

Société p.16

**L'enseignement
en immersion: *zeer goed* ?**

Santé p.34

**Des logiciels miracles
contre les troubles
des apprentissages ?**



ÉDITO

Les enfants d'abord !

TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF - PHOTOS: ID PHOTO/VIGNETTE



Il n'y a pas que les enfants qui ont fait leur rentrée des classes. Toute l'équipe d'*Athena* aussi. Et moi en particulier quelques mois après le début de cette magnifique aventure qu'est la maternité. J'en ai beaucoup entendu parler, on m'en avait fait l'éloge, parfois mise en garde. Finalement, c'est assez indescriptible et en tous cas bouleversant. Les perspectives, la façon de voir la vie changent. Notre progéniture devient une priorité et le point de départ de toutes nos actions. Peut-être est-ce pour cela que vous trouverez, dans ce numéro, un certain nombre de sujets qui concernent les enfants. Comme un mariage, les enfants, c'est souvent pour le meilleur mais parfois aussi pour le pire. Je veux parler de drames comme une maladie grave. Heureusement, les recherches avancent à grands pas. Exemple flagrant à l'UCL, qui vient de faire une découverte importante et offre un bel espoir pour les petits atteints d'un cancer.

C'est ici une version cauchemardesque mais partons du principe que vos enfants sont en bonne santé et ont pour seule préoccupation de bien travailler à l'école. Si l'enseignement dit «traditionnel» est toujours privilégié, l'immersion revient dans les questionnements des parents et des chercheurs. Pour les premiers, les questions seront davantage de l'ordre de «Est-ce accessible à tous ou faut-il certains pré-requis ?», «Mon enfant sera-t-il bilingue au terme de ses études ?», «L'immersion a-t-elle des conséquences sur l'apprentissage de la langue maternelle ?», «Est-ce que cela coûte plus cher ?», «Le niveau enseigné dans les différentes matières est-il identique ?». Tandis que pour le corps scientifique, il s'agit plutôt de mesurer l'impact sur les aspects cognitifs, linguistiques et socio-affectifs chez l'enfant en immersion et dans l'enseignement traditionnel. Les réponses en page 16. Vous trouverez aussi dans ce numéro, un article sur les avantages (ou non ?) des logiciels destinés à lutter contre les troubles d'apprentissage, un sujet plus que jamais d'actualité à l'ère du tout numérique. Et d'autres tout aussi intéressants... Bonne lecture au coin du feu !

PS: Je tiens à remercier chaleureusement mes collègues qui ont pris le relais, en plus de leurs tâches respectives, durant mon congé de maternité. En particulier, notre graphiste attitrée, Nathalie. Je mesure la chance de pouvoir compter sur une équipe formidable. 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

343
Sept.-Oct. 2019



p.10

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

- 10** Qui est-ce ?
Hedy LAMARR

- 12** Technologie
L'hydroptère: le bateau volant

- 16** Société
L'enseignement en immersion: zeer goed ?

- 20** L'ADN de ...
Maryse DELSTANCHE • Hippothérapeute

- 22** Dossier
Cartes cognitives et GPS cérébral

- 28** Chimie
Deux pionnières américaines de l'écologie moderne

- 30** Internet
Votre téléphone au service de la planète !

- 34** Santé
Des logiciels miracles contre les troubles des apprentissages ?

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

- 42** Physique
Les premiers aimants... liquides!

- 44** Astronomie
Petite balade tête dans les étoiles

- 46** Espace
Pour savoir tout ce qui passe en l'air et sur Terre !

- 50** Barje
On est tous Barje, même Athena !

- 51** Agenda
À voir, à tester, à cliquer, à lire...



p.12



p.28



p.42



p.44

ACTUS



TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART • JC.QUINTART@SKYNET.BE
PHOTOS : DESIGNED BY RAWPIXEL.COM/FREEPIK (P.4),
DESIGNED BY FREEPIK (P.6), © 2019 JOHN COCKERILL
GROUP (P.6), DESIGNED BY SNOWING / FREEPIK (P.7),
© IBS (P.9)

Cancers pédiatriques, l'UCLouvain fait la Une

Traiter plus efficacement les cancers pédiatriques est désormais l'ambition de l'UCLouvain. Et ceci, après avoir constaté une plus lente évolution des moyens thérapeutiques suite au manque d'intérêt pour des cancers dont, en Belgique, seulement 350 nouveaux cas sont découverts annuellement contre plus de 70 000 chez les adultes. Inacceptable pour l'UCLouvain alors que la chimiothérapie pour les cancers pédiatriques est aussi toxique qu'il y a 20 ans et que chez l'enfant, ses conséquences sont très lourdes: stérilité, surdité, vieillissement prématuré... «Avec la chimiothérapie, le jeune patient entame son capital de cellules-souches, celles qui permettent la prolifération et le renouvellement de ses tissus. Leur capacité à se régénérer diminue tandis que l'enfant qui guérit a encore de nombreuses années devant lui», explique l'UCLouvain.

De quoi motiver Anabelle Decottignies, professeur à l'Institut de Duve de l'UCLouvain qui, avec son équipe, planche depuis 15 ans sur les télomères, ces petits bouts de chromosomes dont on conn it l'importance du rôle dans le vieillissement. Dans une cellule saine, leur usure entraine le vieillissement de nos cellules et organes. Tandis que dans une cellule cancéreuse, les télomères cessent de raccourcir avec comme conséquence, des cellules cancéreuses qui ne vieillissent pas et arrivent à se diviser indéfiniment, formant tumeurs et métastases. En matière de cancer, il faut pouvoir atteindre la tumeur sans toucher le reste de l'organisme, aussi, l'idée d'Anabelle Decottignies était de cibler les télomères des cellules cancéreuses pour les forcer au vieillissement et empêcher leur division. Pour en arriver là, il fallait comprendre le processus de jeunesse éternelle des cellules cancéreuses. Concrètement, au premier stade du développement embryonnaire, sous l'effet d'une enzyme - la t lom rase -, nos cellules restent éternellement jeunes. Dans 90% des cancers, c'est le réveil de celle-ci qui permet aux tumeurs et métastases de se former. Dans les autres cas (5 à 10% des cancers) et en particulier chez l'enfant, les cellules cancéreuses développent un système alternatif, dit *Alternative Lengthening of Telomeres* (ALT). «L'intérêt, d'un point de vue thérapeutique, c'est qu'il est complètement pathologique car il n'est actif dans aucune des cellules saines, ce qui le désigne comme cible idéale pour de nouvelles thérapies anti-tumorales», explique Anabelle Decottignies.

Dans ce contexte, l'UCLouvain a récemment identifié une protéine (TSPYL5) qui permet la survie des cellules cancéreuses exploitant le système ALT, alors qu'elle ne joue aucun rôle dans la survie des cellules saines. «Cette protéine est absolument indispensable au bon fonctionnement des télomères des cellules cancéreuses qui présentent le mécanisme ALT, mais non des télomères des cellules utilisant la t lom rase, ni des cellules saines. Lorsque la protéine TSPYL5 est éliminée, les cellules cancéreuses meurent suite au dysfonctionnement de leurs télomères. C'est la première fois qu'on trouve une cible spécifique pour contrer les cellules cancéreuses chez l'enfant», précise Anabelle Decottignies.

Une excellente nouvelle mais non la fin du travail. En effet, il faut maintenant tester ces molécules en culture et vérifier *in vitro* qu'elles tuent spécifiquement les cellules cancéreuses ALT et laissent de côté les cellules saines. C'est seulement à l'issue d'essais précliniques sur la souris que débuteront les essais cliniques en oncologie pédiatrique. Avant que ces travaux n'aboutissent à l'amélioration des traitements des cancers chez l'enfant, il faudra être patient, avertit l'UCLouvain, car le premier grand défi sera de trouver les molécules qui n'éliminent que les cellules cancéreuses et épargnent les autres; le second, quant à lui, sera d'avoir des molécules efficaces n'engendrant pas de résistance de la part des cellules cancéreuses. **A**

 <https://www.deduveinstitute.be>

L'AVC pris en charge

Félicitations à l'Hôpital Erasme, qui est le premier du pays à être certifié *Stroke Center* par l'*European Stroke Organisation (ESO)*. Avec ce type d'unité, le patient victime d'un accident vasculaire cérébral est assuré d'une prise en charge rapide dans les meilleures conditions, depuis son admission jusqu'au suivi post-hospitalisation. Une excellente nouvelle lorsqu'on sait ce qu'est un AVC. «*Causé par l'occlusion ou la rupture d'une artère au niveau du cerveau, cet accident empêche le sang de circuler et provoque la mort des cellules cérébrales. C'est pourquoi il doit être traité le plus rapidement possible pour éviter un maximum de séquelles. Plus vite on débouche l'artère, plus on sauve de tissu cérébral et meilleur sera le pronostic: chaque minute compte dans le traitement d'un AVC*», rappelle Noémie Ligot, directrice de la Clinique de Neurologie Vasculaire à l'Hôpital Erasme.

L'expertise d'Erasme s'appuie ici sur 3 neurologues vasculaires et 5 neuroradiologues interventionnels qui permettent à l'hôpital d'offrir tous les traitements possibles en matière d'AVC et de prendre en charge les patients référés des centres S1. L'ESO distingue en effet 2 types de certification: *Stroke Unit* (soit S1 en Belgique) et *Stroke Center* (S2), offrant tous les traitements disponibles, de la dissolution du caillot (thrombolyse) à la thrombectomie (extraction du caillot avec un cathéter) et aux gestes neurochirurgicaux. Ajoutons que le patient est suivi par une équipe multidisciplinaire spécialisée en gestion des AVC et formée de médecins, neurologues, radiologues, chirurgiens spécialisés ainsi que de kinésithérapeutes, infirmiers, logopèdes, ergothérapeutes, diététiciens, neuropsychologues et psychologues.

Erasme est actuellement le seul centre belge S2 à avoir décroché le certificat européen. «*Cette certification a été l'occasion de présenter nos procédures, d'en vérifier l'adéquation, de confronter les indicateurs d'activité et de qualité aux normes européennes en vigueur ainsi que la possibilité d'amélioration continue et d'auto-évaluation constante*», précise Noémie Ligot. 



 <https://www.erasme.ulb.ac.be> et <https://eso-stroke.org>

Nouvel arrivant chinois à Liège

Le choix ne fut pas facile. L'entreprise hésitait entre la France, l'Allemagne, la Suisse et les Pays-Bas. Finalement, c'est à Liège que le chinois *Shengsheng Supply Chain Management*, spécialiste de la logistique des études cliniques, établira son premier siège européen. Créé en 2008 dans le but d'acheminer, dans les meilleures conditions, les prélèvements des contrôles anti-dopage des athlètes lors des Jeux Olympiques de Pékin, *Shengsheng*, avec aujourd'hui 70% du marché chinois, est devenu l'interlocuteur incontournable pour les sociétés envisageant de réaliser des essais cliniques en Chine et vice-versa.

Après *Cainiao* et *Alibaba*, l'arrivée de *Shengsheng Supply Chain Management* confirme le bienfondé des outils de la plateforme logistique liégeoise ainsi que ses bonnes relations avec les acteurs économiques chinois. Elle confirme également la place et le rôle de la Wallonie parmi les acteurs internationaux du secteur des biotechnologies. 

 <http://ashsh.cn>



Dilemme: plastique ou pas plastique ?

Faire et bien faire n'est pas toujours facile. Ainsi en est-il de l'interdiction des plastiques qui risque de miner l'économie circulaire. Tout part de la directive SUP (*Single Use Plastics*) de l'Union européenne, qui entend limiter l'impact de certaines matières plastiques et éviter que celles-ci ne finissent dans les océans. Si l'objectif est soutenu par les industriels, sa portée n'en est pas moins symbolique, sachant que l'Europe n'est responsable que de 2% des déchets plastiques en mer. De plus, soulignent les acteurs, il existe un risque que les plastiques recyclables à 100% se voient interdits, tout comme ceux fabriqués au départ de plastiques recyclés, ce qui irait franchement à l'encontre des principes de l'économie circulaire basée sur la réutilisation et le recyclage des matériaux.



«La directive européenne part d'une bonne intention mais son processus législatif extrêmement rapide risque de la rendre difficile à interpréter. Et en raison d'un manque de définitions claires sur les matériaux visés, elle pourrait conduire à une interdiction arbitraire des plastiques. Enfin, les États membres ou les régions risquent d'introduire des mesures différentes, rendant ainsi difficile la mise en place d'une économie circulaire en Europe», explique Saskia Walraedt, directrice d'essenscia PolyMatters.

Les États membres ayant maintenant 2 ans pour transposer la directive, *essenscia PolyMatters* aimerait que la Belgique aborde ce point de façon harmonisée afin d'éviter la création de barrières commerciales internes entre régions et demande qu'aucun matériel d'emballage utile et à haute valeur ajoutée ne soit interdit chez nous. Pour étayer ce souhait, la fédération rappelle que les emballages en plastique offrent maints avantages en garantissant notamment une meilleure conservation des aliments, pouvant aller jusqu'à 4 semaines pour la viande, ainsi qu'un stockage optimal des boissons pendant 2 ans. Pour *essenscia PolyMatters*, une diminution de l'utilisation d'emballages plastiques entraînerait plus de gaspillage et moins de sécurité alimentaire. Et de conclure en signalant que les plastiques aident aussi à réduire les émissions de CO₂ dans toutes sortes d'applications et économisent également carburant, énergie et eau. ^A

 <https://www.essenscia.be>

Et maintenant l'hydrogène

Poursuivant son plan de diversification annoncé en octobre dernier, *John Cockerill* (ex-CMI), après un engagement dans le stockage d'énergie, se déploie maintenant dans l'hydrogène par la création, en partenariat avec le chinois *Suzhou Jingli Hydrogen Production Equipment Co. Ltd*, de la société *Cockerill Jingli Hydrogen*. Une belle initiative lorsqu'on sait qu'à peine sortie des fonts baptismaux, *Cockerill Jingli Hydrogen* a été retenue pour participer au développement du plus gros électrolyseur au monde, capable d'alimenter en hydrogène la flotte des 85 bus qui circuleront dans le village olympique des jeux d'hiver de Pékin en 2022. Dans la foulée de ce succès, *John Cockerill* se positionne sur le projet mobilité à l'hydrogène vert de l'aéroport de Liège.

Pour Jean-Luc Maurange, CEO de *John Cockerill*, «Ces succès dans l'hydrogène sont en ligne avec les orientations stratégiques fixées par l'entreprise et ils illustrent parfaitement la capacité de John

Cockerill à innover et à se diversifier dans de nouveaux marchés porteurs». Qui ajoute que «Toutes ces acquisitions, développements technologiques et commerciaux nécessitent de forts investissements qui ne sont possibles que grâce aux moyens dégagés par nos activités traditionnelles». Présente dans 23 pays, *John Cockerill*, dont les origines remontent à 1817, est active dans les secteurs de l'énergie, de la défense, de l'industrie, de l'environnement et des services. ^A



 <https://john-cockerill.com>

La compta se modernise

Le wallon *Horus*, créé en 2016 à Liège, va résolument de l'avant. Après de premiers succès sur ses terres et à Bruxelles, c'est maintenant en Flandre qu'il lance son premier logiciel comptable doté de l'intelligence artificielle. Ses développements logiciels transcendent ceux des années 90 pour repenser entièrement la comptabilité informatisée.

«Grâce à l'intelligence artificielle, *Horus Office* est le premier logiciel comptable sur le marché belge à permettre aux fiduciaires et aux gestionnaires d'entreprise d'accéder instantanément à l'analyse détaillée de leur situation comptable», explique Philippe Tailleux, CEO d'*Horus*. Et de préciser: «Aujourd'hui, tous les logiciels comptables existants se basent sur les technologies des années 90. Mais, il est impossible de répondre aux demandes des fiduciaires et de leurs clients avec des outils conçus sur ces anciennes technologies. Pour être en adéquation avec l'évolution des professionnels du chiffre, il fallait transcender tout ce qui avait été proposé depuis cette époque. Il fallait repartir de zéro».

Dans la routine, *Horus Office* permet aux comptables de gagner du temps, de profiter de conseils et de facilités de rapport. Les documents digitalisés sont importés dans la base d'informations collaborative. Via l'intelligence artificielle, le système *Horus* pré-encode automatiquement et instantanément les documents digitalisés et prévient, grâce à un code couleur, des écritures à vérifier, corriger ou compléter. Notons encore que l'encodage est continu et simplifié, que les



opérations diverses imposées par les règles comptables sont générées automatiquement et que le volet trésorerie est traité immédiatement et automatiquement par l'intelligence artificielle. L'offre est complétée par une application mobile et une messagerie. Bref, un produit qui colle aux réalités de la comptabilité actuelle et qui devrait permettre à l'entreprise liégeoise de rencontrer son objectif, à savoir: vendre en Belgique quelque 170 000 licences dans les 5 années à venir. **A**

 <https://horussoftware.be>



Scannez le QR Code ci-dessus pour visionner une courte vidéo sur l'interface *Horus Office*.



COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT_DUBOIS@ME.COM

Page 6, on vous parlait justement des plastiques et des politiques visant à les supprimer. La pollution des océans étant critique dans certaines parties du monde. Un chercheur en herbe de 18 ans, Fionn Ferreira, vient de remporter une bourse de 45 000 euros lors de la *Google Science Fair*, pour l'invention d'un aimant capable de capturer les microplastiques présents dans l'eau. Pour ce faire, il utilise des ferrofluides, une sorte de liquide magnétique, grâce auxquels 85% des microplastiques ont pu être retirés de l'eau. Sa bourse lui permettra de mener ses recherches à plus grande échelle. Intéressant lorsqu'on sait que l'homme ingère 5g de microplastique par semaine à son insu !

Avancées dans l'origine des maladies rares

Grâce aux travaux de l'équipe du Professeur Tom Lenaerts de l'ULB-VUB *Interuniversity Institute of Bioinformatics in Brussels (IB²)*, le corps médical peut espérer être moins désarmé face aux maladies rares. En effet, ce team annonce avoir développé un algorithme d'intelligence artificielle permettant d'identifier, au départ d'une analyse informatique, les causes génétiques potentielles de maladies rares. «80% des maladies rares sont génétiques, mais prédire que tel variant dans le génome d'un patient est la cause d'une maladie reste une tâche complexe pour les médecins, surtout lorsqu'il s'agit d'une combinaison de variants dans des gènes différents», explique Tom Lenaerts. D'où l'intérêt de son algorithme *VarCoPP (Variant Combination Pathogenicity Predictor)* grâce auquel il est possible de tester, en une fois, les combinaisons de nombreux variants dans les paires de gènes et de prédire leur pathogénicité potentielle, ouvrant ainsi une nouvelle voie dans le diagnostic des maladies génétiques. Pour aider les cliniciens dans leurs diagnostics, cet algorithme est également disponible en ligne sous le nom ORVAL.

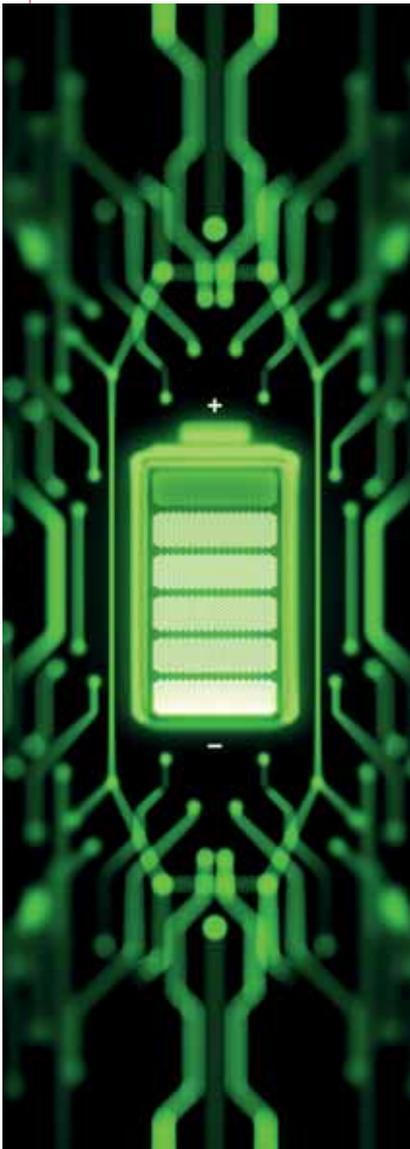
Toujours dans le registre de la santé, Jonathan Goole, chercheur au Laboratoire de Pharmacie galénique et Biopharmacie et chargé de cours à la Faculté de Pharmacie de l'Université libre de Bruxelles (ULB), a conçu et breveté un procédé de fabrication de médicaments par impression 3D. Son idée est de produire, grâce à cette technique, des médicaments avec un dosage spécifique et d'ouvrir ainsi l'accès au traitement personnalisé des patients tout en diminuant les risques inhérents à l'adaptation des doses des médicaments actuels. Cette approche permettra aussi de changer les propriétés du médicament, par exemple en choisissant l'excipient qui enrobera le composé actif, et favoriser ainsi une absorption rapide ou plus lente. ^A



<https://ibsquare.be>



[https:// pharmacie.ulb.be](https://pharmacie.ulb.be)



Vers les batteries du futur

Produire de l'électricité verte, c'est bien, mais la stocker, c'est mieux. Par nature, énergie éolienne et photovoltaïque sont des sources intermittentes avec des pics de production qui ne sont pas nécessairement en adéquation avec les besoins du moment. En matière de stockage et malgré des risques d'inflammation dus à la présence de l'électrolyte, la technologie ion-lithium est jusqu'à présent la plus performante. Si l'idée de remplacer l'électrolyte liquide et inflammable par un solide saute aux yeux, sa mise en application, en revanche, est loin d'être évidente, notamment parce que les ions-lithium dans les solides sont moins mobiles que dans les liquides, ce qui handicape l'efficacité de la batterie en terme de vitesse de charge et décharge.

Alors que l'industrie planche depuis des années pour trouver la solution de stockage énergétique idéale, une équipe de scientifiques de l'UCLouvain a découvert un nouveau matériau ultra performant et sûr, le LTPS, capable d'augmenter la vitesse de charge et décharge d'une batterie, à une rapidité encore jamais observée jusqu'à présent. Plus exactement, il a été observé, dans ce matériau, le plus grand coefficient de diffusion du lithium (mesure directe de mobilité) jamais constaté dans un solide et très largement supérieur aux autres matériaux connus. «*Cette mobilité du lithium résulte de la structure cristalline unique du matériau et la compréhension de ce mécanisme débouche sur de nouvelles perspectives dans le domaine de solides conducteurs de lithium et, au-delà du LTPS, ouvre la voie à la recherche d'autres matériaux ayant des mécanismes de diffusion similaires*», précise l'UCLouvain.

Ce bond en avant dans la compréhension des matériaux à haute mobilité de lithium permet d'envisager les batteries de demain, offrant une alternative plus sûre que celles d'aujourd'hui. Du smartphone aux voitures électriques, le LTPS pourrait se retrouver ainsi dans de nombreux outils technologiques de notre quotidien. Menés par l'UCLouvain, en collaboration avec l'Université de Marburg, l'Université technique de Munich et l'Université de Graz, ces travaux étaient aussi financés par Toyota. ^A



<https://uclouvain.be>

<https://www.uni-marburg.de>

<https://www.tum.de>

<https://www.uni-graz.at> et <https://global.toyota>

IBA en Corée du Sud

Les bonnes nouvelles se suivent chez IBA, qui annonce avoir vendu un Cyclone® 70 à l'Institute for Basic Science (IBS) de Daejeon (Corée du Sud), pour un montant estimé entre 13 et 16 millions de dollars. Fondé en 2011, l'IBS promeut la recherche de pointe en vue d'augmenter la capacité sud-coréenne en sciences fondamentales et générer de nouvelles opportunités pour le pays. Sur le terrain, l'IBS s'implique dans les projets à long terme, mobilisant de nombreux groupes de chercheurs. En juin de cette année, il a d'ailleurs lancé 30 centres de recherche. «Nous avons retenu IBA pour sa technologie à la pointe de l'Art et son savoir-faire unique dans le développement de cyclotron 70 MeV à haute énergie. Le Cyclone® 70 sera un des éléments clés de notre installation RAON», note Young Kwan Kwon, directeur adjoint du projet scientifique sur les isotopes rares chez IBS. RAON, pour Rare isotope Accelerator complex for ON-line experiment, est un centre de recherche scientifique fondamentale bâti autour d'un accélérateur d'ions lourds et qui, une fois terminé, sera une clé de voûte de l'International Science and Business Belt coréen (ISBB). Cette unité produira et étudiera de nouveaux isotopes rares. Pour rappel, les isotopes sont des atomes qui possèdent le même nombre d'électrons - et donc de protons, pour



rester neutre -, mais un nombre différent de neutrons. Il existe des isotopes naturels et d'autres créés artificiellement. Les isotopes d'un même élément ont des propriétés chimiques identiques mais des propriétés physiques différentes (stables ou radioactifs notamment). Un domaine passionnant comme le rappelle l'IBS en soulignant que si, à ce jour, nous avons découvert approximativement 3 000 isotopes, il en resterait encore quelque 7 000 à découvrir, soit un potentiel illimité pour la science des isotopes rares. Grâce à RAON, de nouveaux débouchés de recherches s'ouvriront dans des domaines comme l'étude de l'origine des éléments, la découverte d'isotopes rares, l'étude de leur structure ainsi que la recherche appliquée dans les matériaux et les sciences biomédicales.

On comprend donc la satisfaction du wallon IBA à propos de cette commande particulière. En effet, les protons accélérés par le Cyclone® 70 seront utilisés pour produire des ions lourds qui seront eux-mêmes accélérés afin d'étudier de nouveaux isotopes rares. A

 <https://iba-worldwide.com>
<https://www.ibs.re.kr>

LE CHIFFRE

14,3 millions

Tel est le montant en dollars de la subvention que la Fondation Bill & Melinda Gates a octroyé à l'entreprise wallonne Univercells et à son partenaire Batavia Biosciences pour livrer des vaccins abordables contre la rougeole et la rubéole dans les pays en voie de développement via leur plateforme de production NevoLine™. Pour rappel, le bienfondaire des travaux d'Univercells avait déjà incité la Fondation à lui octroyer, en 2016, une subvention de 12 millions de dollars.

Très honoré par cette nouvelle subvention, Hughes Bultot, CEO d'Univercells, souhaite que son entreprise puisse fournir un portefeuille de vaccins viraux contre la poliomyélite, la rougeole, la rubéole et autres contribuant à sauver des vies. Pour José Castillo, CTO, «Si ce second projet avec la Fondation confirme la confiance mise en la technologie révolutionnaire d'Univercells, il permet aussi de démontrer le potentiel de la plateforme NevoLine™ pour changer la donne en matière de santé mondiale».

Alors que les technologies actuelles de production des vaccins requièrent des coûts élevés, l'ambition d'Univercells est d'apporter une alternative au marché en concevant des unités de production simplifiées basées sur des technologies de fabrication intensifiées et automatisées. A

 <http://www.univercells.com>; <https://bataviabiosciences.com> et <https://www.gatesfoundation.org>





Qui est-ce ? Hedy LAMARR

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : © THE HOLLYWOOD ARCHIVE (P.10)

Tout en jouant le rôle de parfaite maîtresse de maison, je ne perds pas une miette des conversations et je récolte de précieuses informations sur l'ingénierie militaire allemande. Je prends connaissance des technologies de différentes armes, dont celles de systèmes de contrôle et de guidage de torpilles. Ces secrets militaires et industriels vont m'aider à préparer mon évasion. Comme je le raconte dans mon autobiographie *Ecstasy and Me*, «*l'Europe, au centre du monde, était un chaudron d'intrigues. La guerre était dans l'air. Mandl était dans son élément. Et moi, dans mon petit monde. Je voulais m'enfuir.*» Je trouve le moyen de m'échapper en me déguisant en gouvernante. Arrivée à Paris, j'obtiens le divorce. Je déménage alors à Londres, où je fais la connaissance de Louis Mayer, le patron de la *MGM*, qui me propose un contrat et un nouveau nom, Hedy Lamarr. J'enchaîne les succès au cinéma.

À cette époque...

En 1932, l'année de mon 1^{er} mariage, les élections allemandes donnent une éclatante victoire au parti national-socialiste qui devient la première force politique du pays. Le 30 janvier 1933, Hitler devient le chancelier du Reich et a la charge de former un nouveau gouvernement. En 1941, quand je dépose le brevet de mon invention, le Reich attaque l'Union soviétique, les blindés allemands déferlent dans les plaines du pays, brûlent les fermes sur leur passage forçant leurs occupants à fuir. La même année, en Allemagne, les Juifs doivent dorénavant porter une étoile jaune. En

Je suis...

Née Hedwig Eva Maria Kiesler à Vienne, d'un père banquier et d'une mère pianiste issue d'une grande famille de Budapest. Enfant unique, choyée par mes parents, je suis éduquée par des précepteurs à domicile avant d'intégrer une école de bonnes manières. Dès mon plus jeune âge, je m'intéresse à la mécanique et aux sciences, mais je rêve surtout de célébrité. À 16 ans, des rêves plein la tête, je vais me présenter dans plusieurs studios de cinéma, à Vienne, et commence à tourner dans de petits films muets, autrichiens et allemands. En 1932, je pars tenter ma chance à Berlin. La même année, j'y rencontre et épouse un riche fabricant d'armes et de munitions autrichien, Friedrich Mandl. Dans nos salons, nous recevons des ingénieurs en armement, mais aussi Hitler et Mussolini.



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 9 novembre 1914, Vienne (Autriche)

DÉCÈS: 19 janvier 2000, Casselberry, Floride (États-Unis)

NATIONALITÉ: Américaine Autrichienne

SITUATION FAMILIALE: Mariée et divorcée 6 fois, 2 enfants

PROFESSION: actrice, inventrice

DIPLOME: Prix des l'Université d'État de Virginie-Occidentale

CHAMPS DE RECHERCHE: transmission des signaux

DISTINCTIONS: Prix des Pionniers de l'Electronic Frontier Foundation (1997)

décembre, le Japon est attaqué à Pearl Harbour. En août 1942, quand mon brevet est enregistré, les Allemands massacrent les Canadiens lors du raid sur Dieppe. En septembre, le siège de Stalingrad commence et 2 mois plus tard, les Allemands sont pris au piège de l'hiver russe.

J'ai découvert...

Et mis au point une invention révolutionnaire dans la transmission des signaux. Lors d'une soirée à Hollywood, je rencontre le compositeur d'avant-garde George Antheil. Nous nous revoyons pour échanger sur l'armement, une industrie que j'ai côtoyée lors de mon premier mariage, tandis que George a travaillé comme inspecteur des munitions aux États-Unis. Nous discutons des techniques de transmission radio avec les torpilles qui, à l'époque, n'étaient pas encore téléguidées. Le signal étant alors sur une seule fréquence, il pouvait être facilement brouillé ou intercepté. Nous réfléchissons à une nouvelle technique qui permettrait un téléguidage plus sécurisé. En nous informant auprès d'un professeur en électronique de Los Angeles, l'idée nous vient d'envoyer le signal sur plusieurs bandes de fréquences entre l'émetteur et le receveur. Nous mettons au point une technique dite «d'étalement de spectre» qui émet l'information, non pas sur une, mais sur 88 fréquences, le nombre de touches du clavier d'un piano. La séquence d'émission est pseudo-aléatoire et reconnue par le récepteur qui la reconstitue. Ce système secret de communication est applicable aux torpilles anti sous-marins radioguidées. Notre innovation vise à permettre aux radios des navires de guerre américains de ne pas être brouillées par les bateaux allemands.

Pour aider les Alliés dans leur effort de guerre, nous proposons notre invention à une association d'inventeurs, le *National Inventors Council*. Nous décidons aussi de déposer le brevet, intitulé *Secret communication system*, le 10 juin 1941. Enregistré le 11 août 1942, il décrit un système de variation simultanée des fréquences de l'émetteur et du récepteur selon le même code enregistré. Sensibles à l'effort de guerre, nous rendons cette invention immédiatement libre de droits pour l'Armée américaine. Malheureusement, peut-être trop novatrice, elle ne sera pas exploitée et ce, bien que la Marine américaine ait eu, dans les années 1950, un projet de détection de sous-marins par avions utilisant cette technique. Le procédé sera utilisé officiellement pour la première fois par l'Armée américaine pendant la guerre du Vietnam (1955-1975) et dans la crise des missiles de Cuba (1962). Il faudra attendre 1976 pour que notre découverte cesse d'être un secret d'État et trouve des applications,

notamment dans les télécommunications. Lorsque le brevet tombe dans le domaine public, le dispositif est également utilisé par les constructeurs de matériels de transmission, en particulier depuis les années 1980. Ce n'est qu'à la fin de ma vie qu'il servira à mettre au point et sécuriser les techniques de base des signaux *Wi-Fi*, le *Bluetooth* ou la géolocalisation par satellite, le fameux *GPS* ! J'ai longtemps été ignorée pour ma contribution majeure à ces technologies, alors que la plupart des téléphones portables mettent à profit les principes de cette invention. 

SAVIEZ-VOUS QUE...

À travers ces technologies, Hedy Lamarr existe encore dans les esprits d'aujourd'hui. Sa carrière en tant qu'actrice et productrice s'est achevée en 1957 et lui vaut d'avoir son étoile sur le *Walk of Fame* à Hollywood. En 1997, elle a reçu le Prix des pionniers de l'*Electronic Frontier Foundation*. En 2014, à titre posthume, Hedy Lamarr et George Antheil ont été admis au *National Inventors Hall of Fame*.

Dans son autobiographie *Ecstasy and me*, si elle ne cache rien de sa vie à Hollywood, de ses hauts et ses bas, ses 6 mariages, ses aventures et ses 2 enfants, Anthony et Denise, avec lesquels elle a entretenu des relations difficiles, elle ne dit rien, en revanche, de son goût pour les sciences. En 2016, un ancien journaliste du magazine *Forbes* a retrouvé plusieurs cassettes d'un entretien datant de 1990, dans lequel elle disait: «*Peut-être que je viens d'une autre planète, qui sait ? Mais quoiqu'il en soit, les inventions, c'est facile pour moi.*»

Véritable génie scientifique, Hedy Lamarr a fait l'objet d'un documentaire retraçant son incroyable carrière. Réalisé par la scénariste américaine Alexandra Dean, «*Hedy Lamar: From Extase to Wi-Fi*» retrace le parcours inédit de cette Autrichienne juive qui a conquis Hollywood tout en inventant l'ancêtre du GPS et du Wi-Fi. Depuis, un nouveau documentaire a été diffusé en 2018, *Bombshell: The Hedy Lamarr Story*, mettant en valeur ses prouesses scientifiques.

En 2018, Hedy Lamarr a gagné, dans son pays d'origine, une reconnaissance posthume pour ses prouesses scientifiques. La ville de Vienne, dont elle était originaire, lui a rendu hommage avec la création d'un prix de l'innovation portant son nom, le Prix Hedy Lamarr, qui récompense un projet innovant porté par une femme dans le secteur des nouvelles technologies. D'un montant de 10 000 euros, il met désormais en valeur des «*Autrichiennes exceptionnelles qui, comme Hedy Lamarr, façonnent le monde numérique de demain.*» Pour la reconnaissance aussi, mieux vaut tard que jamais.





L'hydroptère: le bateau volant

Dans les (grandes) villes actuelles, les moyens de transport ne manquent en général pas. Trains, bus, bus touristiques «Hop On Hop Off» (montée et descente à volonté), trams, métros, taxis, navettes fluviales, trottinettes électriques ou vélos en libre-service, ... permettent de se rendre d'un point A à un point B de façon plus ou moins directe pour un prix plus ou moins raisonnable. Certaines villes d'eau ont également en vue un moyen de transport supplémentaire: l'hydroptère, un genre de «bateau volant»

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

PHOTOS: ERIC LOPEZ/FLICKR (P.12), © FRANCIS DEMANGE/SEABUBBLES (PP.13-14), PHIL SANGWELL/FLICKR (P.15), SERGE/FLICKR (P.15), © DENIS COUVET/HYDRAO (P.16)

L'objectif originel de son invention, qui remonte à la deuxième moitié du 19^e siècle et au début du 20^e, était de gagner de la vitesse, les puissances motrices disponibles étant alors fortement limitées. Ensuite, les performances des moteurs ont commencé à s'améliorer pour finir par exploser, et l'intérêt pour l'hydroptère est retombé, sauf dans certains milieux d'aficionados ou de chasseurs de records de vitesse. De nos jours, les moteurs à combustion et leur pollution ne sont plus toujours les bienvenus et risquent bien de l'être de moins en moins. Les solutions électriques sont davantage privilégiées. Et c'est là que l'hydroptère refait son apparition pour gagner en rapidité de déplacement. Il a donc probablement un bel avenir devant lui. Montons à bord de cet engin dont le concept peut sembler légèrement futuriste, et voyons de quoi il retourne, exemples à l'appui.

Provenant du grec *hydros* qui signifie «eau» et *pteron* qui signifie «aile», l'hydroptère est un bateau qui possède une «aile aquatique», au sens étymologique du terme. En réalité, l'hydroptère est doté de plusieurs ailes (ou foils/hydrofoils ou encore dérives portantes) attachées en-dessous ou sur les côtés de la coque. À l'aide d'un système de propulsion ou par effet du vent (voilier), l'hydroptère se déplace sur l'eau et prend de la vitesse. Lorsque la vélocité est supérieure à une

certaine limite dépendant entre autres de la masse totale (équipage compris) de l'engin ainsi que du profil des foils, la portance dynamique des ailes immergées (pensez à la portance des ailes d'un avion dans l'air, ici le principe est le même mais le milieu est l'eau et non l'air) devient alors suffisante pour que la coque se soulève et ne soit plus en contact avec l'eau, d'où son surnom de «bateau volant». On dit alors que l'hydroptère a «déjaugé».

Un petit bout d'histoire

À l'origine, l'hydroptère est envisagé pour pouvoir se déplacer plus rapidement sur l'eau qu'avec un bateau classique et ce, en minimisant le contact entre la coque et l'eau. Ce concept de diminution de la résistance (et des phénomènes de traînée en général) pour gagner en vitesse était déjà étudié au 19^e siècle par certains précurseurs. Le premier est probablement l'Anglais Thomas Moy, membre de l'*Aeronautical Society*, qui, en 1861, fait se soulever hors de l'eau un canot sur le Surrey Canal grâce à 3 foils horizontaux installés sous la coque. Pour gagner en vitesse, l'engin est remorqué depuis la rive. Son but initial est de tester des ailes pour un aéronef. En 1897, le futur aviateur et comte d'origine française, Charles de Lambert, et Horatio Phillips, un Anglais féru d'aéronautique, effectuent des essais sur la Tamise avec un catamaran doté de foils et autopropulsé (une première) par un moteur à vapeur récupéré sur un avion. En 1904, de Lambert remet le couvert mais cette fois avec le premier «hydroptère» à moteur à explosion. Et les exemples du genre ne manquent pas au cours des 19^e et 20^e siècles, que ce soit en France, en Italie, en Grande-Bretagne, au Canada ou encore, aux États-Unis. L'objectif poursuivi était alors d'étudier, non pas les hydroptères en tant que tels, mais les possibilités de faire décoller un avion depuis la surface de l'eau, idée qui a finalement été abandonnée au profit des flotteurs dont sont dotés les hydravions. Malgré tout, certains essais furent concluants, d'autres nettement moins. En effet, les hydroptères de l'époque se révèlent souvent instables quand l'eau est agitée. Les ailes, de position (avant, arrière, centrale, latérale) et de configuration très variables selon les modèles étudiés, prennent alors toutes sortes de forme (en échelle, transversales, en V, en T, en L,...) et sont réalisées en matériaux très divers (bois, aluminium, acier,...). Certains modèles ont fait leurs preuves au niveau efficacité de portance, stabilité et vitesse, alors que d'autres ne sont plus du tout utilisés. Dans le dernier quart du 20^e siècle, l'avènement de matériaux légers et résistants donne un coup de pouce. Mais les progrès technologiques réalisés en hydrodynamique et en motorisation n'encouragent plus le développement d'hydroptères, beaucoup plus coûteux que des

navires classiques, globalement plus fragiles et moins facilement contrôlables. Cependant, les voiliers étant limités en vitesse, l'intérêt pour les foils persiste dans ce domaine. De nombreux records sont d'ailleurs battus grâce aux hydroptères, notamment le 4 septembre 2009, par le navigateur français Alain Thébault sur l'Hyères, dans le Var. Avec son trimaran *Hydroptère*, il atteint une vitesse moyenne de 51,36 nœuds (95,12 km/h) sur 500 m (record depuis lors battu à plusieurs reprises), avec une pointe à 55,5 nœuds (presque 103 km/h). Il est l'un des 2 fondateurs de *SeaBubbles*, dont on vous parle ci-dessous.

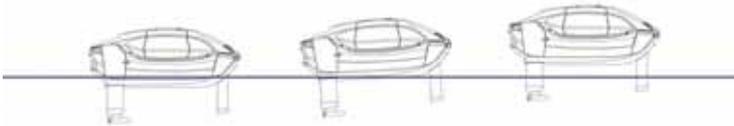
Lorsque l'hydroptère atteint une vitesse suffisante dépendant de différents paramètres dont sa masse totale, sa coque se soulève de l'eau et on dit alors qu'il a déjàugé.

«Let's make our cities flow again»

Afin de répondre à une demande de mobilité différente, non-polluante et non soumise aux conditions de trafic souvent encombré rencontrées dans les grandes villes, *SeaBubbles*, une initiative *made in France*, voit le jour en janvier 2016. Cette entreprise propose d'équiper d'hydroptères les cours d'eau et voies navigables de villes autour du globe. Pour le prix d'une course en taxi, il sera possible de se rendre d'un point A à un point B par les cours d'eau, sans impact notable sur l'environnement ou sur les infrastructures existantes de la ville. Leur solution se compose de 2 parties: la *Bubble*, qui est le moyen de transport à proprement parler, et les *Docks* ou quais.



La *Bubble* et ses concepteurs.



1. Une *Bubble* qui a déjaugé: sa coque est soulevée d'environ 40 cm par rapport à la surface de l'eau.

Le schéma décrit les 3 étapes de la *Bubble* lorsqu'elle prend de la vitesse.

Gauche: le mode archimédien.

Milieu: le mode transitoire.

Droite: le mode «bateau volant».

(1) Poussée d'Archimède: force verticale exercée sur tout corps plongé (entièrement ou partiellement) dans un fluide (liquide ou gaz) et soumis à un champ gravitationnel. Elle dépend du volume immergé de ce corps (et donc du volume du fluide déplacé) ainsi que de la masse volumique du fluide.

La *Bubble* (photo 1) est un hydroptère 100% électrique pourvu de 2 ailes en T, une simple à l'avant et une double à l'arrière, composées notamment de fibre de carbone alliant résistance et légèreté. Son design est issu de la combinaison des industries navale (système de propulsion à moteur électrique), automobile (partie cabine, intérieur et extérieur) et aéronautique (pour la partie hydroptère: hydrodynamique, foils et système de contrôle électrique). Les foils sont équipés de volets dont l'orientation peut être modifiée par le système de contrôle afin de garantir la stabilité de l'engin. Sans oublier toute une série de capteurs, notamment d'altitude, qui contrôlent en permanence le roulis et permettent de rectifier le tir si nécessaire.

Les *Docks* ou quais peuvent accueillir de 1 à 4 engins. Ils sont équipés d'un système d'élévation de la *Bubble* pour la maintenance et la charge des batteries. Dans la configuration actuelle, les passagers peuvent prendre place dans l'un des 4 sièges qui leur sont destinés, un cinquième étant occupé par le pilote. Dès le démarrage, la *Bubble* prend de la vitesse grâce à 2 propulseurs électriques. À moins de 6 nœuds (environ 11 km/h), elle reste en mode classique, c'est-à-dire que l'engin est à 100% soumis à la poussée d'Archimède (1), comme un bateau traditionnel (traînée = 100% et soulèvement des foils = nul). Entre 7 et 8 nœuds (+/- entre 13 et 15 km/h), le mode transitoire voit la coque s'élever progressivement au-dessus du niveau de l'eau (traînée = 70% et soulèvement des foils = 50%). Au-dessus de 8 nœuds, la *Bubble* est en mode «bateau volant», sa coque étant soulevée à 40 cm au-dessus du niveau de l'eau (traînée = 60% et soulèvement des foils = maximal). L'hydroptère a ici déjaugé et seuls les foils sont partiellement en contact avec l'eau pour le plus grand confort des passagers, qui ne sont alors plus soumis au roulis des vagues. La vitesse

de croisière est de 12 à 14 nœuds (+/- de 22 à 26 km/h). À proximité du ponton de débarquement, l'engin ralentit pour se poser doucement sur l'eau et s'arrêter pour procéder au débarquement des passagers.

Grâce à la technologie de l'hydroptère, la résistance de l'eau est fortement diminuée (40% en moins), ce qui garantit une consommation énergétique bien inférieure à celle des bateaux classiques de même taille. *Zero wave, zero noise, zero emission* ou «Zéro vague, zéro bruit, zéro émission» est la devise de *SeaBubbles*. En effet, en plus de fonctionner à l'électricité, l'engin est peu bruyant et provoque très peu de vagues, afin de minimiser l'impact sur l'environnement aquatique.

Les 5 premiers prototypes ont été fabriqués à Lausanne en 2017. Plusieurs tests en conditions réelles ont été effectués avec succès sur différents types de voies navigables: des fleuves à Paris, Lyon, Zurich et Dordrecht (Pays-Bas), le lac Léman depuis Genève et la mer depuis Saint-Tropez et Monaco, sans oublier la baie de Biscayne en Floride du Sud. Mais pas encore la haute mer pour laquelle la *Bubble* n'est pas adaptée. Pour ce qui est d'en équiper la Seine, le projet est longtemps resté au point mort faute d'accord avec les autorités portuaires parisiennes et françaises. La situation s'est cependant débloquée très récemment et des essais ont pu avoir lieu entre Issy-les-Moulineaux et Bercy. Les hydroptères pourraient même prendre l'eau au printemps prochain. 2019 marque donc un tournant pour *SeaBubbles* qui, en outre, vient d'être rachetée par 3 investisseurs - respectivement suisse, suédois et américain - juste avant de débiter la production à grande échelle de plusieurs commandes effectuées en Thaïlande. Également au programme pour *SeaBubbles*: lancer un nouveau modèle version transport en commun, le *Flybus*, et rendre la *Bubble* autonome. Bref, nous n'avons certainement pas fini d'en entendre parler. Et c'est tant mieux !



3

Autour du monde

Bien entendu, *Seabubbles* est loin d'être la seule entreprise active dans le développement d'hydroptères. Certains sont déjà en fonctionnement depuis plusieurs années autour du globe. Par exemple, les ferries *Jetfoil* et le luxueux *Premier Jetfoil* (photo 2) de la compagnie *TurboJET* relient notamment Hong Kong à Macao (séparées de 62,5 km à vol d'oiseau). Cependant, ils fonctionnent au mazout et non à l'électricité. En Italie, le catamaran *Schiopparello Jet* (photo 3) permet de rejoindre le port de Portoferraio sur l'île d'Elbe depuis le port de Piombino, situé sur la côte ouest italienne, en passant par Cavo, également sur l'île d'Elbe. Il faut compter 20 minutes pour réaliser la traversée Piombino-Cavo (contre 35 minutes en ferry «classique») et encore 15 à 20 minutes pour rejoindre ensuite Portoferraio. D'une capacité de 145 passagers et 5 membres d'équipage, cet hydroptère navigue à une vitesse d'une trentaine de nœuds (+/- 55,6 km/h). À Saint-Pétersbourg, la compagnie *Neva Travel* possède une flotte de 7 hydroptères au service du tourisme (photo 4). Chaque engin peut accueillir une centaine de passagers. L'activité proposée est la visite des jardins du Palais de Peterhof (aussi appelé le «Versailles russe»), en empruntant la rivière Neva et le Golfe de Finlande. Et la liste ne s'arrête pas là. Des hydroptères sont également utilisés pour effectuer la traversée entre l'île principale de Honshû au Japon et d'autres îles de l'archipel, entre le Japon et la Corée du Sud, entre certaines îles grecques, entre Bodrum en Turquie et l'île grecque de Kos, etc. Prochaine étape pour les hydroptères: effectuer des traversées océaniques et pourquoi pas, le tour du monde. Mais peut-être avant cela, des hydroptères respectueux de l'environnement pour naviguer sur l'Escaut, la Meuse ou encore le Canal Albert. Ce serait sympa, non ? 

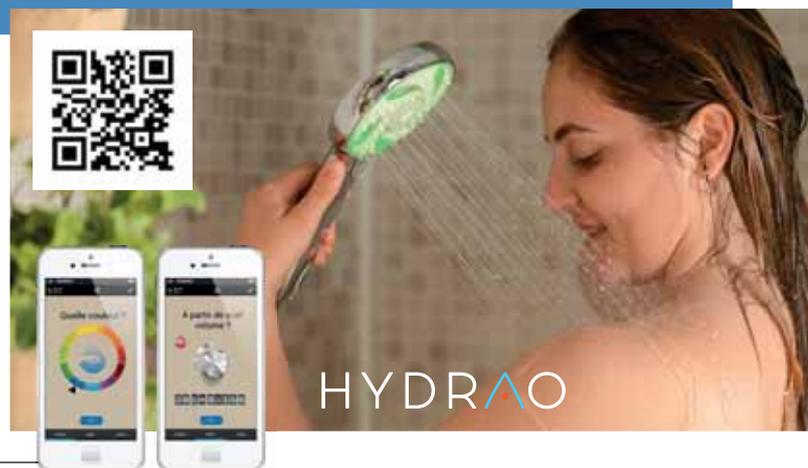
Toutes les références peuvent être obtenues auprès de virginie.chantry@gmail.com ou sur la version digitale.



4

TECHNO-ZOOM

À l'heure actuelle, nous sommes de plus en plus nombreux à faire attention à notre consommation d'eau, notamment. Non seulement pour des raisons économiques, mais également pour épargner les ressources de Mère Nature. Dans cette démarche, le pommeau de douche connecté et intelligent *Hydrao*, conçu en France, peut être utile. Doté de LED, il s'illumine pendant la douche et selon la couleur de la lumière diffusée, avertit de la consommation en cours. Le réglage de base est le suivant: vert jusqu'à 10 l, bleu ensuite jusque 20 l, rose entre 20 l et 30 l, rouge entre 30 l et 40 l et, au-delà de 40 l d'eau consommée pendant la douche, les LED clignotent. Ces seuils, ainsi que les couleurs, peuvent bien entendu être personnalisés en amont depuis une application dédiée, *Hydrao Smart Shower*, qui communique via *Bluetooth* avec l'objet connecté et enregistre vos données de consommation. Doté de 3 jets, *Hydrao* se branche directement à la place de votre pommeau de douche actuel et ne demande pas de consommation énergétique supplémentaire: il fonctionne grâce à une turbine interne actionnée par le passage de l'eau dès son utilisation. De plus, son débit est de 6,6 l d'eau à la minute contre 12 l pour les pommeaux de douche standard, selon le site Web du développeur. Il existe également sur le marché des versions «ciel de pluie», ce qui peut se révéler utile si vous avez des ados qui adorent flâner sous la douche tropicale à la maison... À la clé: économies d'eau et de chauffage si vous tenez compte des avertissements colorés. La compagnie propose également des solutions pour les professionnels tels que des équipements pour les collectivités et des solutions de collecte et de traitement des données de consommation dans les secteurs secondaire et tertiaire.



HYDRAO



L'enseignement en immersion: *zeer goed* ?

L'immersion a la cote ! Mais le bilinguisme des élèves, grand espoir des parents, est-il au rendez-vous ? Des chercheurs de Louvain-la-Neuve et Namur ont étudié la question. Si la réponse est nuancée, le constat est clair: elle n'a aucune influence négative sur la maîtrise du français et les élèves sont mieux armés pour communiquer dans la langue étrangère

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST - ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR
PHOTOS: DESIGNED BY FREEPIK (PP.16-18), DESIGNED BY PRESSFOTO/FREEPIK (P.19)

Les listes d'attente sont souvent longues et les places chères. Premier arrivé, premier admis, c'est la règle. Dans les écoles pratiquant l'enseignement d'une langue étrangère en immersion, on affiche complet. Des enfants, des bébés sont souvent inscrits à l'école maternelle bien avant les 2 ans et demi requis pour y entrer. La demande dépasse de loin l'offre,

même si le nombre d'établissements proposant ce type d'enseignement ne cesse d'augmenter.

Si l'immersion provoque un tel engouement, est-ce pour autant justifié ? Garantit-elle le bilinguisme des élèves qui s'y plongent ? *A contrario*, ces derniers ont-ils des lacunes dans l'apprentissage du français, comme le véhiculent certaines idées reçues ?

Pour tenter de tirer le vrai du faux, une équipe de chercheurs des Universités de Louvain-la-Neuve et Namur s'est penchée sur la question. Ils ont étudié les conditions favorisant l'apprentissage des langues en général, et en immersion en particulier. Objectif: en analyser l'impact sur le fonctionnement cognitif, linguistique et socio-affectif des élèves apprenant le néerlandais et l'anglais, à la fois dans l'enseignement traditionnel et en immersion. C'est la première étude du genre en Fédération Wallonie-Bruxelles. «*On entend toutes sortes de choses sur l'immersion, remarque le Professeur Philippe Hilgsmann, de l'Institut Langage et Communication de l'UCLouvain. Nous avons voulu essayer de répondre à des questions jusque-là sans réponse, ou qui donnaient lieu à des réponses controversées, par exemple au niveau des avantages sur les aspects cognitifs ou les fonctions exécutives des enfants. Nous avons la volonté de poursuivre cette recherche avec une démarche multidisciplinaire, d'étudier les aspects linguistiques mais aussi cognitifs et socio-affectifs de manière interdépendante.*»

Chercheurs, psychologues, psycholinguistes, linguistes, spécialistes de la motivation, experts de l'attitude envers la langue,... ont travaillé en partenariat avec 22 écoles primaires et secondaires de Wallonie. Plus de 900 élèves ont été suivis durant 2 années scolaires (en 5^e et 6^e primaire, en 5^e et 6^e secondaire), ainsi que leurs parents, leurs enseignants et les directions des établissements.

Un milieu social favorisé

Au terme des observations menées, peut-on désormais affirmer que les élèves en immersion sont plus performants au niveau linguistique que leurs camarades du circuit traditionnel ? Et si oui, est-ce expliqué directement par ce type d'enseignement ou par d'autres éléments cognitifs ou socio-affectifs ? La réponse est nuancée. «*Nous voulions avoir une analyse fine de tous les éléments qui peuvent intervenir dans le processus d'apprentissage de la langue étrangère*», précise le chercheur.

Cela été rapidement établi: la grande majorité des élèves inscrits en immersion provient d'un milieu social favorisé. «*Nous avons défini l'origine des élèves en immersion en nous basant sur le diplôme le plus élevé obtenu par la maman. Le plus souvent, nous constatons un niveau universitaire. C'est surtout le cas pour l'immersion en néerlandais: les enfants sont issus de situations socio-économiques favorables, de familles unies et ils n'ont pas redoublé. Et ce, malgré le fait qu'il n'y ait pas de critère de sélection ni de condition d'accès à l'immersion*».

De là à en déduire que l'immersion est élitiste ? «*Elle est ouverte à tous, mais elle attire un public socio-économique et socio-culturel privilégié. Elle n'existe quasi que dans l'enseignement général. Par ce biais, il y a une sélection qui est faite. Les élèves de l'enseignement professionnel et technique n'ont pas accès à l'immersion. Et c'est dommage quand on voit les besoins en langue étrangère dans certains domaines. Il y a un biais par rapport au public. On en a tenu compte dans nos analyses.*»

La maîtrise du français

Si l'une des craintes concerne l'apprentissage du français, les parents peuvent se rassurer. Durant leurs analyses, les chercheurs n'ont perçu aucun impact négatif de l'immersion sur la maîtrise de la langue de scolarisation. Les résultats obtenus au niveau du vocabulaire, de la lecture à voix haute, de l'orthographe, de la complexité des productions écrites, mais aussi des évaluations certificatives (CEB et CESS, qui se font uniquement

en français) sont équivalents, voire meilleurs que ceux des élèves non-immergés. «*Si les parents estiment qu'il y a un problème ou un retard au début de l'apprentissage du français, ils ne doivent pas s'inquiéter à ce moment-là car cela se régularise*, souligne Philippe Hiligsmann. *Comme tout apprentissage, il faut travailler sur le long terme, cela ne se fait pas en un claquement de doigts.*

Un long terme qui permettrait aux élèves d'être bilingues au terme de leur cycle ? Ils utilisent en tous cas un vocabulaire réceptif et productif plus large et plus varié, et ont de meilleures compétences écrites que leurs camarades du circuit traditionnel, les erreurs lexicales et grammaticales sont moins nombreuses. Ils ont donc plus de facilités à communiquer dans la langue cible. *A contrario*, leurs progrès plafonnent plus vite sans toutefois que les élèves du traditionnel atteignent le même niveau que les élèves immergés.



20 ANS D'IMMERSION EN FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES

C'est en 1998 que l'enseignement en immersion a été officialisé par une législation en Fédération Wallonie-Bruxelles. Certaines écoles le pratiquaient néanmoins déjà de manière informelle depuis les années 80. L'Athénée Léonie de Waha, à Liège, a été pionnier. Depuis lors, de nombreux établissements, tant primaires que secondaires ont suivi. Aujourd'hui, environ 300 écoles du primaire et du secondaire proposent ce type d'enseignement en Wallonie et à Bruxelles, suivi par 4% des élèves.

En Europe, plutôt que d'immersion, on préfère désormais parler de l'approche EMILE: *Enseignement d'une Matière par Intégration d'une Langue Étrangère*. En pratique, il s'agit de prodiguer aux élèves une partie des cours dans une langue autre que celle de scolarisation. En Fédération Wallonie-Bruxelles, on trouve des classes d'immersion en néerlandais, en anglais et en allemand. Plusieurs systèmes existent: les élèves sont parfois immergés à mi-temps dans la langue étrangère tout au long de leur cycle, parfois à 75% les premières années pour arriver à 25% en fin de parcours.

Selon les écoles et les formules proposées, il est possible de débiter un programme dès la 3^e maternelle, la 1^{re} ou la 3^e primaire dans le cycle fondamental. En secondaire, les élèves démarrent en 1^{re} ou en 3^e année.

Il n'est pas possible de suivre une immersion en plusieurs langues à la fois, mais les jeunes peuvent changer de langue cible entre les primaires et les secondaires.



«Au niveau productif, c'est-à-dire la parole et la rédaction, on constate que les élèves en immersion produisent des textes plus complexes que les élèves du traditionnel. On observe une plus grande diversité lexicale, des phrases plus longues, plus de phrases par texte. Les données montrent une différence en faveur du néerlandais plus grande que pour l'anglais. En néerlandais, c'est systématiquement le cas. Les élèves ont un vocabulaire réceptif significativement plus large que dans l'enseignement traditionnel.»

D'après l'étude, un élève de 5^e secondaire scolarisé en immersion en néerlandais possède le vocabulaire réceptif d'un enfant néerlandophone de 11 ans, alors que le niveau d'un élève de l'enseignement traditionnel atteint celui d'un enfant néerlandophone de 7 ans. En ce qui concerne l'anglais, ces niveaux passent respectivement à 9,3 ans et 6,5 ans. «On en revient à l'indice socioculturel !, explique le chercheur. Les élèves immergés en néerlandais proviennent d'un milieu social plus favorisé que ceux qui suivent une immersion en anglais.»

L'anglais, plus attractif

L'équipe de chercheurs s'est également penchée sur la motivation des élèves et de leurs parents. Si l'immersion attire un public privilégié aux niveaux socio-culturel, familial et scolaire, essentiellement en néerlandais donc, tous les élèves sont motivés par l'apprentissage d'une langue étrangère. Une seule exception: les jeunes du secondaire traditionnel qui suivent des cours de néerlandais. Pas de surprise: l'anglais s'avère plus attrayant. «En immersion, le néerlandais reste le plus populaire, contrairement à ce qu'on voit dans l'enseignement traditionnel, où il est en perte de vitesse en tant que première langue étrangère. L'immersion ne compense que partiellement les idées reçues relatives à cette langue. L'anglais est

plus attractif, il est considéré comme plus facile. On constate d'ailleurs que l'attrait du néerlandais entre le début de la 5^e primaire et la fin de la 6^e chute de manière significative et inquiétante dans le traditionnel. Ce sont des données qu'il faudrait affiner pour les expliquer.»

Quelles leçons en tirer ?

Globalement, les conclusions de l'étude sont claires: l'immersion semble porter ses fruits. Mais la généraliser n'est pas envisageable. «C'est une fausse bonne idée, s'exclame Philippe Hilgsmann. L'immersion n'est pas la panacée, il ne faut pas en surestimer les effets. D'ailleurs, les éléments positifs dégagés dans les recherches ne sont pas nécessairement dus à l'immersion. La généraliser à une époque où il y a déjà pénurie d'enseignants est inconcevable, il faudrait former des enseignants à enseigner des matières dans une langue étrangère en un temps record. C'est irréalisable, utopique ! Par contre, l'immersion mobilise des facteurs favorables à l'apprentissage des langues étrangères. Si on mobilise ces éléments dans l'enseignement traditionnel, on pourrait certainement améliorer la qualité de l'enseignement des langues en Belgique francophone. Je ne veux surtout pas jeter l'opprobre sur les enseignants, beaucoup font très bien leur métier. Mais leur permettre d'avoir des conditions plus favorables pour enseigner, serait profitable à tous.»

Dégager des recettes à appliquer dans l'enseignement non immersif pour y améliorer la qualité de l'apprentissage des langues étrangères pourrait donc être une voie à suivre... Les chercheurs proposent d'améliorer 3 facteurs: multiplier les contacts avec des locuteurs natifs en-dehors de l'école, créer un défi linguistique via des apports langagiers plus fréquents et décroiser les cours de langue et d'autres matières. «Ce qui manque, précise le chercheur,

Les élèves du secondaire en immersion choisissent principalement le néerlandais tandis que la langue de Vondel est en perte de vitesse dans l'enseignement traditionnel. Dans l'ère de mondialisation et d'ouverture aux autres cultures qui est la nôtre, l'anglais semble plus attractif et est réputé plus facile.





En immersion, les professeurs arrivent toujours à communiquer dans la langue étrangère, notamment à l'aide de dessins.

c'est une vraie interaction entre les enseignants. Pourquoi ne pas inclure dans une leçon d'histoire en néerlandais des éléments liés à l'aspect linguistique ? Notre système éducatif devrait permettre aux élèves d'atteindre des résultats significatifs dans l'enseignement traditionnel comme en immersion».

La formation des professeurs est également visée. Trop peu sont capables d'enseigner des matières dans une autre langue que la leur. Une piste à creuser: l'intensification des relations entre les différentes communautés linguistiques du pays pour favoriser l'apprentissage des langues nationales. 

Les publications scientifiques liées au projet sont accessibles via le lien suivant:

 <https://uclouvain.be/fr/instituts-recherche/ilc/recherche.html>.

La vidéo de la présentation des principaux résultats de la recherche est disponible en ligne ou via le QR code ci-dessous:

 <https://www.youtube.com/playlist?list=PLd5K-C1p7jmQdgzZw-Cl3y8sj8fC67qG3GJ>.



«BLUFFÉE PAR LE NIVEAU DE NÉERLANDAIS DE MES ENFANTS»

Marie-Alice a 3 enfants scolarisés en immersion. Élise (11 ans) et Alix (6 ans) sont inscrites à l'école fondamentale libre Don Bosco, à Saint-Georges-sur-Meuse. Alexandre (13 ans) est en 2^e secondaire à l'Athénée Royal de Waremme.

Marie-Alice, vos enfants suivent un parcours d'immersion en néerlandais. Pourquoi ce type d'enseignement ?

J'ai toujours été convaincue par l'immersion. Mais il y avait des appréhensions: certains disent qu'elle crée des lacunes en français, en orthographe. Je n'ai pas le sentiment que ce soit le cas. Mais l'immersion n'est pas forcément pour tous les enfants: j'en ai vu quelques-uns retourner dans l'enseignement traditionnel car cela ne leur convenait pas. Il faut y être attentif et ne pas hésiter à réagir si on voit que son enfant ne suit pas. De notre côté, il n'y a jamais eu de problèmes: mes 2 aînés ont aujourd'hui un très bon niveau. Je ne doute pas que la 3^e va suivre.

À ce point-là ?

Je suis bluffée en fait ! Et cela a été rapide. On croise les «juffrouw» à la sortie de l'école, elles ne leur parlent qu'en néerlandais. Ils comprennent... mais pas moi ! On se sent un peu bête, dans ces cas-là. Je me souviens d'Alexandre en 1^{re} année, il ne comprenait rien du tout. Les «juff» ne leur parlent qu'en néerlandais, mais elles arrivent toujours à communiquer, notamment par des dessins. Et en définitive, cela se passe bien. Ils apprennent surtout du vocabulaire et les bases de la conjugaison en primaire. La grammaire suit, en secondaire.

En parallèle à l'immersion, vous ne faites rien de spécial...

Non, je ne les pousse pas particulièrement. Mais à partir de la 5^e primaire, ils font des stages au Bloso, le pendant flamand de l'Adeps, avec des enfants néerlandophones. L'école met aussi des choses en place, notamment avec les classes vertes, qui sont en néerlandais. Aujourd'hui, Alexandre aime beaucoup le néerlandais. Et c'est aussi lié aux profs: il a eu de merveilleuses «juff» qui lui ont donné le goût de la langue. Certaines ont un contact tellement naturel avec les enfants... Je n'avais que de bonnes impressions, je voulais qu'Alexandre continue en secondaire.

Ce n'était pas une évidence ?

Dans la région où nous vivons, non, car il n'y a pas d'école secondaire proche de chez nous qui propose l'immersion en néerlandais. On a pensé à l'enseignement flamand à Tongres, mais cela demandait trop d'implications. Beaucoup d'élèves de sa classe sont allés à Liège, où ils ont commencé un parcours en anglais. Nous avons préféré l'Athénée de Waremme, il fallait avoir un certain niveau de néerlandais pour s'inscrire en immersion. C'était une suite assez logique, en fait.

Vous vous rappelez de l'inscription de votre fils ?

Il avait 2 ans et demi, j'étais enceinte de ma fille. La directrice m'a demandé si elle devait inscrire les 2 enfants. Je ne me rendais pas compte que les places étaient si chères... Je ne me suis jamais dit que je voulais en faire des singes savants bilingues. Mon but était qu'ils soient ouverts à autre chose. Je me disais que s'ils apprenaient le néerlandais jeunes, ils auraient peut-être plus de facilités à apprendre d'autres langues. Je ne m'attendais pas à ce que ça marche si bien !

Quand j'entends mon fils qui parle anglais lorsqu'il joue à des jeux en ligne, même s'il bafouille un peu, il ose. Il n'a pas peur, c'est grâce à l'immersion. Il n'a pas l'appréhension que je pourrais moi-même avoir. Et rien que pour cela, c'est gagné.

L'ADN de...

Maryse DELSTANCHE

Hippothérapeute

la relation d'aide. Dans notre équipe par exemple, nous avons des kinésithérapeutes, des psychologues, des éducateurs et une psychomotricienne. Ensuite, il faut évidemment avoir déjà eu des rapports avec le cheval, avoir été ou être cavalier(ère) et pour lier les deux, il est recommandé de compléter sa formation par un master en médiation animale ou en hippothérapie.

Vous avez fondé l'ASBL *Hippotige* et y travaillez actuellement en tant que directrice et hippothérapeute, mais quelle est votre journée-type ?

Nous n'en avons pas vraiment car cela dépend des personnes que l'on va accompagner tout au long de la journée. Ce sont aussi bien des enfants, des adolescents, des adultes que des écoles et des institutions. La demande est souvent très différente. Généralement, la journée commence par l'inspection des chevaux, qui sont finalement nos outils de travail, voire nos collègues. Et notre bureau, c'est la piste ou la prairie. Nous sommes 2 hippothérapeutes par groupe à accompagner les bénéficiaires. Les séances se font soit à pied, la personne est à côté du cheval, soit en montée (mais il n'y a pas d'obligation en hippothérapie de monter à cheval) et enfin, il y a le travail en liberté, où l'on va lâcher les chevaux sur la piste et aller à leur rencontre. Il s'agit ici d'un travail sensitif (sentir ce qu'ils aiment ou pas, les toucher, les caresser). Les séances se construisent en fonction du patient et du cheval. Les 2 viennent se rencontrer et notre travail, en tant qu'hippotherapeutes, est de les guider dans cette rencontre.

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

En tant que psychologue, je n'ai pas de rapport direct avec la science dure. Je suis plutôt dans le domaine humain. Ce n'est pas pour rien: mes premiers souvenirs scientifiques ne sont pas très joyeux, c'était avec la chimie et la physique. Par



Recto

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

Non, pas spécialement. Mais depuis toute petite, j'ai une véritable passion pour les animaux. Je voulais un métier en rapport avec les chevaux sans trop savoir exactement quoi. Ce n'est qu'à la fin de mes études secondaires, en rhéto, pendant un cours de psychologie de base, que j'en ai eu la certitude. J'ai donc choisi de faire la psychologie clinique. À l'époque, j'avais passé mes brevets en jury central comme monitrice d'équitation. Je m'étais dit que je ferais les deux séparément. Et puis en master, j'ai fait un stage en tant qu'hippotherapeute et ce fut le coup de foudre. J'ai complètement accroché, je ne me voyais plus faire autre chose.

Comment devient-on hippothérapeute ?

Ce n'est pas un métier reconnu, n'importe qui pourrait malheureusement s'autoproclamer hippothérapeute. Mais il est très important, pour faire la différence, de venir du secteur de

contre, j'adorais la biologie. Ça s'explique sans doute par le fait d'avoir grandi dans une ferme, avec un papa agriculteur et entourée de vaches et de chevaux.

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

Elle concerne le budget. Les séances d'hippothérapie coûtent cher et c'est frustrant pour nous de ne pas les rendre plus accessibles. Heureusement, nous avons des bénévoles qui se démènent pour nous trouver des subsides afin de pouvoir proposer des tarifs plus abordables. L'autre difficulté, ou plutôt contrainte, c'est la météo. Lorsqu'il fait trop froid, les bénéficiaires ne viennent pas ou restent 1h et repartent. Il est aussi très difficile de travailler lorsqu'il fait trop chaud.

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

C'est bien sûr d'avoir créé ce centre, il y a 6 ans. Nous sommes partis d'un projet un peu fou, avec

une poignée de personnes qui ont cru en nous. Nous avons tout mis en œuvre pour que le projet prenne forme et aujourd'hui, tout se passe bien. Se retrouver avec plus de 120 bénéficiaires par semaine, je crois que c'est notre plus belle réussite. Comme rencontrer des personnes qui apprécient notre travail et qui voient un mieux être chez ceux que nous accompagnons, c'est très gratifiant.

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

Ce serait de commencer dans le secteur de la relation d'aide qui lui plaît, de se former et d'entretenir sa passion pour les chevaux. L'hippothérapie exige 2 ingrédients : un grand intérêt pour l'humain et un autre pour les chevaux. Ensuite, il faut oser, chercher les formations à gauche et à droite car c'est un métier qui est méconnu. Mais surtout, il faut être passionné, c'est cela le secret. 



Maryse Delstanche

ÂGE : 32 ans

SITUATION FAMILIALE : en couple.

PROFESSION : Directrice et psychologue de l'ASBL Hippotige, Monitrice d'équitation à l'ASBL "Les écuries du Tige".

FORMATION : Psychologue clinicienne, Master complémentaire en Hippothérapie à l'UCL, Monitrice Adeps équitation.

TÉL. : +32 474 309 424
MAIL : info@hippotige.be

SITE WEB : www.hippotige.be

Verso

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

Je n'ai pas envie d'un autre métier. Je fais partie des privilégiés qui exercent le métier de leur rêve. À 32 ans, j'ai tout ce que je désirais. Je fais un travail qui me passionne, dans un environnement qui me plaît. Je vis de ma passion.

Je vous offre un super pouvoir...

J'aimerais pouvoir faire pause sur le temps. Les journées sont beaucoup trop courtes pour faire ce que nous avons envie de faire. J'aimerais pouvoir accueillir plus de patients, avoir plus de temps dans mes séances. Prendre le temps, c'est vraiment le nerf de la guerre de cette époque malheureusement.

Je vous offre un auditoire...

Ce serait pour faire découvrir les bienfaits de cette thérapie. Je pense qu'elle commence à être connue mais ce n'est pas encore suffisant. J'inviterais toute personne qui pourrait nous aider à la développer, aussi bien les directeurs de centre, les écoles, les éducateurs et les politiciens pour qu'ils se rendent compte de nos besoins dans ce secteur.

Je vous offre un laboratoire...

Si j'étais un peu plus scientifique dans l'âme, je créerais quelque chose qui permettrait de comparer les différences entre un vrai cheval et un cheval mécanique.

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

Je n'ai pas envie d'être un objet... (Rires). Je reste dans mon domaine, mais je me transformerais sans doute en palan. C'est un objet qui sert à

mettre les personnes à mobilité réduite sur un cheval. Au centre, nous n'en avons pas encore parce que c'est très cher. Si je pouvais devenir cet objet quelques heures par jour, cela faciliterait la mise à cheval de certains de nos bénéficiaires.

Je vous offre un billet d'avion...

Ah non ! Je ne peux pas abandonner mes chevaux. Je préfère la voiture pour pouvoir revenir vite s'il se passait quelque chose. Mais si je devais vraiment partir en avion, ce serait quelque part dans des contrées très lointaines avec de belles montagnes et des chevaux sauvages.

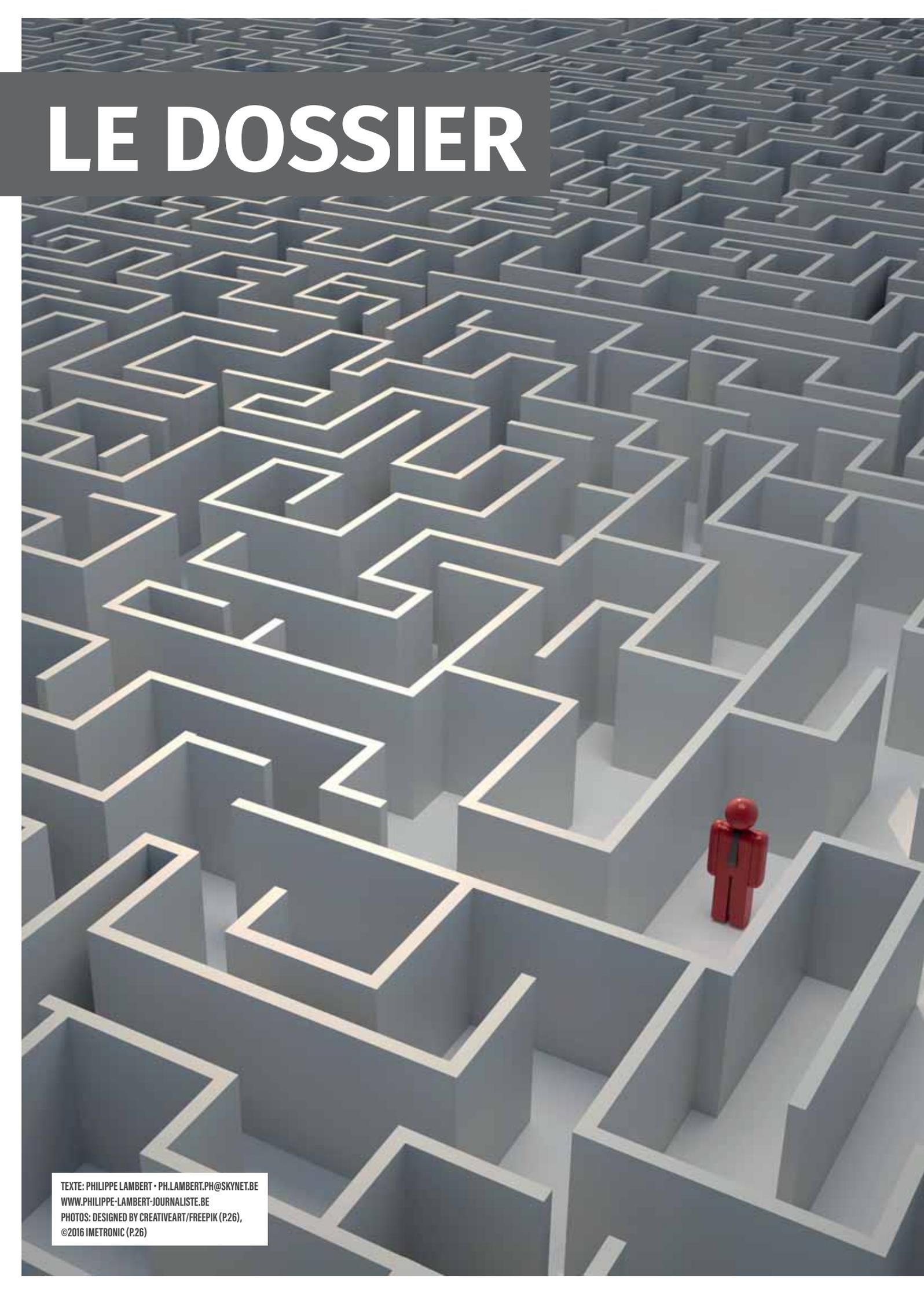
Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde...

Je n'ai pas de nom en particulier, mais ça me plairait de discuter avec un grand sage, plein de sagesse et de zen attitude.

La question « a priori » : lorsque je caresse un cheval, je fais de l'hippothérapie ?

Certes, on a besoin du cheval... donc oui, le contact, les caresses font partie intégrante de ce que nous proposons, mais c'est l'accompagnement qui fait la différence. L'hippothérapie, ce n'est pas uniquement de réunir une personne et un cheval. C'est une relation triangulaire entre le thérapeute, l'animal et le bénéficiaire. On ne peut pas parler d'hippothérapie sans ce trio. Il y a un travail à faire avant, pendant et après la séance. Évidemment, cela fait beaucoup de bien de caresser un cheval, un chien ou un chat, mais on ne peut pas parler de thérapie. 

LE DOSSIER

A 3D rendering of a complex maze made of grey walls. A small, stylized red figure of a person stands in the lower right quadrant of the maze, providing a sense of scale. The maze is composed of many interconnected paths and dead ends, creating a complex and confusing environment. The lighting is soft, casting gentle shadows that emphasize the three-dimensional nature of the walls.

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: DESIGNED BY CREATIVEART/FREEPIK (P.26),
©2016 IMETRONIC (P.26)

Cartes cognitives et GPS cérébral

Animaux et êtres humains sont capables de se construire des «cartes cognitives» pour s'orienter. Mais comment le «GPS cérébral» fonctionne-t-il ? Une chose est certaine: il met à contribution plusieurs types de neurones spécialisés en interaction. Notamment les cellules de lieu et les cellules de grille, dont la découverte fut couronnée par le prix Nobel de médecine ou physiologie en 2014

Comment parvenons-nous à nous localiser dans un environnement donné et à trouver le chemin qui nous conduira vers une destination à atteindre ? Cette double capacité est étroitement liée à la mémoire spatiale, laquelle sert de support à l'élaboration d'une «carte cognitive» de l'environnement au sein duquel nous sommes en train de nous déplacer. Avant les travaux d'Edward Tolman, professeur à l'Université de Californie à Berkeley, les recherches entreprises sur des rats placés dans un labyrinthe semblaient révéler que l'animal se dirigeait en se fondant sur un ensemble de stimulus-réponses présents le long de son parcours. Ainsi, les chercheurs pensaient que le rat mémorisait un ensemble de chemins effectués entre le point de départ et le point d'arrivée lors de précédentes tentatives de navigation. Cette théorie se mit à vaciller sur son piédestal en 1948 quand, se référant à une expérience qu'il avait réalisée en 1930, Tolman proposa une approche radicalement nouvelle.

Comme l'écrit le docteur Laure Rondi-Reig, directrice de recherche au CNRS et responsable de l'équipe CeZaMe (*Cervelet, navigation et mémoire*) au sein du Laboratoire Neurosciences Paris Seine (1), «Tolman montra (en 1930) que des rats habitués à chercher de la nourriture dans un labyrinthe par un chemin court étaient capables, lorsque ce chemin était bloqué, de choisir celui permettant de contourner le blocage (2)». Fort de ce constat, Tolman proposa le concept de carte cognitive pour désigner une représentation mentale de l'environnement, qui rendrait l'animal à même d'adapter son comportement au monde extérieur pour s'orienter.

Le cerveau demeurait néanmoins une boîte noire et l'on ignorait tout des processus cérébraux auxquels seraient chevillées la mémoire spatiale et la construction de cartes cognitives. En recourant à des enregistrements intracérébraux au moyen de microélectrodes implantées autorisant la mesure de l'activité cérébrale à l'échelle d'une seule cellule nerveuse, le professeur américano-britannique John O'Keefe (University College London) et son étudiant, Jonathan Dostrovsky, découvrirent, dans l'hippocampe du rat et de la souris, des neurones particuliers qu'ils baptisèrent «*place cells*» - cellules de lieu, en français. Ils avaient observé que chaque fois que l'animal passait à un endroit bien défini au cours de l'exploration de son environnement, la même cellule s'activait. Le territoire visité sera ainsi mentalement représenté grâce à un ensemble de cellules de lieu. Et si l'animal réintégrait cet environnement après l'avoir quitté, les mêmes neurones déchargeaient à nouveau aux mêmes endroits. «On pouvait donc affirmer que le rat (ou la souris) possède une mémoire des lieux qu'il (ou elle) a visités», commente Laure Rondi-Reig.

À chaque endroit, sa cellule de lieu, pourrait-on dire. En d'autres termes, chacun des neurones hippocampiques remplissant une fonction de localisation produit un potentiel d'action en réponse à une position particulière du rat dans son environnement. Cette augmentation d'activité informe le rongeur de l'endroit où il se trouve. Le terme «endroit» correspond ici à la notion de





champ récepteur (nommé «champ de lieu» par O'Keefe) de la cellule de lieu, c'est-à-dire à la zone spécifique de l'environnement qui induit l'activation neuronale. «*Le codage de l'espace, lui, est l'œuvre des différentes cellules de lieu travaillant en assemblée neuronale*», précise la responsable de l'équipe CeZaMe.

Quelle direction ?

La découverte de John O'Keefe et Jonathan Dostrovsky était parfaitement en phase avec le concept de carte cognitive. Aussi le neuroscientifique américano-britannique écrivit-il avec Lynn Nadel (département de psychologie de l'Université de l'Arizona), un livre intitulé *The Hippocampus as a cognitive map*, dont la parution en 1978 eut un important retentissement. Les 2 auteurs y défendaient l'idée que l'hippocampe apprend et stocke des cartes cognitives de parties de l'espace; ils postulaient donc l'existence d'une représentation mentale de l'environnement. Balisant la voie, cet ouvrage fut le germe d'une floraison de recherches scientifiques sur la mémoire et la navigation spatiales, d'autant qu'une information de position est une chose, mais que naviguer entre 2 points en est une autre qui, ainsi que le souligne le docteur Rondi-Reig, nécessite un substrat neuronal plus diversifié, dont les structures, au-delà de l'hippocampe, communiquent sur le but à atteindre et les chemins à prendre.

Ensemble, différents types de cellules forment un système de cartographie interne qui permet à un navigateur de se déplacer de manière flexible dans son environnement, autrement dit d'adapter sa navigation à son environnement.

On aurait pu penser que les cellules de lieu étaient inféodées à des stimuli visuels. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien, qu'elles répondent à d'autres stimulations sensorielles, tels des informations de mouvements propres, des objets ou des odeurs susceptibles d'aider à se localiser.

En 1984, Jim Ranck, du *SUNY Downstate Medical Center* de l'Université de New York, mit en évidence une deuxième catégorie de neurones impliqués dans l'orientation spatiale: les cellules de direction de la tête (HD), dont l'activité dépend, comme leur nom l'indique, de la direction de la tête de l'animal. Elles ont été beaucoup étudiées par l'équipe de Jeff Taube, du Dartmouth College aux États-Unis. Jim Ranck les a découvertes dans

le présubiculum, région corticale de transition entre l'hippocampe et le néocortex. Par la suite, il est apparu qu'elles étaient présentes dans un nombre important de régions cérébrales interconnectées. Un ensemble de cellules HD codera pour une direction spécifique, un autre ensemble pour une autre direction, etc. Bref, lorsque la tête de l'animal est orientée dans une direction déterminée, un groupe de cellules HD déchargent à un niveau dépassant les niveaux de référence.

Maillage hexagonal

Une autre découverte majeure fut réalisée en 2005 par le couple de chercheurs norvégiens May-Britt Moser et Edvard Moser, lesquels partagèrent le prix Nobel de médecine ou physiologie avec John O'Keefe en 2014. Les 2 neuroscientifiques scandinaves mirent le doigt sur des cellules particulières du cortex entorhinal médian dont l'activité varie en fonction des déplacements du rat, est en corrélation avec sa position dans l'espace: les cellules de grille (*grid cells*, en anglais). En 1999, Sofyan Alyan et Bruce McNaughton avaient montré que le rat demeure capable d'intégrer un chemin en dépit d'une lésion de l'hippocampe, mais qu'il en est incapable en cas de lésion du cortex entorhinal médian. D'où l'idée que les cellules de grille seraient indispensables à l'intégration de chemin. De fait, pour s'orienter, il faut savoir où l'on est, dans quelle direction l'on va, mais aussi être capable de mesurer ses déplacements. «*Les cellules de grille sont des neurones qui permettent une estimation métrique de ses déplacements*», précise Laure Rondi-Reig.

Ce sont également elles qui ont mis en lumière la grande complexité du système de navigation des mammifères, qualifié de «GPS du cerveau» par certains ou encore, de «système de géoposition dans le cerveau» par le comité Nobel. May-Britt Moser et Edvard Moser ont cartographié, sur une longue période, les différents endroits (champs de lieu) où la présence d'un rat cheminant dans un enclos avait provoqué l'activation d'une cellule donnée, en l'occurrence une cellule qui, vu ses propriétés, allait être baptisée ensuite cellule de grille. Comme les cellules de lieu, les cellules de grille déchargent en fonction de la position du rat dans l'enclos. Mais contrairement aux premières, elles le font pour une série régulière de points (champs de lieu) situés aux nœuds d'un maillage hexagonal. Des cellules de grille proches l'une de l'autre dans le cortex entorhinal médian sont associées à un maillage de même dimension et de même direction, mais dont les nœuds sont légèrement décalés. Pour d'autres cellules de grille, la direction du maillage est différente et, pour d'autres encore, la taille de ce dernier (la distance

entre les nœuds). En outre, ainsi que le souligne le docteur Rondi-Reig, «lorsqu'une cellule de grille est enregistrée dans différents environnements, elle maintient la taille et l'espacement du champ, mais l'orientation et la phase de la grille, c'est-à-dire la position des motifs hexagonaux par rapport à ceux des cellules voisines, sont modifiées. Cette modification appelée «réalignement de grille» affecte toutes les cellules de grille d'une manière cohérente».

Au-delà des détails d'ordre technique, l'essentiel est que les cellules de grille constituent le support d'une représentation mentale de l'espace sous forme de quadrillage - d'où le vocable de «grille». «Il s'agit d'un codage global de l'espace qui contraste avec la décharge locale de la cellule de lieu», fait encore remarquer Laure Rondi-Reig. L'activation successive de différentes cellules de grille durant les déplacements du rat lui permet de se forger un parcours mental faisant état de la distance accomplie dans une direction, puis de la distance accomplie dans une autre et ainsi de suite.

Système de cartographie interne

Dans les années 2000, plusieurs groupes de recherche ont identifié d'autres cellules particulières dans le cortex entorhinal et le subiculum: les cellules de frontière, également appelées cellules de bordure (en anglais, *boundary cells* ou *border cells*). Cette catégorie de neurones informe le rat des limites de l'espace. Il s'agit a priori de barrières physiques, mais, en l'absence de tels obstacles, on peut imaginer que la frontière soit la limite circulaire de la vue, c'est-à-dire l'horizon.

On considère aujourd'hui qu'il existe encore de nombreuses autres catégories de neurones impliquées dans la mémoire et la navigation spatiales - cellules de but, cellules égocentriques... «Ensemble, les différents types de cellules concernées forment un système de cartographie interne qui permet à un navigateur de se déplacer de manière flexible dans son environnement, autrement dit d'adapter sa navigation à son environnement (2)», explique la responsable de l'équipe CeZaMe. Et d'ajouter: «Il nous reste encore beaucoup à découvrir sur les propriétés de chacune des catégories de neurones du GPS cérébral, sur l'étendue de leurs localisations dans le cerveau, mais surtout sur leurs interactions.»

Plusieurs données mettent en évidence que de telles interactions existent entre différentes catégories de cellules affectées à notre mémoire de

l'espace et à la navigation. Ainsi, les cellules de lieu et les cellules de grille s'influencent mutuellement. Il a été montré expérimentalement que si l'on annihile l'activité des premières, le codage des grilles sera altéré et, inversement, que si l'on fait obstacle à l'activité des secondes, le codage du lieu sera incorrect. De même, il est établi que le signal de direction de la tête dans le thalamus antéro-dorsal, une des régions abritant des cellules vouées à cette fonction directionnelle, est nécessaire au codage des grilles.

En dehors de la question des interactions entre types neuronaux, plusieurs grands débats sont à l'ordre du jour. Et tout d'abord, celui, essentiel, du passage de l'animal à l'homme. Les substrats neuronaux de la représentation spatiale découverts initialement chez les rongeurs, puis dans de nombreuses autres espèces dont le singe, se retrouvent-ils chez l'homme ? Éthiquement, on ne peut trancher cette question en recourant à l'implantation, à cette fin, de microélectrodes dans le cerveau humain. Néanmoins, comme le rapporte Laure Rondi-Reig, quelques études suggèrent l'existence de cellules de lieu et de grille dans notre espèce. Par exemple, celle réalisée en 2003 par Arne D. Ekstrom, alors à la Brandeis University aux États-Unis, chez un patient épileptique équipé d'électrodes intracrâniennes dans la phase de préparation d'une intervention chirurgicale d'excision de son foyer épileptogène. Des cellules de grille auraient été mises en évidence au sein de son cortex entorhinal pendant qu'il se livrait à une tâche de navigation dans une ville virtuelle. Des indices plus nombreux nous viennent de la convergence des stratégies utilisées par l'homme et l'animal soumis à des tests de navigation, notamment en milieu virtuel.

Mémoire de l'espace ou espace de mémoire ?

La mémoire épisodique préside aux souvenirs des événements personnellement vécus - que m'est-il arrivé, où et quand ? Elle est au cœur d'une autre question très débattue: les liens entre mémoire épisodique et navigation, dans la mesure où l'hippocampe est impliqué tant dans l'une que dans l'autre. «Jusqu'à quel point peut-on se baser sur la navigation pour comprendre la mémoire ? Sommes-nous en face de 2 fonctions différentes émanant de certaines structures du lobe temporal, dont en particulier l'hippocampe, ou avons-nous affaire à une fonction unique ?», s'interroge Laure Rondi-Reig.

Décédé en 2017, Howard Eichenbaum (Université de Boston) a longtemps ferrailé intellectuellement

(1) Le Laboratoire Neurosciences Paris Seine fait partie de l'Institut Biologie Paris Seine sous la tutelle du CNRS, de l'Inserm et de Sorbonne Université.

(2) Laure Rondi-Reig, *Le codage de l'espace. Journal de bord d'un prix Nobel, Médecine-Sciences* n° 2, vol. 31, Février 2015.





avec John O'Keefe. Ce dernier défendait l'idée que l'hippocampe ne renferme que des cellules de lieu qui s'activent à partir d'indices visuels ou vestibulaires. Eichenbaum, lui, postulait que l'hippocampe est capable de mettre en relation

des informations sensorielles de toute nature, de restituer un contexte global, et donc qu'il s'agit d'un espace de mémoire plutôt que d'une mémoire de l'espace. Il découvrit entre autres que cette structure abrite des «cellules de temps», dont l'activité est fonction du temps passé, ce qui permet par exemple d'évaluer une distance parcourue. Ses arguments finirent par triompher, même si les 2 écoles s'affrontent toujours sur la question de la nature des codages servant de support à la navigation.

UN THERMOMÈTRE DE LA MÉMOIRE

Se fondant sur les liens qui semblent unir navigation et mémoire épisodique, Laure Rondi-Reig et ses collaborateurs ont soumis différentes populations au test de navigation du *Starmaze* (voir article principal): des personnes sans atteinte neurologique (enfants, jeunes adultes, personnes âgées), des patients Alzheimer, des individus présentant des *Mild Cognitive Impairments* (MCI), troubles cognitifs isolés annonciateurs, dans environ 50% des cas, d'une future maladie d'Alzheimer, et des patients souffrant d'une démence fronto-temporale. Les chercheurs ont montré que la mémoire spatiale était altérée chez certaines personnes âgées dont le vieillissement était jugé non pathologique, mais surtout que la mémoire des séquences, qui supporte une stratégie séquentielle d'orientation (prendre la deuxième à gauche, puis la première à droite, puis encore à droite...), était spécifiquement la plus altérée chez les patients Alzheimer et les personnes en proie à des MCI amnésiques.

Forte de ces résultats, l'équipe *CeZaMe* propose d'utiliser le *Starmaze* comme un «thermomètre» de la mémoire dans le cadre de la maladie d'Alzheimer, démence où, on le sait, l'hippocampe et le cortex entorhinal sont généralement les premières structures touchées. Elle ne lui reconnaît pas une vocation de test diagnostique mais le décrit plutôt comme une potentielle sonnette d'alarme qui devrait inciter les personnes présentant une déficience de la mémoire des séquences de navigation à consulter un neurologue spécialisé.

Alors chercheuse dans le laboratoire de Susumu Tonegawa, au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Laure Rondi-Reig a travaillé avec Howard Eichenbaum. Les recherches de son groupe, l'équipe *CeZaMe*, sont imprégnées de la théorie qu'il a développée et à laquelle elle adhère. Aussi les chercheurs parisiens établissent-ils un lien étroit entre les étapes d'une navigation et la genèse de souvenirs épisodiques. *«Imaginons que je sois passée par le lieu A, puis par le lieu B et qu'ensuite, je doive tourner à droite, puis à gauche, dit Laure Rondi-Reig. Cette séquence de lieux organisée temporellement peut être appréhendée comme un ensemble d'événements qui se sont succédé dans le temps. À mes yeux, cette organisation séquentielle d'événements spatiaux peut être considérée comme un bon modèle pour l'étude de la mémoire épisodique.»*

Deux grandes stratégies

La neuroscientifique a inventé un labyrinthe en étoile, le *Starmaze*, afin de tester et d'identifier les stratégies de navigation chez la souris. Initialement aquatique - les souris sont très motivées à sortir de l'eau -, il a été transformé en jeu vidéo dans une version humaine. Parallèlement furent développés des logiciels d'analyse du comportement de navigation associés respectivement à ces 2 versions: *NAT* (*Navigation Analysis Tool*) pour la souris et *NATH* (*h: human*) pour l'homme. *«Ces logiciels nous permettent d'extraire, automatiquement et à l'échelle individuelle, des paramètres de navigation qui peuvent ainsi servir de marqueurs cognitifs»,* précise Laure Rondi-Reig.

Chez l'adulte sain, 2 stratégies principales de navigation coexistent: la stratégie de séquence et la stratégie spatiale. Dans le premier cas, le cadre de référence est égocentrique (la position du propre corps du sujet); dans le second, il est allocentrique (la prise en considération de l'ensemble de l'environnement). La stratégie spatiale est indispensable à la création d'un nouveau chemin, un chemin alternatif par exemple. Elle se réfère à la carte cognitive servant de support à notre représentation de l'environnement. Dans une expérience



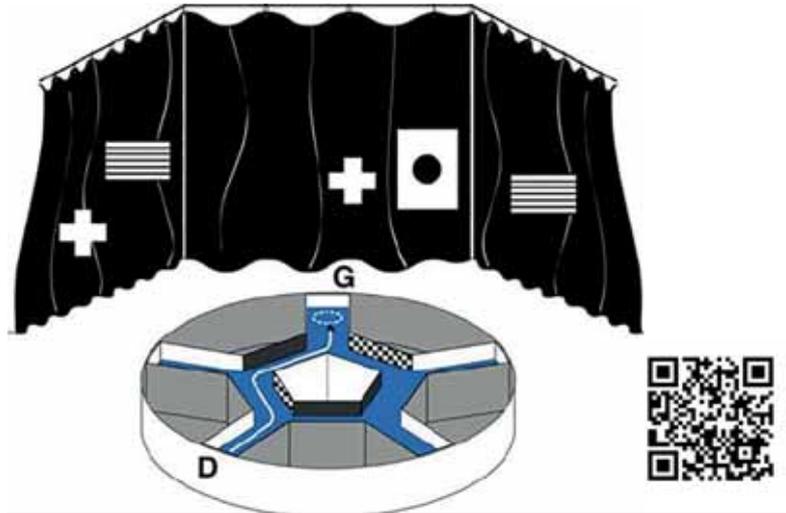
réalisée au moyen du labyrinthe *Starmaze*, des volontaires couchés dans un scanner d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) devaient explorer, au moyen d'un joystick, un environnement virtuel pour y trouver un cadeau caché. Celui-ci découvert, il leur fut demandé de le retrouver ensuite de la manière la plus directe possible. Au fil des essais, les participants se créaient une mémoire de l'environnement et du chemin le plus court entre le point de départ et le point d'arrivée. Dans un deuxième temps, les chercheurs modifièrent le point de départ à leur insu. Certains participants ne s'en aperçurent pas et continuèrent à appliquer la séquence (gauche, droite, droite...) qu'ils avaient intériorisées. D'autres, en revanche, s'en rendirent compte et adoptèrent une stratégie spatiale centrée sur des indices visuels présents dans l'environnement.

«L'IRMf a dévoilé que les 2 stratégies s'apprennent en parallèle et que cet apprentissage nécessite l'activation d'un ensemble de régions cérébrales constitué notamment du cervelet (gauche et droit), de l'hippocampe (gauche et droit) et des cortex pariétal et préfrontal, explique le docteur Rondi-Reig. Par contre, quand les 2 stratégies sont dissociées après l'apprentissage, on observe que ce n'est qu'une partie spécifique du réseau qui est mise en jeu: l'hippocampe gauche, le Crus I du cervelet droit et le cortex préfrontal dans le cas de la stratégie séquentielle; l'hippocampe droit, le Crus I du cervelet gauche et le cortex pariétal dans le cas de la stratégie spatiale.» Tout sujet sain a ces 2 stratégies à disposition et est capable, malgré ses préférences pour l'une ou pour l'autre, de s'adapter de manière flexible à son environnement ou à des changements d'environnement.

Le rôle du cervelet

Un autre axe cardinal des travaux du groupe dirigé par Laure Rondi-Reig a trait au rôle du cervelet dans l'élaboration de la représentation spatiale et dans la cognition spatiale entendue comme l'utilisation du codage de l'espace, ou plutôt du codage spatio-temporel, à des fins de navigation. En 2011, l'équipe *CeZaMe* fut la première à montrer, chez des souris transgéniques dont la plasticité synaptique avait été annihilée dans les cellules de Purkinje du cervelet par inactivation de la protéine kinase, que l'activité du cervelet est nécessaire à la stabilité du codage spatial des cellules de lieu de l'hippocampe.

S'est alors ouvert un champ de recherches visant à préciser les fonctions du cervelet, classiquement considéré jusque-là comme associé au contrôle et à l'apprentissage moteurs. Est-il une plaque tournante qui intégrerait et filtrerait les



Le protocole «stratégies multiples» de *Starmaze*: il s'agit d'un labyrinthe aquatique qui permet l'étude de la mémoire spatio-temporelle et de la prise de décision dans un environnement complexe. **D** est le lieu de départ, **G** est l'objectif consistant en une plate-forme immergée (et donc invisible) (cercle en pointillé). La flèche représente la trajectoire optimale réalisée par l'animal après son apprentissage. Les allées formant l'anneau pentagonal central ont des murs noirs ou en échiquier, alors que les allées radiales ont des murs blancs. Le labyrinthe est placé à l'intérieur de rideaux carrés noirs avec des repères visuels distaux fixés sur les rideaux (croix, cercle, bandes noires et blanches).

informations sensorimotrices ? Quels sont ses liens fonctionnels avec l'hippocampe et les cortex associatifs ? Joue-t-il un rôle majeur dans la mise à jour des cartes mentales ? Ces questions, l'équipe *CeZaMe* se propose de les étudier en mesurant l'activité cérébrale durant des tâches de navigation réelle ou virtuelle, tant chez l'homme, en IRMf, que chez la souris, en électrophysiologie.

Le laboratoire de Dora Angelaki, aux États-Unis, a émis l'hypothèse que le cervelet permettrait des changements de cadre de référence, par exemple en passant d'un codage centré sur le corps (égocentrique) à un codage centré sur l'environnement (allocentrique). Par ailleurs, dans sa revue de 2014, Laure Rondi-Reig propose qu'une des fonctions du cervelet consiste à filtrer des informations sensorimotrices non pertinentes. «Si quelqu'un déambule dans une pièce, il n'y a aucune raison que la représentation de celle-ci se modifie. Aussi le signal envoyé par le cervelet aux structures de codage de l'espace doit-il rester stable malgré les déplacements du sujet», souligne la neuroscientifique, dont l'équipe a présenté, en 2017, une autre donnée importante: après avoir mis en évidence, 2 ans auparavant, une interaction entre le cervelet et l'hippocampe chez l'homme, elle a montré qu'il en était de même chez la souris et que cette interaction sous-tendait la mémoire du chemin, c'est-à-dire le souvenir d'un itinéraire préalablement appris. ^A



Deux pionnières américaines de l'écologie moderne

Les chimistes se sont résolument penchés sur les problèmes environnementaux liés au développement industriel à la suite, principalement, des travaux de deux Américaines peu connues en Europe. Voici l'étonnante histoire du dichlorodiphényltrichloroéthane ou DDT

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE

PHOTOS : ©DAVID TALUKDAR/SHUTTERSTOCK (P.28),

©BELGAIMAGE/SCIENCESOURCE (R. CARSON ET A. HAMILTON - P.29), © CSP_MOLEKUUL (P.29)

Du DDT est pulvérisé sur un marché aux poissons pour prévenir les maladies d'origine hydrique, à Guwahati (Inde) en janvier 2019, où plusieurs cas de dengue ont été signalés.

dommages que provoque l'usage inopportun du DDT à des fins agricoles, car ce polluant organique se bioamplifie dans toute la chaîne alimentaire. Les molécules de DDT s'accumulent en effet dans les tissus adipeux et entraînent par ailleurs la mort des poissons et des oiseaux (particulièrement les oiseaux chanteurs **(2)**, d'où le titre de son ouvrage), tout en étant à l'origine de cancers et autres aberrations génétiques chez l'homme. Par ses écrits, avalisés notamment par le *Science Advisory Committee* du président John F. Kennedy, Rachel Carson a également sensibilisé les industriels de la chimie au problème de la préservation de l'environnement, comprenant en cela la faune - notamment océanique - qui s'y développe. À ce titre, on la considère comme la pionnière de l'écologie moderne. Le terme «écologie», pour rappel, a été créé par un naturaliste allemand, Ernst Haeckel (1834-1919), pour désigner la science étudiant la relation des organismes avec le monde environnant.

En 1967, diverses personnes s'associèrent pour créer l'*Environmental Defense Fund (EDF)* qui mènera plus tard à l'interdiction du DDT aux États-Unis. En outre, 2 programmes ont démontré à quel point les mentalités ont changé à la suite de la parution du livre de Rachel Carson: le *Earth Day* (Jour de la Terre) a vu le jour dès le 22 avril 1970 d'une part et d'autre part, un programme appelé *Responsible Care* (Gestion responsable) est lancé en 1988 afin d'aider l'industrie chimique à améliorer la gestion sûre des produits chimiques.

L'une de ces scientifiques, Rachel Carson **(1)** (1907-1964), était une naturaliste diplômée de l'Université Johns Hopkins (Baltimore, Maryland), qui commença sa carrière au *U.S. Bureau of Fisheries* (Bureau des pêches) avant d'écrire divers livres concernant la mer ainsi qu'un autre ouvrage célèbre paru en 1962: *Silent Spring*, «Le printemps silencieux» en français. Dans celui-ci, elle décrit les



À gauche: Rachel Carson mourut 2 ans après la parution du livre qui fit sa renommée, étant atteinte d'un cancer. Elle put malgré tout constater que les mentalités commençaient à évoluer.

À droite: Alice Hamilton, la première Américaine qui, en tant que médecin, consacra sa vie aux maladies professionnelles et, notamment, en rapport avec l'industrie chimique.

Molécule miracle ou poison ?

Le DDT, ou plus précisément 1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorophényl)éthane, est une molécule synthétisée dès 1874 à partir de chloral (ou trichloroéthanal), lui-même résultant de la chloration de l'éthanol.

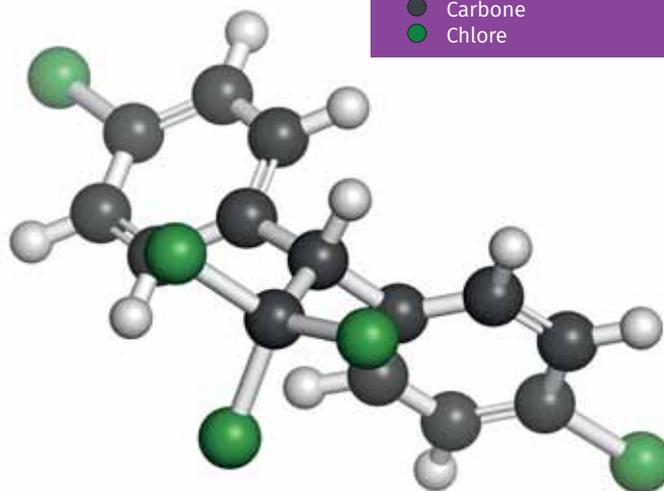
Les puissantes propriétés insecticides et acaricides de ce composé furent mises en évidence en 1939 par le docteur Paul Müller, qui travaillait à l'époque chez J. R. Geigy à Bâle, ce qui lui valut le prix Nobel en 1948. Employée tout d'abord contre les mites, cette molécule tuait également les doryphores (qui s'attaquent aux cultures de pommes de terre) et les poux (qui véhiculent le bacille du typhus exanthématique). L'emploi du DDT a également permis de sauver d'innombrables vies au cours du demi-siècle passé, en particulier en annihilant l'anophèle, à savoir un moustique dont la femelle peut transmettre l'hématozoaire responsable du paludisme. Cette maladie, jadis appelée malaria, concerne des centaines de millions de personnes dans le monde. Chaque année, plus de 2 millions d'enfants en meurent, souvent avant l'âge de 5 ans.

Bien que la toxicité de cette substance soit relativement faible vis-à-vis des êtres humains, il apparaît que le DDT est très résistant en ce qui concerne sa biodégradation. Son accumulation dans la chaîne alimentaire - on en retrouve même dans la graisse des ours polaires ! - fait de cette molécule une substance à risque pour les poissons et les oiseaux: c'est pourquoi son usage est interdit depuis 1972 par la U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA), hormis pour des raisons médicales. Ainsi, la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, effective depuis 2004, vise à interdire le DDT. Cette substance ne peut plus être employée qu'à l'intérieur des habitations (afin de limiter les dommages écologiques) pour lutter contre les vecteurs de maladies en attendant que d'autres insecticides, moins toxiques et tout aussi efficaces, soient découverts. On se doit aussi de signaler qu'une résistance des insectes vis-à-vis du DDT semble apparaître progressivement.

L'autre pionnière, Alice Hamilton (1869-1970), a véritablement créé la toxicologie industrielle outre-Atlantique. Docteur en médecine diplômée de l'Université du Michigan, Alice Hamilton s'est plutôt orientée vers la pathologie et la bactériologie. Ceci lui permit de comprendre l'incidence élevée de la fièvre typhoïde et de la tuberculose chez les immigrants affaiblis par des conditions de travail éprouvantes. Elle professa dans diverses universités américaines - dont Johns Hopkins et Harvard (elle fut d'ailleurs la première femme à y être nommée !) - tout en se préoccupant de l'origine des maladies professionnelles, un secteur de la santé méconnu à l'époque. C'est ainsi qu'elle souligna les dangers des colorants à base d'aniline, du

Molécule de DDT:

- Hydrogène
- Carbone
- Chlore



plomb tétraéthyle (3), du benzène, du monoxyde de carbone, du sulfure d'hydrogène etc.

Dans ce contexte, il faut savoir que la Wallonie a initié, dès 2001, la mise en œuvre des directives européennes «Oiseaux» et «Habitats»: le réseau *Natura 2000* y est chargé d'assurer la sauvegarde du patrimoine naturel en préservant la qualité environnementale. ^A

(1) Un bâtiment de l'unité Physico-chimie et résidus des produits phytopharmaceutiques et des biocides du Centre wallon de Recherches agronomiques situé à Gembloux porte son nom.

(2) En amincissant la coquille de leurs œufs (à cause d'une mauvaise absorption de calcium) et en décimant un grand nombre des insectes dont ils se nourrissent.

(3) Les qualités antidétonantes du plomb tétraéthyle furent découvertes chez *General Motors* par Thomas Midgley, cette molécule empêchant les moteurs de cogner en raison d'un auto-allumage prématuré. Ce chimiste découvrit également les Fréons (c'est-à-dire des chlorofluorocarbures), servant de frigorigène et de gaz propulseur. Ces 2 molécules furent interdites par la suite parce qu'elles dégradent l'environnement.



Votre smartphone au service de la planète !

TEXTE : JULIE FIARD • JFI@EASI-IE.COM • HTTP://WWW.EASI-IE.COM • HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI_IE • HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB
ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

Vous avez dit éco-quoi ? Éco-responsable. Mais qu'est-ce que ça veut dire ? Concrètement, intégrer les préoccupations environnementales dans son mode de vie et assimiler des gestes simples du quotidien pour prendre soin de l'environnement. La plupart d'entre nous utilisent un smartphone. Loin d'être l'objet technologique le plus éco-responsable du moment, cet outil devenu indispensable à notre quotidien semble pourtant incompatible avec un mode de vie éthique: utilisation de minerais rares, durée de vie programmée à moins de 2 ans et un recyclage pas vraiment optimal. Comme il est encore difficile de se passer de ce genre de technologie ordinaire, autant combler la médiocre éco-responsabilité de nos smartphones en les utilisant pour adopter davantage de gestes responsables. Voici donc une liste d'applications mobiles pour vous accompagner au quotidien vers une consommation plus consciencieuse.

POUR ALLER PLUS LOIN...

La société *Fairphone* (<https://shop.fairphone.com/fr/>) est une des rares sociétés fabriquant des téléphones éco-responsables. Leurs objectifs sont essentiellement basés sur un design à l'épreuve du temps et réparable grâce à des pièces détachées disponibles, l'utilisation de matériaux responsables, de meilleures conditions de travail, la réutilisation des composants du téléphone et son recyclage.



Les applis anti-gaspi

• MIEUX GÉRER VOS DÉPENSES ALIMENTAIRES

SAVE EAT ( <https://www.saveeat.co/>)

Cuisinez sans gaspiller ! Comme quasi toutes les applications, *Save Eat* vous demande de vous connecter soit en créant un compte, soit en utilisant votre compte *Facebook*.

Ensuite, vous y ajoutez tout simplement les aliments que vous avez dans votre cuisine et leur date de péremption. Vous pouvez le faire manuellement ou en scannant directement les codes-barres. L'application permet de classer les ingrédients par endroit de stockage: frigo, placards, congélateur et même potager. Une fois votre inventaire terminé, *Save Eat* définit des recettes en fonction des ingrédients dont vous disposez mais surtout, en fonction de leur date de consommation.

Vous pouvez également créer vos listes de courses quotidiennes et ajouter automatiquement les ingrédients nouvellement disponibles dans l'application.

Le  : quand on ne sait pas quoi cuisiner et que l'application nous rappelle, par des notifications, les dates de péremption des produits et qu'elle nous propose une recette à concocter, ça peut sauver une soirée !

Le  : au début, il peut être fastidieux de remplir l'application avec tout ce que peut contenir une cuisine ! C'est peut-être une opportunité de faire un grand ménage et avoir une vision plus claire de ce dont vous disposez ?

Dans tous les cas, si l'utilisation de cette application peut sembler compliquée, elle propose également tout un tas de recettes, simples et rapides à faire.

I CUISTO ( <http://www.icuisto.fr/>)

L'application, qui s'appelle *Kitchenpal* sur les stores, fonctionne sur le même modèle que la précédente et vous fait une belle promesse: «*le frigo intelligent du Web qui va vraiment vous changer la vie*». On valide les ingrédients et leurs quantités dans un frigo virtuel. L'application nous suggère alors des recettes en vidéo, sélectionnées parmi plus de 2 800 élaborées par des blogueurs et adaptées spécialement pour le site. *I Cuisto* a une autre fonctionnalité particulière plutôt intéressante si vous avez envie de vous lancer dans une nouvelle recette. Tapez son intitulé, par exemple, «hachis parmentier» et indiquez le nombre de

LE GASPILLAGE ALIMENTAIRE WALLON

Chaque année, en Région wallonne, près de 2 000 000 de tonnes de déchets ménagers et assimilés sont collectées. Cela veut dire environ 550 kg de déchets collectés par habitant (tout type de déchets ménagers confondus, triés ou non). Parmi ces déchets, 29% correspondent aux ordures ménagères brutes ou résiduelles.

Source:  <http://moinsdedechets.wallonie.be>

convives à table. *I Cuisto* vous transmet alors la liste des courses en fonction des ingrédients qui manquent dans votre frigo (virtuel) et évalue également le coût de chaque recette.

I Cuisto va encore plus loin. En encodant votre profil (poids, âge, genre), elle vous informe des valeurs nutritionnelles des plats que vous souhaitez cuisiner en détaillant les calories, protéines, lipides et glucides ainsi que le pourcentage des apports nutritionnels pour la journée.

Le  : il est possible de lister tous les ingrédients interdits: allergies, intolérances, etc. Dans le gestionnaire des ingrédients, une fonctionnalité «suggestion intelligente» permet de visualiser toutes les recettes possibles avec ce que vous avez dans votre cuisine, classées par temps de réalisation. On trouve aussi des recettes à moins de 1 euro, des végétariennes, des pâtisseries, ... Il est également possible de partager sa cuisine virtuelle avec son conjoint ou les personnes qui partagent votre vie et susceptibles de faire les courses également.

Le  : pour le moment, cette application nous semble absolument pratique et simple à utiliser. À l'usage, est-ce que la qualité des recettes conviendra aux meilleurs cuisiniers amateurs ? À voir...

FRIGO MAGIC ( <https://www.frigomagic.com>)

Cette application a été créée par 2 amis ayant la volonté de lutter contre le gaspillage alimentaire. L'un des fondateurs, sommelier et restaurateur, élabore lui-même les recettes. Leur préparation n'excède jamais 30 minutes.





- **MAXIMISER VOTRE BUDGET ALIMENTAIRE TOUT EN PARTICIPANT À LA GESTION DES INVENDUS**

Avez-vous déjà testé l'application **TOO GOOD TO GO** ? ([🔗 https://toogoodtogo.be/fr-be](https://toogoodtogo.be/fr-be)) Elle fait beaucoup parler d'elle en ce moment (plus de 600 000 utilisateurs en Belgique) en permettant d'acheter les invendus des magasins d'alimentation, des restaurants, des boulangeries, etc... de tous commerces vendant des denrées périssables avant qu'elles ne soient jetées, à un prix vraiment très, très attractif.

Comment ça marche ? Après avoir créé votre compte, dans l'onglet «Découvrir», vous accédez à la carte géographique qui vous indique tous les paniers disponibles dans les environs (attention, il est donc nécessaire d'autoriser votre géolocalisation), leur nombre, le prix avant et après réduction et l'heure de retrait. Il n'est par contre pas possible

de savoir ce que le panier contient. En revanche, le nom du magasin ou du restaurant est communiqué, histoire de savoir tout de même à quoi s'attendre. Une fois votre panier sélectionné, il suffit de le valider et de payer en ligne en enregistrant un moyen de paiement ou via votre compte *Paypal*. Si vous avez des endroits privilégiés, n'hésitez pas à les enregistrer en favoris. Le processus de vos prochaines commandes sera ainsi plus rapide.

Ne reste plus qu'à aller chercher votre réservation. Pour cela, *Too Good To Go* propose l'itinéraire pour se rendre dans un point de vente, directement depuis l'application. L'horaire qui vous a été communiqué doit être respecté scrupuleusement, les magasins sont organisés pour servir les paniers à des heures bien précises, le plus souvent en fin de journée.

Le **+** : cette application est facile à utiliser. Les retours des utilisateurs sont très positifs de par le côté ludique de récupérer des denrées à manger tout de suite et d'avoir la surprise de ce que le panier va contenir. Les paniers sont souvent très bien garnis d'après les avis des utilisateurs, qui ont le sentiment de contribuer à moins de gâchis.

Le **-** : devant le succès grandissant de *Too Good To Go*, ce sont les associations d'aide aux plus démunis qui habituellement récupéraient les denrées invendues des magasins, qui commencent à tirer la sonnette d'alarme. Il semblerait que certains magasins donnent peu ou moins depuis qu'ils travaillent régulièrement avec l'application. Des solutions ont d'ores et déjà été mises en place pour pallier à cela, l'idée étant de ne pas prendre leur place, *Too Good To Go* propose déjà sur l'application de soutenir directement les *Restos du Cœur* par des dons.

- **LUTTER CONTRE LE GASPILLAGE ALIMENTAIRE EN VENANT EN AIDE AUX PLUS DÉMUNIS**

LINKEE ([🔗 http://www.linkee.co](http://www.linkee.co)) est une application solidaire contre le gaspillage alimentaire. celle-ci permet à des bénévoles de redistribuer les invendus alimentaires des entreprises à des associations caritatives par le biais de l'application.

Comment ? Trois acteurs principaux: des commerces souhaitant donner leurs invendus à des associations, des associations comme les *Restos du Cœur*, la *Croix Rouge*, etc. et des bénévoles. Les commerçants signalent à l'application qu'ils ont des denrées à distribuer, les bénévoles de

l'application servent de lien entre les commerces et les associations et ils acheminent bénévolement les denrées. On les appelle les *Linkers*, ceux qui font le lien. En moyenne, 1 000 repas sont distribués par jour.

Pour le moment cette application n'est pas disponible en Belgique. Elle lance actuellement une campagne de crowdfunding pour son développement.

Les applis pour des gestes plus responsables

• MANGER MIEUX

Grâce à l'application **KWALITO** (<http://www.kwali.to>), vous allez enfin comprendre les étiquettes des produits alimentaires, savoir exactement ce que vous mangez et donc découvrir l'alimentation qui vous convient le mieux. *Kwalito* prend en compte vos contraintes et/ou préférences alimentaires: intolérances, allergies, régime alimentaire spécifique (végétarien, végétalien,...) ou votre souhait de tout simplement manger sainement en évitant les additifs nocifs ou autres ingrédients néfastes pour la santé.

Il vous suffit ensuite de scanner les produits directement en magasin depuis votre smartphone pour savoir s'il est bon pour vous, en fonction de votre profil !

YUKA (<https://yuka.io>) est aussi une application qui permet de savoir ce que ce que l'on

consomme (nourriture et cosmétique). Elle s'utilise très simplement, en scannant les articles en magasin lors de vos achats. Elle en analyse l'impact sur la santé et donne une note sur 100. Y figure aussi un code couleur: vert si l'article est correct; orange ou rouge s'il vaut mieux éviter de l'acheter. L'application propose également une fiche détaillée de la composition du produit, ses qualités nutritionnelles et ses défauts.

RECETTES 4 SAISONS (<https://www.recettes4saisons.be>) est un site belge proposé par *Bruxelles Environnement*, sur lequel vous trouverez les fruits et légumes de saison et des recettes pour les composer.

• CHALLENGEZ-VOUS VERS VOTRE TRANSITION ÉCOLOGIQUE !

Avec l'application **90 JOURS** (<https://90jours.org>), qui vous aide à changer le monde, vous allez pouvoir, grâce à une méthode de coaching intégrée, changer facilement et durablement vos habitudes afin de contribuer à un changement de société plus écologique. L'application vous propose de relever des défis pour protéger l'environnement et changer vos habitudes de consommation. Grâce à son côté ludique et au fait qu'elle quantifie l'impact en CO₂ et en eau que représentent vos bonnes actions, *90 jours* a tout de suite eu beaucoup de succès. Une fois cumulées, ces valeurs serviront à vous donner un aperçu global de votre empreinte environnementale.

Et vous ? Quels sont vos petits gestes du quotidien ? Êtes-vous prêt à utiliser votre smartphone pour initier votre transition écologique ? N'hésitez pas à nous faire part de vos expériences, des applications que vous utilisez, de vos petites astuces, en nous écrivant à contact@easi-ie.com 



1 + 1 = 2
3 x 2 = 6



Des logiciels miracles contre les troubles des apprentissages ?

Une mémoire de travail insuffisante apparaît comme un dénominateur commun à tous les enfants souffrant d'un trouble des apprentissages - dyslexie, dyscalculie, troubles de l'attention... Des logiciels de stimulation se font fort de remédier au problème et même de doper les capacités des enfants ne présentant aucun trouble de cette nature. Mais les programmes informatiques actuels sont-ils réellement efficaces ?

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: ©PIXTAL (P.34), ©COGMED (P.37)

Les troubles des apprentissages recouvrent toutes les situations où un enfant éprouve des difficultés à acquérir les matières scolaires à un rythme normal bien que les conditions environnementales soient adéquates. Certains troubles sont non spécifiques. Ils traduisent alors une extrême lenteur de l'enfant dans ses apprentissages sans que l'on puisse mettre en évidence des difficultés particulières dans un domaine bien précis. Les troubles dits spécifiques, eux, soulignent des difficultés très prononcées dans l'apprentissage de la lecture (dyslexie), du langage oral (dysphasie) ou du calcul (dyscalculie). À ce tableau s'ajoutent des troubles de l'attention, avec ou sans hyperactivité (TDA/H).

Un facteur commun à presque tous ces troubles est une réduction, par rapport à la norme, des capacités de la mémoire de travail, dont la mission est de maintenir temporairement une petite quantité d'informations sous une forme aisément accessible pendant la réalisation de tâches cognitives diverses. Ainsi, lors d'une opération de calcul, nous pouvons être appelés à garder en tête 2 nombres à additionner mentalement pendant la réalisation des opérations cognitives imposées par ce calcul. «*La forme d'enseignement que nous connaissons dans les écoles sollicite beaucoup la mémoire de travail. Or, ses limites varient de 2 ou 3 informations chez le tout jeune enfant à 7 informations chez l'adulte*», fait remarquer Steve Majerus, maître de recherches FNRS à l'unité de recherche Psychologie & neuroscience cognitives de l'Université de Liège. Autrement dit, un enfant disposant

d'une mémoire de travail plus faible que les autres perdra rapidement le fil de l'enseignement.

Dans les troubles des apprentissages, la composante la plus affectée de la mémoire de travail est le système de traitement de l'«ordre sériel», l'agencement des informations dans le bon ordre. C'est ainsi que les personnes dyslexiques sont à la peine lorsqu'elles doivent stocker en mémoire la séquence des mots, donc l'ordre des phonèmes. *«Le nombre de sons étant limité dans chaque langue, cet ordre constitue un des facteurs clés permettant d'opérer la distinction entre des mots de même longueur et de même structure syllabique»*, rappelle Steve Majerus. Des difficultés similaires de séquentialité des informations s'observent également dans la dyscalculie et, dans une moindre mesure, dans la dysphasie.

Un enfant en proie à un trouble des apprentissages le conservera généralement toute sa vie, fût-ce à un degré qui pourra être très modéré grâce à une prise en charge de type logopédique ou neuropsychologique, c'est selon. *«Prenons le cas des enfants dyslexiques, dit le chercheur de l'Université de Liège. Si vous les testez à l'âge adulte, vous observez qu'ils gardent une faiblesse au niveau de la lecture, même si leurs performances peuvent se révéler proches de performances normales. Par contre, les déficits qu'ils conservent au niveau de la mémoire de travail se révèlent généralement bien plus nets, soulignant par là même la robustesse du problème.»*

Un facteur associé

Se pourrait-il dès lors que les carences de la mémoire de travail soient la cause première des différents troubles des apprentissages ? En moyenne, un groupe d'enfants dyslexiques ou dyscalculiques, par exemple, présentera un déficit de mémoire de travail, mais il existe une forte variabilité interindividuelle quant au degré de ce handicap. Aussi la tendance actuelle est-elle de considérer que la faiblesse de la mémoire de travail est un facteur associé. Ainsi, dans la dyscalculie, des problèmes d'analyse de l'information visuospatiale sont clairement impliqués, comme le sont notamment des problèmes relatifs à l'analyse phonologique des sons du langage chez la personne dyslexique.

Dans le cadre des problèmes attentionnels avec ou sans hyperactivité, la mémoire de travail est impactée du simple fait qu'elle dépend elle-même directement des processus attentionnels, lesquels peuvent être entravés par des absences (l'attention est déviée vers une autre cible ou annihilée par des rêveries), par une faiblesse intrinsèque des capacités attentionnelles entraînant une fragilité

du maintien du contrôle de l'attention ou encore par des difficultés d'inhibition d'informations sans lien direct avec la tâche à accomplir. Selon Steve Majerus, la mémoire de travail serait d'ailleurs assimilable à une situation attentionnelle particulière où l'attention est focalisée sur des informations à mémoriser à un moment donné.

Certains auteurs ont émis l'hypothèse que les troubles des apprentissages seraient intimement liés à un déficit de la mémoire procédurale, laquelle permet d'apprendre de nouvelles habiletés perceptives, motrices ou cognitives. Une procédure automatique s'instaure, exactement comme quand un automobiliste aguerri débraie «sans y penser» en changeant de vitesse ou quand les doigts d'une secrétaire se dirigent, sans qu'elle ait à y réfléchir, vers les bonnes touches du clavier de son ordinateur. D'après cette théorie, les principales difficultés rencontrées par les enfants ayant un trouble des apprentissages auraient trait à l'acquisition des automatismes caractéristiques du langage oral, du langage écrit ou des manipulations mathématiques. *«Une critique qui peut être adressée à cette théorie est qu'elle ne permet pas d'expliquer la persistance des troubles de la mémoire de travail jusqu'à l'âge adulte, alors que les troubles langagiers et mathématiques deviennent moins importants»*, indique Steve Majerus.

Logiciels de stimulation

Abstraction faite de leur composante mnésique, en particulier d'un manque de performance de la mémoire de travail, les divers troubles des apprentissages font l'objet de nombreuses hypothèses explicatives spécifiques, tantôt concurrentes, tantôt complémentaires, auxquelles ont été associés, parfois avec un haut degré d'incertitude, des substrats neuroanatomiques. Il existe plusieurs théories de la dyslexie, par exemple. La plus solide est la théorie phonologique. Elle postule que la dyslexie se caractérise par un déficit dans le «processus de décodage», cette aptitude de l'individu à établir la correspondance entre graphèmes (lettres) et phonèmes (sons). Mais ce n'est pas tout. Le dyslexique pâtit également d'une mauvaise «conscience phonologique»: il ne parvient pas ou parvient beaucoup plus lentement qu'un autre enfant à scinder les mots en leurs différentes parties, à les segmenter en syllabes et, plus encore, en phonèmes. En clair, il aura peine à percevoir que «cahier» est composé de 2 syllabes (ca-hier) et surtout, de 4 phonèmes (k-a-i-é). Tout cela s'ajoutant aux problèmes de mémoire de travail déjà évoqués.

Parmi les autres théories de la dyslexie figure celle proposée au début des années 1990 par Sylviane Valdois, de l'Université de Grenoble. Pour la





chercheuse française, le problème ne serait pas de nature phonologique, mais de nature visuo-attentionnelle - il se situerait au niveau de l'analyse des lettres. Cette situation pourrait concerner un sous-groupe plus spécifique d'enfants dyslexiques.

Quoi qu'il en soit, les troubles des apprentissages font l'objet d'une prise en charge spécialisée qui, selon les cas, relève de la logopédie ou de la neuropsychologie. Toutefois, depuis la fin des années 1990, des logiciels de stimulation sont proposés. Ils sont généralement tournés vers les facteurs communs à l'ensemble des troubles des apprentissages: la réduction des capacités de mémoire de travail et les déficits au niveau du contrôle attentionnel. La plupart se targuent non seulement de pouvoir aider les enfants concernés par ces problèmes, mais aussi d'être à même de doper les capacités d'apprentissage des autres enfants.

Les logiciels de stimulation entraînent l'attention et la mémoire de travail de tous les enfants comme si chacun d'eux était le clone des autres

L'idée de développer des logiciels permettant de stimuler de façon ludique mémoire de travail et capacités attentionnelles fit son chemin. Les programmes informatiques de ce type recueillent un succès croissant. Et ils se retrouvent aujourd'hui chez des professionnels de la prise en charge des troubles des apprentissages, dans des écoles et dans des familles.

Parmi ces produits informatiques, l'un des plus utilisés par les praticiens est le logiciel *Cogmed*, élaboré par Torkel Klingberg, professeur de neurosciences cognitives à l'Institut Karolinska de Stockholm. «*Les produits de ce genre, très prisés par le public, sont trop vite commercialisés alors que les études de validation de leur efficacité thérapeutique ne sont pas encore pleinement achevées*», indique Steve Majerus. Un autre logiciel de ce type est *Jungle Memory*, programme accessible à tous et spécifiquement dédié à l'amélioration de la mémoire de travail et des aptitudes en calcul. Ses concepteurs encouragent son emploi dans les écoles. Une initiative qui a fait florès en Angleterre. Il existe en fait nombre de logiciels de stimulation cognitive sur le marché, les uns destinés aux enfants, d'autres aux adultes principalement dans le but de lutter contre le vieillissement cognitif.

La mémoire des poèmes

La plupart des programmes imitent des jeux vidéo. Ils sont basés sur des exercices de mémoire de travail et d'attention dont la difficulté croît à chaque

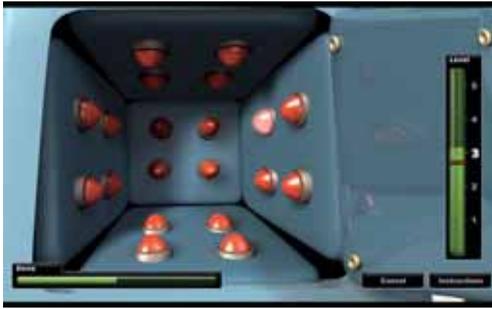
fois que l'enfant franchit un palier. Toutefois, la seule question qui importe est celle de l'efficacité de la méthode. Et précisément, c'est là que le bât blesse. «*Les méta-analyses récentes ont montré que par rapport à une condition de contrôle où l'on propose à l'enfant des exercices non spécifiquement centrés sur la mémoire de travail ou l'attention, l'effet des logiciels est très limité, surtout en termes d'amélioration des capacités d'apprentissage des enfants*», déclare Steve Majerus. Certes, quand l'enfant réalise des exercices de mémoire de travail, il devient plus performant dans ces tâches, mais l'effet disparaît très rapidement quand on lui présente des tâches plus éloignées de celles qu'il a entraînées. Ce qui nous renvoie à la phrase énoncée dans un cadre plus général par le neuropsychologue Martial Van der Linden, internationalement reconnu pour ses travaux sur la mémoire: «*Étudier des poèmes par cœur ne procure d'autre bénéfice qu'une amélioration de la mémoire des poèmes.*»

Certains résultats tendent à nuancer légèrement le verdict négatif essuyé par l'ensemble des logiciels de stimulation. «*Il se pourrait que ces programmes soient un peu plus efficaces chez les enfants ayant un trouble des apprentissages avéré que chez les autres, mais cela reste sujet à caution étant donné le faible nombre d'études dans ce groupe d'enfants*», confie Steve Majerus.

Des études en neuroimagerie semblent montrer que les personnes qui participent à des entraînements de type *Cogmed* présentent une modification d'activation cérébrale au niveau des régions fronto-pariétales impliquées dans la mémoire de travail et le contrôle attentionnel. D'autres travaux laissent à supposer que des changements structurels seraient également perceptibles. Visible-ment, cela ne se traduit pas par des effets de transfert significatifs de l'entraînement sur les performances de la mémoire de travail des sujets de manière plus générale. «*Si ces programmes amélioreraient vraiment la mémoire de travail, on devrait observer des bénéfices plus larges au niveau des apprentissages scolaires, voire des tests de QI qui dépendent également de la mémoire de travail. Or, les effets sont, au mieux, modestes*», souligne Steve Majerus.

Une approche trop générale

Pourquoi les logiciels de stimulation procurent-ils des gains dérisoires ? Essentiellement parce qu'ils se basent sur une approche fonctionnelle de la rééducation. En clair, ils entraînent l'attention et la mémoire de travail de tous les enfants comme si chacun d'eux était le clone des autres. «*Leurs*



Bien que très prisés par le public, le logiciel *Cogmed* et les produits analogues sont généralement commercialisés avant même que leur efficacité thérapeutique ne soit pleinement démontrée.



cadres théoriques restent très généraux, insiste Steve Majerus. Ils ne font appel à aucune analyse cognitive des difficultés de chaque enfant pris isolément, de sorte que les exercices proposés ne peuvent répondre à celles-ci. Certes, les logiciels permettent habituellement d'opter plutôt pour des tâches verbales ou plutôt pour des tâches visuo-spatiales, mais ils ne sont en rien modulables dans le but de stimuler des sous-processus spécifiques comme, par exemple, les aspects sériels de la mémoire de travail qui permettent de se souvenir, dans le bon ordre, des informations reçues.»

Toutes les études mettent en évidence que pour qu'une rééducation soit couronnée de succès, il est primordial qu'elle tienne compte du profil cognitif particulier de chaque enfant. Ainsi, un enfant dyslexique n'est pas l'autre. Certains présenteront des troubles phonologiques majeurs avec une mémoire de travail légèrement moins performante que la moyenne, tandis que d'autres, dont la composante phonologique sera moins altérée, seront pénalisés par la grande faiblesse de leur mémoire de travail. Par ailleurs, les déficits de cette dernière peuvent être de plusieurs ordres. Par exemple, les difficultés peuvent émaner d'une mauvaise capacité à maintenir les informations phonologiques, mais aussi résulter, entre autres, d'un système peu performant de traitement de l'ordre sériel. La même logique vaut au niveau attentionnel, où les problèmes peuvent s'enraciner tantôt dans des ressources limitées (une «quantité» d'énergie attentionnelle disponible insuffisante), tantôt dans une propension à la distractibilité ou tantôt encore dans de faibles facultés d'inhibition des informations non pertinentes.

«Lorsqu'on a identifié la source des difficultés, il est possible de travailler les capacités déficitaires, mais également d'insuffler à l'enfant des

stratégies compensatoires, indique Steve Majerus. Si, atteint de dyslexie ou de dysphasie, il possède une mémoire de travail très faible sur le plan verbal, mais plus développée sur le plan visuospatial, on peut lui apprendre à recoder les informations verbales sous la forme d'images mentales.»

Cette approche a montré toute son efficacité chez des enfants qui disposaient d'un développement cognitif normal mais qui, à la suite d'une lésion cérébrale, ont souffert de troubles importants dans la sphère attentionnelle, voire dans celle de la mémoire de travail. «Grâce à la neuroplasticité, on peut parfois rendre aux enfants des performances cognitives quasi normales lorsque cette approche est applicable», affirme notre interlocuteur. Les bénéfices de ces stratégies pourraient néanmoins être moindres chez les enfants présentant des troubles des apprentissages dits développementaux, mais ne sont pas à négliger.

Dans les troubles des apprentissages, les logiciels de stimulation, dans leur définition actuelle, pèsent donc de peu de poids sur le plan de l'efficacité par rapport aux prises en charge logopédiques et neuropsychologiques individualisées. D'autant que les thérapeutes disposent désormais de cadres théoriques et de tests très précis permettant de mettre le doigt sur les processus cognitifs déficitaires. En outre, une bonne orientation scolaire est capitale car, même traités avec succès, les troubles des apprentissages ne s'effacent jamais totalement. «Par exemple, une personne dyscalculique, même après prise en charge individualisée, gardera des faiblesses dans le domaine des mathématiques, souvent pour le reste de sa vie», commente Steve Majerus.

Et d'insister de surcroît sur le fait que la meilleure stimulation des capacités cognitives demeure l'enseignement scolaire en tant que tel s'il est bien adapté aux capacités et carences de l'enfant. «Sur le plan cognitif, il tire en permanence l'élève vers le haut, dit-il. La mémoire de travail y est sollicitée sans cesse par les instructions et les cours oraux dispensés.» A



BIO NEWS

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

PHOTOS : © ERAXION/FOTOSEARCH LBRF (P.39), ZWEER DE BRUIN/FICKR (P.39 BIOZOOM), © AWPA (P.40)

De la peau de l'éléphant

Sous l'effet d'une forte chaleur, surtout quand elle est persistante, notre peau se couvre de la sécrétion des glandes sudoripares. Celle-ci permet, après évaporation de l'eau, de maintenir aussi longtemps que possible notre corps à la température optimale. Ce qui est surprenant, c'est que nombre d'animaux supérieurs, et en particulier ceux qui ont une activité diurne en Afrique subsaharienne, n'ont pas ce dispositif, ce qui a dû les forcer à retenir une autre adaptation évolutive.

C'est le cas de l'éléphant *Loxodonta africana*. Il est grand, vit dans la savane et est donc particulièrement bien exposé aux ardeurs du soleil. Les points d'eau ne sont pas très abondants non plus. L'éléphant, qui est capable de longs déplacements, sait les retrouver et en profite à chaque fois pour s'y immerger et/ou se rouler dans la boue si l'eau est en quantité insuffisante. Chacun a en mémoire ces séquences de bain «grand format» dont les documentaires sont friands. Pour intéressante que la méthode paraisse pour apporter une croûte de boue protectrice et éloigner les parasites, elle

n'explique pas tout. Comme l'a démontrée une équipe de l'Université de Genève - dirigée par le belge Michel Milinkovitch - il faut explorer l'épaisseur de la peau de l'animal (le *stratum corneum*) pour y découvrir le vrai bénéfice de ces bains-là.

Mettant à profit l'analyse fine de biopsies cutanées (par microscope et tomographie adaptée), les chercheurs ont découvert que cette enveloppe, qui ne se desquame pas mais s'épaissit avec l'âge, se micro-fracture localement, créant un réseau de microfissures dans lequel l'eau des bains peut s'infiltrer avant d'être passivement retenue ensuite par la dessiccation de la croûte minérale en périphérie. C'est en quelque sorte une faiblesse de l'extension du tégument qui est passivement mise à profit pour assurer à l'animal une protection temporaire contre les effets d'un soleil omniprésent.

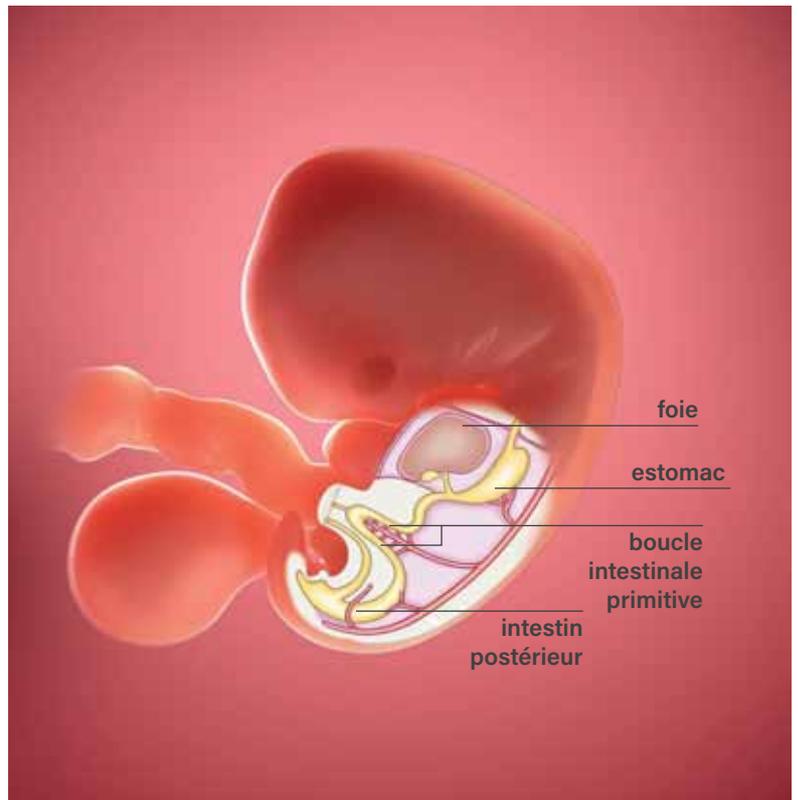
Comme nous le rappelle bien involontairement ici l'éléphant, il faut parfois savoir mettre à profit ses petites faiblesses... 

 <https://www.nature.com/articles/s41467-018-06257-3>

L'intestin qui se courbe

La mise en place progressive des organes d'un embryon part de bourgeons pairs qui, en fusionnant, nous confèrent la symétrie dont notre corps bénéficie, au moins vu de l'extérieur. À l'intérieur, c'est globalement vrai aussi puisque nombre de nos structures restent paires; mais pas toutes. Le tube digestif en fait partie. Après tout, même unique, il peut bien entendu être le résultat de la fusion de 2 entités. Mais pour en manifester une preuve évidente, il devrait être en position centrale et plutôt rectiligne, ce qui est loin d'être le cas. Non seulement est-il particulièrement long - toutes sections confondues - mais il est aussi courbe. Parce qu'il faut bien le caser dans cet espace restreint qu'est l'abdomen ? Sans doute, mais ça c'est un résultat. Encore faut-il qu'un processus génétiquement programmé mène à la formation d'anses qui ne sont pas le fruit du hasard.

On sait depuis un certain temps déjà que de l'acide hyaluronique est présent dans tous les tissus connectifs et de remplissage; on en retrouve donc logiquement un peu dans tous les tissus et notamment, dans le conjonctif. La paroi du tube digestif n'en est pas démunie non plus. Sauf que - et ça, c'est un acquis récent de la recherche - sa concentration n'est pas identique d'un côté et de l'autre de ce conduit, le droit étant plus riche que le gauche en ce composant. Des travaux récemment menés sur des embryons de poulet et de souris ont en outre permis de montrer que la molécule de base de cet acide est enrichie à ces stades précoces de développement de chaînes peptidiques annexes qui en modifient donc à la fois la composition et la fonction. Elles en modifient également la longueur et c'est cette différence qui mènerait le conduit digestif à s'allonger davantage du côté droit le forçant à une courbure progressive. Ce n'est peut-être pas



le seul inducteur de cette évolution organique, mais celui-ci semble essentiel: l'inhibition de sa production chez les embryons étudiés mène en effet à une conformation anormale du conduit.

Cela peut paraître anodin rapporté à toute l'organisation du corps, mais c'est tout de même essentiel puisqu'un tube digestif mal constitué est un organe qui fonctionne mal. Or, on attend de lui qu'il le fasse bien. Donc il faut que sa conformation soit judicieusement programmée et pas laissée au simple hasard. Et on sait désormais - pour partie au moins - à quoi cette normalité est due et qu'elle naît, chose surprenante mais nécessaire, d'une asymétrie. ^A

► *Nature*, 2018; 561: 8



BIO ZOOM

On le croirait tout droit sorti de *L'âge de glace*, rien d'étonnant vu son épais pelage ! Le manul (*Otocolobus manul*) vit en Asie centrale, surtout en Mongolie et sur le plateau tibétain, où il chasse des oiseaux, marmottes, lapins et autres petits rongeurs. En dépit des apparences, il a la taille d'un chat domestique, soit 50 à 65 cm. Le chat de Pallas (du nom du premier zoologiste à l'avoir décrit) est plutôt court sur pattes et lent, il constitue donc une proie facile pour des carnivores plus gros que lui, raison pour laquelle il préfère les rochers ou les ravins des steppes et établit sa tanière dans les terriers de marmotte abandonnés. Longtemps chassé pour sa fourrure, il ne serait toutefois pas menacé d'extinction.



La reconstitution de l'Homme de Spy par les artistes Adrie et Alfons Kennis est exposée à l'EHoS, à Onoz.

Que devons-nous à Neandertal ?

Rien ? Mais si, 3% environ de notre génome, ce qui signifie que même si nos ancêtres sapiens et leurs cousins Neandertal ont cohabité finalement assez peu de temps, ils n'ont pas échangé que de simples salutations d'usage.

On commence à connaître aujourd'hui ce qui constitue ce matériel transmis et une des révélations récentes tient au fait qu'il s'agit, en particulier (mais pas uniquement), de gènes qui permettent à l'organisme de se défendre contre l'action des virus. Voilà donc un legs de ces lointains cousins qui a favorablement passé le cap de l'hybridation ! Sauf qu'évidemment, les premiers bénéficiaires de ces gènes ont d'abord été ceux qui étaient confrontés aux virus apportés par les Neandertal eux-mêmes et qui étaient nouveaux pour eux. Et comme ces prédispositions acquises apparaissaient d'emblée favorables, l'évolution en a gardé la trace élective jusqu'à nous, des dizaines de milliers d'années plus tard. Cela n'interdit pas de contracter des virus ni même d'en mourir en fonction de sa virulence ou de son propre état de santé, mais c'est mieux que rien, tout de même. Dans ce domaine comme ailleurs, il n'y a pas de petits profits, fussent-ils venir de très loin, voire d'une hybridation peut-être pas toujours consentie ! ^A

► *Cell*, 2018; 175: 360-371

La méthylation des demandeurs d'asile

L' afflux de migrants sur le territoire européen a mené les États concernés par cette migration pour le moins massive et nouvelle à prendre les dispositions diverses que l'on sait.

Souvent jeunes et arrivés sans papiers, les hommes qui ont fait un voyage sans retour, long et périlleux, entendent mettre toutes les chances de leur côté pour passer du bon côté du sort qui leur sera réservé. Quitte à tricher un peu. Sur l'âge notamment. Et on sait qu'il peut être difficile d'évaluer l'âge exact d'un jeune homme au point de préciser s'il a oui ou non plus de 18 ans. Il existe bien entendu des tests osseux basés sur la radiographie par rayons X ou par résonance magnétique. Mais ces tests, en plus d'être coûteux, sont assez peu précis, dotés d'une marge d'appréciation de 3 à 4 ans. Des migrants ont par ailleurs refusé de s'y soumettre au nom de la dignité.

Ce qui est sûr, c'est qu'un mineur jouit de dispositions plus attentives des autorités européennes

que les adultes. Il y a donc matière à une évaluation aussi précise que possible pour éviter de trop larges débordements. Et dans ce registre, il semble que l'épigénétique soit en mesure d'apporter une avancée déterminante. On la doit à un scientifique américain, Steve Horvath, qui a décrit une méthode permettant d'établir l'âge d'un individu avec une précision qui serait de l'ordre de 1 an.

Celle-ci repose sur la méthylation de 391 sites de l'ADN, le tout étant compilé par un programme de biostatistique. Le dépôt de radicaux méthyles sur ces sites évolue avec l'âge et semble être en effet un bon critère d'évaluation, comme en témoignent les tests préliminaires de validation qui ont bien entendu été réalisés. Et rien n'interdit de multiplier le nombre de ces sites génomiques pour apporter davantage de précision.

Reste à évaluer l'éthique d'une telle démarche et à en juger par les premiers avis émis, on est tantôt dans une problématique d'exclusion, tantôt dans celle d'entérinement, le tout étant ensuite affaire de politique qu'il ne nous appartient pas de juger ici: la science est amenée à apporter une information de plus en plus précise et fiable; ce qui suit ne lui appartient plus. ^A

► *Nature*, 2018; 561: 15



Comportement maternel et... matières fécales

L'hétérocéphale (*Heterocephalus glaber*) est un animal pour le moins étonnant qui habite la corne de l'Afrique, et plus particulièrement son sol, dans lequel il creuse des galeries comme le font ici nos taupes. Outre de surprenantes facultés comme une résistance à la douleur, au cancer et à l'absence temporaire d'oxygène, cet animal frappe par son esthétique disons... particulière. Sa peau est rose, transparente et nue, à l'exception de quelques vibrisses éparses mais sensibles aux vibrations. Ses yeux et ses oreilles sont tout petits. En revanche, il dispose de 2 longues incisives qui lui servent surtout à creuser des galeries. Voilà pour l'aspect général.

Élément extraordinaire et d'ailleurs unique chez les mammifères, le rat-taupe nu (c'est son nom habituel) vit en colonies, un peu à la façon des abeilles, avec une fonction reproductrice dévolue à la seule reine. Et celle-ci y va fort: elle peut avoir 5 portées par an, permettant à chaque fois la naissance de 12 petits, voire beaucoup plus. Et les autres membres de la communauté ? Plusieurs mâles peuvent être les reproducteurs attirés, les autres vaquant à des tâches diverses au titre de soldats ou d'ouvriers. Quant aux femelles, si elles peuvent partager ces tâches-là aussi, elles ont pour fonction de s'occuper des petits et on a vu à quel point ils peuvent être nombreux.

Ce qui a un temps interpellé, c'est la raison pour laquelle elles n'entrent pas dans un cycle reproducteur, cette fonction étant dévolue à la seule reine. L'explication est essentiellement hormonale, avec toutefois des composantes phéromonale et alimentaire. Les phéromones sont des substances volatiles - perceptibles ou non à l'odeur - à effet hormonal. Elles seraient issues de l'urine de la reine. La composante alimentaire est quand à elle un peu particulière vu le contexte: elle tient à la coprophagie. Même si le fait de consommer des matières fécales - c'est de cela qu'il s'agit - n'est pas rare dans le monde animal, il a ici une fonction toute particulière dans le sens où ce sont les matières fécales de la seule reine qui semblent consommées et ce n'est pas un hasard: elles sont riches en hormones femelles - les estrogènes - ce qui a pour effet de bloquer ou au moins de réduire de façon significative la production de leurs équivalents par l'organisme de celles qui les consomment. Résultat: elles n'atteignent pas un niveau suffisant pour produire des ovules, mais le comportement «femelle» n'est quant à lui pas affecté.

Le tout reste une particularité de l'espèce, sans équivalent connu chez les autres mammifères. Il va de soi que le fait d'habiter en communauté dans l'environnement confiné des galeries favorise à la fois la dissémination des phéromones et la disponibilité des royales déjections. On peut être reine et avoir des faveurs pour le moins particulières pour ses sujets ! ¹

► *Proc. Natl Acad. Sci USA*, 2018.  <http://doi.org/ctc2>
Nature, 2018 ; 561 : 9

Requin végétarien

Tous les requins, en dépit de la méchante publicité qu'on leur fait, ne sont pas mangeurs d'hommes et il s'en faut de beaucoup, ne fût-ce que parce que leur taille ne leur permet pas. Et puis il y a tant d'autres proies plus faciles d'accès.

Il n'empêche que ces vertébrés aquatiques sont tous carnivores. Tous ? Enfin presque; car on a récemment découvert que l'un d'entre eux est en réalité omnivore. Il n'hésite en effet pas, pour la moitié de son régime en tout cas, à faire son ordinaire des algues qui poussent dans son habitat, au large des côtes américaines. Il s'agit d'un petit requin marteau, nommé *Sphyrna tiburo*. Avec son mètre de long en moyenne (les plus grands individus peuvent atteindre 1,50 m), il n'est certes pas le plus impressionnant; et s'il demeure un prédateur, ce sont les crustacés, crevettes et petits céphalopodes qui ont à souffrir de son appétit.

Ce qui surprend les scientifiques, c'est bien entendu ce changement de régime étonnant, qui semble indiquer que s'il consomme finalement beaucoup de végétaux, c'est surtout parce que ce requin-là dispose des enzymes qui lui permettent de les dégrader, en particulier la cellulose. Est-ce un acquis évolutif récent propre à cette seule espèce, ou bien d'autres requins disposent-ils aussi des mêmes enzymes mais n'en font tout simplement pas usage parce que leurs proies habituelles suffisent à combler leur appétit ? On sait toutefois aussi, pour l'avoir observé chez d'autres espèces de vertébrés prédateurs, qu'ils sont capables de digérer en partie le contenu digestif de leurs proies végétariennes, afin de faire profit de tout...

Les recherches toujours en cours sur cette étonnante exception marine devraient nous permettre d'en savoir un peu plus. Il va de soi que si l'image globale du requin va peu changer, le fait d'en connaître un qui mange de l'herbe rend la bête déjà un peu plus sympathique. ¹

► *Nature*, 2018; 561: 152

Le petit requin marteau
Sphyrna tiburo



Les premiers aimants... liquides

S'il y a des objets qui sont associés à des solides, ce sont bien les aimants. Plaqués sur la porte de votre frigo, disposés à l'intérieur des scanners ou destinés à accélérer des particules... ils sont partout. Mais toujours sous la forme solide. Des aimants liquides viennent cependant d'être produits pour la première fois

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

Même s'il est un phénomène quantique, le magnétisme est bien connu de tout un chacun à cause des effets qu'il produit. Bien rares sans doute sont les enfants qui n'ont jamais joué avec des aimants, s'amusant à attirer des pièces de fer ou faisant se repousser 2 d'entre eux. Et cela depuis la nuit des temps. Le phénomène est cependant resté mystérieux pendant des siècles. Certes, au 18^e siècle, Coulomb montre que les forces qui s'exercent entre 2 charges magnétiques sont inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare. Mais cela n'explique en rien le phénomène. C'est bien plus tard qu'on découvre que tout se joue au niveau des atomes, dont chaque électron possède un petit moment magnétique à cause de son spin (rotation). Les électrons de moments magnétiques opposés ont évidemment tendance à se regrouper. Ce qui produit un moment nul au niveau microscopique. C'est la raison pour laquelle la plupart des matériaux ne sont pas des aimants. Mais il peut arriver que des électrons soient sans partenaire, isolés. Dans ce cas, les moments s'additionnent et il y a une aimantation au niveau macroscopique. Que cela se produise durablement est rare: seuls les métaux dits de transition (fer, nickel...) et des terres rares ont cette propriété. C'est un phénomène appelé ferromagnétisme; ces matériaux ont la propriété d'avoir une aimantation forte - et le plus souvent permanente - même en l'absence de champ magnétique extérieur. Le plus souvent en effet, un corps devient magnétique lorsqu'on

lui applique un champ électromagnétique. Mais dans un cas comme dans l'autre, c'est du solide... au sens premier de l'expression.

Impression 3D

Des chercheurs du *Département de l'énergie du Lawrence Berkeley National Laboratory* ont publié en juillet dernier dans la revue *Science* (1) le résultat d'une expérience qui vient bouleverser ce qu'on croyait acquis: il pourra exister des aimants liquides. Autrement dit, il existera dorénavant une matière molle magnétique. Les chercheurs sont partis d'un ferrofluide, c'est-à-dire un liquide qui contient en suspension des particules d'oxyde de fer qui deviennent magnétiques lorsqu'elles sont soumises à un champ magnétique, avec l'idée de trouver ce qu'il faut faire pour le rendre magnétique de manière permanente. Pour cela, ils ont imprimé en 3D des gouttelettes d'1 mm de diamètre au sein du ferrofluide, gouttelettes contenant des nanoparticules d'oxyde de fer de 20 nanomètres de diamètre (la taille d'une protéine). Ces particules ne sont donc plus libres au sein du fluide (comme dans le cas de ferrofluide non permanent) mais encapsulées dans des gouttelettes. Résultat, les chercheurs ont observé que des nanoparticules se regroupent pour former une sorte de coque solide à la surface entre les gouttelettes et le liquide dans lequel elles baignent. Les gouttelettes ont ensuite été soumises à un champ magnétique, ce qui les a rendues magnétiques elles-mêmes (elles ont entamé une sorte de chorégraphie, selon les chercheurs, s'attirant et se repoussant, comme le font des aimants selon leur polarité). Mais le plus incroyable est que cette propriété a perduré même en l'absence de champ: les gouttelettes, donc le liquide, étaient devenues magnétiques. Selon les chercheurs, lorsque le champ magnétique est coupé, les nanoparticules qui ont été se coller à la surface des gouttelettes ne sont plus libres de leur orientation (elles se figent) et transmettent cette orientation aux autres particules qui sont restées au centre de la gouttelette. Celle-ci est donc aimantée entièrement; les nanoparticules sont toutes orientées dans le même sens d'où l'apparition d'un moment magnétique macroscopique non nul.

Selon les chercheurs, leur découverte pourrait mener à des applications allant de la confection de cellules artificielles pouvant servir de traitements ciblés à celle de robots liquides adaptant leur forme à leur environnement. 



Ferrofluide soumis au magnétisme d'un aimant.

(1) *Reconfigurable ferromagnetic liquid droplets*, Xubo Liu et al. *Science*, 19 jul 2019.

(2) *Large Q Factor with Very Small Whispering-Gallery-Mode Resonators*, Nirmalendu Acharyya and Gregory Kozyreff, *Physical review applied*, 30 jul 2019.

PIÉGER LA LUMIÈRE PLUS LONGTEMPS

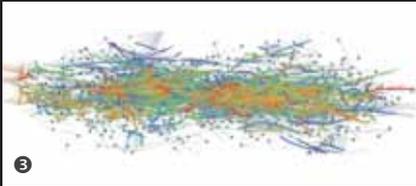
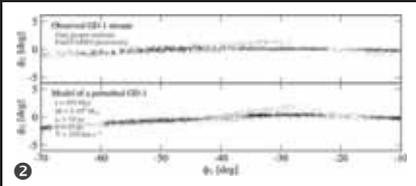
Les résonateurs sont des cavités dans lesquelles une onde - sonore ou lumineuse par exemple - entre en résonance. Ainsi, dans le domaine de l'optique, des rayons restent confinés en se réfléchissant de nombreuses fois sur les miroirs de la cavité. C'est le principe utilisé dans les lasers pour amplifier une source de lumière cohérente. En matière sonore, on connaît des phénomènes spectaculaires des «galeries à chuchotements», comme à la Cathédrale Saint-Paul à Londres ou au Temple du Ciel à Pékin: on chuchote une phrase le long du mur circulaire de ces édifices et la phrase est entendue par quelqu'un qui colle son oreille au mur à l'opposé de l'émetteur par exemple. Le son rebondit sur le mur en des endroits précis et son intensité décroît comme l'inverse de la distance et non comme l'inverse du carré, d'où le fait qu'il reste audible sur une distance plus importante qu'en l'absence du phénomène.

Ce phénomène de chuchotement (*whispering*) existe aussi en matière lumineuse dans des résonateurs dits *Whispering-gallery-mode (WGM)*. Ils doivent allier 2 qualités: un petit volume et un facteur de qualité Q élevé (c'est un paramètre qui décrit le degré d'atténuation du résonateur). Or, ce facteur est limité par les pertes en flexion, c'est-à-dire les pertes d'énergie du rayon lumineux lors de chaque changement de direction. Et plus le volume diminue, plus ces pertes augmentent de manière exponentielle (en fait, elles augmentent avec la courbure). Un vrai obstacle à la miniaturisation. Qui n'en est plus un aujourd'hui grâce à 2 chercheurs de l'ULB (2).

Ceux-ci ont en effet mis au point une procédure pour réduire les pertes de flexion. Grâce à des simulations numériques, ils ont montré que si l'on entoure la cavité par des coques diélectriques concentriques, on peut réduire presque totalement les pertes par rayonnement. En effet, plus il y a de coques externes, plus la réduction des pertes en flexion que l'on peut obtenir est forte, sans limite apparente. Une avancée importante quand on sait que ce type de résonateur est particulièrement intéressant par exemple en tant que biocapteur car ils peuvent détecter des protéines ou des virus.

À la Une du cosmos

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



Les résultats obtenus grâce à la mission européenne *GAIA* n'en finissent plus de tomber. ❶ Tout d'abord, collisions en série... La collision entre la Voie Lactée et la galaxie naine Antlia 2 s'est produite il y a des centaines de millions d'années. Sa conséquence ? Des perturbations du bord du disque galactique. De plus, la moitié des étoiles du disque galactique se seraient formées il y a 2-3 milliards d'années, lors d'un seul événement peut-être consécutif à la rencontre avec une galaxie naine satellite. Enfin, une collision encore plus ancienne (10 milliards d'années) expliquerait les caractéristiques du disque et du halo galactiques.

❷ Des trouées dans le courant d'étoiles associé à la destruction de l'amas GD-1 indiquent la présence d'un perturbateur, imaginé par certains comme un nuage de matière sombre... ❸ Si les étoiles nées ensemble restent souvent proches malgré le temps qui passe (leurs groupes forment de longues «lignes»), les vieilles ont des mouvements perpendiculaires au plan de la Galaxie plus rapides que les jeunes qui proviendraient de l'activité ancienne de la Galaxie et des perturbations par les galaxies satellites.

PHOTO: ESA ET (C) BONACA ET AL.



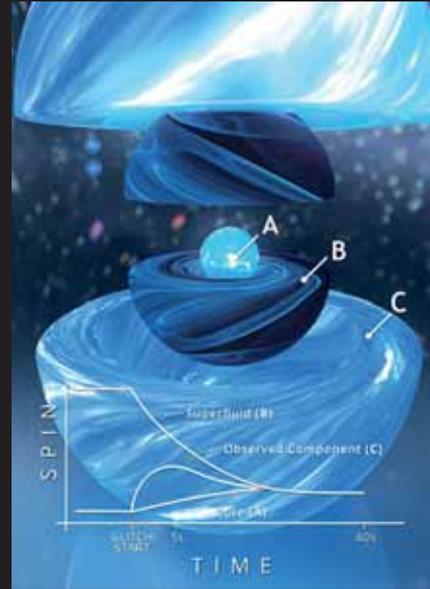
On avait trouvé des trous noirs supermassifs formés très tôt après le *Big Bang*. On explique aujourd'hui leur présence par une formation particulière, un effondrement direct.

PHOTO: S. WOODS VUE D'ARTISTE



L'observatoire sino-japonais *ASgamma*, installé au Tibet, a décelé des rayons cosmiques d'énergie supérieure à 100 TeV et allant même jusqu'à 450 TeV - pulvérisant le record précédent d'un facteur 6 (précisons que 2TeV=2 millions de millions de fois plus énergétique qu'un photon de lumière visible). Ces particules rapides proviennent de la nébuleuse du Crabe.

PHOTO: ©2002-2019 INSTITUTE OF HIGH ENERGY PHYSICS, CAS



Le pulsar de la constellation des Voiles a eu un hoquet - sa rotation a brusquement changé, ce que les astronomes appellent «glitch». Cela a permis de contraindre sa structure interne, en particulier la présence de 2 «souples» superfluides mais la fin de l'événement s'est déroulée autrement que prévu - un nouveau mystère à résoudre.

PHOTO: VUE D'ARTISTE, C. KNOX



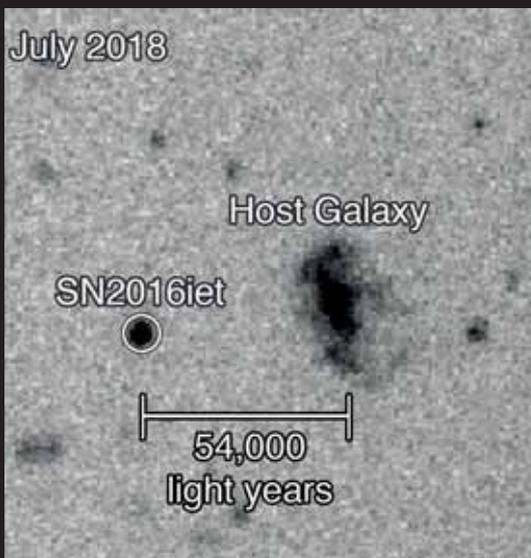
La sonde *Hayabusa 2* n'est pas restée inactive pendant les vacances. Après s'être posée une seconde fois sur l'astéroïde Ryugu pour récolter des échantillons, son atterrisseur *MASCOT* a pris des photos montrant que l'astéroïde est le résultat de processus violents. En outre, ses données indiquent que les astéroïdes de classe C comme Ryugu sont plus poreux qu'on ne le pensait, une fragilité qui explique la rareté des météorites de ce type.

PHOTO: MASCOT



L'étoile Beta Pictoris a de la compagnie: 3 comètes ont été identifiées par le télescope TESS et une deuxième planète par l'instrument européen HARPS.

PHOTO: RUBINI/LAGRANGE



Surprises inédites pour les supernovae ! ❶ Une supernova observée par les télescopes TESS et SALT aurait été produite par pas moins de 3 étoiles (dont 2 cadavres de soleil, des naines blanches). ❷ La supernova SN 2016iet semble être le premier cas d'un type assez rare: une «supernova à instabilité de paires» marquant la fin d'une étoile isolée très massive et ne laissant aucun cadavre derrière elle.

PHOTO: LAS CAMPANAS

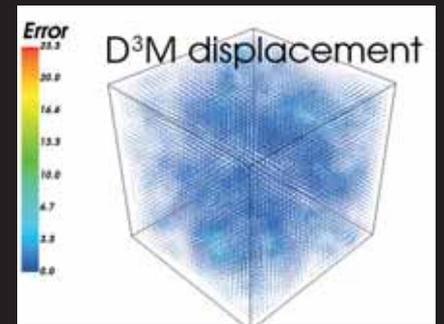
Retour sur des impacts... ❶ On a trouvé qu'il y a eu un impact en Écosse il y a environ un milliard d'années tandis que le cratère australien Yarrabubba a été daté à 2,2 milliards d'années, ce qui en fait le plus vieux connu. Certains pensent que son action aurait modifié le climat, permettant de quitter l'état «boule de neige». ❷ On propose un scénario pour la formation des chondrules météoriques et on lie certaines météorites (les mésoosidérites) à un impact violent sur Vesta au tout début du Système solaire (impact qui serait aussi responsable de la croûte particulière de cet astéroïde).

❸ Un impact majeur dans les premiers temps du Système solaire serait responsable de la dichotomie, tant morphologique qu'isotopique, entre les hémisphères (visible et caché) de la Lune.

❹ Le gros bombardement en début de système solaire se serait arrêté il y a 4,48 milliards d'années (et non 3,8) pour Mars, permettant une certaine habitabilité plus tôt que prévu... ❺ L'impact qui a créé le grand cratère Lomonosov sur Mars fut probablement à l'origine d'un méga-tsunami il y a 3 milliards d'années.

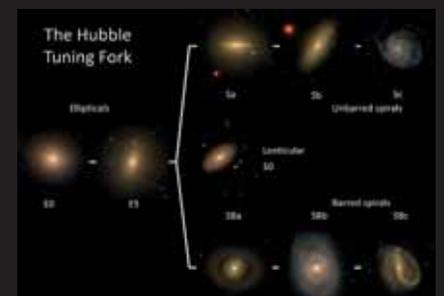
❻ Les mesures du champ gravitationnel de Jupiter par la sonde Juno suggèrent qu'une collision a eu lieu avec une grosse protoplanète au tout début du Système solaire.

PHOTO: MGS



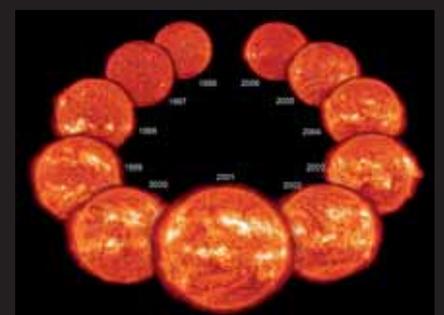
Une simulation de l'Univers par AI donne des résultats remarquablement bons en un temps étonnamment court - et on ignore exactement pourquoi.

PHOTO: HE ET AL.



La classification de plus de 6 000 galaxies par le projet citoyen *Galaxy Zoo* ne suit pas le schéma classique de Hubble (gros bulbe, bras spiraux étroitement enroulés), ce qui jette un doute sur le modèle des ondes de densité utilisé pour expliquer les bras spiraux.

PHOTO: SDSS



La périodicité du cycle solaire semble liée à l'alignement Vénus-Terre-Jupiter, qui se produit tous les 11 ans. Les marées planétaires produiraient des oscillations influençant le champ magnétique solaire.

PHOTO: NASA



Quoi de neuf dans l'espace ?

Depuis le 2 novembre 2000, on a une permanence humaine au-dessus de nos têtes. De façon continue, à bord de l'*Iss* (*International Space Station*), où se relaient cosmonautes russes, astronautes américains, européens, canadien, japonais... pour des missions de 6 mois et plus

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTOS: NASA-ESA

Cette infrastructure complexe de plus de 420 t, qui évolue à quelque 400 km d'altitude, sert à des tests technologiques (nouveaux équipements, matériaux de pointe, recyclage...) et à des expériences scientifiques (biologie, médecine, physique, astronomie, météorologie...). Elle se trouve régulièrement ravitaillée par des vaisseaux *Progress* de l'agence spatiale russe *Roscosmos*, par des modules *Kounotori* du Japon, les systèmes privés *Dragon* de *SpaceX* et *Cygnus* de *Northrop Grumman*.

Quel futur pour l'*Iss*, alors que la NASA s'est fixé comme priorité de faire retourner ses astronautes sur la Lune dès 2024 ?

La *Station spatiale internationale*, dont les premiers modules ont plus de 20 ans d'âge, constitue dans l'espace la réalisation la plus importante à des fins pluridisciplinaires. On estime que sa mise en œuvre a jusqu'à présent coûté environ 150 milliards d'euros. Il est prévu que l'*Iss* puisse rester opérationnelle jusqu'en 2025. Dans quelle mesure la NASA disposera-t-elle des ressources financières pour mener à bien, en parallèle, sa coûteuse exploitation et l'ambitieux projet *Artemis* d'exploration humaine de notre satellite naturel ? L'administration Trump-Pence compte bien



L'astronaute Frank De Winne en train de déplacer un élément du système de recyclage d'urine, tombé en panne.

terminer un second mandat présidentiel en amorçant une nouvelle phase de l'astronautique par un retour d'astronautes sur la Lune.

Quand est-il prévu de tourner la page de l'Iss ?

L'Iss résulte d'un partenariat intergouvernemental entre les USA (avec la NASA), la Russie (avec Roscosmos), l'Europe (avec l'ESA), le Japon (avec la JAXA), et le Canada (avec la CSA). Il serait prévu que la station, en dépit de l'âge avancé de certains éléments, continue d'être exploitable jusqu'en 2030. Tout dépend d'un accord entre les partenaires. La NASA voudrait voir une utilisation commerciale avec des sociétés privées. Elle fait déjà appel à la libre entreprise pour ravitailler l'Iss avec SpaceX et Northrop Grumman, bientôt avec Sierra Nevada et son planeur Dream Chaser. Dès 2020, SpaceX (avec Crew Dragon) et Boeing (avec Starliner) assureront la desserte pour les missions habitées à bord.

Dans quelle mesure la Belgique est-elle concernée par les activités dans l'Iss ?

Frank De Winne, notre astronaute de l'ESA, y a effectué 2 séjours. Au cours du second, qui a duré plus de 6 mois, il fut le premier commandant de bord non américain et non russe de la station. Régulièrement, les chercheurs belges participent à des expériences dans le laboratoire européen Columbus. Le B.Usoc (Belgian User Support & Operation Centre), implanté à l'IASB (Institut d'Aéronomie Spatiale) sur le plateau d'Uccle, contribue à la mise en œuvre de certains instruments, comme Rubi (Reference Multiscale Boiling Investigation) pour étudier les processus d'ébullition des liquides en impesanteur. 

MAIS ENCORE...

Faux bond du lanceur européen Vega

Le 11 juillet, l'opérateur de transport spatial Arianespace a essuyé un fâcheux revers: le vol du 15^e Vega échouait suite à la défaillance du 2^e étage Zefiro 23 (propulseur solide) de fabrication italienne. Cet échec, le premier du petit lanceur d'Arianespace, a entraîné la perte de Falcon Eye-1 (1 197 kg) qui devait être le premier satellite d'observation militaire des Émirats Arabes Unis. Ce qui se traduit par l'intervention des compagnies d'assurances, lesquelles vont revoir à la hausse leurs primes couvrant les satellites et leurs lancements.

C'est le programme Vega qui risque de subir le contrecoup de cette défaillance inattendue. L'ESA (Agence Spatiale Européenne) et la société Avio développent la version améliorée Vega C, qui doit effectuer son premier vol au cours de l'année prochaine. Avec l'essor du phénomène Smallsat, il y a un réel intérêt pour les lancements Vega. Ceux-ci se trouvent suspendus jusqu'à ce que la commission d'enquête ait diagnostiqué la panne du 15^e Vega et défini des mesures correctrices. Ce faux pas survient à un mauvais moment, alors que la concurrence des petits lanceurs s'intensifie dans le monde.

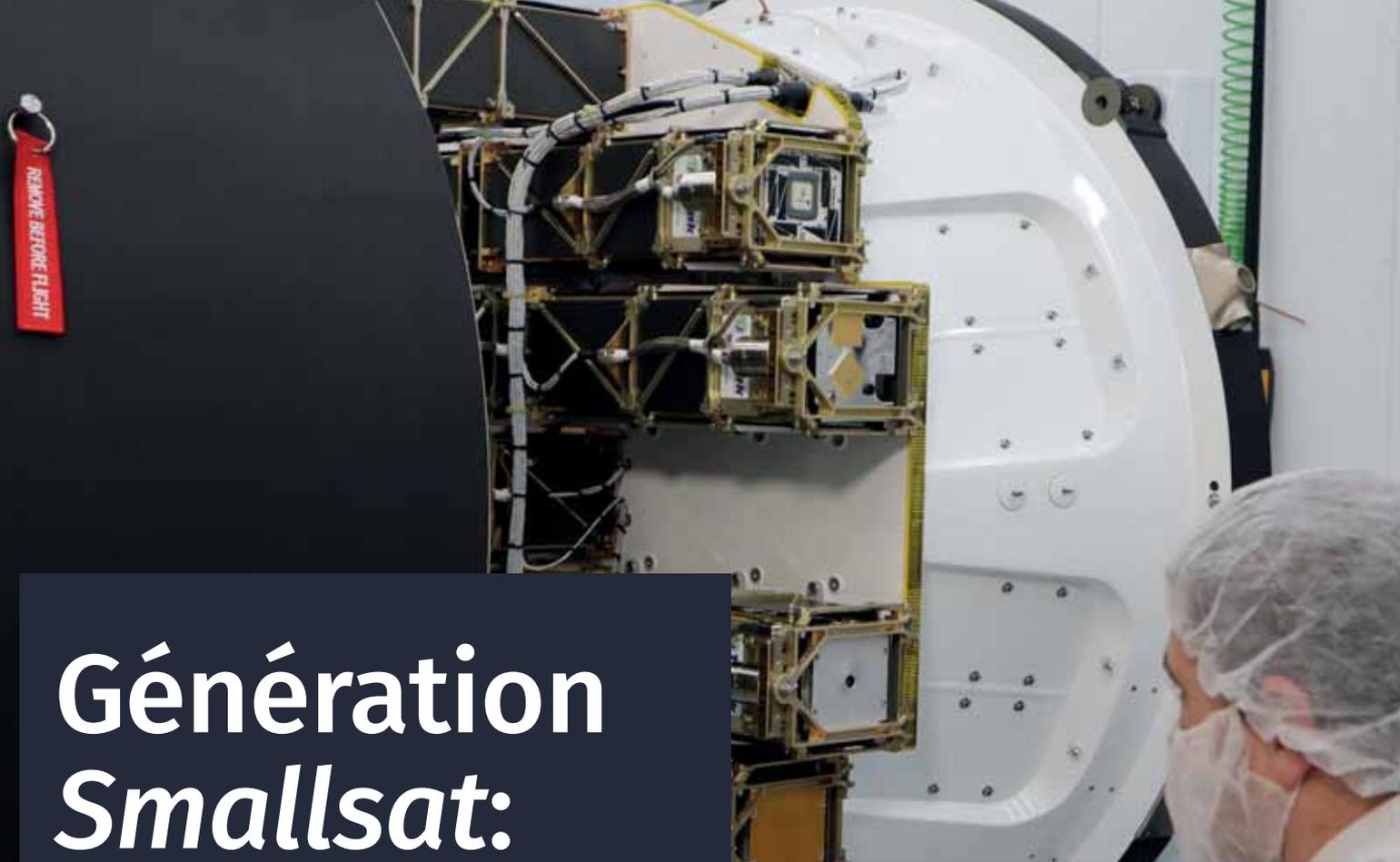
Commandement de l'espace pour la France de la Défense

À l'instar des États-Unis qui mettent en place la Space Force décidée par le Président Trump, la France se dote d'une entité spécifique au sein de l'Armée de l'Air pour protéger ses systèmes spatiaux militaires et pour surveiller les activités sur orbite de puissances que sont la Russie et la Chine. Les satellites de communication, d'observation et de navigation constituent des outils stratégiques à mettre à l'abri de toute action malveillante. Ce qui justifie une stratégie spatiale de défense, qui soit confiée à un commandement spécifique ayant son siège à Toulouse. On peut se demander dans quelle mesure l'Union européenne n'aurait pas intérêt à organiser son système de surveillance et de protection de l'environnement de l'espace. En Europe, toute activité qui concerne le militaire reste avant tout une affaire nationale.

Et que ça roule sur le sol martien !

La Nasa a réussi à déposer puis manœuvrer des rovers sur la Planète Rouge. À ce jour, ce sont 4 automates américains, alimentés par des cellules solaires, qui ont exploré la surface de Mars: Sojourner (1997), Spirit (de 2004 à 2009), Opportunity (2004-2018), Curiosity (depuis août 2012) ont collecté des milliers de vues, procédé à des analyses du sol et de l'atmosphère.

Au début de 2021, 3 nouveaux rovers doivent être déposés sur des sites martiens avec l'objectif de mieux mettre en évidence les traces de vie: en février 2021, le «jumeau» de Curiosity pour la mission Mars 2020; en mars-avril, l'automate de la mission chinoise HX-1, en avril, Rosalind Franklin de la sonde russo-européenne Exomars. La prochaine décennie sera donc marquée par une meilleure connaissance de la voisine de la Terre, notamment avec le retour d'échantillons. L'objectif à long terme est d'y réaliser l'arrivée d'une expédition habitée internationale dans les années 2030.



Cubesats en cours d'installation sur le lanceur *Electron*.

Génération *Smallsat*: jusqu'où peut-on aller ?

Peu à peu, de plus en plus, la dimension spatiale envahit notre quotidien. À l'heure des smartphones et autres tablettes, nous allons être sous l'emprise numérique de satellites petits, voire très petits, que plusieurs compagnies privées sont en train de déployer en des centaines, voire milliers d'exemplaires autour de la Terre. La miniaturisation et la standardisation des composants électroniques font naître une génération *Smallsat* au service des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). Les USA et la Chine, en favorisant la libre entreprise, cherchent à s'imposer sur un marché en plein essor

TEXTE: THÉO PIRARD - THEOPIRARD@VAHOO.FR
PHOTOS: ©ROCKETLAB (P.48), ©VIRGIN ORBIT (P.49)

À l'ère du *New Space*, on assiste à une redistribution globale des cartes entre les acteurs des systèmes satellitaires de télécommunications et de télédétection. Chacun est mis devant un fait accompli: envers et contre tout, depuis l'espace, le numérique prend possession de notre planète. Plus question pour les Terriens, sur l'ensemble du globe, de pouvoir se passer du pouvoir des TIC. La prochaine décennie va voir un renforcement de ces technologies «sans frontière», qui sont entre les mains d'investisseurs privés et dont le contrôle échappe aux pouvoirs publics. Des constellations de nano- (*cubesats* entre 1 et 10 kg), micro- (de 10 à 100 kg), mini-satellites (jusqu'à ½ t) vont être déployées en grand nombre au-dessus de nos têtes afin de développer des applications commerciales à la mode numérique. C'est un business qui est en train de s'imposer: la prolifération, jusqu'ici débridée, de satellites risque de mettre à mal l'environnement spatial avec une pollution à hauts risques.

Internet partout, numérique tout-puissant

D'après une étude récente de l'analyste français *Euroconsult*, le nombre de petits satellites est sérieusement à la hausse. En 2017 et 2018, on a vu une augmentation de 93% par rapport à la période 2014-2016. Au cours de la décennie à venir, environ 8 600 *smallsats* seront lancés: on estime que 83%

le seront dans le cadre de constellations ! Le chiffre d'affaires pour leur production et leurs lancements devrait plus que tripler, passant de 11,35 milliards d'euros pour 2009-2018 à 38,55 milliards d'euros pour 2019-2028. À condition que les investisseurs puissent tenir les échéances financières.

Ce sont les puissants ténors, dits *Gafa* (*Google, Amazon, Facebook, Apple*), qui fixent le tempo dans la mise en œuvre de méga-constellations avec des milliers de petits satellites. Ils sont les plus intéressés pour leurs produits et services par la résorption de la fracture numérique à l'échelle planétaire, grâce à une connectivité Internet à haut débit. Trois projets ambitieux sont en train de prendre forme dès le début des années 2020: *OneWeb* avec le soutien d'*Airbus* (d'abord avec 648 satellites de 150 kg), *Starlink* de *SpaceX* (jusqu'à 12 000 satellites de 225 kg) et *Kuiper* d'*Amazon* (3 236 satellites sur plusieurs orbites). Le déploiement des 60 premiers satellites *Starlink*, le 24 mai dernier, a donné lieu à une pollution lumineuse, qui met en émoi la communauté des astronomes.

Notre Terre sous très haute surveillance

D'autres constellations pour les communications, au moyen de *cubesats* et de *microsats* qui sont à l'essai, vont glaner des informations globalement pour des applications *IoT* (*Internet of Things*). Il s'agit de collecter très rapidement, pour leur traitement immédiat, les données de milliards de micro-senseurs qui seront implantés sur l'ensemble de notre planète. L'environnement terrestre, les activités humaines, les caprices de la nature, la sécurité des infrastructures (routes, ponts, barrages, réseaux et édifices en tous genres...), les mobiles sur mer, au sol et dans les airs seront sous contrôle de manière presque instantanée. Des relais sur orbite permettront de rapatrier l'important flux de données, lesquelles seront analysées instantanément par des logiciels d'intelligence artificielle ayant recours à des algorithmes performants. Ce qui favorise l'éclosion de start-ups dynamiques. Ainsi, dans le cadre du phénomène *NewSpace*, le Grand Duché apporte son soutien à la société *Kleos Space* pour son système de *smallsats* destinés à géolocaliser à tout moment les mobiles en mer. Des informations qui intéressent les services de protection, les compagnies d'assurances...

L'observation quasi permanente, avec une définition de l'ordre du mètre, de la surface terrestre au moyen de petits satellites de télédétection devient le business de jeunes entreprises dans le monde. Des dizaines de sociétés proposent



Le Launcher One de Virgin Orbit: un premier vol avant la fin de l'année ?

des constellations de satellites dotés d'optiques ou de radars à hautes performances: ils survolent les mêmes régions à intervalles réguliers pour des prises de vues de plus en plus précises, qui intéressent l'agriculture, l'industrie, l'urbanisme, l'écologie, la défense, la mobilité... À nouveau, l'intelligence artificielle, avec des algorithmes appropriés, vient au secours des exploitants des images et mesures pour une utilisation selon les besoins. La start-up finlandaise *IceEye* développe et expérimente avec succès des micro-satellites de moins de 100 kg, dotés d'un *Sar* (*Synthetic Aperture Radar*) pour une vision tout temps, de jour comme de nuit. Elle projette une constellation qui comptera jusqu'à 18 *smallsats*. Reste à voir si les performances nouvelles de la télédétection spatiale pourront convaincre les climato-sceptiques sur le changement de notre environnement.

Lancements depuis la Nouvelle Zélande !

Le déploiement et la maintenance sur orbite de constellations de petits satellites passent par la disponibilité des moyens de lancement. Il faut les positionner sur les trajectoires prévues et remplacer régulièrement les satellites en panne. Des initiatives pour un accès sur mesure à l'espace prennent forme notamment aux États-Unis et en Chine. Ainsi la société américaine *Rocket Lab* propose des satellisations avec son lanceur *Electron* qui décolle depuis un promontoire rocheux de la péninsule de Mahia, en Nouvelle Zélande ! Depuis le 21 janvier 2018, jusqu'à la mi-2019, 6 *Electron* ont servi aux lancements d'une vingtaine de *smallsats*.

Rocket Lab envisage de réaliser des vols mensuels d'*Electron*. Mais la concurrence va s'amplifier dès 2020: *Virgin Orbit* avec sa fusée aéroportée *Launcher One* et *Firefly Aerospace* avec son lanceur *Alpha* doivent encore faire leurs preuves. En Europe, *Arianespace* compte sur la disponibilité du lanceur *Vega* pour des services «sur mesure». De son côté, l'Inde spatiale via la société *Nsil* (*NewSpace India Ltd*) propose le lanceur à bas coût *Sslv* (*Small Satellite Launch Vehicle*); son premier lancement expérimental doit avoir lieu en septembre-octobre. Les Indiens sont d'ailleurs des pionniers pour les mises sur orbite de petits satellites: *Proba-1*, le premier *smallsat made in Belgium* était lancé le 22 octobre 2001 par un *Pslv* (*Polar Satellite Launch Vehicle*) de l'*Isro* (*Indian Space Research Organisation*). 

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2019 - www.barje.be



EN CHINE, ON PAYE AVEC SON VISAGE GRÂCE À LA RECONNAISSANCE FACIALE.



LE MATHÉMATICIEN CÉDRIC VILLANI SE PRÉSENTE À L'ÉLECTION À LA MAIRIE DE PARIS.





AGENDA

Le mag scientifique

• 5 NOVEMBRE 2019

Wex de Marche-en-Famenne

Salon Métamorphoses

Pour qui ? Les chefs d'entreprises, ingénieurs en R&D, chercheurs, centres de recherche ainsi que le secteur académique. Durant une journée, boostez votre business en découvrant des propriétés futuristes de produits et matériaux innovants proposés par une centaine d'exposants, activez votre réseau au travers des rencontres B2B et assistez à des conférences de qualité. *Métamorphoses* a pour objectifs de favoriser la rencontre entre créateurs et utilisateurs de matériaux; catalyser les idées en vue de créer de nouveaux produits; trouver de nouveaux débouchés; développer des applications nouvelles à partir de matériaux existants. Plus qu'un salon, il sera le terreau de vos futures innovations !

 www.salon-metamorphoses.be

• EN LIGNE (HEBDOMADAIRE)

Sur Auvio (RTBF) + page Facebook de Matière Grise

Ma vie dans l'espace

Si vous aviez l'occasion d'avoir un astronaute en face de vous, quelle question aimeriez-vous lui poser en premier ? Mieux: si c'était carrément un enfant qui posait la question ? C'est précisément dans cet esprit que l'équipe de *Matière Grise* a décidé de créer une toute nouvelle série, exclusive et 100% digitale. Au programme: 41 questions telles que «Comment on a de l'eau dans l'espace ? C'est vrai qu'on boit son pipi ?», «Qu'est-ce qu'il se passe si on a des larmes ?», «Est-ce qu'on voit vraiment la Belgique depuis là-haut ?» ou encore, «Est-ce qu'il y a des histoires d'amour dans l'espace ?». Pour y répondre, un astronaute: Jean-François Clervoy, de l'ESA (3 séjours dans l'espace). Des réponses directes, sans tabou, bienveillantes pour les enfants et bourrées d'anecdotes croustillantes...

 www.facebook.com/MatiereGriseRTBF/
www.rtb.be/auvio/

À LIRE

LES PROMESSES DE LA SCIENCE

Fabienne CHAUVIÈRE - Flammarion

Comment apprendra-t-on à l'ère des neurosciences ? Et si on en finissait avec les cancers ? Jusqu'où pourra-t-on améliorer les performances des sportifs grâce à la physique ? En quoi l'hyperpuissance de l'informatique va-t-elle transformer notre société ? Il ne se passe pas un jour sans l'annonce d'une percée scientifique, au point qu'il est difficile d'y voir clair. Pour faire la lumière sur les promesses de la science, Fabienne Chauvière a mené l'enquête en sollicitant une dizaine de chercheurs prestigieux. Médecine personnalisée, robots, cuisine, intelligence collective, forêts, chimie verte, cosmologie, etc.: découvrez les fabuleux bouleversements qui vous attendent.

Fabienne Chauvière est journaliste. Spécialiste de l'agro-alimentaire, du spatial et de l'énergie, elle a débuté sur *France 3* avant de rejoindre *France Inter*. Elle y anime l'émission *Les Savanturiers* où elle invite les grands scientifiques français depuis 2011.

ATHENA 343 Septembre-Octobre 2019

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

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

Abonnement (gratuit)

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

PAR COURRIER

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

PAR TÉLÉPHONE

au 081 33 44 97

PAR COURRIEL À L'ADRESSE

luc.wiart@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur

 www.athena-magazine.be

 <http://athena.wallonie.be>

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

RÉDACTRICE EN CHEF

Géraldine TRAN

Ligne directe: 081 33 44 76

geraldine.tran@spw.wallonie.be

GRAPHISTE

Nathalie BODART

Ligne directe: 081 33 44 91

nathalie.bodart@spw.wallonie.be

IMPRESSION

Imprimerie Bietlot

Rue du Rond-Point, 185 à 6060 Gilly

ISSN 0772 - 4683

COLLABORATEURS

Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast,

Jean-Michel Debry, Paul Depovere,

Henri Dupuis, Julie Fiard, Philippe Lambert,

Yaël Nazé, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart,

Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

DESSINATEURS

Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Rose DÉTAILLE

Inspectrice générale

ÉDITRICE RESPONSABLE

Isabelle QUOILIN

Directrice générale

COUVERTURE

Première

Crédit: © BELGA

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





Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

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