le citoyen à surfer régulièrement sur les dossiers déposés à leur nom dans e-DEPO. ^A



<https://finances.belgium.be/fr>





WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur VÉSALE BIOSCIENCE

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.10), @VÉSALE BIOSCIENCE (P.11)



CARTE D'IDENTITÉ

CRÉATION: 2018

SIÈGE SOCIAL:
rue Louis Allaert, 9,
5310 Eghezée

**SECTEUR
D'ACTIVITÉS:**
Phagothérapie

**MEMBRES
DE L'ÉQUIPE:**
une dizaine

CONTACT:
081 56 00 06
info@phages.health

 www.phages.health

Il était une fois...

Créée en 2018 à Namur, *Vésale Bioscience* est une spin-out de *Vésale Pharma*, leader belge en matière de recherche et développement de solutions microbiotiques. «*En tant que spécialistes du microbiote, nous nous sommes rendu compte que les chefs d'orchestre de ces microbiotes, quels qu'ils soient, ce sont les phages, commence Jehan Liénart, CEO et fondateur de Vésale Bioscience. Les phages sont, pour le dire en bref, de bons virus. Prédateurs de bactéries, ils sont inoffensifs pour les humains.*»

Société de R&D en phagothérapie, *Vésale Bioscience* a développé une technologie innovante et prometteuse dans la lutte contre les infections multi-résistantes, notamment en matière

de solutions alternatives aux antibiotiques. Les bactériophages comme traitement contre les infections dues aux bactéries existent depuis près d'un siècle. Aujourd'hui, le déclin de l'efficacité des antibiotiques renouvelle l'intérêt des scientifiques pour cette pratique. La phagothérapie conventionnelle repose sur l'utilisation de phages naturels pour infecter et lyser les bactéries. Les phages se fixent aux cellules bactériennes et y injectent leur génome viral. Celui-ci interrompt le cycle de reproduction bactérien et produit à la place des phages supplémentaires qui sont libérés à la fin de chaque cycle viral par une lyse de la cellule bactérienne. De nouvelles infections commencent alors et le processus se multiplie de façon exponentielle. C'est cette infection virale à croissance rapide de la colonie bactérienne qui finira par arrêter l'infection sur laquelle notre propre système immunitaire peut à nouveau prendre le relais et reprendre le contrôle.

Selon l'*Organisation Mondiale de la Santé (OMS)*, la résistance aux antibiotiques représente aujourd'hui l'une des plus grandes menaces pesant sur la santé mondiale. D'ici quelques années, les résistances aux bactéries dépasseront en mortalité toutes les autres causes, y compris les maladies cardiovasculaires et même les cancers, devenant la première cause de mortalité dans le monde. Si ce n'est pas encore le cas aujourd'hui, la courbe est exponentielle. «*Selon le magazine The Lancet, on est aux portes de cette évolution avec d'énormes problèmes, des gens qui meurent, des amputations, de très longs séjours en hôpital, dans le monde entier. La résistance survient lorsque les*

Selon l'OMS, d'ici quelques années, les résistances aux bactéries dépasseront en mortalité toutes les autres causes, y compris les maladies cardiovasculaires et même les cancers, devenant la première cause de mortalité dans le monde.

bactéries évoluent en réponse à l'utilisation des antibiotiques, diminuant ainsi fortement l'efficacité du traitement. Ces bactéries deviennent alors résistantes, pouvant provoquer chez l'être humain ou l'animal des infections plus difficiles à traiter que celles dues aux bactéries non-résistantes.» Toujours selon l'OMS, les coûts économiques de la gestion des patients atteints de bactéries multi-résistantes pourraient représenter un montant de 100 trillions de dollars américains à l'horizon 2050. C'est ce constat qui a amené Vésale Bioscience à voir le jour. L'entreprise emploie actuellement une dizaine de personnes. «*Nous comptons également dans notre équipe des experts de renommée mondiale et aussi des personnes de la Défense qui ont permis des avancées majeures dans le développement de la recherche et de la conception du processus de production. Et nous avons déposé tous les brevets nécessaires.»*

...l'envie d'innover

Les phages sont très sélectifs dans les souches de bactéries contre lesquelles ils sont efficaces. Il est donc primordial de les sélectionner minutieusement pour qu'ils concordent à l'infection traitée. Ce procédé est chronophage et fastidieux. Vésale Bioscience a donc développé un phagogramme automatique, un outil analytique capable de choisir et propose la meilleure correspondance à une certaine bactérie parmi une large collection de phages. «*Notre start-up, qui se situe entre la biotech et la medtech, a développé Inteliphage®, un phagogramme, un appareil utilisant l'intelligence artificielle afin d'obtenir un diagnostic décentralisé, ainsi qu'une thérapie personnalisée, le cocktail parfait qui va éradiquer l'infection.»* Quatre ans ont été nécessaires pour mettre au point cette technologie. Celle-ci offre une grande réactivité, donnant un diagnostic en 3 heures au lieu des 3 jours habituels. Les recherches actuelles sur l'utilisation des phages et de leurs protéines lytiques, en particulier contre les infections bactériennes multi-résistantes, suggèrent que la phagothérapie a le potentiel d'être utilisée comme alternative ou comme complément aux traitements antibiotiques.

Les phages sont considérés plus efficaces que les antibiotiques pour différents facteurs: leur spécificité, leur innocuité pour l'organisme hôte, mais également pour d'autres bactéries bénéfiques telles que le microbiote intestinal, réduisant ainsi les risques d'infections opportunistes, leur index thérapeutique élevé qui présume peu d'effets secondaires même au-delà du niveau thérapeutique. La société dispose d'une bibliothèque de phages très importante, 200 références actuellement, afin d'adapter ensuite le traitement du patient. «*Et elle devrait passer à plus de 600 dans le courant de cette année.»* Cette technologie, aisément reproductible dans les centres spécialisés, apporte une réponse concrète à une problématique mondiale de santé publique.

Depuis 2020, Vésale Bioscience collabore avec l'Armée belge. «*Nous avons signé un contrat dans le cadre d'une convention Triple Hélix entre l'industrie, le gouvernement fédéral, la Défense nationale et le monde universitaire. Une première pour un projet de R&D sur la phagothérapie.»* Les projets de recherche sont soutenus par Biowin, le pôle de compétitivité wallon des sciences du vivant, et le SPW Recherche. En 2021, l'entreprise a reçu le prix BioFIT de la start-up la plus innovante d'Europe en sciences de la vie, ce qui confirme l'importance de la phagothérapie et l'apport de la technologie de la société wallonne dans la lutte contre les infections multi-résistantes. «*Toutes catégories confondues, nous avons obtenu le premier prix, se réjouit Jehan Liénart. Nous sommes au-dessus de la mêlée et très fiers de cette distinction. Elle met en lumière l'extraordinaire travail de notre équipe. C'est assez exceptionnel qu'une entreprise belge gagne le prix européen de l'innovation. C'est une reconnaissance de notre recherche, qui nous encourage à aller de l'avant dans la recherche de solutions aux infections multi-résistantes aux antibiotiques qui constituent un véritable défi en matière de santé publique dans le monde.»* Cette nouvelle technologie devrait être mise sur le marché début 2023. ^A



QUI EST JEHAN LIÉNART, CEO ?

Après des études d'économie à l'UCL à Bruxelles, cet Ucclois de naissance, wallon de cœur, travaille d'abord pendant une dizaine d'années dans la publicité.

En 1998, Jehan Liénart fonde Vésale Pharma, dont il reste le CEO, et introduit le premier probiotique sur le marché belge. Passionné de patrimoine, il achète le château de Noville-sur-Mehaigne en 2001, à 2 pas d'Eghezée, où il installe le siège de son entreprise et où il aime recevoir ses clients chinois, japonais, indiens, américains. En 2011, il dépose le brevet mondial Intelicaps®. En 2018, il crée une filiale de recherche aux États-Unis, Vésale Pharma Probiotics R&D, et fonde, en Belgique, la spin-out Vésale Bioscience. L'année suivante, il lance le projet de recherche collaborative Inteliphage®, labellisé par le Gouvernement wallon. Ce père de 5 enfants est également un fêru de musique classique, en particulier de Jean-Sébastien Bach.

PARTIE 2

Crypto- monnaies: décodage

Avant les vacances d'été, nous vous parlions des cryptomonnaies et en particulier du Bitcoin ou BTC qui a fait école en la matière (<http://athena-magazine.be/magazine/le-magazine-n357/les-cryptomonnaies-decryptees-1e-partie/>). Nous abordions avec vous la technologie de la «blockchain» et la récompense par «preuve de travail» via le minage de BTC. Ici, nous passerons en revue d'autres moyens de sécuriser la blockchain et de gagner ou de se procurer des cryptomonnaies. Nous présenterons aussi certaines cryptodevises en particulier. Tout cela sous le regard éclairé d'une scientifique passionnée par le sujet...

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

PHOTOS : ©BILLIONPHOTOS.COM - STOCK.ADOBE.COM (P.12), ©DENNIS - STOCK.ADOBE.COM (P.13),
©IQONCEPT - STOCK.ADOBE.COM (P.14)

Le minage constitue un moyen d'entrer en possession de BTC, à condition d'être un nœud du réseau et d'avoir la puissance nécessaire à la résolution du calcul pour trouver la clé. La «preuve de travail» couplée au principe, utile en cas de conflit, selon lequel la chaîne de blocs la plus longue est considérée comme valide, constitue ce que l'on appelle un «mécanisme de consensus» qui permet aux nœuds honnêtes de se mettre d'accord sur les transactions à valider et sur le montant des portefeuilles numériques de chacun, c'est-à-dire sur le contenu de la blockchain. Dans ce cas-ci, on parle de «l'algorithme de consensus de Nakamoto par preuve de travail». Mais il existe d'autres mécanismes de consensus permettant de gagner des cryptomonnaies différentes du Bitcoin et de sécuriser une blockchain.

Donnez-moi des preuves !

Commençons par la «preuve d'enjeu», «*Proof-of-Stake*» ou PoS, qui consiste à démontrer que l'on possède déjà une quantité minimale de la cryptomonnaie en question. Dans ce cas, les validateurs de blocs, que l'on appelle «forgeurs» et non mineurs comme pour le BTC, sont sélectionnés de manière aléatoire s'ils possèdent au moins la quantité préétablie. On parle de «minage virtuel» où les jetons numériques jouent le rôle de l'électricité dans la preuve de travail. Soit les forgeurs sont choisis pour créer des blocs, soit pour vérifier

des blocs qu'ils n'ont pas créés. Comme aucune énergie n'est dépensée dans ces démarches et afin d'éviter certaines dérives, la preuve d'enjeu va de pair avec une garantie non-négligeable que les forgeurs doivent bloquer: en général, la quantité minimale qu'ils doivent posséder pour pouvoir être choisis comme vérificateurs. Elle sert de pénalité: en cas de tentative de fraude, le forgeur la perd dans sa totalité, alors que seulement une portion lui sera prélevée s'il est hors ligne alors qu'un bloc lui est parvenu pour validation.

De cette preuve d'enjeu découlent d'autres procédés de consensus permettant de gagner des jetons. Citons par exemple la «preuve de conservation», «*Proof-of-Hold*» (PoH): la probabilité d'être choisi comme validateur dépend notamment de l'âge des jetons possédés («*coin age*») c'est-à-dire du temps de possession d'un jeton. Ou encore la «preuve d'enjeu déléguée», «*Delegated Proof-of-Stake*» (DPoS): la probabilité d'être choisi comme forgeur dépend du nombre de jetons possédés mais également du nombre de jetons délégués par d'autres utilisateurs via un processus d'élection. Et il existe de nombreux autres mécanismes de consensus comme la «preuve de capacité» («*Proof-of-Capacity*» ou PoC), basée sur la capacité des machines des validateurs à stocker des données et donc à mobiliser des ressources, ou encore la «preuve d'autorité» («*Proof-of-Authority*» ou PoA), pour laquelle les validateurs sont définis à l'avance et, étant formellement identifiés, mettent en jeu leur réputation à chaque vérification de bloc.

Mais si vous êtes néophyte et pas du tout tenté par l'expérience de mineur ou de forgeur, vous pouvez tout simplement échanger des euros ou toute autre devise officielle contre de la cryptomonnaie (donc minée/forgée par quelqu'un d'autre à la base) afin d'approvisionner votre portefeuille virtuel. Il existe des plateformes qui proposent ces services selon le taux du jour et moyennant commission. Citons par exemple *Coinbase*, *Binance* et la plateforme belge *bit4you* qui permettent d'acheter et de revendre toutes sortes de cryptodevises. Faciles d'utilisation grâce à une interface *user-friendly*, elles s'adressent tant aux confirmés qu'aux débutants en les aidant à s'y retrouver dans les méandres du monde virtuel des cryptodevises. En revanche, si vous êtes à l'aise, vous pouvez choisir de gérer votre portefeuille numérique sans plateforme et utiliser l'interface d'un protocole blockchain pour réaliser vos transactions. Un petit conseil: n'investissez surtout jamais plus que ce que vous pouvez vous permettre de perdre ! Si vous préférez ne rien risquer, certains sites proposent par exemple de regarder des publicités en échange de cryptomonnaies, mais les montants sont très faibles.

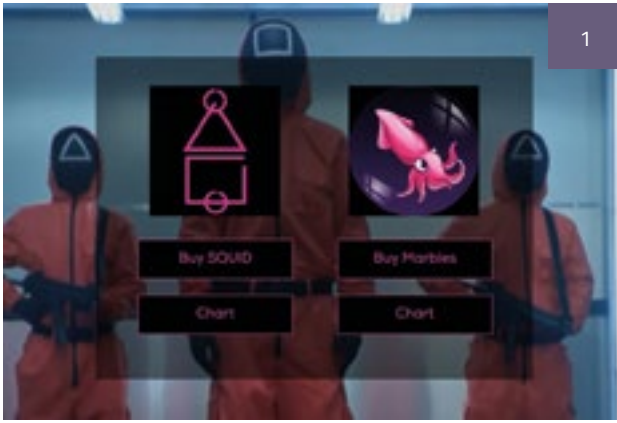
Un océan de cryptomonnaies

Jusqu'ici, nous avons beaucoup parlé du *Bitcoin*, qui est à la base de la popularité des cryptomonnaies et de la technologie de la blockchain. Mais il existe de nombreuses autres cryptodevises, dont certaines - on parle d'«altcoins» - sont basées sur une blockchain qui leur est propre, alors que d'autres - les «tokens» - utilisent une blockchain existante et n'en sont alors qu'un «embranchement» avec des blocs qui leur sont propres. Penchons-nous sur un exemple en particulier.

Devenir mineur ou forgeur permet d'entrer en possession de cryptomonnaies en jouant un rôle dans la blockchain. Une option plus accessible est d'utiliser une plateforme d'échange en ligne

Peut-être avez-vous déjà entendu parler du très populaire *Ether* ou ETH apparu en 2015, *Ethereum* étant la technologie sous-jacente. Deuxième (loin) derrière le BTC selon sa valeur du moment, il s'agit d'un altcoin et sa blockchain, jusqu'à très récemment, était également basée sur la preuve de travail, très énergivore. Pour y remédier, ses créateurs sont passés à un mécanisme de preuve d'enjeu lors d'un événement très attendu dans le monde des cryptomonnaies, «*The Merge*», ayant eu lieu le 15 septembre dernier. À la clé ? Une réduction de la consommation en énergie de plus de 99% ! La particularité de la technologie *Ethereum* est qu'elle offre des fonctionnalités de niveau supérieur: elle peut être utilisée pour développer des applications décentralisées (DApps), que ce soit dans le domaine de la finance, des jeux, des réseaux sociaux... Dans





1



2



1. La série *Netflix Squid Game* a inspiré le monde des monnaies virtuelles qui a vu naître la cryptodevise nommée *Squid*. Malheureusement, il s'agissait d'une arnaque et ceux qui s'y sont laissés prendre en ont été de leur poche...

2. Certaines cryptomonnaies maintiennent la parité avec une monnaie «réelle» qui dépend d'un gouvernement ou d'une institution. Elles sont qualifiées de «stablecoins».

quel but ? Rester anonyme, éviter la censure et créer ses propres règles arbitraires de propriété, notamment. *Ethereum* permet aussi de créer des «contrats intelligents». En réalité, il ne s'agit pas de contrats mais bien de petits programmes déployés sur le réseau (moyennant un coût) qui, lorsque certaines conditions préétablies entre plusieurs parties sont remplies, s'exécutent automatiquement sur la blockchain sans avoir recours à un tiers. Ils garantissent la transparence, sont immuables (une fois exécutés, on ne peut les modifier) et sont applicables à n'importe quel domaine. À noter que de nombreux tokens sont issus de la blockchain de l'ETH grâce à un protocole appelé ERC20.


Nous pouvons encore citer en exemple *Litecoin*, *Celsius*, *Elrond*, *Diem*, *Solana*... Le monde virtuel regorge de cryptomonnaies aux différentes caractéristiques plus ou moins adaptées selon ce que vous souhaitez en faire. Mais gare aux arnaques ! Certains profitent de la naïveté de débutants pour lancer des cryptomonnaies au nom attractif et se faire la malle avec le capital en devise officielle. De la sorte, la fausse nouvelle cryptodevise *Squid*, qui a vu le jour fin 2021 et tire son nom de la série *Netflix* à succès *Squid Game*, a rapporté plus de 3 millions de dollars américains aux escrocs. Ils n'ont eu qu'à attendre que le cours de la cryptodevise grimpe en même temps que sa popularité pour ensuite, lors d'un pic, en convertir d'un coup la totalité en devise officielle et s'en emparer. Le signe le plus évident de ce genre d'arnaque ? Il est souvent impossible de réaliser des transactions dans ladite cryptomonnaie sur des plateformes classiques comme *Binance*.

Stablecoins

En parallèle se développent également ce que l'on appelle des «stablecoins» qui élargissent le concept des cryptomonnaies. Ces *stablecoins* garantissent une équivalence constante avec une valeur de référence «réelle», par exemple le dollar américain (USD). On dit alors que la cryptomonnaie est adossée à l'USD. Cela signifie qu'à tout moment, la valeur de la cryptomonnaie par rapport à cet actif reste stable, d'où le nom de *stablecoins*. C'est

le cas par exemple du *Tether* (USDT), une cryptodevise qui répond à l'égalité 1 USDT = 1 USD. Cela permet de pallier les fluctuations de la valeur des cryptomonnaies si vous vouliez les convertir en une devise officielle. En théorie, les émetteurs de ces *stablecoins* se portent garants en cas de problème et affirment disposer de suffisamment de liquidités au cas où cela s'avèrerait nécessaire. À terme, chaque pays pourrait décider d'instaurer un équivalent numérique de sa devise officielle. Il ne s'agirait donc plus de finance décentralisée mais bien centralisée, et donc pas tout à fait de cryptomonnaie. On parle alors de «MNBC» pour «Monnaie Numérique de Banque Centrale». La Chine a d'ailleurs lancé son e-yuan pendant les JO de Pékin (mais il n'est pas encore utilisable partout dans le pays), la Banque Centrale Européenne planche sur un euro virtuel qui verrait le jour aux alentours de 2025, sans oublier le Japon et les USA qui sont également lancés dans des projets de *stablecoins*, pour ne citer que quelques exemples.

Pour en faire quoi ?

C'est bien joli tout ça mais une fois en possession de cryptomonnaies, que peut-on en faire ? On achète ou on vend des biens et des services dans certains écosystèmes particuliers, on spéculé, on joue en bourse et donc on investit grâce à cet actif financier. Les cryptomonnaies sont aussi un moyen rapide, «pseudonymisé» et sécurisé d'échanger de l'argent, à moindre frais, sans plafond et avec le monde entier. Mais pour l'instant, elles ne nous permettent pas encore d'aller faire des courses au supermarché ou chez l'épicier du coin, même si, de façon anecdotique, certains sites Internet ou boutiques les acceptent déjà. Tentons d'en savoir un peu plus grâce à une experte en monnaie numérique qui répond à nos questions (*voir page suivante*). 

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

INTERVIEW

Leila Rebbouh, Docteur en Sciences Physiques et responsable du groupe d'Intelligence Artificielle chez NRB, un des plus importants fournisseurs de service IT en Belgique, répond à nos questions:

D'où vient votre intérêt pour les cryptomonnaies ?

Durant ma période d'entrepreneuriat, avant NRB, j'ai baigné dans l'écosystème des cryptomonnaies. J'ai créé un projet dont le but était de miner des cryptodevises à partir d'excès d'énergie. Ce domaine me passionne, tout autant que la technologie de la blockchain car elle peut être utilisée dans bien d'autres domaines. À ce titre, je suis à l'origine de 2 autres initiatives: l'une dans la traçabilité agro-alimentaire, l'autre, «*blockchain for prosumers*» est liée aux certificats verts.

En pratique, comment devient-on mineur de Bitcoin ?

Plus personne ne peut devenir mineur de BTC. La technologie est devenue tellement pointue et chère qu'il faut de nombreux petits appareils particuliers qui font énormément de bruit et chauffent beaucoup. Même si l'on en a un chez soi, cela ne va pas permettre de gagner beaucoup d'argent. Car des gens ont détourné le principe de base de la blockchain, qui est celui d'une technologie décentralisée, pour créer des grosses fermes de minage («*farming*») centralisées avec des milliers de petits appareils qui minent. Il y en avait énormément en Chine, qui fonctionnaient au charbon mais qui ont été bannies pour des raisons autocratiques. On en trouve maintenant beaucoup au Canada mais les énergies renouvelables sont en général préférées, d'un point de vue écologique et financier, le minage étant énergivore. En revanche, on peut miner chez soi des altcoins simplement avec son ordinateur. Il existe des sites Internet qui expliquent si cela vaut le coup ou pas selon le type de matériel que l'on possède.

Concrètement, à quoi servent les cryptomonnaies ?

Honnêtement, on ne peut rien en faire. Parce qu'il n'y a pas de lien entre le milieu de la cryptomonnaie et l'économie réelle. Les cryptomonnaies ne sont que des bulles spéculatives. C'est dommage pour les gens comme moi qui croient en leur principe de base, c'est-à-dire le fait qu'elles fonctionnent de manière décentralisée,

TECHNO-ZOOM

Elon Musk, qu'on ne présente plus, fait souvent parler de lui dans de nombreux domaines et les cryptomonnaies ne font pas exception. Fin 2022, sa société SpaceX devrait mettre en orbite lunaire, à l'aide de son lanceur Falcon 9, un petit satellite cubique d'environ 40 kg pour le compte de l'entreprise canadienne Geometric Energy Corporation (GEC) dans le cadre de sa mission DOGE-1. L'objectif est de récolter des informations sur le satellite naturel de la Terre à l'aide de divers capteurs et caméras. Quel rapport avec les monnaies numériques ? Le lancement a été entièrement financé par GEC en Dogecoin, une cryptomonnaie créée en 2013 un peu comme une blague. Elle a vivoté sans faire grand bruit jusqu'à soudainement flamber en mai 2021 grâce, fort probablement, à l'intérêt que lui a alors porté Musk. Elle diminue lentement et sûrement depuis.



libérées des tiers de confiance. En même temps, tous ces fonds spéculatifs sont la preuve qu'il existe quand-même une communauté qui en vit, même s'il n'est pas possible d'acheter son pain ou de recevoir son salaire en cryptodevise, excepté peut-être dans certaines start-up tech. Et en utilisant des plateformes d'échange, on peut convertir ces cryptomonnaies en devise acceptée par le monde économique. C'est comme ça que l'on peut devenir riche. Mais cela reste de la spéculation.

Les cryptomonnaies représentent-elles l'avenir et pourraient-elles remplacer les devises officielles ?

Comme toute personne qui croit en cette technologie, j'espère sincèrement qu'un jour une cryptomonnaie sera élevée au rang d'une devise officielle. Mais je voudrais soulever un point dont on parle peu: il faut faire attention à maintenir l'argent cash, en particulier les petites coupures même si je crois au monde digital. Et ce n'est pas pour réduire la fracture numérique. Le cash peut montrer tout son intérêt dans certaines circonstances, par exemple en période de guerre. Mais aussi car il est tellement facile avec le digital, y compris le BTC, de tracer les transactions. On oublie souvent que le BTC n'est pas une monnaie «anonymisée» mais «pseudonymisée». Serait-on d'accord donc, dans un monde uniquement digital, que toutes les transactions soient tracées à vie ? Moi qui suis une technophile profonde, je dis non. Le cash constitue une certaine forme de liberté.

Retrouvez cette interview dans son intégralité sur <http://athena-magazine.be/>



L'INTERVIEW EN INTÉGRALITÉ, C'EST ICI

L'ADN de...

Aude BELLEFLAMME

Biologiste et Coach

HP est devenu alors une évidence, une vocation, même si mon premier coup de cœur reste l'enseignement.

Comment devient-on accompagnatrice pour les personnes HP et hypersensibles ?

Mon parcours scolaire est relativement classique. Après mes études secondaires, j'ai entamé des études de médecine à l'UNamur, poussée par l'envie de sauver des vies comme dans la série Urgences. Mais je me suis vite rendu compte que cette voie ne me correspondait pas. Je me suis donc tournée vers les sciences biomédicales. J'ai accompli mes 2 candidatures, puis j'ai bifurqué vers la biologie humaine, toujours à l'UNamur. Issue d'une famille d'enseignants, je me suis tournée vers l'agrégation, où j'ai eu une première révélation: dialoguer, partager, rencontrer... Je me suis sentie vraiment à ma place dans mes classes. Cela fait maintenant 16 ans et j'ai toujours le même plaisir à enseigner. Et il y a 11 ans, j'ai choisi de réinventer mon métier en y intégrant d'autres outils et en laissant plus de place aux pédagogies non-traditionnelles. Je me suis donc tournée vers le coaching scolaire et j'ai réalisé une formation d'un an. Ce fut une deuxième révélation: l'accompagnement individualisé et sur mesure des jeunes. J'ai ensuite poursuivi avec la spécialisation à l'UMons pour les jeunes à haut potentiel.

Vous travaillez actuellement comme enseignante et coach pour les personnes HP et hypersensibles, mais quelle est votre journée-type ?

J'exerce à temps plein en tant qu'enseignante à Huy, où j'ai la chance d'avoir une plage horaire destinée à l'accompagnement des jeunes HP. J'ai donc des journées «classiques», où je donne des cours de sciences, principalement de la biologie. En plus de cela, un jour par semaine, je bénéficie d'un double temps de midi pour aider les élèves demandeurs dans la «YANA Team» («You Are Not Alone»). Cette équipe permet des moments

Recto

Accompagnatrice pour les personnes HP et hypersensibles, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ?

Depuis toute petite, je me suis toujours sentie différente des autres enfants de mon âge: toujours «trop sensible», «trop bavarde», «trop curieuse»,... Je n'en comprenais pas la raison à l'époque. J'ai fini par grandir en développant des stratégies de survie tant émotionnelles, personnelles, que professionnelles. C'est en devenant enseignante, puis maman, que j'ai découvert des enfants «atypiques» qui me faisaient beaucoup penser à moi plus jeune. Peu après, j'ai découvert, au travers de recherches, les notions de «haut potentiel» et d'«hypersensibilité». Comme je suivais déjà une formation en coaching pour accompagner les jeunes dans leur scolarité, je me suis donc naturellement tournée vers cette spécialisation. L'accompagnement des personnes

de rencontre et de partage, où des intervenants extérieurs viennent régulièrement parler de leur passion, de leur projet ou de leur parcours de vie «atypique».

Ainsi, nous parlons sans tabou de sujets comme le harcèlement, les relations amoureuses, les drogues, l'hypersensibilité, etc. Parallèlement, j'ai une plage de consultation dans un cabinet pluridisciplinaire à Havelange. Je réalise alors des accompagnements individuels dans divers domaines tels que la gestion des émotions, l'orientation scolaire ou professionnelle, l'organisation de son temps de travail, mais aussi et surtout, la confiance et l'estime de soi. J'aide des personnes qui ont besoin de se «reconnecter» à elles-mêmes, de s'aimer à nouveau et de retrouver leur équilibre de vie...

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

La science fait partie de ma vie de tous les jours, je suis une scientifique dans l'âme. Mes premiers souvenirs remontent à mes premiers livres de sciences offerts par ma maman. Ils posaient des

questions de ce genre: «Pourquoi les feuilles sont-elles vertes ?». En grandissant, je me suis tournée vers le corps humain parce que cela me fascinait et encore aujourd'hui, je lis et me documente beaucoup sur la physiologie, la neurologie, la microbiologie... Dans mes activités professionnelles, j'essaie en permanence de relier les notions à des cas concrets, des faits quotidiens, pour montrer que la science est partout autour de nous.

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

C'est d'arriver à mettre de la distance par rapport à certaines révélations recueillies en séance, liées parfois à des traumatismes graves. Je ne suis jamais seule face à un cas compliqué. Reconnaître ses propres limites est primordial et savoir se faire soi-même accompagner afin de supporter le poids de certaines révélations est plus que nécessaire. Quant à mon métier d'enseignante, les difficultés sont multiples: le manque de moyens, les classes surpeuplées, les contraintes administratives toujours plus importantes, l'incohérence des mesures. ^A



Aude Belleflamme

ÂGE: 39 ans

SITUATION FAMILIALE:
En couple, 2 enfants

PROFESSION: enseignante, coach scolaire et coach de vie spécialisée dans l'accompagnement de personnes à haut potentiel

FORMATION: licenciée en biologie et agrégée (AESS), certifiée en coaching scolaire et en coaching de vie, titulaire du «Certificat universitaire en intervention auprès des enfants et adolescents à hauts potentiels en difficulté»

MAIL:
belleflamme.aude@gmail.com

Verso

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

Je serais danseuse professionnelle. La danse est ma passion depuis mes 6 ans, mais je n'ai pas pu la cultiver comme je l'aurais rêvé.

Je vous offre un super pouvoir...

La téléportation. Je ne suis pas une grande adepte de la voiture, encore moins de l'avion. J'adorerais me téléporter partout dans le monde pour voyager sans véhicule. Enfin un moyen de transport sain pour la planète. Sans parler du gain de temps.

Je vous offre un auditoire...

Je le sensibiliserais au harcèlement scolaire et aux dangers des réseaux sociaux. Les écoles, tout comme les parents, sont de plus en plus dépassés. Beaucoup trop de personnes n'ont pas conscience de la portée des menaces sur les réseaux.

Je vous offre un laboratoire...

Je travaillerais dans le domaine de la microbiologie. Peu importe les micro-organismes à étudier, je suis fascinée par leurs mécanismes de survie.

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

Un livre. Je suis une inconditionnelle du papier: le toucher, le sentir, le humer... Je suis une serial-lectrice (Rires) et voir les librairies disparaître les unes après les autres me fend le cœur.

Je vous offre un billet d'avion...

Je partirais en Islande ou en Norvège pour voir la nature brute et sauvage, car les grands espaces m'aident à me ressourcer et à relativiser mon humanité. Je trouve généralement la réponse à mes problèmes dans l'immensité de la nature.

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

J'irais simplement vers une personnalité qui m'a touchée par son esprit décalé, créatif et «éco-responsable»: Glenn Viel. C'est le plus jeune chef français ayant reçu 3 étoiles. J'admire son inventivité et son engagement dans la gastronomie écologique.

La question «a priori»: Personnes HP et hypersensibles, n'est-ce pas un phénomène de mode, un concept de marketing ?

Ces 2 concepts ont été mis en évidence scientifiquement et psychologiquement parlant mais c'est assez récent, d'où l'engouement autour de ces sujets dans le monde littéraire. Donner du sens à des ressentis: c'est ça le plus important. Un phénomène de mode ? Tout dépend de l'usage qu'on en fait ! Ces concepts ne sont pas des étiquettes à placer sur des personnes mais des cadres de lecture permettant aux personnes en difficulté de mieux se comprendre. Ce sont des outils de développement personnel et c'est de cette manière que je l'envisage avec mes coachés. ^A



Le culte de l'enfant: une menace pour la démocratie ?

L'étude n'est qu'une hypothèse. Mais elle remet en cause les pratiques éducatives et pédagogiques actuelles... À trop vouloir se rapprocher de l'enfant, on lui ôterait tout esprit critique et on favoriserait son individualisme, au point de mettre en danger la démocratie. Décryptage

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST - ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR

PHOTOS: ©OLGA PINK - STOCK.ADOBE.COM (P.18), ©AYAIMAGES - STOCK.ADOBE.COM (P.19), ©ELNUR - STOCK.ADOBE.COM (P.21)

Entre les préceptes de l'éducation d'hier et ceux d'aujourd'hui, pas toujours facile de s'y retrouver, surtout pour les jeunes parents... Les uns inondent les réseaux sociaux de leurs conseils, les autres évoquent leur époque et ses pratiques «qui n'ont jamais tué personne». Une chose est sûre: tous veulent bien faire, les parents comme les conseillers. Mais comment tirer son épingle du jeu ?

Au fil des ans, le statut de l'enfant a évolué. Et c'est heureux: jusqu'à la fin du 19^e siècle, en Belgique, il était légal de faire travailler les enfants de moins de 12 ans. La violence était de surcroît une pratique fréquente. Cent-trente ans plus tard, le changement est radical: de nombreux pays européens ont interdit la fessée et plusieurs d'entre eux réfléchissent à supprimer les devoirs à la maison. Autrefois négligé, l'enfant est aujourd'hui plus précieux que jamais. À l'école comme dans les familles, ce nouveau statut s'est accompagné de changements dans les pratiques éducatives. Il s'agit désormais de respecter les besoins des enfants, d'être attentifs à leur bien-être, de diminuer les exigences et de les protéger des dangers. Rien de choquant ni d'interpellant, puisque c'est devenu la norme...

Si ce n'est qu'une équipe de scientifiques de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve, Serge Dupont, Isabelle Roskam et Moïra Mikolajczak, s'est penchée sur la question. L'objectif: analyser les changements des pratiques éducatives et leurs conséquences.

«Nous sommes partis d'un triple constat, indique Serge Dupont, chargé de cours invité à l'UCLouvain et Docteur en psychologie. D'abord, on remarque une nouvelle tendance dans notre population étudiante: le nombre de recours explose ! Cela traduit un individualisme plus important dans les nouvelles générations d'étudiants que dans les précédentes. Nous constatons également un déficit de connaissances cognitives, soit de la structuration de la pensée, dans le chef de nos étudiants. Et enfin, une certaine souffrance psychique chez les jeunes. Depuis 15 ans, les indicateurs de la santé mentale virent au rouge ! Le concept de culte de l'enfant pouvant en partie expliquer ces constats, nous avons voulu creuser la question». Et pour cela, il fallait définir le phénomène, comprendre son origine historique et la manière dont il influe sur les pratiques pédagogiques des familles et des écoles, et en analyser les conséquences sur les enfants, les adultes et les sociétés.

De l'image bestiale à celle de l'innocence

Première étape: se plonger dans l'histoire. C'est indiscutable, les représentations associées à l'enfance ont évolué. Durant des siècles, les enfants ont véhiculé une image négative, presque bestiale, voire même vicieuse. Puis, au 18^e siècle, leur représentation a commencé à changer. «Jean-Jacques Rousseau les a décrits comme innocents, curieux et purs, au contraire des adultes qui, eux, étaient des êtres méprisables», souligne Serge Dupont. La logique s'est complètement inversée: il s'agit dorénavant de préserver les qualités des enfants, et non plus de les forcer à devenir quelqu'un d'autre.» Vers le 18-19^e siècle, les parents ont commencé à témoigner plus de tendresse envers leurs enfants, à essayer de les comprendre pour s'adapter à eux. Cette vision romantique de l'enfant s'est peu à peu imposée durant l'époque moderne, avec pour conséquence des pratiques éducatives différentes de celles d'autrefois. Exemple ? L'écoute est désormais beaucoup plus attentive. Il n'est pas rare de voir des adultes s'interrompre pour écouter les besoins de l'enfant, même quand ils sont eux-mêmes occupés. En plus d'être écoutés, les enfants sont particulièrement protégés. «Par exemple, rares sont les enfants qui se rendent seuls à l'école, en comparaison avec les années 70 ou 80», commente-t-il encore.

En parallèle, les exigences des parents seraient moins élevées. «Il y a moins de cadre, moins de structure. Par exemple, autrefois, on était beaucoup plus strict sur la manière dont il fallait se tenir à table ou, à l'école, sur la maîtrise des connaissances de base.»

Anxiété, narcissisme, obésité

Pour les chercheurs, cette vision a tendance à s'imposer de plus en plus depuis une trentaine d'années. Et elle est notamment liée au statut juridique de l'enfant, qui peut aujourd'hui faire valoir ses droits. Si l'équipe de scientifiques salue les lois et les accords qui ont été passés, tels que la Convention internationale des droits de l'enfant, ils s'interrogent: ne va-t-on pas trop loin ?



«Les parents ont tendance à se concentrer plus sur la bienveillance que sur le cadre», assure Serge Dupont. Ils passent beaucoup de temps avec les enfants, un temps qui se veut qualitatif. Ils sont plus à leur écoute, les punissent de moins en moins. Et à l'école aussi, il y a beaucoup de pression sur les profs pour qu'ils soient à l'écoute, bienveillants, moins sévères. Il y a par exemple un décret en préparation pour l'abolition de la punition collective. L'enfant est sacré, donc il faut éviter les injustices.» Avec quelles conséquences pour les enfants, les parents, les enseignants et la société ? Les bénéfices de cette nouvelle éducation sont indéniables: plus de reconnaissance de leurs droits et moins de violence. Mais les effets négatifs existent, et ne doivent pas être négligés: anxiété, narcissisme, immaturité et problèmes physiques tels que l'obésité pour les enfants, épuisement des parents dans leur volonté de se rapprocher des besoins et intérêts des enfants.





Les parents et les profs, épuisés

Dans ces pratiques (trop) centrées sur les enfants, on résout les conflits à leur place et on les expose à de moins en moins de difficultés. On les appelle les «enfants coton»: ils présentent des symptômes dépressifs, anxieux, ils attribuent leurs échecs à des facteurs extérieurs. Ils ont tendance à devenir très individualistes, à se croire le centre du monde. Et en définitive, ils ont du mal à affronter les difficultés de l'existence et les épreuves de la vie d'adulte. Trop protéger revient en réalité à prolonger l'enfance. Et à l'école, cela se traduit, selon cette recherche, par une diminution de l'exigence des connaissances. Une mise en retrait des enseignants qui doivent s'adapter aux élèves et maintenir un climat rassurant. *«Ils doivent créer des activités stimulantes, amener les élèves à découvrir par eux-mêmes, leur laisser plus de place, de possibilité de s'exprimer. Si la voix de l'enfant est au centre, il en devient plus individualiste. Bien sûr que c'est positif ! Mais n'est-ce pas exagéré ?»*

La question se pose, d'autant que les spécialistes observent un déficit de connaissances parmi les jeunes. *«À 10 ans, nous sommes les derniers d'Europe en compréhension à la lecture. La compréhension à la lecture, ce sont les connaissances, le vocabulaire, la grammaire,... Par exemple, les jeunes connaissent peu de choses sur les phénomènes climatiques, qui sont pourtant au programme. Cela peut être lié à leur éducation, mais aussi à un changement dans les pratiques des professeurs. Par ailleurs, on constate qu'il y a plus de burnout chez les profs que chez les policiers ! La raison: les pédagogies centrées sur les élèves placent toujours plus de pression sur les épaules des professeurs, lesquels doivent écouter, intéresser, motiver... au-delà de leur mission première d'enseigner».*

Et à la maison, le constat n'est guère plus favorable. Car encadrer et surprotéger les enfants

requiert plus d'énergie que jamais. Résultat: 9% des parents seraient en burnout parental. Nettement plus que ceux d'hier. Il y a un discours dominant, une pression sur les parents, on leur impose d'être à l'écoute en permanence, cela crée un état de fatigue général.

Une absence d'esprit critique

Pour l'équipe de scientifiques de l'UCLouvain, le risque est réel: l'évolution des pratiques éducatives ne met-il pas en danger la démocratie ? *«Une démocratie ne peut survivre que si elle est composée de citoyens éclairés, matures et capables de privilégier l'intérêt général. Dans le cas contraire, on laisse toujours plus de pouvoirs aux forces antidémocratiques, extrémistes, complotistes ou nationalistes. Exemple: si les jeunes ne connaissent rien à la question climatique, ils peuvent facilement se laisser séduire par des discours climato-sceptiques.»* Par ailleurs, un enfant plus individualiste éprouvera des difficultés à s'engager pour la cause climatique laquelle nécessite une part de sacrifice et d'aller au-delà de son intérêt personnel.

Le culte de l'enfant, répandu dans notre société, serait donc bien éloigné de l'idéal de démocratie de notre société. *«Cela nous interpelle car on sait qu'on sera confronté dans le futur à des enjeux importants, en termes de climat ou d'inégalités notamment, ajoute Serge Dupont. Jamais on n'a eu autant besoin de futures générations à même d'y répondre. Or on constate qu'il y a un risque de produire des individus bien éloignés de cet idéal de citoyenneté éclairée et soucieuse du bien public.»*

Chercher l'équilibre

Comment éviter d'en arriver là ? La solution, finalement, paraît simple: il s'agit de trouver un équilibre entre écoute et cadre. Un cadre strict,



DÉFINITIONS

- Le **culte de l'enfant** consiste à placer l'intérêt de l'enfant au-dessus de tous les autres. Il se traduit par des pratiques exclusivement centrées sur les besoins des enfants et leur protection.
- On parle de **burnout parental** lorsqu'un parent est soumis à un excès de stress lié à son statut sans disposer de suffisamment de ressources pour en compenser l'effet. Le parent s'épuise dans sa parentalité, jusqu'à devenir l'ombre de lui-même, puis l'opposé du parent qu'il était et voulait être. Ce trouble peut avoir des conséquences dramatiques, tant sur les parents (problèmes de santé, idées suicidaires,...) que sur les enfants (risque de négligence et de violence parentale, verbale et/ou physique).



Le parent parfait est-il vraiment celui qui mène seul et de front l'éducation des enfants, sa carrière professionnelle et les tâches du quotidien ? En Belgique, 9% des parents seraient en burnout parental. C'est nettement plus que dans les pays d'Afrique, par exemple, où l'entraide prime sur l'individualisme.

mais juste, associé à la bienveillance. Et pas question pour autant de défendre les punitions arbitraires ou violentes. *«Il faut se positionner dans une perspective à long terme, en lien avec l'intérêt général et un idéal de citoyenneté à la hauteur des enjeux auxquels nous serons confrontés»*, précise le psychologue. Bien sûr qu'il faut écouter les enfants, mais pas toujours. Ne tenir compte que de leurs besoins immédiats n'est pas toujours dans leur intérêt de futur adulte, ni de celui de la société qui les entoure. Frustrer, poser des limites, s'opposer à eux, les confronter à des difficultés, va produire des effets en adéquation avec l'idéal de citoyenneté prôné

BURNOUT : QUAND LA PARENTALITÉ EST TROP SOLITAIRE...

En Belgique, 9% des parents seraient en burnout parental. L'an dernier, Isabelle Roskam et Moïra Mikolajczak, de l'*Institut de recherche en sciences psychologiques* (UCLouvain) ont initié et coordonné une étude internationale menée par une centaine de scientifiques dans 42 pays afin de connaître l'ampleur du burnout parental à l'échelle mondiale.

Conclusions ? Les pays occidentaux riches et individualistes, où les familles comptent en moyenne peu d'enfants, sont les plus touchés par le phénomène. Et la Belgique, classée en 3^e position, ne fait pas figure de bon élève...

La culture individualiste de nos contrées jouerait ainsi un rôle prépondérant dans l'épuisement parental, bien plus que les facteurs socioéconomiques et démographiques, en soumettant les parents à un niveau de stress élevé. *«Nos pays individualistes cultivent le culte de la performance et du perfectionnisme. La parentalité y est une activité très solitaire, contrairement aux pays d'Afrique par exemple où tout un village se sent concerné par l'éducation des enfants»*, précisait Isabelle Roskam, spécialiste du burnout parental à l'UCLouvain. Les pays plus pauvres, où les familles comptent souvent plus d'enfants, sont davantage collectivistes, ce qui semble protéger les parents de l'épuisement.

Pour prévenir le stress de la parentalité, les chercheurs proposent quelques pistes. La première serait de raviver dans nos cultures la dimension de partage et d'entraide entre parents au sein d'une communauté. Et aussi, sortir du culte du parent parfait. Prendre de la distance, s'approprier les multiples recommandations liées à l'éducation pour en faire quelque chose de raisonnable et de bon pour soi, chacun à son niveau.

À noter que la crise sanitaire a encore accentué l'individualisme occidental et l'épuisement des parents, en les isolant de leurs relations sociales. Et pour certains, les liens interrompus sont difficiles à renouer, malgré le déconfinement et le retour à «la vie d'avant».

dans nos sociétés démocratiques. Il faut aussi les laisser respirer, vivre leurs propres expériences et surmonter des épreuves par eux-mêmes.

Prenons à nouveau l'exemple de la question climatique. Elle induit de revenir aujourd'hui à une vie plus sobre, moins ancrée dans la société de consommation. Et pour cela, la nouvelle génération doit être capable de sacrifier ses besoins immédiats au profit de l'intérêt général. Or, si le désir de l'enfant prime sur la volonté du parent ou du professeur, on n'y arrivera jamais. A

LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: @H_KO - STOCK.ADOBE.COM (P.22),
@VFHNB12 - STOCK.ADOBE.COM (P.24),
©TOMMYSTOCKPROJECT - STOCK.ADOBE.COM (P.26)



Le défi: débusquer les signes de conscience

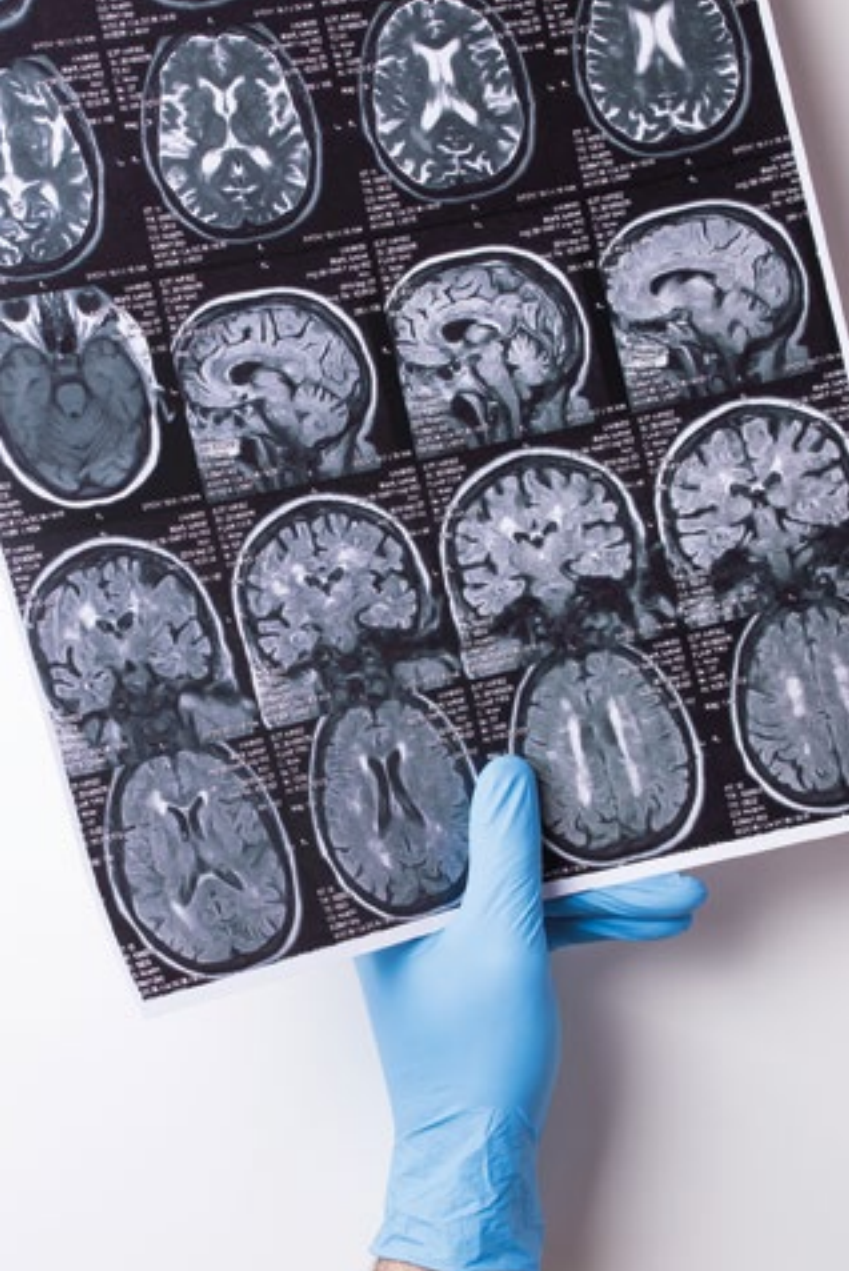
Se prononcer sur l'état de conscience de patients devenus incapables de communiquer leurs pensées en raison de l'ampleur des lésions qui affectent leur cerveau demeure une gageure pour les chercheurs et les cliniciens. Il est médicalement et éthiquement impératif d'essayer de développer des marqueurs de conscience irréfutables. À travers les travaux du GIGA-Consciousness, en particulier d'une de ses branches, le Coma Science Group, et du Centre du Cerveau, l'Université et le CHU de Liège apportent une contribution majeure à l'avancée des connaissances dans ce domaine, notamment en recourant à l'intelligence artificielle

Le diagnostic des états de conscience altérée demeure des plus complexes, en particulier lorsqu'il s'agit de déterminer si un patient se trouve en état d'éveil non répondant (UWS: *unresponsive wakefulness syndrome*, anciennement appelé état végétatif) ou en état de conscience minimale (MCS: *minimally conscious state*). Dans ce dernier cas, le sujet est incapable de suivre de manière «consistante» des instructions simples, mais dispose néanmoins d'une conscience fluctuante de son environnement. Par exemple, il pourra exécuter de temps à autre des mouvements volontaires ou sourire à des proches. En revanche, il se révélera incapable de communiquer ses pensées de manière fonctionnelle aux personnes qui l'entourent.

Traditionnellement, le diagnostic relatif à l'état du patient gravement cérébrolésé est établi par le seul examen de sa réponse motrice. Les résultats de plusieurs études convergent pour souligner à quel point les diagnostics posés de la sorte conservent une grande part d'incertitude.

Les 2 premières recherches consistantes l'ayant attesté remontent au début des années 1990. Œuvres du professeur Keith Andrews, à Londres, et du docteur Nancy Childs, à Austin, elles évaluaient à 1 sur 3 le nombre de diagnostics erronés fondés sur la méthode classique de l'examen «au bord du lit». En 2009, les conclusions de travaux menés conjointement par le Coma Science Group de l'Université et du CHU de Liège et par le groupe de Joseph Giacino, alors professeur au *New Jersey Neuroscience Institute*, épousaient une réalité similaire. Cette étude reposait sur un échantillon de 103 patients gravement cérébrolésés dont 44 avaient été diagnostiqués en état d'éveil non répondant sur la base du consensus clinique de l'équipe soignante. Il apparut que 18 de ces 44 patients réputés UWS étaient en fait en état de conscience minimale (soit 41%) si l'on se référait à des comportements observés à l'aide de la *Coma Recovery Scale-Revised* (CRS-R) - l'échelle révisée de récupération de coma -, développée aux États-Unis par l'équipe du





Les diagnostics réalisés au «bord du lit» des patients gravement cérébrolésés sont erronés dans plus de 30% des cas. Pour des raisons tant médicales qu'éthiques, il est impératif de développer des marqueurs de conscience irréfutables.

ressentir la douleur et des émotions sans pouvoir les exprimer», indique Aurore Thibaut. De fait, chez les patients en état de conscience minimale, les stimuli nociceptifs (douleur) génèrent un pattern d'activation cérébrale identique à celui des sujets sains. Autrement dit, la douleur physique ne leur est pas étrangère.

Classificateurs automatisés

Une standardisation des examens au «bord du lit» via la *Coma Recovery Scale-Revised* dissipe en partie la zone de gris qui nimbe le diagnostic des patients gravement cérébrolésés, mais ne suffit pas à exclure le risque d'erreur. Le diagnostic peut encore être affiné par le recours aux techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle (1), dont on s'efforce d'alléger la mise en œuvre. Des recherches sont également axées sur des interfaces cerveau-ordinateur, notamment, voire sur l'étude des caractéristiques du sommeil par le biais de l'électroencéphalographie à haute densité. Tout semble indiquer aujourd'hui que c'est à travers la combinaison de plusieurs types d'examen qu'un diagnostic clinique de fiabilité très élevée pourra être obtenu. Il s'agit de définir des outils standardisés et de combiner l'ensemble des tests disponibles en vue d'obtenir des classificateurs automatisés permettant de fixer des probabilités objectives en vue de cerner l'éventuel degré de conscience résiduelle d'un patient, le niveau de la douleur qu'il peut éprouver et ses chances de récupération.

À Liège, le *GIGA-Consciousness* de l'Université, dirigé par le professeur Steven Laureys, et le *Centre du Cerveau* du CHU de Liège - pour le versant clinique des études - travaillent de concert afin de progresser dans cette voie. Un autre objectif de ces équipes est d'établir une communication avec les patients en état de conscience minimale.

En 2010, le *Coma Science Group* réussit à décrypter les réponses, positives ou négatives,



professeur Giacino et validée ensuite dans de nombreuses langues. Des études plus récentes aboutissent à des conclusions analogues. Par exemple, celle publiée en 2014 dans *The Lancet*, dont les premiers auteurs étaient Johan Stender et Olivia Gosseries, aujourd'hui codirectrice, aux côtés d'Aurore Thibaut, du *Coma Science Group*.

La situation se complique encore quand on sait qu'outre les patients UWS et les patients MCS, a été mise en évidence il y a peu une troisième catégorie diagnostique ou, si l'on préfère, une sous-catégorie de MCS: les patients MCS*. Ces derniers se caractérisent par une préservation de l'activité neuronale corticale alors qu'ils sont comportementalement non répondants. On a montré qu'ils étaient capables de réagir à certains ordres en effectuant des tâches d'imagerie mentale. *«Une nouvelle étude menée par notre groupe a démontré que la proportion de ces patients non répondant au bord du lit mais présentant une activité cérébrale similaire aux patients en état de conscience minimale peut atteindre 50%. Ces patients MCS* pourraient donc être capables de*

d'un jeune patient à des questions basiques. Le degré de précision de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle en temps réel (IRMf en temps réel) étant insuffisant pour opérer la distinction entre un profil d'activation cérébrale qui serait spécifique du «oui» ou, à l'opposé, caractéristique du «non», la piste suivie par les chercheurs fut de faire appel à l'imagerie mentale, mais aussi de recourir à un code. Il fut proposé ceci au patient: pour répondre affirmativement à une question: s'imaginer jouant au tennis; pour répondre négativement: s'imaginer déambulant dans sa maison. Il était alors possible de dissocier les activations cérébrales correspondantes. L'expérience fut un succès.

Depuis lors, le *Coma Science Group* a également utilisé l'électroencéphalogramme (EEG) pour mesurer l'activité cérébrale en réponse à des commandes spécifiques, telles que «imaginer bouger le pied» ou «imaginer bouger la main», qui activent des régions du cortex moteur différentes. «L'utilisation de l'EEG est prometteuse puisqu'il peut être réalisé au bord du lit et est donc plus facile à mettre en œuvre, commente Olivia Gosseries. Cependant, il faut optimiser les protocoles et faciliter le processus d'analyse, lequel nécessite actuellement une grande expertise et plusieurs heures pour un seul participant.»

0,31: la frontière

Des lourdeurs techniques et de fastidieuses exigences dans l'analyse des données pèsent également sur une autre approche issue d'une étude internationale publiée en 2013. Réalisée conjointement par le *Coma Science Group*, le groupe de Marcello Massimini à l'Université de Milan et celui de Julio Tononi à l'Université du Wisconsin (Madison), cette recherche a abouti au développement d'un algorithme basé sur la mesure du degré de complexité des réponses corticales d'un individu, enregistrées par EEG, à une stimulation magnétique transcrânienne (TMS). Degré de complexité qui, selon ces travaux, traduit de façon fiable le niveau de conscience des sujets testés.

Dénommée *Perturbational Complexity Index* (PCI), la mesure considérée oscille entre 2 pôles: 0 et 1. Selon les résultats de l'étude, il existe une frontière (0,31) délimitant la présence ou l'absence de conscience. C'est en effet sous cette valeur que se situe l'index chez les personnes endormies ou anesthésiées ainsi que chez les patients en coma ou en état d'éveil non répondant. Par contre, l'index s'avère supérieur à 0,31 tant chez les patients en état de conscience minimale que chez les patients en *locked-in syndrome* (LIS) (2) et les sujets contrôles éveillés. «De surcroît, nos travaux semblent indiquer que le chiffre obtenu est

la plupart du temps proportionnel au niveau de conscience», précise Olivia Gosseries.

La chercheuse qualifiée du *FNRS* ajoute encore que ces résultats ont été reproduits en 2016, par les mêmes équipes (Liège, Milan, Madison), sur une cohorte de centaines de patients et sujets sains dans différents états de conscience modifiés, tels que le sommeil ou l'anesthésie. Un groupe de chercheurs des Universités de Moscou et de Milan en a fait de même en 2020 à partir d'une cohorte indépendante.

Dans la foulée de l'étude internationale de 2013, l'étude de 2016, susmentionnée, avait cependant dévoilé que certains patients diagnostiqués UWS possédaient un PCI élevé et que parmi l'ensemble des patients jugés dans cet état d'éveil non répondant, c'était eux, que l'on qualifie maintenant de MCS*, qui bénéficiaient des meilleures chances de récupération. En outre, il a été démontré récemment que chez les patients en état de conscience altérée, le PCI corrèle avec le degré d'intégrité structurelle et fonctionnelle du cerveau.

«Pour l'heure, l'appareillage de TMS, très imposant, est difficilement transportable et l'analyse des données nécessite une journée complète. Aussi le PCI reste-t-il encore principalement du domaine de la recherche», commente Olivia Gosseries. Néanmoins, le groupe de Marcello Massimini travaille au développement d'un système d'analyse des données beaucoup plus rapide, tandis que la miniaturisation des équipements de TMS fait l'objet de recherches au sein de sociétés industrielles.

L'esprit vagabonde

Lors des examens classiques de neuroimagerie fonctionnelle - IRMf et/ou TEP (3) - chez des patients gravement cérébrolésés, il est généralement demandé aux sujets de suivre des consignes simples (réalisation d'une tâche mentale comme se concentrer sur un stimulus visuel ou auditif). Leur activité cérébrale est alors enregistrée. Cette procédure se heurte à 2 écueils majeurs. D'une part, l'IRMf et la TEP sont très sensibles aux mouvements du patient dans le scanner. D'autre part, encore faut-il que le patient, fût-il conscient, puisse comprendre et exécuter la tâche qui lui est demandée. En effet, ses lésions ont pu induire des déficiences sensorielles telles que la surdité ou la cécité, une aphasia ou encore des déficits attentionnels.

En 2015, Athena Demertzi, aujourd'hui chercheuse qualifiée du *FNRS* et responsable du groupe *Physiology of Cognition* du *GIGA-Consciousness*,





fut la première auteure d'un article issu d'une collaboration entre le *Coma Science Group* et le *Massachusetts Institute of Technology*. Ces recherches ont permis d'établir que l'IRMf appliquée à des patients en état de repos, c'est-à-dire éveillés mais n'accomplissant aucune activité - leur esprit « vagabonde » -, est à même, via des algorithmes spécialisés d'apprentissage automatique (*machine learning*), d'opérer dans 90% des cas la distinction entre un état d'éveil non répondant et un état de conscience minimale. La technique de l'IRMf au repos, où, à défaut de tâche à remplir, l'esprit du patient « vagabonde », contourne l'écueil des difficultés de compréhension et d'exécution d'une tâche prescrite engendrées par des déficiences sensorielles, langagières ou attentionnelles. Cependant, elle ne peut se jouer de l'inexploitabilité des données induite par les mouvements éventuels du patient dans le scanner - environ 50% des cas chez les individus gravement cérébrolésés. D'où l'idée d'étudier la possibilité de réaliser l'examen sous anesthésie. «*Ce n'est pas inenvisageable, tout*

dépend de la méthode qui sera utilisée, indique le professeur Laureys. Dans sa thèse de doctorat, Murielle Kirsch, anesthésiste au CHU de Liège, a notamment montré qu'il est possible, par IRMf, de distinguer un coma pathologique d'un coma pharmacologique».

Enregistrée chez des sujets au repos, l'IRMf permet d'identifier 6 réseaux. Le premier est voué à la conscience de soi (réseau du mode par défaut); le deuxième, à la conscience du monde extérieur; le troisième, à la saillance émotionnelle. Les 3 autres sont de type sensoriel: auditif, visuel et tactile. L'activité neuronale dans les différents réseaux est fluctuante. Par exemple, on observe logiquement une corrélation négative entre l'activité des aires impliquées dans la conscience de soi (aires associatives médianes et latérales) et celles intervenant dans la conscience du monde extérieur (aires fronto-pariétales latérales). En se basant sur des classificateurs automatisés (algorithmes) à partir des données d'IRMf au repos, Athena Demertzi, Georgios Antonopoulos

et collaborateurs ont pu mettre en évidence que l'activité du réseau auditif (qui recrute tant des aires auditives que des aires visuelles et sensori-motrices) est particulièrement efficace (à 90%, avons-nous signalé) pour opérer la distinction entre les patients UWS et les patients CMS. Athena Demertzi précise: «Plus les individus ont un score élevé sur l'échelle révisée de récupération de coma, plus ce réseau apparaît clairement actif.» Et d'ajouter que l'activité au niveau de la connexion entre les aires auditives et visuelles du réseau, donc au niveau de la zone d'interaction intermodale auditive et visuelle, était le meilleur prédicteur de la présence ou de l'absence de conscience chez les patients examinés.

Machine learning

Les chercheurs tendent à recourir de plus en plus à l'intelligence artificielle, plus précisément au *machine learning*, pour mener à bien leurs investigations sur les états de conscience altérée et sur la conscience. «Avec le machine learning, les algorithmes introduits dans un ordinateur réalisent un auto-apprentissage au fil de leurs itérations et arrivent ainsi à dégager certaines valeurs clés, à identifier des paramètres essentiels qui leur permettent d'établir des classifications, explique Steven Laureys. Il s'agit d'une valeur ajoutée pour le diagnostic basé sur les images de neuroimagerie fonctionnelle car l'œil humain est incapable de prendre en considération un ensemble aussi imposant de données que celui traité par l'ordinateur - chaque image d'IRMf, par exemple, renferme des milliers de voxels.»

Publiée en 2018 dans le cadre du *Human Brain Project*, une étude dont la première auteure était Jitka Annen, chercheuse au *Coma Science Group* et au *Centre du Cerveau*, a recouru, elle aussi, à des classificateurs automatisés dans le but d'opérer la distinction diagnostique entre les états de conscience UWS et MCS. La principale originalité de ce travail fut de s'intéresser à l'apport potentiel de l'IRM structurelle pour répondre à cette question, et non à celui de la neuroimagerie fonctionnelle. Des images structurelles furent acquises chez 102 patients cérébrolésés, dont certains étaient conscients - des patients LIS et d'autres émergeant de l'état de conscience minimale (EMCS) -, et chez 52 sujets sains, cela, afin de quantifier le volume de 158 régions cérébrales. Tâche qui fut réalisée à l'aide de *Freesurfer*, un logiciel d'analyse automatique. La classification des patients UWS et MCS à l'aide d'informations volumétriques régionales a été comparée à la classification basée sur l'absorption cérébrale régionale de glucose, qui reflète l'activité des régions du cerveau (mesure par TEP au fluoro-désoxyglucose).

Résultats ? Les patients étaient caractérisés par des volumes cérébraux régionaux plus petits que les sujets sains. Par ailleurs, l'ampleur des atrophies était plus importante à un stade précoce (par référence au temps écoulé depuis l'accident lésionnel) chez les patients UWS que chez leurs homologues MCS, LIS et EMCS. Les changements de la structure cérébrale fourniraient donc des informations sur l'état de conscience des sujets et mériteraient dès lors d'être évalués. «Il résulte de ces travaux qu'une technique plus simple et plus accessible que l'IRMf offre déjà une bonne qualité de discrimination entre les patients UWS et MCS», commente Aurore Thibaut.


Dans la recherche de signes de conscience, des algorithmes spécialisés capables d'auto-apprentissage automatique apportent une plus-value à l'expertise humaine.

En avril 2021, la revue *Journal of Neuroscience* publiait les résultats d'une étude menée conjointement par le *GIGA-Consciousness* et le *Laboratoire de neurosciences cognitives et computationnelles* de l'École normale supérieure à Paris. Il était établi, chez le sujet sain, que l'activité cérébrale est influencée par l'activité cardiaque. L'équipe franco-belge a montré, chez des patients UWS et MCS, que le niveau de conscience des sujets influence l'interaction cœur-cerveau. En se basant sur l'activité cérébrale à l'état de repos et en recourant à des algorithmes d'apprentissage automatique, les chercheurs ont perçu que des segments d'électroencéphalogramme enregistrés juste après un battement cardiaque étaient particulièrement informatifs pour prédire si un patient était conscient ou non. D'où, notamment, l'élaboration d'un index contribuant à dissocier les patients UWS et MCS. Reste à traduire ces résultats en clinique et à les combiner avec les autres tests disponibles. ¹

¹ Ces techniques ont pour objectif d'appréhender les activations qui s'opèrent au niveau des régions cérébrales, d'obtenir une «image du cerveau en action».

² Le patient en locked-in syndrome (LIS) est conscient dans un corps immobile. Le clignement palpébral et les mouvements oculaires verticaux sont habituellement ses seuls canaux de communication naturels.

³ Tomographie par émission de positons.



Plus conscients qu'on ne le pense !

Les bébés peuvent-ils accéder à une conscience autre que rudimentaire, désorganisée, éloignée de toute rationalité ? Peuvent-ils en outre observer et évaluer leurs propres processus mentaux au point de douter et de solliciter non verbalement l'aide de leurs parents ? Ces capacités leur furent longtemps déniées. À tort, comme le soulignent les études entreprises depuis les années 1980 dans le but d'appréhender scientifiquement la conscience des nourrissons

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: ©EVERST - STOCK.ADOBE.COM (P.28), ©HIGHWAYSTARZ - STOCK.ADOBE.COM (P.31)

pas sans implications sur le plan éthique, à telle enseigne que jusqu'à la fin des années 1980 environ, on a opéré les nourrissons sans anesthésie», commente Louise Goupil, chercheuse du CNRS en sciences cognitives au sein du laboratoire de psychologie et neurocognition de l'Université de Grenoble. Dans les années 1980, l'apparition de nouvelles techniques et méthodes permit d'essayer d'appréhender scientifiquement la conscience des nourrissons en dépit de leur incapacité à rapporter leur vécu.

Le terme «conscience» peut recouvrir différentes réalités. Ainsi, il peut désigner l'état de conscience dans lequel se trouve un individu à un moment donné - éveillé, endormi, sous hypnose, sous anesthésie, dans le coma... *«En amont de ce questionnement sur l'état de conscience d'un individu, on peut aussi s'interroger sur les conditions structurelles qui permettent qu'un certain type d'organisme prenne conscience, souligne Louise Goupil. Par exemple, est-ce que les insectes sont conscients ? Est-ce qu'un ordinateur peut être conscient ? À quel moment les bébés deviennent-ils conscients ?»*

Le terme «conscience» peut également se référer à la prise de conscience d'un contenu - sensation, souvenir, concept... - à un moment donné. Ce que les spécialistes appellent l'accès conscient. Une autre facette de la conscience ressortit à la capacité de l'individu à observer et évaluer ses propres processus mentaux. On parle alors de conscience réflexive, d'introspection ou de métacognition.

À partir de quand un bébé est-il conscient ? La question a été relativement peu traitée en science et dans la philosophie, du moins la philosophie occidentale. Des psychologues comme l'Américain William James (1842-1910) n'excluaient pas que les très jeunes enfants aient une conscience mais, à leurs yeux, elle ne pouvait alors «égaler» la nôtre, tant elle devait être floue, placée sous le signe d'une désorganisation des idées et d'un manque de rationalité. *«Cette vision n'était*

Forme de conscience qui, alliée à la volonté consciente (je me sens l'auteur de mes actes), constitue un moteur essentiel de la conscience de soi.

Ondes précoces et tardives

Les recherches sur la conscience chez le bébé et le jeune enfant gravitent généralement autour de 2 pôles: l'accès conscient et la métacognition. Les résultats engrangés jusqu'à présent mettent en lumière que, même si, en toute logique, elles n'atteignent pas le même niveau que chez des sujets plus âgés, les capacités des nourrissons dans ces 2 domaines ont longtemps été sous-estimées. Comme il est apparu expérimentalement (*voir infra*), la conscience ne serait pas étrangère aux très jeunes enfants, mais les bébés seraient plus lents que les individus plus âgés dans leur accès conscient à un stimulus. Cela plaide en faveur de l'idée selon laquelle l'accès conscient reposerait sur une distribution globalisée de l'information dans le cerveau ou, au moins, en faveur du fait qu'être conscient aurait pour conséquence que l'information devienne disponible à l'échelle globale au niveau cérébral. Ce qui requiert, dans les 2 cas, des connexions à longue distance opérationnelles entre des aires topographiquement éloignées. Or, progressive, la myélinisation des axones n'est pas complète durant la première année de vie de l'être humain, ralentissant ainsi la conduction nerveuse.

L'idée de l'implication globale du cerveau dans le phénomène conscient s'appuie sur les résultats de plusieurs travaux où ont été comparés, chez l'adulte, les réseaux cérébraux mis en œuvre selon que le traitement d'un stimulus est conscient ou non conscient. Différents types de stimulations (visuelles, sonores...), tantôt accessibles à la conscience, tantôt présentées de façon subliminale, ont été utilisés au gré d'études qui se sont fondées sur divers protocoles expérimentaux. Ainsi que le rapporte Louise Goupil, chacune d'elles énonce des conclusions largement partagées par les autres. «*Premièrement, la perception consciente ou non consciente d'un stimulus semble systématiquement s'accompagner d'une augmentation des activations dans les aires sensorielles spécialisées dans le traitement de ce type de stimuli - par exemple, aires visuelles pour un stimulus visuel, aires auditives pour un stimulus auditif, aires sensori-motrices pour un stimulus tactile*», dit-elle. Ensuite, une deuxième caractéristique de l'accès conscient serait une extension du réseau cérébral qui traite l'information sensorielle, ce qui se traduirait entre autres par l'apparition d'activations dans les lobes pariétaux, frontaux et

cingulaires, tandis qu'on assisterait parallèlement à une communication renforcée entre les régions cérébrales activées. Malgré tout, un doute subsiste: s'agit-il d'une condition nécessaire ou d'une conséquence de l'accès conscient ?

La dynamique temporelle des activations cérébrales associées à l'accès conscient a été étudiée par électroencéphalographie (EEG) ou par magnéto-encéphalographie (MEG) chez l'adulte, puis chez le nourrisson. Dans un article publié en 2005 dans *Nature Neuroscience*, Claire Sergent, Sylvain Baillet et Stanislas Dehaene ont comparé les activations cérébrales enregistrées par EEG chez des adultes selon que les conditions du protocole expérimental leur permettaient de percevoir consciemment ou non un mot qui leur était présenté visuellement. Qu'observèrent les expérimentateurs ? D'abord, que les premières réponses évoquées par le stimulus visuel, c'est-à-dire les premières ondes cérébrales apparaissant à la suite de sa présentation (P1 après 100 millisecondes, N1 après 150 millisecondes) étaient identiques, que le mot ait été vu ou ne l'ait pas été. En revanche, une différence nette entre les 2 occurrences se dévoilait après 250 ms, l'onde N2 se révélant nettement plus intense dans le cas où les participants rapportaient avoir vu le mot présenté, mais surtout après 300 ms (onde P3), moment à partir duquel se succédaient, jusqu'à une demi-seconde après la présentation du stimulus, des ondes qui s'avéraient totalement absentes quand les participants disaient ne pas avoir vu le stimulus. Dès lors, cette succession d'ondes au cœur d'un phénomène de tout (situation «vu») ou rien (situation «non vu») a été interprétée comme une signature d'accès à la conscience.

C'est donc après des étapes initiales «préconscientes» de traitement sensoriel, communes aux 2 situations «vu» et «non vu», que se manifesteraient, à partir de 250 ms après présentation du stimulus, les mécanismes sous-tendant la prise de conscience. À moins, une fois encore, qu'il s'agisse plutôt d'une conséquence de l'accès conscient.

Une certaine lenteur

En 2013, le magazine *Science* publiait un article dont le premier auteur était Sid Kouider, du Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique de l'École normale supérieure (Paris). Les chercheurs réalisèrent chez le bébé une expérience assez similaire à celle conduite en 2005 chez l'adulte par Claire Sergent, Sylvain Baillet et Stanislas Dehaene. Grâce à la technique dite du masquage visuel, ils présentèrent des images de visages, les unes visibles, les autres non visibles, à 80 nourrissons de 5, 12 et 15 mois. Contrairement aux adultes, ces très jeunes enfants ne pouvaient évidemment pas rapporter leur vécu - j'ai vu le visage ou je ne l'ai pas vu. L'élément cardinal fut que les enregistrements par EEG de leur

activité cérébrale adoptèrent le même profil que celui relevé au cours de l'expérience de 2005 chez l'adulte: présence d'ondes cérébrales précoces à l'occasion de la présentation de tous les visages, présence d'ondes cérébrales tardives uniquement dans certains cas, a priori ceux qui, par référence aux résultats observés chez l'adulte, étaient associés à une perception consciente du stimulus. Néanmoins, les ondes tardives émergeaient non pas autour de 300 ms comme chez l'adulte, mais vers 900 ms chez les bébés de 5 mois et vers 750 ms chez ceux de 12 ou 15 mois. «*Cela suggère donc que des mécanismes de prise de conscience similaires à ceux de l'adulte existent chez le bébé, et qu'au cours du développement leur latence de déclenchement se raccourcit*», conclut Louise Goupil.

Même si elles n'atteignent pas le même niveau que chez des sujets plus âgés, les capacités des nourrissons dans les domaines de l'accès conscient et de la métacognition ont longtemps été sous-estimées. La conscience ne serait pas étrangère aux bébés. Leur prise de conscience d'un stimulus serait simplement plus lente.

Jean-Rémy Hochmann, chercheur du CNRS à l'Université Claude Bernard Lyon 1, et Sid Kouider ont publié dans *Current Biology*, en mars 2022, les résultats de travaux s'appuyant sur un autre protocole expérimental. Leur étude confirme que les nourrissons ont un accès à la conscience perceptive, mais plus lent que l'adulte, et que l'écart se réduit au fil du développement.

Dans une étude publiée en 2019 dans *Cognition*, Naiqi Xiao et Lauren Emberson ont présenté des visages, en vision périphérique, à des bébés de 9 mois. Or, on sait que la perception consciente d'éléments situés en périphérie est moins bien assurée que celle des éléments figurant dans l'axe du regard, qui accaparent largement le focus attentionnel. Le but poursuivi était de déterminer si les nourrissons étaient déjà dotés de mécanismes d'amplification attentionnelle généralement considérés comme nécessaires à la prise de conscience. Les scientifiques firent entendre aux bébés des vocalisations, tantôt de joie, tantôt de colère, congruentes ou non avec l'expression des visages. En cas de congruence, les visages furent mieux reconnus, ce qui plaide en faveur de l'existence, dès un âge précoce, de mécanismes d'amplification attentionnelle permettant de sélectionner certaines informations et de les amener dans le champ de la conscience.

⁽¹⁾ Louise Goupil et Claire Sergent. *Conscience perceptive et métacognition. Manuel de psychologie et neurosciences*, Éditions de Boeck, 2021.

Trop confiant, le bébé

Pouvant être définie, selon l'approche des psychologues Thomas Nelson et Louis Narens (1990), comme «*la connaissance et le contrôle qu'un système cognitif peut avoir de lui-même et de son propre fonctionnement*», la métacognition (conscience réflexive) constitue le second pôle principal des recherches relatives à la conscience chez le bébé et le jeune enfant. Dans quelle mesure les nourrissons sont-ils capables d'observer et d'évaluer leurs propres processus mentaux ? Là réside toute la question du développement de la métacognition, domaine qui fait l'objet de recherches depuis une cinquantaine d'années, d'autant qu'il entretient des liens étroits avec la sphère de l'apprentissage.

Chez le nourrisson, les recherches portant sur la métacognition doivent contourner le même écueil que celles consacrées à l'accès conscient: le fait que ces enfants sont dans l'incapacité de relater leur vécu. Aussi la plupart des travaux sur la métacognition chez le jeune enfant se sont-ils focalisés sur des sujets de 4 ou 5 ans. Ces études montrent qu'ils ont en général un biais cognitif de «surconfiance» dans l'évaluation de leurs propres compétences, connaissances et performances. «*Par exemple, quand on propose à des enfants de 4-5 ans et à des enfants de 8-9 ans d'apprendre le nom d'animaux en peluche, et de dire s'ils seraient capables de se souvenir de ces noms plus tard (...), les enfants de 4-5 ans disent qu'ils seraient capables de se souvenir des noms beaucoup plus souvent que les enfants de 8-9 ans, qui sont eux capables de se rendre compte quand ils n'ont pas bien mémorisé les noms*», écrit Louise Goupil dans un ouvrage cosigné par Claire Sergent aux Éditions de Boeck ⁽¹⁾. On remarque ce biais de surconfiance dans de nombreuses situations. Ainsi, lorsqu'on leur demande s'ils savent quel objet se trouve caché dans une boîte, les enfants de 4-5 ans répondront habituellement oui. Néanmoins, ils ne sont pas pour autant totalement dénués de sensibilité métacognitive dans l'évaluation de leur mémoire et de leurs apprentissages. En effet, face à une épreuve plus simple où ils sont appelés à choisir, parmi 2 noms, celui dont ils seront à même de se souvenir le plus facilement par la suite, ils optent habituellement pour le nom qu'ils ont effectivement le mieux mémorisé.

Le biais de surconfiance est fréquemment sous-tendu par la difficulté d'inhiber une réponse positive («oui, je sais»; «oui, j'ai bien répondu»...). L'origine de ce phénomène est probablement lié au développement incomplet des fonctions exécutives, en particulier des capacités d'inhibition qui permettent d'écarter une information non pertinente.

Le sens des mots

Depuis une quinzaine d'années, des études se sont intéressées aux capacités métacognitives basiques dont pourraient être dotés les nourrissons dans des tâches simples non verbales adaptées à leur âge. Elles ont révélé que même des bébés de 20 mois ne sont pas dépourvus de sensibilité métacognitive. En 2016, Louise Goupil fut la première auteure d'un article publié dans la revue *PNAS*, qui dévoilait les résultats de travaux faisant appel à des enfants d'âge préverbal. Ces recherches adoptaient un paradigme similaire à celui utilisé 8 ans plus tôt par un autre groupe avec des enfants de 3 ans. En l'occurrence, les expérimentateurs les plaçaient dans des situations qui pouvaient les amener à douter - par exemple, quant à l'endroit où se trouvait un jouet. Il apparut que dans ce cas, des nourrissons de 20 mois étaient déjà en mesure de saisir qu'ils étaient en proie au doute et de solliciter non verbalement l'aide de leurs parents en se tournant vers eux, plutôt que de se lancer dans une recherche exploratoire erronée. « Cette conclusion a été confirmée par la suite par d'autres études », précise Louise Goupil.

Selon des travaux du psychologue Jan R. Wessel, publiés en 2012 dans *Frontiers of Human Neuroscience*, 2 potentiels typiques sont mesurés en EEG lorsqu'un individu commet une erreur. Potentiel négatif, l'ERN (*error-related-negativity*), qui trouve son origine dans le cortex cingulaire antérieur, se manifeste en premier. Vient ensuite le Pe (*error-related-positivity*), potentiel positif qui dépend d'un réseau cérébral fronto-pariétal plus distribué. « L'ERN et le Pe sont 2 marqueurs neuro-naux. Alors que l'ERN est liée à la détection d'une erreur en soi et associée à sa correction automatique, le Pe traduit une prise de conscience de l'erreur », indique Louise Goupil. Dans une expérience qu'elle a conduite en 2016 avec Sid Kouider (publication dans *Current biology*), l'ERN fut déjà détectée chez des enfants de 12 mois, tandis que dans d'autres travaux datant de 2013, le Pe avait été observé chez des enfants de 4 ans. Ce qui n'exclut pas la possibilité que ces potentiels soient présents à des âges plus précoces encore.

Récemment, Isabelle Dautriche, chercheuse du CNRS à l'Université d'Aix-en Provence, Louise Goupil et 2 neuroscientifiques écossais (Kenny Smith et Hugh Rabagliati) ont mené une étude relative au degré de confiance que des enfants de 2 ans investissaient dans le sens qu'ils attribuaient aux mots. Les expérimentateurs énonçaient de nouveaux mots, qui étaient en réalité des pseudo-mots (mots inexistantes), pour désigner des animaux ou des objets que les enfants ne connaissaient pas encore. Par exemple, tel animal



S'ils rencontrent des difficultés dans la réalisation d'une tâche, des nourrissons de 20 mois sont déjà en mesure de solliciter non verbalement l'aide de leurs parents

qu'ils n'avaient jamais vu était baptisé un «dax» et tel autre, un «zet». Les enfants pouvaient donc potentiellement apprendre ces nouveaux «mots». Et c'est ce qu'ils réussissaient à faire.

Toutefois, quand, par exemple, un chien et une balle leur avaient été présentés, l'un à gauche, l'autre à droite, puis dissimulés, et qu'on leur demandait ensuite où se trouvait la balle, ils cherchaient à la regarder et, une fois qu'ils se décidaient pour le bon côté, ils persévéraient dans leur choix, alors qu'ils abandonnaient très vite le côté erroné, comportement suggérant qu'ils se rendaient compte de leur erreur. S'agissant des nouveaux animaux et objets désignés par des pseudo-mots, ils n'en allaient pas de même. Les enfants s'avéraient capables de reconnaître les «mots» énoncés avec une performance meilleure que le hasard, mais non d'évaluer si leur connaissance du sens des «mots» était bonne ou mauvaise. Autrement dit, la confiance de ces enfants de 2 ans dans leurs interprétations était fonction de leur degré de connaissance des mots, de l'importance de l'ancrage de ces derniers en mémoire. D'autre part, lorsque les chercheurs et chercheuses appelaient un chien un «bloop» par exemple, alors que la dénomination d'un chien était familière aux enfants, la confiance que ceux-ci avaient initialement dans l'interprétation du mot «chien» s'érodait, voire se désagrégeait.

Bien qu'elles demeurent assez marginales, les recherches sur la métacognition chez le nourrisson et le jeune enfant explorent d'autres voies encore. Notamment la relation que la métacognition entretient avec le développement de la conscience de soi ou son rôle dans les différentes formes d'apprentissage - scolaire, social, etc. A



Qui est-ce ? Jocelyn BELL

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : © ISOPIX/PHOTO BY DAVID HARTLEY/REX/SHUTTERSTOCK (P.32)

mon doctorat, que je décrocherai en 1969. Les filles étant rares dans le domaine à l'époque, je ne m'y sens pas à ma place. J'ai l'impression que la moindre erreur pourrait signifier mon renvoi. Je vis ce qu'on appellera plus tard le syndrome de l'imposteur. À la demande d'Antony Hewish, mon directeur de thèse, je participe à la construction d'un radiotélescope destiné à l'étude des quasars (*quasi-stellar radio source*), des entités compactes et lumineuses, noyaux de galaxies, récemment découverts. Chargée de l'exploitation du télescope et de l'analyse des données, je décortique chaque jour à la main les informations récoltées sur une trentaine de mètres de papier. Une tâche fastidieuse. En 1968, je me marie avec Martin Burnell, un fonctionnaire. Nous aurons un fils, Gavin, qui deviendra physicien. Je quitte alors Cambridge pour suivre mon mari dans ses affectations successives. Du coup, je change souvent d'emploi et de sujet d'étude. Divorcée en 1989 et dorénavant maman solo, je rencontre des difficultés à faire garder mon fils et à obtenir un poste fixe. Je travaille successivement aux universités de Southampton, d'Oxford, à l'University College de Londres et à l'Observatoire royal d'Edimbourg. En 1991, je deviens professeure de physique pour l'Université Ouverte (*Open University*), une institution anglaise donnant des cours à distance. Je suis aussi professeure

Je suis...

Pionnière dans le domaine de la radioastronomie. Aînée d'une famille bourgeoise de 3 filles et d'un garçon, je grandis à Lurgan, ville du comté d'Armagh en Irlande du Nord. Mon père, architecte, participe à la conception du planétarium d'Armagh où je l'accompagne souvent. D'un naturel curieux, je pose des questions aux personnes que j'y rencontre. C'est là que naît ma passion pour l'astronomie. En 1956, mes parents m'envoient en internat à la Mount School de York, une école quaker pour filles. Un professeur de science me marque au point que je lui dois ma vocation pour la physique. En 1965, je décroche mon diplôme en physique à l'Université de Glasgow. Je rejoins alors l'équipe d'Antony Hewish, professeur de radioastronomie à l'Université de Cambridge, pour effectuer



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 15 juillet 1943, à Belfast (Irlande du Nord, Royaume-Uni)

NATIONALITÉ: Britannique

SITUATION FAMILIALE: Divorcée, 1 enfant

DIPLÔME: Physique à l'Université de Glasgow, doctorat en astrophysique à l'Université de Cambridge

CHAMPS DE RECHERCHE: Astrophysique, radioastronomie

DISTINCTIONS: Dame commandeur de l'ordre de l'Empire britannique (2007); médaille royale de la Royal Society (2015); prix spécial de physique fondamentale (2018); grande médaille de l'Académie des sciences française (2018); médaille Copley de la Royal Society de Londres (2021); docteur honoris causa de plusieurs universités

invitée à l'université de Princeton. En 2001, je suis nommée doyenne de science à l'université de Bath jusqu'en 2004.

À cette époque...

En 1968, année de la publication de ma découverte dans la revue *Nature*, le pasteur Martin Luther King, leader et héros du mouvement pour les droits civiques des «Noirs», est assassiné de plusieurs coups de feu tirés par un «Blanc» alors qu'il tenait un discours au balcon d'un hôtel de Memphis, dans le Tennessee, aux États-Unis. En 1974, l'année où mon directeur de thèse reçoit le prix Nobel pour ma découverte des pulsars, l'écrivain Alexandre Soljenitsyne, prix Nobel de littérature, est arrêté et expulsé d'URSS. En 2001, l'année où je deviens membre de la Société Royale, est évidemment celle des attentats du 11 Septembre et aussi des débuts de la seconde guerre d'Afghanistan.

J'ai découvert...

Les pulsars (*pulsating stars*), des étoiles pulsantes nées de l'effondrement gravitationnel de certaines étoiles géantes et caractérisées par une très forte densité. Comme souvent en sciences, les pulsars me sont apparus par hasard, alors qu'ils n'étaient pas le sujet de mes recherches. En 1967, alors que je rédige encore ma thèse et que j'examine les enregistrements des radiotélescopes, j'observe un signal différent des signaux radio-astronomiques connus et des pulsations régulières. Je l'étudie avec la plus grande attention sous les sarcasmes de mon directeur de thèse estimant, dans un premier temps, qu'il s'agit d'une interférence humaine. Aussi, la source est-elle d'abord dénommée *Little Green Men* (Petits Hommes Verts). J'en découvre d'autres. Ce sont des résidus d'explosions de supernovas, des étoiles à neutrons. Cette découverte est publiée dans le numéro de février 1968 de la revue *Nature*. Le nom de pulsar ne sera trouvé qu'après la publication. Pour cette découverte, Antony Hewish et un autre astronome, Martin Ryle, reçoivent le prix Nobel de physique en 1974, sans que j'y sois associée. Ce qui déclenche une très vive controverse de la part de certains confrères scandalisés de voir ce prix prestigieux remis à un directeur de thèse plutôt qu'à la personne ayant fait la découverte au motif que j'étais étudiante, ou parce que j'étais une femme. En 1979, j'écris que j'estime normal qu'un prix Nobel soit accordé au directeur de thèse et non à son étudiant. Je reviendrai sur cette position plus tard. **A**

SAVIEZ-VOUS QUE...

En 2001, Jocelyn Bell a été élue membre de la Société royale comme avant elle Newton, Darwin... De 2002 à 2004, elle a présidé la Société Royale d'astronomie et de 2008 à 2020, l'Institut de physique, la principale association de physique du Royaume-Uni.

Bien que n'ayant pas partagé le prix Nobel de physique, elle a été honorée d'un grand nombre de distinctions. En 2015, elle a reçu le prix *Women of the Year Prudential Award* dans la catégorie *Lifetime Achievement*. À cette occasion, elle a dit: «*On peut actuellement s'en tirer extrêmement bien sans avoir obtenu de prix Nobel, et j'ai eu de nombreux autres prix, et tellement de récompenses et d'honneurs que, en réalité, je me suis bien plus amusée que si j'avais eu le prix Nobel. C'est un feu de paille en quelque sorte: vous l'avez, vous êtes heureux le temps d'une semaine, et tout est terminé, plus personne ne vous remet quoi que ce soit après, parce qu'il y a le sentiment que rien ne peut être au même niveau.*»

En 2018, elle a été distinguée par le prix de physique fondamentale d'une valeur de 3 millions de dollars. Qu'elle a choisi de donner à l'Institut de physique de l'Université d'Oxford pour le financement de travaux de thèse menés par de jeunes chercheuses et chercheurs issus des minorités sous-représentées en physique. La diversité en science est une valeur qui lui est chère. Selon elle, «*l'histoire du pulsar est en partie arrivée parce que j'étais une minorité et une étudiante. Augmenter la diversité dans la physique ne peut amener que de bonnes choses.*»

En septembre 2021, elle s'est vu décerner la médaille *Copley* par la *Royal Society* de Londres, une distinction prestigieuse remise chaque année pour d'importantes découvertes scientifiques et qui avait déjà honoré Darwin, Einstein et Hawking. Deuxième femme à obtenir cette distinction après la biologiste Dorothy Crowfoot Hodgkin (voir *Athena* n° 338, pp. 10-11), elle a fait don de ce prix de 25 000 euros au *Bell Burnell Graduate Scholarship Fund* de l'Institut de physique qui offre des bourses aux étudiants en physique issus de minorités.

Jocelyn Bell a été l'objet de la première partie de la série *Beautiful Minds* produite par la *BBC Four*, dans laquelle sa carrière et ses contributions à l'astronomie sont présentées. Elle est régulièrement invitée à parler de sa carrière et de ses découvertes. Elle n'hésite pas à rappeler les difficultés rencontrées à l'époque en tant que jeune femme. Dans une de ses conférences diffusées sur Internet, elle évoque l'intérêt médiatique qui a suivi la publication de sa découverte. À Antony Hewish étaient posées les questions scientifiques, à elle, des détails sur sa vie privée. Choquée, elle a alors décidé de s'investir dans des actions en faveur des femmes et de la science, notamment pour l'amélioration des conditions de carrière des femmes scientifiques. Elle a été présidente de *Women in Science* pour la Société royale d'Edimbourg et s'est impliquée dans l'association des femmes en STEM (Science, Technology, Engineering and Maths).

Dans son ouvrage *L'astronomie au féminin*, l'astrophysicienne belge Yaël Nazé, auteure de la rubrique «Astronomie» d'*Athena*, lui consacre son dernier chapitre.





Comment optimiser sa navigation en ligne ?

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

Depuis son lancement en 1993 et grâce à une «simple» connexion Internet, le Web est devenu un merveilleux outil qui nous permet de naviguer de tous côtés dans un univers virtuel sans frontière et sans limite. Pour votre culture générale: Internet est le réseau, l'infrastructure d'un nombre infini de canaux qui véhicule le Web. Pour y avoir accès, il est indispensable de disposer d'une connexion à celui-ci. Le Web est quant à lui le nom donné à toutes les applications d'Internet, au contenu qui circule dans tous ses canaux. Il dépend donc totalement d'Internet. Pour résumer et comparer cela à quelque chose que nous connaissons, Internet est le réseau d'eau et ses nombreux tuyaux, et le Web est l'eau. Pour accéder aux données du Web, il est nécessaire d'utiliser des applications, qui vont gérer et diffuser le contenu. Une des applications que nous utilisons tous dès notre première connexion en ligne est un navigateur. Comme souvent sur Internet, il en existe des dizaines, dont les plus connus sont *Safari (Apple)*, *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*

(leader incontestable avec quasiment 3,38 milliards d'utilisateurs à travers le monde, soit environ 20% des internautes), *Edge*, *Vivaldi*, *Brave* ou encore *Opera*.

Nous utilisons donc tous un ou plusieurs navigateurs pour nous connecter à Internet et utiliser les données du Web dont nous avons besoin. Facile ! C'est presque naturel, me direz-vous. C'est ce que nous allons voir dans cet article. Partons ensemble à la découverte de trucs et astuces pour naviguer encore plus efficacement sur le Web. Nous allons utiliser le navigateur *Chrome* (<https://www.google.com/intl/fr/chrome>) mais chaque navigateur possède son fonctionnement, si vous utilisez un autre navigateur, vous trouverez certainement les mêmes fonctionnalités en faisant une recherche.

Arrêts sur image

- Qu'est-ce qu'un onglet ?

Les onglets sont tout simplement les pages Web ouvertes sur votre navigateur. Ici, nous avons 3 onglets ouverts. Et vous pouvez naviguer de l'un à l'autre en cliquant directement dessus. Il est également possible de fermer un onglet en cliquant sur la croix à droite de chaque onglet.



- Qu'est-ce que la barre de menu ?

Il s'agit de l'espace sur lequel se trouvent les onglets. Pour accéder aux outils spécifiques à la barre de menu, il faut cliquer droit sur la barre et non sur un onglet, et cliquer également sur la flèche vers le bas pour accéder à plus de fonctionnalités.



- Où se trouve le champ de recherche ?

Pour accéder aux données du Web, vous avez besoin de faire des recherches. Soit vous connaissez l'adresse URL du site que vous souhaitez visiter, soit vous faites une recherche qui vous proposera plusieurs sites en fonction de ce que vous recherchez. Tout se passe ici dans la barre de recherche/d'URL.




Pour accéder à la page de recherche spécifique de *Google*, il suffit d'ouvrir un nouvel onglet en cliquant sur le + à droite de votre dernier onglet.

- Rouvrir un onglet fermé accidentellement

Vous étiez en train de consulter une page Web et sans crier gare, pour faire un peu de place, vous l'avez malencontreusement fermée ! Vous ne vous souvenez plus comment vous étiez arrivé sur cet onglet, la seule chose qui vous importe maintenant, c'est de le retrouver. Pas de panique, il existe plusieurs solutions:

- Cliquez droit sur la barre de menu et choisissez l'option «Rouvrir l'onglet fermé»




- En utilisant des raccourcis clavier:
 - pour les utilisateurs de *MacOS*, utilisez les touches :  + Maj + T
 - pour les utilisateurs de *Windows*: CTRL + Maj + T

Page de démarrage et favoris

Juste en dessous de la barre de menu, à l'extrême droite, cliquez sur les 3 points alignés verticalement

afin d'accéder aux paramètres. Un nouvel onglet s'ouvre directement dans votre navigateur avec toutes les options de paramétrage disponibles. Vous pouvez également accéder à ces options en tapant cette url dans le champ dédié à la recherche:

 <chrome://settings>.

Cherchez la section «Au démarrage»: 3 options s'offrent alors à vous:

- Ouvrir la page «Nouvel onglet»
- Reprendre où vous avez arrêté
- Ouvrir une page ou un ensemble de pages spécifiques

En cliquant sur «Ouvrir une page ou un ensemble de pages spécifiques», vous avez la possibilité d'ajouter une page en tapant son URL. Il s'agit de la page que vous voudriez voir à chaque ouverture de votre navigateur. Vous avez également la possibilité d'ajouter les pages actuelles. En cliquant sur cette option, la liste de toutes les pages ouvertes actuellement sur votre navigateur vous est proposée. Vous pouvez, en cliquant sur les 3 points alignés verticalement, modifier ou supprimer chaque onglet. Ajoutez les pages que vous souhaitez voir à chaque démarrage de *Google Chrome*, puis validez.

En choisissant l'option «Reprendre où vous avez arrêté», votre navigateur vous proposera au démarrage tous les onglets que vous aviez précédemment laissés ouverts lors de votre dernière utilisation.

L'option «Ouvrir la page - Nouvel onglet», propose quant à elle la page de recherche classique de *Google Chrome*.

Épinglez et rangez vos onglets

Si vous aussi vous maîtrisez à la perfection les plus de 20 onglets ouverts sur votre ordinateur, voici une solution qui va vous permettre de faire de l'espace. Faites simplement un clic droit sur chaque onglet et sélectionnez «épingler», vous verrez alors vos onglets se réduire à la simple présentation de son *favicon* (l'image qui caractérise un site Internet, contraction de favori et icône), de quoi largement encombrer votre navigateur de 20 nouvelles ouvertures de pages... Pour supprimer l'épinglage d'un onglet, il suffit de faire la manipulation inverse et de cliquer sur «retirer».

Pour les amoureux des onglets, il est possible de les ranger par groupe. De nouveau ici, faites un clic droit sur l'onglet que vous souhaitez



classer. Cliquez sur «ajouter l'onglet à un nouveau groupe», une nouvelle fenêtre de paramétrage des onglets s'ouvre et vous propose:

- d'attribuer un nom au groupe d'onglets que vous souhaitez créer
- de choisir une couleur pour ce groupe d'onglets
- de créer un nouvel onglet vierge dans le groupe
- de dégrouper les onglets du groupe
- de fermer le groupe en cliquant droit sur son nom, ce qui fermera également les onglets qui s'y trouvent
- de déplacer le groupe dans une nouvelle fenêtre

Pour ajouter un onglet au groupe déjà créé, il suffit de cliquer droit, choisir «ajouter au groupe» pour que le nom du groupe s'affiche et de cliquer dessus. Il est aussi possible de faire glisser un onglet dans le groupe, dès que la couleur du

groupe l'entoure, c'est qu'il a bien été ajouté. Le nom du groupe d'onglets s'affiche à gauche du 1^{er} onglet du groupe, dans la couleur que vous avez choisie pour celui-ci. En cliquant une fois sur le nom, tous les onglets disparaissent dans la barre de menu, il suffit de cliquer une nouvelle fois sur le nom pour qu'ils réapparaissent.

💡 L'ASTUCE EN PLUS...

Groupe d'onglets ou onglets ouverts, il est possible de faire une recherche exclusive parmi ceux-ci. En cliquant sur la flèche vers le bas pour accéder à plus de fonctionnalités tout en haut à droite de la barre de menu, vous trouverez la fonctionnalité de rechercher dans les onglets ouverts.

Activez une commande depuis la barre d'URL de Google Chrome

Au-delà des recherches classiques, il est possible d'activer certaines fonctionnalités du navigateur directement en tapant votre demande dans la barre de recherche. Il s'agit d'une fonctionnalité nommée «Chrome Actions». Tapez directement ce que vous souhaitez faire, comme par exemple:

- Effacer les données de navigation, le navigateur vous proposera l'action directement dans les suggestions de résultats accompagné de son logo, permettant de reconnaître qu'il s'agit d'une fonctionnalité du navigateur. En cliquant sur la proposition la page suivante s'ouvre directement: <chrome://settings/clearBrowserData>. Vous pouvez alors supprimer vos données de navigation.
- Ouvrir une fenêtre de navigation privée. Tapez directement cette requête et *Chrome* vous proposera de cliquer sur l'action permettant d'ouvrir directement une page de navigation privée.
- Ouvrez le gestionnaire de mots de passe de *Chrome*, en tapant «Gérer les mots de passe» et le navigateur vous proposera de cliquer sur une requête vous emmenant directement sur la page <chrome://settings/passwords>.
- Tapez «traduire» et validez, *Chrome* ouvrira automatiquement son formulaire de traduction.

Google Chrome possède quelques applications très pratiques comme la calculatrice, le convertisseur d'unités et le sélecteur de couleur. Comment accéder à ces fonctionnalités ? Tout simplement en tapant le calcul que vous avez à faire dans la barre de recherche ou en tapant le mot «calculatrice», les fonctionnalités spécifiques à *Google*

sont généralement le premier résultat proposé et il est suivi de la mention «Recherche Google». En cliquant sur cet onglet, l'application calculatrice s'ouvre. Si vous tapez un calcul simple directement dans la barre de recherche, le résultat s'affiche automatiquement dans celle-ci sans ouvrir une nouvelle page, le signe égal = apparaît à gauche de la réponse.

Le convertisseur d'unités de *Google* propose de convertir une mesure: température, longueur, poids, vitesse, volume, superficie, consommation de carburant, heure, stockage numérique,... Tapez simplement «convertisseur d'unités» ou directement une requête de conversion, par exemple «25 miles en km» dans la barre de recherche et le navigateur vous répondra.

Le sélecteur de couleur est une fonctionnalité très intéressante pour les artistes en herbe. Il permet de sélectionner une couleur et de trouver son code hexadécimal, ce qui correspond à sa référence colorimétrique spécifique au Web. Il permet également, à partir d'un code hexadécimal, de trouver les données RVB, Pantone, TSV, TSL ou encore CMJN d'une couleur Web.



Lancez une recherche depuis le clic droit

Vous êtes en train de lire un article intéressant depuis un onglet de votre navigateur, quand un mot, un nom vous interpelle, vous auriez envie d'en savoir plus, rapidement et facilement, sur ce qui vient de retenir votre attention. Facile: à l'aide de votre souris, sélectionnez l'élément/le texte en question, faites un clic droit, sélectionnez «Recherchez XXX avec Google», un nouvel onglet s'ouvrira alors avec le résultat de votre recherche.

Se faire lire une page Web


Pour cela nous allons aborder très brièvement le fabuleux monde des extensions de *Chrome*, nous en parlerons plus en détail dans le prochain article. Si vous souhaitez déjà en savoir plus c'est par ici: <https://chrome.google.com/webstore/category/extensions?hl=fr>

Grâce à l'extension *Talkie*, vous allez pouvoir sélectionner un texte à l'aide de votre souris et demander à votre ordinateur de le lire à haute voix. Comment l'installer ? Rendez-vous sur la page de l'extension <https://chrome.google.com/webstore/detail/talkie-text-to-speech-man/enfbcfmmdpdmnapkfljhbfeejjhjk>. Cliquez sur «Ajouter à Chrome», cliquez sur «Ajouter l'extension». Pour retrouver toutes les extensions installées sur votre navigateur, il vous

suffit de cliquer sur l'icône en forme de pièce de puzzle qui apparaît à droite de la barre de recherche. Si vous souhaitez accéder plus rapidement à *Talkie*, cliquez sur la pièce de puzzle représentant les extensions, cherchez *Talkie* dans la liste et cliquez sur l'épingle. Le logo  s'affichera alors dans le menu des extensions, à droite de la barre de recherche tout en haut à droite de votre navigateur. Pour vous faire lire un passage du Web à haute voix, rendez-vous sur une page qui vous intéresse, sélectionnez le texte en question à l'aide de votre souris, rendez-vous sur le logo de *Talkie*  dans le menu des extensions. Installez-vous confortablement, la lecture commence. Encore faut-il apprécier la voix masculine de robot proposée par *Google*...

Naviguez au clavier

Si vous appuyez sur la barre d'espace, vous faites défiler vos pages Web vers le bas. Pour repasser la page en revue mais cette fois-ci de bas en haut, il suffit d'appuyer sur la barre d'espace et simultanément sur le bouton Maj.

Voici notre sélection non-exhaustive d'astuces pour mieux utiliser le navigateur *Chrome*, sachant que des fonctionnalités similaires existent pour tous les navigateurs. N'hésitez pas à les tester. Faites-nous part également des fonctionnalités pertinentes que vous utilisez au quotidien en nous envoyant un mail à contact@easi-ie.com. Dans un prochain article, nous resterons dans l'environnement de *Google Chrome* et aborderons plus précisément les nombreuses extensions que celui-ci propose, ainsi que la gestion des Favoris. 





Cristaux de carbonate de sodium vus au microscope polarisant

Carbonate de sodium : une histoire prodigieuse

En 1783, l'Académie des sciences offrit un prix de 2 400 livres à celui qui trouvera une méthode pour synthétiser de la soude à partir de réactifs aisément disponibles. À cette époque, on importait surtout la soude d'Espagne (Alicante, etc), laquelle provenait de cendres de plantes, telle que la salicorne (1). Cette substance était indispensable, essentiellement dans l'industrie du savon et du verre

TEXTE : PAUL DEPOVERE - DEPOVERE@VOO.BE

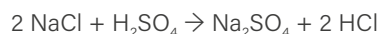
PHOTOS : LAZAR.ZENIT/WIKI (P.38), @JUULIJS - STOCK.ADOBE.COM (P.38), @NICKOLAE - STOCK.ADOBE.COM (P.38), 2020 J. GIESEN (P.39), D'APRÈS MARCEL WIESWEG/WIKI (P.39)



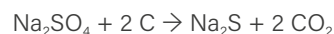
Le procédé de Nicolas Leblanc pour extraire la soude (c-à-d le carbonate de sodium) du sel marin (chlorure de sodium).

Nicolas Leblanc, médecin personnel du duc d'Orléans dont la fortune était considérable, eut l'idée, avec le soutien financier de celui-ci, de recourir à un artifice habile comportant 3 étapes très énergivores.

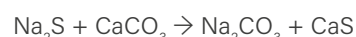
Le NaCl est tout d'abord transformé en Na₂SO₄ sous l'action de l'acide sulfurique à chaud:



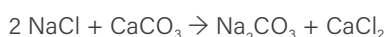
Dans un deuxième temps, le Na₂SO₄ est réduit à très haute température (950 °C) en Na₂S par réaction avec du charbon de bois (C):



Et ensuite, le Na₂S est calciné, toujours à une température avoisinant les 950 °C, avec du calcaire (CaCO₃):



Or on savait qu'il est impossible - étant donnée la faible solubilité du calcaire (CaCO₃) - de transformer directement le chlorure de sodium (NaCl) en carbonate (Na₂CO₃) selon la réaction:



Le carbonate de sodium, hydrosoluble, est récupéré par lavage avec de l'eau tiède (lessivage) suivi de l'évaporation de ce solvant, ce qui fournit le «sel de soude», $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

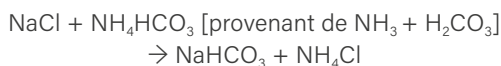
En 1791, après avoir breveté son procédé d'obtention de soude artificielle, Nicolas Leblanc créa une première usine à Maison-de-Seine, un hameau de Saint-Denis. Malheureusement, la Révolution survint et, après la mort sur l'échafaud du duc d'Orléans (dit Philippe Égalité) en 1793 - il avait 46 ans -, l'usine fut séquestrée. En outre, Leblanc fut prié de rendre public son procédé de fabrication, ce qui le ruina. Dépressif, il finira par se suicider en se tirant une balle dans la tête. Il n'empêche que son procédé reprit de l'importance, particulièrement vers 1830 et ce, jusqu'à ce qu'il fût supplanté dans les années 1870 par le procédé Solvay, bien plus économique (2).

La concurrence belge



Timbre émis en 1955 en hommage à Ernest Solvay (1838-1922), l'industriel belge – au départ autodidacte et curieux – qui mis au point en 1861 un procédé original, dit à l'ammoniac, permettant de synthétiser du carbonate de sodium dans son atelier de Saint-Josse-ten-Noode à Bruxelles.

Cet homme ingénieux envisagea de saturer à froid une solution concentrée de sel (NaCl) successivement par 2 gaz, à savoir de l'ammoniac (NH_3) puis de l'anhydride carbonique (CO_2 , qui, en présence d'eau, forme H_2CO_3), ce qui provoque la précipitation de NaHCO_3 . Bref, on a :



L'hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO_3) ainsi obtenu est filtré puis torréfié dans un four spécial à 300 °C pour être transformé en carbonate («soude Solvay»), tout en dégageant du CO_2 qui est renvoyé dans le cycle des opérations :



En fait, ce procédé n'est rentable qu'en raison de la récupération de l'ammoniac à partir du NH_4Cl apparaissant comme sous-produit. Le CO_2 provient en effet de la calcination à environ 850 °C de calcaire (CaCO_3), ce qui fournit de la chaux vive (CaO), avec laquelle on traite la solution de chlorure d'ammonium :



En outre, le CaCl_2 résiduel est lui-même largement utilisé en hiver pour faire fondre la neige accumulée sur les routes.

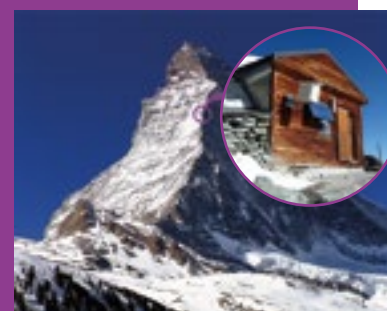
La première usine de fabrication de soude Solvay fut implantée à Couillet en 1863. D'autres apparaîtront bien vite un peu partout dans le monde, ce qui contribuera à l'avènement d'un véritable empire industriel. Dès 1911, le philanthrope qu'était Ernest Solvay organisa à Bruxelles des congrès internationaux de physique et de chimie auxquels participèrent les plus grands savants de l'époque, parmi lesquels de nombreux nobélisés. Il fonda ou dota également diverses sociétés scientifiques (3).

Désigné en 1995 par l'*Institut Destrée* comme l'un des 100 Wallons du siècle, il est inhumé au cimetière d'Ixelles dans une tombe conçue par Victor Horta. 4

⁽¹⁾ Le «natron» des Grecs était une autre source de carbonate de sodium ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) que l'on trouve à l'état naturel sur les bords de certains lacs, notamment en Égypte. C'est de ce mot que viendra le symbole chimique du sodium, en l'occurrence Na.

⁽²⁾ De surcroît, il semblerait que la soude Leblanc était malodorante en raison de la présence d'hydrogène sulfuré (H_2S) provenant de la décomposition de traces de sulfures.

⁽³⁾ À titre anecdotique, c'est également Ernest Solvay qui finança la construction de la «Solvay-Hütte», le plus haut refuge du Cervin (la célèbre montagne qui domine le village de Zermatt). Destiné aux alpinistes en difficulté, ledit refuge est actuellement pourvu d'un radiotéléphone fonctionnant à l'énergie solaire.





Bourses de sirènes (capsules contenant des embryons) d'une petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), un des plus petits requins.

BIO NEWS

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

PHOTOS : ECOMARE/SALCO DE WOLF/WIKI (P40), ©COMUGNERO SILVANA - STOCK.ADOBE.COM (P41),
©MARIO BEAUREGARD - STOCK.ADOBE.COM (P42), ©KCAPALDO - STOCK.ADOBE.COM (P42),
©BILLIONPHOTOS.COM - STOCK.ADOBE.COM (P43)

Bébé requin

Si pour certains ce titre évoque une chanson à succès des années soixante, il nous permet d'évoquer ici à un phénomène bien particulier qui nous ramène plus prosaïquement à la mer: les requins. Saviez-vous que les embryons sont libérés dans l'eau de mer, dans une enveloppe protectrice de collagène qui, avec le temps, devient légèrement transparente ? Ils peuvent s'y développer pendant un temps différent selon l'espèce, jusqu'au moment où, devenus autonomes, ils peuvent aborder leur vie en espace désormais ouvert. Comme tout embryon, celui du requin bouge, alimenté par une réserve nutritive aux dépens de laquelle il peut assurer sa croissance originelle. Le problème est que ce mouvement n'échappe pas aux prédateurs de passage, qui peuvent donc happer d'une gueule gourmande cette friandise préemballée.

Ceci constitue-t-il un risque majeur pour la disparition des requins ? Non ! Ça, l'homme avide d'ailerons s'en charge, mais bien plus tard. La réalité est que l'évolution a doté cet embryon-là d'un sens particulier qui lui permet de capter l'approche d'un probable prédateur. Lorsqu'il ressent un risque imminent, il se fige, échappant ainsi - pendant un


temps - à l'agresseur qui passe alors son chemin. Mais le mécanisme déclencheur fait toujours l'objet d'une spéculation. Des chercheurs ont toutefois identifié, chez le requin bambou au moins (*Chiloscyllium punctatum*), l'origine de ce gel du mouvement: c'est l'électroréception. Dès avant son éclosion, les requins ressentiraient - comme le fait un électrocardiographe - les très faibles variations du champ électromagnétique, et en particulier celles dues à l'activité des muscles de poissons passant à proximité. Cette réception, née dans des organites spécialisés de la face (les ampoules de Lorenzini), induirait l'arrêt instantané et salvateur du mouvement.

Pendant un temps suffisant ? Peut-être, mais c'est là que peut tout de même résider le problème. Car la sensibilité est liée à la température ambiante. Chez la roussette (*Scyliorhinus stellaris*), on a notamment montré que le fait de passer de 15 à 20 °C réduisait le temps d'activité de l'embryon d'un facteur 7. Autrement dit: les chances de survie et d'éclosion des bébés requins sont plus grandes en eau froide que chaude. Cruelle température ! Reste à voir si la proportion des prédateurs suit la même courbe d'élévation thermique. Si ce n'est pas le cas, les chances pourraient s'équilibrer. À moins qu'un autre mécanisme compensatoire existe dans les eaux plus chaudes. Mais il reste à découvrir. **A**

► **Science, 2021; 373: 292 et Conserv. Physiol 9.coab045 (2021)**



Quelle est la durée de migration de l'anguille d'Europe ?

Et oui, ces poissons serpentiformes, qui fréquentent l'eau salée, saumâtre puis douce avant d'inverser le cycle, sont d'extraordinaires migratrices. Elles naissent dans la mer des Sargasses, à l'Est des Bermudes, avant, à l'issue d'une pérégrination de plusieurs milliers de kilomètres qui nécessite 2 ans, de regagner les rivières dont leurs parents sont issus. Si elles ont cette bonne fortune, elles y vivent de 5 à 20 ans avant de faire le chemin dans l'autre sens pour pondre leurs propres œufs dans les Sargasses. Mais il y a un hic: l'homme. La chair de l'anguille est appréciée des gourmets, ce qui explique une pêche déraisonnable. Résultat: depuis 1980, les populations ont diminué de... 98%. L'Union européenne a bien entendu réagi et a interdit l'import et l'export de l'animal à partir de son territoire. Ce qui n'empêche nullement des intérêts de continuer à pourvoir les tables asiatiques de cet aliment au goût d'interdit. En Europe, la pêche à l'intention de la consommation interne n'est pas interdite, mais régulée... En 2019, on a retiré des eaux 2 000 t d'adultes et 55 t de juvéniles. On estime également à 1 625 t les pertes, tous âges confondus, d'anguilles dans les implantations hydroélectriques. Par bonheur, l'anguille est prolifique. On estime à plus d'un million le nombre d'œufs pondus par une seule femelle. Mais les embûches sont de plus en plus nombreuses: prédateurs, pollution chimique des mers et océans, assainissement des espaces, infrastructures diverses, réchauffement des eaux, pollution lumineuse (éclairage) de certains cours d'eau, disparition des marais divers au profit de l'urbanisation et, on l'a évoqué, surpêche et commerce illégal. Ça, fait beaucoup. En chiffre: 98% donc. La politique européenne est appelée à revoir à la hausse ses normes restrictives de pêche, au moins le temps de permettre à l'espèce, jadis présent aussi dans les étangs et les lacs, de se refaire une santé et de ne pas disparaître... 


► *Science*, 2021; 372 : 1271

La pomme de terre bientôt hors d'atteinte ?

P*hytophthora infestans* est un germe dont le nom n'est pas inconnu mais qui est davantage évoqué sous son appellation plus commune de mildiou. Plus précisément, c'est le mildiou de la pomme de terre. Quand les conditions lui sont favorables (humidité persistante, etc.), ce germe prolifère faisant, comme au milieu du 19^e siècle mais aussi l'an dernier, des dégâts parfois considérables dans les cultures. Si la mondialisation permet d'échapper aujourd'hui aux grandes famines provoquées par cet envahisseur, comme celle d'Irlande en 1840, elle contrarie toujours épisodiquement les agriculteurs et même les jardiniers qui voient leurs plantations si chargées d'espoir dépérir, qu'il s'agisse d'ailleurs de la pomme de terre évoquée ou de la tomate.

Le tubercule de la patate (osons ce belgicisme) est fait de cellules. Ce n'est pas une surprise. Celles-ci sont délimitées, comme toutes les cellules végétales, par une membrane assez épaisse dont un des constituants majeurs (un tiers environ) est la pectine. Il s'agit d'un composant assez universel du monde végétal et plus particulièrement des dicotylédones. Or, il s'agit d'un polysaccharide, un sucre complexe qui peut servir de base nutritive à de nombreux organismes. Et il semble que c'est ce qui se passe préférentiellement pour

le ravageur. *P. infestans*, lequel produit une enzyme dont la fonction est de cliver la pectine en composés plus simples et par conséquent, assimilables. Cette enzyme, c'est la polysaccharide monoxygénase, membre d'une famille d'enzymes lytiques répandue en particulier chez les détritivores. Or, il vient d'apparaître dans une étude que le gène de *Phytophthora* qui code pour cette enzyme est surexprimé, ce qui accrédi-terait sa redoutable efficacité destructrice sur les plantes aux dépens desquelles il se multiplie de façon parfois épidémique. Est-ce une découverte ? Plutôt une confirmation. Mais on connaît désormais de façon certaine l'effecteur sur lequel les spécialistes du gène et les biochimistes vont pouvoir œuvrer. L'enzyme «up-réglée» dépend du cuivre, ce qui offre une voie d'action.

Tout cela ne signifie pas encore que la pomme de terre soit hors d'atteinte du dangereux pathogène. Au moins a-t-on en perspective une nouvelle possibilité - plus technologique - de lutter contre ce dernier, que ce soit en luttant contre son enzyme coupable ou en renforçant les défenses naturelles de la victime. 

► *Science*, 2021; 373: 774-779





La loutre marine en surchauffe

Tous les mammifères qui fréquentent les eaux froides, du côté de l'Arctique en particulier, ont un trait commun: ils ont une taille importante. Que ce soit les ours ou les cétacés. L'avantage ? La lutte contre le froid. Une taille importante (toute proportion gardée) donne un volant thermique qui permet d'offrir une réponse aux basses températures saisonnières environnantes, tout en offrant un bouclier de graisse périphérique. Mais il existe une exception: la loutre marine (*Lontra felina*) qui a établi son territoire le long des côtes sud-ouest américaines, du Pérou à l'extrême sud du Chili et de

l'Argentine. Des mammifères qui peuplent les mers froides, il est le plus petit. Par bonheur, son pelage est assez épais. Sa taille modeste est-elle une des raisons pour lesquelles l'espèce est en danger ? Cela ne doit pas aider, même si l'animal semble bien adapté depuis longtemps à son milieu. On va voir à quel point. Les risques viennent d'ailleurs: le braconnage (pour la peau), les filets dans lesquels il se fait prendre, la pollution des estuaires et des eaux côtières où il vit. Il en resterait un millier seulement à l'état sauvage, c'est dire l'urgence de sa sauvegarde.

Mais revenons à sa lutte contre le froid. Elle repose sur une mécanique qui trouve sa source dans la profondeur des organes et en particulier dans les muscles dits squelettiques. Ceux-ci sont mis en surchauffe (à tous les sens du terme) atteignant un métabolisme 3 fois supérieur à celui auquel on serait en droit de s'attendre. C'est vrai chez l'adulte, mais aussi chez les jeunes qui se trouveraient armés contre la rudesse environnementale dès leur naissance. La raison de cette thermogénèse hors du commun n'est pas encore connue, mais des recherches sont en cours. Les mitochondries, les usines à énergie des cellules, pourraient avoir connu une mutation adaptative, mais cela reste à démontrer. La résistance de la loutre marine au froid a donc trouvé une explication. Cela va-t-il offrir une application pour les humains que nous sommes ? Rien n'est précisé. Mais allez savoir... ¹

► *Science* 2021; 373: 223-224



Incendies générateurs de carbone

On a tellement répété aux automobilistes qu'ils contribuent à l'émission de carbone dans l'atmosphère qu'ils en auraient mauvaise conscience. Or, il existe d'autres sources massives de carbone, trop rapidement associées au réchauffement climatique, qui alimentent massivement ce relargage carboné: les gigantesques incendies de forêts en Californie, en Grèce, en Australie et même en Sibérie. Que des températures anormalement élevées, supérieures à 45 °C, dessèchent la végétation est une réalité incontestable, qu'elles induisent le point d'ignition en est une autre bien plus contestable. Quand, dans une même journée on relève 40 à 70 départs de feu, on ne peut y voir que des gestes inconséquents (préparation d'un barbecue dans une zone à haut risque, jet d'un mégot) sinon volontairement pyromanes.

Outre la disparition d'une végétation à reconstituer sur plusieurs dizaines d'années, on peut aussi comptabiliser les émissions de CO₂. Les incendies massifs de Sibérie de 2021, qui ont affecté 1,5 million de km² de forêt (et forcément tout ce qui y vivait), auraient produit 505 millions de tonnes de ce gaz, soit plus que le Mexique tout entier en 2018. On peut ajouter à ces catastrophes les brûlages traditionnels de la savane en Afrique et la fonte du permafrost dans les terres nordiques pour ne citer que celles-ci. L'idée de réduire la production de CO₂ liée au trafic automobile est une option écologiquement défendable, mais qui pèse peu dans ce contexte. Peut-on également rappeler que le méthane, massivement lié à l'élevage et gaz à effet de serre autrement plus puissant que le dioxyde de carbone, contribue à hauteur de 14,3% à l'émission de gaz à effet de serre, soit autant que l'ensemble de la circulation automobile mondiale. L'avenir planétaire qui implique en partie l'activité humaine, relève d'un processus complexe qui ne peut être valablement abordé qu'en en considérant tous les paramètres, variations climatiques cycliques incluses. Les images très médiatiques trop régulièrement rapportées et la perception épidermique ne figurent pas parmi les critères d'évaluation les plus objectifs. ¹

► *Science*, 2021, 373: 836

L'ADN à la trace

Depuis plus de 2 décennies, les méthodes d'identification d'ADN nous ont habitués à des succès avec ce que les spécialistes appellent des traces: des quantités parfois infinitésimales découvertes sur ou dans les supports les plus divers, que ce soit dans le registre de l'anthropologie ou celui, plus médiatique, de la recherche criminelle. Quelques cellules laissées par les lèvres sur un mégot de cigarette, des cheveux abandonnés sur l'appui-tête d'un véhicule ou des restes de moelle osseuse identifiés dans des ossements exhumés d'un site de fouille suffisent à identifier une ou plusieurs séquences d'ADN dont les spécialistes cherchent ensuite à tirer le meilleur profit. Il va de soi que le temps qui passe et le perfectionnement technique concomitant permettent d'aller toujours plus loin et de relever des fragments d'ADN là où on ne penserait pas forcément les trouver. Où ? Partout...

L'eau des mers, des lacs et les rivières en contiennent dès l'instant que de la faune y vit, y meurt et s'y alimente. Les feuilles de végétaux gardent la trace des insectes qui y ont prélevé des fragments; le sol, des cellules déposées par les coussinets plantaires des mammifères qui sont passés par là. Un chat croque un campagnol ? L'air alentour s'enrichit instantanément de l'ADN du prédateur et de sa victime.

Cet ADN-là, c'est l'eADN, «e» pour environnemental. D'après les spécialistes qui s'intéressent à ces traces, la sensibilité des techniques actuelles est telle qu'il devient pratiquement impossible aujourd'hui de trouver un air-témoin, sans aucune trace d'acides nucléiques. On a par exemple trouvé de l'ADN d'animaux d'un zoo jusqu'à plus de 300 mètres. Il n'y a pas de raison que nous ne semions pas le nôtre non plus, partout où nos pas nous poussent.



Du coup, cela donne quelques idées à ces spécialistes des traces. On suspecte la présence d'un animal (loup, ours, etc.) en un endroit où il n'était pas jusqu'ici ? La capture sur un filtre à air laissé à demeure pendant un temps plus ou moins long pourrait permettre d'un suspecter la présence. On souhaite connaître l'émergence de pathogènes ou irritants saisonniers dans l'air d'une ville ? Même procédé. Les exemples peuvent être multipliés mais restent encore surtout provisionnels, parce que des inconnues subsistent, comme par exemple la persistance des traces en question dans l'air, le sol ou l'eau où elles ont été laissées. Ne va-t-on pas, non plus accumuler tant de traces différentes qu'il sera ensuite difficile d'identifier celle que l'on recherche plus précisément ?

Ces questions et bien d'autres sont en cours de résolution avant, si les moyens suivent, de leur trouver les applications les plus opportunes. **A**

► **Science, 2021; 373: 376**



BIO ZOOM

Cette petite bestiole de maximum 10 mm ne sort pas tout droit d'un dessin animé mais des profondeurs des mers tropicales du Pacifique Ouest (Philippines, Indonésie, Japon). *Costasiella kuroshimae* est une limace de mer, surnommée «mouton de mer». Mais ce n'est pas de la laine qu'elle a sur le dos, ce sont les branchies qui lui servent à respirer, non protégées par une coquille. Pourquoi sont-elles vertes ? Parce que le gastéropode est capable d'intégrer les chloroplastes des algues vertes dont il se nourrit. Les chloroplastes se concentrent dans ses branchies (kleptoplastie), ce qui lui permet de faire de la photosynthèse et donc d'auto-produire de l'énergie !

La nouvelle physique (belge)

En début d'été, 2 jeunes physiciens belges, l'un théoricien, l'autre expérimentateur, ont été promus au rang de chercheurs qualifiés du FNRS. De quoi leur permettre de poursuivre leur quête d'une nouvelle physique que toute la profession appelle de ses vœux

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET
PHOTOS : DANIEL DOMINGUEZ / CERN (P44)

Rappelons que cette nouvelle physique est celle qui repousserait les limites actuelles du Modèle Standard des particules (MS), une théorie établie depuis un demi-siècle et qui décrit le mieux les particules élémentaires et leurs interactions. Malgré leurs efforts et les multiples expérimentations, notamment dans les accélérateurs et collisionneurs de particules, les physiciens n'ont jamais pu prendre ce Modèle en défaut. Tant mieux, rétorquera-t-on, cela prouve sa validité. Sauf qu'il reste inopérant face à certaines questions comme l'existence de la matière noire ou la prépondérance de la matière face à l'antimatière. D'où la nécessité de le dépasser.

Gauthier Durieux et Laurent Thomas sont animés de cette même envie de chambouler la physique. Le premier est plutôt théoricien, le second expérimentateur. Mais leurs travaux se rejoignent en un point qu'ils affectionnent particulièrement tous les 2: le CERN près de Genève et son collisionneur de protons, le LHC, le plus puissant du monde, qui vient de redémarrer en ce début d'été après 3 années d'entretien et surtout de mise à niveau.

Explorer les extensions du MS

La première confrontation de Gauthier Durieux avec le MS se produit lors de son mémoire de maîtrise et sa thèse de doctorat à l'UCLouvain, où il a fait ses études et à laquelle il est rattaché. Ses professeurs lui demandent en effet d'étudier une possibilité de non-conservation du nombre baryonique. Il s'agit d'une propriété des particules appelées quarks, préservée par toutes les interactions observées jusqu'à présent. Cette conservation apparente du nombre baryonique garantit la stabilité du proton et, dès lors, de la matière qui nous constitue. Elle est en accord avec les prédictions du MS. Sa non-conservation en revanche est une des 3 conditions nécessaires pour expliquer l'écrasante prépondérance de la matière sur l'antimatière autour de nous, ce que le MS n'explique pas. «*Nous avons examiné la*

possibilité d'une non-conservation dans les interactions du quark top, la particule élémentaire la plus lourde connue à ce jour, qui est étudiée précisément au CERN», se souvient aujourd'hui Gauthier Durieux. «Mais sans succès !». Aux dernières nouvelles, le nombre baryonique semble toujours bien conservé. Le vieux MS résiste encore.

Au cours de ses mandats de postdoctorant, le jeune chercheur louvaniste pose notamment ses valises en Allemagne, au DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*), où il participe à l'élaboration des caractéristiques du futur collisionneur destiné à remplacer le LHC actuel, un travail auquel il est encore associé aujourd'hui. «Les énergies mises en jeu y seront sans doute 7 fois plus importantes que dans le LHC actuel», résume-t-il !

Le mandat de chercheur qualifié devrait permettre à Gauthier Durieux de contribuer au développement d'un cadre d'interprétation théorique destiné à mettre en évidence des traces de nouvelles physiques dans les observations expérimentales. «Cette théorie dite effective permet d'explorer les extensions du MS de manière systématique, sans prendre parti pour un modèle plutôt qu'un autre, explique Gauthier Durieux. Au contraire, la théorie effective incorpore les effets indirects principaux de toute nouvelle physique qui apparaîtrait à des énergies plus élevées que celles produites dans nos accélérateurs actuels. Elle modélise en particulier les nouvelles interactions entre particules connues qui seraient induites par des particules trop lourdes pour être observées directement. Interpréter précisément les mesures expérimentales dans ce cadre théorique pourrait nous aider à identifier la direction dans laquelle le MS doit être étendu et la nature de la nouvelle physique qui vient le compléter.»

Un trajectographe très belge

Le CERN croise aussi très tôt la route de Laurent Thomas, rattaché à l'ULB: la réalisation de son mémoire en 2010 coïncide avec le démarrage de son grand collisionneur de protons, le LHC, et le conforte dans l'idée de devenir chercheur. «C'était une période extrêmement excitante», se souvient-il. «Je me rappelle avoir intégré en dernière minute dans mon manuscrit une représentation de la toute première collision enregistrée par l'expérience CMS du LHC dans laquelle un boson Z, une particule bien connue, était produit».

La thèse qui suit a pour enjeu la recherche de nouvelles particules extrêmement massives, détectables uniquement au LHC. Une proposition que Laurent Thomas ne pouvait évidemment pas

refuser: «Le sujet était très motivant: nous avions là l'occasion de peut-être découvrir quelque chose de tout à fait nouveau.» Et de fréquenter davantage le CERN et sa communauté de chercheurs venus du monde entier ou presque. Des moments inoubliables... même si la particule traquée, le boson Z' (Z prime, une hypothétique copie très massive de la particule évoquée plus haut) n'a pas voulu se laisser repérer.

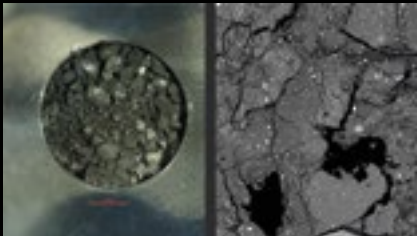
Son projet de chercheur qualifié prévoit d'utiliser un processus physique particulier impliquant la fusion de 2 bosons Z ou W, les particules «vecteurs» de l'interaction nucléaire faible afin d'étudier le fameux boson de Brout-Englert-Higgs, découvert voici 10 ans, mais qui n'a pas encore livré tous ses secrets. «Dans les collisions de protons comme celles que nous réalisons au LHC, il peut arriver que chaque proton émette un boson vecteur, qui vont fusionner pour donner naissance à un boson de Higgs», détaille le physicien. Une technique qui sera aussi appliquée pour traquer d'autres particules.

Cela ne sera cependant possible que si les chercheurs disposent de quantités de données suffisantes et de moyens de détection adéquats. D'où la dernière partie du projet de recherche de Laurent Thomas: la mise à niveau du trajectographe de CMS, qui détecte les traces des particules chargées produites lors des collisions. Une partie instrumentale de la recherche fort prisée par le Bruxellois. S'ils veulent exploiter davantage de données dans les années à venir, les physiciens devront disposer de faisceaux de particules de plus grande intensité (c'est prévu dans l'évolution du LHC) et donc mettre à niveau les détecteurs actuels. «Ce nouveau trajectographe ne consistera pas simplement en une version plus résistante de l'actuel, précise Laurent Thomas. Ses performances seront grandement améliorées et il pourra être utilisé pour aider à appliquer un premier tri très rapide des collisions, pour décider en quelques micro secondes lesquelles méritent d'être enregistrées.»

Le remplacement d'une grande partie de ce trajectographe est une affaire belge puisque 5 de nos universités (Gand, Anvers, ULB, VUB et UCLouvain) y participent. «Notre travail ne consiste pas seulement à concevoir le nouveau détecteur mais aussi à le construire, explique Laurent Thomas. Deux mille petits modules seront construits ici à Bruxelles puis assemblés à l'UCLouvain. Nous irons ensuite installer l'ensemble au CERN en 2027 et réaliserons tous les tests nécessaires. Son fonctionnement devra être irréprochable car ce nouveau trajectographe devra opérer jusqu'en 2040.» 🙌

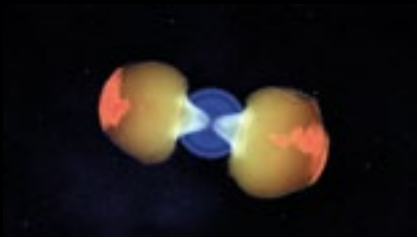
À la Une du cosmos

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



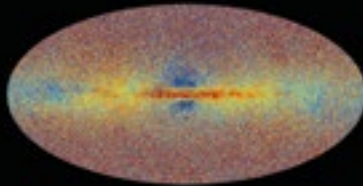
Les premières analyses des poussières de l'astéroïde Ryugu récoltées par la sonde *Hayabusa 2* montrent qu'elles proviennent du même nuage que le Soleil. On a trouvé aussi une vingtaine d'acides aminés dans les échantillons.

CRÉDITS: JAXA



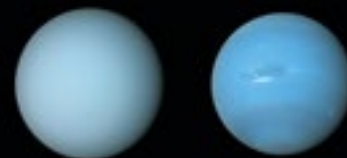
Première simulation 3D de l'évolution complète d'un jet stellaire, depuis sa naissance depuis un trou noir en rotation jusqu'à son émission loin de l'étoile qui s'effondre. Les mouvements détaillés de la matière (qui retombe, qui tourne autour du trou noir, ou qui est éjectée) expliquent le clignotement des sursauts gamma. De plus, cette modélisation suggère que ces événements sont plus rares qu'on ne le pensait.

CRÉDITS: NORTHWESTERN · VUE D'ARTISTE



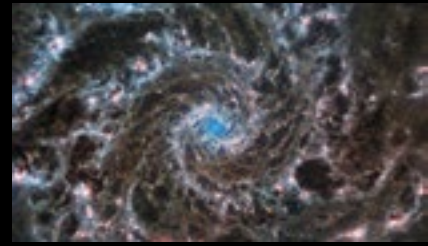
Le télescope spatial européen GAIA a livré son nouveau catalogue, avec une nouvelle moisson de résultats. Il a ainsi trouvé des tremblements stellaires pour des astres qui ne devraient pas «vibrer», produit une carte des compositions chimiques galactiques, fourni des détails sur presque un million de couples stellaires, 10 millions d'étoiles variables et divers quasars...

CRÉDITS: ESA



❶ Uranus et Neptune n'ont pas exactement la même couleur et c'est dû à leur atmosphère: un excès de brume s'accumule dans l'atmosphère calme d'Uranus et lui donne un ton plus clair. ❷ Côté Jupiter, autre découverte: les lunes galiléennes empêchent la planète d'avoir de gros anneaux.

CRÉDITS: NASA



Les premières images du *JWST* sont arrivées et tiennent toutes leurs promesses !

CRÉDITS: JWST



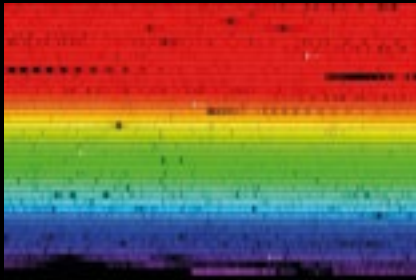
Problèmes techniques ! ❶ La sonde *InSight* accumule les poussières et ses panneaux solaires ne fonctionnent plus très bien: la mission devra s'arrêter très bientôt... ❷ La sonde *Voyager 1* a envoyé des données étranges, apparemment à cause d'un ordinateur censé être hors service mais qui s'est mystérieusement réveillé...

CRÉDITS: INSIGHT



Il y a 30 ans étaient découvertes les premières exoplanètes, mais leur situation avait surpris: ces objets orbitaient des pulsars, cadavres très denses d'étoiles massives. Grâce à un suivi de 800 pulsars, on sait désormais que ce genre de planète est extrêmement rare.

CRÉDITS: NASA · VUE D'ARTISTE



Chimie ! ❶ Les astronomes ont identifié pas moins de 65 éléments dans le spectre de HD 222925, un record pour une étoile autre que le Soleil. ❷ Deux équipes annoncent une révision des abondances chimiques du Soleil. Cela permet de résoudre le conflit entre la structure interne du Soleil déterminée à partir des oscillations solaires et celle dérivée de la théorie de l'évolution stellaire.

CRÉDITS: MPIA



Les données de la mission *OSIRIS-REx* indiquent que le rayonnement solaire fracture rapidement les roches de Bennu - seulement 10 000 à 100 000 ans alors qu'on pensait qu'il fallait des millions d'années. Du coup, l'astéroïde est couvert de rochers et cela aide à atténuer l'effet des petits impacts, expliquant le faible nombre de petits cratères. Enfin, les changements de la surface au point de collecte d'échantillon par la sonde confirment bien que la surface est faite de cailloux sans cohésion. Selon des expériences en labo, si la sonde *OSIRIS-Rex* s'était posée et n'avait pas allumé ses rétrofusées lors de la collecte d'échantillon, elle aurait «coulé» dans l'astéroïde, comme dans un roman de Barjavel.

CRÉDITS: OSIRIS-REX



Après une flambée de formation d'étoiles (un «starburst»), on pensait que tout le gaz avait été éjecté, rendant la formation de nouvelles étoiles difficile. Des données *ALMA* montrent au contraire qu'il reste pas mal de gaz près du cœur de la galaxie - un nuage compact et turbulent... mais ne formant pas d'étoiles.

CRÉDITS: ALMA

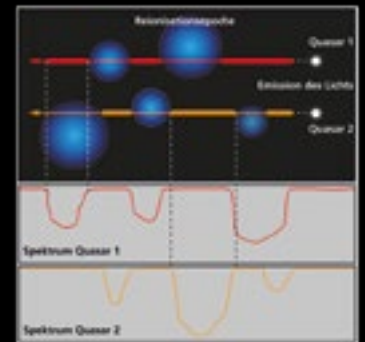
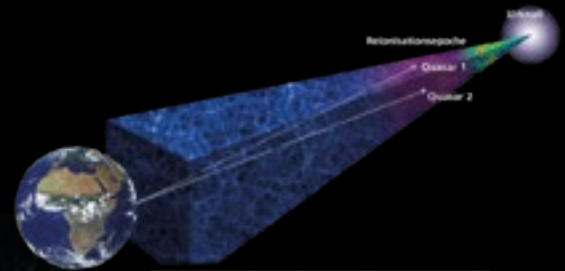


La sonde *New Horizons* avait découvert une tache rouge sur Charon, lune de Pluton. Son origine est débattue. Des expériences de laboratoire et des modélisations pointent l'action du vent solaire qui convertit l'éthane en dépôts rougeâtres, tandis que d'autres assurent que le cryovolcanisme suffirait à expliquer le dépôt...

CRÉDITS: NEW HORIZONS



BONUS en ligne



Confins de l'univers... ❶ L'analyse de 140 000 galaxies suggère que les étoiles des galaxies lointaines sont généralement plus massives que celles de notre voisinage. ❷ Pendant des millions d'années, l'univers jeune était composé de gaz neutre, puis les premières étoiles sont nées et ont commencé à ioniser le cosmos. L'analyse de la lumière de quasars lointains a permis de préciser la fin de cette époque de réionisation: 1,1 milliard d'années après le Big Bang.

CRÉDITS: MPIA



Vous n'avez pas peur de recevoir une fusée sur la tête ? Peut-être faudrait-il reconsidérer la question ! Une nouvelle étude estime un risque d'une chance sur 10 d'avoir un mort dans la décennie qui vient à cause d'un débris spatial, si on ne change pas les pratiques... Ce risque n'est cependant pas également réparti sur Terre... Enfin, ça se confirme: l'atmosphère ne se portera pas mieux avec les très nombreux lancements de fusées prévus dans les années qui viennent...

CRÉDITS: ESA



DART: la mission américaine qui va tous nous sauver ?

Pour la toute première fois dans la nuit du 26 au 27 septembre, la mission DART de la Nasa a dévié la trajectoire d'un astéroïde. Objectif ? Tester une manœuvre de défense au cas où un corps céleste aurait la mauvaise idée de croiser l'orbite terrestre. Notre planète frôle en effet régulièrement divers astéroïdes dits «géocroiseurs», dont l'impact avec la Terre pourrait avoir des conséquences catastrophiques. Personne n'a oublié le destin de ces pauvres dinosaures... Alors, comment les scientifiques se préparent-ils à «tous nous sauver» ? À quel point la collision avec un autre corps céleste est une hypothèse probable ? Éléments de réponses à des questions qui font froid dans le dos

TEXTE: FLEUR OLAGNIER • FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM

PHOTOS: © JUAN - STOCK.ADOBE.COM (P.48), ESA (P.49), NASA/JPL (P.50),
ESA - SCIENCEOFFICE.ORG (P.50)

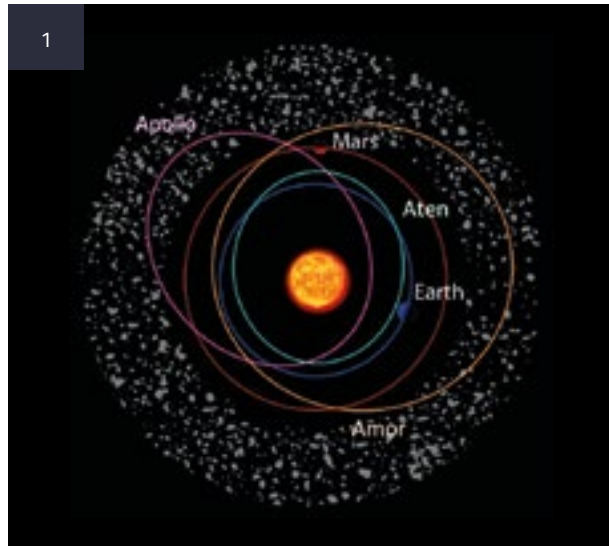
La crainte n'est pas neuve mais a pu être récemment ravivée par le film *Don't Look Up*. Quand Jennifer Lawrence et Leonardo Di Caprio tentent de convaincre le monde entier qu'un astéroïde fonce droit sur la Terre, mais que la présidente des États-Unis incarnée par Meryl Streep est davantage préoccupée par sa popularité, la comédie satirique de Netflix nous plonge dans un scénario pas si éloigné que ça de la réalité...

En effet, chaque année, la planète bleue croise la route d'astéroïdes ou de comètes dits «géocroiseurs», c'est-à-dire dont la trajectoire s'approche ou entre en intersection avec l'orbite terrestre. La majorité sont des petits corps provenant de la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, dont l'orbite a été modifiée par l'influence gravitationnelle de l'une de ces 2 planètes ou à la suite d'une collision (voir photo 1). «On peut dire que 99,9% des astéroïdes qui se rapprochent de l'environnement terrestre font moins de 10 m de diamètre et ne sont donc pas très dangereux puisqu'ils ont le temps de se désintégrer dans l'atmosphère», rassure Ozgur Karatekin, ingénieur et chercheur à l'Observatoire Royal de Belgique. Ce type de corps atteint notre planète environ tous les 10 ans, et tous les 20 à 30 ans ce sont des objets d'environ 20 m qui nous parviennent.

Une détection difficile

Le plus connu est l'astéroïde Toungouska, qui a provoqué en 1908, sans toucher le sol, une gigantesque explosion en Sibérie centrale. L'onde de choc a été ressentie jusqu'au Royaume-Uni et les traces de l'événement sont encore visibles aujourd'hui. Plus récemment, en 2013, une météorite a explosé au-dessus de Tchéliabinsk, à 1 500 km de Moscou, blessant plus d'un millier de personnes (voir photo 2). «Cet événement peut être comparé à l'explosion d'une bombe au-dessus d'une ville avec des conséquences, mais pas de grande catastrophe», poursuit Ozgur Karatekin. Ce qui est plus dangereux, ce sont les corps à partir de 30 ou 40 m de diamètre, qui eux peuvent exploser proche du sol ou s'écraser avec la puissance de plusieurs centaines d'Hiroshima et par exemple détruire une ville. Leur probabilité d'apparition est d'environ un par siècle».

Enfin, pour le chercheur à l'Observatoire Royal de Belgique, les plus inquiétants de tous sont les astéroïdes entre 40 et 300 m de diamètre dont l'impact sur Terre aurait l'effet de l'une de nos plus puissantes bombes atomiques actuelles: «On connaît presque 98% des corps célestes de plus d'1 km de diamètre. En revanche, ceux entre 40 et 300 m sont très difficiles à détecter, on ne connaît que 20% des géocroiseurs de cette taille ! C'est cela qui fait peur: ils sont là, mais on ne les voit pas». Et le chercheur de donner l'exemple d'un astéroïde, pourtant de la taille conséquente de 30 m de diamètre, découvert après son passage en 2016 plus proche que nos satellites géostationnaires: «Heureusement, sa trajectoire n'a pas croisé la nôtre...», souffle Ozgur Karatekin. Pour rappel, l'astéroïde qui a causé la perte des dinosaures il y a 66 millions d'années mesurait approximativement 10 km de diamètre selon les estimations des scientifiques.



1. Apollo, Aton et Amor sont les 3 classes d'astéroïdes qui passent près de la Terre ou traversent son orbite. Les astéroïdes Apollo comme 2014 SC324 croisent régulièrement l'orbite terrestre, ceux d'Aten la croisent également mais ont des caractéristiques orbitales différentes et ceux d'Amor croisent l'orbite de Mars mais manquent celle de la Terre.

Droit au but

En 2022, le plus grand corps céleste à frôler la Terre nous a rendu visite le 27 mai dernier: d'un diamètre de 1,8 km, (7335) 1989 JA est passé à un peu plus de 4 millions de km de nous (environ 10 fois la distance Terre-Lune). Aucun risque donc cette fois-ci. Cependant, face à la menace latente, l'agence spatiale américaine (Nasa) a lancé la mission *Double Asteroid Redirection Test (DART)* le 24 novembre 2021. Dans la nuit du 26 au 27 septembre, la sonde spatiale de 550 kg devrait entrer volontairement en collision avec le petit astéroïde Dimorphos de 160 m de diamètre, qui orbite autour de l'astéroïde (65803) Didymos (astéroïde double), dans le but de modifier sa trajectoire. L'objectif est de savoir si nous serions

2

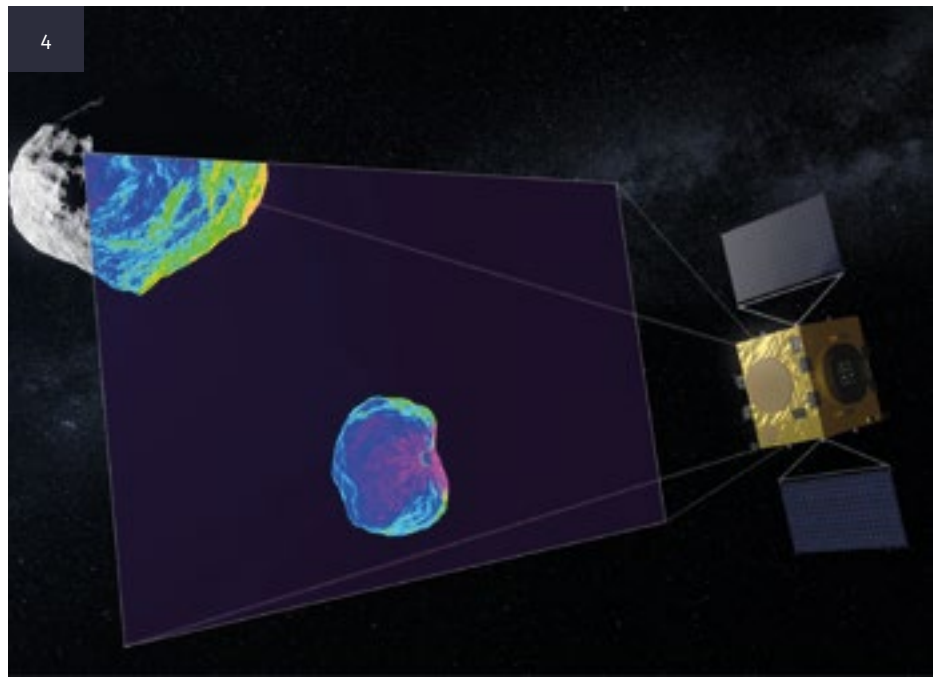


2. Traînée de nuage de vapeur laissée par l'astéroïde Tchéliabinsk le 15 février 2013. Ceci montre la trajectoire par laquelle un objet proche de la Terre (NEO: Near Earth Object) d'environ 20 m de diamètre et de 13 000 tonnes (et jusqu'alors inconnu) est entré dans l'atmosphère terrestre au-dessus de la ville de Tchéliabinsk en Russie.



3. La plupart des astéroïdes sont noirs. Les petits sont difficiles à voir dans l'obscurité de l'espace avec un télescope optique, mais un télescope fonctionnant avec des longueurs d'onde infrarouges est sensible aux astéroïdes dont les surfaces ont été réchauffées par le Soleil. La mission *NEO Surveyor* dirigée par la NASA et actuellement en phase B, utilisera un télescope infrarouge fonctionnant dans 2 bandes infrarouges de 4-5 microns et 6-10 microns.

4. La mission *Hera* utilisera l'infrarouge pour scanner le cratère d'impact de Dimorphos, le petit astéroïde orbitant autour de l'astéroïde Didymos.



capables de dévier un corps céleste volumineux se dirigeant droit sur la Terre.

L'expérience complètement inédite fait partie du programme de défense planétaire de la Nasa mis sur pied à la fin des années 1990. En 2026, les États-Unis lanceront l'observatoire spatial *NEO Surveyor*, dédié à la détection des géocroiseurs de plus de 140 m de diamètre (voir photo 3). L'agence spatiale européenne (Esa) quant à elle, développe le réseau de télescopes terrestres *FlyEye* dans le même but. «Aujourd'hui, la Nasa et l'Esa observent avec des télescopes dans le domaine visible, ce qui empêche de détecter tous les corps qui se trouvent du côté du Soleil, pointe Ozgur Karatekin, également responsable d'un groupe de travail de la mission européenne *Hera*, qui avec la mission *DART* forment la coordination internationale AIDA (Asteroid Impact and Deflection Assessment). Le télescope spatial *NEO Surveyor* et le réseau terrestre *FlyEye* sont donc fondamentaux, car ils vont permettre de combler ce vide en observant dans l'infrarouge». La construction du premier télescope *FlyEye-1* sur 4 au total, a actuellement lieu en Sicile pour une mise en service en 2023, avec environ 4 ans de retard.

Un gravimètre belge

La Nasa et l'Esa sont les 2 seules agences spatiales à avoir une politique active dans la détection des géocroiseurs, avec chacune un centre dédié au calcul des trajectoires et une structure pilotant la défense planétaire, le tout basé sur les observations des télescopes terrestres *Catalina Sky Survey* (Arizona), *Pan-STARSS* (Hawaï) et bientôt, le *Vera C. Rubin Observatory* (Chili).

De son côté, l'Esa met aussi au point la mission *Hera* composée d'une sonde, de caméras et de 2 cubesats qui décolleront en 2024 à destination de Dimorphos et de Didymos. L'idée ? Mesurer à son arrivée fin 2026 l'efficacité de la déviation produite par *DART*, en analysant la taille et la morphologie du cratère résultant, ainsi que la quantité de mouvement transmise (voir photo 4). «À l'observatoire Royal de Belgique, nous développons un instrument appelé gravimètre qui doit servir à mesurer le champ de pesanteur de l'astéroïde impacté, expose Ozgur Karatekin. *DART* possède une caméra, mais aucune analyse détaillée du système n'est prévue. C'est donc le rôle de la mission *Hera*, d'étudier avec précision les conséquences de l'impact sur Dimorphos, au-delà du simple changement dans la période de rotation».

Une dizaine de personnes de l'Observatoire de Belgique travaillent actuellement au développement d'un gravimètre, à la préparation des observations *Hera* et à l'élaboration de simulations numériques du cratère qui va être créé par l'impact. Le Centre des opérations du duo de cubesats *Hera* sera situé dans le village de Redu, dans les Ardennes belges. L'Université de Liège et les entreprises *Spacebel*, *Qinetiq*, *Vito* ou encore *Thales Alenia Space Belgium* sont également impliquées dans la mission. Pour conclure, les agences spatiales américaine et européenne semblent avoir pris les choses en main quant à la menace des géocroiseurs. Rassurant. Reste simplement à espérer que la mission *Hera* puisse être menée à bien avant qu'un corps céleste ne vienne réellement affoler nos radars... A

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2022

PRENONS DU RECU... AVEC LA FAMILLE BARJE

Ma grand-mère est née en 1939.
Cette année-là, on comptait
environ 2,3 milliards d'êtres humains,
et Einstein alertait le président
Roosevelt sur le risque nucléaire.

Ma mère est née en 1969.
Cette année-là, on était 3,6 milliards
sur Terre, et l'Homme posait
le pied sur la Lune.



Je suis née en 1999. Cette année-là,
nous étions 6 milliards d'individus,
et on décryptait le code génétique
d'un chromosome humain.

Aujourd'hui, nous franchissons
le seuil de 8 milliards d'êtres
humains, et le quotient intellectuel
mondial serait en baisse
selon ma fille.



ATHENA 358 Septembre-Octobre 2022

Tiré à 22 000 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

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
Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast,
Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis,
Julie Fiard, Philippe Lambert, Yaël Nazé,
Fleur Oagnier, Jean-Claude Quintart,
Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

DESSINATEURS
Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT
Jean-François HEUSE
Inspecteur général

ÉDITRICE RESPONSABLE
Isabelle QUOILIN
Directrice générale

COUVERTURE
Première
Crédit: NASA/Johns Hopkins, APL/Steve Gribben

Quatrième
Crédit: ALMA

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





Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

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