

**Espace** p.52

## Comment se prépare l'après-ISS ?

**Qui est-ce ?** p.35

**Wally FUNK**





# ÉDITO

## Numérique à l'école: un levier ou un frein ?

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



**C'**est un débat qui fait rage depuis quelques années déjà. Il concerne non seulement différentes générations, mais aussi le monde du travail, de l'enseignement, de l'économie, des technologies, de l'éthique, de la sécurité.... Bref, c'est une question qui intéresse la société tout entière. Celle d'aujourd'hui mais surtout celle de demain. Vous l'aurez peut-être deviné, c'est du numérique dont je parle. Tout dernièrement, j'ai entendu une dame d'une quarantaine d'années demander à la banque une farde pour ranger ses extraits de compte. «*Mais Madame, nous n'en proposons plus depuis un petit temps déjà puisque vous les avez sur Internet ou sur votre appli*». Désarroi. Si l'on pouvait encore faire la plupart des actions quotidiennes «matériellement», c'est désormais devenu impossible. Tout ou presque peut (doit) se faire à distance. Et la période Covid a encore accéléré le processus en marche. L'enseignement n'y a pas fait exception. L'école, les professeurs, les élèves et même les parents ont dû s'adapter, dans l'urgence, à cette situation inédite. Si le numérique faisait déjà partie de l'univers scolaire via les tablettes, tableaux interactifs ou cours en open source, cela restait «accessoire». Là, chaque acteur devait être apte à donner les cours à distance, à les diffuser et à les recevoir. Dans l'ensemble, il semble que cette expérience soit une réussite, bien qu'il faudra

encore faire quelques réglages et tirer le bilan au niveau d'éventuels décrochages des élèves. Il faut savoir que l'OCDE a étudié le lien entre l'utilisation du numérique dans l'enseignement et certaines compétences des élèves de 15 ans lors du test PISA de 2012. Les résultats sont qu'une utilisation modérée du numérique, notamment pour effectuer du travail à la maison ou utiliser Internet à l'école, est bénéfique lorsqu'elle ne dépasse pas quelques heures par mois. Au-delà, les compétences des élèves seraient détériorées. Cette nouvelle pratique de l'enseignement, qui tend à se généraliser, soulève dès lors beaucoup de questions. Le numérique doit-il être un adjuvant ou au contraire, au cœur de l'apprentissage ? Qu'en est-il de la surexposition aux écrans ? Quels risques pour le développement cognitif (troubles de l'attention, concentration, sommeil, dépendance...) et social des enfants ? Comment gérer les fractures numériques engendrées ? Quid de la formation des enseignants ? L'école ne pourrait (devrait)-elle pas plutôt devenir un lieu de déconnexion ? En période post-Covid (espérons-le), quel avenir pour le numérique à l'école ? Anne-Catherine De Bast vous donnera quelques éléments de réflexion dans la rubrique «Société», consacrée dans ce numéro à l'enseignement supérieur, -tandis que le prochain sera davantage dédié à l'enseignement fondamental. Bonnes lectures !

### CurioKids

Vous l'aurez peut-être remarqué mais la rubrique «CurioKids» ne figure pas au sommaire de ce numéro. Rassurez-vous, c'est exceptionnel. Suite à un problème privé (sans gravité), notre journaliste n'a pas été en mesure de nous transmettre son article dans les temps...

Toutes nos excuses pour celles et ceux qui l'attendaient, ce n'est que partie remise !



# SOMMAIRE

Le mag scientifique

356  
Mars-Avril 2022



P.7

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

10 **Wall'Innove Tour** • LASEA

12 **Technologie** • Métavers: fantasme ou future réalité ?

16 **L'ADN de...** • Adrian Loreti, Ingénieur industriel (énergie durable)

18 **Société** • Enseignement: l'avenir sera-t-il numérique ? (1<sup>e</sup> partie)

22 **Dossier** • Des intrusions locales de sommeil dans le cerveau éveillé

28 **Barje** • On est tous Barje, même *Athena* !

29 **Mathématiques** • Emmy NOETHER: ce génie féminin

31 **Santé** • Psychanalyse: une grande désillusion ?

35 **Qui est-ce ?** • Wally FUNK

37 **Internet** • Des applis pour tous

41 **Chimie** • Découverte des anesthésiques

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

47 **Physique** • KATRIN aime les neutrinos

49 **Espace** • Quoi de neuf dans l'espace ?

50 **Astronomie** • Petite balade tête dans les étoiles

52 **Espace** • Comment se prépare l'après-*ISS* ?

55 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...



P.22

P.41



P.47



P.49

# ACTUS

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

PHOTOS : @NOBEASTSOFIERCE - STOCK.ADOBE.COM (P.4), @VINVENTIONS (P.5), @TAKEDA (P.5),

@PAIN IN MOTION (P.5), @NEGRO ELKHA - STOCK.ADOBE.COM (P.6), @AIRBUS (P.6), @SCK CEN (P.7),

@VINK FAN - STOCK.ADOBE.COM (P.8), @GREENBUTTERFLY - STOCK.ADOBE.COM (P.8),

@ULKAN - STOCK.ADOBE.COM (P.9), @STUDIO\_EAST - STOCK.ADOBE.COM (P.9)

## Les phages arrivent !

**A**vec 700 000 décès aujourd'hui et probablement plus de 10 millions en 2050, la résistance aux antimicrobiens devient un problème de santé publique important. D'où la multiplication des initiatives en quête de solutions pour contrer ces infections résistantes aux antibiotiques. Parmi les entrepreneurs les plus actifs, on trouve le wallon *Vésale Bioscience*, nommée start-up la plus innovante d'Europe en Sciences de la vie lors du 10<sup>e</sup> *BioFIT* en décembre 2021. Créée en 2018 en tant que spin-out de *Vésale Pharma*, *Vésale Bioscience* se profile comme le spécialiste du développement de solutions microbiotiques et s'attaque aux infections multi-résistantes aux antibiotiques grâce à ses produits de phagothérapie. Ce moyen de lutte biologique, à gros traits, détruit des bactéries pathogènes à l'aide de virus létaux, appelés bactériophages ou phages, qui ne peuvent infecter le patient.

Ainsi, après quelque 700 jours de traitement par antibiotiques pour combattre une infection bactérienne multirésistante contractée suite à des blessures lors des attentats de 2016 à l'aéroport de Bruxelles, une patiente de 30 ans a commencé à vaincre son infection après à peine une semaine de phagothérapie. Pour la petite histoire, à son arrivée à l'hôpital, cette jeune femme présentait de multiples blessures, après réanimation et amputation partielle de l'os iliaque et malgré un traitement par antibiotiques, ses plaies se sont infectées, la bactérie multirésistante *Klebsiella pneumoniae* empêchant la guérison. D'où le recours à la phagothérapie, menée par Jean-Paul Pirmay, du Laboratoire de technologie moléculaire et cellulaire de l'Hôpital militaire Reine Astrid de Neder-Over-Heembeek et spécialiste des phages. Quelques semaines ont suffi pour que l'état de la patiente s'améliore et

que son fémur cassé guérisse. Aujourd'hui, elle marche !

«Le phage se compose d'une tête, qui contient son ADN, d'une queue et d'un système de crochets pour s'arrimer à une bactérie (voir Athena n°354, p. 14). Une fois ancré à celle-ci, il lui injecte son propre ADN tout en la forçant à le reproduire. La multiplication de cet ADN fait alors éclater la bactérie sous l'effet de la pression, relâchant autant de nouveaux phages dans l'organisme», explique Jean-Paul Pirmay. Avec plus d'une centaine de traitements connus, la Belgique est l'un des pays d'Europe les plus avancés en la matière. Si par rapport à ses voisins, elle dispose d'un cadre juridique et réglementaire, la disponibilité de phages d'intérêt et leur production à la demande posent toujours problème. Ce à quoi entend répondre *Vésale Bioscience*, qui a aussi créé *Inteliphages*, phagogramme basé sur l'intelligence artificielle pour réaliser et concevoir une thérapie personnalisée en 3h. L'entreprise possède aussi une bibliothèque de phages riche d'une centaine de références. Cette technologie devrait être lancée sur le marché l'année prochaine. **A**

 <https://www.phage.health>  
<https://www.hopitalmilitaire.be>

## Prêts pour demain

**T**akeda Belgium et Vinventions figurent désormais parmi les *Factories of the Future*, label accordé aux entreprises misant sur la numérisation, les processus et produits intelligents, la ressource humaine et la production durable. «Être une entreprise du futur, c'est avant tout s'assurer de garder une position concurrentielle importante», déclare Frédéric Druck, directeur d'essenscia Wallonie, ravi de voir que chimistes et pharmaciens wallons poursuivent leur mutation technologique digitale et durable.

Installé à Thimister-Clermont, Vinventions fabrique des bouchons pour les bouteilles de vin et les distribue sous la marque *Nomacorc*. On notera plus particulièrement la *Green Line* fabriquée avec des matières premières durables et renouvelables dérivées de la canne à sucre. Grâce au plan *Vinventions 4.0*, les salariés œuvrent maintenant avec des *cobots* (néologisme formé à partir des mots «coopération» et «robotique»), des capteurs intelligents et un *Enterprise Resource Planning* qui gère l'ensemble des procédures administratives et opérationnelles, permettant à la facilité de répondre avec agilité, flexibilité et vélocité aux attentes d'une clientèle européenne, africaine et asiatique.

Expert depuis plus de 50 ans en thérapies dérivées du plasma et produits hématologiques, Takeda Belgium est devenu usine du futur grâce à la numérisation de son site de Lessines. Investissement grâce auquel les salariés peuvent effectuer des tests et formations en situation réelle via la réalité virtuelle. Le recours à la technologie de l'exosquelette allège aussi les opérations de manutention et on notera encore que l'entreprise planche également sur des démonstrations de faisabilité en matière d'intelligence artificielle dans la production. <sup>A</sup>

 <https://www.essenscia.be>  
<https://vinventions.com>  
<https://www.takeda.com>



## Vaincre les douleurs chroniques après cancer

 <https://www.vub.be>  
<http://www.paininmotion.be>

**S**elon une recherche de la Vrij Universiteit Brussel (VUB), 4 patients sur 10 souffrent de douleurs chroniques après avoir vaincu le cancer. «Il est possible de prendre des médicaments contre la douleur mais leur diminution progressive est conseillée à long terme pour réduire le risque de dépendance, d'abus et d'effets secondaires», explique Astrid Lahousse, membre du groupe *Pain in Motion* (VUB). Concrètement, *Pain in Motion* ambitionne de réduire cette douleur chronique par la recherche, l'éducation à la douleur, la thérapie axée sur celle-ci et une approche neuroscientifique pouvant mener à des pratiques plus actives de gestion de la douleur et à des changements dans le mode de vie.

Selon eux, être physiquement actif après un diagnostic de cancer accroît les chances de survie de 30%. Cela a aussi un impact positif sur la fatigue, la dépression, la qualité de vie, la paramètres cardiovasculaires, etc.

«Apprendre à bouger progressivement rend le corps plus résistant à la douleur grâce à l'activation de voies capables d'atténuer celle-ci», note Astrid Lahousse. Qui met aussi en garde contre le recours à des stimulants négatifs comme le tabac et l'alcool dont l'effet narcotique apporte un soulagement à court terme mais qui dans la durée se révèlent négatifs sur les malades présentant des douleurs chroniques. <sup>A</sup>

PAIN IN MOTION



## Première usine belge d'hydrogène vert ?

Ce n'est un secret pour personne, la Belgique fait de l'hydrogène vert une priorité, multipliant les initiatives tous azimuts. C'est dans ce contexte que le bureau d'ingénieurs Sweco accompagne une demande de permis d'ériger, à Zeebrugge, une unité de production d'hydrogène vert de 25 mégawatts. Cette première en Belgique est le fait du consortium Hyoffwind (Virya Energy et Fluxys), qui en a confié la réalisation à Besix et John Cockerill, partenaires technologiques pour la conception et la réalisation du projet.

Selon le planning, la première phase verra la construction d'une installation apte à convertir 25 MW d'électricité en hydrogène vert, capacité qui devrait être portée à 100 MW dans une seconde phase. «Ce projet pionnier, associé au développement d'une infrastructure pour l'hydrogène, apportera une contribution importante à la stratégie flamande, mais aussi belge et européenne

en matière d'hydrogène et imposera la Belgique comme pôle européen pour l'hydrogène vert», notent les promoteurs de l'initiative. Pour Sara Vander Beken, *operational manager Energy Transition* chez Sweco, «L'hydrogène jouera un rôle essentiel dans le futur mix énergétique de l'Europe. La Belgique a exprimé l'ambition de devenir un leader dans ce domaine et nous sommes bien placés de par notre position géographique centrale, nos industries et nos infrastructures existantes». Façonnant les villes et les collectivités de demain par des projets dans plus de 70 pays, le suédois Sweco, avec quelque 18 000 ingénieurs, projeteurs et spécialistes divers et un chiffre d'affaires de 2 milliards d'euros, est le premier bureau d'ingénieurs-conseils d'Europe. **A**



<https://www.swecobelgium.be>

## Objectif atteint pour Chopin !

<http://www.chopin-project.eu>

À la base du vol et des performances de l'avion, l'aérodynamisme est tout aussi important au niveau de la consommation en carburant de l'appareil et donc, de son empreinte carbone. Parmi les menaces pesant sur le bon écoulement de l'air sur les surfaces de l'avion figure au premier plan l'écrasement des insectes au moment des décollages et atterrissages de l'appareil. Lorsqu'on sait que quelques dizaines de micromètres de dépôt sur les surfaces portent déjà atteinte au flux de l'air, on comprend l'intérêt des recherches sur le développement de revêtements capables d'atténuer les effets de ce phénomène.



Nous pensons ici au projet *Chopin*, dont nous vous avons déjà parlé en septembre 2020 (voir *Athena* n° 348, p. 6). Soutenu par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne, son objectif était de concocter des revêtements hydrophobes et autonettoyants applicables à des surfaces

micro-perforées utilisées pour la réduction de la traînée, de les tester et de les valider. Ont collaboré à ce programme: les Belges *Materia Nova* et *von Karman Institute*, l'Espagnol *Cidetec*, le Norvégien *Norce* et le Français *Berthier*. Concrètement, ce consortium a mis au point différentes technologies de revêtements hydrophobes. Des essais en soufflerie ont été réalisés par *von Karman Institute* pour déterminer la meilleure solution. C'est le revêtement conçu par *Materia Nova*, basé sur la technologie sol-gel, qui

s'est avéré être le plus efficace et qui a donc été validé par des tests à l'aide d'un drone à l'institut norvégien de recherche *Norce*. «À l'issue de cette campagne, nous avons pu conclure que la présence du revêtement test améliore l'effet anti-contamination de la surface, et sa nettoyabilité, par rapport au modèle de référence où le revêtement testé n'a pas été appliqué», déclarent avec satisfaction les partenaires du projet *H2020 Chopin*. L'affaire est dans le sac dirait-on ! **A**

## Arrivée massive de lutétium 177

Sachant que chaque année, le cancer de la prostate tue plus de 90 000 personnes, nous ne pouvons que nous féliciter de la dernière annonce de l'*Institut National des Radioéléments (IRE)* et du Centre de recherche nucléaire *SCK CEN* par laquelle ils nous font part du démarrage de la production massive de lutétium 177, radio-isotope particulièrement prometteur dans la lutte contre ce type de cancer. Rappelons à cette occasion, que les travaux et production de ce ticket ont permis de diagnostiquer des millions de cancers au fil des années. Des résultats qui ont poussé les 2 partenaires à accroître leurs collaborations. «Les radio-isotopes font la différence non seulement dans l'imagerie médicale mais aussi dans les thérapies ciblées. Acteurs mondiaux en radio-isotopes, nous nous devons de mettre notre dynamique au service du développement des radio-isotopes thérapeutiques émergents», explique Erich Kollegger, CEO de l'*IRE*. Eric van Walle, directeur général du *SCK CEN* quant à lui ajoute: «Ces deux dernières années, nous avons planché sur la mise au point de notre méthode innovante de production du lutétium 177 pur et sommes prêts à passer de la recherche à la production à grande échelle pour offrir à de nombreux patients cancéreux l'accès à un traitement ciblé, adapté à des soins vitaux». Un win-win lorsqu'on sait que le nombre de patients traités au lutétium 177 devrait passer de 16 000 en 2020 à 138 000 en 2026 !

Selon le planning prévu, la construction de l'unité de production démarrera à l'automne de cette année à Mol, sur des terrains du *SCK CEN*, pour



s'achever en 2024. Un accroissement des capacités sur des terrains de l'*IRE* cette fois, à Fleurus, est envisagé par la suite. De même qu'un plan existe pour booster la production en cas de poussée exponentielle de la demande croissante. Les patients doivent être assurés de leur traitement et le marché pouvoir compter sur un approvisionnement fiable en radio-isotopes, estiment les partenaires.

Découvert en 1907, pratiquement en même temps, par 3 chercheurs, dont le Français Georges Urbain, le nom lutétium vient du latin *Lutetia* ou Lutèce, aujourd'hui Paris. Métal gris argenté, mou et ductile, le lutétium est le dernier élément des lanthanides et fait partie des terres rares. L'isotope  $^{177}\text{Lu}$  est obtenu par activation neutronique de  $^{176}\text{Lu}$ . Émetteur de rayonnement  $\beta^-$ , le lutétium 177 est utilisé dans le traitement des tumeurs neuroendocrines et propose des perspectives très prometteuses dans le combat du cancer de la prostate. Exploité ici en combinaison avec du gallium 68, élément qui permet au médecin de cartographier la taille de la tumeur et d'adapter la dose de lutétium 177 aux besoins du patient. A

<https://www.sckcen.be>  
<https://www.ire.eu>



## COUP D'CRAYON

OLIVIER SAIVE

Si l'homme réalise depuis toujours des prouesses, notamment en matière de santé, il lui arrive souvent de s'inspirer de la nature. Et de détourner les qualités de plantes ou d'animaux pour l'aider à progresser. C'est le cas d'une équipe de chercheurs (*CNRS*, Université de la Sorbonne, *Institut Curie*, *Inserm*) qui a eu le flair (c'est le cas de le dire) de penser à la fourmi pour «renifler» les cancers. Et oui, les cellules saines et infectées possèdent une odeur qui leur est propre et que l'espèce *Formica fusca* est capable de distinguer. Évidemment, il faut encore réaliser des essais cliniques à plus grande échelle mais cela pourrait soulager les organismes de santé et surtout les patients car les techniques actuelles sont encore chères et invasives...

## Métavers, nous ne vivrons pas sans !

Le terme est partout. Toutefois, si cet univers virtuel s'impose toujours plus, nombreux sont encore celles et ceux pour qui la définition reste énigmatique, absconse, nébuleuse, etc. Si vous êtes dans le cas, il est temps de vous y mettre ! Pionnier du métavers, où voulant le laisser croire, Facebook entend révolutionner le monde digital et ses us et coutumes. «Une nouvelle expérience formidable, une vague économique capable de créer des opportunités pour les gens du monde entier», estime Mark Zuckerberg, fondateur de l'entreprise Facebook, rebaptisée aujourd'hui Meta. «Si les avantages sont nombreux, le métavers soulève toujours quelques interrogations», estime l'UCLouvain qui, afin d'y voir plus clair, a réuni quelques experts pour un point presse.

Arrivé via la science-fiction dans les années 80, «Le métavers décrit un univers virtuel dans lequel les utilisateurs s'immergent totalement en franchissant les limites corporelles et matérielles», explique Olivier Servais, anthropologue à l'UCLouvain et spécialiste des univers virtuels. Qui estime que cette technologie, qui passionne tout le monde, est encore loin de faire partie de nos quotidiens car selon lui, «Outre les limites techniques et les questions juridiques, ses promoteurs doivent encore relever 3 défis: préserver les démocraties, conserver le lien social et respecter l'environnement». Professeur à l'UCLouvain, Thibault Philippette tempère lui aussi les ardeurs en rappelant que ce concept dit révolutionnaire remonte au jeu en ligne d'hier et que pour qu'il puisse investir chaque foyer, «Il devra effectuer une mue technologique, basée sur l'utilisation d'appareils moins chers, moins lourds et plus simples d'utilisation». Thibault Philippette considère ainsi que le monde des entreprises - notamment pour le télétravail - le ticket marketing/communication et l'univers de l'enseignement sont les 3 acteurs qui devraient s'emparer au plus vite du métavers.

Quid de la sécurité ? Le métavers ne risque-t-il pas d'être un univers impitoyable ? Un coupe-gorge ? «En 20 minutes, un avatar effectue plus de 2 millions de mouvements, qui sont autant de signatures biométriques de leur propriétaire», explique Axel Legay, professeur à l'École polytechnique de l'UCLouvain. Qui estime que malgré les réglementations, le métavers sera difficilement sécurisable. D'où 3 conseils: protégez au maximum votre connexion avec un antivirus, des mots de passe forts, etc.; dévoilez le moins possible sur vous et enfin, renseignez-vous sur le matériel que vous utilisez. Bref, il sera utile de former et d'informer les utilisateurs, de trouver également le moyen de représenter les utilisateurs d'une seule voix. Ce qui est loin d'être gagné !



De son côté, Mark Hunyadi, éthicien et professeur à la Faculté de philosophie de l'UCLouvain, pense que le métavers enfermera les hommes et les femmes de demain dans des bulles, renforçant encore un peu plus les individualismes aux dépens des comportements sociétaux: «Paradoxalement, le métavers standardisera encore un peu plus les humains, qui chercheront dans cet univers, à assouvir les mêmes désirs, à atteindre les mêmes objectifs». À son sens, la fascination pour les innovations technologiques ne manquera pas d'assurer un méga succès populaire au métavers, principalement auprès des jeunes. Ceux-ci continueront-ils à comprendre qu'une vie réelle existe toujours dans un monde physique ? La question est posée, mais il ne faut pas pour autant paniquer car «Si la technologie peut présenter un danger, elle est aussi une chance, une opportunité», ajoute Gérald Deschitère, chef des urgences psychiatriques aux Cliniques Universitaires Saint-Luc. Qui, en tant que psychiatre, imagine que le métavers pourrait simplifier la vie des patients, à commencer par ceux atteints d'agoraphobie. Enfin, professeure à la Louvain School of Management de l'UCLouvain, Ingrid Poncin, prévoit quant à elle que «Le métavers changera la donne, en permettant principalement aux commerces et aux entreprises de faire vivre une expérience immersive totale aux clients et en offrant, à la différence d'un achat via un site Web, une réelle présence sociale et une interaction avec le personnel du magasin».

Bref, l'aventure métavers ne fait que commencer et elle s'annonce passionnante. Avec un marché annuel qui représenterait plus de 1 trillion de dollars dans quelques années, estime JP Morgan, les enjeux sont pour le moins énormes. 

 <https://www.uclouvain.be>

En savoir



Pour en savoir davantage sur le sujet, rendez-vous page 12 pour un article complet dédié au sujet, dans la rubrique «Technologies».

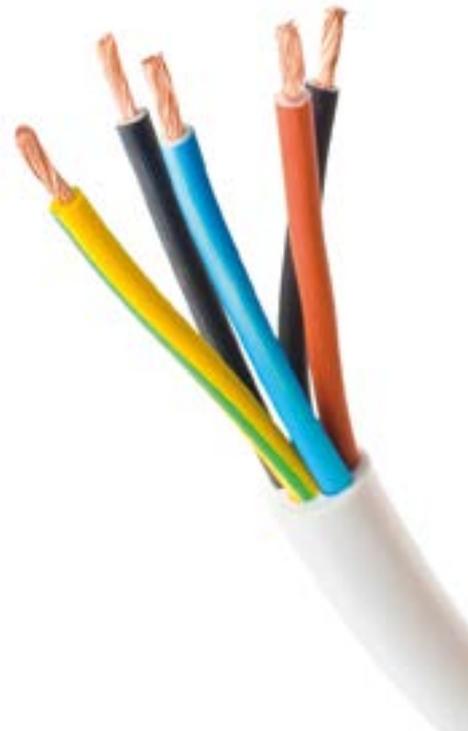
## Biolix, filon urbain

**F**errailles, déchets d'équipements divers, véhicules en casse, etc. sont aujourd'hui autant de matières premières dont la richesse crée ce qu'on appelle désormais des mines urbaines. En effet, le broyage de ces déchets permet de récupérer une grande partie des aciers, des métaux non ferreux et des plastiques. Ne restent que des particules non récupérables d'un vingtième de millimètres à peine.

Vu l'envolée du cours des matières premières et la rareté de certaines, le wallon *Comet*, en partenariat avec sa filiale *Comet Traitements*, a décidé d'ériger une usine pilote en vue d'y tester leur nouveau procédé *Biolix* l'an prochain. Destiné à valoriser la partie cuivre des résidus de broyage pour obtenir un cuivre pur à 99,99%, *Biolix* fait appel à la chimie, la microbiologie et l'hydrométallurgie. En cours de construction à Strépy-Bracquegnies (La Louvière), cette unité devrait produire quelque 750 t de cathodes de cuivre par an dans une première phase.

Dans la pratique, la procédure *Biolix* consiste d'abord à récupérer le cuivre des déchets, tels que ceux contenus dans les câbles. À l'issue de cette étape, via une opération chimique, on

retirera alors les 5 à 6% de cuivre restant dans la gangue plastique du câble. Les résidus fins, fruits du broyage, sont plongés dans un bain d'acide, des bactéries y catalysent la génération et la régénération d'un agent oxydant, l'ion fer ferrique. Le cuivre est sélectivement dissous via biolixiviation, technique de recyclage recourant aux bactéries pour récupérer certains métaux. Les impuretés restantes sont ensuite extraites et le liquide riche en cuivre ainsi obtenu est purifié. Enfin, il est déposé électriquement sous forme de plaques d'une pureté de 99,99%. Selon les responsables du projet, cette opération permet de récupérer quelque 72 kg de cuivre par tonne de matière traitée. L'investissement sur le site de Strépy-Bracquegnies se monte à 15 millions d'euros et créera 20 emplois. **A**



<https://www.cometgroup.be>

## LE CHIFFRE

**48,5**

**S**elon une analyse de la société financière *GetCash.com*, établie sur les dernières données de *Forbes*, il apparaît qu'avec 48,5 ans, c'est en Islande que la moyenne d'âge des milliardaires est la plus jeune.

En deuxième position arrive le Danemark avec 49,4 ans. Au classement des 29 pays européens recensés, la Belgique occupe la 12<sup>e</sup> place avec une moyenne d'âge de 61 ans. Agé de 49 ans, Jan Van Geet (*VGP Group*, spécialisé dans la détention, le développement et la gestion d'actifs immobiliers semi-industriels) est le plus jeune milliardaire de notre pays, le plus âgé étant Éric Wittcock (*Weight Watchers, Sucre de Tirlemont*), 75 ans. Si avec 63,4 ans, l'Allemagne se place en 15<sup>e</sup> position, en revanche c'est elle qui compte le plus jeune milliardaire: Kevin David Lehmann, 19 ans seulement et héritier de *Dm-drogerie Markt*, leader européen du marché des drogueries ! À la 19<sup>e</sup> place, avec 65,9 ans, la Suisse compte elle le milliardaire le plus âgé: Sergio Mantegazza, 95 ans. Avec une moyenne de 66,5 ans, le Portugal arrive 20<sup>e</sup> sur 29. Un classement arrêté au 4 février de cette année.

«Les milliardaires forment une autre stratosphère financière. Beaucoup d'entre eux n'ont pas ménagé leur travail afin de transformer leur rêve en réalité. Un succès qui arrive plus vite dans certains pays», explique Bryce Danson de *GetCash.com*. Qui note encore «Une moyenne d'âge plus basse dans bien des pays par rapport à d'autres comme l'Islande, le Danemark et la Norvège, pays où nous trouvons les plus jeunes milliardaires du vieux continent». Des chiffres amusants et qui bouleversent quelques idées préconçues, notamment envers les pays du Nord ! **A**

<http://www.forbes.com/billionaires/>



# WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur LASEA

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



## CARTE D'IDENTITÉ

**CRÉATION:** 1999

**SIÈGE SOCIAL:**  
Liege Science Park  
Rue Louis Plescia, 31  
4102 Seraing

**SECTEUR  
D'ACTIVITÉS:**  
Fabrication de machines  
laser de précision

**MEMBRES  
DE L'ÉQUIPE:**  
110

**CONTACT:**  
04 365 02 43

[info@lasea.com](mailto:info@lasea.com)  
[www.lasea.be](http://www.lasea.be)

## Il était une fois...

Un jeune ingénieur civil de 25 ans, Axel Kupisiewicz, qui entame sa carrière dans le secteur spatial. Mais l'envie d'appliquer les technologies laser à d'autres domaines et de créer son entreprise le démange. En 1999, il fonde *Lasea*, société d'ingénierie et expertise industrielle laser spécialisée dans la fabrication de machines de micro-usinage. Celles-ci bénéficient d'une nouvelle technologie pour laquelle l'entreprise sera pionnière dès 2003, les lasers femto-secondes. Grâce à eux, les machines permettent la découpe, le marquage, la gravure, le perçage et la texturation de matériaux avec des qualités et précisions inégalées (jusqu'à 0,2 µm, soit 250 fois moins que le diamètre d'un cheveu !). Des lignes de production, systèmes robotisés pour la plupart, peuvent ainsi usiner des pièces uniquement avec de la lumière. «*Nous jouons avec elle pour fabriquer des pièces de très grande précision*, explique Axel Kupisiewicz. *Cette technologie est, par exemple, indispensable aujourd'hui à la fabrication des smartphones et des écrans TV 4D et 8K.*»

Deux ans après sa création, la jeune entreprise commence à exporter en France et au Royaume-Uni pour de grandes sociétés verrières. Puis, en Pologne, en Allemagne, au Luxembourg, en Italie, en Australie, au Brésil, aux États-Unis et en Suisse, en ciblant 2 secteurs: l'horlogerie et le médical. En 2012, la société ouvre une filiale à Bordeaux. «*Une dizaine de personnes fabriquent les différents éléments optiques. Ils sont alors vendus à de grandes sociétés américaines, européennes ou asiatiques, ou intégrés dans nos machines.*» En 2016, une 2<sup>e</sup> filiale, *Lasea Inc.*, voit le jour à San Diego (Californie). La société compte de prestigieux clients dont 2 GAFAMs (les géants du Web). Un laboratoire d'applications est installé pour permettre aux clients de venir faire leurs essais et leurs démonstrations. «*Disposer d'un stock et d'une équipe locale est important s'il faut intervenir rapidement. La crise du Covid a encore amplifié les besoins d'équipes proches de nos clients.*» En 2017, une 3<sup>e</sup> filiale est ouverte en Suisse, où la société est leader dans ses technologies. Les machines servent à la réalisation de pièces horlogères pour la fabrication de montres. «*Notre filiale suisse vient de déménager dans de nouveaux locaux 4 fois plus grands. Le marché suisse est l'un de nos principaux et nous allons encore augmenter notre présence dans ce pays.*» Parmi ses clients, *Lasea* compte plusieurs sociétés dans le top 5 de l'industrie horlogère suisse. Parallèlement, elle augmente ses parts de marché aux États-Unis et au Japon. En 2018, juste récompense, elle remporte le *Grand*

*Prix Wallonie à l'Exportation* organisé par l'Awex. En 2019, elle a levé plus de 16 millions d'euros, dont 8 en capital. Ces nouveaux moyens permettent de conforter la croissance des dernières années et de la poursuivre sur ses secteurs privilégiés (industrie pharmaceutique, du luxe, des dispositifs médicaux) et dans de nouveaux comme l'électronique. La levée de fonds a aussi permis à l'entreprise d'engager une nouvelle phase de développement et de poursuivre un processus d'industrialisation des nouveaux produits issus d'importants programmes de recherche. «*Nous avons pu accroître notre force commerciale et le marketing, développer les filiales et compter un nouveau réseau d'agents et de distributeurs aux 4 coins du monde. Nous avons aussi engagé de nouveaux talents afin de finaliser les nouveaux produits destinés aux secteurs médical et électronique. Nous avons pu promouvoir à une échelle mondiale 2 nouveaux logiciels, dès janvier 2020, et procéder à des acquisitions horizontales.*» En effet, en 2020, Lasea a racheté la société concurrente Optec, à Frameries (Hainaut), fabricant de machines laser femtoseconde et excimer, lasers spécifiques aux secteurs du médical et de l'électronique. Ce qui renforce sa position de leader dans son domaine.

En décembre 2020, la société a déménagé dans un nouveau bâtiment de 3 500 m<sup>2</sup> situé dans l'extension du Parc scientifique du Sart Tilman. Cette nouvelle infrastructure sur 3 niveaux permet à l'entreprise de produire jusqu'à 20 machines robotisées et 50 systèmes laser en parallèle, et d'accueillir de nouveaux collaborateurs. Ne se reposant jamais sur ses lauriers, même et surtout quand la période est difficile, elle a profité du confinement pour mettre en place de nouveaux modes de prospection (webinaires, marketing digital, etc.). «*Nous ainsi pu toucher de nouveaux clients ne fréquentant pas les traditionnels salons.*» Les affaires repartent de plus belle.

En 20 ans, Lasea est devenue l'un des leaders dans le domaine des machines laser de haute précision. «*Toutes nos machines sont fabriquées à Liège ou à Mons. Il en est de même pour l'automatisation, le logiciel et la partie applicative.*» Lasea vient de clôturer une augmentation de capital de 10 millions d'euros. Avec une croissance annuelle de 26% ces 10 dernières années, elle a, en 10 ans, multiplié par 10 ses revenus et ses effectifs. Aujourd'hui, l'entreprise, devenue le leader européen du micro-usinage laser à impulsions ultracourtes, fournit des machines pour différentes applications (industrie horlogère, medtech et électronique). Elle emploie 110 personnes pour un revenu consolidé de plus de 20 millions d'euros. Elle compte plus de 100 brevets et 1 500 machines installées dans 30 pays sur 5 continents.

## ...l'envie d'innover

Avec une R&D de pointe au niveau international, Lasea lance régulièrement des innovations bien en avance sur l'état de l'art (découpe sans conicité, bio-mimétisme, usinage en 7 axes simultanés...). Ses technologies en font une référence dans son domaine. Afin de maintenir un état d'esprit innovant, Axel Kupisiewicz entend que la société soit toujours au-dessus de la concurrence. «*C'est dans son ADN. Nous sommes créatifs même dans le processus de l'innovation. Je brevète beaucoup et je réinvestis 25% des revenus dans la R&D. Une autre particularité est notre véritable partenariat avec nos clients. Ils nous aident à orienter nos développements par une connaissance en avance de phase de leurs nouveaux produits. Enfin, nous sommes fort visibles à l'international. Nous participons à des salons aux 4 coins du monde, comme le Photonics West à San Francisco. Du coup, nous devenons attractifs pour les nouveaux profils, des scientifiques de haut niveau spécialisés dans ce domaine. Dans nos équipes R&D, on retrouve d'ailleurs différentes nationalités. Toute cette recherche est soutenue en amont par une importante équipe de concepteurs dans plusieurs domaines (informatique, robotique, mécanique, automation). Un fameux vivier pour l'innovation !*» 



## QUI EST AXEL KUPISIEWICZ, CEO ?

**N**é en 1973, en 1997 diplômé ingénieur civil, orientation physique en techniques spatiales de l'ULiège, il dispose également d'une licence complémentaire en économie. Ayant commencé comme chef de projet au Centre spatial de Liège, il crée Lasea 2 ans plus tard. L'année 2003 voit le développement du premier laser femtoseconde industriel. Passionné d'histoire et de plongée sous-marine, ce qui lui permet de découvrir les plus beaux endroits du monde, il avoue que son premier hobby est sa société tant pour les challenges techniques que par les aspects financiers liés à la gestion de cette petite entreprise devenue un groupe international. Marié et père de 2 enfants, il a été nommé 2 fois pour le titre de *Manager de l'Année* et s'implique dans la recherche de solutions aux défis du réchauffement climatique.



# Métavers : fantasme ou future réalité ?

Le 28 octobre dernier, Mark Zuckerberg annonçait que l'entreprise *Facebook* changeait de nom pour se distinguer du réseau social éponyme. Elle devenait *Meta*, faisant clairement référence aux métavers, ces univers virtuels dans lesquels le businessman compte bien se faire une place, non pas aux premières loges, mais sur le devant de la scène. En quoi consistent exactement ces métavers ? Quels sont leurs limites et leurs enjeux ? Enfilons notre casque de réalité virtuelle (RV) et avec l'aide de spécialistes de l'UCLouvain, plongeons dans ces univers parallèles...  
Bon voyage !

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

PHOTOS : @IPOPBA - STOCK.ADOBE.COM (P.12), @SERGEY NIVENS - STOCK.ADOBE.COM (P.13),  
©NANA - STOCK.ADOBE.COM (P.14), ©APTERO (P.15)

Avez-vous lu le roman *Ready Player One* de Ernest Cline paru en 2011 ? Ou vu l'adaptation de Steven Spielberg au cinéma en 2018 ? Si c'est le cas, vous êtes familier avec l'OASIS, ce monde virtuel dans lequel presque toute l'humanité, au bord du désespoir et de la déchéance, passe ses journées sous la forme d'un avatar, grâce à des casques d'immersion et des combinaisons sensorielles, afin d'y mener une vie virtuelle sans quitter son foyer. L'OASIS est un bon exemple de métavers. Un métavers est donc une plateforme, un réseau persistant, renfermant un espace virtuel, digital, dans lequel les êtres humains ne sont plus de simples spectateurs mais des acteurs immergés. Métavers (*meta-verse* en anglais) est un néologisme résultant de la contraction des mots «méta» (qui va au-delà) et univers. Le «s» ne se prononce donc pas. Idée reprise par certains géants du Web faisant partie des GAFAM (1), ce concept est encore assez flou car il n'existe pas encore dans la forme visée par Zuckerberg & Co. Cela pourrait devenir un univers similaire à l'OASIS, en tout cas un monde virtuel en 3D comme on peut déjà en voir dans certains jeux vidéo, où la dimension immersive serait primordiale. Et pour y faire quoi ? Cela reste encore à définir mais à peu près tout, à part aller chez le dentiste ou autres prestations qui demandent encore du présentiel. On peut imaginer y visiter un musée ou faire du shopping dans un e-commerce, se rendre à une séance de psychothérapie ou chez son banquier, assister à des cours, rencontrer des gens, mais également jouer dans des décors potentiellement différents du monde réel.

## D'où ça sort ?

Ce concept ne date pas d'hier. «*Il y a déjà eu plusieurs tentatives de création d'univers de sociabilité et pas seulement orientés par les mondes de science-fiction*», souligne à juste titre Thibault Philippette, professeur de communication et co-directeur du *Game Lab* à l'UCLouvain. Il prend l'exemple du projet *Habitat* par *Lucasfilm Games*, jeu de rôle multijoueur développé en 1985. Ce monde en 2D un peu pixellisé avait pour objectif principal d'occuper, d'habiter l'espace virtuel. Vous pouviez vous y rendre sous la forme d'un avatar et communiquer par messages avec des joueurs, rencontrer l'âme sœur, vous marier, etc. ainsi qu'aménager certains espaces, dans un univers fonctionnant avec son propre gouvernement et sa propre économie. La fin des années 90 a ensuite vu exploser le nombre de jeux de rôle multijoueurs. Et c'est en 2003 que le terme «métavers» était utilisé pour définir des univers comme le pionnier *Second Life*, jeu en ligne lancé par l'entreprise californienne *Linden Lab*. Il n'y avait pas non plus d'objectif autre qu'occuper l'espace virtuel, l'aménager et interagir avec les autres joueurs. Aujourd'hui, *Second Life* existe toujours: on peut s'y promener dans des jardins apaisants, aller au cinéma, se rendre dans des clubs et profiter de la musique des meilleurs DJs de la plateforme ou rencontrer une communauté de survivants dans un monde post-apocalyptique, par exemple. Certaines compagnies et universités l'utilisent même pour y organiser des rendez-vous ou des conférences virtuelles.

## Challenges et limites

Maintenant que le concept est quelque peu éclairci, voyons quels obstacles se dressent devant la concrétisation de ces mondes virtuels. D'après Olivier Servais, anthropologue et co-directeur du *Game Lab* à l'UCLouvain, les métavers sont encore du domaine du rêve et il les qualifie d'ailleurs «d'oniriques». En effet, il existe de nombreux défis à relever d'abord, notamment techniques. La puissance de calcul nécessaire au fonctionnement d'un métavers est de 100 à 1000 fois supérieure à celle que l'on atteint actuellement, ce qui ne semble pas faisable avant plusieurs années voire décennies, à moins d'une révolution technologique menant à un bond de géant dans la capacité de calcul. Et pour ce faire, il faut de l'énergie, beaucoup d'énergie. Là non plus, on n'y est pas encore. Sans compter qu'au niveau environnemental, cela ne se fera pas sans mal, comme le précise Thibault Philippette: «*À vouloir rêver ces univers, on se rend compte que d'un point de vue matériel, de la disponibilité des composants et de tout ce que ça va générer comme pollution ou comme problématique d'extraction, on fera face*

à de vraies questions structurelles». Mais à quel point cela peut-il freiner les GAFAM ? Bonne question !

L'aspect santé est également sous la loupe d'Olivier Servais. Car qui dit immersion dans un métavers, dit sédentarité alors que l'être humain n'a pas été «programmé» pour cela. Il pourra donc en résulter de nouvelles pathologies, physiques ou mentales. Il prend pour exemple parlant la pandémie et les dégâts psychologiques causés par le manque de liens sociaux. Qu'en serait-il si les citoyens passaient plus de temps dans un métavers que dans la vie hors ligne ? Le point de vue politique et légal pourrait également être problématique. Quelles seraient les règles qui régiraient un métavers ? Ces lois seraient-elles dictées par les créateurs ?

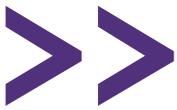
**Le terme métavers fait sa première apparition en 1992 dans le roman «Le Samourai Virtuel» («Snow Crash»), de Niel Stephenson. Il y fait référence à un univers virtuel dans lequel plongent les citoyens pour échapper à une réalité sombre**

Qu'est-ce que cela donnerait si les GAFAM étaient aux commandes ? Leur priorité, comme le souligne l'anthropologue, «*n'est pas l'égalité entre les citoyens. Leur objectif premier est de faire des bénéfices*». Toutes questions légitimes auxquelles il n'y a encore aucune réponse.

Quant au respect de la vie privée, d'après Axel Legay, professeur à l'École Polytechnique de l'UCLouvain, spécialiste de la cybersécurité et de la protection des données, le risque le plus élevé relatif aux jeux vidéo et qui va s'amplifier

<sup>(1)</sup> GAFAM: Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft





1. Pour ressentir les effets des actions de son avatar, il sera nécessaire de revêtir une combinaison sensorielle dotée de capteurs pouvant récolter des données à caractère personnel.

2. Au travers d'un avatar, une personne n'agit en général pas comme elle le ferait dans la vie hors ligne. Malgré cela, l'analyse des habitudes comportementales et de consommation (virtuelle ou réelle) permettra notamment d'encore mieux cibler les publicités proposées.

dans les métavers est l'analyse du comportement des personnes. Il ajoute: «*La surface d'attaque dans le métavers est bien plus grande que dans les jeux vidéo puisque pour fonctionner dans une RV, on va devoir interconnecter une quantité énorme de logiciels qui sont possiblement incompatibles les uns avec les autres*», ce qui compliquera énormément l'aspect sécurité. Il existe également une menace matérielle: pour se rendre dans un métavers, il faudra s'équiper de capteurs sensoriels éventuellement dotés de puces permettant de collecter des informations sur l'utilisateur. «*Vous pouvez très bien vous trouver dans un métavers dont la collecte des données vous semble sécurisée, mais en utilisant un matériel qui lui ne l'est pas. C'est quelque chose qu'en Europe, nous ne voyons pas encore venir*», insiste le spécialiste de la cybersécurité. Il mentionne enfin une dernière menace concernant les données biométriques liées à l'avatar de l'utilisateur, données les plus personnelles et les plus protégées. «*En 20 minutes d'utilisation d'un avatar, on stocke à peu près 20 millions de mouvements. Et avec cela, vous avez l'empreinte cybernétique unique d'un citoyen*», ajoute Axel Legay. Ce qui conduit à l'identification d'une personne même si cette dernière est anonymisée sur le métavers. On peut facilement imaginer les dérives que cela pourrait entraîner, au niveau des publicités ciblées mais pas seulement, comme nous l'explique Axel Legay: «*Les data analysts peuvent extrapoler un certain nombre de choses et faire des prédictions médicales, comportementales*», ce qui pourrait être utilisé contre vous dans la vie de tous les jours alors que «*votre comportement dans la vie virtuelle n'est probablement pas le même que dans la vie réelle*», précise l'expert.

Un autre point est déterminant. N'existera-t-il qu'un seul et unique métavers ou y en aura-t-il plusieurs ? Seul l'avenir nous le dira mais la question se pose, en particulier lorsque l'on se penche sur les challenges mentionnés ci-avant. Selon Olivier Servais, il faudrait que l'humanité trouve un consensus autour d'un seul et unique métavers pour que ce dernier puisse voir le jour, ce qui n'est pas gagné non plus. Surtout si, au vu

des énormes enjeux pécuniaires, les GAFAM sont aux commandes.

## On peut le faire: doit-on le faire ?

Mark Hunyadi, philosophe et professeur d'éthique des nouvelles technologies à l'UCLouvain, nous donne des pistes de réflexion. Selon lui, le numérique peut être perçu comme un outil permettant d'accéder au monde réel. En revanche, l'objectif des métavers n'est pas du tout le même. Il s'agit d'utiliser le numérique pour s'immerger dans un monde virtuel et substituer ce dernier au monde réel. «*C'est pourquoi les jeux vidéo représentent la première version du métavers*», nous explique Mark Hunyadi, «*On veut généraliser cela et faire du monde un immense plateau de jeu dans lequel on serait immergé à travers notre avatar mais pour y faire des choses bien réelles: jouer, acheter, communiquer, collaborer*». Du point de vue philosophique, il souligne qu'«*à travers les métavers, il y a une volonté de créer un nouveau monde qui soit sans résistance, un monde qui nous dispense de l'expérience du monde. Comme le dit Spielberg dans Ready Player One: Il s'agit d'aller quelque part sans aller nulle part*». Et Mark Hunyadi ajoute: «*Ce monde n'est qu'un prolongement de notre désir. On le crée à notre image, selon notre volonté*», ce qui, avouons-le, peut être tentant.

Le philosophe mentionne également l'individualisme actuel renforcé par le numérique et qui le serait encore davantage si les métavers venaient à voir le jour, au détriment des aptitudes sociales. Quant à l'objectif principal de ces univers, selon lui, il ne faut pas se leurrer: ils sont purement commerciaux. «*Il s'agit de capter l'attention pour vendre, d'observer nos comportements. C'est pour ça que les GAFAM veulent nous plonger dans ce métavers. Pour pouvoir nous influencer*», précise l'éthicien.

Cependant, il y a tout de même des avantages qui viennent à l'esprit de certains de nos spécialistes de l'UCLouvain. Selon Olivier Servais, les domaines de l'éducation et de la culture auraient beaucoup à y gagner en rendant accessibles des expériences qui ne le seraient pas sans les métavers. Imaginez une classe d'étudiants en archéologie qui se retrouve sur un site de fouille dans la vallée du Nil ou dans la province du Sichuan, ce qui serait beaucoup plus compliqué et plus onéreux à mettre en place dans la vie réelle. Ou encore, pour reprendre l'exemple du professeur d'anthropologie, un chirurgien en devenir qui pourrait s'exercer sur un patient virtuel dans le métavers sans le mettre en danger. Gérald Deschietere, psychiatre et chef des urgences psychiatriques aux Cliniques universitaires Saint-Luc (UCLouvain), note également des avantages possibles au niveau de la socialisation de certaines personnes (comme pendant le confinement mais pas uniquement) et surtout dans les soins de certains troubles comme les phobies en soumettant le patient à l'objet phobogène de manière virtuelle. Bien entendu, il met aussi en avant des éléments potentiellement défavorables comme un renforcement de l'isolement déjà éprouvé par certaines personnes souffrant d'anxiété ou de dépression, une altération des normes morales des utilisateurs qui viendraient à confondre virtuel et réel, ou encore des troubles de l'attention dans la vie réelle.

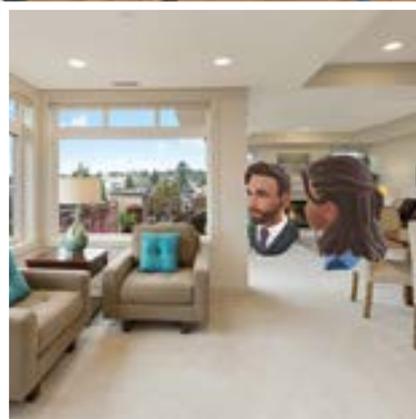
## Un certain malaise

Selon Mark Hunyadi, si nous en sommes aujourd'hui à parler des métavers, c'est à cause de Zuckerberg: «Il veut imposer son agenda en nous faisant croire que le métavers c'est Facebook et que Facebook est le métavers, d'où d'ailleurs son changement de nom. Tout le monde sait qu'il a des problèmes sérieux dans le monde réel. Alors évidemment il fait diversion, et c'est assez habile, dans le virtuel». Et Axel Legay précise: «Les métavers sont un challenge européen parce que face à nous, il y a une personne qui a mis 50 milliards de dollars sur la table (ndlr: Meta). Une université ou même un pays ne peut pas aller seul contre ça. Et jusqu'à présent, l'Europe n'a pas été capable d'avoir une réponse digitale pour contrer les GAFAM». Il conclut: «Vous pouvez faire tous les règlements que vous voulez. Tant qu'il y a une demande des citoyens, les GAFAM vont passer.

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de [virginie.chantry@gmail.com](mailto:virginie.chantry@gmail.com) ou sur la version digitale.

## TECHNO-ZOOM

Restons dans le thème avec la startup française *Aptero*, fondée en 2019, qui crée des «mini métavers». Que ce soit pour un évènement, une réunion, une formation ou un séminaire, *Aptero* conçoit des salles virtuelles interactives 3D à l'image de votre compagnie. Tout dans l'environnement virtuel est personnalisable. Accessible depuis un navigateur Internet, il n'est pas obligatoire de posséder un casque de RV pour s'y connecter. On peut y partager du contenu, l'image webcam des interlocuteurs ou encore voir qui est présent dans la salle. Une levée de fonds devrait se faire cette année. Évidemment, l'ami Zuckerberg a déjà mis son grain de sel dans *Aptero* qui remportait le «Facebook Developer Circles Community Challenge» de 2019.



**A**PTERO



*La seule façon de contrer notre dépendance est d'avoir des géants européens de la tech et de les encadrer correctement».*

Ce qui est sûr, c'est que les GAFAM, même si Google est un peu à la traîne, sont en train de se structurer dans le but de développer les métavers: rachat de sociétés de gaming ou développant des outils de RV, engagement de personnel spécialisé dans les mondes virtuels... Et Thibault Philippette va plus loin en parlant de «convergence technologique», notamment avec les cryptomonnaies comme le bitcoin ou la démocratisation des casques de RV qui feront bien l'affaire des concepteurs de métavers. Ce n'est donc pas pour tout de suite mais la machine est en route, même si le succès n'est pas garanti au bout du chemin. Il est donc plus que temps de s'interroger sur ce que l'on souhaite pour la société de demain et sur les limites éventuelles à poser à ces métavers, en supposant que ce soit possible... 

# L'ADN de... Adrian LORETI

Ingénieur industriel (énergie durable)

## Comment devient-on Ingénieur spécialisé dans les énergies renouvelables ?

*J'ai fait mes études secondaires à l'Athénée Royal de Huy, dans l'orientation maths et sciences. J'ai ensuite fait mon bachelier de 3 ans à la haute école de Gramme. Durant mes études supérieures, l'école a ouvert une section Énergie Durable, qui concerne beaucoup de domaines. J'ai poursuivi par ce master de 2 ans, où nous avons des cours sur les performances énergétiques des bâtiments, l'efficacité énergétique, la production d'énergie alternative, la gestion de l'environnement, etc. La formation d'ingénieur permet d'acquérir des compétences diverses, autant sociales que techniques, et cela, dans plusieurs domaines. Pour ma part, mes études m'ont appris l'autonomie, la rigueur, l'organisation, l'autostructuration et l'autodidactisme.*

## Vous travaillez actuellement comme Field support engineer chez EDF Renouvelable, quelle est votre journée-type ?

*Je ne peux pas dire que j'ai une journée type. C'est un travail très varié. Au sein de notre département, nous assurons le suivi journalier des éoliennes afin qu'elles soient le plus rentable possible. Notre entreprise est divisée en 2 départements. Le service dépannage et maintenance s'occupe des maintenances préventives et veille au bon fonctionnement des éoliennes. Le service support terrain quant à lui, dans lequel je travaille, est chargé des travaux plus spécifiques à réaliser sur les éoliennes. Nous venons également en aide aux techniciens lorsque ceux-ci ont des difficultés à résoudre certains problèmes. Globalement, une bonne partie de mon travail consiste à faire des réunions au niveau local et international, à faire des rapports, du suivi de projets, de l'organisationnel, de la gestion de chantiers, de la budgétisation, des voyages d'affaires...*

## Quels sont vos rapports avec la science ?

*Je suis quelqu'un de curieux, qui s'intéresse énormément au monde qui nous entoure.*

## Ingénieur industriel, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ?

*Depuis mon plus jeune âge, j'ai envie de comprendre le monde qui nous entoure. Pendant mes études, j'étais attiré par les mathématiques et les sciences, plus particulièrement la physique. Cette matière m'offrait les réponses aux questions que je me posais le plus. La profession d'ingénieur a donc été une évidence pour moi. De plus, elle donne la possibilité de travailler dans beaucoup de domaines différents. Depuis tout petit, je me soucie également de l'environnement. Je me suis dit que contribuer au développement d'énergies alternatives me donnerait le sentiment d'être utile à la société de demain. Je voulais pouvoir être fier d'apporter ma pierre à l'édifice à la transition énergétique qui était en marche.*

Recto

Je considère que la science est l'explication aux questions que nous pouvons nous poser au quotidien. Un souvenir marquant est lorsque j'ai assisté à l'inauguration du parc éolien de Villers-le-Bouillet, l'un des premiers en Belgique. Étant originaire de ce village et âgé de 10 ans à peine à l'époque, j'étais intrigué par ces grands moulins à vent que l'on venait d'installer dans ma campagne. J'ai donc commencé à poser plein de questions concernant cette technologie. À quoi cela sert ? Comment cela fonctionne ? Pourquoi on les installe là-bas ? On peut dire que j'ai grandi autour de ces éoliennes.

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

Je dirais de faire en sorte de récolter tous les éléments nécessaires afin de mener à terme un projet. Nous devons interagir avec divers services au sein de la société et suivre les projets du début à la fin. Ce qui est difficile, c'est de dépendre des autres, cela exige d'être très organisé. L'autre difficulté concerne la technologie que nous utilisons.

Elle est très complexe. Il faut donc une bonne connaissance et des années d'expérience.

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

C'est d'avoir trouvé assez tôt un travail dans le domaine qui me passionne. Ce n'est pas toujours facile, en tant que jeune diplômé, de trouver un job qui nous plaît. D'autant plus que le monde de l'éolien en Belgique est encore assez restreint.

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

Persévérer et tout faire pour se donner les moyens de réussir. Les études d'ingénieurs ne sont pas faciles mais elles sont accessibles à toutes et à tous. Elles mènent à de très beaux métiers. C'est un diplôme qui vous permettra de vous épanouir professionnellement. 



Adrian Loreti

ÂGE : 28 ans

SITUATION FAMILIALE :  
En couple, pas encore d'enfant

PROFESSION : Ingénieur  
Support Terrain en éolien  
pour EDF Renouvelable

FORMATION : Ingénieur  
industriel à finalité Génie  
Énergétique Durable diplômé  
de HELMo Gramme.

MAIL :  
adrian.lorete@edf-re.be

Verso

### Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ?

Je serais cuisinier. J'adore la cuisine. Elle vous permet de laisser aller votre imagination et de faire plaisir aux gens. Elle exige néanmoins un rythme de vie ardu.

### Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ?

Ce serait de pouvoir voyager dans le temps. J'aimerais voir comment était le monde à d'autres époques.

### Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ?

Je ferais de la sensibilisation au réchauffement climatique. Il est plus qu'urgent de conscientiser le plus grand nombre et que chacun fasse des efforts pour préserver cette planète.

### Je vous offre un laboratoire, vous plancherez sur quoi en priorité ?

Cela rejoint un peu la question du super pouvoir mais j'inventerais une machine à remonter le temps, afin de découvrir la vie et le monde sous différentes époques.

### Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle, ce serait lequel et pourquoi ?

Je choisirais une œuvre d'art, car contrairement à beaucoup de choses, on en prend soin et c'est intemporel.

### Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ?

J'irais en Amérique du Sud. C'est une destination qui m'attire depuis toujours pour la richesse des cultures et les paysages de ces pays.

### Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ?

Je n'ai pas d'idée... (Rires) !

### La question «a priori»: Il n'y a pas d'intérêt à s'engager dans l'énergie renouvelable et la transition écologique tant que l'on n'aura pas changé drastiquement notre mode de production et de consommation...

Faux ! Il y a évidemment un intérêt à s'engager dans l'énergie renouvelable et la transition écologique. Certes, nous ne pourrions jamais revenir à notre mode de consommation d'avant la révolution industrielle, mais nous devons changer notre mode de production et de consommation. Nous devons d'ores et déjà penser à des moyens durables et écologiques de produire nos énergies afin de pouvoir réaliser une transition énergétique efficace. Cette transition doit néanmoins se réaliser de façon graduelle. 



 <https://www.helmo.be/Institution/Instituts/HELMo-Gramme/Formations.aspx>



## PARTIE 1

# Enseignement: l'avenir sera-t-il numérique ?

La crise a poussé les universités à se réinventer. Podcasts, MOOC, capsules vidéos et autres applications numériques ont une place à prendre: ils sont complémentaires à l'enseignement plus traditionnel. De manière durable ? À Liège, on y réfléchit depuis plusieurs années déjà

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

PHOTOS: @DRAZEN - STOCK.ADOBE.COM (P.18), @LIUBOMIR - STOCK.ADOBE.COM (P.20),

@VECTORFUSIONART - STOCK.ADOBE.COM (P.21)

À l'université, depuis le début de l'année académique, les cours ont repris comme avant. Finis les codes couleurs qui empêchaient étudiants et professeurs de se rencontrer IRL (*In Real Life*). Malgré un retour à la normale, les amphis sont souvent à moitié remplis, parfois vides, mais en tout cas jamais pleins comme cela pouvait arriver autrefois. Jour après jour, les cas positifs et les quarantaines perturbent le quotidien. Alors il faut s'adapter, tricoter les horaires, combiner l'enseignement à distance et en présentiel pour que chacun puisse poursuivre sa formation en dépit de la situation.

C'est indiscutable: la pandémie a donné un coup d'accélérateur à l'intégration du numérique dans la pratique universitaire. En mars 2020, les facultés, amphis, labos, bibliothèques et autres salles de travail ont fermé leurs portes du jour au lendemain. Pour continuer à enseigner, il a fallu s'adapter. «*Sans les outils numériques, on n'aurait rien pu faire ! On aurait connu une situation d'année blanche, avec des conséquences économiques importantes pour les étudiants et les parents, sans parler de celles sur l'éducation...*», analyse Gautier Pirotte, sociologue, membre du Conseil stratégique du numérique de l'Université de Liège et responsable de l'organisation des Assises de l'enseignement consacrées au numérique. *On se serait retrouvé au niveau des pays en développement qui doivent stopper leurs activités universitaires pendant plusieurs mois ou*

années en période de crise. Ici, le numérique nous a permis d'assurer la continuité pédagogique, tant bien que mal !»

Les premiers temps, les enseignants ont tâtonné. Il a fallu transposer les cours à distance, garder les étudiants motivés, concevoir d'autres modes d'évaluation. Si certains professeurs avaient déjà commencé à intégrer de nouveaux outils à leurs cours, d'autres ont été confrontés à la vague numérique de plein fouet. «*Pendant 18 mois, presque tous les cours ont été donnés à distance, rappelle le sociologue. Les collègues ont dû s'adapter, certains avec plus d'adresse que d'autres. Ils ont mis en place des Powerpoint commentés, des capsules vidéos très simples. La plateforme e-campus, qui était déjà utilisée pour l'enseignement à distance, a été rapidement fort prisée alors qu'elle était peu ergonomique et pas prévue pour un usage si intensif. Depuis lors, on a modernisé et fait évoluer le système. On a aussi créé un groupe de réflexion sur les bonnes pratiques, pour définir ce qu'on peut faire et ne plus faire en matière de numérique. On en est conscient: c'est maintenant que ça se joue si on veut implémenter le numérique durablement.*»

## Des outils en développement

À l'Université de Liège, la réflexion ne date pourtant pas d'hier. Voilà plusieurs années que des services pédagogiques encouragent les enseignants à développer des outils numériques. Les premiers MOOC (*Massive Open Online Course*), un type de formations en ligne ouvert à tous, ont notamment été développés il y a 5 ans. «*Ils sont un fleuron, un cheval de Troie de l'utilisation d'outils numériques dans l'enseignement, précise Gautier Pirotte. Il s'agit de cours en ligne associés à du présentiel, intégrés à des programmes de manière complémentaire ou en classe inversée (un système qui inverse la nature des apprentissages, les cours magistraux étant déplacés à distance, tandis que les travaux pratiques sont réalisés en présentiel, NDLR) avec un mélange d'étudiants et d'apprenants externes. Cela commençait à prendre son essor et à bien s'installer dans toutes les facultés. La crise a accéléré le phénomène.*»

Avec des effets positifs, mais aussi des inconvénients... À commencer par l'image «cafouilleuse» qu'a pu donner l'université pour parer au plus pressé. «*On a beaucoup improvisé. On a utilisé des plateformes existantes pour adapter l'enseignement en présentiel à une logique de crise, sans aucune réflexion. Comme tout le monde, en fait ! On a fait ce qu'on a pu, mais*



## DU MOOC À L'ESPACE GAME VIRTUEL

Le numérique sonne-t-il le glas des cours magistraux ? La réponse n'est pas si simple... Pour Gautier Pirotte, il faut voir au-delà d'une simple transposition des cours en podcast et aller vers plus de complémentarité «*Un MOOC (Massive Open Online Course), qui est un type de formations en ligne ouvert à tous, ne remplace pas une autre formation. Il ne vit pas par lui-même, mais il peut apporter de vrais atouts en classe. On pourrait imaginer développer une articulation entre les outils numériques et les classes inversées, par exemple.*» S'il est membre du Conseil stratégique du numérique de l'ULiège, il est aussi professeur de socio-anthropologie du développement. «*Jusqu'en 2018, le cours d'initiation à la coopération internationale se donnait ex-cathedra, via des films, des conférences, des examens écrits, indique l'enseignant. Puis en 2018, on a pu s'appuyer sur un MOOC conçu comme un jeu de rôle participatif. Il permet à des étudiants de tous niveaux et de compétences variables d'interagir. Environ 1 000 personnes s'y sont inscrites depuis 5 ans. Je n'aurais pas touché autant de monde en présentiel, c'est certain !*»

En parallèle, l'enseignant planche sur un *Escape Game* virtuel, qui devrait être en ligne à la rentrée prochaine. Une plateforme dans laquelle les étudiants pourront se déplacer, lire des articles, regarder des capsules vidéos. Ils auront pour mission de trouver des solutions à des énigmes dont les réponses se trouveront dans les matériaux mis à disposition sur l'application, collectivement. De fil en aiguille, ils évoluent et construisent leurs savoirs. C'est un jeu de coopération, avec un aspect ludique et compétitif. «*Ce type d'outils révolutionne l'enseignement ! Ce n'est pas un cours que je donne platement avec mon Powerpoint, c'est une nouvelle façon d'enseigner: avec les énigmes à résoudre, on est dans un système d'évaluation continue. Les étudiants vont chercher le savoir, le manipulent, le comprennent, l'utilisent pour produire quelque chose de nouveau. Il peut aussi y avoir des liens avec des cours que je donne en présentiel à d'autres groupes d'étudiants.*» Si l'aspect ludique est mis en avant, son caractère durable également. «*Des outils comme le MOOC permettent une meilleure appropriation de la matière, insiste l'enseignant. Quand je compare les évaluations de mes étudiants, je constate une profondeur d'analyse et de réflexion plus forte qu'auparavant. Avant, ils étaient surtout dans la restitution. Maintenant, ils sont davantage dans la compréhension. C'est peut-être ce qui m'importe le plus ! Qu'ils comprennent plutôt qu'être des singes savants, qu'ils soient capables de maîtriser ces débats. Les étudiants doivent s'approprier ces matières plus en profondeur pour utiliser le numérique est selon moi plus durable. Cela va plus les frapper, les étonner, les choquer.*» De quoi démontrer, là aussi, la plus-value de ces outils dans le processus pédagogique.





*cela a engendré des situations problématiques, notamment au niveau des examens. Les initiatives ont été tellement massives et maladroites qu'elles ont donné une vision erronée des avantages que peut apporter le numérique.»*

Point positif, néanmoins: certains enseignants, réticents à l'idée d'intégrer le numérique dans leur pratique, ont bien dû sauter le pas. *«On parle parfois d'électrophobie, de technophobie, de peur du numérique, ajoute le sociologue. Il y a une vraie résistance à utiliser les outils numériques parmi de nombreux collègues. Ils ont peur que leurs propos soient dénaturés, peur d'être remplacés par la machine un peu comme les caissières dans les supermarchés...»*

Compte tenu de la situation, ils n'ont pourtant pas eu d'autres choix que d'envisager leur pédagogie avec une nouvelle approche et de se familiariser avec les outils numériques. Saisissant la balle au bond, l'Université de Liège a mis sur pied un Conseil stratégique du numérique et a engendré un plan stratégique, afin de mener une politique cohérente en la matière. Elle a aussi lancé un groupe de travail sur la sobriété numérique, de manière à promouvoir l'utilisation de ces technologies dans un cadre respectueux de l'environnement. *«Concrètement, il s'agit de réfléchir à des recommandations, d'émettre un guide de bonnes pratiques en matière d'enseignement numérique sobre, indique l'enseignant. Il faut favoriser l'enseignement numérique de demain, et ne pas en faire n'importe quoi. Ce groupe de travail va permettre de développer des outils avec une réflexion sur l'empreinte numérique dans l'enseignement. On constate par exemple une tendance à multiplier les podcasts, qui sont très énergivores. Les capsules vidéos, l'utilisation de plateformes,*

*la sauvegarde de données, tout cela génère des dépenses énergétiques, cela a un coût environnemental. Mais si on n'oblige plus les étudiants à se déplacer, les rejets diminuent. Il y a un équilibre à trouver.»*

## Une complémentarité à trouver

Aujourd'hui, 2 ans après le début de la crise, qu'en est-il ? L'université doit faire face à une ambivalence: la situation a rappelé l'importance des rapports humains dans l'enseignement, tout en démontrant l'utilité du numérique. Il faudrait donc intégrer durablement cette avancée technologique sans bousculer les fondamentaux de l'université... *«Il y a des enseignants qui n'ont plus envie de voir le numérique de près ou de loin, note le sociologue. On constate toujours une crainte de voir la machine être imposée dans nos enseignements et de perdre notre liberté académique, soit le fait d'être libre de nos propos et du contenu de nos cours, en raison de l'utilisation d'outils numériques. Mais d'un autre côté, la crise a rappelé aux enseignants qu'ils étaient des enseignants !»* Car bon nombre de ceux qui se consacrent d'habitude plus à la recherche qu'à l'enseignement ont vu leurs travaux mis en stand-by durant plusieurs mois. À la place, ils ont enseigné, et à distance. La situation les a obligés à réfléchir à leurs pratiques de l'enseignement. *«Nous devons aujourd'hui être prêts à valoriser ce qui est positif et à dépasser les aspects plus négatifs, montrer la plus-value du numérique dans la variété des enseignements disponibles et dans la qualité de transmission de certains savoirs. Les professeurs ne sont pas remplaçables, mais ils doivent apporter quelque chose en plus. Les outils*



Aujourd'hui, les cours à distance font partie du quotidien. Les universités fermées, même les plus réticentes des enseignants ont dû s'adapter... Si les étudiants ont retrouvé le chemin des amphes, l'enseignement à distance pourrait bien devenir pratique courante. Les outils numériques ont ouvert la porte à plus de flexibilité et à une nouvelle manière d'enseigner, permettant une meilleure transmission des savoirs.



## FRACTURE NUMÉRIQUE ?

L'enseignement à distance est-il confronté à la fracture numérique ? Au niveau universitaire, il est même de 2 degrés. D'abord, l'aspect matériel. «Selon une enquête que nous avons menée, 1 étudiant sur 7 serait en difficulté d'avoir accès à Internet et à un ordinateur», indique Gautier Pirotte. L'université a fait beaucoup pour réduire la fracture numérique. Elle a notamment augmenté la bande passante et la location d'ordinateurs. Mais difficile pour elle d'agir rapidement sur les locaux... Le manque d'espace adapté pour le travail est pourtant ce dont les étudiants se sont le plus plaints, soit confinés chez leurs parents, soit reclus dans leur kot durant de longues semaines.

Ensuite, le degré de maîtrise des outils informatiques. Les enseignants ont reconnu une certaine limite dans leurs compétences. Il ressort de l'enquête qu'ils souhaitent les renforcer. Chaque faculté sera ainsi renforcée par un techno-pédagogue qui viendra les aiguiller. «Mais la surprise, c'est que les étudiants pataugent aussi ! Ils sont nés avec un smartphone dans la main, on pensait qu'ils seraient plus à l'aise avec les outils numériques mais ce n'est pas si évident que ça. Certains ont du mal à se connecter, à répondre à des questions basiques. Nous allons donc également travailler sur le renfort de leurs compétences, avec les techno-pédagogues qui seront engagés dans chaque faculté.»

*renforcent la qualité de nos enseignements si on les intègre de manière intelligente.»*

Aux enseignants de juger comment... Des compétences peuvent par exemple être transférées via des capsules vidéos. Des outils Internet peuvent aussi servir de support plus ou moins ludiques et permettre aux chargés de cours de se concentrer sur les débats, l'apprentissage ou l'approfondissement de matières plus pointues. Le potentiel du numérique reste à découvrir, les études scientifiques approfondissant le sujet n'étant pas encore très nombreuses.

### L'enseignement hybride, à pérenniser ?

Si le retour au présentiel était voulu par les enseignants comme les étudiants, un système hybride sera néanmoins probablement maintenu dans la durée. Car les étudiants sont demandeurs de podcasts, d'outils numériques, d'applications permettant d'animer les classes en présentiel. «Ils ne veulent pas du full numérique, mais ils veulent plus de numérique dans leur enseignement. Ils se sont habitués à une certaine liberté, une consommation du savoir plus libéralisée. Ça fait descendre le prof de son piédestal ! Il ne pourra

*peut-être plus prêcher devant un amphi plein à craquer, il n'aura peut-être plus qu'une centaine d'étudiants en face de lui car les autres le suivront en podcast.»*

Cet enseignement en 2 temps est aussi une sécurité réclamée en cas d'absence ou de maladie des étudiants. La demande est pragmatique, mais elle est réelle: les études supérieures engendrent un coût non négligeable. La flexibilité offerte par l'enseignement à distance ou hybride leur permet parfois d'accepter des emplois qu'ils devraient refuser dans d'autres circonstances.

Confrontées à cette réalité, les universités n'ont d'autre choix que de s'adapter. Elles devront proposer une plus grande variété dans les processus pédagogiques, de la flexibilité dans les horaires et les présences. Elles devront se transformer, car le numérique a aussi son mot à dire sur l'occupation des salles. Il faudra plus de locaux informatiques, davantage de lieux où pouvoir suivre un podcast entre 2 cours en présentiel. Il faudra repenser les espaces universitaires, la mobilité, les modalités pédagogiques. L'ère numérique pourrait ainsi marquer le début d'une révolution académique. Qu'en est-il dans l'enseignement fondamental ? C'est ce que nous verrons dans le prochain numéro... A

# LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE  
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE  
PHOTOS: ©PROSTOCK-STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.22),  
©AFRICA STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.24),  
©IMTMPHOTO - STOCK.ADOBE.COM (P.25),  
THOMAS ANDRILLON - ICM (P.26)



# Des intrusions locales de sommeil dans le cerveau éveillé

**La littérature scientifique nous enseigne que nous sommes très souvent inattentifs. Ces pertes d'attention seraient-elles dues à des épisodes de sommeil local susceptibles de se produire durant l'éveil en tout endroit du cerveau, mais préférentiellement dans les régions impliquées dans la réalisation d'une tâche en cours ? Dans ce dernier cas, le sommeil local serait-il prédictif d'une baisse des performances de l'individu et d'une augmentation des probabilités qu'il commette des erreurs ? C'est ce que semblent montrer des recherches récentes**

**L**ongtemps, le sommeil fut appréhendé comme un état homogène. Dans les années 70 à 90, il était beaucoup étudié à travers l'anesthésie chez des animaux possédant des cerveaux relativement petits, comme la souris et le chat. Une des limites de ces travaux était que si l'anesthésie imite le sommeil naturel sous certains aspects, elle n'en est pas pour autant le parfait décalque. À l'époque, l'idée était que le sommeil est un phénomène monolithique possédant différents stades, tels le sommeil lent profond ou le sommeil paradoxal, et que lors de chacun d'eux, l'ensemble du cerveau adopte un état correspondant de sommeil homogène. Cependant, les études menées à partir du début des années 2000 ont notamment mis en évidence que le cerveau peut «se réveiller» localement durant le sommeil afin de traiter des informations sensorielles en provenance de l'environnement. Comme quoi, sommeil et éveil peuvent cohabiter dans le cerveau.

À l'instar du sommeil, l'éveil est-il lui aussi le théâtre de telles dissociations entre régions, la majeure partie d'entre elles étant éveillées mais d'autres pouvant présenter le profil d'«îlots endormis» ? La réponse est oui. Toujours dans les années 2000, en effet, des scientifiques de

l'Université de Lyon s'étaient rendu compte, en enregistrant l'électroencéphalogramme (EEG) d'animaux éveillés, qu'apparaissait, de temps à autre, de l'activité ressemblant à du sommeil dans certaines zones de leur cerveau.

## Ondes lentes et silence neuronal

Dans la foulée de ces travaux s'inscrivirent ceux du laboratoire dirigé par Giulio Tononi et Chiara Cirelli à l'Université du Wisconsin, aux États-Unis. Ce laboratoire s'intéressait en particulier à la régulation homéostatique du sommeil, qui se traduit par une augmentation de la pression (du besoin) de sommeil au fil de l'éveil et sa dissipation pendant que l'individu dort. En 2011, le magazine *Nature* publia un article intitulé *Local Sleep in awake rats*, dans lequel les chercheurs de l'équipe de Giulio Tononi et Chiara Cirelli relataient les résultats d'une expérience dont l'hypothèse de départ était que si l'on empêche un individu - en l'occurrence un rat - de dormir, certaines régions de son cerveau peuvent basculer de leur propre chef dans le sommeil lorsqu'elles ont accumulé localement trop de fatigue.





Il était bien établi, sur le plan comportemental, qu'une personne soumise à une tâche de psychovigilance, telle que pousser le plus vite possible sur un bouton quand apparaît un point sur un écran, tend à réagir de plus en plus lentement à mesure que sa fatigue croît. L'hypothèse classique émise pour expliquer cette situation était celle du microsommeil, c'est-à-dire d'une brève transition vers le sommeil impliquant le cerveau dans son ensemble. L'expérience conduite par Tononi et Cirelli dévoila une autre vérité. Elle faisait appel à des rats maintenus éveillés durant une longue période au cours de laquelle ils essayaient d'atteindre un morceau de sucre. Qu'observèrent les chercheurs ? Alors que l'animal est actif, les yeux ouverts, et que son EEG est caractéristique de l'éveil, la privation de sommeil est associée à la survenue, dans certaines régions de son cerveau, d'ondes lentes inhérentes à l'état de sommeil, couplées à des phénomènes de silence neuronal - les neurones déchargent peu et ont tendance à se synchroniser. En outre, l'incidence de ces périodes de sommeil local augmente avec la durée de l'éveil.

*«L'accumulation de fatigue s'accompagne d'un accroissement général des intrusions de sommeil partout dans le cerveau, mais surtout dans la*

En 2011, le magazine *Nature* publia un article qui relatait les résultats d'une expérience dont l'hypothèse de départ était que si l'on empêche un rat de dormir, certaines régions de son cerveau peuvent basculer de leur propre chef dans le sommeil lorsqu'elles ont accumulé localement trop de fatigue.

*ou les régions particulièrement impliquées dans l'accomplissement d'une tâche»,* souligne de surcroît Thomas Andrillon, chargé de recherche de l'Inserm au sein de l'Institut du cerveau (ICM), à Paris. Et de poursuivre: *«Si le phénomène de sommeil local est enregistré dans une région cérébrale recrutée pour l'exécution d'une tâche, il est prédictif de la baisse de performance de l'animal et de l'accroissement des probabilités de le voir commettre des erreurs. En revanche, une telle prédiction n'est pas efficiente si le phénomène concerne une région étrangère à la réalisation de la tâche.»* Bref, les conséquences du sommeil local dépendent de l'identité de la région affectée et de la besogne que l'animal s'est assignée. Jusqu'à présent, il existait des marqueurs globaux de la vigilance, comme le diamètre pupillaire, mais aucun marqueur local à même de préciser qu'une région du cerveau est plus «fatiguée» qu'une autre, avec les conséquences potentielles de cette situation sur certaines performances.

## Du vol au perchoir

L'ensemble des expériences menées chez l'animal par différents laboratoires avaient en commun de se situer dans un contexte de privation de sommeil. C'est le même paradigme qui présida aux premières études entreprises chez l'homme. Elles furent de nouveau l'œuvre des chercheurs de l'Université du Wisconsin, lesquels constatèrent l'apparition de phénomènes de sommeil local chez des volontaires maintenus éveillés durant 48 ou 72 heures. Et comme chez l'animal, ces transitions vers le sommeil prédisaient l'érosion des performances des sujets et la probable augmentation de leurs erreurs dans une tâche donnée (par exemple, conduire une voiture sur un simulateur) si et seulement si les régions cérébrales en proie à un phénomène de sommeil local concouraient à sa bonne exécution. Dans le sommeil local, il faut donc distinguer, tant chez l'animal que chez l'homme, le concept «*time-dependent*», qui se réfère au fait que plus longtemps on reste éveillé, plus on

connaît des intrusions de sommeil local partout dans le cerveau, et le concept «*use-dependent*», qui a trait à l'impact de l'utilisation prolongée de certaines régions cérébrales durant l'éveil.

«*La privation aiguë de sommeil constitue cependant un contexte très spécifique et peu naturel*», dit Thomas Andrillon. Aussi, en collaboration avec 4 chercheurs de l'Université de Melbourne, a-t-il voulu explorer le phénomène des intrusions locales de sommeil dans un contexte plus écologique. Les 5 scientifiques ont émis l'hypothèse que des épisodes de sommeil local peuvent survenir de façon spontanée chez chacun d'entre nous au cours d'une journée normale et expliquer nos pertes d'attention. Ils ont pu la vérifier comme en témoignent les résultats de leur étude publiés en 2021 dans *Nature Communications* (1). Les interruptions de l'attention auraient une origine physiologique commune: l'émergence, dans le cerveau éveillé, d'un profil d'activité locale semblable au sommeil.

La littérature scientifique nous apprend qu'un adulte normal est très souvent inattentif. Tous les travaux sur le vagabondage de l'esprit - le «*mind wandering*» (MW) en anglais - montrent que dans des conditions peu motivantes, les individus passent environ la moitié de leur temps éveillé à penser à des choses sans rapport avec l'activité qu'ils doivent accomplir. Ils errent dans le passé ou le futur, se remémorant des souvenirs, songeant à d'autres tâches dont ils doivent s'acquitter plus tard, etc. Selon des études récentes, il arrive également que le flux des pensées s'interrompe, donnant à des personnes éveillées le sentiment d'avoir un esprit vide avant de revenir à soi et au monde sans savoir d'où. On parle alors de «*vide mental*» ou «*mind blanking*» (MB) en anglais. Toutefois, ce phénomène a été peu exploré jusqu'à présent. Pourquoi ? «*En raison d'un a priori voulant qu'un individu éveillé soit un individu conscient qui a nécessairement une pensée en tête*, explique Thomas Andrillon. *Cette confusion entre éveil et conscience tend à nous faire oublier qu'il existe des moments où il n'y a aucun acteur sur la scène de notre théâtre mental.*» Le chercheur de l'Inserm cite l'Américain William James (1842-1910), considéré comme le père de la psychologie moderne, qui comparait nos esprits à des oiseaux passant du vol au perchoir.

## Une tâche ennuyeuse

L'expérience conduite par Thomas Andrillon faisait appel à 26 adultes jeunes en bonne santé. Elle reposait principalement sur 3 piliers: une mesure du comportement des participants appelés à réaliser une tâche ennuyeuse, leur expérience



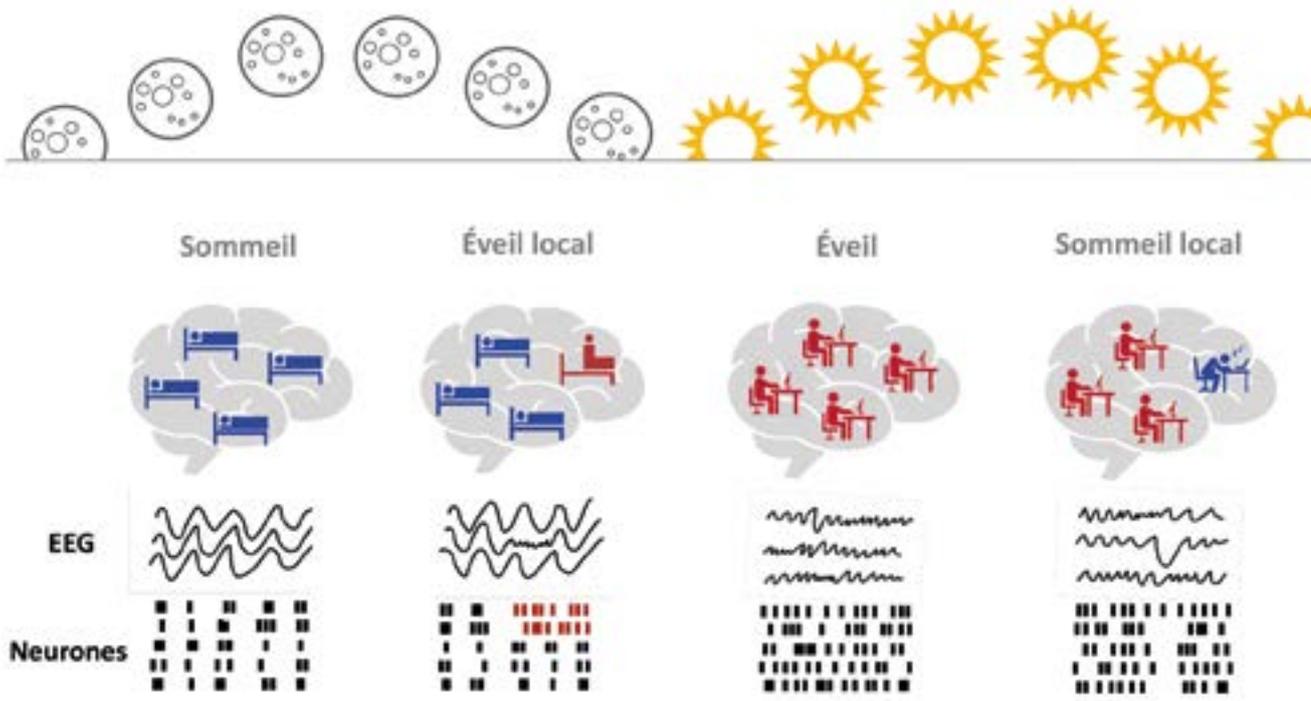
## TROUBLES DE L'ATTENTION

Des travaux sont en cours sur le trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), où, dans 2/3 des cas, l'enfant (ou l'adulte) est en proie à une grande distractibilité, de l'hyperactivité motrice et de l'impulsivité - dans 33% des TDA/H, les problèmes ne sont qu'attentionnels. «*D'une part, on sait qu'il y a un lien entre ces troubles et les troubles du sommeil; d'autre part, des études ont montré que contrairement à ce que l'on aurait pu imaginer, les TDA/H ne sont pas caractérisés par plus de vagabondages de l'esprit que chez le sujet non-TDA/H mais par plus de "blancs", d'épisodes de vide mental*», rapporte Thomas Andrillon. Voilà pour les prémisses. Les résultats intermédiaires de cette recherche mettent en évidence que le nombre d'ondes lentes enregistrées durant l'éveil chez les adultes TDA/H est nettement plus élevé que chez les individus épargnés par ce trouble. Encore faut-il démontrer que ce constat est en relation avec les difficultés attentionnelles. C'est une autre étape des travaux scientifiques entrepris.

À l'Institut du Cerveau, Thomas Andrillon et Delphine Oudiette ont reçu récemment un financement de la Fondation Recherche Alzheimer pour la réalisation d'une étude sur le possible impact des intrusions de sommeil local dans l'évolution vers la démence et, spécialement, la maladie d'Alzheimer. «*De façon générale, les troubles du sommeil sont très prédictifs d'une évolution vers des maladies neurodégénératives*, indique notre interlocuteur. *Une question est: quand les épisodes de sommeil local deviennent abondants, pourrait-on en déduire que des modifications cérébrales s'opèrent et, si oui, cette information ne pourrait-elle permettre de déceler très précocement un cheminement vers la démence ?*»

De manière plus cruciale encore, le lien entre les phénomènes de sommeil local, de vagabondage de l'esprit et de vide mental mérite d'être exploré dans les recherches sur la conscience et ses substrats neuroanatomiques.





Le sommeil et l'éveil sont classiquement vus comme des états mutuellement exclusifs. En effet, en sommeil lent profond, l'activité cérébrale diffère nettement de celle de l'éveil: l'EEG est dominée par des ondes lentes de forte amplitude et les neurones oscillent à l'unisson entre périodes d'activité et de silence. Entre sommeil et éveil complets, pourtant, il existe des états intermédiaires d'éveil local, où une région cérébrale montre une activité proche de l'éveil dans un contexte de cerveau globalement endormi, et de sommeil local, où une région cérébrale montre une activité proche du sommeil dans un contexte de cerveau globalement éveillé.



subjective durant celle-ci et l'enregistrement de leur activité cérébrale par EEG à haute densité (64 électrodes). L'objectif des chercheurs était une meilleure compréhension de ce qui se produit dans le cerveau lors de nos pertes d'attention et, plus précisément, la nature de la relation qui pourrait unir le vagabondage de l'esprit, le vide mental et le sommeil. Les 26 volontaires furent conviés à 2 tâches de type *Sustained Attention to Response Task* (SART), dont, en vertu de leur nature même, les caractéristiques étaient d'être simples, de réclamer une attention continue et de se révéler relativement rébarbatives. La première impliquait la présentation aléatoire et continue de chiffres toutes les 0,75 à 1,25 seconde. Il appartenait aux participants d'appuyer sur un bouton dès qu'apparaissait un nouveau chiffre sauf s'il s'agissait d'un 3. Dans le second SART, dès qu'apparaissait un nouveau visage pour autant qu'il ne soit pas souriant. «Un des intérêts du SART est que le sujet peut difficilement détourner son attention de l'exercice sans que cela engendre des conséquences sur sa capacité à le mener à bien, souligne Thomas Andrillon. Toutefois, autre intérêt, la tâche est tellement simple qu'elle tend à inciter l'esprit au vagabondage. Enfin, au bout d'un certain temps, l'exercice devient ennuyeux.»

Comme les participants devaient répondre à l'apparition de stimuli visuels qui se succédaient environ toutes les secondes, leur attention pouvait être suivie quasi en continu à travers leurs réponses comportementales. Étaient-ils plus lents ? Éventuellement plus rapides ? Commettaient-ils des erreurs ?... Les expérimentateurs les interrompaient également à des moments aléatoires pour leur demander si, dans les secondes précédentes, ils étaient concentrés sur la tâche, si leur esprit vagabondait ou s'ils avaient le sentiment d'un vide mental. «Conformément au chiffre fréquemment présenté dans la littérature pour une activité peu motivante, on pouvait déduire des déclarations des participants qu'ils n'étaient concentrés sur la tâche que durant quelque 50% du temps. On pouvait aussi en déduire qu'ils pensaient à autre chose durant 40% du temps et ne pensaient à rien durant 10% du temps», souligne Thomas Andrillon.

Les chercheurs ont évalué les performances des participants en se basant sur les réponses qu'ils donnaient lors des essais qui précédaient immédiatement une interruption au cours de laquelle ils devaient préciser si, durant les 20 secondes précédentes, ils étaient concentrés sur la tâche, pensaient à autre chose ou ne pensaient à rien. Ces 2 derniers états (MW et MB) coïncident

traditionnellement avec une faible vigilance. Et de fait, les sujets, quand ils s'y référaient, déclaraient être plus fatigués que lorsqu'ils étaient pleinement investis dans la tâche et, d'autre part, leur diamètre pupillaire était plus petit. En outre, les états mentaux MW et MB allaient de pair avec une augmentation des erreurs lors de la tâche, et ce, plus fréquemment dans la situation de vide mental. Les temps de réaction se révélaient également plus longs dans ce dernier cas que dans les états de vigilance ou de vagabondage de l'esprit. Des réponses étaient tardives, voire trop tardives, c'est-à-dire manquées. «*Ce qui est cohérent avec l'idée que le vide mental s'accompagne d'une certaine léthargie. En revanche, la rapidité des réponses dans l'occurrence du vagabondage mental pourrait refléter une forme d'impulsivité*», commente Thomas Andrillon.

## Lenteur ou impulsivité ?

Bien que différents sur le plan phénoménologique et par les comportements qu'ils suscitent, MW et MB correspondent néanmoins tous les 2 à des états de vigilance basse. Aussi les auteurs de l'article de *Nature Communications* se sont-ils demandé si ces états ne pouvaient correspondre l'un et l'autre à des phénomènes d'intrusion de sommeil. D'où l'enregistrement par EEG des ondes lentes delta (1 à 4 hertz), abondantes chez l'individu endormi. Pour des raisons méthodologiques et parce qu'il existe un lien entre l'amplitude d'une onde lente et le nombre de neurones qui participent à cette dernière, les chercheurs se sont centrés sur les 10% d'ondes delta présentant la plus grande amplitude. «*La question était: quand elles se manifestent, sont-elles informatives de l'état attentionnel du sujet et prédictives de son comportement dans la tâche ?*», dit Thomas Andrillon.

Résultats ? Sur la base des cartes cérébrales mentionnant la présence ou l'absence d'ondes lentes de grande amplitude dans certaines zones du cerveau au moment de la présentation d'un stimulus (chiffre ou visage en fonction de la tâche SART prescrite), il était en effet possible de prédire le comportement. Celui-ci était néanmoins différemment affecté selon l'endroit où les ondes lentes émergeaient. Si elles étaient observées dans les parties postérieures du cerveau, donc au niveau d'aires corticales impliquées dans le traitement des informations sensorielles, elles étaient associées à une lenteur dans les temps de réaction, susceptible d'entraîner des «ratés» (on n'appuie pas sur le bouton alors qu'on aurait dû) ainsi qu'à des «blancs», un sentiment de vide mental. Par contre, si elles siégeaient dans les parties frontales du cerveau, probablement dans le cortex préfrontal, entité largement vouée aux

fonctions exécutives telles que la définition de stratégies, la planification des actions ou encore l'inhibition d'informations non pertinentes, elles étaient associées à une plus grande impulsivité (réagissant trop vite, on a tendance à appuyer erronément sur le bouton) et à du vagabondage mental.

**Dans des conditions peu motivantes, les individus passent environ la moitié de leur temps éveillé à penser à des choses sans rapport avec l'activité qu'ils doivent accomplir. Il arrive également que le flux des pensées s'interrompe, donnant à des personnes éveillées le sentiment d'avoir un esprit vide avant de revenir à soi et au monde sans savoir d'où.**

Autrement dit, il existerait non seulement des intrusions locales de sommeil dans la vie quotidienne de tout individu éveillé mais de surcroît, elles engendreraient, suivant leur localisation, des manques d'attention de nature différente (MW et MB), vecteurs de comportements eux-mêmes différents ainsi que des expériences subjectives des sujets. Mais dans quelle mesure les résultats expérimentaux obtenus par l'équipe de Thomas Andrillon sont-ils applicables aux situations de la vie courante, telles que la conduite automobile, la lecture, etc. ? Des études complémentaires sont nécessaires pour le déterminer. Les chercheurs font remarquer que, peu exigeante, la tâche (SART) qu'ils ont utilisée pourrait favoriser la somnolence et le sommeil local davantage que ne le feraient peut-être des paradigmes expérimentaux plus difficiles et plus motivants. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Andrillon T., Burns A., Mackay T. et al.

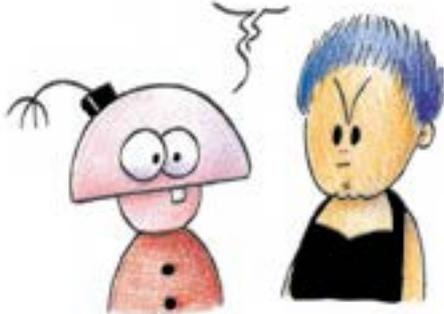
*Predicting lapses of attention with sleep-like slow waves.*  
*Nat Commun* 12, 3657 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-23890-7>

# LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2022

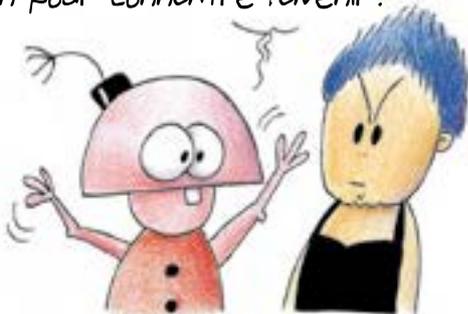
Barje, tu n'as pas l'impression d'avoir déjà vécu ce moment?



Non, ce sont les zones frontales de ton cerveau qui vérifient tes souvenirs et t'envoient un signal s'il y a un conflit...



Et comment savoir si je fais une paramnésie ou si j'ai un don pour connaître l'avenir?



Eh bien, dans la dernière case, je te pose une question.



Tu fais sans doute une paramnésie.

Euh... C'est grave?



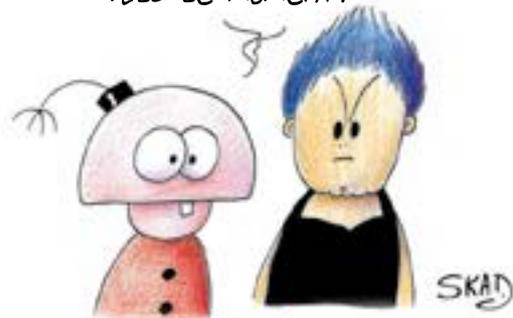
entre ce que tu as expérimenté réellement, et ce que tu penses avoir expérimenté.



C'est simple. Dis-nous comment finit cette planche. En plus, ça nous fera gagner du temps...



Barje, tu n'as pas l'impression d'avoir déjà vécu ce moment?





# Emmy NOETHER: ce génie féminin

À l'occasion de la récente journée internationale des femmes et des filles de science, permettez-moi de vous présenter Emmy Noether, une mathématicienne allemande trop peu connue. Le génial physicien Albert Einstein dira à son propos qu'elle fut «*le génie mathématique créatif le plus considérable produit depuis que les femmes ont eu accès aux études supérieures*»

TEXTE : MANU HOUDART • MANU.H@VERYMATHTRIP.BE  
HTTPS://WWW.VERYMATHTRIP.COM •      
PHOTO : @BELGAIMAGE

**E**mmy Noether est née au printemps 1882 à Erlangen, dans le Royaume de Bavière (Sud-Est de l'Allemagne). Elle est le premier bébé de la famille mais très vite, 3 petits frères viendront la rejoindre. Le papa, Max Noether, est un mathématicien reconnu (un théorème de géométrie algébrique porte d'ailleurs son nom) qui enseigne à l'université. Emmy évoquera souvent ces soirées mathématiques organisées dans la maison familiale et nul doute que cet atmosphère particulière aura joué un rôle déterminant dans son futur choix de carrière. L'enfance d'Emmy est plutôt heureuse. Comme toutes les petites filles de cette époque, elle apprend à cuisiner et à faire le ménage et en guise de détente, ses parents lui offrent des leçons de piano. Mais il faut bien avouer qu'aucune de ces activités ne la passionne vraiment, sauf la danse et... les soirées mathématiques organisées par son père. Elle n'y comprend encore rien mais ça lui paraît tellement intéressant. C'est décidé, elle apprendra aussi les mathématiques, comme papa !

## Une élève... libre !

Bien entendu, à l'époque, c'est beaucoup plus compliqué qu'aujourd'hui: les femmes n'étudient pas à l'université. même si l'accès ne leur est plus formellement interdit. D'ailleurs, en ce printemps 1900, sur les 986 étudiants que comptent l'université d'Erlangen, il y a... 2 femmes ! Et rien n'est fait pour leur faciliter la tâche. Emmy doit demander à chaque professeur l'autorisation d'assister à son cours et bien sûr, son travail ne sera pas considéré. Disons qu'elle est un peu là en élève libre. Mais malgré toutes ces conditions restrictives, elle accepte en se disant que de toute façon, son seul objectif est d'apprendre de nouvelles choses.

De ce côté, elle est entièrement satisfaite. Jusque-là, elle avait juste quelques affinités avec les maths, mais à l'université, elle se découvre une véritable passion - un envoûtement - pour cette matière, qui ne la quittera jamais. Le 14 juillet 1903, à 21 ans, elle présente avec succès son examen de fin d'études et décroche un séjour à Göttingen. Pour les non-initiés, cette ville ne signifie peut-être pas grand-chose mais à cette époque, c'est l'épicentre mondial des maths: Gauss, Dedekind, Riemann, Klein, Hilbert... Tous les grands mathématiciens allemands des 19 et 20<sup>e</sup> siècles y sont passés. Emmy est folle de joie à l'idée de rencontrer David Hilbert, celui qui, 3 ans plus tôt, venait de tracer la route des mathématiques avec sa fameuse liste des 23 problèmes.



## Une invitation prestigieuse

Inutile de vous préciser qu'Emmy est dopée par ce séjour et que son amour pour les maths s'en trouve décuplé. Et pour une fois, la chance s'en mêle puisqu'à son retour à Erlangen, les lois de mixité viennent d'être modifiées: elle peut enfin être considérée comme une étudiante à part entière. Elle entame dans la foulée une thèse de doctorat. En 1907, elle est ainsi la 2<sup>e</sup> femme à obtenir un doctorat en mathématiques d'une université allemande. La toute 1<sup>re</sup> fut la russe Sofia Kowaleski 30 ans plus tôt... à l'Université de Göttingen !

Avec un tel titre, elle pourrait prétendre à un poste de professeur à l'université mais bien sûr, ces postes sont réservés aux hommes ! Elle ronge donc son frein, continue d'abreuver son insatiable soif de connaissance et de temps à autre, parvient à remplacer son père. Petit à petit, sa renommée s'étend, si bien qu'elle devient membre du *Cercle mathématique de Palerme* et intègre même la *Société allemande de mathématiques*. Et puis, au printemps 1915 arrive une invitation inespérée. David Hilbert *himself*, très impressionné par son talent et ses capacités extraordinaires, convie Emmy à l'Université de Göttingen. Il veut lui obtenir un poste de professeur, qu'elle mérite largement.

Malheureusement, même à Göttingen, David Hilbert doit faire face à une résistance plus soutenue que prévu de la part de certains collègues. «*Que penseront nos soldats quand ils reviendront à l'université et verront qu'ils doivent apprendre aux pieds d'une femme ?*», osera même l'un d'entre eux. La réponse d'Hilbert, non dénuée d'humour, est entrée dans la légende: «*Je ne vois toujours pas où est le problème. Nous sommes une université, pas des bains publics !*» Mais les obstacles à la nomination d'Emmy Noether sont trop nombreux. Et malgré sa renommée et son influence, David Hilbert ne parvient pas à l'imposer mais n'est pas prêt non plus à capituler. Puisque c'est ainsi, il l'engage comme assistante. Il sera sa couverture. Elle n'est pas reconnue officiellement mais dans les faits, c'est bien elle qui donne cours. Et grâce à ce prête nom, elle peut même organiser des conférences.

Cette situation tellement révélatrice de l'époque se prolongera durant 4 ans mais grâce à la révolution allemande, juste après la première Guerre mondiale, le statut de la femme est reconsidéré. En 1919, Emmy Noether est enfin reconnue et habilitée professeur titulaire. Là encore, elle va exceller ! Ses méthodes d'enseignement contrastent très fort avec les cours dogmatiques de l'époque. Ses cours sont en réalité des discussions à bâtons rompus avec les étudiants dans le but de les faire réfléchir.

Une de ses plus grandes qualités humaines est certainement la bienveillance qu'elle prodigue à tous les étudiants qui croisent sa route. Très vite, elle est même surnommée «*Doktormutter*» (la maman des thésards).

## Une reconnaissance mondiale et un exil forcé

D'ailleurs, si le nom d'Emmy Noether n'est pas aussi célèbre qu'il le devrait, c'est parce qu'elle laisse à ses collègues le crédit de ses propres idées. La gloire ne l'intéresse pas. Fort heureusement, bien que de nature très modeste, elle est gratifiée de son vivant. En 1932, à 50 ans, elle est invitée comme conférencière à Zurich, au Congrès international des mathématiciens. C'est un privilège extrêmement rare. La même année, elle reçoit également le prix Alfred Ackermann-Teubner. Car non seulement Emmy a semé de nombreuses graines lors de ses conférences et enseignements, mais il ne faudrait quand même pas oublier que très tôt, à l'âge de 33 ans, elle a démontré un théorème qui a changé l'histoire de la science. Albert Einstein qualifiera d'ailleurs lui-même ce théorème de monument de la pensée mathématique.

Son théorème - connu aujourd'hui sous le nom de théorème d'Emmy Noether - relie 2 concepts fondamentaux de la physique: la symétrie et les invariants. La mathématicienne a réussi l'exploit de démontrer qu'il y a une équivalence entre les lois de conservation et l'invariance des lois de la physique pour les transformations qui sont des symétries. Ça paraît un peu compliqué mais si vous regardez quelques images de patinage artistique, vous observerez facilement un exemple particulier de ce théorème. Quand le patineur veut augmenter sa vitesse de rotation, il suffit qu'il rapproche ses bras le long du corps ou qu'il se recroqueville sur lui-même. Comme il y a une invariance par rotation, il y a conservation du moment cinétique. Et ce n'est qu'un cas très particulier du théorème d'Emmy Noether.

Cependant, l'année qui va suivre sera beaucoup moins réjouissante. En 1933, Adolf Hitler devient chancelier et l'activité nazie se répand dans tout le pays. Une des priorités du gouvernement est d'éliminer les juifs de la vie publique. Au mois d'avril, Emmy Noether reçoit une notification du ministère des Sciences la congédiant. Elle accepte la décision calmement, avec beaucoup de dignité. Elle réussit même à trouver la force de soutenir des amis masculins dans la même situation. Puisqu'elle ne peut plus se rendre à l'université, elle recevra dorénavant ses étudiants chez elle. Mais la situation se détériore au fil des mois. Heureusement, la solidarité scientifique s'organise. Albert Einstein, déjà émigré aux États-Unis pour les mêmes raisons, réussit à lui trouver un poste dans une université à une dizaine de kilomètres de Philadelphie. Même si celle-ci est exclusivement réservée aux femmes, Emmy Noether aborde ces nouveaux changements avec douceur et résilience. Si bien que très vite, le phénomène des «Apprentis Noether» se répète, rendant finalement son séjour aux États-Unis plutôt agréable.

Mais parfois, le sort s'acharne. Deux ans après son exil américain, on lui découvre une tumeur dans l'abdomen assortie d'un kyste ovarien auxquels elle ne survivra pas. Très vite, de nombreux hommages apparaissent dans le monde, dont le plus célèbre fut sans doute celui d'Albert Einstein. Malgré toutes ces épreuves, cette incroyable femme aura changé de façon irréfutable le cours des mathématiques et son empreinte reste à tout jamais ancrée. Autant par ses découvertes que par ses attitudes. **A**



# Psychanalyse: une grande désillusion ?

À entendre les disciples de Freud, on pourrait croire que toute la psychologie est contenue dans son œuvre. Pourtant, selon Jacques Van Rillaer, professeur émérite de l'UCLouvain et de l'Université Saint-Louis, à Bruxelles, les *Archives Sigmund Freud* et les écrits de certains de ses contemporains nous dévoilent un homme qui a menti, falsifié les résultats de thérapies, recyclé des idées empruntées à d'autres, pratiqué la généralisation abusive, bref un homme dont la démarche était très éloignée de celle que requiert la «vraie» science

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: ©STOCKPHOTOPRO - STOCK.ADOBE.COM (P.31), ©PICT RIDER - STOCK.ADOBE.COM (P.34)

Les yeux de beaucoup ne s'écarquillent plus devant l'œuvre de Freud pour s'en émerveiller, mais plutôt parce qu'ils sont gagnés par la stupéfaction devant l'ampleur de ce que d'aucuns n'hésitent pas à qualifier d'impostures. «*Freud est, sans aucun doute, un génie, non de la science, mais de la propagande, non de la démonstration rigoureuse, mais de la persuasion, non de la mise au point d'expérimentations, mais de l'art littéraire. Sa place n'est pas, comme il le prétendait, avec Copernic et Darwin, mais avec Hans Christian Andersen et les Frères Grimm, des auteurs de contes de fées*», écrivait avec une certaine férocité le célèbre psychologue scientifique Hans Eysenck en 1985.

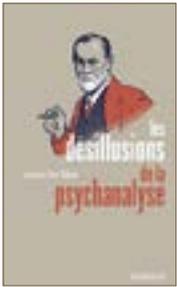
Freudo-lacanian détroqué après 10 ans de pratique de la psychanalyse, Jacques Van Rillaer parle aussi de la psychanalyse comme d'une pseudo-science qu'il s'évertue par ailleurs à déconstruire. En 1981, il publia *Les Illusions de la psychanalyse (Mardaga)*, puis, en 2005, fut l'un des auteurs phares du *Livre noir de la psychanalyse (Les Arènes)* avant de nous revenir en 2019 avec *Freud et Lacan, des charlatans ?* Remettant l'ouvrage sur le métier, il nous propose aujourd'hui une version revue et enrichie de son livre de 1981, notamment à la lumière de nouveaux documents des *Archives Sigmund Freud*. Intitulé *Les désillusions de la psychanalyse (Mardaga) (1)*, cet essai met le doigt où ça fait mal avec la force tranquille d'un argumentaire dont la solidité semble apparemment difficilement contestable. À chacun de juger.





## • Jacques Van Rillaer, vous avez déjà publié plusieurs ouvrages sur la psychanalyse. Dans quel contexte ?

Mon premier livre, en 1975, était tout à fait pro-psychanalyse. C'était une version simplifiée de mon doctorat défendu à Louvain en 1972. Je n'y faisais qu'une critique importante. La «pulsion de mort» - entité par laquelle Freud expliquait des répétitions compulsives, la «résistance à la guérison», le masochisme, l'agressivité, les guerres, etc. - m'apparaissait comme une pseudo-explication: l'invocation d'une réalité interne censée expliquer une série de comportements. C'est la «*virtus dormitiva*» (vertu dormitive) par laquelle le médecin de Molière explique pourquoi l'opium fait dormir. Rien n'est expliqué, c'est sans utilité et cela dispense de chercher plus avant.



(1) Jacques Van Rillaer, *Les désillusions de la psychanalyse*, Mardaga, 2021

L'éditeur m'ayant proposé d'écrire un autre livre, j'ai voulu faire un bilan du freudisme sous le titre *Science et illusions en psychanalyse*. Plus j'ai étudié, plus j'ai trouvé des illusions et très peu de science. En 1979, je donnais ma démission à l'École belge de psychanalyse. Le titre devint *Les illusions de la psychanalyse*. Durant les années 1990, j'ai publié des ouvrages sans rapport avec la psychanalyse: 3 respectivement sur les thérapies comportementales, les phobies et les colères, un intitulé *La gestion de soi (Mardaga)* et un dernier dont le titre était *Psychologie de la vie quotidienne (Odile Jacob)*. En 2004, les violentes réactions de psychanalystes français à la réglementation du titre de psychothérapeute et au rapport de l'*Inserm* concluant que les thérapies comportementales étaient plus efficaces que la psychanalyse m'ont amené à participer au *Livre noir de la psychanalyse (Les Arènes)*. Ensuite, j'ai publié, avec une spécialiste de psychologie pédiatrique, *L'accompagnement psychologique des enfants malades (Odile Jacob)*. Je ne suis donc pas, comme certains le répètent, celui qui ne fait que critiquer la psychanalyse.

## • Vous vous y êtes toutefois remis en 2019 ?...

En effet. Le stock des *Illusions de la psychanalyse* étant épuisé, les éditions Mardaga m'ont proposé de le rééditer avec une révision. J'ai préféré écrire un ouvrage plus court, intégrant notamment des informations provenant d'archives de Freud publiées depuis 1980. C'est ainsi qu'a paru en 2019 *Freud et Lacan: des charlatans ?* Toutefois, la demande pour l'ancien livre n'ayant pas cessé, je l'ai réécrit en développant des questions fort résumées ou éludées dans le livre de 2019. Le nouveau livre compte environ 500 000 signes de plus. J'y ai discuté des questions d'épistémologie, ai présenté 4 cas célèbres publiés par Freud, développé la question de l'efficacité des thérapies, montré

comment la psychologie scientifique traite une série de troubles, etc.

## • Pouvez-vous expliquer les raisons de votre abandon de la psychanalyse au profit des thérapies comportementales ?

Durant mes études, entre 1962 et 1967, la psychanalyse était la seule référence en psychologie clinique. En 1968, j'ai eu la chance d'être assistant à l'Université de Nimègue, aux Pays-Bas. La psychanalyse n'y était plus «la» référence. Ma foi dans la psychanalyse, que j'ai pratiquée de 1969 à 1979, a commencé alors à s'éroder.

Les collègues hollandais considéraient la psychanalyse comme une idéologie bourgeoise, qui faisait le jeu des autorités en donnant des explications intrapersonnelles (désirs inconscients, fixation anale, complexe d'Œdipe, etc.) et en négligeant les facteurs socioéconomiques des troubles mentaux. Ils critiquaient aussi le manque de scientificité de Freud. Le Viennois avait généralisé de façon absurde. Il expliquait la plupart des troubles mentaux par le refoulement de souvenirs et de désirs sexuels. Il apparaissait évident qu'il suggérait subrepticement ses idées et obsessions à ses patients. La façon dont Freud maniait le concept d'inconscient lui permettait d'expliquer absolument n'importe quel lapsus, rêve ou pathologie. Tout opposant à sa doctrine était considéré comme «victime de résistances inconscientes», voire de névrose.

## • Je crois qu'une troisième critique concernait l'efficacité de la thérapie psychanalytique ?

C'était la plus importante à mes yeux. Des recherches anglo-saxonnes montraient que les résultats des différentes psychothérapies se valaient. Une mauvaise nouvelle pour la psychanalyse, la plus coûteuse en temps et en argent. L'approche comportementale, alors naissante, apparaissait plus efficace, au moins pour traiter les phobies, un trouble fréquent parfois très invalidant. J'ai assisté à Nimègue à des traitements de phobies d'ascenseur, de pigeons, etc. Elles disparaissaient rapidement et les patients reprenaient confiance en eux-mêmes. Il n'y avait pas de «substitution de symptôme» mais un «effet boule de neige positif».

En outre, j'étais devenu méfiant à l'égard des discours ésotériques, considérés à Nimègue comme du charlatanisme. Ainsi j'en suis venu à ne plus prendre au sérieux Jacques Lacan, qui déclarait des choses du genre: «*L'interprétation doit être prête pour satisfaire à l'entrepreneur. De ce*

qui perdure de perte pure à ce qui ne parie que du père au pire [sic].» Des collègues analystes, au lieu de reconnaître que cela n'avait pas de sens, essayaient d'en trouver, sans s'accorder sur leurs interprétations. Ma chance a été d'être nommé à l'université de Louvain, chargé de cours en 1974 et professeur en 1980. J'ai ainsi pu lire, étudier, pratiquer et réfléchir en toute liberté, sans le souci de gagner ma vie comme thérapeute.

### • Votre «déconversion» a-t-elle néanmoins pris du temps ?

Une dizaine d'années. Parmi les facteurs importants qui y ont contribué, il y a la lecture en 1975 du formidable ouvrage de Henri Ellenberger *The Discovery of the Unconscious*, traduit en français en 1974. Ellenberger était un psychiatre formé à la psychanalyse, qui n'était pas devenu un dévot. Il a dégonflé la légende de l'originalité absolue de Freud. Il a montré en détail ce qu'avait déjà dit en 1908 le psychiatre Alfred Hoche: chez Freud, il y a du nouveau et du bon, mais le bon n'est pas neuf et le neuf n'est pas bon. Beaucoup d'idées attribuées à Freud ne sont que la reprise d'idées anciennes. Par exemple, Griesinger, célèbre psychiatre allemand du 19<sup>e</sup> siècle, avait écrit que le rêve dissimule l'accomplissement de désirs. Freud a repris son idée mais en affirmant que tout rêve est toujours la satisfaction hallucinatoire d'un désir refoulé. Pour expliquer les cauchemars, il a dû recourir à des explications alambiquées. En fait, nous rêvons de nos désirs, mais aussi de nos peurs, de nos dégoûts, de nos préoccupations, de nos anticipations, et certains rêves sont tout simplement absurdes. L'erreur de Freud, ici comme ailleurs, est d'essentialiser et de généraliser à outrance.

Plus grave: Ellenberger a remis en question la légende de Freud savant intègre. Il a découvert notamment que la soi-disant guérison de «tous» les symptômes d'Anna O., la patiente paradigmatique, avait été en réalité un lamentable échec, maquillé en extraordinaire succès.

### • Freud mérite-t-il, comme cela apparaît dans le titre de votre livre de 2019, le qualificatif de «charlatan» ?

Un charlatan est quelqu'un qui prétend avoir des moyens de guérison merveilleux et séduit son public avec de beaux discours. Ce terme convient à Freud. Je ne suis pas le premier à le lui appliquer. Han Israëls, de l'Université d'Amsterdam, a commencé par publier des éloges de Freud, grâce à quoi il a pu avoir accès aux lettres, non encore publiées, de Freud à sa fiancée. Il y a découvert un pot aux roses. Entre 1884 et 1887, Freud avait publié des articles sur les succès de

son traitement de la morphinomanie par la cocaïne. Or, la correspondance avec sa fiancée révèle qu'il n'avait traité qu'un seul patient et que celui-ci non seulement était resté morphinomane mais était devenu aussi cocaïnomanie. Israëls a fait d'autres découvertes et a publié en néerlandais, en 1999, *De Weense kwakzalver (Le charlatan de Vienne)*. Le qualificatif convient davantage à Lacan, dont le célèbre linguiste Noam Chomsky disait après l'avoir écouté au *Massachusetts Institute of Technology*: «Je crois franchement qu'il était un charlatan conscient de l'être et que tout simplement il jouait avec la communauté intellectuelle de Paris pour voir combien d'absurdités il pouvait continuer à produire en étant encore pris au sérieux.»

### • Votre livre consacre 150 pages aux théories psychanalytiques. Pourriez-vous les résumer ?

Les travaux empiriques sur des énoncés psychanalytiques ont conclu que les développements freudiens ont donné lieu aux énoncés les plus contradictoires. J'ai surtout examiné ce que Freud appelait les «piliers» de sa théorie: l'inconscient, le «refoulement», le «transfert» et la sexualité infantile.

La vérification des théories analytiques est une problématique. Des épistémologues comme Karl Popper considèrent la psychanalyse comme une pseudo-science parce qu'elle est immunisée contre toute remise en question par des observations. Le freudisme, disent-ils, est irréfutable comme le sont les croyances pour les adeptes d'une religion.

«Le fou n'est pas l'homme qui a perdu la raison.  
Le fou est celui qui a tout perdu,  
excepté la raison.»

(Gilbert Keith Chesterton)

### • Cette comparaison vous paraît-elle justifiée ?

C'est évident pour les interprétations données au cours d'une cure psychanalytique. Dans le cas du petit Hans, Freud explique sa peur des chevaux par la peur d'être castré à cause de son désir d'inceste. En fait, le gamin est agressif à l'égard de sa mère et adore son père. Pas un Œdipe donc ? Si, réplique Freud: l'agressivité pour la mère est l'expression d'«impulsions sadiques» qui sont, en fin de compte, des impulsions incestueuses; l'affection pour le père est une «formation réactionnelle» au désir de l'éliminer. «Pile», Freud gagne; «face», le contradicteur perd. L'inconscient tel que Freud l'a conçu explique tout, comme l'au-delà dans les religions.

On peut estimer qu'il en va autrement pour les théories. On peut en effet y «découper» des propositions qu'on peut mettre à l'épreuve des faits. Il faut toutefois que ces propositions présentent le risque d'être potentiellement réfutées par des observations et d'être abandonnées. Si aucun fait imaginable ne peut les invalider, ce ne sont pas des propositions scientifiques. Ainsi, concernant le complexe d'Œdipe, des chercheurs ont examiné si les enfants de 3 à 5 ans préfèrent nettement le parent du sexe opposé. Ils n'ont observé qu'une petite différence statistique. Mais «préférer» le parent, c'est la version populaire du fameux complexe. Freud, lui, écrit que le petit garçon veut avoir des relations sexuelles avec sa mère, «mit der Mutter sexuell verkehren», et qu'il veut tuer son père, «der Vater töten». Freud spécifie: c'est toujours ainsi dans l'inconscient, quels que soient les faits observés.





En définitive, Popper n'avait pas tort de qualifier la psychanalyse de pseudo-science, car les remises en question basées sur des observations sont la plupart du temps désamorçées sous prétexte qu'elles ne concernent pas vraiment la doctrine freudienne.

### • Dans quelle mesure la cure analytique s'avère-t-elle efficace ?

Il faut mettre «cure analytique» au pluriel car, dès le début du mouvement freudien, la pratique s'est largement diversifiée. Ainsi pour le dispositif de la cure: la durée des séances varie selon les analystes, certains d'entre eux reçoivent en face à face. Plus important: des divergences dans la façon d'interpréter sont rapidement apparues. Freud voyait de la sexualité refoulée partout. Pour Adler, l'essentiel était le désir de se valoriser et de s'affirmer, pour Stekel, la peur de la mort, pour Jung, des archétypes, etc. Ces divergences ont conduit à des conflits et à la création d'Écoles différentes. À cela s'ajoute que, surtout aux États-Unis, on appelle psychanalyse ou thérapie «psychodynamique» un méli-mélo de freudisme, d'autres techniques et de diverses conceptions. On ne peut pas parler de l'efficacité de «la» psychanalyse. Quand on parle d'efficacité, il n'y a pas plus «la» psychanalyse qu'il n'y a «la» médecine.

### • D'accord, mais Freud a-t-il obtenu régulièrement des résultats positifs ?

Très peu. En 1909, il écrivait à son disciple Oskar Pfister que la cure requiert d'être normal et donc ne

s'applique qu'à des gens qui n'en ont pas besoin. En 1911, il écrivait au psychiatre Binswanger que pratiquer la psychanalyse est comparable à «*du blanchiment de nègres*». Dès les années 1910, il s'est quasi limité à faire de la «formation»: des «analyses didactiques», imposées pour être reconnu «analyste» dans son association. On peut souligner qu'il avait reçu des cas difficiles et qu'il était, de l'avis de disciples, un piètre thérapeute, préoccupé avant tout de ses théories.

En 1952, le psychologue Hans Eysenck a comparé l'évolution de «névrosés» traités par la psychanalyse, par le médecin de famille ou par des psychothérapeutes «éclectiques». Il a constaté 2 tiers d'améliorations après 2 ans dans les 3 groupes (lorsqu'on ne tient pas compte des abandons en cours de traitement). Une mauvaise nouvelle pour la psychanalyse qui est généralement plus coûteuse. Par la suite, les recherches se sont multipliées dans les pays anglo-saxons en tenant compte de nouvelles thérapies. En 2004, la France a comblé son retard par une étude impressionnante de *l'Inserm*, une méta-analyse menée par une quinzaine de chercheurs qui ont travaillé sur environ mille publications sélectionnées en fonction de critères méthodologiques. La comparaison des thérapies cognitivo-comportementales (TCC), de la thérapie familiale et des thérapies psychodynamiques ou psychanalytiques conclut que les premières sont nettement les plus efficaces tandis que les thérapies psychodynamiques le sont le moins.

Les résultats positifs qu'obtiennent les analystes s'expliquent par des événements qui interviennent au cours du temps et surtout par des facteurs thérapeutiques non spécifiques, communs à beaucoup de thérapies: la foi dans le traitement, le contact affectif, l'écoute empathique, la modification de significations et de la façon d'envisager des problèmes, l'incitation à essayer de nouveaux comportements. Les TCC obtiennent de meilleurs résultats car elles ne se contentent pas d'interpréter des significations: elles aident les patients à modifier activement leur façon de penser et à expérimenter de nouveaux comportements. La rumination et la corumination avec le thérapeute a un effet démobilisateur, déprimant. Le patient a besoin d'une «échelle» pour sortir du «trou» et non d'une «pelle» pour «creuser» indéfiniment. Soulignons que les thérapeutes provoquent parfois des «effets de détérioration». Des 31 patients de Freud dont on connaît bien l'évolution, 3 seulement ont guéri. Certains ont fini à l'asile, 3 se sont suicidés et 4 autres ont fait une tentative. Déjà en 1911, quand Jung lui annonça le suicide de son assistant, Freud répondit le 2 avril: «*Je suis frappé de ce qu'en fait nous consommons beaucoup de personnes.*» 





# Qui est-ce ? Wally FUNK

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE  
PHOTOS : @BLUE ORIGIN (P.39)

et y obtiens ma licence de pilote et d'instructrice de vol. À 20 ans, aviatrice professionnelle, je décroche mon premier emploi à Fort Sill en Oklahoma, en tant qu'instructrice civile de vol auprès des sous-officiers et officiers de l'armée américaine. À l'époque, je suis d'ailleurs la seule à occuper ce poste dans tous les États-Unis. Au début des années 1960, j'intègre un programme novateur baptisé *Mercury*, qui vise à envoyer le premier Américain dans l'espace. Plusieurs hommes sont sélectionnés par la *Nasa* pour être soumis à des tests et... aucune femme. Un médecin ayant participé à l'élaboration de ces épreuves, William Randolph Lovelace, également président du comité consultatif spécial de la *Nasa* sur les sciences de la vie, décide tout de même de faire passer les tests à des femmes dans sa clinique privée. La tranche d'âge est fixée entre 25 et 40 ans. En 1961, je me porte volontaire, j'ai alors 21 ans et suis donc la plus jeune. Sur 26 femmes sélectionnées dont 19 inscrites, nous serons 13 à réussir, donnant ainsi son surnom au programme *Mercury 13*, qui bénéficiera du soutien de la *Nasa*. Comme les autres participantes, je suis soumise à des tests physiques et mentaux très durs. «*Ils nous poussaient dans nos retranchements, j'ai enduré beaucoup de douleurs, comme je l'ai rappelé dans une interview de 1999, publiée par le service historique de la Nasa. Mais cela me rapprochait de l'espace, et c'était là que je voulais aller.*» Lors de ces tests, par exemple, l'on nous a injecté de l'eau très froide dans les oreilles pour provoquer une sensation de vertige, fait ingérer des tubes en caoutchouc, de l'eau

## Je suis...

À 82 ans et depuis peu, la personne la plus âgée à avoir été dans l'espace. Pour y arriver, j'ai toujours dû batailler. Née à Las Vegas, au Nouveau-Mexique (à ne pas confondre avec Las Vegas au Nevada), j'ai grandi à Taos, petite ville du même État. Avant moi, ma mère s'était vue refuser une carrière dans l'aviation, son père et son mari lui ayant alors fait comprendre qu'elle devait avant tout être une bonne épouse et une bonne mère. Moi aussi, j'ai toujours été limitée dans mes ambitions, mais je n'ai jamais renoncé à mes objectifs. À 5 ans, je rêvais déjà de voler et j'ai sauté de la grange avec une cape de Superman ! Heureusement, une botte de foin était là pour amortir ma chute. Passionnée d'aviation dès mon enfance, j'ai reçu ma première leçon de pilotage à 9 ans. Par contre, au lycée, on m'interdit de suivre les cours de mécanique, alors réservés aux garçons. Qu'à cela ne tienne, je quitte le lycée à 16 ans pour entrer au Stephens College de Columbia (Missouri), puis à l'Université d'État de l'Oklahoma, reconnue pour son programme d'aviation. J'y suis diplômée en sciences



### CARTE D'IDENTITÉ

**NAISSANCE:** 1<sup>er</sup> février 1939, Las Vegas (Nouveau-Mexique, États-Unis)

**NATIONALITÉ:** Américaine

**SITUATION FAMILIALE:** Célibataire

**DIPLÔME:** Sciences à l'Université d'État de l'Oklahoma

**CHAMPS DE RECHERCHE:** Aéronautique, spatial

**DISTINCTIONS:** *Women in Aviation*, docteur en sciences honoris causa de l'Université d'État de l'Oklahoma (2007)

radioactive et subi l'exercice de fortes pressions... Je me suis même retrouvée enfermée dans une cuve à l'isolation phonique totale, remplie d'une eau à température corporelle, afin que je ne sente plus rien dans le noir. Je suis longtemps restée sur le dos, flottant dans cette eau, sans pouvoir utiliser mes 5 sens. Hélas, tout cela n'a servi à rien puisque le programme sera annulé, la Nasa n'en veut finalement pas. Pourtant, j'ai fait le travail mieux et plus vite que n'importe quel homme. Comme je l'ai déclaré en 1999, «C'était plutôt intéressant, le fait que nous aurions pu le faire et qu'ils ne nous ont juste pas laissé. Un chien l'a fait. Un singe l'a fait. Un homme l'a fait. Les femmes aussi peuvent le faire». Après l'annulation du programme Mercury 13 et même si mon objectif reste de devenir astronaute, je deviens Ambassadrice de bonne volonté, parcourant plus de 300 000 km à travers le monde. Je fais partie des «Flying Aggies» et je reçois plusieurs trophées.

## À cette époque...

En 1959, année où je deviens aviatrice professionnelle, 2 singes sont envoyés dans l'espace depuis Cap Canaveral, enfermés dans l'ogive de la fusée américaine Jupiter, ils reviennent sains et saufs. Deux ans plus tard, en 1961, quand je me porte volontaire

pour le programme Mercury 13, le cosmonaute Yuri Gagarine est le premier homme à aller dans l'espace lors de son départ le 12 avril à bord du vaisseau Vostok 1 de la base de Baïkonour. En 1974, quand je suis nommée enquêtrice de la sécurité aérienne pour le NTSB (*National Transportation Safety Board*), le Président américain Richard Nixon est contraint de démissionner suite au scandale du Watergate. Deux Belges reçoivent par ailleurs le Prix Nobel de médecine: Christian de Duve et Albert Claude.

## J'ai découvert...

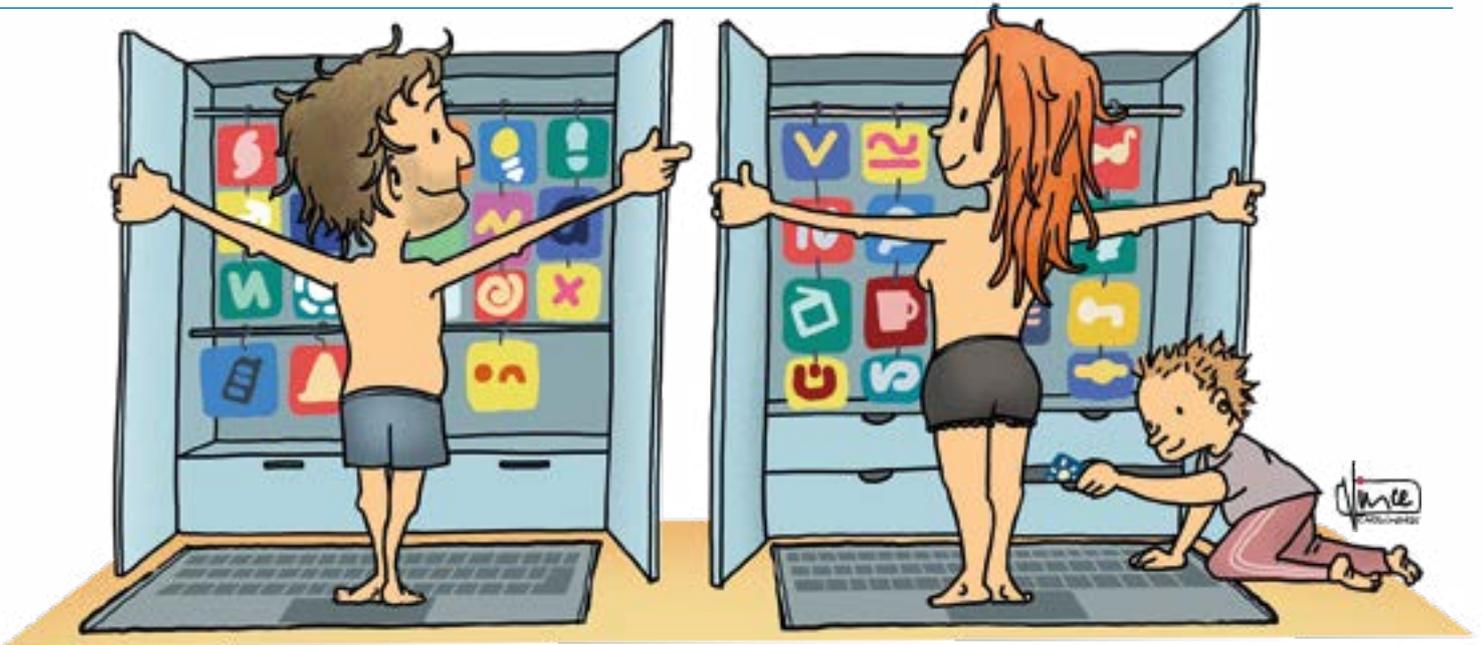
Qu'il ne fallait jamais renoncer. Je suis une pionnière. J'aime faire des choses que personne d'autre n'a faites. Je suis aussi très patiente. J'ai obtenu la qualification d'instructrice de vol aux États-Unis pour la *Federal Aviation Administration (FAA)*. Je suis la première femme à terminer l'Académie des inspecteurs de l'aviation générale en 1971, la première inspectrice de la FAA et aussi, la première enquêtrice de l'agence américaine NTSB en 1974, en charge notamment des catastrophes aéronautiques. J'y ai traité plus de 450 accidents jusqu'à ma retraite en 1984. En 1995, lorsque l'astronaute Eileen Collins est devenue la première femme à piloter une navette spatiale dans l'espace, j'étais alors trop âgée pour me qualifier comme pilote spatiale. Mais j'ai continué de rêver d'aller dans l'espace. En 2012, j'ai acheté le ticket pour l'un des programmes suborbitaux de *Virgin Galactic*, le vaisseau du Britannique Richard Branson qui s'est envolé le 11 juillet dernier. L'argent du vol provenait des droits du livre que j'ai écrit et du film que j'ai réalisé, ainsi que de ma famille. Entre-temps, le 1<sup>er</sup> juillet 2021, le milliardaire Jeff Bezos m'a informée que je participerai au premier vol sub-orbital, avec la fusée *New Shepard* de sa société *Blue Origin*. J'ai accepté car, à ce moment-là, ce n'était pas encore sûr que *Virgin Galactic* s'envole à la date prévue. Nous avons décollé le 20 juillet 2021 et atteint la ligne de Karman qui marque, selon la convention internationale, le début de l'espace, à 100 km au-dessus de la terre. Jeff Bezos, son frère Mark, le gagnant d'une mise aux enchères et moi-même avons pu flotter en apesanteur durant 4 minutes et observer la courbure de la Terre. Puis la capsule a entamé une chute libre pour revenir vers notre planète, freinée par 3 grands parachutes et des rétro-fusées avant d'atterrir dans un désert de l'ouest du Texas. Soixante ans après avoir rejoint un programme privé dans l'espoir de devenir un jour astronaute, à 82 ans, j'ai enfin réalisé mon rêve d'enfance et suis à ce jour, la personne la plus âgée à l'avoir fait. Il y a longtemps, on m'avait pourtant assuré que l'espace, ça n'était pas pour les femmes ! 

## SAVIEZ-VOUS QUE...

Wally Funk compte, à son actif, 19 600 heures de vol. En tant qu'instructrice de vol professionnelle, elle a accompagné plus de 700 étudiants et environ 2 000 pilotes privés et commerciaux.

Quatre fois, elle a postulé pour devenir astronaute à la Nasa. Quatre fois, sa candidature a été refusée, notamment parce qu'elle n'avait pas de diplôme d'ingénieur et n'avait pas suivi de programme de vol sur un avion de chasse militaire, ce qui était impossible pour une femme à cette époque. Il aura fallu attendre 1983 pour que la première Américaine, Sally Ride, vole dans l'espace.

Wally Funk ne s'est jamais mariée. «J'étais mariée avec l'aviation», a-t-elle déclaré. Elle vit désormais à Roanoke, au Texas. Elle, à qui on a assuré pendant des années que l'espace n'était pas pour les femmes, n'a jamais abandonné son rêve de devenir astronaute. En 1999, interrogée sur sa plus grande réussite, elle répondait: «Si je peux me rendre dans l'espace, ce sera ça». Vœu exaucé le 20 juillet 2021, à 82 ans, grâce à Jeff Bezos, big boss d'Amazon, via sa société *Blue Origin*. Il n'existe aucune limite d'âge pour aller dans l'espace... ni pour réaliser ses rêves d'ailleurs !



# Des applis pour tous

TEXTE : JULIE FIARD · JFI@EASI-IE.COM · HTTP://WWW.EASI-IE.COM  
 HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI\_IE · HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASILEXPERTSDUWEB  
 ILLUSTRATIONS : VINCE · VINCENT\_DUBOIS@ME.COM · WWW.VINCE-CARTOON.BE



ARTICLE en ligne

**T**ous les logiciels applicatifs que nous utilisons au quotidien font désormais partie intégrante de notre vie. Si vous pensez encore être un irréductible et que vous proclamez haut et fort que vous n'utilisez pas d'applications mobiles, il y a beaucoup de chances que ce ne soit pas le cas... Car elles se cachent un peu partout dans notre quotidien. Par exemple, derrière la fonctionnalité «Horloge», la «calculatrice» ou encore l'appareil-photo. Nous accédons également aux réseaux sociaux par le biais d'applications, sur nos appareils mobiles mais aussi sur nos ordinateurs. Bref, le simple fait de posséder un smartphone ou une tablette implique d'utiliser des applications de toutes sortes: jeux, bancaires, de shopping, d'organisation, de santé, de bien-être...

Les applications sont distribuées par des plateformes de téléchargement comme l'*App Store* (plateforme d'*Apple*), le *Google Play* (plateforme de *Google/Android*) ou le *Microsoft Store* (plateforme de *Microsoft* pour *Windows 10 Mobile*). Pour info, l'application la plus populaire des utilisateurs de smartphone en 2021 est... *TikTok*, l'application mobile de partage de vidéos et de réseautage social développée par l'entreprise chinoise *ByteDance*.

## Les applications pour travailler

### FOREST

Coup de cœur pour cette application qui permet de profiter de l'instant présent et de se concentrer sur nos tâches actuelles sans être attiré par l'envie d'aller voir ce qu'il se passe sur votre smartphone. Cette application est en réalité un minuteur «gamifié». Le principe: vous choisissez l'arbre que vous avez envie de planter, le temps pendant lequel vous souhaitez ne pas être dérangé par votre smartphone, que ce soit pour travailler, passer un moment agréable en famille ou entre amis, etc...

Pendant que vous êtes occupé à vivre votre vie, votre arbre pousse virtuellement, si vous touchez votre smartphone entre-temps, il fanera ! Si vous n'y touchez pas, votre arbre grandira et au fur et à mesure de l'utilisation, vous aurez fait pousser une véritable forêt. Ce qui est fou





c'est qu'en utilisant la version payante, *Forest*, via l'association *Trees for the Future*, plante de vrais arbres, majoritairement en Afrique et notamment au Sénégal, au Cameroun, au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda. C'est là que l'on retrouve les plus hauts taux de déforestation, de pauvreté et de malnutrition. Plus d'un million d'arbres ont déjà été plantés grâce aux utilisateurs.

▶  <https://apps.apple.com/app/apple-store/id866450515>

▶  <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.forestapp>

### CURRICULUM VITAE

Cette application propose de nombreux modèles de CV. Il suffit d'en choisir un et de le remplir simplement avec vos informations personnelles. Ensuite, il est très facile de le sauvegarder sur votre appareil (smartphone ou tablette) et de le partager, par mail, via des applications de messagerie comme *Whatsapp*, *Signal* ou *Messenger*.

▶  <https://play.google.com/store/apps/details?id=nl.wikit.cvmaken&hl=fr&gl=US>

### IF BY IFTTT

*IFTTT*, qui n'est malheureusement pas disponible en français, est une application intelligente et pratique. C'est la principale plateforme de connectivité entre applications et appareils connectés qui existe. Elle permet d'automatiser quasiment n'importe quelle tâche numérique. Cependant, elle

demande un peu d'attention, de concentration et de temps pour en comprendre le fonctionnement.

*IFTTT* veut dire «*IF THIS THEN THAT*», qui se traduit par «Si ceci, alors cela». Le principe de l'application: connecter ensemble des services et automatiser des tâches. La recette: une condition et des conséquences. Cette application peut réellement vous simplifier la vie si vous possédez des appareils connectés. Voici quelques exemples de ce qu'il est possible de faire:

- Allumer automatiquement vos ampoules connectées dès que vous rentrez chez vous;
- Mettre votre smartphone en silencieux lorsqu'il est l'heure de dormir;
- Couper le son de votre smartphone *Android* automatiquement lors des réunions;
- Recevoir un rappel par mail pour les anniversaires de vos contacts *Facebook*.

Vous vous demandez sûrement comment tout ceci est possible ? Simplement grâce à toutes les applications que vous utilisez déjà. Par exemple, pour mettre en mode avion votre smartphone automatiquement, *IFTTT* va simplement se connecter à votre agenda en ligne, là où toutes vos réunions sont notées, se connecter à votre smartphone et envoyer la commande pour empêcher le smartphone de sonner pendant ces réunions.

Si vous avez un peu de patience à accorder à sa configuration et que l'idée d'automatiser des tâches de votre quotidien vous parle, cette application est faite pour vous.

▶  <https://apps.apple.com/app/apple-store/id660944635>

▶  <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ifttt.ifttt&hl=fr&gl=US>

## Transformer son smartphone en espace de travail

### EVERNOTE

On ne présente plus cette application qui permet d'enregistrer des informations sous forme de notes, images, vidéos, enregistrements audio et pages Web. Ce n'est pas anodin si le logo est un éléphant. *Evernote* peut se souvenir de tout pour vous et de gérer tous vos projets: vos notes, vos tâches sont au même endroit et se synchronisent entre tous vos appareils: smartphones, ordinateurs, tablettes. Grâce à un système de recherche puissant, il est facile de retrouver rapidement ce que l'on cherche et d'accéder aux informations dont on a besoin.

Une idée d'utilisation d'Evernote: conserver numériquement des documents dont nous n'avons plus besoin physiquement, comme des modes d'emploi d'appareils, des dessins d'enfant, des articles de presse, des photos, des recettes de cuisine, des factures d'appareils sous garantie,...

►  <https://apps.apple.com/app/evernote/id281796108>

►  <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.evernote>

## GOOGLE DRIVE

Grâce à une simple adresse email @gmail.com, vous accédez à un monde d'applications de bureautique, de partage de documents en ligne et de stockage dans le cloud, le tout accessible depuis un appareil mobile, une tablette ou un ordinateur. Depuis n'importe quel appareil, vous n'avez même plus besoin spécifiquement du vôtre, une simple connexion Internet suffit pour retrouver toutes vos données.

Les comptes Google disposent de 15 Go d'espace de stockage gratuit à partager entre les applications Google Drive, Gmail et Google Photos. Dans l'espace de stockage Google Drive, vous pouvez sauvegarder plus de 100 types de fichiers différents, notamment tous les fichiers provenant de la suite Office.

Depuis l'application Drive, il est possible d'utiliser les fonctionnalités de Workspace de Google qui réunit les applications Gmail (le système de messagerie de Google), Calendar, Drive, Docs (service de traitement de texte de Google), Sheets (créer, consulter et modifier des feuilles de calcul Google ainsi que des fichiers Microsoft Excel), Slides (créer, consulter et modifier des présentations Google ainsi que des fichiers Microsoft PowerPoint), Meet (service de visioconférence de Google) et enfin, Chat (messagerie collaborative de Google).

►  <https://apps.apple.com/app/google-drive/id507874739>

►  <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.docs&hl=fr>

## WPS OFFICE

Inconditionnels de la suite Microsoft, l'application WPS est faite pour vous ! Retrouvez toutes les fonctionnalités d'une suite bureautique tout-en-un: un traitement de texte, un éditeur de feuilles de calcul, un éditeur de PDF ultra-puissant. WPS office permet d'ouvrir n'importe quel type de fichiers.



Il est également possible d'utiliser des milliers de modèles professionnels gratuits par type de documents afin de personnaliser vos documents comme des CV, des plans de projet, des rapports, des didacticiels, des présentations.

►  <https://www.wps.com/fr-FR/office/ios>

►  <https://www.wps.com/fr-FR/office/android>

## Les applications pour s'amuser

La majorité des téléchargements d'applications de divertissement se fait auprès des applications de vidéos à la demande: Netflix et Youtube en tête. Suivi par l'application Google Play Games: le centre de gaming pour les amateurs de jeux Android.

### UNDERCOVER

Si vous aimez déjà jouer au jeu du Loup-Garou, vous apprécierez Undercover. Il est possible d'y jouer en ligne ou en présentiel, avec des amis ou des inconnus, à minimum 2 et jusqu'à 20 joueurs. Chaque joueur est un personnage parmi les 3 qui existent: civil, undercover et Mr White. L'objectif du





jeu est de découvrir l'identité des autres joueurs (et la vôtre !) aussi vite que possible grâce à des indices (mots secrets) pour éliminer vos ennemis.

- ▶   <https://apps.apple.com/fr/app/undercover-lespion-oublieux/id946882449>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.yanstarstudio.joss.undercover&hl=fr&gl=US>

### SCRATCHJR

La référence des applications pour apprendre à coder à la maison ou à l'école pour les plus jeunes. *ScratchJr* est un langage d'introduction à la programmation qui permet aux enfants (à partir de 5 ans) de créer leurs propres histoires interactives et leurs propres jeux.

- ▶   <https://apps.apple.com/fr/app/scratchjr/id895485086>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.scratchjr.android&hl=fr&gl=US>

### PHOTOMATH

Apprenez, résolvez, vérifiez et étudiez des milliards de problèmes mathématiques.

- ▶   <https://apps.apple.com/us/app/photomath/id919087726>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microblink.photomath&hl=fr&gl=US>

## Les applications pour prendre soin de sa santé

### DECATHLONCOACH.COM

L'application gratuite de coaching sportif de *Decathlon* propose des programmes et séances d'entraînements en ligne. Elle permet également de suivre vos sorties marche et course à pied en temps réel (allure, distance parcourue, calories brûlées et tracé GPS). L'application propose de suivre vos programmes en cours, de recevoir des recommandations selon votre profil et d'apercevoir les activités que vous avez réalisées. C'est aussi des programmes de sport enregistrés à choisir parmi tout un tas d'activités: musculation, fitness, yoga,... Vous trouverez également des séances à la carte en fonction de vos envies ou objectifs du moment.

- ▶   <https://apps.apple.com/app/id495106186?mt=8>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.geonaute.geonaute>

### MON EMPREINTE SMARTPHONE

L'application qui permet d'adopter une consommation mobile plus responsable ! Fixez votre propre objectif CO<sub>2</sub> et suivez votre évolution chaque mois.

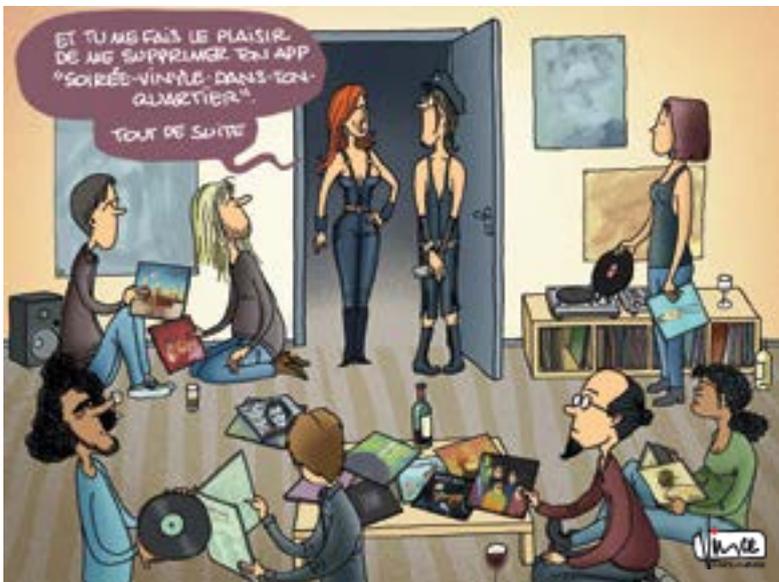
- ▶   <https://apps.apple.com/fr/app/mon-empreinte-smartphone/id1575916331>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=fr.bouyguestelecom.ecodata&hl=fr&gl=US>

### JOW

*Jow* est en quelque sorte votre compagnon cuisine. L'application vous recommande des recettes sur-mesure selon vos goûts et vos ustensiles de cuisine et les transforme en liste de courses que vous pouvez directement commander auprès de votre enseigne habituelle (pour le moment cette fonctionnalité n'est pas encore disponible pour la Belgique).

- ▶   <https://apps.apple.com/fr/app/jow-courses-et-recettes/id1301257625>
- ▶   <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wishop.dev.jow&hl=fr&gl=US>

Les applications sont partout ! Et nous rendent la vie plus facile. Encore faut-il savoir bien les utiliser et les choisir. Quelles sont les applications qui ont changé votre vie ? N'hésitez pas à les partager avec nous en nous envoyant un mail à [contact@easi-ie.com](mailto:contact@easi-ie.com).





# Anesthésiques: une révolution

Les interventions chirurgicales étaient jadis redoutables, au vu des horribles souffrances encourues et de l'inefficacité des moyens mis en œuvre pour insensibiliser le patient. En pratique, on s'arrangeait pour plonger celui-ci dans un état d'ébriété proche du coma ou on lui administrait de puissants narcotiques tels que l'opium, voire du laudanum...

TEXTE : PAUL DEPOVERE - DEPOVERE@VOO.BE  
PHOTOS : ©LENETSNIKOLAI - STOCK.ADOBE.COM (P.45)

**E**n 1775, Joseph Priestley (1733-1804), ce remarquable chimiste qui découvrit l'oxygène et inventa l'eau gazeuse, synthétisa un gaz de formule  $N_2O$  en décomposant thermiquement du nitrate d'ammonium fondu. L'opération était certes risquée car il s'agit, comme on le sait à présent, d'un explosif puissant qui a donné lieu par la suite à de très nombreux accidents (Texas City en 1947, Toulouse en 2001 et Barracas en 2004, notamment). Un autre chimiste, Humphry Davy (1778-1829), le découvreur des métaux alcalins et alcalino-terreux et l'inventeur de la lampe de sûreté à toile métallique pour les mineurs, remarqua en inhalant du  $N_2O$  que ce gaz faisait rire de manière incontrôlée, d'où le nom de «*laughing gas*», c'est-à-dire gaz hilarant.

À l'époque, des personnes se rendaient d'une ville à l'autre des États-Unis pour faire respirer ce gaz à des gens désireux de se détendre moyennant une modique somme. Ce fut le cas de Samuel Colt, lequel avait besoin d'argent pour produire à la chaîne son pistolet à barillet, baptisé simplement *colt*. D'autres s'empressèrent de l'imiter. Le 10 décembre 1844, dans le Connecticut, un volontaire, après avoir inhalé une bonne dose de ce gaz hilarant, se mit à rire et à danser comme un fou. Si bien qu'il

se blessa sérieusement à la jambe sans même s'en rendre compte. Un dentiste, Horace Wells, assistait à la scène. Remarquant que le  $N_2O$  semblait supprimer toute sensation de douleur, il décida de le prouver à ses collègues en se faisant «anesthésier» par ce gaz avant qu'on ne lui arrache une dent de sagesse. Par la suite, Wells en fit la démonstration ratée (en raison d'une mauvaise administration de  $N_2O$ ) à la Harvard Medical School, ce qui lui vaudra d'être traité de «charlatan». Il tombera alors en disgrâce, tout comme le gaz hilarant qui sera bientôt remplacé par l'éther, puis le chloroforme. Wells l'expérimentera une nouvelle fois sur lui-même, jusqu'à l'en rendre dépendant et même à devenir le «vitrioleur de Manhattan»: sous l'emprise du chloroforme, il jeta de l'acide sulfurique au visage des jeunes filles qui se promenaient dans Broadway. Arrêté, il reprendra ses esprits et réalisera la gravité de ses actes. Il se suicidera en prison le 24 janvier 1848, en se tranchant l'artère fémorale ! Il avait 33 ans.

## La controverse de l'éther

L'éther «sulfurique» ou éthoxyéthane ( $C_2H_5-O-C_2H_5$ ) a été obtenu en 1275 par l'alchimiste espagnol, Raymond Lulle (1235-1315), à la suite de la déshydratation intramoléculaire de l'esprit de vin (éthanol) par de l'huile de vitriol (acide sulfurique).

L'histoire de l'anesthésie à l'éther fait intervenir simultanément 3 personnes. Tout d'abord Crawford W. Long, un médecin américain qui, en 1842, réussit à exciser une tumeur cervicale sans que le patient ne souffre, en lui faisant respirer un

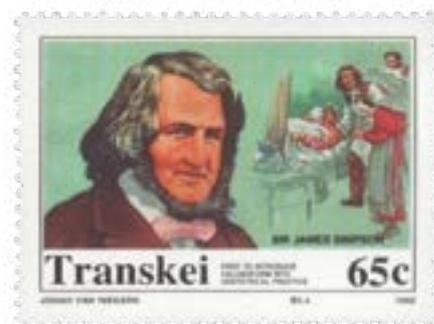
chiffon imbibé d'éther. Malheureusement, il ne publia sa découverte qu'en 1849. Entre-temps, le 16 octobre 1846, William T. G. Morton, un dentiste américain, réalisa une opération sans douleur à l'aide d'un inhalateur à l'éther dans l'amphithéâtre de chirurgie du Massachusetts General Hospital de Boston. Il est dès lors actuellement reconnu aux États-Unis comme étant le découvreur de l'anesthésie à l'éther. Mais en réalité, il semble que la palme doive revenir à Charles T. Jackson, un médecin et chimiste de Harvard. C'est lui qui a conçu le télégraphe, ce dont il fit part à un certain S. Morse. Qui s'empessa de faire breveter l'invention à la place de Jackson ! Dont l'autre invention relève d'un malencontreux accident. En 1845, intoxiqué par du chlore, il réussit à survivre en inhalant successivement de l'éther et de l'ammoniaque. C'est ainsi qu'il découvrit le pouvoir insensibilisant de l'éther. Il s'en confie à Morton et lui suggère d'employer de l'éther en guise d'anesthésique. Lequel suivra ses conseils et entreprendra toutes les démarches possibles pour être reconnu en tant que découvreur de ce mode d'anesthésie, ce que contestera Jackson. Accablé par la rage de gagner son accréditation, Morton finira par succomber à une crise cardiaque. Quant à Jackson, toutes ces déconvenues le rendront à tel point dépressif qu'il passera les 7 dernières années de sa vie dans un asile.

## L'analgésie au chloroforme

Le chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) a été découvert en 1831, indépendamment, par 3 chimistes. L'un d'eux, Samuel Guthrie, est l'inventeur des amorces pour cartouches. En nettoyant son verre à whisky avec de l'eau de Javel, il avait remarqué le dégagement d'une substance volatile capable de le plonger dans une relative inconscience. Le second est Eugène Soubeiran, un pharmacien français intéressé dès son plus jeune âge par la chimie du chlore alors qu'il aidait son père dans sa blanchisserie à Paris. Justus von Liebig, le troisième, est un chimiste allemand surtout connu pour sa méthode d'analyse organique. Cette substance chlorée, dont l'odeur est suave et la saveur piquante, s'obtient en traitant de l'acétone (ou de l'éthanol) par de l'hypochlorite.

Un jeune obstétricien écossais, James Y. Simpson, commença en 1846 à aider ses patientes à accoucher en leur faisant inhaler de l'éther, l'anesthésique en vogue à l'époque. Plusieurs accidents se produisirent en raison de son inflammabilité. Voilà pourquoi il songea au chloroforme, ininflammable, qu'il testa d'abord sur lui-même. Meilleur anesthésique que l'éther, celui-ci commença à être couramment employé dès 1847. Pour preuve,

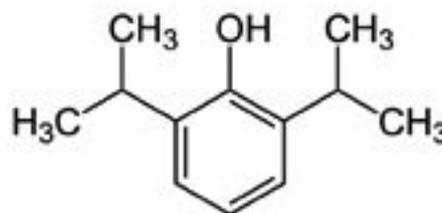
le 7 avril 1853, la reine Victoria donna naissance au prince Léopold sous analgésie par du chloroforme, dont l'action rapide semblait dénuée de tout effet délétère. C'est la firme *Squibb* qui, la première, produisit du chloroforme de qualité «anesthésie» durant la Guerre de Sécession. Finalement, le chloroforme a dû être abandonné car il est hépatotoxique et occasionne parfois des fibrillations ventriculaires aux conséquences mortelles. Une jeune fille de 15 ans mourra ainsi le 28 janvier 1848 lors de l'ablation, sous anesthésie au chloroforme, d'un ongle incarné.



## À la recherche d'un fluide frigorigène

Dans les années 1930, les dirigeants de la division Frigidaire de *General Motors* demandèrent à 2 chimistes de mettre au point un nouveau fluide frigorigène ininflammable, non toxique et à bas point d'ébullition pour leurs réfrigérateurs. En examinant les caractéristiques des éléments repris dans le tableau de Mendeleïev, leur choix se porta sur l'incorporation de fluor dans diverses molécules d'alcane. Parmi les produits synthésés, une molécule se distingua étrangement par ses propriétés anesthésiantes: l'halothane (F<sub>3</sub>C-CHBrCl), qui permet d'induire l'anesthésie sans effets cardio-vasculaires indésirables et nausées postopératoires. Jusque dans les années 90, ce fut l'anesthésique par inhalation le plus employé au monde. Mais l'halothane est en réalité toxique. Cette molécule est en effet métabolisée par les cytochromes P450: il y a oxydation puis perte de brome (parce que le brome est un bon «groupe sortant»). Le chlorure d'acide obtenu attaque ensuite les protéines du foie. Elle fut dès lors remplacée par d'autres, dépourvues de brome. Ainsi fut développée la famille des «fluranes», dont le desflurane.

Au début des années 30, le thiopental sodique, un barbiturique administré en intraveineuse, fit son apparition en tant qu'anesthésique général à action rapide et courte. Son emploi intensif ne débuta véritablement qu'après le bombardement de Pearl Harbour, le 7 décembre 1941. Au contraire de l'oxyde nitreux, de l'éther et du chloroforme, le thiopental sodique était facile à transporter et il suffisait de l'injecter pour provoquer, quasi instantanément, un état d'inconscience. L'anesthésie moderne était née ! Actuellement, l'anesthésie générale est classiquement induite par voie intraveineuse à l'aide de propofol.



La molécule de propofol

Cette technique est devenue très fiable de nos jours, encore que le risque zéro n'existe pas ! Ainsi, le 17 janvier 2004, Olivia Goldsmith, l'auteure du roman *The First Wives Club*, mourrait lors d'une banale opération de chirurgie esthétique suite à des complications liées à ce type d'anesthésie. Que penser en outre de la mort de Michael Jackson le 25 juin 2009, cette fois à cause d'une intoxication aiguë à ce même médicament... Cela reste extrêmement rare fort heureusement. **A**



# BIO NEWS

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

PHOTOS : ©WATERWISE GARDENING, LLC (P.47), ©KATERYNA\_KON - STOCK.ADOBE.COM (P.49),  
©ROST9 - STOCK.ADOBE.COM (P.49), ©DOTTEDYETI - STOCK.ADOBE.COM (P.50),  
CC-BY-SA-4.0 RYAN HODNETT (P.50)

## La couleur des pétunias

**S**i la diversité de formes et de coloris est une aptitude dont les fleurs savent faire un usage immodéré - avec l'aide très appuyée d'obteneurs avisés - les pétunias ne sont pas en reste, que ce soit dans les coloris ou dans la disposition qu'ils prennent sur les 5 pétales de leurs corolles.

Si ces plantes herbacées trouvent une place de choix dans nos jardinières, l'origine de la plante est sud-américaine. Même sur son terroir d'origine, elle trouve déjà une diversité de coloris qui, depuis longtemps, l'a fait se distinguer. On peut s'arrêter à l'aspect esthétique de ces Solanacées, on peut aussi chercher à quelle disposition naturelle elles doivent la richesse de leurs coloris. C'est bien entendu une question que des généticiens n'ont pas manqué de se poser. Objet de leur étude très spécifique: le *Petunia excerta*, qui arbore une couleur uniforme d'un rouge intense et puissant. Or, on sait l'espèce dérivée d'un ancêtre incolore. L'examen minutieux tant du génome

de ces variants que de son expression est ce qui était de nature à expliquer l'apparition de coloris nouveaux, souvent d'occurrence spontanée.

Ce que les chercheurs ont identifié, ce sont des mutations affectant la biosynthèse de l'anthocyanine, un pigment universel dans le monde végétal que l'on retrouve aussi bien dans les jeunes pousses des rosiers, que dans le hêtre pourpre, la cerise, la prune et le raisin noir. La couleur rouge du pétunia dépend en particulier de l'expression d'une autre substance, de la famille des delphinidines, des composés qui tendent plutôt à exprimer le bleu-violet. Or, une altération chimique de ces substances (une dihydroxylation, pour tout dire) les rend moins actives, et le rouge peut alors pleinement s'exprimer. C'est donc plutôt par défaut que le rouge puissant a pris le dessus. Un défaut qui, dans ce cas, prendrait des allures de qualité !

La beauté et l'éclat des couleurs, quand on prend la peine d'en rechercher l'origine, ramènent à la génétique et à la chimie. On en sait, du coup, un peu plus sur les processus en cause, mais on y perd aussi un peu dans le registre de la poésie. Cela n'enlève rien à l'attrait floral. Quant aux obteneurs avisés, ils sauront probablement tirer quelque parti de la découverte. 

► [Plant Cell 10.1093/plcell/koab114](https://doi.org/10.1093/plcell/koab114) 2021





## Peut-on supprimer une cellule sénéscente ?

La glutamine pourrait être une clé. C'est un des acides aminés qui non seulement contribue à l'élaboration des protéines qui nous structurent, mais intervient aussi dans nombre de fonctions à effet direct ou indirect pour notre métabolisme. La récupération après un effort physique intense et prolongé par exemple, ce qui amène parfois les grands sportifs, les culturistes, à en consommer sous forme de compléments alimentaires. La glutamine est également connue depuis longtemps pour son effet favorable sur l'entretien et la multiplication des cellules. Tous les milieux de culture utilisés en laboratoire pour en assurer la prolifération en contiennent en bonne proportion. Du coup, des études sont régulièrement menées pour en valider les effets et tenter de «ralentir des ans irréparable outrage».

Or, notre unité fonctionnelle de base est précisément la cellule et la cellule vieillit. Passé un certain stade, elle entre en sénescence. Cela ne signifie pas sa fin prochaine, mais la réduction d'efficacité de fonctions parfois essentielles. C'est dans cet état en particulier que des processus régulateurs peuvent dysfonctionner, laissant libre cours à des dérapages divers, parfois tumoraux. Une des parades contre cet état ? La sénolyse: la suppression des cellules sénéscentes. Dans un même tissu, tous les composants ne sont pas au même stade d'évolution. Une cellule de moins peut donc être remplacée par une autre, à partir d'une cellule-souche proximale si elle est présente.

Une alternative à ce vieillissement pourrait bien tenir à la glutamine... Une administration de glutaminase<sup>1</sup>, l'enzyme qui la transforme en glutamate et ammoniac, pourrait en effet aider à accroître la sénolyse mais aussi à réduire l'acidification des cellules vieillissantes. La voie est actuellement explorée chez la souris, bien qu'il paraisse évident qu'un traitement ralentisseur du vieillissement cellulaire ne soit pas aussi simple. Et puis il existe d'autres voies métaboliques également à l'étude pour réduire les effets inadéquats de ces cellules sénéscentes, voire de les faire disparaître, tout simplement. Si l'on y parvient et quelle que soit la méthode, elle aura toutefois ses limites: quand il ne restera plus que ce type de cellule vieillissante inapte à se diviser encore, il faudra bien composer avec elle. Jusqu'à usure finale. <sup>1</sup>

► *Science*, 2021; 371: 285-286 et 265-269

## Capside sur mesure

On le sait, les virus ne sont pas des cellules; ils ne sont composés que de matériel nucléaire - l'équivalent d'un noyau - inclus dans une enveloppe protéique, la capsid. Pour se multiplier, le virus doit donc intégrer une cellule vivante dont elle détourne toute la machinerie interne à son seul profit, menant son hôte à sa perte. Ce que l'on sait peut-être moins, c'est que les mêmes virus peuvent être détournés de leur finalité pathogène par la technologie biomédicale, lorsqu'il s'agit d'intégrer à des cellules un élément qui lui fait défaut, comme la copie normale d'un gène. Ce détournement à des fins utiles des aptitudes invasives du virus n'est pas neuve et a même, avec le temps, déjà permis quelques traitements efficaces.

Il reste néanmoins 2 limites à la méthode. La première est qu'il faut être certain que le virus utilisé est bien dépourvu de son propre matériel nucléaire afin de le rendre sans danger dans le cadre d'un essai thérapeutique. La seconde est que quel que soit le type de virus utilisé, la capsid a une capacité limitée. Ce que cette enveloppe a habituellement à contenir et à insérer dans les cellules infectées est le plus souvent peu volumineux,

ne contenant que les informations nécessaires pour pénétrer les cellules et prendre les commandes de leur fonctionnement. Cette capacité réduite devient problématique lorsqu'il est par exemple question d'intégrer à des cellules, pour les modifier, une séquence génique complexe. D'où l'idée logique de fabriquer, sur mesure, des capsides artificielles dotées d'une capacité en relation avec le matériel à y embarquer.

Une équipe de chercheurs a réussi ce challenge. Il lui a d'abord fallu sélectionner une protéine extraite de capsides virales, susceptible de s'amalgamer en grand nombre et ensuite de trouver le montage enzymatique capable d'unir des molécules isolées pour en faire un contenant de volume suffisant. Le résultat: une capsid artificielle faite de 240 unités protéiques, dotée d'un volume en rapport et néanmoins capable d'intégrer des cellules.



## Les petites cellules qui montent...

**P**endant longtemps, on n'a retenu du cerveau que les neurones, ces cellules jugées nobles puisqu'étroitement impliquées dans les fonctions aussi diverses que la cognition, la mémoire, le contrôle du mouvement pour ne citer que celles-là. Toutes les cellules qui les entourent ou les préservent, reprises sous l'appellation générique de «glie», ont été renvoyées à un rôle jugé secondaire: celui de soutien. Leur nom lui-même en est le révélateur: glie est hérité du grec *gloios* qui signifie «colle» et qui a donné «glu» en français.

Depuis un certain temps déjà, on s'est rendu compte que ces cellules de types divers ont d'autres fonctions que celles de soutien et de remplissage. Par les liens moléculaires étroits qu'elles entretiennent avec leurs proches voisins neuronaux, elles conditionnent aussi le bon fonctionnement de ceux-ci, ou participent à leur mauvais fonctionnement dans les cerveaux pathologiques ou vieillissants. D'où l'idée de plus en plus appuyée, aujourd'hui, de faire reposer sur ces cellules *in vitro* puis *in vivo* des expériences diverses permettant de mesurer les effets de médicaments ou autres traitements spécifiques à la fonction cérébrale, pour en connaître plus en profondeur les fonctions souvent ignorées. Afin de les exploiter ensuite, bien sûr, toujours dans un registre thérapeutique. Un des domaines qui fait l'objet d'approches très circonstanciées est celui de la maladie de Parkinson.

Cette pathologie souvent associée à un âge avancé est progressive et jusqu'ici sans remède autre que compensatoire. Elle tient comme on le sait à la perte progressive des neurones producteurs de dopamine, un neuromédiateur clé dans plusieurs fonctions essentielles, dont la coordination neuromusculaire. Puisque les cellules qui produisent cet important signal sont engagées dans une voie métabolique anormale qui les mène à disparaître, pourquoi ne pas «dresser» les cellules qui en sont les plus proches à en corriger l'anomalie ?



À en faire, en quelque sorte, les réparatrices proximales ? Cela permettrait, sinon d'enrayer le processus dégénératif, au moins d'en corriger les effets.

C'est précisément une des nombreuses voies de recherche engagées dans ce domaine. Elle porte, pour le moment encore, sur des modèles murins, mais il semblerait que certaines alternatives en soient arrivées à un stade préclinique, voire clinique; donc sur la voie d'une application aux malades humains. Un des modèles prometteurs est celui qui a consisté à «reprogrammer» des astrocytes (un des types de cellules gliales) pour en faire des néo-producteurs de dopamine. On pressent qu'une modification génétique est opérée sur des cellules prélevées sur un malade, multipliées *in vitro* avant leur réinjection dans le cerveau. Cela paraît audacieux mais bien dans l'air du temps, en particulier depuis l'émergence de techniques précises d'intégration génique dans l'ADN comme Crispr-Cas9, saluée par le Nobel de médecine et de physiologie 2020.

Comme le proclament les auteures d'un article récent: «*Neuroscience: le 21<sup>e</sup> siècle sera glial*». Rien que ça, serait-on tenté de dire. Mais si c'est pour la bonne cause thérapeutique en matière de maladie neurodégénérative, on ne demande qu'à le voir ! **A**

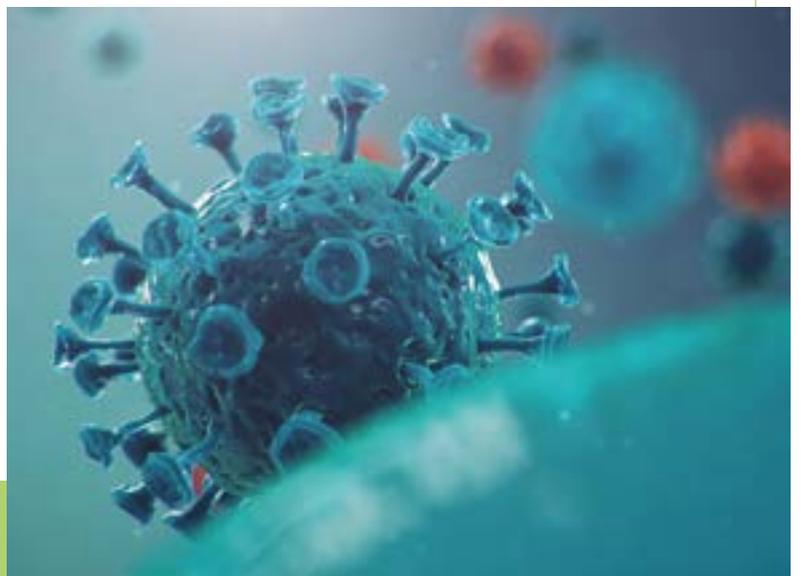
► *Médecine/science*, 2021; 37: 59-67



Cela prend pour le moment l'allure d'une simple réalisation technique. Mais l'on pressent que ce succès est appelé à permettre des réalisations que les chercheurs en biologie du gène attendent depuis longtemps. Ils vont dorénavant pouvoir penser à passer du projet à la réalisation. Si c'est la santé qui est en bout de ligne, et en particulier la correction d'anomalies génétiques, on a tout lieu de s'en réjouir. **A**

► *Science*, 2021; 372: 1162 et 1220-1124

Extraire les capsides n'est possible que par des manœuvres sélectives en laboratoire





## Petits, petits plastiques

**S**i les matières plastiques sont synthétisées pour avoir une vie plutôt longue, elles peuvent aussi, avec le temps, se retrouver dans des endroits où on ne les attend pas: dans les campagnes, emportées par le vent, mais surtout dans les mers et océans dont on nous rapporte régulièrement les images des amas en surface et aussi en profondeur. Il s'agit de sachets et autres conditionnements le plus souvent, mais aussi de filets et autres résidus de l'activité maritime. La Belgique n'est sans doute pas neutre dans ce contexte, mais avec ses 62 km de rivage, elle «pèse» peu par rapport à de nombreux autres pays qui ont avec la mer une frontière bien plus conséquente et qui font preuve, dans le respect de l'environnement, d'une relative cécité.

Restent les microplastiques dont on nous parle de façon récurrente qui, eux, peuvent affecter tous les organismes, aussi bien maritimes que terrestres. Leur taille ? De 1 à 5 micromètres, soit de l'ordre du millionième de mètre. Or, c'est aussi la taille d'une cellule humaine (3 à 10 micromètres en général) donc on peut légitimement penser qu'elle peut intégrer les particules dont la taille est en rapport avec la sienne après absorption ou inhalation. Qu'y deviennent-elles ? On en sait peu de choses.

Affectent-elles le fonctionnement cellulaire ou sont-elles encagées un temps dans des microvésicules où elles sont si possible dégradées avant d'être relarguées via les voies excrétoires ?

L'effet qu'elles peuvent avoir sur les cellules et au-delà, à force de répétition, sur les organismes entiers et leur bonne santé, tient à leur abondance. Les plastiques sont synthétisés pour une fonction à laquelle on les destine et rien, dans le processus de fabrication et de validation, ne prévoit de tests cliniques pour en éprouver les effets sur la santé des êtres vivants en général et des humains en particulier. Outre leur composition chimique, leur structure peut en soi s'avérer dommageable: une microfibre n'a sans doute pas le même effet tissulaire qu'un microgranule sphérique. Ce que l'on sait de la silicose suffit à s'en persuader. Ce qui manque encore pour le moment, ce sont de véritables études à large spectre pour quantifier les effets de différents microplastiques auxquels nous sommes massivement confrontés: résidus de pneus et de conditionnements multiples (bouteilles, ravers, etc.), mais aussi peintures, cosmétiques et traitements divers dont nos vêtements font l'objet. Et tous ceux-là peuvent de surcroît avoir un effet perturbateur endocrinien...

À aucun moment de son histoire, le monde vivant n'a été confronté, comme il l'est depuis moins d'un siècle, à tous ces composés qu'il intègre dans son fonctionnement intime pendant un temps au moins. Jusque-là, seuls les produits de la combustion (fumerons) et les particules minérales (grains, de silice, fibres d'asbeste) pouvaient être suspectés pour leurs effets sur la santé, de façon directe ou synergique. De nombreuses études sont donc nécessaires pour évaluer les effets d'une foule de formes et de matières. Et si on commençait par supprimer celles qui ne sont pas indispensables ? **A**

► **Science, 2021; 371: 672-674**



## BIO ZOOM

On pourrait le porter en broche tellement il ressemble à un bijou. Le *Charidotella sexpunctata* ou Casside dorée ou encore, Scarabée tortue d'or, est un petit coléoptère de 5 à 7 mm vivant sur le continent américain. Grâce à un liquide qui s'étale ou se contracte, cet insecte étonnant change de couleur au gré de ses humeurs. S'il est dérangé par exemple, il perd son aspect brillant et doré. Autre curiosité, les bords de sa carapace sont presque transparents, comme une méduse. Le scarabée hiverne et pond ses œufs au printemps pour vivre tranquillement tout au long de l'été et de l'automne...



# KATRIN aime les neutrinos

**Le 14 février dernier, jour de la Saint Valentin, nous parvenait un merveilleux faire-part publié dans *Nature Physics*: KATRIN y annonçait fièrement que le petit neutrino électronique n'aurait en aucun cas une masse supérieure à 0,8 eV !**

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET  
PHOTOS : ©MICHAEL ZACHER (P.51), ©KIT (P.52)

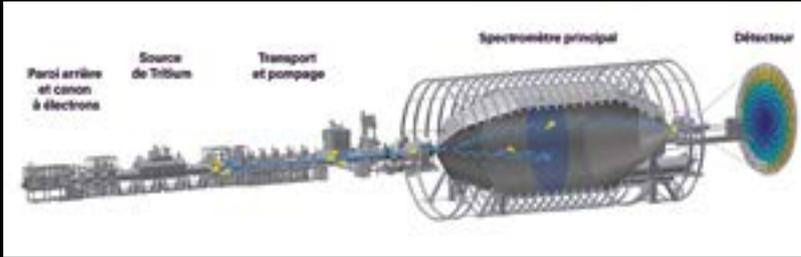
**B**on, d'accord: KATRIN n'est pas le prénom d'une mère aimante fière d'annoncer le poids d'une future progéniture. Mais l'acronyme de *KArlsruhe TRItium Neutrino*, une expérience réalisée en Allemagne à l'aide d'un spectromètre long de près de 70 m ! Mais l'annonce est d'importance: les neutrinos commencent à livrer leurs secrets. Il est temps car on a besoin d'eux pour répondre à bien des questions.

## Un p'tit bruxellois

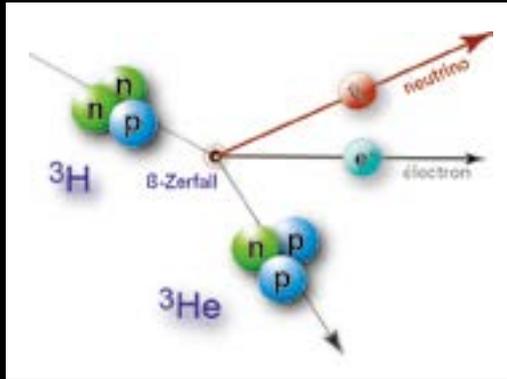
Rappelons tout d'abord que ces neutrinos sont sans doute les particules les plus abondantes de l'univers. On pourrait même dire qu'ils le «remplissent» presque à eux seuls, tant le reste (dont nous) est presque anecdotique par rapport à leur présence: ils sont plusieurs milliards de fois plus nombreux que l'ensemble des protons et neutrons de l'univers observable dont le nombre est estimé à 1080 ! Nous baignons dans ceux issus du Big Bang (336 neutrinos par  $\text{cm}^3$ ) qui bougent dans notre corps, y entrent et en sortent à la vitesse de

quelque 15 000 km/s. Et le soleil nous bombarde de 700 000 milliards ( $7 \cdot 10^{14}$ ) de ces particules par seconde. Ceci sans compter ceux qui proviennent des réactions nucléaires à l'œuvre à l'intérieur de la Terre, des centrales nucléaires... Et ceux que nous produisons nous-mêmes, résultats de la désintégration du potassium de nos os (mais guère plus de 4 000 par seconde en moyenne). Ils nous traversent ainsi en grand nombre en permanence sans que jamais nous ne les ressentions. Car ils n'interagissent pratiquement jamais avec la matière. Avec comme conséquence qu'on les connaît mal.

Les neutrinos ont été imaginés par Wolfgang Pauli en 1930 dans une lettre célèbre (elle commence par ces mots: «*Chères Mesdames, chers Messieurs les radioactifs*») adressée à un congrès de physique qui se tenait à Tübingen et auquel il n'assiste pas, préférant un bal à Zurich ! Pauli imagine alors une particule neutre, de faible masse qui lui permet de sauvegarder le principe de la conservation de l'énergie dans le phénomène de la désintégration bêta ( $\beta$ ). En fait, c'est le neutron qu'il décrit là qui sera découvert par James Chadwick en 1932. Enrico Fermi propose alors d'appeler neutrino (petit neutre) la mystérieuse particule de Pauli qui, elle, contrairement au neutron, n'appartient pas au noyau de l'atome. Tout cela est acté au Congrès Solvay de Bruxelles de 1933 et c'est Pauli lui-même qui signe l'acte de naissance du neutrino



Le spectromètre expérimental KATRIN et ses principales composantes



Désintégration du tritium en hélium avec émission d'un antineutrino

lors du Congrès. Voilà notre petit neutrino devenu bruxellois... mais toujours aussi mystérieux. Car au fil du temps et des expériences, les scientifiques s'aperçoivent qu'il y a - au moins - 3 sortes (saveurs) de neutrinos: électroniques, muoniques et tauiques. Et pire, qu'ils peuvent se transformer les uns en les autres. C'est le phénomène d'oscillation des neutrinos.

## Masse ou pas masse ?

Ce phénomène va poser un grave problème aux physiciens. Le modèle standard des particules qui se développe et se complète tout au long du siècle précédent suggère en effet que le neutrino est de masse nulle. Il serait même la seule particule «de matière» (par opposition aux particules dites «messagères» comme le photon) à avoir cette caractéristique troublante. Mais en 1968, Bruno Pontecorvo formule la théorie de l'oscillation et suggère la transformation des neutrinos au cours de leur existence. Au moment de sa création lors d'un phénomène de collision ou de désintégration, le neutrino peut-être de l'une des 3 saveurs. Cela dépend de la nature de la désintégration qui est à son origine. Ainsi, lors de la désintégration  $\beta$ , ce sera toujours un neutrino électronique qui sera créé. C'est lors de sa propagation qu'il deviendra un mélange des 3 saveurs. Un mécanisme prouvé expérimentalement dans les années 1990. Mais ce mélange nécessite que les neutrinos aient une masse. Ce qui est contraire à la prévision du modèle standard. Voilà donc notre neutrino - et bien sûr son contraire, l'antineutrino - doté d'une masse (ou plutôt de masses puisque différentes selon les saveurs). Mais laquelle et comment la mesurer ?

## KATRIN

Pour traquer ces particules qui ne réagissent quasiment jamais, il faut beaucoup de chance ou des sources abondantes de neutrinos. Ou analyser des traces de leur passage. On a vu qu'ils étaient souvent

provoqués par la désintégration  $\beta$  et il en est une qui a vite intéressé les physiciens: la désintégration  $\beta$  du tritium. C'est sur elle que s'appuie l'expérience menée à Karlsruhe et qui a produit les résultats qui viennent d'être publiés <sup>(1)</sup>.

Lorsque le tritium ( $^3\text{H}$ , isotope radioactif de l'hydrogène comportant 2 neutrons alors que l'hydrogène habituel n'en a pas) se désintègre en hélium, un neutron se transforme en proton libérant un électron et un antineutrino électronique. Ces 2 derniers se partagent l'énergie libérée lors de la désintégration. C'est cette énergie qui va être mesurée par le détecteur KATRIN. Ou plutôt celle des électrons car les (anti)neutrinos, on l'a vu, n'interagissent pratiquement jamais avec la matière et sont «invisibles». Le problème est que lors de la désintégration, le partage de l'énergie entre les 2 particules est aléatoire: soit l'électron emporte tout, soit c'est l'antineutrino (et toutes les possibilités entre ces 2 cas extrêmes !). KATRIN est essentiellement composée d'un spectromètre géant qui mesure l'énergie maximale des électrons émis par le tritium pour en déduire l'énergie manquante qui sera donc la masse de l'antineutrino. KATRIN est à ce jour l'expérience de ce type la plus précise, qui utilise pour ce faire la source de tritium la plus intense au monde. Résultat: la masse du neutrino électronique doit être inférieure à 0,8 eV (électron-volt, unité d'énergie correspondant à l'énergie cinétique acquise par un électron soumis à un potentiel électrique de 1 volt et donc aussi unité de masse d'après la relation relativiste entre la masse et l'énergie). Le résultat obtenu n'est donc pas la mesure précise de la masse mais une plus grande précision sur sa masse maximale. Il faudra encore d'autres expériences (et sans doute 2 années) pour déterminer également sa masse minimale avec une telle précision.

Le but est ici de mieux comprendre l'univers. À cause de son abondance, le neutrino influence en effet les structures de l'univers. Connaître sa masse précise permettrait sans doute d'affiner les modèles de formation des structures cosmologiques. Mais aussi peut-être d'aider à la découverte d'un 4<sup>e</sup> type de neutrino, appelé «stérile», plus lourd, et qui nous permettrait enfin d'en savoir plus sur le côté «sombre» de la physique, matière noire et énergie sombre qui manquent toujours à l'appel. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Direct neutrino-mass measurement with sub-electronvolt sensitivity, The Katrin collaboration, Nature Physics volume 18 (14 february 2022).

# Quoi de neuf dans l'espace ?

Les violents bruits de bottes en Ukraine résonnent jusque dans l'espace. Depuis la chute de l'URSS en 1991, tant les États-Unis que l'Europe ont voulu tirer parti du précieux héritage de la technologie spatiale de la Russie et de l'Ukraine. Ils ont misé sur une coopération qui tirait parti du potentiel russo-ukrainien pour le cosmos. D'ambitieuses activités ont ainsi pu se concrétiser: la station spatiale internationale (depuis fin 1998) ainsi qu'un ensemble de lancements *Soyouz* (pour *Arianespace*) en Guyane

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: @THOMAS - STOCK.ADOBE.COM

Ainsi, durant ces 30 dernières années, Moscou a misé sur l'intérêt des Américains et des Européens pour sauvegarder son expertise en astronautique. Aujourd'hui, le Kremlin se sert de ce transfert technologique pour contrarier la stratégie humanitaire de l'Occident en faveur de l'Ukraine. Nous voici revenus au dramatique temps de la Guerre froide.

**Alors que le conflit russo-ukrainien met le monde sous tension, comment se passe la cohabitation entre cosmonautes russes, astronautes américains et européens à bord de l'Iss ?**

Le 1<sup>er</sup> mars, 6<sup>e</sup> jour de l'offensive en Ukraine des troupes russes en vue d'«une opération militaire spéciale», la vie à bord de la station était organisée par 6 hommes et 1 femme: 2 expérimentateurs de l'agence spatiale russe *Roscosmos*, 4 chercheurs de la *Nasa* et 1 représentant allemand de l'*Esa*. Les opérations à bord se trouvent gérées par 2 centres principaux de contrôle: le *Jsc* (*Johnson Space Center*) à Houston (Texas) et le *Tsoup* (*Tsentr Upravleniya Poliotom*) à Korolev (Nord de Moscou).



On se demande dans quelle mesure cet ensemble fait de modules habitables russes (5 exemplaires), américains (7), européen (1), japonais (2) et italien (1) pourra être opérationnel au-delà de 2024, jusqu'en 2030. Moscou a fait part de son projet de disposer de sa propre station en détachant des modules russes de l'Iss. En attendant, les équipages continuent à se succéder, en étant lancés à bord de vaisseaux *Soyouz* (publics) de *Roscosmos* et *Crew Dragon* (privés) de *SpaceX*. De son côté, la *Nasa* prévoit de recourir à l'initiative privée - à l'entreprise *Axiom* de vols sur orbite - pour disposer d'une autre station.

**L'industrie américaine ne recourt-elle pas aux motoristes russes pour propulser ses actuels lanceurs *Atlas* et *Antares* ?**

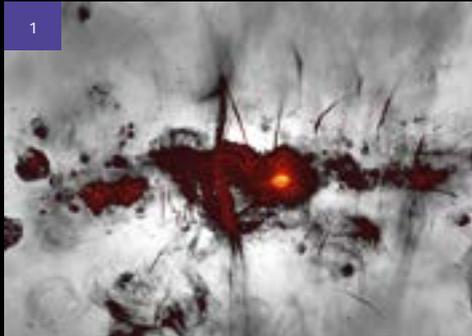
Afin de proposer des systèmes moins coûteux de lancements dans l'espace, des sociétés US achètent des moteurs-fusées performants à l'entreprise *Energomash*: c'est le cas de *Ula* (*United Launch Alliance*) pour *Atlas V*, qui effectue surtout des vols gouvernementaux, et *Orbital Sciences* pour *Antares* pour ravitailler l'Iss. Suite à la crise russo-ukrainienne, *Roscosmos* a suspendu la vente de propulseurs «made in Russia» aux Américains. C'est la bonne affaire pour *SpaceX* qui domine, avec ses lanceurs réutilisables, le marché des activités de transport spatial.

**L'Europe spatiale a beaucoup misé sur une coopération avec la Russie. N'est-elle pas en train d'en faire les frais ?**

Via sa filiale franco-russe *Starsem* créée en août 1996, la société française *Arianespace* a pu effectuer des lancements *Soyouz* (37 en tout) depuis Baikonour (Kazakhstan), Kourou (Guyane française), Vostochny (Extrême Orient). Son principal client est l'entreprise britannique *OneWeb* pour le déploiement de sa constellation haut débit en orbite basse. *Arianespace* compte sur la mise en service du lanceur *Ariane 6* qu'*ArianeGroup* est en train de développer, mais sa mise au point s'avère plus laborieuse que prévu. L'*Esa*, pour son exploration de la Planète Rouge, a fait confiance à *Roscosmos*. La sonde russo-européenne *ExoMars* combine la plateforme *Kazatchok* de *Lavotchkine* et le rover *Rosalind Franklin* de *Thales Alenia Space*. Son envol vers Mars au moyen d'une fusée *Proton* de *Roscosmos* était programmé pour septembre prochain. Mais il a fallu suspendre les préparatifs vu la guerre en Ukraine. **A**

# À la Une du cosmos

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



Suivre le fil ! ❶ Découverts au début des années 1980, les filaments du centre galactique voient leur nombre grandir à un millier grâce à l'observatoire radio *MeerKAT*. Ces filaments peuvent atteindre 150 années-lumière de long et à cause de leur lien avec les champs magnétiques, ils se disposent souvent en parallèle comme les cordes d'une harpe. L'activité passée du trou noir central serait leur origine probable. ❷ La Voie Lactée a absorbé un certain nombre de galaxies naines, laissant à la place des traînées d'étoiles. Les astronomes ont ainsi cartographié 12 courants d'étoiles dans le halo galactique, alors que le projet *MilkyWay@home* a pu reconstruire la naine à l'origine du courant Orphan-Chenab. De plus, les données de la sonde *Gaia* permettent d'identifier une 6<sup>e</sup> capture effectuée par la Voie Lactée il y a des milliards d'années. L'événement a été baptisé «Pontus» et il vient s'ajouter à Sagittarius, Cetus, Gaia-Sausage/Enceladus, LMS-1/Wukong, et Arjuna/Sequoia/l'ittoi.

CRÉDITS: 1) MEERKAT + 2) ESA



En suivant les signaux de nombreux pulsars, les astronomes pensent avoir détecté un «fond» d'ondes gravitationnelles de basse fréquence, dues à la combinaison de nombreux signaux individuels - à confirmer, cependant.

CRÉDITS: NANOGRV



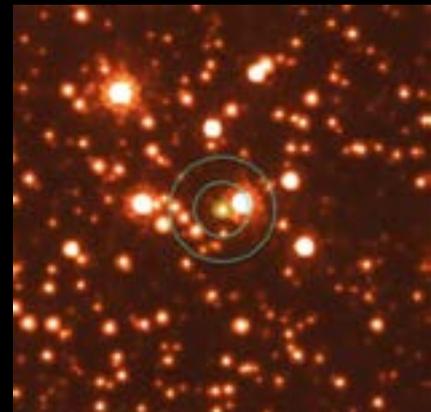
Comme pour les autres planètes, Mars entre en collision avec des astéroïdes petits et grands. L'étude d'une météorite suggère que le bombardement extrême des premiers âges a duré plus longtemps qu'on ne le pensait, retardant l'habitabilité planétaire. En parallèle, l'analyse de plus de 500 cratères martiens indique que la fréquence des impacts a été constante au cours des derniers 600 millions d'années.

CRÉDITS: ESA/ROSCOSMOS



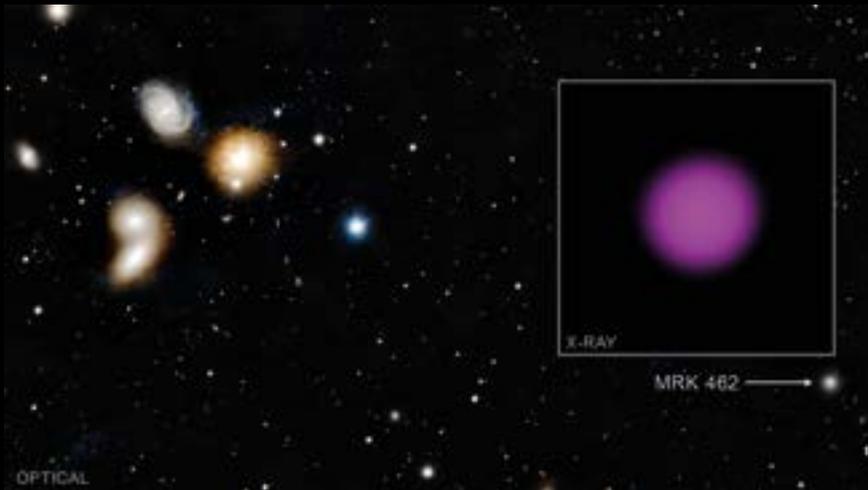
Nouvelles de l'espace ! ❶ Le télescope *James Webb* est arrivé à destination, après s'être déployé sans problème. Après avoir fourni une première image, il commence la longue période de refroidissement, d'alignement des miroirs et de calibration. ❷ Un morceau de fusée s'est écrasé sur la Lune début mars: son origine a été pas mal discutée (*SpaceX* ou la Chine ? Dans le premier cas, ce serait une première: les autres impacts étaient tous liés à des missions lunaires). ❸ La guerre a aussi des répercussions spatiales: délai pour le lancement d'*Exomars*, suspension des activités d'*e-ROSITA*, refus de lancement pour *OneWeb*, avenir flou pour les lancements *Soyouz* depuis la Guyane,...

CRÉDITS: JWST



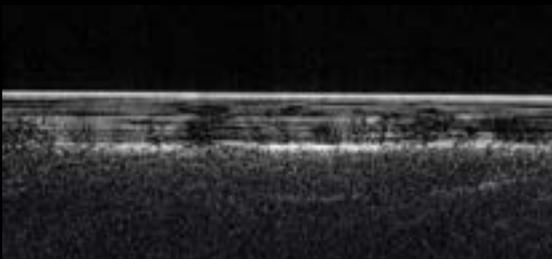
Parfois une étoile se met à briller plus fort. Il peut s'agir d'un effet de micro-lentille gravitationnelle: les rayons de l'étoile sont brièvement focalisés dans notre direction, à cause d'un objet massif qui passe entre la Terre et l'étoile. Dans le cas de MOA-11-191/OGLE-11-0462, observée en 2011, l'objet en question pourrait être un trou noir isolé se baladant tranquillement, à 160 000 km/h, dans l'espace interstellaire.

CRÉDITS: HST



Des observations en rayons X indiquent que les petites galaxies naines peuvent avoir des trous noirs assez gros («super-massifs»). Vu la taille de ces galaxies, il semble exclu que ces trous noirs naissent par effondrement direct: on imagine plutôt un lien avec les trous noirs formés par les premières étoiles...

CRÉDITS: CHANDRA



Des citoyens ordinaires ont déniché les traces d'astéroïdes qui passaient dans les images de *Hubble*. Ces découvertes ont permis d'entraîner un algorithme d'intelligence artificielle qui en a trouvé d'autres sur des images pas encore examinées par le projet... En tout, il y a plus d'un millier de nouvelles détections !

CRÉDITS: HST

On avait annoncé avoir trouvé des poches d'eau liquide sous les pôles martiens grâce à des échos radars. Aujourd'hui, d'un côté, des essais en laboratoire indiquent que de l'eau liquide peut bien exister dans ces conditions mais de l'autre, une étude montre que des dépôts volcaniques (avec de la glace) peuvent tout aussi bien expliquer ces échos, sans eau liquide. Par contre, l'eau liquide aurait pu subsister plus longtemps que prévu en surface, selon de nouvelles modélisations et l'observation de sels liés au chlore.

CRÉDITS: ESA



BONUS en ligne



Des dépôts dans des carottes de glace du Groenland et de l'Antarctique suggère qu'une tempête solaire extrême est survenue il y a environ 9 200 ans, soit durant... l'une des phases «calmes» du Soleil.

CRÉDITS: ESA



Certaines aurores de Saturne ont une origine inédite: les vents de l'atmosphère planétaire. Ce phénomène expliquerait l'apparent changement de périodicité dans les signaux radio, qui complique la détermination de la rotation planétaire.

CRÉDITS: CASSINI



Les étoiles jeunes de type FU Orionis subissent des éruptions. Il semble qu'elles proviennent d'un compagnon: quand les étoiles s'approchent, la matière du disque qui entoure l'étoile principale retomberait sur le compagnon, provoquant une éruption.

CRÉDITS: ESO



L'évolution de notre voisinage galactique sur les derniers 14 millions d'années est désormais retracée: une quinzaine de supernovae a produit une vaste bulle, et son expansion a enclenché la formation de nouvelles étoiles au bord.

CRÉDITS: STSCI (VUE D'ARTISTE)



# Comment se prépare l'après-*ISS* ?

Pas moins de 250 astronautes se sont succédé dans la Station spatiale internationale depuis son lancement en 1998. En avril prochain, l'Italienne Samantha Cristoforetti deviendra la première femme européenne à en prendre le commandement. Mais l'édifice est en fin de vie. La *Nasa* vient d'annoncer un arrêt des activités pour 2031, et la Chine a déjà son propre projet de station spatiale: Pékin a prévu de lancer pas moins de 6 missions cette année pour finaliser son infrastructure *Tiangong*. Qu'en pensent les Russes et les Européens ? Voici comment se profile l'ère «post *ISS*»...

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

PHOTOS: ©ANDREY ARMYAGOV - STOCK.ADOBE.COM (P.56), NASA (P.57)

La Station spatiale internationale (*ISS*) est le plus grand objet artificiel en orbite autour de la Terre. Elle mesure pas moins de 110 m de long pour 420 t. Mais la station, située entre 350 et 400 km d'altitude depuis déjà 24 ans, se fait vieille. Les astronautes continuent de s'y relayer, tandis que les critiques fusent quant au gouffre financier qu'elle représente. Depuis sa création en 1998, pas moins de 150 milliards de dollars ont été engagés dans son développement et son entretien, et selon le Bureau de l'inspection générale de la *Nasa*, les Américains y dépensent chaque année près de 4 milliards de dollars. L'*Esa* investit quant à elle 300 millions d'euros par an dans la station.

## Prolongations

En 2024, l'accord intergouvernemental qui soutient le fonctionnement de l'*ISS* - entre l'Europe (*Esa*), les États-Unis (*Nasa*), le Japon (*Jaxa*), le Canada (*ASC*) et la Russie (*Roscosmos*) - prendra fin. Et petit à petit, l'équipage quitte le navire. Au printemps dernier, les Russes ont annoncé leur retrait à partir de 2025, notamment en raison de la vétusté inquiétante de leur module. De son côté, l'agence spatiale américaine a officiellement

annoncé début février que les missions de l'ISS s'arrêteront en 2031. Pour l'heure, l'Esa semble suivre les Américains, tandis que la Jaxa a certifié que son laboratoire *Kibo* pourrait fonctionner encore 8 ans.

En 2031 donc, la Station spatiale internationale sera définitivement arrêtée et désorbitée. «À l'instar de l'ancienne station russe Mir, l'ISS va être précipitée sur le point Nemo proche du pôle sud dans le Pacifique: c'est le point le plus éloigné de toute terre émergée, explique Emmanuël Jehin, astrophysicien à l'université de Liège. L'ISS est assez basse et des manœuvres de ce type ont lieu régulièrement, même si ici, c'est évidemment la taille énorme de la station qui pose question. Envoyer des déchets se désintégrer dans l'atmosphère et retomber dans l'océan est également discutable... Cela coûterait cependant des sommes astronomiques de démanteler la station en orbite et de récupérer chaque partie sur Terre. Mais on ne peut pas laisser l'ISS dériver dans l'espace, elle pourrait retomber n'importe où. Il vaut mieux un désorbitage contrôlé qui devrait se faire sans danger».

## Une ISS «commerciale» ?

En attendant, la station spatiale habitée sans interruption depuis novembre 2000 poursuit son petit bonhomme de chemin. À ce jour, plus de 3 000 travaux conduits par plus de 4 200 chercheurs de près de 110 pays ont été menés à bord. Tous les 6 mois, des équipes d'astronautes se relaient en orbite pour s'adonner à des expériences scientifiques en microgravité, se préparer aux séjours plus longs dans l'espace vers la Lune et Mars, et réaliser des opérations de maintenance nécessaires à l'édifice. Mi-avril, la mission habitée *Crew-4* emportera, une fois de plus, un nouvel équipage. Lors de la prochaine salve, l'Italienne Samantha Cristoforetti deviendra commandant de l'édifice pour la durée de son séjour. Une première historique pour une femme.

Mais ce petit ballet ne va pas durer. Plusieurs voix prônent pour une reconversion de l'avant-poste orbital au service du secteur privé. L'ex-président des États-Unis Donald Trump avait d'ailleurs émis cette idée dès 2018. Installer des laboratoires privés, des lieux pour créer de nouvelles technologies, accélérer le développement du tourisme spatial... (voir *Athena* n° 352, pp. 52-54) Tout cela pourrait avoir lieu, non plus sous l'égide des agences spatiales, mais de sociétés privées comme *SpaceX* (Elon Musk) ou *Blue Origin* (Jeff Bezos). À l'avant-garde et très concrètement, la mission *Ax-1* de l'entreprise américaine *Axiom Space* sera la toute première mission entièrement privée de l'histoire de l'ISS. Son décollage est planifié pas plus tard que le 31 mars 2022 d'après



Kayla Barron devant les piments de l'expérience *Advanced Plant Habitat*, qui a permis de faire germer diverses plantes et légumes au sein de l'ISS

le blog de la Nasa. La mission emportera 4 personnes - ayant payé 55 millions de dollars chacune pour 10 jours - chargées de réaliser 25 expériences scientifiques et de sensibilisation.

À noter que des stations commerciales seraient également en cours de développement chez *Lockheed Martin* (*Starlab*) et *Blue Origin* (*Orbital Reef*). «Pour moi, une reprise par des privés sur plusieurs années n'est pas réaliste, assène cependant Emmanuël Jehin. L'édifice est en fin de vie, il va continuer à se dégrader et demande beaucoup d'attention par des spécialistes entraînés. La station était prévue pour durer 15 ans et elle en a déjà fait le double. Elle devient obsolète sur de nombreux aspects, dangereuse, et il faut passer à quelque chose de nouveau». Et l'astrophysicien d'enchaîner: «Côté tourisme, la station est assez "sale", exigüe et encombrée à l'intérieur après toutes ces années. De plus, il n'y a qu'un seul hublot avec une vue vraiment intéressante. Je pense que l'ISS représente une étape importante de la conquête spatiale, mais qu'elle a fait son temps».

## La Chine impressionne

Alors quid de l'«après-ISS» ? Les agences spatiales explorent leurs options. Le patron de *Roscosmos* indiquait en avril 2021 qu'un premier module destiné à une «nouvelle station orbitale russe» était d'ores et déjà en construction. Toutefois, depuis cette déclaration, c'est le silence radio. «Les Russes ont raté leurs dernières missions: ils sont très en retard au niveau technologique et ont peu de moyens financiers, souligne Emmanuël Jehin. Avec leur industrie vieillissante, ils sont largement derrière les États-Unis, la Chine ou même l'Inde. C'est pour cela qu'ils essayent de s'impliquer dans des projets comme celui de la station lunaire chinoise ou de la station orbitale chinoise *Tiangong* en construction, car ils savent qu'ils ne pourront pas y arriver tout seuls». Cette stratégie de Moscou vise également à dire «bye bye» aux Américains, leur collaboration étant de plus en plus restreinte depuis que le *Soyouz* russe est fréquemment remplacé par la capsule de *SpaceX* pour acheminer vivres et astronautes vers l'ISS. En outre, au vu du conflit qui oppose la Russie à l'Ukraine, la conquête spatiale n'est sans doute pas ce début 2022 la priorité du gouvernement russe...

Côté *Nasa*, construire une autre station spatiale en orbite terrestre n'est pour l'instant pas à l'ordre du jour.



«Les États-Unis sont plutôt tournés vers la Lune avec leur programme lunaire Artemis (voir Athena n° 355, pp. 56-58) et le développement du "Lunar Gateway", une nouvelle station spatiale autour de notre satellite naturel. La course avec la Chine pour la conquête de notre satellite naturel est réellement l'enjeu de la décennie», affirme Emmanuël Jehin. L'Esa, quant à elle, s'est focalisée sur les missions robotisées d'exploration du Système solaire: cela coûte moins cher et donne aujourd'hui de «magnifiques résultats scientifiques».

Pékin, en revanche, multiplie les projets. «La Chine est aujourd'hui la 2<sup>e</sup> puissance mondiale en matière de conquête spatiale. Elle s'est posée sur la face cachée de la Lune et en a même ramené des échantillons. Elle s'est posée sur Mars avec un rover et a envoyé des hommes dans l'espace dans sa propre station spatiale construite en un temps record. L'Empire du Milieu devrait rattraper les États-Unis à l'horizon 2030, avance le scientifique. La Chine impressionne donc déjà et pourtant, je pense qu'ils n'ont rendu publiques qu'une petite partie de leurs ambitions liées à l'espace, le volet militaire étant secret».

Le 29 avril 2021, la Chine a envoyé dans l'espace le premier des 3 éléments de sa future station spatiale *Tiangong*. «Elle sera 3 fois plus petite que la Station spatiale internationale, mais c'est un pied de nez aux Américains qui n'ont jamais souhaité inclure Pékin dans le développement et l'exploitation de l'ISS, poursuit Emmanuël Jehin. Jusqu'à présent, sa cadence de construction est impressionnante». Longue de 18 m, *Tianhe* est la pièce maîtresse de l'édifice qui comprendra de part et d'autre 2 autres modules *Wentian* et *Mengtian*, dans une configuration en forme de «T». L'assemblage doit être finalisé courant 2022 via pas moins de 6 missions successives, ce qui porterait le temps de construction total de l'édifice à 18 mois seulement... contre 10 ans pour l'ISS ! *Tiangong* devrait être habitée en continu avec des relève d'équipage, et particularité, un télescope spatial de la taille de *Hubble* orbitera tout proche. Nommé *XunTian*, son lancement est prévu en 2024. Il observera en lumière visible et proche ultraviolet et aura la possibilité de s'amarrer au module principal *Tianhe*, pour des opérations de ravitaillement, de maintenance et de remplacement d'instruments.

«La Chine a invité les autres pays à collaborer dans le cadre de *Tiangong*. Mais cette "collaboration" n'en serait en fait pas vraiment une, analyse Emmanuël Jehin. Cette invitation sert avant tout à montrer que Pékin est capable. Ensuite, les chinois sont en retard au niveau scientifique, et accueillir des expériences d'autres pays leur permettrait de s'inspirer de ce qui se fait ailleurs - même si ces retards devraient être rapidement rattrapés».

Les européens ont déjà exprimé leur intérêt pour aller travailler dans une station spatiale neuve et moderne. Les Américains quant à eux, ne sont pas du tout dans la même optique, puisqu'ils évitent le partage d'informations scientifiques et technologiques avec la Chine. Finalement, l'ère «post ISS» demeure encore bien mystérieuse, mais ce qui est sûr, c'est que la course à l'espace est bel et bien relancée. A

## MAIS ENCORE...

TEXTE: THÉO PIRARD · THEOPIRARD@YAHOO.FR

### Un fondateur d'Apple au secours de l'espace

Le nombre croissant de satellisations - notamment par la Chine et *SpaceX* - fait que le milieu spatial se pollue de plus en plus. Sous l'impulsion du phénomène *New Space* qui fait la part belle à l'entreprise privée pour des activités commerciales sur orbite. Cette augmentation inexorable des déchets autour de la Terre doit faire craindre le pire dans les décennies à venir. Steve Wozniak, co-fondateur d'Apple, en est conscient: il a décidé de financer le système *Privateer* pour faciliter la collecte de données précises sur le débris de l'environnement orbital.

*Privateer* va assurer le suivi des divers objets qui représentent un risque constant pour les satellites de plus en plus nombreux. Il va centraliser la collecte des infos sur le trafic sur orbite. Il envisage l'observation rapprochée grâce à des nano-satellites et de senseurs sur des engins spatiaux. L'objectif est de donner l'alerte au plus vite afin d'empêcher une désastreuse collision qui compromettrait une exploitation rentable des abords de notre planète.

### Un premier satellite pour la constellation de *Spacebel*

Avec sa filiale *ScanWorld*, *Spacebel* prépare le déploiement dès 2024 de petits satellites équipés d'imageurs hyperspectraux pour une aide à l'agriculture globale. La société liégeoise coopère depuis septembre 2021 avec la firme allemande *ConstellR* spécialisée dans le business de l'infrarouge thermique pour établir un relevé précis des températures sur l'ensemble de notre planète. Le 19 février 2022, un démonstrateur de la technologie *ConstellR* était envoyé dans l'espace avec un module *Cygnus* de ravitaillement de la station spatiale internationale. Ainsi *ScanWorld* va se familiariser à l'analyse de l'imagerie satellitaire dans la perspective de sa constellation.

### Détecteurs liégeois qui observent notre étoile

La société *Deltatec* est présente sur la sonde *Solar Orbiter* de l'ESA qui, lancée de Cap Canaveral le 10 février 2020, évolue sur orbite polaire. En juillet 2021, cet observatoire d'1,8 t s'est approché à quelque 42 millions de km du Soleil pour la première fois. À son bord, l'imageur ultraviolet *Eui* (*Extreme Ultraviolet Full-Sun & High-Resolution Imager*) du CSL (*Centre Spatial de Liège*). *Deltatec* a fourni les 3 caméras de cet instrument inédit qui prenait, ce 15 février, des images précises d'une spectaculaire éruption du Soleil. L'Observatoire Royal de Belgique gère l'analyse des images inédites qui sont réalisées par *Eui* pour une étude détaillée de l'atmosphère solaire.



# AGENDA

Le mag scientifique

## • LIÈGE - MAISON DE LA MÉTALLURGIE

### Électri'cité (jusqu'au 8 mars 2023)

Un téléphone en charge, une voiture diesel, un chauffage au gaz allumé: les énergies sont présentes dans chaque acte de notre quotidien. Nous sommes tellement habitués à leur présence que nous oublions qu'elles doivent être produites, transformées et que leur utilisation a des conséquences sur notre planète. Êtes-vous au courant qu'elle se manifeste dans la nature ? Connaissez-vous les scientifiques qui ont participé à sa maîtrise ? Savez-vous qu'en Belgique, elle a majoritairement été produite à partir de ressources fossiles ? Tant de questions qui alimenteront sans doute vos réflexions.

[https://www.rejouissciences.uliege.be/cms/c\\_15701046/fr/electri-cite](https://www.rejouissciences.uliege.be/cms/c_15701046/fr/electri-cite)

## • FLÉMALLE - PRÉHISTOMUSEUM

### Lascaux Expériences (jusqu'au 31 mai 2022)

Vivez une expérience totale: réalité virtuelle, exposition interactive et ateliers animés. La découverte de la grotte ornée de Lascaux en Dordogne a transformé notre vision de la Préhistoire et des origines de l'art. Pénétrez dans l'univers envoûtant de cette œuvre monumentale et patrimoine mondial de l'humanité. De la main, vous effleurez un troupeau de chevaux galopant sur la paroi. Levez la tête et soudain, un taureau sauvage surgit. Grâce à une technologie révolutionnaire, la visite de la grotte devient accessible à tous avec un confort garanti.

<https://lascaux.prehisto.museum/#expoShow>

## • ONLINE

### Hector Podcast

Connaissez-vous Hector Lebrun ? Ce savant du 19<sup>e</sup> siècle, brillant et pourtant méconnu, prête son prénom à un projet original et interdisciplinaire à l'UNAMur: un podcast, animé par Céline Rase, chercheuse en histoire à l'origine du projet, qui questionne la science, les pratiques et les positionnements scientifiques. Au menu: 4 épisodes aux thématiques variées telles que la place des femmes dans la recherche, l'intérêt de l'expérimentation animale, le rôle des universitaires dans la société et la validité de la théorie de l'évolution. À écouter sur *Spotify*, *Deezer* ou *Podcastaddict*.

<https://nouvelles.unamur.be/upnews.2022-01-19.6103586274/view>

## UN TANGUY CHEZ LES HYÈNES

François Verheggen - Éditions Delachaux et Niestlé

Pourquoi ce petit poisson masse-t-il le dos de son prédateur ? Pourquoi ces vampires se partagent-ils le sang collecté durant la nuit ? Pourquoi cette pieuvre agite-t-elle son corps à la manière d'un serpent ? Étudier le comportement animal a d'abord été une question de survie pour les premiers êtres humains. Aujourd'hui, l'éthologie est une discipline scientifique qui cherche les réponses à cette question que l'on aime tant se poser: pourquoi ? De l'alcoolisme des singes au speed dating des tétras, en passant par la guerre des clans de suricates et l'infanticide des lions dominants, c'est à travers 30 récits, tout aussi amusants qu'étonnants, que les réponses sont données. Territorialité, parasitisme, migration, soins parentaux, séduction et conflits sexuels, défense contre les prédateurs, évolution, etc., le champ de recherche est vaste et passionnant.

## ATHENA 356 Mars-Avril 2022

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

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES  
N° Vert du SPW: 1718 • [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be)

### Abonnement (gratuit)

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

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

PAR TÉLÉPHONE  
au 081 33 44 97

PAR COURRIEL À L'ADRESSE  
[athena@spw.wallonie.be](mailto:athena@spw.wallonie.be)

Distribution en Belgique uniquement.

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

RÉDACTRICE EN CHEF  
Géraldine TRAN  
Ligne directe: 081 33 44 76  
[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

GRAPHISTE  
Nathalie BODART  
Ligne directe: 081 33 44 91  
[nathalie.bodart@spw.wallonie.be](mailto:nathalie.bodart@spw.wallonie.be)

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

ISSN 0772 - 4683

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

DESSINATEURS  
Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT  
Jean-François HEUSE  
Inspecteur général

ÉDITRICE RESPONSABLE  
Isabelle QUOILIN  
Directrice générale

COUVERTURE  
Première  
Crédit: ©3dsculptor - stock.adobe.com

Quatrième  
Crédit: ©ESA-CNES-ARIANESPACE / Optique vidéo du CSG

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



## À LIRE



## Visitez nos sites

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

## Rejoignez-nous sur

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

