

**Dossier** p.26

## Le sport féminin est-il en danger ?

**Internet** p.30

## Applis «made in Belgium»





# ÉDITO

## Elle n'est pas donnée à tout le monde la chance de s'aimer pour la vie

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



«Deux maisons, deux quartiers  
Deux gâteaux d'anniversaire  
Multiplier les pères et mères  
N'a pas que des mauvais  
côtés»

Julien Clerc,  
*Double Enfance*



 <https://www.youtube.com/watch?v=Tdpfo9-ku34>

Ce n'est pas un secret, aujourd'hui, les couples divorcent davantage que par le passé. Et c'est encore plus vrai dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Qu'en est-il dans notre plat pays ? Surprise ! Il fait partie des pays où l'on divorce le plus dans le monde ! Et je ne vous parle ici que des couples mariés pour lesquels on peut facilement vérifier les chiffres puisque tout cela est officialisé et acté quelque part. J'ignore si le pourcentage de séparations est le même pour les couples non mariés mais il n'y a pas de raison qu'il soit largement inférieur, au contraire... Selon *Statbel*, on dénombre ainsi, en 2018, 45 059 mariages pour 23 135 divorces. Un peu plus de 50% des mariages finissent donc par capoter. Attention que dans tout ceci, il faut aussi tenir compte de certaines considérations comme les modalités administratives, leur coût ou encore, le poids des traditions (en Europe, on divorce plus que dans les pays du Sud par exemple). Bref, les hommes et les femmes de 2020 ne sont plus à 100% faits du bois dont on fait les flûtes.

L'âge auquel on se marie a-t-il une influence sur le taux de divortialité ? Les Belges se marient pour la première fois vers l'âge de 33 ans pour le 1<sup>er</sup> conjoint et 30,7 ans pour le second. En général, les couples belges vivent une relation stable jusqu'à la quarantaine. En effet, il s'agit de l'âge où les demandes de divorce sont les plus fréquentes. Et c'est aussi un âge où l'on a déjà conçu des enfants puisqu'en Belgique, l'on devient parent pour la première fois à environ 30 ans. Ce qui signifie que des milliers d'enfants de parents séparés se voient changer de schéma familial. Non seulement, leurs parents ne vivent plus ensemble mais il est très probable, vu leur âge, qu'ils se remettent en couple et qu'une nouvelle famille recomposée voit le jour. Comment ces enfants perçoivent-ils ces changements ? Comment les vivent-ils ? Se sentent-ils chez eux dans les 2 foyers ? Étant personnellement concernée, je me suis souvent posé ces questions. Et pour la première fois, une étude s'est penchée sur le point de vue des adolescents en Wallonie et à Bruxelles. Quel regard posent-ils sur la famille et ses nouvelles configurations ? Comment s'y adaptent-ils ? Quelle organisation pour cette «nouvelle» façon d'être parent (seul ou remis en couple, avec ou sans beaux-enfants) ? Vous trouverez toutes les réponses dans notre rubrique Société (pp. 16-19) et l'actualité de la recherche et des sciences tout au long de ces 52 pages. Bonne lecture ! 



- 4 Actualités  
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 Qui est-ce ?  
Maria Goeppert-Mayer
- 12 Technologie  
5G, une révolution ?
- 16 Société  
Selfie de famille
- 20 L'ADN de ...  
Célia SAPART • Climatologue et glaciologue
- 22 Dossier  
Le sport féminin est-il en danger ?
- 28 Chimie  
Le mouvement brownien  
et la preuve de l'existence des atomes
- 30 Internet  
Applis «made in Belgium»
- 34 Santé  
Où se cachent les responsables ?
- 38 Biologie  
Plongez au cœur des cellules  
et de la vie
- 42 Physique  
Le télescope Einstein
- 44 Astronomie  
Petite balade tête dans les étoiles
- 46 Espace  
Pour savoir tout ce qui passe en l'air  
et sur Terre !
- 51 Barje  
On est tous Barje, même *Athena* !
- 50 Agenda  
À voir, à tester, à cliquer, à lire...



P.7



P.22



P.39



P.42



P.46

TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART • JC.QUINTART@SKYNET.BE  
PHOTOS : UCLouvain (P.5), © VENYO (P.5)

## Solvay, la croissance programmée

**F**orcer l'avenir par l'innovation, c'est la formule de Solvay qui angoisse ses concurrents. Et la machine à inventer du chimiste belge n'est pas prête de s'arrêter grâce à sa nouvelle stratégie baptisée *G.R.O.W* (*Grow, Resilient, Optimize, Win*). À son habitude, Solvay n'a pas hésité à trancher dans le vif en ramenant ses activités à 3 segments. La croissance (*Grow*) passera par *Materials* (matériaux polymères et composites), un secteur aux marges élevées, dans lequel Solvay excelle. Priorité sera donnée aux investissements, à l'innovation et aux synergies entre *Speciality Polymers* et *Composite Polymers* via la plateforme du Groupe orientée sur les thermoplastiques. Leader mondial en Soda Ash, Peroxides et Silica, Coatis et Rusvinyl, Solvay misera sur son segment *Chemicals* (*Resilient*) pour assurer un cash-flow solide. Fédérant les activités de *Novecare*, *Technology Solutions*, *Aroma* et *Special Chem*, le segment *Solutions* (*Optimize*) sera peaufiné pour permettre à Solvay de tirer le meilleur profit de ses positions de leader et générer de la valeur et des rendements supérieurs. Enfin, *Solvay One* (*Win*) sera le nouveau modèle opérationnel grâce auquel le Groupe entend révéler son potentiel par la priorisation de ses ressources financières, une approche en adéquation avec les besoins du marché et une gestion rigoureuse des coûts et cash-flow.

Notons que dans ses fardes, le chimiste a encore la construction, en Belgique, d'un nouveau siège social qui devrait accueillir un écosystème de startups et plusieurs activités de recherche dans les matériaux avancés et les batteries.

Par ailleurs et dans la foulée de l'achat par la Belgique du F-35, Solvay a signé un accord de coopération avec *Lockheed Martin* devant favoriser la recherche et l'innovation nationale dans les

composites avancés pour l'aviation et l'espace. Associant industriels et universitaires, les projets, qui dureront de 12 à 24 mois, porteront sur le développement de matériaux composites nouvelle génération, les techniques de réparations et le collage du métal avec les composites. Solvay mettra à la disposition des équipes de recherche son *Customer Engagement Center*, lui-même connecté au *Product Development Center* d'Alpharetta (Géorgie) et dédié à la R&D en polymères hautes performances et composites thermoplastiques. Via ce centre, Solvay entend faire de son campus de Bruxelles un pôle d'innovation en solutions de haute technologie et durables en chimie et matériaux avancés.

Bien impliqué dans l'aérospatial, Solvay est déjà à l'origine d'une technique de fusion moléculaire des composites, baptisée *FusePly™*, qui devrait révolutionner le collage dans l'aéronautique en rendant les surfaces des pièces composites chimiquement actives. Durcies dans l'autoclave en même temps que le composite, la surface est alors prête à créer une liaison chimique avec l'adhésif utilisé pour la lier à une autre partie. En clair, au lieu de coller simplement les pièces ensemble, les pièces fusionnent les unes avec les autres ! 

 [www.solvay.com](http://www.solvay.com)

## Une connectivité signée UCLouvain

Avec un smartphone, disposer d'une connectivité sans faille est essentiel, notamment et surtout lorsqu'on bascule du WiFi à la 4G. Une opération pas évidente et qui pourtant, passe totalement inaperçue grâce à *Multipath TCP* (*Multipath Transmission Control Protocol*), une technologie ouverte développée par l'UCLouvain et aujourd'hui utilisée par 1 personne sur 8 dans le monde. Une évolution bien utile. En effet, si hier, un seul chemin suffisait pour faire circuler, via un câble, les données entre machine et serveur, l'arrivée du smartphone a chamboulé la donne. Désormais, 2 chemins se côtoient: le WiFi et le réseau mobile. Un environnement interconnecté sur lequel s'est interrogé Olivier Bonaventure, professeur au pôle en ingénierie informatique de l'UCLouvain, en vue de pouvoir combiner réseaux fixes et sans fil pour assurer un débit élevé et une bonne expérience utilisateur. Ainsi est né *Multipath TCP*, nouveau protocole Internet spécialement concocté pour assurer un trafic Internet en croissance exponentielle via un logiciel open source.



Sur le terrain, tous les *iPhones* - soit près de 800 millions - utilisent la technologie *Multipath TCP* de l'UCLouvain pour basculer efficacement du WiFi vers la 4G et inversement. Les smartphones de *Samsung*, *LG* et *Huawei* font également appel à cette technologie pour gérer la combinaison WiFi/4G et proposer une connectivité inédite à des millions d'utilisateurs. Parmi les applications concrètes, on peut encore citer *Tessares*, spin-off de l'UCLouvain qui, avec *Multipath TCP*, améliore la connexion Internet dans les zones rurales. Les responsables d'expliquer ici que plus le câble Internet est long, plus les performances de la connexion diminuent. L'idée est donc de booster ici le réseau câblé via la 4G, moins sollicitée en soirée, et offrir de la sorte un Internet ultrarapide, stable et sécurisé. Récupérer un réseau existant pour l'optimiser au lieu de le remplacer est une solution astucieuse et win-win pour les abonnés et les opérateurs télécoms. Actuellement, elle a séduit *Proximus* et *KPN*, principal pourvoyeur Internet aux Pays-Bas.

Pour son apport à la connectivité, le team de l'UCLouvain a reçu de l'Association for Computing Machinery, le *Networking System Award*, l'un des plus prestigieux dans le domaine informatique. «L'UCLouvain a été récompensée pour avoir transformé les fruits d'une recherche en une solution technologique fonctionnant réellement sur Internet et pour le grand public. En fait, nous avons véritablement sorti notre solution du labo pour la faire fonctionner à grande échelle et en open source, ce qui assure que *Multipath TCP* continuera à être amélioré pour relever les défis de l'hyperconnectivité dans les années à venir», note Olivier Bonaventure. A

 <https://www.uclouvain.be>

## Succès à l'exportation

Venyo est particulièrement fier d'annoncer qu'il a placé un simulateur de vol à base fixe reproduisant les caractéristiques du *Boeing B737 NG* chez *Ayjet*, basée à Istanbul. Cet outil permettra à l'entreprise turque de répondre à l'envolée de la demande en matière de formation de pilotes et notamment au programme d'entraînement MPL lancé conjointement avec plusieurs transporteurs aériens turcs.

simulateur de vol devrait être opérationnel dans le courant du premier trimestre 2020. Déjà connu du monde aérospace wallon, *Ayjet* a actuellement 18 avions d'entraînement *Sonaca 200 Trainer Pro* en commande. A

 <https://www.venyo.aero>  
 <http://www.ayjet.aero>

Cette nouvelle commande confirme le bien-fondé de ce système de simulateur à base fixe, solution nettement moins coûteuse lorsque les tâches de formation ne requièrent pas la mobilité d'un simulateur de vol complet. «Nous sommes impatients de réceptionner ce simulateur à la pointe de l'Art, avec lequel nous pourrions améliorer nos programmes de formation de pilotes dans le respect de notre niveau d'excellence», note Celal Cingöz, Managing Director d'*Ayjet*. Selon le calendrier, ce





## Nouvelle collaboration, nouvelle efficacité

Être le plus utile possible pour ses membres acteurs de la santé en Wallonie, telle est la mission que s'est assignée *BioWin*. C'est donc pour être encore plus efficace que le Pôle a passé un accord de collaboration avec *Ayming Belgium*. Expert en matière de performances, ce nouveau partenaire entend, par l'expertise de ses collaborateurs en innovation, finance, opération et ressources humaines, pousser les entreprises à aller plus loin, à repousser leurs limites. *Ayming* épaulera donc le Pôle en complétant et en renforçant son offre d'accompagnement auprès de ses membres.

Grâce à cette collaboration d'un nouveau genre, *BioWin* soutiendra plus proactivement ses membres. «Avec l'aide de cette société de conseil spécialisée en performances entrepreneuriales, notre souhait est d'accélérer la croissance de nos entreprises par une mise en contact encore plus ciblée», déclare Sylvie Ponchaut, Managing Director. Ainsi, *Ayming Belgium* devient le levier de croissance et le conseiller-expert dans la définition, l'implémentation et la gestion de la stratégie de financement des innovations des acteurs du Pôle.

Pour Laurie Pilo, Directrice d'*Ayming Benelux*, «Notre expertise dans le domaine de l'innovation et ses références en biotech apportera une véritable valeur ajoutée aux membres de *BioWin*, confrontés aux difficultés que nous connaissons». En effet, précise-t-elle encore, «Si selon nos études de marché, 8 entreprises sur 10 considèrent comme une priorité l'optimisation des ressources financières dédiées à la R&D, elles se jugent moyennement matures quant à la maîtrise du financement de leur innovation». Et, c'est ici que la griffe d'*Ayming* leur permettra de faire la différence. Expert en business performance, le groupe a vu le jour en 1986 à Asnières (France). Aujourd'hui, il mobilise quelque 1 300 collaborateurs, répartis dans 15 pays d'Europe et d'Amérique du Nord. Il compte plus de 20 000 clients, dont *Auchan*, *Renault*, *Philips*, *Burger King*, *EDF*, etc. et chez nous: *Solvay*, *Brico*, *Lhoist* et *Coca-Cola European Partners*. A



 <https://www.biowin.org> - <https://www.ayming.be>

## Que du bonheur

 <http://www.johncockerill.com>

Willy Borsus, Ministre Wallon de l'Économie, a inauguré, lors de son voyage en Chine, le nouveau centre de production d'hydrogène de *Cockerill Jingli Hydrogen* à Suzhou. D'une superficie de 18 000 m<sup>2</sup>, cette infrastructure de production verra sa capacité de fabrication annuelle d'électrolyseurs passer rapidement de 350 MW à 500 MW. Ce nouveau site conforte le leadership mondial de *Cockerill Jingli Hydrogen* en matière d'électrolyseurs de grande taille. Rappelons que l'entreprise possède déjà 2 sites clients dotés d'électrolyseurs pouvant produire 1 000 Nm<sup>3</sup>/h et que l'ajout d'un site de 1 500 Nm<sup>3</sup>/h est également attendu.

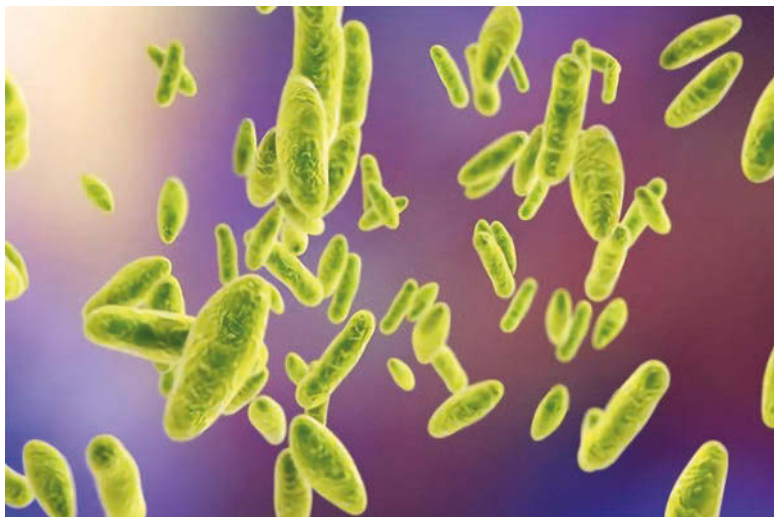
Le succès s'explique par les caractéristiques de ce modèle d'installation, le seul à permettre la production d'hydrogène à un prix compétitif. Cette solution est ainsi une réponse adéquate

au développement de filières de production d'hydrogène décarboné de grande capacité, en rencontrant notamment les besoins des applications de mobilité ou les applications industrielles avec injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz.

«Avec *Cockerill Jingli Hydrogen*, *John Cockerill* est aujourd'hui le leader mondial dans la fourniture de solutions globales liées à l'hydrogène vert», explique Jean-Luc Maurange, CEO de *John Cockerill*. Ajoutant, «Notre ambition est de mettre sur le marché des solutions innovantes, répondant aux besoins de notre temps et de proposer aux entreprises comme aux citoyens des solutions de mobilité et de transport douces et durables». Une volonté qui illustre la capacité de *John Cockerill* à innover et à se diversifier dans de nouvelles activités et de nouveaux marchés porteurs. A

## UNamur: 2 découvertes !

Incroyable mais vrai !, selon la formule. Ainsi, grâce à la recherche wallonne, 2 avancées viennent d'être réalisées à propos de la bactérie *Brucella*, à l'origine de la Brucellose, pathologie qui infecte le bétail et peut aussi se transmettre à l'homme par la consommation de produits laitiers non pasteurisés, par contact avec des tissus infectés ou par inhalation. La Brucellose est toujours l'une des zoonoses les plus répandues dans le monde. Pour les initiés, l'équipe namuroise est parvenue à démontrer que *Brucella* est dotée de capacités de défense ultra-performantes face à des stress alkylants.



Agnès Roba, chercheuse de l'Unité de recherche en biologie des micro-organismes de l'UNamur (URBM), note qu'il s'agit «D'un type de stress qui touche l'ADN, pouvant générer des mutations ou tuer la cellule, autrement dit qui peut être mutagène ou toxique». Et d'illustrer son propos en expliquant que «C'est ce qui se produit lorsqu'une viande est trop cuite au barbecue: avec la chaleur, ses molécules deviennent toxiques. C'est le même type d'agression que rencontre *Brucella* face à des cellules de défense, chez les mammifères. Cela n'avait jamais été démontré jusqu'ici pour aucune bactérie pathogène». L'équipe a également observé que cette bactérie est très bien adaptée face à ce type de stress, qu'elle est capable de se défendre, ce qui explique sa résistance dans l'hôte. Avec cette découverte, le monde scientifique appréhende mieux la résistance de *Brucella* et espère, grâce à ces informations, pouvoir développer dans le futur de nouveaux traitements afin d'éliminer les bactéries pathogènes.

Dans la foulée, des biologistes de l'UNamur ont mis au point des outils capables d'analyser une bactérie à la fois. «Ce qu'on appelle dans notre jargon du single cell. *Brucella* mesurant à peine un millième de millimètre, elle est extrêmement difficile à observer, mais cette observation est intéressante dans la mesure où les bactéries présentent des différences entre individus», explique Xavier De Bolle, professeur et chercheur à l'URBM. Deux découvertes qui confortent l'UNamur comme place forte de la microbiologie moléculaire. Ainsi, ses chercheurs se sont notamment spécialisés depuis plus de 20 ans dans la bactérie *Brucella*. Forte d'une telle expertise en la matière, elle organise, depuis septembre 2019, un Master en microbiologie moléculaire, un master unique en Europe et dispensé en anglais. Les 2 découvertes de l'UNamur font l'objet d'un article publié dans *Nature Communication* (<https://www.nature.com/articles/s41467-019-12516-08>).

<https://www.unamur.be>



## COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT\_DUBOIS@ME.COM

Impossible de passer à côté de l'épidémie de coronavirus qui touche actuellement la Chine. Les scientifiques ont déjà identifié la chauve-souris comme étant l'hôte «réservoir» (c'est à dire qui héberge un virus sans être malade et peut le transmettre à d'autres espèces) du virus. Mais il lui est impossible de transmettre la maladie à l'homme, elle n'est pas équipée pour. Il y a donc un hôte «intermédiaire», qui reste à déterminer. Selon des chercheurs chinois, il pourrait s'agir du pangolin. En effet, les analyses génétiques de virus prélevé sur le mammifère et sur l'homme sont à 99% identiques. Mais d'autres analyses doivent encore confirmer cette hypothèse.

## Des jobs pour assurer !

**C**onforter sa place de leader en chimie et sciences de la vie, tel est le mot d'ordre que se donnent les chimistes wallons. Une excellente nouvelle lorsqu'on sait que chimie et sciences de la vie représentent 23% de l'emploi industriel, 34% de la valeur ajoutée industrielle, 40% du total des exportations et 40% des dépenses privées. Colossal ! Mais comme toute activité d'aujourd'hui, également fragile. De fait, pour rester en tête, la chimie wallonne devra attirer, développer et retenir ses femmes et hommes de talent afin de répondre au triple défi auquel elle se heurte : croissance, démographie et technologies.

Si, avec quelque 1 000 salariés engagés entre 2017 et 2018, l'emploi a crû de 3%, c'est de plus ou moins 1 500 personnes dont a besoin annuellement le secteur. Attirer, former et garder de nouveaux salariés est donc essentiel à la pérennité du succès. Un défi quand on pense que la moyenne d'âge des salariés de ce secteur est de près de 43 ans, qu'en 2018, plus d'1 salarié sur 4 était âgé de 50 ans et que plus de 5 500 départs à la retraite sont attendus au cours de 10 prochaines années. Ce à quoi il faut ajouter des difficultés liées à la mutation en industrie 4.0, comme la numérisation, la robotisation, l'automatisation, etc.

Décidé à réagir au plus vite, le secteur lance *Talents*, un masterplan destiné à sensibiliser les élèves des filières *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (STEM) et dont le point d'orgue sera la tenue en mars 2020 de *Jobs Days* ainsi que l'ouverture de nouvelles filières de formation en alternance dans le supérieur. Pour se donner les moyens du succès, un investissement de 7 millions d'euros permettra au secteur Cefo-chim d'ouvrir de nouvelles infrastructures et d'acquérir de nouveaux équipements de formations. Parallèlement, le secteur initiera des programmes de formation continuée pour assister la mise à niveau des compétences numériques des salariés des entreprises et

la numérisation des cursus via, par exemple, la réalité virtuelle ou augmentée.

Bref, une sacrée machine de guerre ! Mais pour Frédéric Druck, administrateur délégué d'essenscia Wallonie, pas de panique car in fine, «*Ces défis sont autant d'opportunités pour réussir la consolidation du secteur de la chimie et des sciences de la vie en matière d'innovations, de productions et d'exportations. Un secteur pourvoyeur d'emplois porteurs de sens – par la création de matériaux innovants, de vaccins et de thérapies nouvelles – pour lesquels nous sommes en quête de talents.*» 

 <https://www.essenscia.be>

## BEWARE : la Wallonie engage 75 chercheurs

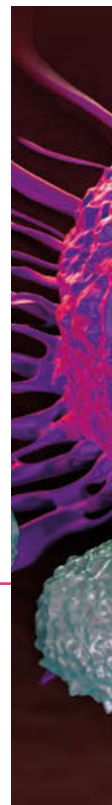
**L**e Service public de Wallonie, pour la troisième fois, vient de lancer un programme de mobilité des chercheurs détenteurs d'un doctorat vers les entreprises, les universités, les hautes écoles et les centres de recherche wallons. «*L'objectif est d'attirer, en 5 appels ouverts en 2020, 2021 et 2022, près de 75 chercheurs de toute nationalité, belge comprise, vers nos unités de recherche*», explique Pierre Demoitié. «*Ils travailleront à la fois en entreprise et dans le monde académique pendant au maximum 3 ans.*»

Le programme, baptisé BEWARE2, fait suite à un précédent qui poursuivait grosso modo les mêmes objectifs. «*Puisqu'il avait été apprécié par la Commission européenne, tant dans sa forme que dans sa gestion, nous avons décidé de soumettre un nouveau projet*, poursuit-il. Avec cependant quelques petites nuances comme l'ouverture aux centres de recherche des hautes écoles.» Au terme d'une sélection de plus en plus sévère, le projet a été accepté en juin de l'année passée.

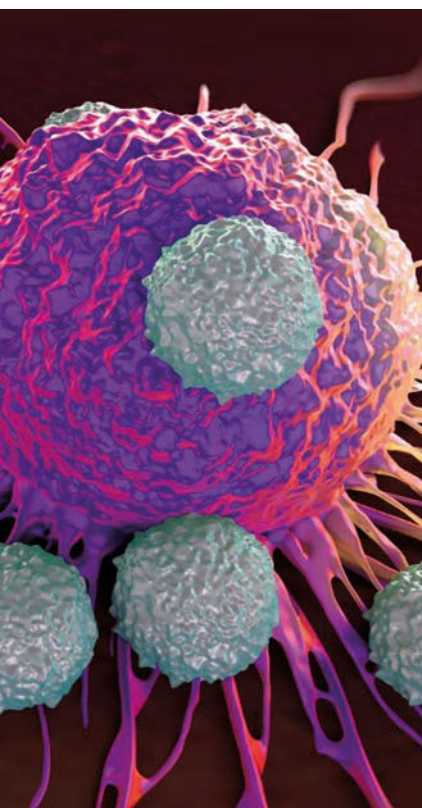
«*Maintenant que le contrat entre la Région et la Commission est signé, nous pouvons à présent lancer notre campagne de promotion.*» Les premiers engagements de chercheurs sont ainsi attendus pour la rentrée de septembre 2020.

BEWARE2 est partiellement financé par la Commission européenne, qui apporte 7 millions d'euros ! 

 [www.bewarejobs.be](http://www.bewarejobs.be)







## Avec un leader mondial pour gagner contre le cancer

**A**près avoir secoué le marché en réalisant, en 2018, une levée de fonds historique de 64 millions d'euros, *iTeos Therapeutics* surprend à nouveau en annonçant avoir signé un partenariat avec le géant américain *Merck*. L'objectif est d'évaluer l'innocuité et l'efficacité d'un produit candidat (EOS100850) d'*iTeos Therapeutics* contre le cancer en combinaison avec le *Keytruda*®, un traitement d'immunothérapie de *Merck*. Désignée comme antagoniste du récepteur de l'adénosine A2A, la molécule pointée par *iTeos Therapeutics* combat les mécanismes mis en place par les tumeurs pour déjouer le système immunitaire lors d'une immunothérapie ou en cas de réponse normale à une agression. À cause de ces mécanismes, les niveaux de réponse aux traitements d'immuno-oncologie sont limités entre 10 et 50% selon le type de cancer et de patient.

Déjà en tests de phase 1/1b en Belgique, les essais, qualifiés par *Merck* de phase 1/2, débuteront au début de cette année et se dérouleront en

Belgique et au Royaume-Uni. Les cancers du poumon, de la prostate, des reins et gynécologiques sont la cible des essais actuels, qui dureront plus d'un an et dont les résultats sont espérés dans 18 mois. Si tout se passe bien, les essais devraient alors passer en phase 2 ou directement en phase 3 selon la qualité des résultats à la fin 2021. Spin-off de l'UCLouvain créée en 2011 et installée à Charleroi, *iTeos Therapeutics* est une entreprise de biologie dont les travaux gravitent autour du développement de petites molécules immunomodulatrices pour le traitement du cancer. Avec 68 000 salariés dans 140 pays, l'américain *Merck* ou *MSD* développe des traitements pour la santé humaine et animale. Ses domaines sont l'oncologie, les maladies infectieuses, les maladies cardiovasculaires, l'immunologie et la gynécologie. **A**

<https://www.iteostherapeutics.com>  
<https://www.merck.com>

## LE CHIFFRE

2

**D'**après une étude de *Page Personnel*, plus de 2 Belges sur 10 rechercheraient un nouvel emploi faute de perspective de carrière dans leur position actuelle. Commentant ce chiffre, Olivier Dufour, Executive Director, estime que «L'apprentissage au travail est un élément important au bien-être des employés. Plus ils apprennent, plus ils peuvent espérer accéder à des postes enrichissants et à responsabilités. Et d'affirmer que: la perspective d'évolution professionnelle est un point important pour les entreprises si elles veulent garder leurs employés».

L'enquête montre que les Belges sont toutefois plus optimistes que le reste des Européens. En effet, nous sommes 68,8% à estimer de bon à excellent le marché de l'emploi contre seulement 53% pour la moyenne européenne. 64,2% des Belges trouvent leur situation économique bonne contre 54,4% dans la moyenne générale européenne. Et nous sommes toujours aussi positifs avec 18,5% des Belges à penser que l'évolution du marché sera médiocre pour les 6 mois à venir contre 29,2% pour la moyenne européenne.

Tout aussi étonnant, le fait que seulement 14% des candidats en quête d'un nouveau job avouent être motivés par l'idée d'empocher un meilleur salaire, pour 27,9% au niveau européen. C'est finalement le désir de développer de nouvelles compétences qui motive 37,8% des employés à envisager un nouvel emploi. «Le bonheur au travail est désormais un enjeu de poids dans la guerre des talents. Si cela passe par la possibilité de pouvoir se développer tout au long de sa carrière, les chiffres de notre étude montrent malheureusement qu'un grand nombre d'employés voient leurs perspectives d'évolution chez un autre employeur plutôt que dans leur entreprise actuelle», conclut Olivier Dufour. Membre du *PageGroup* (Royaume-Uni), le Cabinet *Page Personnel* est spécialisé dans les profils juniors et l'intérim. **A**

<https://www.pagepersonnel.be>





# Qui est-ce ? Maria GOEPPERT- MAYER

TEXTE : JACQUELINE REMITS • JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE

PHOTOS : © SCIENCESOURCE / BELGAIMAGE, © TOPHAM PICTUREPOINT / BELGAIMAGE

secondaire privée gérée par des suffragettes, des militantes pour les droits des femmes, dont le but est de préparer les jeunes filles à l'université. À seulement 17 ans, je passe l'examen d'entrée. Nous sommes à peine 3 filles pour 30 garçons, mais nous réussissons toutes les 3 pour un seul garçon ! En 1924, j'entre donc à l'université de Göttingen pour y étudier les mathématiques. À l'époque, la pénurie de professeurs féminins de mathématiques pour les écoles de filles est criante. Emmy Noether enseigne alors les mathématiques à l'université. Elle est bien la seule car les étudiantes se destinent plutôt à l'enseignement secondaire qu'à une carrière académique. Moi, je m'intéresse surtout à la physique et j'entame un doctorat dans cette matière. Dans ma thèse, je démontre l'existence de l'absorption à 2 photons. Je m'appuie sur le principe d'incertitude d'Heisenberg pour prévoir qu'un atome ou une molécule pourrait absorber 2 photons simultanément. Côté vie privée, j'épouse Joseph Edward Mayer, l'assistant d'un de mes examinateurs qui avait séjourné dans ma famille. Nous déménageons aux États-Unis, le pays de mon mari, où l'Université Johns-Hopkins lui offre un poste de professeur de chimie. Nous aurons 2 enfants. Malheureusement, je ne peux pas obtenir un poste officiel comme lui, car le sexisme et le népotisme de l'époque m'en empêchent. Assistante au département de physique, je peux juste travailler sur de la correspondance en allemand, mais sans salaire ! Je rejoins finalement un



## CARTE D'IDENTITÉ

**NAISSANCE:** 28 juin 1906, Katowice (Prusse, actuellement Pologne)

**DÉCÈS:** 20 février 1972, San Diego (Californie - USA)

**NATIONALITÉ:** Prussienne - Américaine

**SITUATION FAMILIALE:** Mariée, 2 enfants

**DIPLOME:** Physique à l'Université de Göttingen

**CHAMPS DE RECHERCHE:** Physique, absorption à 2 photons (ADP)

**DISTINCTIONS:** Prix Nobel de physique (1963)

## Je suis...

**L**a deuxième femme, après Marie Curie, à avoir obtenu le prix Nobel de physique. Un chemin difficile en tant que femme de science m'y a amenée. Enfant unique, j'ai 4 ans quand nous partons habiter à Göttingen où mon père est engagé à l'université comme professeur de pédiatrie. Attirée par les sciences dès mon plus jeune âge, je me sens plus proche de mon père que de ma mère. Pour moi, il est plus intéressant, après tout, c'est un scientifique ! Mes parents m'inscrivent à la Höhere Technische de Göttingen, une école pour filles de la classe moyenne destinées à entreprendre des études supérieures. À 15 ans, j'entre au Frauenstudium, une école

lieu de travail et l'accès aux installations. Pendant les étés du début des années 1930, je retourne à Göttingen pour travailler à l'université et publier des articles dans une revue scientifique. C'en sera fini en 1933 avec l'arrivée au pouvoir de la NSDAP, le parti d'Hitler. De nombreux universitaires perdent leur emploi. Je m'implique dans les efforts de secours aux réfugiés. À l'Université Johns-Hopkins, on manifeste peu d'intérêt pour la mécanique quantique, je collabore tout de même à des articles sur ce domaine. Congédié en 1937, mon mari est engagé à l'Université Columbia. Si le doyen du département de physique me trouve un bureau, je ne perçois toujours pas de salaire. En 1941, j'obtiens enfin mon premier emploi rémunéré, l'enseignement des sciences à temps partiel au Sarah Lawrence College. Au printemps 1942, alors que les États-Unis sont entrés dans la Seconde Guerre mondiale, je rejoins le *Projet Manhattan* avec un poste de chercheur à temps partiel à Columbia. L'objectif est de trouver le moyen de séparer l'uranium 235 fissile de l'uranium naturel. J'obtiens enfin un emploi à Columbia dans le cadre du *Projet Opacité*. Il a pour but l'étude des propriétés de la matière et du rayonnement à des températures extrêmement élevées avec, en ligne de mire, le programme en temps de guerre de développement d'armes thermonucléaires. En février 1945, mon mari rejoint le théâtre des opérations de la guerre du Pacifique et moi, le laboratoire de Los Alamos. En 1946, il est nommé professeur au département de chimie à l'Université de Chicago où je parviens à obtenir, toujours bénévolement, le poste de professeur agrégé de physique. Lorsque l'Argonne National Laboratory est fondé, j'y suis engagée, à temps partiel, en tant que physicien senior à la division de physique théorique.

## À cette époque...

En 1925, l'année où j'entre à l'université de Göttingen, Adolf Hitler reconstitue son parti, le NSDAP, le parti ouvrier national socialiste allemand, qui avait été dissous. La même année, un physicien américain féru d'astronomie, Robert Andrews Millikan, lauréat du prix Nobel en 1923, contrôle au laboratoire de physique qu'il dirige à Pasadena en Californie, l'existence d'un rayonnement répandu dans l'univers (les «rayons cosmiques»): un rayonnement qui exclut le vide absolu jusque dans les espaces les plus raréfiés en circulation de particules élémentaires. Le 24 octobre 1929, c'est la panique à Wall Street avec le dramatique krach à la Bourse de New York. Cette catastrophe financière sans précédent dans l'histoire du capitalisme moderne fait chuter 13 millions de titres, engendrant une série de suicides de petits porteurs ayant tout perdu et qui se jettent par les fenêtres du haut des

buildings. Le 1<sup>er</sup> octobre 1946, le Tribunal militaire international à Nuremberg, chargé du procès de 24 dirigeants du parti national socialiste du III<sup>e</sup> Reich, condamne 12 dirigeants à mort. Le 22 novembre 1963, l'année où je reçois le prix Nobel, c'est la stupeur dans le monde, le président des États-Unis, John Fitzgerald Kennedy, est assassiné à Dallas.

## J'ai découvert...

La structure en couches du noyau atomique après avoir développé, à la fin des années 1940, un modèle mathématique. Je démontre qu'il existe des couches fermées dans le noyau d'un atome et que, par conséquent, les paires de neutrons et protons ont tendance à s'apparier. Je décris l'idée comme suit. Pensez à une salle pleine de valseurs. Supposons qu'ils vont faire le tour de la salle en cercles, chaque cercle enfermé dans un autre. Imaginez alors que dans chaque cercle, il peut, en fait, y avoir 2 fois plus de danseurs, en faisant en sorte qu'une paire de danseurs aille dans le sens antihoraire et une autre, dans le sens horaire. Puis, ajoutez une variation: tous les danseurs tournoient en rond sur eux-mêmes comme des toupies, tandis qu'ils parcourent la salle, chaque paire décrivant des cercles et tournoyant en même temps. Mais seuls quelques-uns de ceux qui vont dans le sens antihoraire tournoient dans le sens antihoraire. Les autres tournoient dans le sens horaire tout en décrivant des cercles dans le sens antihoraire. La même chose est vraie de ceux qui dansent dans le sens des aiguilles d'une montre: certains tournoient dans le sens horaire, d'autres tournoient dans le sens antihoraire. En 1960, j'obtiens un poste de professeur à l'Université de Californie, à San Diego. Malgré un AVC peu après mon arrivée, je continue à enseigner et poursuis mes recherches pendant plusieurs années. En 1963, je reçois le prix Nobel de physique avec le physicien allemand Hans Daniel Jensen pour nos découvertes à propos de la structure en couches du noyau atomique. 

## SAVIEZ-VOUS QUE...

Si, en 1929, Maria Goeppert-Mayer démontre théoriquement l'existence de l'absorption à 2 photons (ADP), la première mise en évidence expérimentale de l'ADP n'aura lieu que 30 ans plus tard avec l'invention des lasers. De nombreuses applications ont été développées à partir du principe de l'ADP: la limitation optique, le stockage optique 3D de l'information, l'imagerie médicale, la micro-fabrication et la photo-chimiothérapie.

Son nom a été donné à une unité de mesure de l'efficacité d'absorption, appelée le Goeppert-Mayer, en abrégé GM.

Maria Goeppert-Mayer est inscrite au *National Women's Hall of Fame*.

Un cratère vénusien porte son nom, ainsi qu'une rue du campus Paris-Saclay, à Palaiseau, dans la région parisienne.





# 5G, une révolution ?

**La 5G est sur toutes les lèvres quand il s'agit de transformation numérique à court terme. La Communauté Européenne est bien décidée à l'acquérir: au moins une ville de chaque état membre devra être couverte par la 5G en cette année 2020 et toutes les zones urbaines et les axes principaux de transport devront l'être d'ici 2025. En Belgique, la situation est bloquée à cause, notamment, d'un désaccord entre le Fédéral et les Régions. Laissons cependant ces considérations politico-économiques de côté et concentrons-nous sur la technologie. En quoi consiste la 5G ? En quoi nous sera-t-elle utile ? Sortons notre smartphone, connectons-nous (pour l'instant via la 4G) et allons voir ça de plus près**

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY - VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM  
PHOTOS : © CORAVIN (P.15)

**E**ntre vidéos en live sur les réseaux sociaux, streaming audio ou vidéo, stockage sur différents clouds et cloud gaming, la 4G est de plus en plus sollicitée et se doit d'être performante au niveau du débit de circulation des données. S'il est vrai qu'un réseau Wifi est très souvent disponible, cela ne suffit pas. Un standard de transmission des données mobiles est également nécessaire pour se connecter où que l'on soit, par exemple en voiture lors d'un trajet guidé par une app de navigation ou en transport en commun pour surfer sur Facebook. Pour faire face à la demande qui s'intensifie, le réseau mobile doit suivre. C'est pourquoi la 5G est à nos portes. Il s'agit de la 5<sup>e</sup> génération dudit standard. On connaît en ce moment la 4G et avant cela, la 3G, la 2G, la première génération et un tas d'autres standards intermédiaires qui vous ont peut-être échappé. À chaque standard correspondent plusieurs bandes de fréquences pour lesquelles les opérateurs télécom acquièrent des licences d'exploitation auprès des pouvoirs publics, les données étant transférées par ondes électromagnétiques situées dans le domaine radio ou des micro-ondes. Chaque opérateur attribue ces bandes à une utilisation spécifique et a donc une couverture bien particulière par standard mobile: certaines bandes sont réservées pour les zones de population dense, d'autres pour les zones non-urbaines, certaines sont utilisées uniquement par la 4G, d'autres par la 2G et la 3G..., le tout pour obtenir un certain équilibre entre couverture et qualité de transfert.

## GSM & Co

Attardons-nous quelques instants sur un exemple qui ne manque pas d'intérêt: la 2G. En Europe, ce protocole correspond à la norme «GSM» pour *Global System for Mobile communications* ou système global pour communications mobiles, idéale pour les communications vocales en mode circuit (ou mode connecté, avec un canal monopolisé) et à faible débit de données. L'acronyme GSM est d'ailleurs parfois encore utilisé dans notre plat pays pour désigner un téléphone portable. La 2G en Europe utilise plusieurs bandes de fréquences dont celles de 900 MHz et de 1 800 MHz. Tel quel, ce protocole, introduit au début des années 90, est peu efficace pour la connexion à Internet où les échanges de données se font par paquets, c'est-à-dire de manière non continue (transfert sporadique de données avec des temps morts pendant lesquels aucune donnée n'est échangée). C'est pourquoi viennent ensuite l'extension GPRS (*General Packet Radio Service*) également qualifiée de 2,5G, et le protocole EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) ou 2,75G offrant un débit de données supérieur au GPRS. Ces 2 standards utilisent les mêmes antennes et fréquences que la 2G. Ils fonctionnent en parallèle avec cette dernière (mais de façon alternative: soit on appelle en 2G soit on surfe sur Internet en GPRS/EDGE) pour permettre de plus hauts débits et le transfert de données par paquets. Ils marquent la transition entre un système de coût à la durée de connexion (mode circuit) et un système de coût selon le volume de données échangées (mode paquet) et ouvrent la voie à la 3G et aux transmissions vidéos. Quant à la 3G, elle fonctionne sur le même modèle que la 2G: le mode circuit pour les appels vocaux et le mode paquet pour les échanges de données, mais cette fois les deux sont réalisables conjointement et la bande passante, représentant la quantité maximale d'informations pouvant être transmise de façon simultanée, est supérieure à celle de la 2G.

## Le nouveau standard

Revenons dans le présent. La 4G, ou LTE (*Long Term Evolution*), est 10x plus rapide que la 3G en vitesse de téléchargement. Elle utilise les bandes de fréquences suivantes: 800 MHz, 1,8 GHz et 2,6 GHz, correspondant à des longueurs d'onde respectivement d'environ 37,5 cm, 16,7 cm et 11,5 cm. Nouveauté par rapport à la 3G et à la 2G: il s'agit d'une norme mondiale. Tous les échanges se font par paquets. Cela signifie que pour les appels vocaux, les téléphones doivent momentanément basculer en 2G ou 3G. Il faut attendre la VoLTE ou *Voice over LTE* pour pouvoir appeler via la 4G, avec comme avantages une qualité d'appel bien meilleure et la possibilité de surfer sur le net

## LES DOMAINES DE FRÉQUENCE

Le spectre électromagnétique est divisé en différents domaines auxquels ont été attribuées des appellations. Chaque domaine correspond à une plage de fréquences et à une plage de longueurs d'onde, ces 2 grandeurs physiques étant inversement proportionnelles. Les limites sont parfois floues et dépendent des définitions. Le domaine radio est situé à l'une des extrémités du spectre, celle où les fréquences sont les plus basses, à partir de 1GHz selon les définitions et pouvant aller aussi bas que quelques Hz, ce qui correspond aux longueurs d'onde les plus grandes, à partir de 30 cm et jusque plusieurs km et au-delà. Les micro-ondes sont situées entre l'infrarouge et les ondes radio, entre 1 et 300 GHz en fréquence, environ 30 cm à 1 mm en longueur d'onde.

en même temps que de passer un appel. En réalité, à l'heure actuelle, nous ne sommes déjà plus à la 4G mais bien à la 4,5G. Elle est également appelée 4G+ ou *LTE Advanced* et est jusqu'à 2,5x plus rapide. Elle permet d'utiliser simultanément 2 bandes de fréquences 4G et donc de gagner encore en rapidité.

Venons-en à la 5G. Testée depuis plusieurs mois aux 4 coins du globe, elle est en passe de devenir une réalité quotidienne dans certains pays, alors qu'elle l'est déjà dans d'autres, comme la Suisse, leader mondial incontestable jusqu'à présent. Les bandes de fréquences utilisées en Europe seront (ou sont déjà dans certains pays) au nombre de 3: 1,4 GHz donc proche de celle de la 4G, 3,5 GHz et 26 GHz, zone encore vierge dans le domaine des télécoms. Cette dernière, de plus haute fréquence et la plus efficace en matière de débit, correspond à des longueurs d'onde plus courtes, de l'ordre d'une dizaine de mm: elle est dite «millimétrique». En conséquence, ces ondes sont de portée nettement inférieure et ont une pénétration moindre dans les bâtiments. Des antennes relais supplémentaires devront donc être installées pour compenser ce phénomène. À la Commission Européenne, on parle de 10x plus de bornes émettrices. Fait ennuyeux, les USA et le Japon ont choisi une bande millimétrique différente, celle de 28 GHz. On peut s'attendre à des problèmes de compatibilité si l'on se trouve à Tokyo avec un smartphone européen.

Le standard 5G, parfois qualifié d'Internet mobile ultrarapide, offre un débit supérieur à celui de son prédécesseur toujours actif, jusqu'à 200x en théorie. En pratique, plusieurs facteurs ralentisseurs sont à prendre en compte, comme la vitesse de déplacement de l'utilisateur par rapport à l'antenne relais (plus il se déplace vite, moins le débit est élevé), sa distance à l'antenne ou encore le nombre de





Pour tester la rapidité de la 5G par rapport à celle de la 4G et de la 3G, le journal *L'Écho* a mis en place une simulation de téléchargement pour plusieurs contenus digitaux (musique, série, jeu vidéo, film) en se basant sur quelques hypothèses de travail. Pour faire le test, rendez-vous sur

 <https://multi-media.lecho.be/testez-la-puissance-de-la-5g/>



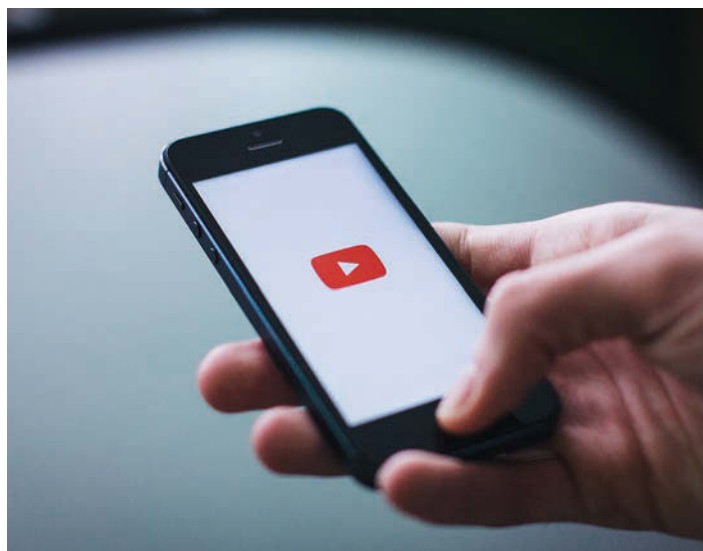
connectés utilisant la bande passante d'une antenne en même temps. Le débit réel moyen de la 4G est d'une trentaine de mégaoctets de données par seconde ou 30 Mbps. Pour la 5G, les vitesses mesurées en conditions réelles s'élèvent à 700 Mbps au minimum et vont jusqu'à plusieurs gigaoctets par seconde (Gbps). La moyenne devrait se situer autour de 1 Gbps. Concrètement, une vidéo d'1 Go ne prendrait plus que quelques secondes au maximum à télécharger, contre actuellement plusieurs minutes avec la 4G. La 5G aura également pour effet de réduire le temps de latence, c'est-à-dire le temps d'attente entre l'envoi d'une commande via le réseau et son exécution. En pratique, cela apportera plus de réactivité, quel que soit l'opération demandée: on parle d'une milliseconde de temps de latence avec la 5G contre 20 à 40 avec la 4G. Enfin, la capacité du réseau 5G pourra supporter plus de trafic simultané, ce qui limitera les coupures ou ralentissements en cas d'utilisation intense par un grand nombre de connectés dans un certain rayon (par exemple en festival).

## 5G et objets connectés

Nous nous dirigeons vers une société dans laquelle de plus en plus d'objets sont connectés. Il est vrai que tous ne sont pas concernés par le réseau mobile: votre thermostat intelligent peut se contenter du Wifi. Mais certains le sont, comme par exemple les véhicules autonomes. Les données nécessaires à leur bon fonctionnement, qu'il s'agisse du calcul d'itinéraire, du trafic ou encore de la météo, doivent leur parvenir en temps réel via le réseau mobile. Au programme avec la 5G: plus de réactivité et de capacité d'anticipation. Elle devrait aussi permettre de faire un bon de géant dans le développement de l'intelligence artificielle, de l'e-santé, de la réalité augmentée ou virtuelle, des villes intelligentes et de la numérisation des industries. En somme, rien de moins que ce que certains nomment déjà «l'industrie 4.0». De manière générale c'est tout l'IoT (*Internet of Things*) et le M2M (*Machine to Machine*) que la 5G va probablement impacter. L'IoT regroupe les objets dotés de capteurs de mesure récoltant des informations et connectés via l'Internet à divers équipements tels que smartphones, tablettes, ordinateurs servant à traiter et utiliser ces données. Le M2M est un sous-groupe de l'IoT dans lequel des objets intelligents peuvent communiquer entre eux et interagir sans intervention humaine.

## Et en Belgique ?

Si le Royaume-Uni est déjà partiellement couvert par la 5G et la Suisse plus que servie, il n'en est pas de même dans notre contrée. Les premiers

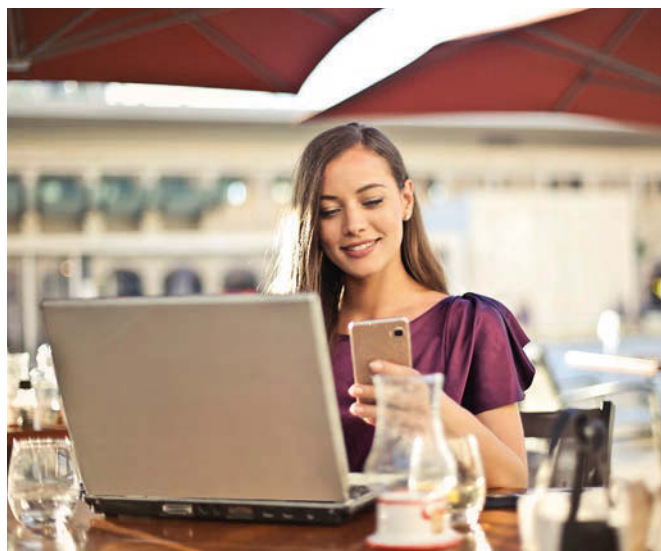


tests en plein air ont été effectués par *Proximus* dans un parc technologique à Hasrode, en collaboration avec *Huawei*, et par l'entreprise suédoise *Ericsson* sur le campus tech de Hasselt dans le Limbourg. Depuis, *Proximus* et *Orange Belgium* se sont associés dans le déploiement du nouveau standard mobile, avec pour objectif d'accélérer le processus, de réaliser des économies d'échelle, au niveau par exemple de l'installation des antennes relais et de leur maintenance, et de diminuer l'impact environnemental.

La première ville belge couverte par la 5G devait être Bruxelles. Mais ce ne sera probablement pas le cas. Les normes environnementales bruxelloises d'exposition aux rayonnements des antennes émettrices imposent un maximum de 6 V/m (ou volts par mètre, unité de l'intensité d'un champ électrique), toutes antennes confondues, ce qui est trop peu pour permettre le déploiement de la 5G. Suite à un accord entre la ville de Bruxelles et les 3 opérateurs belges conclu l'été dernier, ce plafond était sensé être revu à la hausse, 14,5 V/m en extérieur et 9 V/m à l'intérieur des bâtiments. Cependant, Céline Fremault, Ministre du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale chargée du Logement, de la Qualité de Vie, de l'Environnement et de l'Énergie a annoncé en novembre que Bruxelles ne serait pas une ville cobaye et que les normes de radio-protection devaient être respectées, 5G ou pas. Affaire à suivre. À noter que ce plafond est de 20,6 V/m en Flandre, toutes antennes confondues, et de 3 V/m par antenne en Wallonie.

Ces normes ne sont pas le seul frein au déploiement de la 5G. L'octroi des licences d'utilisation des bandes de fréquences aux opérateurs de téléphonie constitue également, en tout cas à l'heure actuelle, un élément retardateur. C'est au Fédéral que revient cette responsabilité. Cependant, le processus est au point mort faute d'accord





concernant le partage des recettes avec les Régions et de gouvernement. Si la situation venait à perdurer, le déploiement de la 5G pourrait être reporté en 2021, ce qui semble de plus en plus probable, et notre pays serait alors en infraction vis-à-vis de l'Europe qui, en juin dernier, pressait notre royaume de parvenir à un accord. Dans certains pays membres tels que l'Espagne, l'Italie et l'Allemagne, les fréquences ont déjà été vendues aux enchères et les sommes récoltées par les états respectifs se chiffrent à plusieurs centaines de millions d'euros, voire plusieurs milliards...

Bien entendu, avec l'arrivée plus ou moins imminente de la 5G, de nouveaux modèles de smartphones vont apparaître sur le marché car la plupart des actuels ne pourront en gérer la vitesse et la capacité de téléchargement. Les petits nouveaux seront également compatibles avec la 4G qui, rassurez-vous, ne va pas disparaître du jour au lendemain. Restent également les questions environnementales et des répercussions sur la santé de la population et des personnes dites «électrosensibles», mais aussi sur la flore, la faune et la biodiversité, sujets plus qu'intéressants et qui mériteraient un article entièrement dédié.

Le lien suivant (ou le QR code ci-dessous) présente une carte interactive du monde donnant le nombre de réseaux 5G déployés selon les pays et les villes: <https://www.speedtest.net/ookla-5g-map>.



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

## TECHNO-ZOOM

Pour se détendre après cette connexion intense avec la 5G, rien de tel qu'un bon verre de vin au coin du feu (pour ceux qui ont l'âge, bien entendu). Vous n'avez que des bonnes bouteilles à la cave et pas envie d'en sacrifier une pour un seul verre ? Qu'à cela ne tienne ! Il existe une solution: le Système de Vin au Verre commercialisé par une entreprise américaine connue dans le domaine. Grâce à de cet ustensile, il vous est loisible de servir un verre de vin sans devoir déboucher la bouteille. Ce système s'installe sur le bouchon en liège qu'il transperce ensuite à l'aide d'une aiguille (et d'une pression de votre part). Une fois l'intérieur de la bouteille sous pression grâce à de l'argon provenant d'une capsule de gaz insérée dans le système, inclinez la bouteille en appuyant sur la détente: le vin passe à travers l'aiguille et peut être versé dans un verre. Une fois l'opération terminée, vous pouvez retirer le dispositif et même ranger vos bouteilles horizontalement: le bouchon en liège se charge de sceller naturellement l'ouverture créée par l'aiguille et le vin continuera à vieillir à son rythme. Les capsules sont composées de plus de 99,99% d'argon pur, un gaz rare, dit inerte, présent naturellement dans l'air que nous respirons, inodore, sans saveur, qui empêche le vin restant dans la bouteille de s'oxyder. Il existe différents modèles dont un pour bouteilles avec bouchon à visser et un autre entièrement automatique et connecté via *Bluetooth* à une application dédiée. Cette dernière donne les statistiques du système, permet de créer une cave virtuelle ou encore de réaliser des accords entre vins et mets, mais également entre vins et films, séries ou musique ! Plusieurs types d'aiguilles sont disponibles: standard, service rapide (haut débit), Premium (pour éviter les dépôts) et pour Millésimes (débit plus lent pour les bouchons fragiles). Petite mise en garde: à ne pas utiliser avec un bouchon synthétique.



[www.coravin.fr](http://www.coravin.fr)







# Selfie de famille

Entre garde exclusive et hébergement alterné, 80% des enfants de familles séparées se disent satisfaits de leur situation. Particularité: le développement des technologies et la généralisation des réseaux sociaux leur permettent de garder le contact avec leurs parents, plus qu'avant, et de s'épanouir dans plusieurs foyers

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

PHOTOS: ©ALTOPRESS / MAXPPP (P.16), ©PHOTOPQR/LE REPUBLICAIN LORRAIN (P.17), ©PHANIE (P.18), ©SYDA PRODUCTIONS (P.19)

**F**aire sa valise. Défaire sa valise. Pour bon nombre d'enfants de parents séparés, le schéma se répète toutes les semaines. Mais est-ce si contraignant, d'avoir plusieurs foyers ? Ce qui était marginal il y a 30 ans s'est généralisé. Banalisé. Autrefois pointés du doigt, les enfants de divorcés jonglent aujourd'hui avec plusieurs maisons. Et... tout va plutôt bien, merci. Car oui, on leur a demandé leur avis. Pour la première fois, une étude s'intéresse au point de vue et au ressenti des adolescents par rapport à leur vie de famille. Menée par Laura Merla, sociologue de la famille à l'UCLouvain, cette enquête s'est penchée sur le quotidien de 1 474 jeunes de 12 à 18 ans scolarisés en Fédération Wallonie-Bruxelles. L'objectif: mieux comprendre comment ils perçoivent et s'approprient leur organisation familiale. L'étude part du regard des jeunes pour dresser le portrait des configurations familiales actuelles post-séparation, et attire l'attention sur certains éléments spécifiques de l'évolution des familles contemporaines.

C'est indéniable, la famille traditionnelle, soit le père + la mère + les 2 enfants, n'est plus l'unique modèle. La notion de famille est aujourd'hui multiple: les parents vivent ensemble, séparément, se partagent la garde des enfants ou pas du tout. Ils vivent seuls avec leurs enfants ou avec un nouveau conjoint, parfois du même sexe. Des configurations qui induisent des questionnements sur l'adaptation des jeunes qui vivent ces situations. Comment gèrent-ils les différentes cultures familiales, le fait d'avoir plusieurs foyers, les règles qui changent ?

## Un tiers des parents séparés

«Nous sommes partis du fait qu'un nombre croissant de jeunes grandit avec des parents séparés, précise Laura Merla. Les travaux existants sur la question se concentrent plutôt sur la perspective de bien-être. Rien n'existait depuis le point de vue de l'enfant. Nous avons voulu leur donner la parole. Cette configuration chamboule notre manière de percevoir la famille. Dans un monde où nous sommes amenés à être de plus en plus mobiles, ces jeunes doivent s'adapter à des cadres différents. Ils acquièrent des compétences très spécifiques. Il est intéressant de voir comment ils grandissent, comment ils se sociabilisent et s'adaptent.»

Cette enquête, intitulée *Louvain Adolescents Survey* (LAdS), a été menée en collaboration avec la KULeuven. Elle s'intègre dans le contexte plus large d'une recherche de l'UCLouvain, intitulée «*MobileKids*» (voir encadré). Concrètement, des chercheurs se sont rendus dans 23 écoles de Wallonie et de Bruxelles. Un échantillonnage qui englobe les différentes filières d'enseignement (général, technique, professionnel, artistique,...), implantées dans des milieux ruraux comme dans des centres-villes. Ils ont interrogé les 1 474 jeunes de manière anonyme.

Résultat: les parents d'un adolescent interrogé sur 3 sont séparés ou divorcés. Cela concerne donc 500 adolescents ayant répondu à l'enquête. Parmi ceux-ci:

- 4 jeunes sur 10 restent exclusivement chez leur maman
- 3 sur 10 vivent en hébergement alterné (minimum 30% du temps chez chaque parent)
- 2 sur 10 habitent principalement chez leur mère (ils vivent chez leur père un week-end sur 2 et la moitié des vacances)
- 1 sur 10 est en garde exclusive chez son papa.

## La séparation, dédramatisée

L'étude révèle que plus de 8 jeunes sur 10 sont satisfaits de leur mode d'hébergement. «Le divorce et la séparation sont devenus quelque chose de banal. Ces adolescents ont tous des copains qui sont dans la même situation qu'eux, ils ont des modèles de référence. Cela ne facilite pas les choses, mais cela enlève le côté dramatique. Nous sommes surpris par le taux de satisfaction, mais il peut s'expliquer par le fait que les enfants sont de plus en plus souvent consultés sur le type d'hébergement qu'ils souhaitent. On se



## MOBILEKIDS: APPEL À PARTICIPANTS

*MobileKids* est un projet financé par le Conseil européen de la Recherche et mené à bien par une équipe de sociologues du Centre Interdisciplinaire de Recherche sur les Familles et les Sexualités (Cirfase) à l'Université catholique de Louvain. Il vise à comprendre les expériences vécues par les enfants qui grandissent dans des familles séparées ou divorcées en Belgique, en France et en Italie, et qui ont opté pour un système d'hébergement alterné. Cette recherche a pour but de donner la parole aux enfants et à leurs parents pour aider les sociologues à comprendre comment ils s'approprient cette situation, développent des compétences, entretiennent leurs relations sociales.

Plusieurs travaux ont été menés, dont l'enquête LAdS (lire par ailleurs). Dans le cadre d'un travail plus poussé, les sociologues cherchent des participants. Les conditions: faire partie d'une famille wallonne ou bruxelloise dont les parents sont séparés depuis au moins 2 ans, pratiquer l'hébergement alterné égalitaire (ou à peu près) et avoir au moins un enfant entre 10 et 16 ans.

Sur base des témoignages récoltés, le Cirfase pourra émettre des recommandations à l'attention des pouvoirs publics pour que ce mode de vie soit mieux compris et soutenu.

Plus d'informations auprès de [coralie.theys@uclouvain.be](mailto:coralie.theys@uclouvain.be) ou 0485/55.84.79

 <https://uclouvain.be/fr/chercher/cirfase/mobilekids.html>







*rend compte aussi qu'on médiatise les situations problématiques, quand les professionnels doivent intervenir. Cela rend plus visibles ces situations, alors que dans la grande majorité des cas, cela se passe bien. Les enfants se sentent chez eux des 2 côtés, le degré de confort est relativement bon. Et ils se sentent chez eux, même quand les conditions d'accueil ne sont pas optimales.»* Seule exception pour les jeunes filles en hébergement exclusif chez leur papa. «*Deux sur 10 ne sont pas satisfaites, mais on constate que c'est dû à la fragilité du lien avec la mère.*»

L'enquête a néanmoins mis en évidence le fait que la moitié des mères hébergeant leurs enfants à titre exclusif ou principal est célibataire. Des difficultés financières et/ou des tensions avec les papas sont régulières. On observe aussi qu'en général, les filles se sentent plus proches de leur mère, tandis que les garçons construisent des relations similaires avec chacun de leurs parents.

Globalement, l'hébergement alterné gagne en tout cas du terrain. Il y a 10 ans, la garde exclusive primait encore, et elle était rarissime chez le père. L'hébergement alterné était mis en place dans les familles plus aisées, éduquées, où les parents restaient en bon terme. «*Aujourd'hui, le principe est appliqué partout, quel que soit le milieu social des familles.*»

## La fin du «papa-Walibi»...

Si les mères gardent un rôle prépondérant quel que soit le type de garde, les pères prennent de plus en plus de responsabilités et s'impliquent davantage dans l'éducation. Leur rôle a évolué.

Fini le papa-copain ou le «papa-Walibi». Désormais, les pères séparés ne restent plus au second plan, ils s'investissent de plus en plus dans la vie des enfants. «*Ils sont plus qu'avant à héberger leurs enfants, note la sociologue. Ils apparaissent davantage comme un parent référent. On constate que la mère reste en général le premier parent référent car la relation est souvent meilleure avec elle. Mais les jeunes communiquent beaucoup aussi avec leur père.*»

Un élément dû à l'évolution des technologies... Grâce aux smartphones, la grande majorité d'entre eux maintiennent un lien continu avec leurs 2 parents, quel que soit le type d'hébergement. Neuf sur 10 communiquent avec le parent gardien lorsqu'ils sont chez le non gardien. Et 6 sur 10 restent en contact avec le parent non gardien quand ils sont dans leur domicile principal. «*Ils utilisent beaucoup les réseaux sociaux, comme Facebook, Snapchat, et des applications de communication multimodale comme Facetime ou WhatsApp. Les filles ont tendance à plus communiquer avec leur mère qu'avec leur père. Pour les garçons, c'est équivalent. On constate donc que la charge mentale de la maman reste élevée, quel que soit le mode de garde. Mais le papa est fort sollicité aussi.*» Une possibilité de contact quasi continue, qui contraste avec le coup de fil hebdomadaire dont se contentaient les précédentes générations d'enfants de parents séparés.

## Plus de discussions

Autre surprise révélée par l'enquête: le degré de conflit entre les parents. Sept jeunes sur 10





estiment que les tensions sont nombreuses. Dans ce contexte, certains enfants peuvent voir la séparation comme une solution. «Mais on se dispute dans toutes les configurations familiales !», insiste Laura Merla. Quand les parents se séparent, le conflit diminue. Mais il ne s'arrête pas pour autant. Cela peut être interprété de plusieurs manières, et ce n'est pas forcément négatif : on évolue vers un modèle familial plus démocratique qu'auparavant. Même séparés, les parents discutent davantage sur les décisions, les jeunes y sont parfois associés aussi. Quand il n'y a pas de décision unilatérale, il faut discuter, négocier. Cela peut donner naissance à des conflits, liés au fait qu'on discute.»

Si l'enquête est terminée côté francophone, elle n'a pas encore livré ses conclusions au nord du pays. La prochaine étape, une fois qu'elles seront connues, sera de les comparer et de les mutualiser. L'objectif est de reproduire le travail régulièrement, tous les 2 ou 3 ans, afin de mesurer l'évolution des données. **A**

## MIEUX CONNECTÉ, MOINS ISOLÉ

**Depuis son smartphone, Lucas, 17 ans, peut suivre ce qu'il se passe chez sa mère quand il est chez son père. Et inversement. Salulaire, pour limiter le sentiment de rejet.**

C'est une routine bien installée. À 17 ans, Lucas se rend chez son père un week-end sur deux, à 40 kilomètres de chez lui. À moins qu'il ait une soirée de prévue. Dans ce cas-là, les ajustements sont toujours possibles. Il n'avait qu'un an quand ses parents se sont séparés. Et depuis lors, le mode de garde mis en place à l'époque n'a que peu évolué. Chez lui, c'est chez Caroline, sa maman, où ils vivent ensemble, à deux. Et nulle part ailleurs.

«Il a pourtant une chambre chez son père, son propre espace, mais il ne s'y sent pas bien, précise-t-elle. Je suis sûre que ce serait différent s'il était en hébergement alterné. Ce n'est pas en 48 heures tous les 15 jours qu'on peut se sentir chez soi quelque part ! Mais ici, il a ses copains, ses sorties. Quand il est là-bas, il a l'impression que la vie continue sans lui, qu'il est en stand-by.» Ces jours-là, les réseaux sociaux sont salulaires. «Il reste au courant de ce que je fais par des publications sur Facebook, par exemple. Il suit les discussions familiales avec ses oncles et tantes sur WhatsApp. C'est un lien important. Cela lui permet de rester connecté et de ne pas se sentir exclus.»

Ce sentiment, Caroline le connaît bien. Car elle aussi a grandi dans une famille dont les parents étaient divorcés. «À l'époque, on se sentait plus isolés, je pense. Quand j'étais chez mon père, je ne savais pas, ou quasi pas, ce qu'il se passait chez ma mère. Aujourd'hui, je suis en contact avec Lucas quasi tous les jours. Et il reste en lien avec son père régulièrement aussi. Il m'envoie des messages pour m'informer de quelque chose dont il a oublié de me parler, pour me faire part de ses émotions, ou pour partager une vidéo qui l'a fait rire.»

Si Lucas communique, Caroline lui répond. Mais elle n'est que très rarement à l'origine de la discussion virtuelle. «Quand il est chez son papa, je veux qu'il profite de chaque moment. Nous avons une relation fusionnelle, mais le cordon est coupé. J'essaie de ne pas être trop présente. Je ne veux pas qu'on me reproche un jour de m'être immiscée dans la relation avec son père.»

Depuis que Lucas a son propre GSM, les modes de communication de la famille ont radicalement changé. «Auparavant, quand je voulais lui parler, je devais appeler son père. Aujourd'hui, c'est Lucas qui fait l'intermédiaire, qui organise les trajets, les visites, les changements de garde. C'est plus confortable pour tout le monde ! Et cela a aussi le mérite d'apaiser les choses entre son père et moi. Je n'ai quasi plus de contacts en direct avec lui, je ne suis plus obligée de lui parler, sauf s'il y a un problème. On est toujours restés en bons termes, mais... au moins on s'entend, au moins on a de chance de se disputer !»

PROPOS RECUEILLIS PAR NADINE SAHABO · NADINESAH@YAHOO.FR  
PHOTOS: GAUTHIER CARNAT (P.20)

# L'ADN de... Célia SAPART

## Climatologue et glaciologue



Recto

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

Dès mon plus jeune âge, j'étais passionnée par l'océan et par les paysages de glace et c'est en découvrant Le monde du silence du Commandant Cousteau que ma vocation est née. Mon rêve d'enfant était de devenir océanographe et avec les années, je me suis spécialisée dans les problématiques liées au climat et aux régions polaires.

### Comment devient-on climatologue ?

La climatologie est une science très vaste qui comprend de la géographie, de la physique, de la chimie, de la biologie et des mathématiques, donc il n'y a pas une façon de devenir climatologue, mais plusieurs. Il faut avoir de bonnes bases

scientifiques générales et se spécialiser au niveau du master, soit en climatologie, soit en sciences de l'environnement, en océanographie ou en météorologie par exemple.

### Après 12 ans de recherches scientifiques à plein temps, vous avez décidé de vous engager comme experte climat dans différentes organisations, tout en gardant un pied dans le monde académique. Mais quelle est votre journée type ?

Dans mon travail de chercheuse, je passe mon temps à travailler sur des données, dans un laboratoire et parfois sur le terrain. J'écris des articles et j'enseigne aussi. Et dans mon travail d'experte climat, je passe beaucoup de temps à lire, à écrire et à réfléchir aux solutions pour limiter les changements climatiques, afin de communiquer mes résultats et autres messages vers le grand public, les jeunes, les médias et les politiques. L'objectif de mes recherches est de mieux comprendre les émissions des gaz à effet de serre provenant des régions polaires recouvertes de glace, comme la banquise et les permafrosts, afin d'améliorer les prédictions climatiques. J'étudie aussi l'évolution passée des concentrations atmosphériques de ces gaz piégés dans les calottes glaciaires. Mes recherches m'ont permis de participer à plusieurs longues missions en Arctique et en Antarctique. Passionnée de longue date par la vulgarisation scientifique, je mets aussi un point d'honneur à enseigner les changements climatiques et à partager mes expériences polaires avec le plus grand nombre. Je viens d'ailleurs d'écrire un livre pour enfants associé à un projet pédagogique sur ce sujet, il s'intitule Sol au Pôle Nord (  <https://solaupolenord.org/> ).





Célia Sapart

ÂGE: 37 ans

SITUATION FAMILIALE:  
En couple, 1 enfantPROFESSION: Experte  
Climat et Communication  
Externe, CO<sub>2</sub> Value Europe,  
Climatologue et glaciologue,  
Université Libre de BruxellesFORMATION: Doctorat en  
climatologie et glaciologie,  
Institut des Sciences Marines  
et Atmosphériques d'Utrecht  
(IMAU), Pays-Bas. Master sur  
les Changements Climatiques,  
University of East Anglia,  
Royaume Uni. Master en  
Sciences de l'Environnement  
et Océanographie, Université  
de Bordeaux, France et  
University of Alaska Fairbanks,  
États-Unis.

MAIL: csapart@ulb.ac.be

Verso

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

La science est pour moi un outil pour comprendre les choses du quotidien et l'environnement dans lequel nous vivons. Le premier phénomène scientifique qui m'a longuement fascinée, c'est l'existence des marées. J'aimais passer du temps sur la plage pour chronométrer leur va et vient.

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

Aujourd'hui, dans le milieu de la recherche scientifique, c'est le manque de reconnaissance, de financement et l'incertitude constante sur l'évolution de nos carrières qui sont les plus difficiles à supporter. Il ne suffit plus de travailler d'arrache-pied et d'avoir un excellent dossier, il faut avant tout avoir de la chance, donc on a souvent l'impression de jouer nos carrières au lotto.

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

Je pourrais dire que c'est d'avoir publié mes résultats dans le journal Nature, mais avec du recul, je pense que la réussite ne se mesure pas en gagnant des prix ni en publiant des articles. Ma plus grande réussite, c'est d'avoir fait de ma passion mon métier, d'être capable de partager cet élan notamment avec les jeunes et d'avoir vécu mon rêve d'enfant en naviguant à travers le monde.

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

Donne-toi les moyens de tes ambitions et ne laisse rien ni personne te freiner dans ton élan. 

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

Chef d'orchestre. J'ai toujours dû jongler entre mes passions: celle pour la musique et celle pour la science. Si j'avais une deuxième vie, je rêverais de voyager à travers le monde, mais cette fois-ci pour diriger les plus grands chœurs et orchestres.

### Je vous offre un super pouvoir...

La téléportation, car cela fait 18 ans que je suis «expat» et ayant vécu dans 6 pays différents, je vis beaucoup d'amitiés à distance. Je souhaiterais pouvoir me téléporter pour ne plus manquer les anniversaires et autres moments importants de la vie de mes proches.

### Je vous offre un auditoire...

J'ai la chance d'avoir pu donner de nombreux cours et conférences devant des auditoires variés, donc ce n'est pas tant un auditoire spécifique que je souhaiterais me voir offrir, mais plutôt les moyens d'organiser un sommet universel sur le climat. Celui-ci serait axé sur les solutions pour lutter contre les changements climatiques et viserait les citoyens de notre planète au sens large.

### Je vous offre un laboratoire...

Ce serait pour créer un système de grande ampleur pour absorber le méthane (le second gaz à effet de serre anthropique majeur après le dioxyde de carbone) dans les zones marécageuses en Arctique et dans les régions tropicales.

### Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle...

Un bateau solaire pour continuer à découvrir le monde tout en limitant mon impact sur l'environnement.

### Je vous offre un billet d'avion...

Je l'échangerais contre un billet de train et je partais prendre un bon bol d'air frais dans les montagnes de ma Suisse natale.

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

Je ne suis pas fascinée par les grandes personnalités, mais plutôt par les grandes actions. J'aurais beaucoup aimé rencontrer Mère Thérèse pour échanger avec elle et apprendre de sa philosophie de vie.

### La question «a priori»: un.e climatologue a forcément une vision apocalyptique de l'avenir du monde ?

Les projections climatiques montrent effectivement que si aucun effort n'est fait pour diminuer drastiquement et urgemment les émissions de gaz à effet de serre, la vie sur Terre va devenir extrêmement difficile dans les décennies et siècles à venir. Néanmoins, les données révèlent aussi clairement qu'il est encore temps de limiter les dégâts, mais ce temps est compté. L'avenir du monde est donc dans les mains de chacun ! 

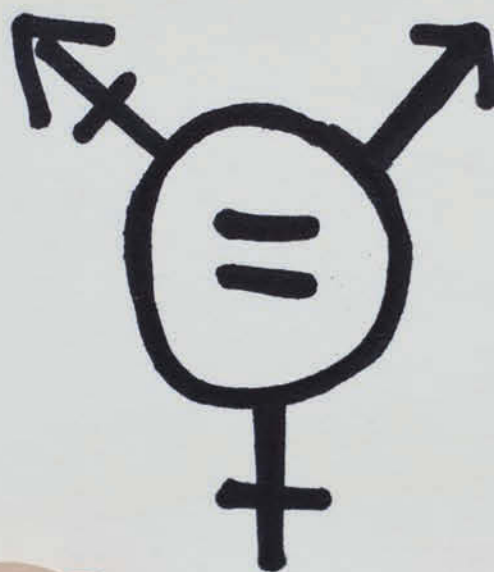
# LE DOSSIER

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

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: © NITO/ CREATIVE.BELGAIMAGE.BE (P.22),

© IMAGO/ BELGAIMAGE.BE (P.24), © BELGA/AFP (P.26)



# Le sport féminin est-il en danger ?

**En décrétant que la participation à certaines épreuves féminines était désormais interdite aux athlètes dont le taux de testostérone ne serait pas inférieur à 5 nanomoles par litre de sang, la *Fédération internationale d'athlétisme* a ramené au premier plan toute la problématique de l'intersexualité et du transgendérisme dans le sport féminin**

Ces derniers mois, le monde de l'athlétisme a été ébranlé par l'affaire Caster Semenya, du nom de la championne sud-africaine qui régnait sans partage sur les courses de demi-fond féminin. Son visage masculin, la raucité de sa voix, sa carrure, sa musculature, l'étroitesse de son bassin n'ont pas échappé aux observateurs. Tout comme n'a pas échappé aux analyses sanguines son taux de testostérone hors norme par rapport aux valeurs classiquement enregistrées chez les femmes.

Mais le cas de Semenya, athlète intersexuée, c'est-à-dire née avec des caractéristiques sexuelles qui ne correspondent pas aux définitions typiques du sexe masculin ou du sexe féminin, n'est que la partie visible de l'iceberg qui flotte depuis longtemps déjà dans les eaux des compétitions réservées aux femmes. Ce sont les mesures décrétées en 2018 par la *Fédération internationale d'athlétisme* (IAAF) et les recours introduits par Caster Semenya pour les faire invalider devant le *Tribunal arbitral du sport* (TAS - Lausanne), d'abord, puis devant le Tribunal fédéral suisse, qui ont relancé le débat de façon insistante.

Ces mesures ont trait aux épreuves de course allant du 400 m au mile (1 609 m). Elles visent à exclure les compétitrices dont le taux de testostérone ne serait pas inférieur à 5 nanomoles par litre (nmol/L) de sang. D'aucuns crient à la discrimination, la testostérone en excès étant produite naturellement à la suite d'anomalies telles qu'un syndrome d'hyperplasie congénitale des surrénales, par exemple. Mais l'élément qui a le plus heurté est que l'IAAF préconise que les athlètes concernées par un taux trop élevé d'hormone mâle le fasse baisser,

jusqu'au niveau réglementaire, par voie médicamenteuse, notamment par la prise de pilules contraceptives. L'*Association médicale mondiale* (AMM) a vivement réagi à cette proposition, appelant même tous les médecins à refuser de se prêter à sa mise en œuvre. Pour l'AMM, il serait contraire à l'éthique médicale de prescrire un traitement contre l'hyperandrogénie (excès d'hormones sexuelles mâles) qui ne serait pas fondé sur une nécessité médicale, c'est-à-dire un état pathologique. On peut d'ailleurs s'étonner qu'une fédération sportive internationale, officiellement partie prenante à la lutte contre le dopage, préconise un traitement hormonal pour «manipuler» le taux de testostérone de certaines athlètes au mépris des conséquences préjudiciables et non encore connues (cardiovasculaires, carcinologiques...) qu'elles pourraient avoir à en subir.

Le cas Semenya est-il exceptionnel ? Loin s'en faut ! Pour s'en convaincre, il suffit notamment de savoir que les athlètes classées aux 3 premières places du 800 m féminin des Jeux olympiques de Rio de Janeiro, en 2016, étaient 3 femmes ayant des taux de testostérone anormalement élevés : Caster Semenya (Afrique du Sud), Francine Niyonsaba (Burundi) et Margaret Wambui (Kenya). «*Les 3 athlètes qui ont terminé respectivement 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> se sont congratulées après l'arrivée de l'épreuve comme si elles s'en considéraient comme les vainqueurs morales face à l'impossibilité de rivaliser avec les coureuses intersexuées*», rapporte le docteur Jean-Pierre de Mondenard, médecin du sport et auteur de nombreux livres sur les aspects médicaux du cyclisme ainsi que sur le dopage dans







Finale du 800 m dames lors des Jeux Olympiques de Rio 2016.  
À gauche, Francine Niyonsaba; au centre, Caster Semenya; à droite, Margaret Nyairera Wambui

En 1967, 60% des records du monde féminins en athlétisme étaient détenus par des intersexuées, alors que la proportion de personnes du «3<sup>e</sup> genre» serait de 0,05% à 1,7% de la population mondiale

*championnat de volley-ball masculin, sous le nom de Rodrigo Abreu. Entre les 2 dates, elle réorganise sa vie en accord avec l'identité de genre qu'elle avait toujours ressentie et opère la transition.»*

Mais bien qu'elle se soit pliée à un traitement hormonal et chirurgical qui l'a mise en adéquation avec son désir d'être une femme, Tiffany Abreu bénéficie de ce que certains appellent l'«effet Obélix», du nom de ce sympathique Gaulois tombé tout petit dans la marmite contenant la potion d'invincibilité préparée par le druide Panoramix. En clair, comme le soulignent le docteur de Mondenard et le professeur Balthazart, son histoire physiologique nimbée de testostérone ne peut être effacée. Aussi jouit-elle d'une taille et d'une puissance face auxquelles les meilleures joueuses brésiliennes, qui sont aussi les meilleures du monde comme l'attestent leurs médailles d'or aux championnats du monde et aux Jeux olympiques, sont totalement démunies.

C'est dans ce contexte que, le 18 janvier 2018, l'ancienne volleyeuse brésilienne Ana Paula Henkel a adressé au *Comité international olympique (CIO)* et à d'autres instances, dont la *Fédération internationale de volley-ball*, une lettre ouverte «pour la défense des sportives professionnelles». On peut notamment y lire: «*Est-il juste de prétendre que ces différences biologiques n'existent pas au nom d'un agenda politico-idéologique qui servira à réduire un espace si durement gagné par les femmes au cours des siècles ?*» Se référant au fait que le CIO ouvre les compétitions féminines aux hommes, sous réserve d'un taux de testostérone contrôlé, elle indique que selon les nombreux physiologistes qui ont déjà exprimé leur avis, cette obligation «*n'inverse pas les effets de l'hormone mâle sur la construction achevée des os, des tissus, des organes et des muscles au cours des décennies.*» Plus loin, elle ajoute: «*L'inclusion des personnes transgenres dans la société doit être respectée, mais cette décision hâtive et irréfléchie d'inclure les hommes, nés et construits biologiquement avec de la testostérone, ayant la taille, la force et la capacité aérobie des hommes, sort de la sphère de la tolérance; elle humilie et exclut les femmes.*»

Ici se situe le nœud du problème. Comment éviter de discriminer les personnes intersexuées et



différentes disciplines. Il cite également un chiffre édifiant: en 1967, 60% des records du monde féminins en athlétisme étaient détenus par des intersexuées, alors que selon les Nations-Unies, la proportion de personnes du «troisième genre» serait de 0,05% à 1,7% de la population mondiale.

## Entre équité et discrimination

À l'instar de l'affaire Semenya en athlétisme, un cas de transgendérisme a suscité de violents remous au sein du volley-ball féminin. Dans un article intitulé *Sexe, genre et sport*, Jacques Balthazart, professeur émérite de l'Université de Liège, où il dirigeait le Laboratoire de biologie du comportement, et Jean-François Toussaint, professeur à l'Université de Paris et directeur de l'IRMES (*Institut de recherche biomédicale et d'épidémiologie du sport*), exposent les fondements du problème: «*Le 12 janvier 2018, la volleyeuse Tiffany Abreu devient à 33 ans, et après 5 matches disputés, la meilleure attaquante du championnat brésilien, l'une des compétitions féminines les plus relevées du monde. Cette joueuse n'est pourtant pas répertoriée dans les archives et les statistiques de la compétition pour une raison simple: elle n'y avait jusqu'alors jamais participé. De fait et jusqu'en 2013, cette athlète jouait en Superliga, 1<sup>re</sup> division du*

transgenres, tout en préservant l'équité sportive dans les compétitions féminines ?

## Situations mal délimitées

Depuis les années 1960, le CIO s'est efforcé de déjouer, par divers tests de féminité, les tentatives de fraude ou de concurrence déloyale dans les épreuves sportives réservées aux femmes. Ainsi, en 1966, il instaure un contrôle de genre systématique, les athlètes devant se présenter nues devant un «jury» de doctoresses. Dégradant et non fondé sur le plan scientifique ! Dès 1968, cet examen fait place à d'autres initiatives. Tout d'abord, la détection, sur la base d'un prélèvement de la muqueuse buccale, du corpuscule de Barr présent dans toutes les cellules possédant 2 chromosomes X (filles). Mais ce test s'avère peu fiable. Ainsi, dans le syndrome de Klinefelter, l'individu, qui présente 2 chromosomes X et un chromosome Y, possède un corpuscule de Barr bien qu'il soit doté du phénotype masculin.

Les instances sportives se rabattirent ensuite sur un test de détection du gène SRY. La présence de celui-ci, qui est localisé sur le chromosome Y, induit la formation des testicules durant la vie intra-utérine. Mais ce test se révéla insatisfaisant, lui aussi, et le CIO jeta l'éponge en 1996, confiant aux fédérations nationales le soin de veiller à n'envoyer que de «vraies femmes» pour participer aux compétitions. *«Laisser la main aux fédérations, c'était la porte ouverte à la triche organisée, soutient le docteur de Mondenard. Comment un esprit rationnel peut-il leur demander de faire la police, alors qu'elles ne vivent que par les podiums !»*

La difficulté majeure soulevée par l'intersexualité et le transgendérisme dans le sport féminin vient de situations complexes, car mal délimitées, dues au fait que le sexe d'un individu comporte plusieurs composantes - génétique (normalement dotation chromosomique XX pour les femmes et XY pour les hommes), gonadique (testicules ou ovaires), hormonale (taux des sécrétions de testostérone et d'œstrogènes), phénotypique (différences morphologiques, physiologiques et comportementales entre mâles et femelles). *«Le genre d'un individu et les différents aspects de son sexe sont habituellement corrélés, mais des discordances peuvent se produire, rappelle le professeur Balthazart. Par exemple, un sexe gonadique ou hormonal en désaccord avec le sexe génétique dans le cadre de variations du développement sexuel.»* D'où cette question: dans l'«imbroglie» qui peut résulter de telles situations, sur quelle base faut-il fonder la décision d'accepter un(e) athlète dans une compétition féminine ? Comme le fait remarquer Jacques

Balthazart, la logique voudrait qu'on prenne en considération le ou les facteurs qui apportent un avantage au niveau des performances. Dès lors, le taux de testostérone semble être un des meilleurs paramètres. *«Une concentration élevée de testostérone procure un avantage certain, comme l'attestent les différentes formes de dopage aux androgènes régulièrement détectées»*, écrit-il avec Jean-François Toussaint. Néanmoins, le dosage de cette hormone ne suffit probablement pas à faire le tour de la question.

## On croit rêver

En 2009, Caster Semenya, alors âgée de 18 ans, remporte le 800 m féminin des championnats du monde de Berlin. Qui plus est, selon l'expression de Jean-Pierre de Mondenard, en tournant littéralement autour de ses adversaires. Sa supériorité est écrasante, sa morphologie, masculine. Aussi l'IAAF édicte-t-elle en 2011 une directive fixant à 10 nmol/L (de sang), soit un peu plus de 3 fois le plafond d'un taux de testostérone normal pour

## GÉNÉTIQUEMENT HOMME...

En 1986, on détecta un sexe chromosomique masculin (XY) chez la championne espagnole du 100 m haies, Marie Jose Martinez-Patiño. L'athlète se vit interdire de participer aux JO de Séoul en 1988 et fut autorisée à concourir de nouveau en 1991. En fait, Marie Jose Martinez-Patiño présentait un syndrome d'insensibilité aux androgènes et donc à la testostérone, qui en est le chef de file. Ce syndrome concerne des individus qui possèdent un chromosome X et un chromosome Y et, en conséquence, sont génétiquement des hommes. Ils ont des testicules qui produisent normalement de la testostérone, mais l'hormone ne peut remplir sa fonction car ils ne disposent pas de récepteurs aux androgènes à la suite d'une mutation génétique. Dans 99% des cas, ces hommes acquièrent une identité féminine et sont généralement attirés sexuellement par les hommes. Et sur le plan phénotypique, ils se rapprochent des femmes.

Point essentiel: en l'absence de récepteurs aux androgènes, l'athlète espagnole ne tirait aucun avantage lié à la présence de testostérone dans son sang. Il resterait cependant à démontrer que sa dotation chromosomique (XY au lieu de XX) ne lui conférait pas un avantage. De fait, il est établi que les gènes ont des effets directs sur la physiologie de l'adulte qui ne sont pas produits via la sécrétion de testostérone. Est-ce important au niveau des performances sportives ? On ne le sait pas à l'heure actuelle.







À gauche: Florence Griffith-Joyner en 1988 à Séoul lors de sa victoire aux 200 m dames. Cette année-là, elle fut triple championne olympique (100 m, 200 m et relais 4x100 m).

Ci-dessus: L'athlète polonaise Stanisława Walasiewicz dont l'autopsie après sa mort lors d'un braquage à Cleveland révéla qu'elle était hermaphrodite.



une femme, le seuil à partir duquel la participation à une épreuve féminine est interdite. En 2013, la sprinteuse indienne Dutee Chand fait les frais de cette mesure. Elle se refuse à prendre des substances pour provoquer la baisse de son taux de testostérone et porte plainte devant le TAS, où elle obtient gain de cause en 2015. Motivations du jugement: il faut d'autres études plus poussées pour démontrer que la testostérone augmente les performances

*«On croit rêver ! clame le docteur de Mondenard. Florence Griffith-Joyner a atomisé le record du monde du 100 m chez les femmes en 10"49 parce qu'elle était sous stéroïdes anabolisants. Ce record, qui date du 16 juillet 1988, tient toujours. La longévité de ceux de Stella Walasiewicz, qui était pourvue d'organes sexuels masculins, confirme que ses adversaires ne luttaient pas à armes égales. Son record du 60 m demeura sur les tablettes de 1933 à 1960, celui du 200 m de 1932 à 1952 et celui du 100 m de 1932 à 1948. Et que dire des «superwomen» de l'Allemagne de l'Est qui dominèrent de la tête et des épaules les épreuves de natation et d'athlétisme entre 1976 et 1989 ? Le carburant qui circulait dans leurs veines s'appelait Oral-Turinabol®, un stéroïde anabolisant, indétectable à l'époque, dérivé de la testostérone.»*

Le médecin français précise que si, entre 2011 et 2015, c'est-à-dire quand le taux de testostérone accepté devait être inférieur à 10 nmol/L, Caster Semenya continua à remporter les courses

auxquelles elle participait, ses chronos étaient moins bons que les années précédentes. Par exemple, ils gravitaient autour de 2 minutes sur le 800 m, alors qu'il était coutumier qu'elle coure cette distance en 1'55 environ auparavant.

## Un autre moteur

Il est communément admis que la testostérone et ses dérivés synthétiques intéressent les sportifs pour plusieurs raisons: en particulier, ils agissent comme des «engrais du muscle», augmentent l'érythropoïèse et, partant, le transport de l'oxygène, influent sur le psychisme en rendant l'individu plus pugnace, plus volontaire, capable d'accepter des charges d'entraînement plus lourdes. Ce tableau rend caduc l'argument selon lequel un taux de testostérone élevé (*«En prendre fait partie du job»*, disait Lance Armstrong) constituerait un avantage comparable à celui qu'offre une grande taille pour jouer au basket. Avec la testostérone, ce n'est pas un élément qui se trouve bonifié, mais un ensemble. *«C'est comme si vous aviez un autre moteur»*, insiste le docteur de Mondenard. *«Nier cette réalité n'est pas une solution»*, déclare pour sa part le professeur Balthazart. Et d'ajouter que certains pays cherchent assidûment à identifier et à recruter des personnes transgenres ou intersexuées pour les faire concourir dans les catégories féminines et gagner des titres. *«Ils polluent le sport féminin de façon majeure»*, dit-il. À cela se greffe le risque que les femmes non intersexuées et non transgenres soient poussées encore un peu plus dans les bras



du dopage et utilisent des molécules artificielles indétectables produites par des «stéroïdes designers», la testostérone exogène, elle, pouvant être mise en évidence par le biais d'un test isotopique (applicable depuis 1999).

Les mesures décrétées par l'IAAF en 2018 se réfèrent aux seules courses allant du 400 m au mile, épreuves où, en réponse aux exigences avancées en 2015 par le TAS (affaire Dutee Chand), elle a apporté les preuves formelles de l'impact de la testostérone sur les performances. Peut-être était-ce une «attaque ad hominem» visant en priorité à saper la suprématie jugée outrageante de Caster Semenya ? Car, à moins de se voiler la face, il ne fait aucun doute que, tant pour les hommes que pour les femmes, un taux élevé de testostérone constitue un atout dans de multiples disciplines sportives. Jean-Pierre de Mondenard, à qui l'on doit un dictionnaire du dopage de plus de 1 200 pages, explique d'ailleurs que pour les marathonien, athlètes parmi les plus maigres, les anabolisants offrent le double avantage d'accroître l'érythropoïèse et de leur conférer la capacité de s'entraîner beaucoup plus longtemps. *«Nombre d'entre eux utilisent les mêmes produits que les bodybuilders. La différence est que ces derniers absorbent des quantités phénoménales de protéines, lesquelles facilitent l'hypertrophie musculaire»*, explique celui qui fut également médecin responsable des contrôles antidopage sur le Tour de France entre 1973 et 1975.

## Une troisième catégorie ?

Le CIO recommande aux fédérations internationales, mais sans les y contraindre, de ne laisser participer aux compétitions féminines que des athlètes dont le taux de testostérone ne dépasse pas 10 nanomoles par litre de sang. Pour sa part, l'IAAF impose un taux inférieur à 5 nmol/L pour certaines courses. À la suite de la plainte de Caster Semenya, le TAS a validé le règlement de la fédération d'athlétisme en émettant néanmoins certaines réserves. Le Tribunal fédéral suisse, qui est l'autorité de recours contre les sentences émises par le TAS, celui-ci ayant son siège à Lausanne, l'a ensuite suspendu provisoirement le 31 mai 2019, en urgence, avant de lever cette suspension dans une ordonnance de mesures provisionnelles à la fin du mois de juillet. Il doit néanmoins encore se prononcer définitivement sur le fond. Yvan Henzer, avocat au barreau du Canton de Vaud, en Suisse, s'est exprimé à ce sujet dans le journal *Le Temps* (Genève) : *«[...] ce serait quand même un sacré coup de tonnerre que les juges fédéraux reviennent sur leur décision provisoire. S'ils ont estimé que le recours n'avait a priori pas de chance de succès, on voit mal ce qui pourrait encore faire changer les*

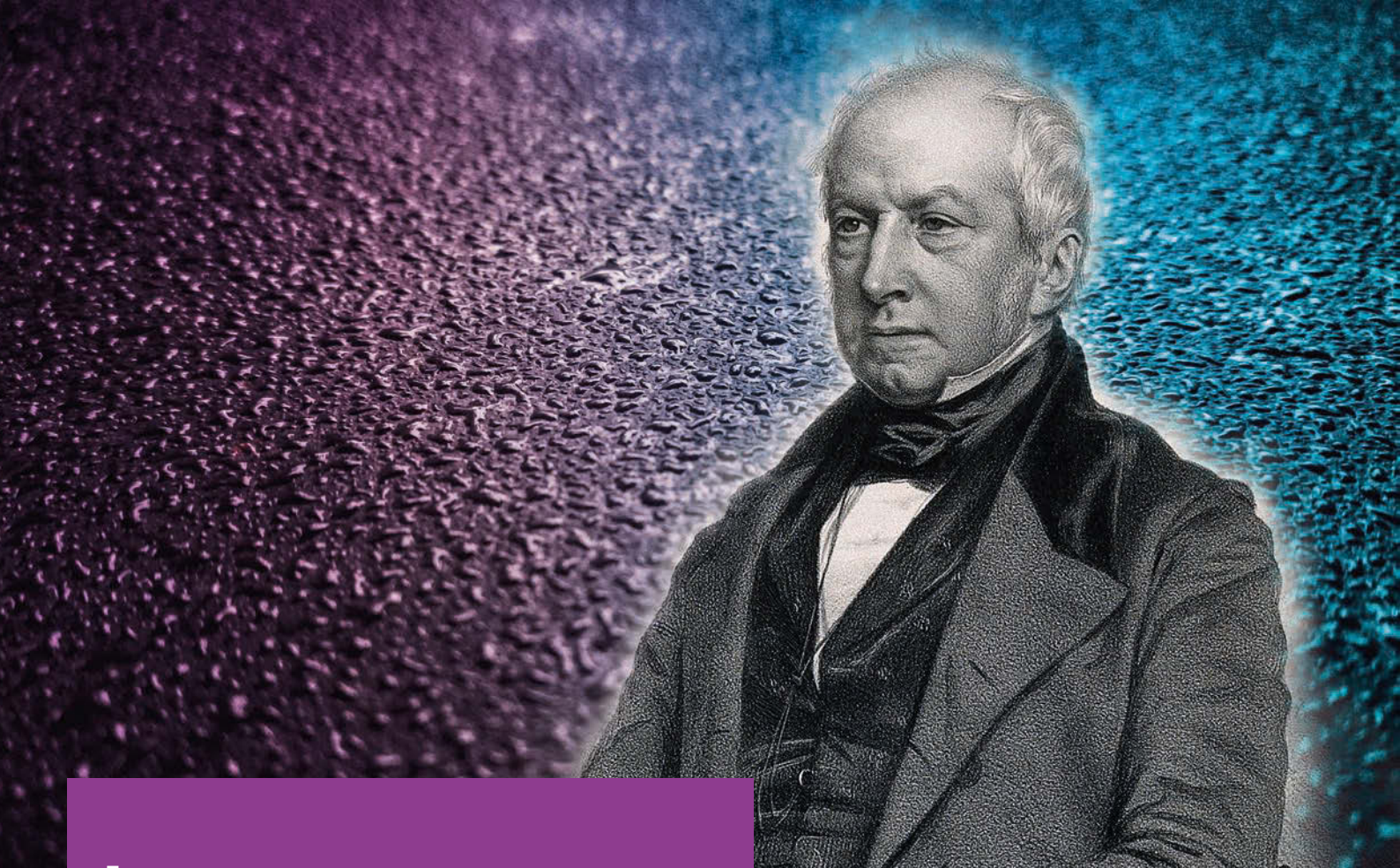
*choses, ce d'autant plus que le Tribunal fédéral ne peut pas recevoir de preuves nouvelles.»*

Certains évoquent la possibilité d'un futur recours devant la Cour européenne des droits de l'Homme, mais, pour l'heure, le règlement édicté par l'IAAF semble en passe d'être irrévocablement entériné par la justice suisse. Il n'en demeure pas moins inacceptable sur le plan éthique lorsqu'il préconise que les athlètes concernées par un taux excédentaire de testostérone recourent à des médicaments afin de le ramener dans la norme autorisée. D'un autre côté, le sport féminin risque de partir en déliquescence si ses palmarès ne sont plus ornés que des noms de sportives transsexuelles ou intersexuées, d'autant que, comme le souligne Jacques Balthazart, on pressent déjà des trafics humains. Que faire ? Pour le docteur de Mondenard, la seule issue acceptable est la création d'une 3<sup>e</sup> catégorie, «neutre», à côté du sport masculin et du sport

**Il ne fait aucun doute que, tant pour les hommes que pour les femmes, un taux élevé de testostérone constitue un atout dans de multiples disciplines sportives**

féminin. C'est une idée que ne rejette pas non plus le professeur Balthazart, qui insiste par ailleurs sur le fait qu'il n'y a pas que le taux de testostérone au moment de la compétition qui procure un avantage potentiel. L'exposition à cette hormone pendant tout le développement fœtal et la croissance, et la structure chromosomique elle-même peuvent introduire des avantages significatifs. Le médecin français et le biologiste belge rappellent que certaines législations ont inclus ou envisagent une 3<sup>e</sup> catégorie dans les actes d'état civil - en Australie, en Inde, en Allemagne, dans l'État de New York... En outre, à l'image de la boxe par exemple, de nombreux sports sont scindés en différentes catégories dans le but principal d'équilibrer les chances des compétiteurs et également, s'agissant des sports de combat, de les protéger.

Faudrait-il crier à la discrimination si des catégories sportives étaient réservées aux personnes transsexuelles et intersexuées ? La discrimination ne s'enracine-t-elle pas plutôt ailleurs ? Dans le fait que la société renâcle à accepter les différences et marginalise des individus au point de les amener à nier leur statut objectif et leur singularité, lesquels devraient être reconnus sans préjugés ni jugements de valeur comme faisant partie d'une forme de normalité et non d'anormalité. 



# Le mouvement brownien et la preuve de l'existence des atomes

En observant au microscope de petites particules contenues dans des grains de pollen en suspension dans de l'eau, un botaniste écossais remarqua que celles-ci bougeaient sans cesse et en tous sens ! Il venait de découvrir ce qu'on appellera le mouvement brownien !

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE  
PHOTOS : WELLCOME LIBRARY, LONDON, CC BY 4.0 (P.28)

**E**n ce début du 19<sup>e</sup> siècle, un certain Robert Brown (1773-1838) revenait d'une longue exploration à bord de l'*Investigator* au large de l'Australie (la Nouvelle-Hollande), ce qui lui permit de ramener des milliers de plantes nouvelles à Londres. Il fut alors chargé par la *Linnean Society* de gérer l'ensemble des échantillons de ladite institution qu'il s'empressa de transférer avec les siens au *British Museum*, où il devint conservateur et où les curieux pouvaient ainsi admirer une collection botanique de réputation mondiale.

Passionné par les pollens, il observa un jour de l'été 1827, à l'aide de son microscope, des grains de pollen de *Clarkia pulchella* en suspension dans de l'eau. Et à son grand étonnement, il remarqua que dans le fluide situé à l'intérieur de ces grains, il y avait de très petites particules (dont le diamètre valait environ 6 à 8  $\mu\text{m}$ ) qui exécutaient des mouvements erratiques et continuels, comme si elles étaient dotées d'une force vitale ! Toutefois, il dut renoncer à de telles idées de vitalisme en apprenant que Jan Ingenhousz (1730-1799), un médecin et chimiste néerlandais, avait déjà décrit en 1785 le mouvement aléatoire de la poussière de charbon (une substance à coup sûr non vivante !) dispersée à la surface d'une goutte d'alcool.

Cinquante ans plus tard, les physiiciens Joseph Delsaux (1828-1891) et Ignace Carbonnelle (1829-1889) suggérèrent que ce mouvement chaotique devait être lié à l'agitation thermique des molécules



du fluide environnant et aux chocs exercés par celles-ci sur lesdites particules pour autant que ces dernières ne soient pas trop volumineuses. Cependant, à l'entame du 20<sup>e</sup> siècle, personne n'avait encore pu entrevoir ces fameuses molécules censées résulter de l'assemblage d'atomes ! Quoi qu'il en soit, toutes les observations de mouvements browniens (1) conforteront la théorie des collisions et en particulier, la théorie cinétique des gaz développée par Ludwig Boltzmann (1844-1906), un physicien autrichien considéré comme le père de la mécanique statistique [avec l'aide de James Clerk Maxwell (1831-1879)]. Cependant, les conceptions atomistiques que Boltzmann invoquait étaient jugées farfelues, de sorte qu'il fut discrédité par ses collègues, ce qui le poussa à se suicider alors qu'il était en vacances au bord de la mer Adriatique à Duino, près de Trieste (2). Par la suite, Albert Einstein (1879-1955) le réhabilita avec sa subtile approche des processus stochastiques, en même temps que Paul Langevin (1872-1946) avec son équation relative à de tels mouvements browniens. Jean Perrin (1870-1942) valida ensuite toutes ces théories grâce à diverses expériences qui permirent de déterminer la valeur de la constante d'Avogadro (3).

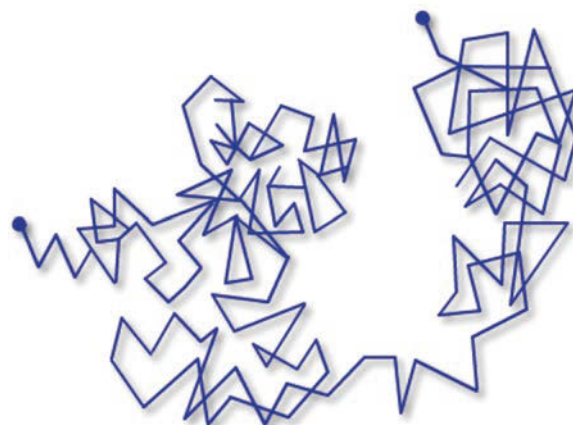
Il fut nobélisé en 1926 pour avoir ainsi apporté la preuve décisive de l'existence des atomes. Ceci mit donc un terme définitif aux longues discussions relatives à ce sujet, remontant en fait déjà à l'époque du philosophe grec Leucippe et de son élève Démocrite, c'est-à-dire vers 400 avant J.-C. !

En conclusion, les petites particules contenues dans les grains de pollen bougent de manière imprévisible car elles sont heurtées par des entités invisibles au microscope, en l'occurrence les molécules d'eau dans lesquelles elles baignent, ces dernières étant soumises à l'agitation thermique. **A**



Démocrite développa le concept d'atome en observant une plage déserte qui semblait lisse et uniforme et qui, en réalité, était composée de minuscules grains de sable.

Par analogie, il estimait que si on divise un bloc de matière - telle une pépite d'or - en 2, puis encore en 2, et ainsi de suite, on aboutira toujours à une entité ultime, indivisible, qu'il appela atome.



Visualisation du mouvement brownien d'une particule (le point bleu)

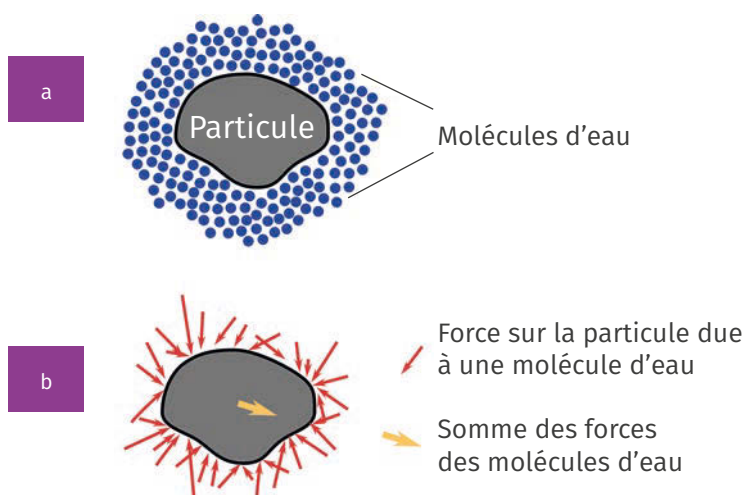


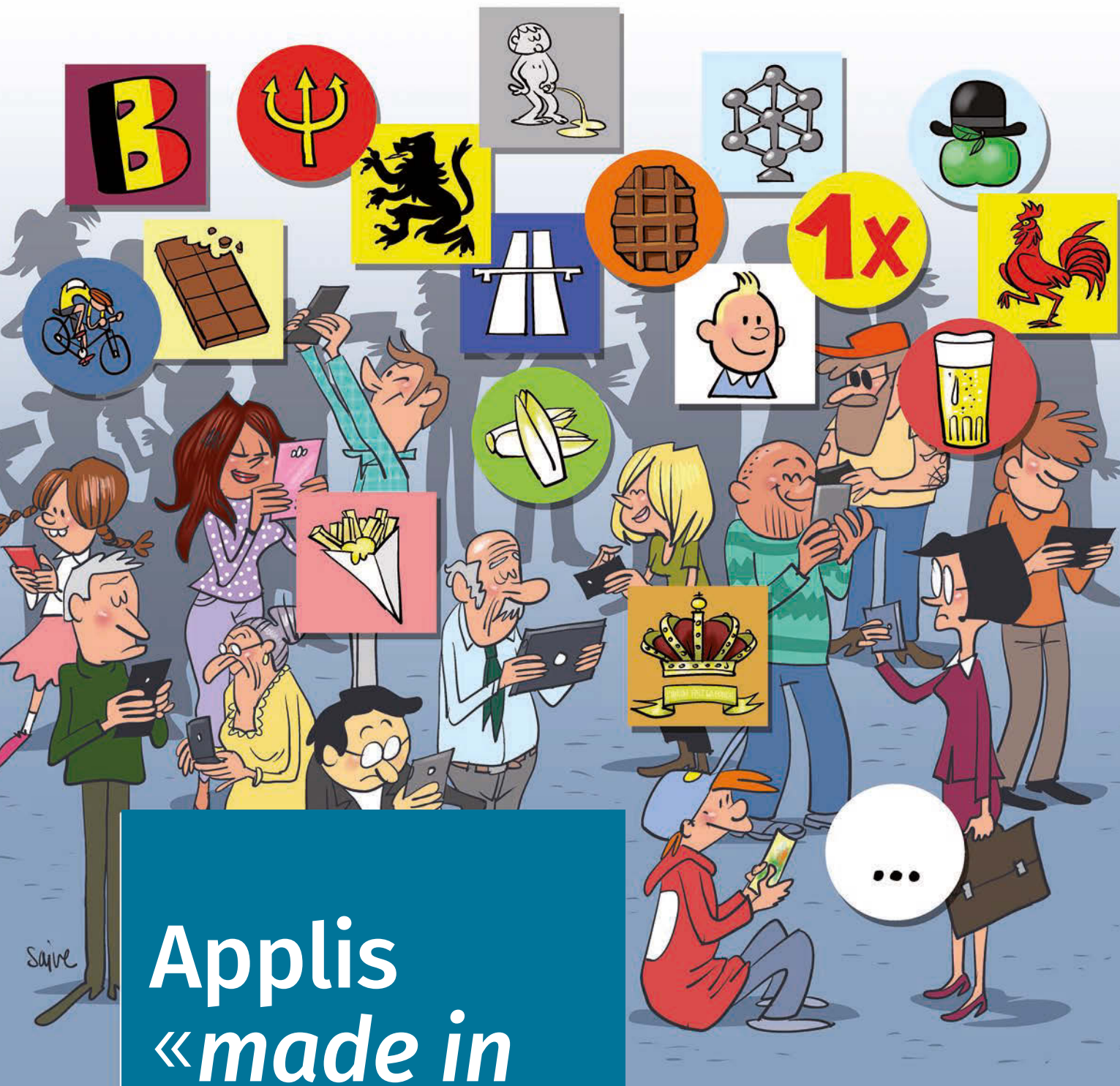
Schéma montrant en (a) une des particules encerclée par des molécules d'eau et en (b) l'effet occasionné par celles-ci sur ladite particule, avec la résultante des diverses forces aléatoires l'obligeant à se déplacer dans une direction bien définie, c'est-à-dire à effectuer un « pas » d'une certaine ampleur en fonction de la viscosité du fluide et de sa température (laquelle conditionne la distribution de l'énergie cinétique des molécules)

(1) On peut observer la réalité de ces chocs en traitant du lait entier homogénéisé par un colorant tel que le Soudan IV (à raison de 0,05 g par 100 ml). L'examen de ce lait au moyen d'un objectif à immersion laisse entrevoir de minuscules globules de matière grasse (comparables à des boules de billard) agités selon des mouvements désordonnés, comme si des joueurs invisibles les poussaient sans relâche en tous sens (ce sont en fait les molécules d'eau qui viennent les heurter !)

(2) Sur la tombe de ce savant, à Vienne, on peut lire sa célèbre formule, gravée dans la pierre :  $S = k \ln W$ . L'entropie  $S$  d'un système en équilibre macroscopique correspond au logarithme népérien du nombre  $W$  de configurations microscopiques équivalentes susceptibles de le réaliser, multiplié par une constante  $k$  [dite de Boltzmann, laquelle ( $1,3806485 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ) ne sera rien d'autre que la constante  $R$  des gaz parfaits ( $8,3144627 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) divisée par  $N_A$ , la constante d'Avogadro].

(3) La constante d'Avogadro correspond au nombre d'entités (atomes, molécules, etc.) constitutives d'une mole. La valeur actuellement admise est de  $6,0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .





# Applis «made in Belgium»

TEXTE : JULIE FIARD • JFI@EASI-IE.COM

[HTTP://WWW.EASI-IE.COM](http://www.easi-ie.com) • [HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI\\_IE](http://www.twitter.com/easi_ie)

[HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB](https://www.facebook.com/easi.expertsduweb)

ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE

Il en existe des millions. Pour tout, ou presque: communiquer, payer, s'informer, jouer, apprendre, faire du sport... Bien entendu, il y a les plus connues, développées aux États-Unis ou en Chine comme *Facebook*, *Instagram*, *Twitter*, *Whatsapp*, *Messenger*, *YouTube*, *Snapchat*, *Skype*, *TikTok* ou *UC Browser* (*Alibaba*). Ce sont même les 10 applications les plus téléchargées de la décennie. Sans doute la plupart de celles-ci figurent-elles sur l'écran de votre téléphone ou laptop. Mais en Europe et en Belgique plus particulièrement, on ne se contente pas de subir la loi des gros poissons, on développe aussi ! Voici quelques productions «made in Belgium» qui gagnent à être connues et téléchargées.



## ABLO

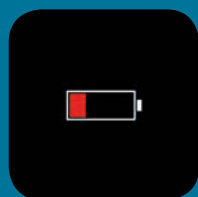
Créée par le groupe *MassiveMedia* à Gand, elle a été téléchargée 5 millions de fois dans 180 pays à travers le monde. Elle a d'ailleurs été élue meilleure appli de l'année selon le classement *Google* 2019 !

*Ablo* est une application de rencontres amicales internationales qui permet de communiquer avec des internautes n'importe où dans le monde. Ce qui fait sa popularité ? La barrière de la langue n'existe pas car elle traduit les conversations texte mais également les conversations vidéo instantanément sous forme de sous-titres.

Après vous avoir demandé votre adresse email et un mot de passe, l'application vous pose quelques questions classiques comme votre date de naissance, votre lieu d'habitation, votre sexe, si vous souhaitez ajouter une photo de profil (sans obligation aucune) et connaître, dans vos contacts, ceux susceptibles de déjà utiliser l'application (vous pouvez passer cette étape).

La particularité est que le choix de la personne que vous allez rencontrer est complètement aléatoire (au début de son utilisation). Vous avez toujours la possibilité d'accepter ou non la proposition de rentrer en contact avec la personne qui vous est proposée. En fonction des étapes franchies dans l'application (première discussion, première vidéo, etc.), vous recevez des miles permettant de débloquent des accès. Par exemple, au palier de 300 miles, vous pourrez sélectionner le pays de votre correspondant.

- **Android:**  <https://play.google.com/store/apps/details?id=live.ablo&hl=fr>
- **Apple:**  <https://apps.apple.com/be/app/ablo-des-amis-du-monde-entier/id1437793326?l=fr>



## DIE WITH ME

Sur le même concept de *chat* que l'application précédente, *Die with me* ne peut s'utiliser que quand la batterie de son smartphone est vraiment faible, soit pas au-dessus de 5%. À ce moment seulement, un service de messagerie instantanée est alors disponible et met en contact des personnes dans le monde entier (disposant de l'application) qui sont dans le même cas ! Tout se passe en messages texte, pas d'image, ni de vidéo beaucoup trop énergivores. Dries Depoorter, le créateur gantois de l'application, explique qu'il a développé cette application « juste pour rire » et pour proposer quelque chose de positif avec une batterie faible.

- **Android:**  <https://apps.apple.com/app/die-with-me/id1317265106>
- **Apple:**  <https://play.google.com/store/apps/details?id=die.diewithme>



## CYBER HELP

Il s'agit d'une application propulsée par *Child Focus*, développée par l'Université et la ville de Mons qui permet aux jeunes d'activer un dispositif et une prise en charge en cas de cyber-harcèlement. Elle s'accompagne d'un programme de formation permettant la mise en place du dispositif mis au point par le CREAS (Centre de Ressource Éducative pour l'Action Sociale) et la Police fédérale.

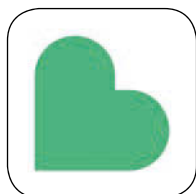
Concrètement, l'élève peut, à chaque instant, cliquer sur une icône permettant de prendre une capture d'écran de la cyber-agression. Cette capture est alors envoyée au membre de l'équipe éducative de l'école formée à recevoir les demandes de prises en charge de cyber-harcèlement via l'application. L'équipe éducative prend alors le relais en contactant la victime. En parallèle, l'émetteur du message est également prévenu, ce qui peut déjà le décourager.

- **Android:**  <https://play.google.com/store/apps/details?id=be.Sparkle.CyberHelp&hl=fr>
- **Apple:**  <https://apps.apple.com/be/app/cyberhelp/id1299745846?l=fr>



 <https://www.facebook.com/cyberhelpmons/>





## BSIT

Créée en 2015, l'application belge a levé 1 million d'euros en 2018 et 3 millions en 2019 afin de poursuivre son développement à l'international. Elle met en relation des parents et des baby-sitters. *Bsit* n'est pas une application gratuite et fonctionne par abonnement mensuel ou annuel. 450 000 parents seraient déjà inscrits sur la plateforme.

L'application base son fonctionnement sur l'expérience collaborative. Du côté des parents, il est possible de faire une recherche de baby-sitters par géolocalisation, de voir les profils des baby-sitters recommandées par vos amis, la possibilité de payer le service de baby-sitting en ligne ou en cash, de communiquer directement dans l'appli via un système de messagerie, de choisir le tarif qui leur convient, etc. Les recommandations de baby-sitters par les parents en fonction de leur expérience du service sont accessibles par les autres utilisateurs.

Pour ce qui est des baby-sitters, l'application leur demande de détailler très précisément leur profil. Ils ne reçoivent que des propositions de baby-sitting de parents qui ont déjà aimé leur profil. Ils sont payés via l'application ou sur place lors du service. Les «Sitters» (c'est leur nom sur l'application) notent également les parents.

Aujourd'hui, l'application se développe et propose même ses services auprès des entreprises pour leurs salariés. Il est également possible de trouver des personnes de confiance pour garder vos enfants, en vacances et pour aller les chercher à l'école.

- **Android:**  <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.airbsit.development>
- **Apple:**  <https://apps.apple.com/be/app/bsit-babysitting-en-confiance/id1022393446?l=fr>
- **Site Internet:**  <https://bsit.com/>



## ANDAMAN7

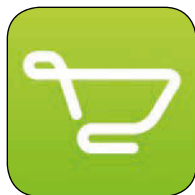
Dans le domaine de la e-santé, la startup liégeoise ANDAMAN7 permet à chaque patient de gérer son dossier médical en toute sécurité, depuis son smartphone. Son CEO, Vincent Keunen, souhaite par le biais de son application permettre aux différents intervenants d'harmoniser leur communication, lors d'un suivi médical. Et surtout de donner au patient le contrôle sur ses données de santé.

Comment fonctionne ANDAMAN7 ? Vous installez gratuitement l'application sur votre smartphone. Il est possible d'encoder des informations personnelles comme vaccins, antécédents médicaux, allergies, etc. Ensuite, assurez-vous que l'hôpital dans lequel vous êtes soigné est connecté également. Si c'est le cas, toutes les informations liées à votre suivi médical seront transférées en toute transparence, sécurité et confidentialité: rapports, imageries médicales, résultats d'analyses, etc. L'application ne stocke pas les données, elle les transmet simplement en les cryptant et les organise sur son interface dans votre smartphone. Elle est par exemple en place au CHU de Liège depuis 2016.

Trois mille patients ont déjà testé l'application. Ce n'est pas pour rien que la startup fait beaucoup parler d'elle aux États-Unis et y poursuit son développement. Plusieurs hôpitaux américains ont déjà rendu leurs systèmes informatiques compatibles avec l'application.

- **Android:**  <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.andaman7.android>
- **Apple:**  <https://apps.apple.com/be/app/andaman7/id955402686>
- **Site Internet:**  <https://www.andaman7.com/fr>





## MYSHOPI

Cette application, développée par *BD myShopi*, existe depuis quelques années déjà. C'est la première plateforme de promotion et de shopping en Belgique. *MyShopi* réunit tous les folders publicitaires que vous recevez dans vos boîtes aux lettres ! Vous y trouverez des réductions exclusives, des codes promo, des promotions en ligne. Vous pouvez également y stocker toutes vos cartes de fidélité et enregistrer vos listes de courses.

Comment utiliser *MyShopi* ? Tout d'abord, vous avez accès à la totalité des folders promotionnels disponibles sur le marché belge dans la section «Folders», avec la possibilité de sélectionner vos favoris, de faire une recherche par catégories ou une recherche générale. La plupart des folders sont interactifs, vous pouvez ainsi cliquer sur certaines promotions ou produits afin d'avoir plus d'informations.

Dans la section «Promotions», l'application vous propose tous les cashbacks (les remboursements à hauteur d'un certain pourcentage du prix d'achat du produit) disponibles et dans quels magasins, ainsi qu'une liste de coupons de réduction à utiliser directement depuis votre smartphone grâce à un code barre à scanner.

Dans l'onglet «Mes cartes», vous pouvez ajouter toutes vos cartes de fidélité en les scannant recto-verso. Votre portefeuille va considérablement s'alléger et vous gagnerez du temps à la caisse: plus besoin de chercher la bonne carte parmi des dizaines, il vous suffit de la présenter à la caissière via l'application directement sur votre smartphone.

- **Android:** <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agilys.myshopi>
- **Apple:** <https://apps.apple.com/be/app/myshopi-bons-reduction-et/id406663341?amp%3Bmt=8&l=fr>
- **Site Internet:** [www.myshopi.com](http://www.myshopi.com)



## SKIPR

Cette application de mobilité a été développée par *Lab Box*, le département innovation du groupe *D'leteren*. Elle centralise l'ensemble des moyens de transports personnels, publics et privés (train, métro, trottinette électrique ou même *Uber*), vous permettant ainsi de planifier votre trajet avec tous les moyens de transport disponibles.

Vous devrez tout d'abord rentrer quelques renseignements classiques avant d'accéder au contenu de l'appli et surtout, autoriser la géolocalisation. Vous rentrez ensuite votre destination et l'on vous proposera tous les itinéraires pour vous rendre à l'endroit désiré ET les moyens de transport disponibles. Si vous choisissez d'utiliser un bus *De Lijn* par exemple, vous pourrez acheter directement votre billet via *Skipr*. Idem pour un trajet qui comprend un service de VTC comme *Uber*. L'appli se connecte d'ailleurs directement à votre application *Uber*.

- **Android:** [https://play.google.com/store/apps/details?id=be.lab\\_box.pikaway&hl=fr](https://play.google.com/store/apps/details?id=be.lab_box.pikaway&hl=fr)
- **Apple:** <https://apps.apple.com/BE/app/id1373716902>
- **Site Internet:** <https://www.skipr.co/>

Connaissez-vous d'autres applications belges que vous utilisez au quotidien ? N'hésitez pas à nous en faire part en nous envoyant un mail à [contat@easi-ie.com](mailto:contat@easi-ie.com).





# Où sont les responsables ?

Réalisée il y a plus d'un demi-siècle, l'expérience de Milgram a souligné que la plupart des individus exécutaient les ordres d'une autorité hiérarchique même s'ils étaient contraires à leurs valeurs morales. Mais les donneurs d'ordres, quelle responsabilité sont-ils prêts à endosser ? À moins, finalement, que le sentiment de responsabilité ne fonde à tous les niveaux comme neige au soleil

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE  
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

croient prêter leur concours à une étude portant sur une meilleure compréhension de la mémoire à travers une recherche relative à l'effet de la punition sur le processus d'apprentissage.

Après s'être vu attribuer le rôle de professeur à la suite d'un tirage au sort truqué, les participants doivent vérifier qu'un élève qui, ils l'ignorent, est un complice de Milgram, et plus précisément un acteur, a bien appris une liste de paires de mots. Il est sanglé sur une chaise dans une pièce voisine et le «professeur» doit lui infliger des chocs électriques d'intensité croissante à chaque mauvaise réponse.

Comme indiqué sur un tableau, les décharges, de 15 à 450 volts, sont réputées légères à extrêmement dangereuses, voire létales. À aucun moment, le professeur ne se rend compte qu'elles sont fictives. À 300 volts, l'élève se met à taper sur la cloison séparant les deux pièces et à 315 volts, il sombre dans un inquiétant silence. Dans la deuxième variante de l'expérience, le professeur entend distinctement les cris de douleur et supplications de l'élève. Nombre de participants se tournent vers l'expérimentateur en blouse blanche, figure de l'autorité scientifique, lorsque le stade des 150 volts est atteint. Mais si le sujet hésite, l'expérimentateur le rassure en l'exonérant de toute responsabilité quant aux conséquences de ses actes. Et s'il veut arrêter, il est exhorté à continuer.

Aucun participant ne renoncera avant 300 volts. Plus interpellant encore: presque deux tiers des

Réalisée au début des années 1960, l'expérience de Stanley Milgram, de l'Université Yale, aux États-Unis, est restée l'une des plus célèbres de l'histoire de la recherche en psychologie. Elle souligna à quel point des individus confrontés à des ordres émanant d'une autorité hiérarchique peuvent être influencés dans leurs comportements et en viennent, pour la majorité, à accepter d'accomplir des actes contraires à leurs valeurs.

Entre 1960 et 1963 se déroula, sous la direction de Stanley Milgram, une expérience initiale suivie de 18 variantes qui permirent d'en affiner les résultats. Dans le protocole de base, les participants, des hommes entre 20 et 50 ans recrutés via une annonce placée dans des journaux locaux,

individus (65% dans l'expérience de base, 62,5% dans sa deuxième version) poursuivront l'expérience jusqu'à son terme, administrant donc ce qu'ils pensent être des chocs électriques potentiellement létaux.

Dix-sept autres variantes de l'expérience de base furent testées par Milgram, avec de subtiles modifications de paramètres. Même si les travaux du psychologue américain furent contestés sur certains aspects méthodologiques (et éthiques), ils révélèrent clairement que le comportement d'obéissance est lié au contexte dans lequel l'individu est placé. «*Ainsi, lorsque l'expérimentateur (dirigeant l'étude) n'était pas présent dans la pièce et donnait ses ordres par téléphone, ou que les ordres étaient donnés par un individu "ordinaire" (ne représentant pas l'autorité de l'expérimentateur), le taux d'obéissance chuta avec respectivement 20,5% et 20% des volontaires qui obéirent jusqu'à la fin de l'expérience*», rapportait Émilie Caspar en mai 2017 dans la revue *Médecine/Sciences*.

Docteur en neurosciences cognitives au sein du Groupe conscience, cognition et computation dirigé à l'Université libre de Bruxelles (ULB) par le professeur Axel Cleeremans, elle indique par ailleurs qu'une question centrale restait sans réponse: comment la coercition influence-t-elle les comportements moraux ? Pour étudier cette question, il faut se centrer sur l'individu au moment où il pose l'acte contraire à ses valeurs, c'est-à-dire appréhender son vécu subjectif et son fonctionnement neural en cette occurrence. Dans ce cadre, le concept central est celui d'«agentivité», qui se réfère au sentiment qu'éprouve ou non le sujet d'être l'auteur (l'«agent») de ses actes

## Diffusion ou dilution ?

Une méthode pour mesurer le degré d'agentivité est évidemment de demander au sujet s'il se perçoit comme l'auteur de telle ou telle action. Mais ce jugement explicite est soumis à divers aléas, en particulier le biais de désirabilité sociale traduisant la volonté d'apparaître sous un jour favorable à ses interlocuteurs. Ainsi que nous l'expliquions dans le n° 320 de mai 2016 (pp. 24-27), une méthode plus objective a été proposée en 2002 par Patrick Haggard, de l'University College London: la chronométrie mentale. Le chercheur britannique a démontré expérimentalement que les individus estiment plus court l'intervalle de temps entre une action qu'ils ont accomplie (en l'occurrence, pousser sur un bouton) et sa conséquence (l'émission d'un son) dans une situation où ils ont volontairement produit l'action, par comparaison à une situation où celle-ci a été provoquée par une intervention extérieure. Par exemple, dans l'expérience de Haggard, lorsqu'une personne

saisit le doigt des sujets et le conduit sur le bouton. «*Le fait d'accomplir une action volontaire modifie votre perception du temps qui passe, en le faisant paraître plus court*», résume Émilie Caspar.

La question du libre arbitre et, par là même, de la responsabilité individuelle demeure très spéculative. Aussi, comme le déclare le professeur Lionel Naccache, de l'Institut du Cerveau et de la Moelle Épinrière, à Paris, est-il plus fécond de s'intéresser à un concept qui a l'avantage d'être opérationnel, notamment dans le champ de l'éthique et de la morale: l'agentivité, susmentionnée. Mais si elle est au cœur des travaux scientifiques, elle est largement méconnue du plus grand nombre, qui perpétue le concept de responsabilité, son (proche) cousin.

Précisément, c'est moins les résultats de Milgram qu'un événement tiré de la vie courante qui a aiguisé l'intérêt d'Émilie Caspar pour les questions de responsabilité et, par ricochet, d'agentivité. Afin de toucher une assurance-vie, une institutrice avait payé 2 individus pour qu'ils fassent disparaître son conjoint. Lors du procès relatif à cette affaire, la peine requise à l'encontre de la commanditaire de l'assassinat était plus lourde que celle réclamée pour les 2 tueurs. «*Je me suis demandée quelle responsabilité s'attribuaient personnellement les différents intervenants, dit-elle. Y en avait-il au moins un qui se sentait responsable de ce qui s'était passé ?*»

Bref se posait la question de la diffusion ou de la dilution de la responsabilité. «*En clair, explique le professeur Cleeremans, la responsabilité est-elle une "quantité fixe" qu'on se passe ou quelque chose qui s'évapore littéralement ?*» Cette interrogation est omniprésente dès qu'interviennent des relations hiérarchiques dans un contexte où sont exécutés des actes contraires à certaines valeurs morales. Citons le cas du milieu hospitalier, où, par exemple, des infirmières prodigueraient des soins prescrits par un médecin, alors qu'elles savent qu'ils se révéleront inappropriés. Des médecins, notamment des stagiaires, pourraient connaître une situation similaire en répondant aux injonctions d'un directeur médical. Et la communauté des soignants pourrait se trouver en porte-à-faux par rapport à l'art de guérir en appliquant certaines directives imposées par la direction administrative de l'hôpital, pourtant non compétente en médecine... Qui se sentira responsable en cas de problème, si tant est que quelqu'un reconnaisse son implication ?

## Obéissance aveugle ?

En 2016, le magazine *Current Biology* publiait les résultats d'une première étude réalisée en







commun par des chercheurs de l'ULB et de l'University College London. Comme les travaux de Milgram, elle avait trait aux exécutants. Ici encore, il fallait infliger des chocs électriques (bien réels, cette fois, mais d'intensité constante et peu douloureux) ou des pénalités financières à d'autres personnes. Les participants récoltaient alors de petits bénéfices pécuniaires (0,05 €). Dans une première modalité de l'étude, ils avaient le libre choix de pousser sur un bouton pour administrer une pénalité (physique ou financière), et donc recevoir un peu d'argent, ou sur un autre bouton pour signifier qu'ils s'abstenaient de le faire. La pénalité fut infligée dans un peu plus de la moitié des cas. Dans une seconde modalité, l'expérimentateur leur intimait l'ordre d'agir dans un sens ou dans l'autre. Aucun des 80 participants ne désobéit alors aux ordres. Cette absence totale de rébellion peut sans doute s'expliquer par le caractère assez insignifiant des peines infligées, tant dans l'absolu que par rapport à celles (fictives) en vigueur dans l'expérience de Milgram. Mais l'étude avait d'autres buts que d'analyser cette situation.

*«À chaque fois que le participant appuyait sur une touche, un son était émis au terme d'un intervalle aléatoire de 200, 500 ou 800 millisecondes après l'appui, indique Émilie Caspar. Dans les essais impliquant une pénalité financière ou un choc électrique, ce son était produit au même moment que l'application de la peine infligée. La tâche des participants était d'estimer, en millisecondes, l'intervalle de temps qui séparait leur action et le son.»* Par référence aux travaux publiés en 2002 par Patrick Haggard, cette estimation était utilisée comme un marqueur implicite du sentiment d'agentivité.

Résultats ? Dans la condition où les sujets étaient libres de choisir quelle action effectuer, ils avaient l'impression que le délai entre l'acte posé et le son émis peu après était beaucoup plus court que dans la condition où un ordre leur était donné. Aussi, dans ce dernier cas, se jugeaient-ils moins responsables des conséquences de leurs actes. *«L'effet observé l'était que la pénalité soit infligée ou non, insiste le professeur Axel Cleeremans. Dès lors, même quand vous recevez l'ordre de réaliser une action moralement souhaitable, votre sentiment d'agentivité est édulcoré.»*

Au cours d'une seconde expérience, qui mimait la première, les chercheurs procédèrent à des enregistrements par électro-encéphalographie – mesure de l'amplitude de l'onde cérébrale N100 lors de l'audition du son consécutif à l'appui sur un des 2 boutons. Il apparut que quand les sujets exécutaient un ordre, l'amplitude de l'onde

N100 était plus faible, traduisant ainsi, au niveau neural, une atténuation de leur réponse envers les conséquences de leur action. Les travaux des chercheurs britanniques et belges soutiennent donc l'idée que les individus qui obéissent aux ordres pourraient se sentir moins responsables de leurs actes et partant, que la phrase *«Je n'ai fait qu'obéir aux ordres»*, rendue célèbre par le procès de Nuremberg, ne serait pas qu'une formule de rhétorique destinée à éviter ou adoucir une sanction. Cependant, comme le souligne le professeur Haggard, *«la société doit gérer les éléments objectifs en lien avec ce que font les individus»*. C'est ici que le concept d'agentivité trouve sa pleine mesure.

## Les donneurs d'ordres

Pour répondre à la question consistant à déterminer si, dans un contexte hiérarchique, le sentiment de responsabilité, écarté par la plupart des exécutants, est assumé par les donneurs d'ordres ou s'il se dilue totalement, les chercheurs de l'ULB et de l'University College London entreprirent 2 nouvelles expériences dont les résultats ont été publiés dans *Plos One* le 26 septembre 2018. Pour ces recherches, ils reprirent le paradigme développé pour leurs travaux de 2016, mais en circonscrivant les punitions aux seules décharges électriques. Cette fois cependant, le donneur d'ordres n'était pas l'expérimentateur, mais un participant, baptisé le «commandant». Chaque essai regroupait donc 3 volontaires qui, en outre, étaient appelés à occuper, au fil des essais, chacune des fonctions requises par l'étude : commandant, agent, victime. Le commandant pouvait donner l'ordre à l'agent d'administrer un choc électrique à la victime ou au contraire, de ne pas le faire. En cas de délivrance d'une décharge électrique, tant le commandant que l'agent recevaient 5 centimes.

Dans une première modalité expérimentale réunissant 36 participants – des étudiants universitaires –, le commandant donnait ses ordres verbalement à l'agent. Aussi bien à travers des questionnaires explicites qu'à travers des mesures implicites du sentiment d'agentivité via la chronométrie mentale, les chercheurs observèrent chez la plupart des donneurs d'ordres, tout comme chez la plupart des agents, une réduction du sentiment d'agentivité par rapport à une situation contrôle. *«Toutefois, le commandant évaluait l'intervalle de temps entre le moment où l'agent appuyait sur la touche et le son qui en résultait. Dès lors, d'un point de vue théorique, on pourrait défendre l'idée que la chronométrie mentale ne rendait pas compte du sentiment d'agentivité du commandant lui-même»*, commente Émilie Caspar.

D'où la seconde modalité expérimentale (33 participants) au cours de laquelle le commandant donnait ses ordres en appuyant sur un bouton et devait ensuite estimer l'intervalle de temps entre sa propre action et le son qui découlait de celle de l'agent lorsque ce dernier obtempérait. À nouveau se révéla, chez la majorité des donneurs d'ordre, une perte d'agentivité par rapport à la situation contrôle où l'injonction d'administrer un choc électrique ou de s'en abstenir n'était pas respectée. Cette réduction d'agentivité était aussi importante que quand le commandant endossait lui-même le rôle d'agent et obéissait à des ordres. Bref, d'après les résultats expérimentaux, il apparaît que le sens de l'agentivité s'évapore dans les situations hiérarchiques, que personne - donneur d'ordres ou exécutant - ne se juge responsable des conséquences de ce qui a été ordonné et exécuté, même si, vraisemblablement pour des raisons de désirabilité sociale, les donneurs d'ordres déclarent le contraire.

L'étude publiée récemment dans *Plos One* dévoile par ailleurs un autre élément interpellant. «*Nous avons observé que plus les participants avaient des scores élevés sur l'échelle autorapportée de psychopathie de Levenson, instrument de mesure des traits de personnalité psychopathiques, tels l'impulsivité ou le manque d'empathie, plus leur sentiment d'agentivité était réduit lorsqu'ils donnaient des ordres*», rapporte Émilie Caspar. Et Axel Cleeremans de préciser: «*Cette conclusion va dans le sens de plusieurs études montrant que les grands dirigeants présentent en général des traits psychopathiques plus marqués que la moyenne des individus dans la population générale.*»

## Étudier la désobéissance

Un autre résultat de l'étude n'est pas passé inaperçu: même dans la condition où les agents pouvaient désobéir aux ordres du commandant (dans une autre condition, l'expérimentateur leur avait demandé de s'y plier systématiquement), ils ne le faisaient que dans 32% des cas. «*Mais surtout, de façon plus inquiétante, ce taux de désobéissance n'était pas différent entre une désobéissance de type prosocial (ne pas administrer de choc électrique à la victime alors que le commandant l'a ordonné) et une désobéissance de type antisocial (administrer un choc électrique à la victime alors que le commandant a ordonné de ne pas le faire)*», insiste Émilie Caspar.

Contrairement aux travaux publiés en 2016 dans *Current Biology*, les récents travaux des chercheurs de l'ULB et de l'University College London ne comportaient qu'un versant comportemental et n'incluaient donc pas de versant électrophysiologique. Ils soulèvent plusieurs questions.



«Le fusillé souriant» est l'une des photos les plus célèbres de la Seconde Guerre mondiale. Mais de ces soldats allemands répondant à l'ordre de pratiquer une exécution ou de celui qui le délivre, quelqu'un se sent-il moralement responsable ? Sans doute personne...

Tout d'abord, les auteurs considèrent qu'il convient de vérifier que la réduction du sentiment d'agentivité constatée chez les donneurs d'ordre de leur expérience n'était pas liée au fait que ceux-ci, des étudiants, n'avaient aucune expérience du commandement. Aussi l'expérience sera-t-elle reproduite prochainement avec des officiers de l'armée. Peut-être le sentiment d'agentivité sera-t-il plus affirmé chez ces personnes qui ont été formées pour commander. «*Notre objectif est d'entreprendre une étude longitudinale en suivant des individus depuis l'école militaire jusqu'au moment où ils accèdent au grade de lieutenant*», dit Émilie Caspar.

On peut également se demander dans quelle mesure le caractère assez inoffensif des chocs électriques dispensés aux victimes ne réduit pas en soi le sentiment d'agentivité des donneurs d'ordre et des exécutants. En revanche, on peut s'étonner qu'une majorité d'individus consentent à faire administrer ou à administrer des décharges électriques à autrui pour gagner une somme aussi modique que 5 centimes. «*Nous aimerions développer un paradigme expérimental qui nous permette d'étudier systématiquement la désobéissance et d'essayer de cerner, notamment par IRM fonctionnelle, les caractéristiques des personnes qui, contrairement à la majorité des autres, refusent de se soumettre aux ordres, commente la psychologue. Ce paradigme n'est pas aisé à élaborer car, pour des raisons éthiques, des travaux similaires à ceux menés par Stanley Milgram, par exemple, ne sont plus concevables.*»

Heureusement, des individus prêts à désobéir lorsque leurs valeurs morales sont en danger, il en existe encore ! **A**





# Bio News

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

PHOTOS : © KEN-ICHI UEDA / BIOZOOM (P.39), © DR MIKE BAXTER, WIKIMEDIA COMMONS, CC BY-SA 2.0 (P.40)

## Une avalanche de riz

**Q**uand on évoque le «riz», on pense à quelques variétés qui se retrouvent dans nos assiettes: riz blanc à grains ronds ou longs, coloré, basmati, etc. La palette suffit en général à combler le souhait de changement des consommateurs de chez nous.

Mais ce qui est disponible à proximité n'est qu'une infime partie de toutes les variétés disponibles dans le monde. On peut en avoir une vague idée à la simple constatation du fait que cette graminée est un aliment de base pour près de la moitié de la population mondiale et que, du coup, il faut la faire pousser dans des conditions souvent différentes. Alors ce nombre: a-t-on un avis ? On risque d'être loin du compte puisqu'il y en aurait, pour le moment, 136 000 variétés recensées et conservées dans une banque de grains située aux Philippines.

Toutes ne sont pas ou plus consommées; figurent à ce nombre des variétés anciennes, des hybrides, quelques espèces proches peu différenciables, etc. Mais de nouvelles pourraient encore venir s'y ajouter, fruit d'une sélection très orientée ou de manipulations génétiques. Pour faire notamment face aux changements climatiques, qu'ils mènent à une sécheresse prolongée ou au contraire, à des inondations intenses.

Cette banque d'un type un peu particulier, qui est de nature à intéresser les consommateurs mais surtout les producteurs et les chercheurs en tous genres, est assurée de recevoir une dotation annuelle de 1,4 million de dollars. C'est en tout cas ce qu'a récemment promis le *Crop Trust*, une association non gouvernementale basée en Allemagne. En espérant que cette intention s'inscrive dans le temps et que les capitaux soient intégralement alloués à la conservation attendue. 

► **Nature, 2018; 562: 313**



## De la technique à l'éthique

**S**i l'image éculée du docteur Frankenstein fait sourire aujourd'hui, la réalité de l'avancée des connaissances et techniques reste elle bien contemporaine et suscite, à termes réguliers, des interrogations diverses. La percée de la biologie moléculaire, il y a une quarantaine d'années, et la possibilité offerte de «manipuler» des gènes a longuement été un domaine de vif débat avant que des dispositions réglementaires soient prises, balisant la limite à ne pas franchir entre le techniquement possible et le moralement indéfendable.

Cette réglementation date d'une vingtaine d'années. Entretemps, les techniques ont évolué et est notamment apparue celle qui mobilise aujourd'hui des milliers de chercheurs dans les laboratoires à finalité aussi bien académique que commerciale. C'est CRISPR-Cas9. Pour rappel, il s'agit de cette disposition naturelle identifiée chez les bactéries qui peut couper la double hélice d'ADN en un endroit précis, ce qui autorise d'y insérer une séquence correctrice, si c'est l'intention. Cette fois, on dispose d'une méthode qui permet un travail précis, bien différent des tentatives d'insertion aventureuse de gènes opérées auparavant. On perçoit donc tout l'intérêt de la mise en œuvre d'une telle méthode dans la correction des maladies humaines, notamment, dues à une mutation affectant un gène particulier. Il demeure que CRISPR-Cas9 reste une technique et qu'à ce titre, elle est susceptible de ne pas répondre parfaitement à l'objectif visé. On en a déjà fait l'expérience récemment. On sait aussi que les réglementations interdisent a priori toute manipulation relative aux spermatozoïdes, ovules et embryons humains. Or, c'est à ces niveaux qu'une modification apportée a le plus de chances de se montrer efficace sur un futur humain. Des essais réalisés il y a peu en Chine semblent en avoir apporté la preuve. Mais la prudence et la réserve demeurent.



Reste également toute la problématique du dépôt de brevets, déjà largement abordée au cours des années 90: une société commerciale peut-elle obtenir un brevet sur une technique dont on pressent l'application universelle ensuite dans un registre biomédical ? Cela ne risque-t-il pas de rendre son application limitée aux seuls nantis, qu'ils soient les promoteurs ou les destinataires ?

On sait également que dans cette perspective se profilent les organes animaux (porcins essentiellement) à «humaniser» par manipulation du génome afin de les rendre disponibles à la greffe chez des malades en attente. Un marché est à saisir dans ce domaine en cas d'autorisation accordée. Bref, la science qui avance n'est pas sans poser quelques questions éthiques dès qu'il s'agit de faire bénéficier des humains de l'une ou l'autre avancée les plus prometteuses. Comme sur un sol glissant, il convient de déplacer un pied quand on est sûr que l'autre a trouvé une assise ferme. C'est donc souvent une simple question de temps et de prudence élémentaire. 

► **Nature, 2018; 562:486-488**



## BIO ZOOM

Ce que vous voyez ici, ce ne sont pas les orteils d'un étrange animal tout droit sorti de la Préhistoire. Ce sont des crustacés cirripèdes marins. Les pouces-pieds vivent en colonie (parfois de milliers d'individus) notamment en Bretagne, fixés à un rocher battu par les vagues ou au pied d'une falaise. C'est ce que l'on appelle des animaux sessiles. Ils sont composés d'un pédoncule (la partie foncée) et d'un capitulum (5 plaques calcaires blanches et de plus petites à leur base) et peuvent vivre jusqu'à 20 ans ! Comestibles, ils ont été pêchés trop intensivement si bien que leur récolte est désormais réglementée.



Crâne de Neandertal

## Neandertal était-il violent ?

**D**epuis longtemps, l'idée qui veut que les hommes de Neandertal aient été violents, évoluant dans un univers très hostile, a fait son chemin. La raison ? Le nombre apparemment élevé de traumatismes osseux relevés en particulier sur les vestiges de crânes. On sait que ces hommes étaient plutôt massifs, qu'ils ont connu des conditions environnementales difficiles et que les rigueurs du climat les ont astreints à des chasses parfois périlleuses pour leur apporter de quoi se sustenter. Mais une idée bien ancrée ne vaut que si elle est étayée de données chiffrées et vérifiables. C'est ce qui a motivé des chercheurs, lesquels ont décidé de revisiter les descriptions publiées de 114 crânes de ces hommes du passé, qu'ils ont comparées à celles de crânes de nos ancêtres directs (*Homo sapiens sapiens*); toutes les pièces - plus de 200 au total - étant datées de 80 000 à 20 000 ans d'ici.

Ce qui apparaît, contrairement à l'idée reçue, c'est qu'il n'y a pas plus de blessures chez les Néandertaliens que chez nos ancêtres. En revanche, on constate que les hommes sont davantage porteurs de traumatismes crâniens que les femmes et que les Néandertaliens blessés étaient statistiquement plus jeunes que les sapiens dans le même cas, une blessure dont ils se sont moins bien remis également, signes de moindre cicatrisation à l'appui.

Ces quelques observations soulèvent déjà de nombreuses questions sur les rigueurs du mode de vie, les attitudes défensives ou agressives, le partage d'activités entre les tranches d'âge et les sexes. Mais il ne s'agit encore que de traumatismes relevés sur les seuls os du crâne. Reste tout ce qui fait la plus grande partie du squelette, membres compris. Le travail reste à faire, mais il est sûr qu'il mènera, lui aussi, à quelques considérations socioculturelles additionnelles sur ces humains qui nous ont précédés. **A**

► **Nature 2018; 563: 634-636 et 686-690**

## Grand, vieux et en péril

**E**n latin, *pando* signifie «je m'étends». C'est aussi le nom d'un bois de peupliers tremble (*Populus tremuloides*) dans l'Utah, aux États-Unis. Pourquoi ce nom ? Simplement parce qu'au fil des années, cet arbre qui se reproduit facilement de façon asexuée (par marcottage et drageons) a fini par atteindre une superficie actuelle de 43 ha. Et cela dure depuis longtemps: on estime en effet son âge à ... 80 000 ans et comme tous les pieds de ce peuplier ont une origine génétique commune, on peut prétendre que l'ensemble correspond à un même individu. Du coup, on s'est amusé à estimer son poids qui devrait avoisiner... 6 000 tonnes.

Voilà donc un peuplement forestier qui, assimilé à un individu, doit être un des plus grands, des plus lourds et des plus vieux de la planète. Sauf qu'il est menacé. Par l'homme comme souvent, qui a progressivement morcelé l'endroit en traçant des routes et chemins. Mais par le cerf aussi (*Odocoileus hemionus*) qui trouve les jeunes pousses à son goût et empêche donc l'ensemble de se renouveler. Il n'y a sans doute pas encore péril en

la demeure pour ce grand vieillard qui a encore de beaux jours devant lui; au plus est-ce son côté exceptionnel qui risque d'en pâtir. Si la réduction se poursuit, si des atteintes à son intégrité (mono)spécifique surviennent, cette particularité ne sera plus, dans un avenir non prévisible, qu'un bois comme les autres. Sauf bien entendu si on prend les dispositions qui s'imposent. C'est le cas pour 7 ha déjà; mais ce n'est que très partiel, rapporté à l'ensemble.

Si *pando* est exceptionnel par ses dimensions, il ne constitue pourtant pas une exception: comme évoqué, l'arbre concerné se reproduit facilement sur un mode asexué et a dû bénéficier de conditions favorables à son extension en l'absence de concurrents. On trouve le même type de prolifération chez nous aussi, même si elles sont plus modestes et concernent d'autres espèces végétales: un massif d'orties qui couvre tout un talus, par exemple, tire souvent son origine d'un pied originel qui s'est étendu par stolons. Il s'agit donc là aussi, le plus souvent, d'un seul et unique individu. Autant de petit «pando's» qui échappent à notre étonnement... **A**

► **PLoS One 2018; 13,e0203619**



## Je te mange... ou pas

Le cerveau est sans contexte l'organe le plus complexe du corps, que ce soit chez l'homme ou chez les animaux, au moins les plus développés d'entre eux. Les connexions inter-neuronales, les synapses, seraient chez l'homme au nombre de  $10^{15}$ , soit un million... de milliards. Cette extraordinaire complexité s'inscrit obligatoirement dans la durée; elle commence au cours de la vie embryonnaire et fœtale et se poursuit au-delà.

On pourrait penser qu'elle est unidirectionnelle et ne va, du début à la fin, que dans le sens d'une complexité croissante. C'est globalement vrai. Pourtant, en cours de mise en place de ce réseau, des connexions sont également supprimées. Pourquoi ? Parce que, pense-t-on, elles ne servent pas, ou pas assez. En quelque sorte, c'est du nettoyage et sans aucune doute, du recyclage tout étant réutilisé au fur et à mesure comme on l'imagine.

Ce sont les cellules spécialisées dans les défenses immunitaires du cerveau, constituant la microglie, qui sont chargées de ce nettoyage. Elles le font bien entendu à la réception de signaux spécifiques qui leur indiquent les endroits où elles doivent opérer. On a découvert leur existence il y a peu et les scientifiques n'ayant pas le souci de faire compliqué quand il n'y a pas lieu, ont appelé ce signal «*eat me*» (mange moi). Il tient, pour ce qu'on en sait aujourd'hui, à une protéine qui vient se fixer sur la connexion à faire disparaître. Elle s'appelle C1q et son récepteur est une autre protéine, CR3, fixée sur la membrane des cellules de la microglie. La reconnaissance est dès lors acquise et la cellule de nettoyage peut venir «manger» la dendrite (connexion) à faire disparaître. Mais le système a prévu de parer aux erreurs potentielles de localisation et a mis en place un signal «ne me mange pas». Il tient lui aussi au même principe de reconnaissance spécifique et garantit les dendrites qui les portent qu'elles ne seront pas éliminées. Ce sont 2 protéines encore qui assurent le message: CD47 sur la connexion à préserver, SIRP- $\alpha$  sur la microglie.

Cette sécurité suffit-elle ? Probablement, d'autant que ce qu'on en sait n'est peut-être encore que partiel. Et puis, il y aurait en moyenne 20 000 dendrites par neurone. Ça laisse de la marge pour une reconnexion en cas d'erreur accidentelle... 

► *Nature* 2018; 563: 42-43

## Pas de petit profit

On a tous vu ces images d'ours bruns pêchant «à la patte» des saumons rouges dans les rivières et torrents du grand nord américain. Certes, ces poissons sont-ils épuisés par un long voyage (ils remontent de l'océan) et leur coloration rouge les rend particulièrement identifiables. Le prélèvement que les gros omnivores en font est à la hauteur de la taille et surtout de l'appétit de ceux-ci et les berges des rivières se retrouvent jonchées des reliefs de repas gloutons.

Des scientifiques ont depuis longtemps souhaité évaluer ce prélèvement faunique et ont décidé, chaque année, de compter les vestiges des saumons laissés en marge d'une étroite rivière dans le sud-ouest de l'Alaska. Afin de ne pas compter 2 fois la même pièce et de ne blesser personne (les ours restant dans les parages), ils ont décidé de jeter systématiquement les restes trouvés du même côté du cours d'eau. C'est un protocole opérationnel qu'ils suivent maintenant depuis une vingtaine d'années.

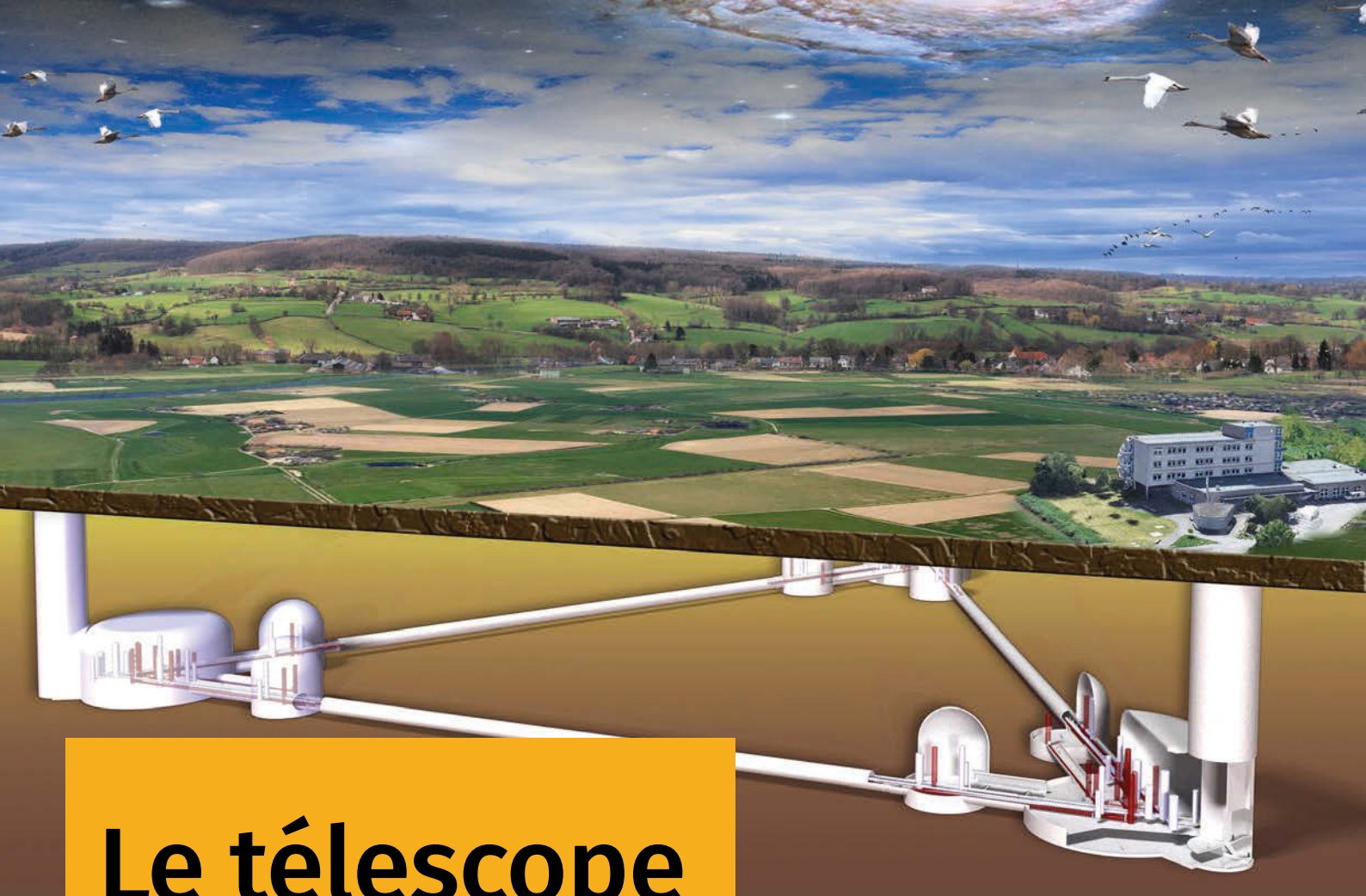
L'objectif d'évaluation quantitative reste prioritaire et inchangé depuis le début, ce qui n'a pas empêché les chercheurs de se demander si toutes les carcasses des poissons balancés du même côté de la rivière ne pouvaient avoir eu, à la longue, un effet sur les pins glauques (*Picea glauca*) qui poussent sur cette même berge. Et ils n'ont pas été déçus. Non seulement l'étude de leurs aiguilles a révélé la présence d'une forme azotée typique du milieu marin, mais la comparaison des plants poussant de part et d'autre de la rivière a permis de mettre en évidence une croissance significativement accrue du côté «carcasses». Rien n'a donc été perdu: si les saumons prélevés ont essentiellement servi à alimenter les ursidés, leurs restes ont contribué à la croissance végétale proximale qui, du coup, a également offert un recyclage en cycle court. «*Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme*», disait l'illustre Lavoisier au 18<sup>e</sup> siècle. On en a une preuve additionnelle ici. 

► *Nature* 2018; 563: 9

► *Ecology*, <http://doi.org/cv95> (2018)







# Le télescope Einstein

**La détection directe des ondes gravitationnelles se poursuit. Un nouvel observatoire, Kagra, devrait entrer en fonction cette année au Japon. Et, cela nous concerne davantage, le projet du télescope Einstein dans l'Euregio Meuse-Rhin, continue à se développer. Une première va même être tentée dans ce cadre: la construction d'un prototype de grand miroir suspendu à température cryogénique**

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET  
PHOTO : MARCO KRAAN, NIKHEF (P.42)

**L**e 14 septembre 2015 demeurera une date importante de l'histoire de la physique: ce jour-là en effet, les scientifiques des 2 observatoires LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) situés aux États-Unis observent les ondes gravitationnelles provoquées par la fusion de 2 trous noirs, exactement comme Albert Einstein l'avait prédit dans sa théorie de la relativité générale un siècle plus tôt. Après bien des vérifications, les physiciens publient

le résultat de leur observation en février 2016 dans les *Physical Review Letters*. Ils y indiquent notamment qu'à partir de la structure des ondes observées, ils ont pu déduire la masse respective des 2 trous noirs (29 et 36 masses solaires) et celle du trou noir résultant (62 masses solaires), ce qui montre que 3 masses solaires ont été perdues sous forme d'énergie gravitationnelle. Comme 2 observatoires ont détecté le phénomène, par recoupement, ils sont aussi parvenus à déterminer une zone de l'espace où il s'est produit et la distance à laquelle il s'est déroulé, en l'occurrence 1,3 milliard d'années-lumière. Ces quelques détails montrent que la détection de ces ondes a ouvert la voie à une nouvelle astronomie, celle où la lumière (les photons) n'est plus le vecteur porteur d'informations mais où c'est l'espace-temps lui-même qui sert de messenger. Avec, parmi d'autres, la promesse de voir ce qui s'est passé tout juste après le Big Bang !

D'où, bien sûr, la multiplication des projets d'observatoires, de «télescopes» de ce type à travers le monde. Si 4 sont en activité aujourd'hui et ont détecté plusieurs autres ondes depuis 2015 (VIRGO en Italie, les 2 LIGO aux USA et GEO en Allemagne), un autre est sur le point d'être finalisé au Japon (Kagra) tandis que l'Europe a lancé le programme Einstein, dont la localisation sera sans doute décidée en 2021. Deux endroits

sont encore en lice aujourd'hui, la Sardaigne et l'Euregio Meuse-Rhin, plus précisément cette zone du Limbourg hollandais proche des 3 frontières et située au cœur d'un triangle formé par les villes de Liège, Maastricht et Aachen. Une belle carte à jouer pour la Wallonie, ses chercheurs et son industrie spatiale !

## Précision

Les observatoires d'ondes gravitationnelles décrits ici sont en fait des interféromètres géants. Un faisceau laser est réfléchi sur des miroirs suspendus aux extrémités de longs (plusieurs km) tubes sous vides perpendiculaires l'un à l'autre. Ces faisceaux permettent de mesurer en permanence la distance entre les miroirs avec une précision très importante. Lorsque l'onde atteint le dispositif, comme elle fait varier l'espace-temps, elle comprime et étire les bras de l'interféromètre, donc la distance entre les miroirs varie. L'ennui, c'est que cette variation relative de longueur n'est pas visible à l'œil, pas même au microscope: elle est en effet de l'ordre de  $10^{-21}$ , soit un milliardième de nanomètre pour un km !

Cette précision, c'est le domaine de Christophe Collette, ingénieur physicien, seul Belge à avoir été membre de la collaboration LIGO et aujourd'hui chargé de cours à l'ULiège et l'ULB et l'un des responsables du projet Einstein pour la Belgique. *«Nous allons entamer des travaux préparatoires qui auront un double objectif, explique-t-il. Tout d'abord développer un prototype pour valider certaines technologies implémentées dans le futur télescope et développer un observatoire souterrain pour connaître précisément la nature et la qualité du sous-sol dans la région des 3 frontières à 300 m de profondeur.»*

L'observatoire Einstein va en effet avoir des caractéristiques différentes de ses prédécesseurs. Sa sensibilité sera bien plus importante et il scrutera l'univers dans des fréquences plus basses. Et il sera construit en sous-sol (Kagra l'est aussi), avec la moitié de ses miroirs à température cryogénique (-253 °C, soit 20 kelvins) afin de réduire l'agitation thermique des atomes des miroirs et donc accroître leur performance. *«C'est l'objet de la phase prototype que nous allons entamer, explique Christophe Collette. Nous allons développer un miroir en condition cryogénique et étudier des modes de suspension de ce miroir qui permettent de réduire au maximum toutes les vibrations parasites.»* Les vibrations, voilà l'ennemi juré du responsable d'Einstein ! Et qui justifie d'ailleurs une construction dans le sous-sol. *«Nous ne le sentons pas, mais le sol bouge en permanence avec une amplitude de l'ordre du micron. Cela nous paraît dérisoire mais il faut se rappeler qu'il*

*faut pouvoir déceler des variations de longueur de l'ordre de  $10^{-21}$ ; un micron, c'est donc énorme. Or le sous-sol vibre environ 100 fois moins que le sol; c'est une des raisons de l'enfouissement d'Einstein.»* Mais elle n'est pas la seule. Il faut également se prémunir du bruit newtonien, ce mouvement dû aux fluctuations du champ de gravité autour de l'instrument. Si le sol bouge, si des bâtiments bougent sous l'effet du vent ou de l'activité humaine comme le passage de camions, les masses bougent également d'où une modification du champ gravitationnel... et donc un mouvement induit des masses. Mieux vaut donc se réfugier sous terre. *«Il faut donc développer des capteurs précis capables de mesurer des vibrations de très faible amplitude puis des stratégies qui permettent d'utiliser les signaux provenant de ces capteurs pour annuler la transmission de la vibration, donc découpler les interféromètres de la terre pour les coupler aux étoiles fixes dans l'espace.»*

## Astronomie multi-message

La plus grande sensibilité d'Einstein aura un autre avantage, que ses concepteurs espèrent décisif. Les ondes gravitationnelles ont en effet une signature sinusoïdale avec une amplitude et une fréquence qui augmentent jusqu'à ce que l'événement qui en est à l'origine (la fusion des trous noirs par exemple) se produise. Grâce à sa plus grande sensibilité, Einstein pourra détecter cette phase d'alerte plus tôt que les observatoires actuels. Cela veut dire que les télescopes «classiques» (électromagnétiques) pourront être pointés dans la direction de l'événement assez tôt pour l'observer à leur tour. *«Grâce à cette faculté de prédire les événements, se réjouit Christophe Collette, Einstein donnera aux astronomes la possibilité de faire une astronomie multi-message dont ils attendent beaucoup.»*

Le télescope Einstein semble donc une réelle opportunité pour tout le pays, la Wallonie et la région liégeoise en particulier. Celle-ci est en effet riche d'un long savoir-faire en technologie spatiale avec le CSL (Centre spatial de Liège - ULiège) mais aussi des industriels tels Amos. Parmi les 11 partenaires qui se sont lancés dans la réalisation du miroir prototype, ces 2 derniers figurent d'ailleurs en bonne place et ce sont leurs installations qui devraient abriter le miroir suspendu en condition cryogénique. 

En savoir



 <https://www.wallonie.be/fr/actualites/telescope-einstein-la-wallonie-partie-prenante>

 <https://www.einsteintelelescope.nl/fr/>

# À la Une du cosmos

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



Annonce ! Les détecteurs d'ondes gravitationnelles LIGO et Virgo avaient trouvé d'inattendus trous noirs assez gros, confirmation de leur existence avec la découverte de LB-1, un trou noir stellaire 70 fois plus massif que le Soleil... sauf que quelques jours plus tard, coup de théâtre: la signature de l'objet n'en est pas une, et la masse doit être revue à la baisse.

PHOTO: HOTAKA SHIOKAWA - VUE D'ARTISTE



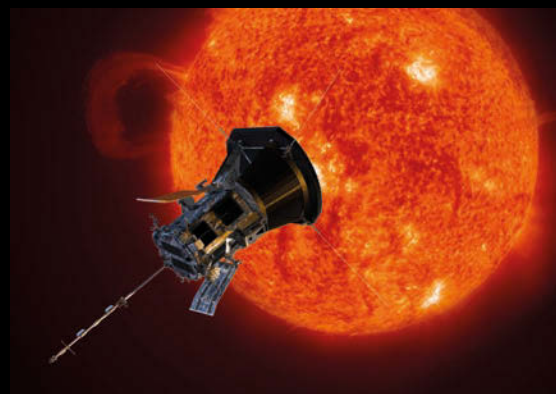
On connaissait les planètes orbitant autour d'étoiles à neutrons ou d'étoiles normales, voici la première autour d'une naine blanche: WDJ0914+1914.

PHOTO: ESO - VUE D'ARTISTE



Annonce (bis) ! Bételgeuse, l'étoile orangée de la constellation d'Orion, brille assez faiblement de ces temps-ci. Certains veulent y voir l'annonce de sa mort prochaine, dans une explosion de supernova, mais c'est en fait dû à la combinaison de ses cycles de variations: l'étoile se trouve au minimum des 2 cycles et on avait déjà observé un éclat aussi faible il y a un siècle. De son côté, les 2 membres du couple V Sge se rapprochent rapidement: à ce rythme, la fusion aurait lieu entre 2067 et 2099, créant une belle explosion lumineuse (le couple deviendrait aussi brillant que Sirius !).

PHOTO: ESO - VUE D'ARTISTE



Les premiers résultats de la sonde *Parker* commencent à arriver. Plus près de notre étoile, le vent solaire paraît bien plus complexe et instable que près de la Terre, avec des renversements de champs magnétiques rapides - un souvenir de la structure qui a donné naissance à l'éjection. La sonde a pu aussi observer la rotation - attendue mais plus forte que prévu - du vent solaire avec le Soleil (plus loin, près de chez nous, il s'agit juste d'un écoulement radial) ainsi que la diminution - elle aussi attendue - de la quantité de poussière alors qu'on s'approche du «feu central» de notre système solaire. Enfin, l'observation des flux de particules très énergétiques va permettre de mieux comprendre leur accélération.

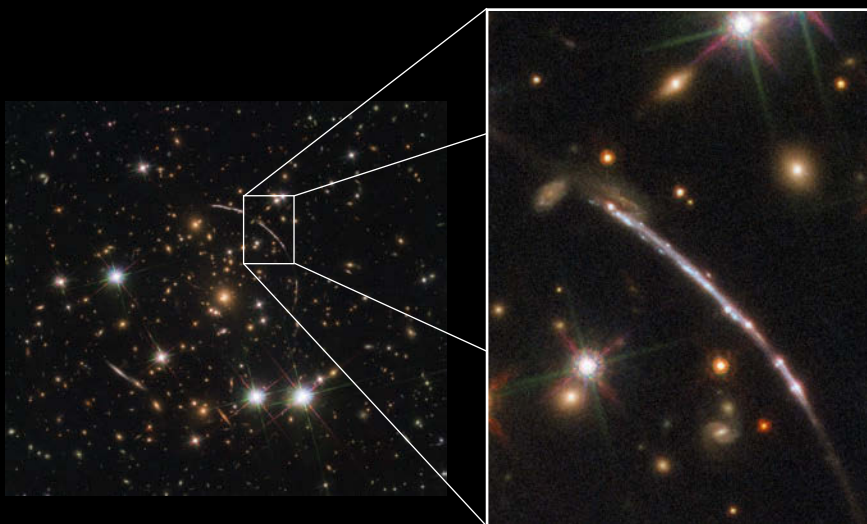
PHOTO: NASA



ALMA découvre des halos gazeux de carbone autour de galaxies jeunes. Ces cocons, résultats de l'explosion de supernovae, sont plus étendus que ne le prévoyaient les astronomes.

PHOTO: NAOJ - VUE D'ARTISTE





Le télescope spatial *Hubble* dévoile une douzaine d'images d'une même galaxie, grâce à un effet de lentille gravitationnelle. Leur analyse donne des informations sur la réionisation de l'univers, quelques centaines de millions d'années après le Big Bang.

PHOTOS: HST



Nouvelles côté radio: ❶ Le télescope *MeerKAT* a observé un sursaut inédit de l'émission radio d'un couple stellaire - reste à savoir ce qu'il se passe. ❷ *MeerKAT* révèle aussi l'émission radio des galaxies normales très lointaines, indiquant que le taux de formation des étoiles il y a 8 à 11 milliards d'années était plus élevé qu'on ne le pensait. Par contre, l'observation d'une autre galaxie lointaine, dans le visible, montre que des galaxies massives étaient déjà moribondes 1,5 milliard d'années après le Big Bang. ❸ Le déploiement de la 5G ne se fera pas sans conséquences: les mesures d'humidité seront affectées, une gêne pour les prévisions météo !

PHOTO: SARAO

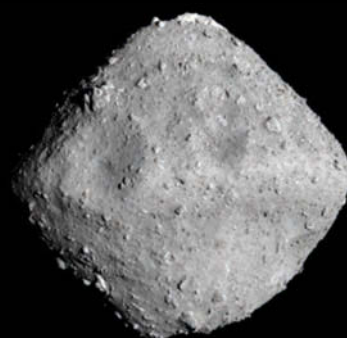


La station spatiale internationale accueille un petit télescope haute énergie, *NICER*. Il étudie notamment les pulsars. Il vient de fournir les premières mesures précises et fiables à la fois de la taille et de la masse d'un pulsar (1,3 masse solaire, 26 km de diamètre), ainsi que la première carte des points chauds à sa surface. Il a aussi déniché un sursaut de rayons X record en provenance du pulsar SAX J1808,4-3658.

PHOTO: NICER

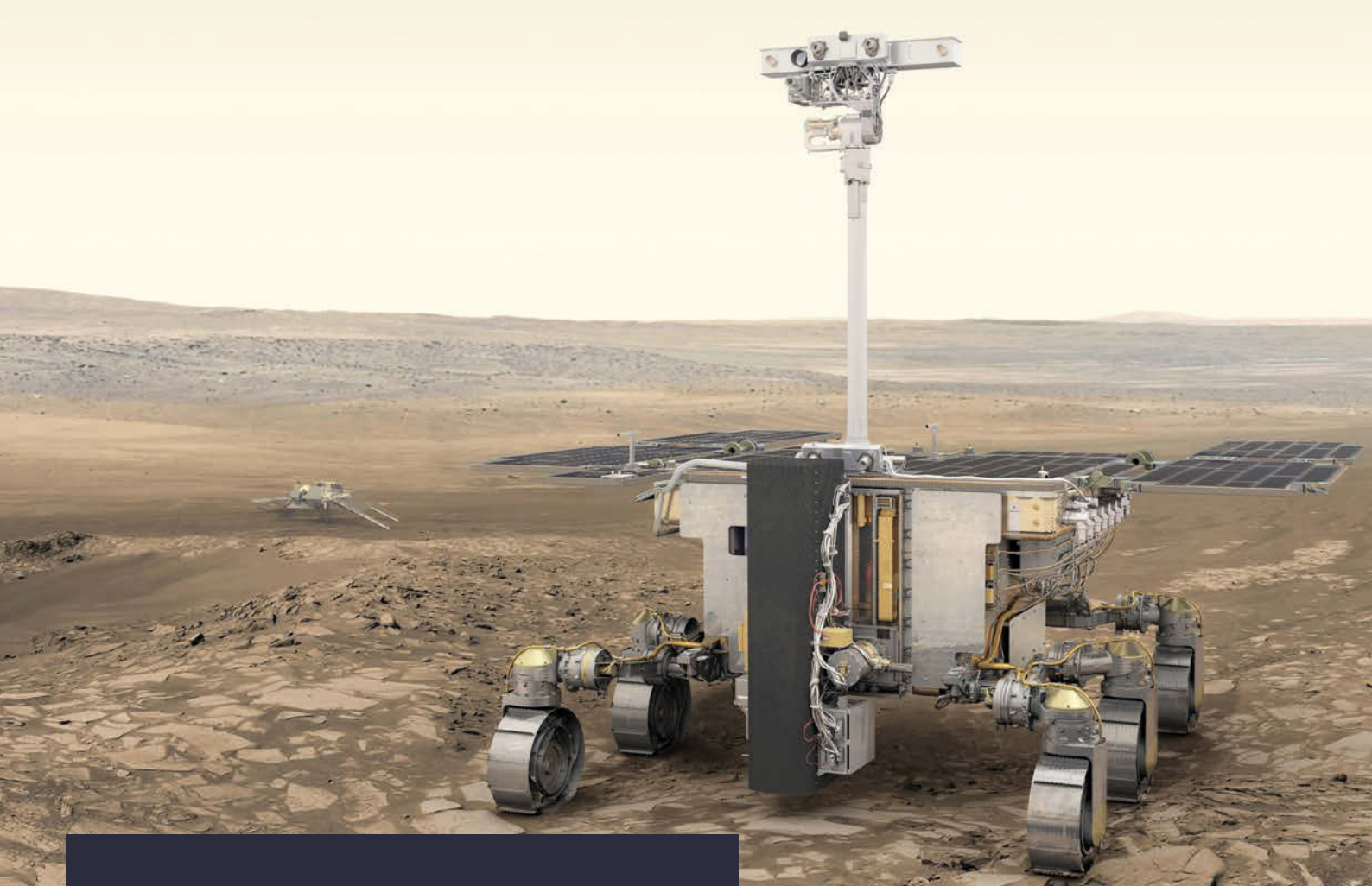


Quand une étoile peu massive évolue, elle passe par une phase de géante rouge où elle est très grosse: les planètes les plus proches peuvent alors être englouties. Toutefois, HD203949 possède une planète proche, qui a donc évité l'absorption - en fait, elle a pu se trouver au départ plus loin, puis s'être rapprochée après la phase rouge à cause d'un effet de marée.



La sonde japonaise *Hayabusa* quitte Ryugu pour ramener un échantillon sur Terre d'ici un an... En attendant, les cratères de l'astéroïde ont été comptés et étudiés: un hémisphère en comporte plus que l'autre, indiquant des âges différents, et il y en a peu aux pôles. Le bulbe équatorial viendrait d'un temps où l'astéroïde ne mettait que 3 h pour tourner !

PHOTO: JAXA



En mars 2021, la sonde russo-européenne ExoMars 2020 doit avoir déposé le rover européen Rosalind Franklin pour une étude en profondeur de la surface martienne

# Quoi de neuf dans l'espace ?

Mars, alias la Planète Rouge, va marquer ce début de nouvelle décennie. Quatre missions sont prévues qui prendront leur envol durant l'été 2020. Entre février et avril 2021, au terme d'un voyage interplanétaire de 9 mois, des engins se placeront autour de la planète ou se poseront sur son sol. Il s'agira de tirer au mieux parti de cette fenêtre de lancement vers Mars, qui se reproduit tous les 26 mois terrestres. Une nouvelle moisson d'informations scientifiques nous fera connaître davantage notre voisine et son environnement. En vue d'une colonisation à plus ou moins long terme ?

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: ESA

## Quels grands acteurs pour cette prochaine étape de l'exploration martienne ?

Quatre agences spatiales ont préparé des sondes et rovers dans le cadre de missions à caractère international:

- La NASA (*National Aeronautics & Space Administration*), qui a réussi à mettre en œuvre le plus grand nombre d'explorateurs martiens, lancera le Mars 2020 pour déposer une version améliorée du rover *Curiosity*. Avec ses 6 roues motrices, cet automate électrique de la taille d'une voiture évolue depuis août 2012 sur le sol martien et y a parcouru près de 22 km. Le prochain rover américain sera équipé d'un drone pour un survol du paysage; il pourra analyser et stocker des échantillons de la Planète Rouge.
- La CNSA (*China National Space Administration*) utilisera le puissant lanceur *Longue Marche 5* pour sa première opération martienne, baptisée HX-1 (*Huoxing-1*). Il s'agira de satelliser un observatoire de 3 t, puis de déposer au printemps 2021 un petit explorateur mobile, dérivé des microrovers *Yutu* lunaires.

- L'ESA (*European Space Agency*) et Roscosmos (agence russe de l'espace) coopèrent pour l'ambitieuse mission *ExoMars 2020*, dont la maîtrise d'œuvre industrielle a été confiée à *Thales Alenia Space*. Son lancement, depuis le cosmodrome de Baïkonour, se fera avec une fusée *Proton*. La plateforme *Kazachok*, que l'on doit à l'entreprise moscovite *Lavotchkin*, est équipée d'instruments scientifiques et supporte le rover européen *Rosalind Franklin*. Avec ce premier automate d'exploration martienne, l'Europe entend contribuer à la détection de traces d'évolution d'une vie, notamment en forant le sol jusqu'à 2 m.
- pour envoyer sa sonde *Al-Amal* («espoir») vers la Planète Rouge, l'*UAE Space Agency* des Émirats fera appel au lanceur japonais *H-IIA* sa sonde. Cette mission en orbite martienne est réalisée par le *Mrbac* (*Mohammed bin Rashid Space Centre*) avec la coopération d'universités américaines pour l'étude de l'atmosphère et du climat.

## Y aura-t-il une expérience «made in Belgium» à bord d'Exomars 2020 ?

L'instrument *LaRa* (*Lander Radioscience*) fait appel à un boîtier électronique sur la plateforme qui doit se poser à la surface martienne. Réalisée par la société *Antwerp Space* à Hoboken, l'expérience de géophysique est l'œuvre conjointe de l'Observatoire royal de Belgique et de l'Université catholique de Louvain. Grâce à l'analyse des signaux qu'il renverra vers la Terre, on doit en savoir plus sur la structure interne de Mars, afin de reconstituer l'histoire de son noyau.

## A-t-on déjà défini la suite de l'exploration de Mars durant les années 2020 ?

À la fin de la décennie, on compte bien ramener des échantillons du sol martien avec l'ambitieuse mission *Msr* (*Mars Sample Return*). Vu les défis technologiques et le coût des opérations, il est question qu'elle soit réalisée dans le cadre d'une coopération internationale entre les États-Unis, l'Europe, la Russie, la Chine... L'entreprise privée sera-t-elle en mesure de faire mieux ? En tout cas, Elon Musk, qui ne manque pas d'audace avec *SpaceX* (*Space Exploration Technologies*), envisage, dès 2025, d'y implanter les premiers éléments de colonie martienne au moyen de son puissant lanceur *Starship*. Un prototype de cette fusée réutilisable doit être testé au centre d'essais de Boca Chica (Texas) dans les mois à venir. 

## MAIS ENCORE...

### Budget record pour l'Agence spatiale européenne

Le Conseil ESA au niveau ministériel, qui s'est tenu à Séville les 27 et 28 novembre 2019, a adopté un ambitieux plan d'activités *Space19+* jusqu'en 2025. Plus de 14,5 milliards d'euros vont être financés par les 22 États membres de l'ESA pour les programmes suivants: l'observation de la Terre avec la surveillance de l'environnement (grâce aux satellites *Earth Explorer* et *Sentinel/Copernicus*), l'accès autonome à l'espace avec *Ariane 6*, *Vega C* et démonstrateurs, la participation européenne à l'*Iss* (*International Space Station*) et au retour des Américains sur la Lune, le soutien à l'innovation avec de nouvelles missions scientifiques et technologiques, la coopération avec la Commission européenne pour les systèmes *Copernicus* (télé-détection) et *Galileo* (navigation). De son côté, l'Union européenne est en train de revoir à la baisse la part de son budget pour l'espace: 12,7 au lieu des 16,9 milliards d'euros annoncés dans son cadre financier pluriannuel 2021-2027.

La Belgique a décidé de participer à l'effort de l'ESA pour un total de 816 millions d'euros. Elle va notamment développer les moyens primordiaux de cybersécurité spatiale à l'ESEC (*European Space Security & Education Centre*) de Redu (commune de Libin).

### Petit satellite «made in Belgium» pour l'étude des composants atmosphériques

Il s'appelle *Altius* (*Atmospheric Limb Tracker for Investigation of the upcoming Stratosphere*). Cette mission de l'ESA a été initiée par l'*Iasb* (*Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique*), responsable du concept de l'instrument et du traitement des données. Sa réalisation est financée à 94% par l'État belge.

Le contrat pour cet observatoire environnemental de 270 kg, qui doit être lancé en 2023, a été signé avec *Qinetiq Space*. Cette entreprise anversoise a déjà fourni à l'ESA les 3 micro-satellites *Proba* qui sont sur orbite. Elle vient de se doter d'une nouvelle infrastructure (salles propres, moyens d'intégration et d'essais) pour produire des satellites performants de petite taille (*bus P200*). *Spacebel* (Liège) et *Deltatec* (Ans) se trouvent associés au développement d'*Altius*. Le Centre Spatial de Liège sera chargé des tests et de la calibration.

### Nouveaux satellites géostationnaires avec des équipements belges

Alors que les constructeurs de satellites géostationnaires de télécommunications et de télévision peinent à décrocher des contrats, *Thales Alenia Space* réussit à obtenir des commandes pour ses *Spacebus-4000B* et *Spacebus-Neo*. La société franco-italienne a terminé 2019 avec le contrat *Nilesat 301* pour l'opérateur égyptien de télédiffusion par satellite. Elle a commencé l'année avec *Amazonas Nexus* pour le client espagnol *Hispasat* qui l'exploitera en Amérique Latine. Sa filiale belge basée à Charleroi réalisera des éléments clés de l'alimentation électrique de ces satellites à forte puissance.





# Pollution spatiale : menace grandissante à hauts risques

Au 1<sup>er</sup> janvier de cette année, le service Celestrak du Département américain de la Défense dénombrait 5 390 satellites en orbite. Dont 2 567 seulement étaient opérationnels. Quand on comptabilise les épaves de 10 cm au moins, on arrive au chiffre de 14 678. En tout, ce sont 20 068 objets qui se trouvent répertoriés autour de nos têtes

TEXTE: THÉO PIRARD • THEOPIRARD@YAHOO.FR

**M**ais si on ajoute les débris plus petits, près d'un demi million évoluent dans l'espace, avec des risques de rencontres qui vont engendrer d'inquiétants amas de débris au-dessus de nos têtes. Une situation qui prend une tournure dramatique avec le nombre, à la hausse, de lancements de satellites pour constituer des constellations sur orbite à des fins commerciales. Le syndrome de Kessler - la réaction en chaîne de collisions entre déchets spatiaux - fait craindre le pire pour le futur de nos activités autour de la Terre.

*«Imaginez à quel point la navigation en haute mer serait dangereuse si tous les navires perdus dans l'histoire dériveraient encore à la surface de l'eau. Telle est la situation actuelle en orbite et cela doit cesser».* C'est le cri d'alarme que lance Jan Woerner, le directeur général de l'ESA (European Space Agency). Sera-t-il entendu ? La réponse des pouvoirs publics est de mettre en œuvre des outils efficaces de nettoyage de l'environnement spatial. Mais les efforts restent au stade des études technologiques. Quelle autorité mondiale va se charger du financement d'une armada de «dépollueurs» de la ressource universelle de l'espace ? Ne serait-il pas opportun de lever une taxe internationale sur les revenus des exploitants privés de satellites commerciaux, de plus en plus nombreux ? Le lamentable exemple du non-respect des mers et océans, dont la propreté ne cesse de se détériorer, n'incite guère à l'optimisme pour la prise de mesures contraignantes à l'échelle terrestre.

## Constellations: en veux-tu en voilà

Certes, il existe des organismes de régulation pour le déploiement de systèmes dans l'espace. La *Fcc* (*Federal Communications Commission*) des États-Unis est sans doute le plus influent dans le monde pour l'approbation des systèmes spatiaux - même ceux qui ont une portée globale - mais sa ligne de conduite est dictée par les impératifs du business des télécommunications. Il y a bien le bureau *Registration Board* de l'*Itu* (*International Telecommunication Union*) à Genève, qui dépend de l'*ONU*. Mais, à ce jour, aucune organisation de grande envergure n'est chargée de résoudre les problèmes de pollution spatiale. Sans doute faut-il attendre qu'une collision accidentelle provoquant un essaim incontrôlé de débris fasse prendre conscience de leur gravité. La question de la responsabilité pour l'accident orbital sera posée sur le plan international.

Le chiffre des satellites en activité - ils deviendront par la suite des épaves sur orbite - va croître rapidement sous l'impulsion des activités privées du *New Space*. *Euroconsult* estime que quelque 6 200 petits satellites vont être lancés au cours de la décennie à venir. D'ores et déjà, 2020 va être marquée par une importante augmentation des satellites actifs avec la mise en place de constellations. Le premier lancement de l'année fut effectué le 7 janvier par un *Falcon 9* de *SpaceX* pour son système *Starlink* de connexions Internet à haut débit dans le monde: 60 minisats de 260 kg - produits en grande série par *SpaceX* - ont été déployés d'un seul coup au-dessus de nos têtes. Et ce n'est qu'un début puisque l'entreprise d'Elon Musk prévoit une vingtaine de lancements *Falcon 9* cette année, avec 60 satellites chacun ! Ce sera l'opérateur le plus important avec une constellation de 1 260 relais en orbite. Il annonce sur son site que chaque satellite est doté d'un dispositif autonome d'empêchement de collision et qu'il est conçu pour garder l'espace propre... Jusqu'à 12 000 relais dans le cadre de *Starlink* pourraient être déployés dans les 5 prochaines années !

*OneWeb*, initiative du Britannique Greg Wyler, entre aussi dans sa phase de déploiement d'un premier lot de 600 satellites de 150 kg, fabriqués en série par *Airbus Space Systems* au Cape Canaveral. Leur mise sur orbite en 2020-2021 sera effectuée par *Arianespace* au moyen de lanceurs *Soyouz* depuis les cosmodromes de Baïkonour et Vostochny.

Et la mode des constellations de proliférer de plus belle. La Chine veut sa part dans l'Internet global. Avec son système *Hongyun*, qui utilisera

320 satellites dès 2025, il s'agit de commercialiser des services 5G dans le monde. *GalaxySpace* envisage sa constellation *Xingyun* de 80 relais pour des communications avec les mobiles. En Europe, on s'intéresse beaucoup à l'Internet des objets, alias IoT (*Internet of Things*). Ainsi, en 2022, la société française *Kinéis* projette le déploiement de 25 nano-satellites pour des services IoT concernant la mobilité sur Terre.

L'engouement pour les constellations ne s'arrête pas au seul marché en plein essor des communications à l'échelle globale. Afin de collecter des informations précises, quasi en direct, sur l'environnement terrestre (ressources végétales, réserves en eau, pollutions marines, qualité de l'air...), la synchronisation sur orbite d'observatoires sur orbite passe par la mise en œuvre de plusieurs dizaines de satellites sous la forme de constellations. Avec de telles armadas, plus rien n'échappe à des caméras et/ou radars dans l'espace. Ainsi, grâce aux satellites *Sentinel* du système *Copernicus*, l'Union Européenne peut disposer de données partout sur notre planète et les mettre à disposition d'utilisateurs spécifiques.

## Modestes projets de nettoyage orbital

La mise en œuvre de satellites dans le cadre de petites ou grandes constellations passe par des systèmes de lancements à la fois économiques et flexibles. À côté de lanceurs lourds, comme *Falcon 9* (*SpaceX*), *Ariane 6* (*Arianespace*) ou *New Glenn* (*Blue Origin*), il y a place pour des micro-lanceurs plus aisément disponibles. Devant la recrudescence du trafic sur orbite, on constate le laisser-faire des États responsables en matière de mise en orbite, puisqu'ils immatriculent les satellites... Or, à chaque satellisation, on pollue l'espace avec des débris gênants, à savoir le dernier étage du lanceur ou une structure de déploiement. Il s'agit de suivre en permanence le comportement de ces épaves...

Des projets prennent forme pour le nettoyage de l'espace circumterrestre. Ils sont présentés lors de conférences sur la technologie spatiale: d'envergure modeste, ils sont lents à donner lieu à des expérimentations in situ. Aucun organisme ne veut vraiment aller de l'avant vu le manque de financement public et en l'absence de support juridique. À notre connaissance, 2 tentatives sérieuses d'enlèvement de débris sont en préparation:

- La compagnie japonaise *Astroscale* va tester cette année *Elsa-d* (*End of Life Services by Astroscale-demonstrator*) grâce à un lancement *Soyouz-Fregat*. Un satellite, une fois sur orbite à quelque 550 km, va se séparer en *Servicer* (184 kg) et en *Client* (20 kg), qui vont procéder aux opérations conduisant à une interception.
- La start-up suisse *ClearSpace*, mise sur pied par l'EPFL (École polytechnique Fédérale de Lausanne), a obtenu le financement de l'ESA pour la mission *ClearSpace-1* prévue en 2025 dans le cadre du programme *Adrios* (*Active Debris Removal/in Orbit Servicing*). Un satellite sera dirigé vers *Vespa* (*Vega Secondary Payload Adapter*), un élément abandonné de la première fusée *Vega* qui avait volé en février 2012. Après l'avoir accroché au moyen de 4 bras robotiques, il amorcera une descente contrôlée dans l'atmosphère pour sa destruction. A



# LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2020 - [www.barje.be](http://www.barje.be)

LES INCENDIES EN AUSTRALIE SONT DUS EN PARTIE AU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.



POUR FUIR LES INCENDIES, LES KOALAS MONTENT AUX ARBRES...



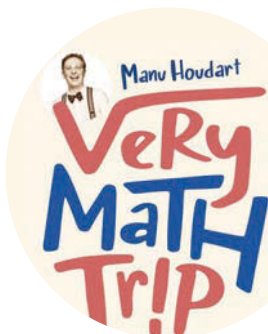
CERTAINS CHERCHEURS ESTIMENT QU'UN MILLION DE MILLIARDS D'ANIMAUX SONT MORTS À CAUSE DES INCENDIES EN AUSTRALIE.



Si on devait faire une minute de silence pour chacun d'eux, cela prendrait environ 1,9 milliard d'années.







# AGENDA

Le mag scientifique

## Semaine internationale du cerveau 16-22 mars - Wallonie-Bruxelles

La «semaine du cerveau» est un rendez-vous annuel visant à promouvoir la recherche sur le cerveau auprès du grand public. Plusieurs événements sont organisés en Wallonie et à Bruxelles.

<https://braincouncil.be/events/brain-awareness-week-2020>

## Imagésanté 22-28 mars - Liège

25 documentaires seront en compétition, provenant des 4 coins du monde, sélectionnés pour leur engagement et qui offrent un regard croisé entre le cinéma, la science et la santé. Parallèlement, via Imagésanté Campus, les étudiants et le grand public pourront suivre en direct plus d'une trentaine d'opérations chirurgicales afin de découvrir le travail du personnel soignant et d'échanger en temps réel avec les chirurgiens. Tout est en direct sur la WEB TV.

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

## Startech's Days 23-24 mars - Ciney Expo

Startech's Days est un événement annuel gratuit de promotion des métiers via des compétitions qui se déroulent en parallèle au Village des Métiers, dans lequel est proposé des dizaines d'animations autour des métiers manuels, techniques et technologiques.

<http://www.worldskillsbelgium.be/fr/>

## Printemps des Sciences: "Et demain ?" 23-29 mars - En Fédération Wallonie-Bruxelles

Demains catastrophistes ? Demains enchanteurs ? Quel futur pour notre planète ? Pour la biodiversité ? Pour l'humanité ? L'avenir est certes incertain mais... il est surtout à construire ! Dans cet esprit, le PDS propose, gratuitement, aux élèves et au grand public, de plonger dans le présent pour interroger le futur à travers le prisme des sciences et des technologies. Vous y trouverez une foule d'activités diversifiées (ateliers, laboratoires, expériences, démonstrations publiques, conférences...).

<https://www.sciences.be/evenements/printemps-des-sciences/>

# À LIRE

## VERY MATH TRIP Manu Houdart - Flammarion

Accrochez-vous ! Embarquez avec un prof pas comme les autres pour un very math trip, un rodéo déjanté qui vous révélera le plaisir de faire des mathématiques... Aux côtés de Pythagore, des champions du monde Griezmann et Lloris et de Napoléon, roulez enfin en Cadillac en déployant toute la puissance de votre logique, rencontrez l'amour au détour d'une équation et fêtez la Belgique, championne du monde 2018 - si, si -, après avoir gagné une montagne de dollars en résolvant l'un des problèmes du millénaire.

Si vous en avez l'occasion, foncez voir son one math show. Qui va se jouer quelques temps à Paris mais qui reviendra bientôt. Si les maths vous font horreur, Manu vous fera sûrement changer d'avis ! Retrouvez toute son actualité ici: [www.verymathtrip.com](http://www.verymathtrip.com)

## ATHENA 345 Janvier-Février 2020

Tiré à 22 750 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 ou obtenir gratuitement plusieurs exemplaires, contactez-nous !

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

PAR TÉLÉPHONE  
au 081 33 44 97

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

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur  
[www.athena-magazine.be](http://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, Philippe Lambert, Yael Nazé, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

DESSINATEURS  
Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT  
Rose DETAILLE  
Inspectrice générale

ÉDITRICE RESPONSABLE  
Isabelle QUOILIN  
Directrice générale

COUVERTURE  
Première  
Crédit: © BELGA/AFP

Quatrième  
Design: [www.petitpoisson.be](http://www.petitpoisson.be)

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



# *Et si vous passiez à la vitesse supérieure ?*



Le programme **BEWARE Fellowships** favorise la mobilité internationale des chercheurs et permet à 75 d'entre eux d'effectuer **une recherche de trois ans** à la fois au sein d'une PME wallonne et d'une université, d'une haute école ou d'un centre de recherche.

Ce programme est cofinancé par la Commission européenne et la Wallonie. Il est doté de près de **20 millions d'euros** couvrant le salaire du chercheur et des frais d'équipement.

**Intéressé ? Consultez [www.bewarejobs.be](http://www.bewarejobs.be)**

*Ensemble, relevons aujourd'hui  
les défis technologiques wallons de demain*