



Technologie p.12

**Police scientifique:
comme à la télé ? (2^e partie)**

Dossier p.18

**Cancer du col de l'utérus:
comment s'en prémunir ?**



ÉDITO



Un truc de fille... mais pas que !

TEXTE: GÉRALDINE TRAN | RÉDACTRICE EN CHEF - PHOTOS: © tatchaihot/titre - © ID Photo/vignette

Cancer, maladie, virus... sont des mots qui reviennent régulièrement dans nos colonnes, dans la presse en général et dans nos sujets de conversation quotidiens. Si les progrès médicaux sont notables, dans presque tous les domaines, et si l'on note que certaines maladies perdent du terrain (le nombre de personnes infectées par le VIH en Belgique a par exemple diminué de 10% en 2016), il subsiste des affections dont il faut parler. Le 4 mars dernier était la journée internationale de sensibilisation au papillomavirus (ou HPV). Papillomavirus ? Qu'est-ce donc ? Pas si évident. J'entends d'ailleurs certains parents qui se posent des questions par rapport à la vaccination car ils ignorent souvent de quoi il s'agit. Peut-être entre autres raisons, parce cette vaccination proposée notamment dans les écoles est encore associée à des maladies *a priori* bénignes (coqueluche, rubéole, rougeole, oreillons...), qui ont tendance à être «banalisées». Il est vrai que la vaccination ne doit pas être prise à la légère mais s'il s'agit d'un acte de protection individuelle, c'est aussi un acte de protection collectif. Plus la vaccination est étendue, plus la maladie a des chances, sinon de disparaître, d'au moins battre en retraite. L'aspect collectif est d'autant plus important lorsqu'il s'agit d'une maladie sexuellement transmissible, comme c'est le cas

du HPV. Celui-ci peut engendrer de sérieuses lésions, allant de verrues sans gravité au cancer, dont le plus courant lié à ce virus est celui du col de l'utérus (même s'il peut également atteindre d'autres organes comme la bouche, la gorge, les parties génitales). Il est la cause de 99% des cas diagnostiqués ! Et donc, qui dit utérus, dit fille/femme. Sauf que toujours dans cet esprit de collectivité, les garçons aussi sont concernés et doivent être encouragés à se faire vacciner également.

Sachant que jusqu'à 80% des personnes sexuellement actives entreront en contact avec le virus au moins une fois dans leur vie et que seuls 25 à 30% des jeunes filles en Fédération Wallonie-Bruxelles sont vaccinées, vous comprendrez l'importance de cette toute petite piqûre. Qui, rappelons-le tout de même, ne protège pas à 100% de tous les types de HPV mais contre 70 à 80% d'entre eux. Le dépistage reste donc en vigueur. Nul besoin d'«abstème sexuel», simplement, prenez vos précautions, et cela ne vaut pas que pour le papillomavirus ! Rendez-vous p. 18 pour en savoir plus sur le sujet... 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

336

Mars-Avril 2018



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

- 10** Qui est-ce ?
Katherine JOHNSON

- 12** Technologie
Police scientifique: comme à la télé ? - 2^e partie

- 16** L'ADN de ...
Denis DUMAY • Assistant-contrôleur SPW

- 18** Dossier
Cancer du col de l'utérus: comment s'en prémunir ?

- 24** Santé
Neurones miroirs ou neurones miracles ?

- 28** Internet
Google, le géant américain

- 32** Société
Quand le travail rend malade

- 36** Chimie
Du gaz moutarde à la chimio

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

- 42** Physique
Exposition aux rayonnements cosmiques galactiques: ça craint !

- 44** Astronomie
Ce qui se passe dans les étoiles

- 46** Espace
Ce qui passe en l'air et sur Terre !

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

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

ACTUS

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

PHOTOS : TEROVESALAINEN/PIXABAY (P.4), © VITRICELL (P.5), DESIGNED BY JCOMP/FREEPIK (P.5), © MAXKABAKOV (P.7), © POZNYAKOV (P.8), © C.LINKENS/INSTITUT JULES BORDET (P.9), © PASS (P.9)

Préparer l'action

Dans une dizaine d'années, on comptera plus de 200 000 octogénaires en Wallonie ! Ce vieillissement sans précédent de la population pose un vrai défi aux autorités publiques, qui devront conjuguer durée de vie allongée, santé et vie décente. Un challenge et une échéance qui poussent l'Institut *naXys* de l'Université de Namur (UNamur), l'Université catholique de Louvain (UCL), l'Agence pour une Vie de Qualité (AVIQ) à travailler ensemble sur le projet financé par la Wallonie: *Virtual Belgium In Health*. L'objectif: créer un outil de programmation des soins construit sur les besoins de demain à l'échelle des municipalités. «*Cette solution permet, par exemple, d'estimer qu'il faudra X pourcents de lits en plus dans les maisons de repos de la région de Charleroi, ou Y pourcents en moins à Waterloo*», expliquent Éric Cornélis et Timoteo Carletti, promoteurs du projet et membres de l'Institut *naXys*. La méthode mathématique exploitée ici a été développée par le Département de Mathématique de l'UNamur dans le contexte d'un travail sur la mobilité. «*Avec cet outil de population synthétique et des méthodes statistiques particulières, nous pouvons reconstruire une population sur une maille géographique fine, dans des domaines tels que l'aménagement du territoire, l'emploi ou les besoins futurs d'une population*», précisent les 2 compères.

L'originalité de la méthode namuroise est de reconstruire des populations à petite échelle sur base de données sensibles, tout en respectant la vie privée. Et de détailler: «*Si nous ne disposons pas de données relatives à la santé au niveau des individus pour dresser des statistiques précises à l'échelle des ménages, notre outil contourne ce problème en réalisant une micro-simulation dans chaque commune wallonne. Ainsi, malgré une population virtuelle,*

nous collons au mieux à la réalité. L'idée étant de s'appuyer sur des statistiques disponibles à plus grande échelle, tout en prenant en considération les processus évolutifs de ces données».

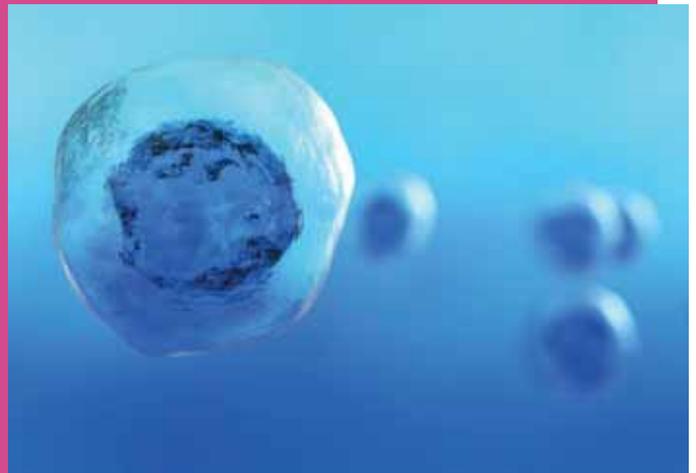
Le caractère novateur de *Virtual Belgium In Health* repose donc sur la micro-simulation d'évolutions temporelles d'une population virtuelle pour lancer des études prospectives. Ainsi, ce projet doit apporter à la puissance publique une solution informatique et cartographique pour réaliser des statistiques prospectives à petite échelle en matière de santé. La population wallonne sera plus âgée demain, ce vieillissement ne sera pas uniforme. L'est de Luxembourg et le sud de Namur seront davantage impactés que le Brabant wallon. 2030 verra un accroissement des diabétiques dans les provinces de Liège et du Hainaut, tandis que le nombre de broncho-pneumopathies chroniques obstructives augmentera dans toute la Wallonie. Des données et bien d'autres encore fournies par VBIH pour «*anticiper ces évolutions, mieux nous y préparer et agir en conséquence*». Tout un programme ! 

 www.unamur.be/recherche/projets/rw/vbih

Une spin-off qui n'a pas froid aux yeux

Bravo et félicitations à *VitriCell*, qui, en un tour de table, a levé plus d'1 million d'euros. Ainsi nanti, l'entreprise lance ses premières solutions basées sur la vitrification aseptique, une nouvelle approche de cryopréservation des cellules par laquelle les embryons sont vitrifiés en une seule étape de 60 secondes, alors que la formule concurrente nécessite 7 minutes et 3 étapes. «*Contrairement à la congélation, la vitrification est une solidification sans formation de cristaux de glace, délétères pour toutes les membranes cellulaires*», explique Delphine Connan, CEO et co-fondatrice de *VitriCell*. Qui précise: «*Cette technologie unique, développée par nos soins, permet l'application d'une variante efficace et biologiquement sûre de la vitrification sur des cellules en culture qui doivent être traitées en masse contrairement à la procréation médicalement assistée (PMA), où les embryons et ovocytes sont traités individuellement*». Un atout que compte bien exploiter l'entreprise wallonne sur les niches de la PMA, de l'insémination artificielle vétérinaire et de la thérapie cellulaire.

Sur le plan pratique, la vitrification refroidit et réchauffe les cellules beaucoup plus rapidement que la congélation lente traditionnellement utilisée, de l'ordre de 1 000 à 2 000 degrés par minute, soit des valeurs plus de 1 000 fois supérieures à celles de la congélation. Parallèlement, la vitrification concoctée par *VitriCell* conserve et manipule des millions de cellules en une fois. Actuellement installée dans les locaux du GIGA à Liège, la société entend attaquer en priorité les marchés de la PMA et de la bio-préservation des cellules outils, utilisées notamment dans le développement de médicaments et les études toxicologiques. Une bonne veine, lorsqu'on sait que les experts estiment que ce marché devrait atteindre 3,7 milliards de dollars en 2020. Autre bonne nouvelle, *VitriCell* est actuellement la seule à proposer des produits de vitrification aseptique pour les cellules en dehors de la PMA.



Spin-off de l'Université de Liège (ULiège) fondée en juin 2017 par Delphine Connan, Luc Grobet et Fabien Ectors, *VitriCell* se positionne sur le secteur de la biotechnologie avec des solutions innovantes pour cryopréserver les cellules, y compris les plus fragiles. Cette levée de fonds de plus d'1 million d'euros associe *Spinventure* de Genval et une brochette d'investisseurs privés emmenés par Jean-Pierre Delwart et des membres du réseau *Be Angels* pour quelque 712 000 euros, somme à laquelle la Wallonie a ajouté plus de 300 000 euros en subventions et prêts. **A**

 <https://www.vitricell.com>

Les innovants ont le moral

C'est ce qui ressort d'une étude de *Dedicated Fiabilis Consulting Group*, menée auprès d'une centaine d'entreprises innovantes. Ainsi, près de la moitié d'entre elles déclarent avoir boosté leur recrutement en 2017 afin de renforcer leur département R&D. Mieux, 56% des entreprises de moins de 50 salariés ont embauché plus de collaborateurs que les années précédentes. D'une manière générale, *Fiabilis Consulting Group* note que cela fait 3 ans que les emplois en R&D sont en croissance. Et précise encore que «*Si le contexte économique est porteur, il apparaît que le financement public dédié à l'innovation joue un rôle moteur dans l'essor de ces entreprises*». Sans hésitation, celles-ci déclarent que ces aides sont de puissants leviers pour

l'embauche et les investissements en R&D. Parmi ces aides, «*73% des entreprises interrogées déclarent faire appel à la dispense précompte chercheur, faisant de ce dispositif, le premier incitant utilisé*», conclut *Fiabilis*. **A**



 <http://be.fiabiliscg.com>

Vers une démocratisation des médicaments

La Wallonie, via son Ministre de la Recherche et de l'Innovation Pierre-Yves Jeholet, soutiendra par un financement de 2,4 millions d'euros la société *Univercells* dans le cadre du développement de sa plateforme protéique appelée à fabriquer des bio-similaires à coût réduit. Dont l'originalité repose sur des unités de production déployables n'importe où dans le monde, de manière à ce que tous puissent avoir accès à des produits biologiques de qualité. Une rupture technologique dont le caractère innovant avait, en décembre 2016, décidé Bill Gates à octroyer 12 millions de dollars pour le développement d'une solution capable de produire des vaccins contre la polio de manière décentralisée et à un prix divisé par 10.

Si les nouvelles solutions en médicaments biologiques offrent des traitements prometteurs en oncologie, maladies auto-immunes et affections rares, leurs coûts en réduit malheureusement l'accès au plus grand nombre, freinant ainsi l'étendue de leur couverture. Répondre à l'envolée de la demande en produits abordables passe obligatoirement par de nouvelles procédures de fabrication qui jugulent les frais. Ce à quoi s'attache la raison sociale d'*Univercells* en n'ayant de cesse de les réduire drastiquement tout en préservant la qualité et ce, grâce à l'imagination d'unités de production au plus bas coût, faciles à opérer depuis n'importe quelle région du monde. À la grosse louche, l'approche développée par l'entreprise wallonne allie procédés novateurs dans la production en continu des vaccins et petites unités de fabrication flexibles pouvant être mises en place très rapidement.

Des résultats fruits d'un travail de recherche incessant et coûteux mené de concert avec la Wallonie depuis les premiers pas de l'entreprise, avec un projet de développement commercial d'une micro-usine de vaccins. «Aujourd'hui, nous sommes très reconnaissants du soutien continu de la Wallonie envers nos travaux et sommes convaincus que cette seconde plateforme rencontrera le même succès et contribuera mieux encore à l'accessibilité aux médicaments de tous à travers le monde», note Huges Bultot, co-fondateur et CEO d'*Univercells*. Installée à Charleroi, l'entreprise bouleverse vraiment la donne en matière de démocratisation des médicaments. Comme disait Bill Gates en apportant son soutien à la jeune société, «Les grandes avancées de l'humanité ne sont pas dans les découvertes, mais dans la manière dont leur utilisation réduit les inégalités» ! A

de 600 contenants par minute, soit 10 à la seconde !

<http://www.univercells.com>



Industrie 4.0

Créée en Juin 2017, au départ des actifs de feu *WOW Technology*, *CISEO* se présente en professionnelle des solutions 4.0 pour les Sciences de la vie, qu'elle entend révolutionner par ses innovations de rupture. Son terrain d'action: le développement et l'industrialisation d'équipements médicaux et de laboratoires et la conception d'équipements de production. Des secteurs d'activités pour lesquels les maîtres-mots sont: automatisation et robotique. Ainsi, elle livra dernièrement, à un grand nom de la pharmacie française, une solution bout-en-bout pour alimenter une ligne de production de seringues pré-remplies au rythme



de 600 contenants par minute, soit 10 à la seconde !

Sur le terrain, les préhenseurs des robots conçus par *CISEO*

vident les bacs de leurs seringues (dénestage), les alignent ensuite une par une pour les mener sur la ligne de production, puis les remettent en rack de conditionnement (renestage) l'opération une fois terminée. Ce résultat montre que l'entreprise a de quoi animer l'industrie 4.0. Poursuivant ses objectifs, elle s'installera prochainement dans une nouvelle infrastructure de production de quelque 4 500 m² et ajoutera à ses 30 salariés actuels une dizaine de profils en R&D et production. A

<http://www.ciseo.com>

7 métiers d'avenir en Belgique

Appréhender les contours d'un parcours professionnel est devenu délicat car au rythme des ruptures technologiques, apparaissent de nouveaux paradigmes et naissent des nouvelles opportunités. Spécialiste de l'emploi, présent dans 60 pays et opérationnel en 28 langues pour plus d'1 million de jobs en ligne, *Indeed a*, grâce aux nombreuses informations engrangées, relevé les 7 types de métiers ayant le plus d'avenir en Belgique. Quels sont-ils ?

1. **Expert en cybersécurité.** Suite à la propagation des cyberattaques, les employeurs engagent des professionnels de haut niveau pour défendre l'intégrité de leur entreprise (+412,5% au cours des 24 derniers mois).
2. **Scientifique des données.** Les sociétés sont amenées à gérer toujours plus d'informations. Un domaine pointu où le moindre faux pas peut coûter cher en argent et en réputation. D'où le besoin croissant de scientifiques des données, capables d'extraire les informations les plus pertinentes au départ de données de masse.
3. **Professionnels de la santé.** Avec aujourd'hui, 2 millions de personnes de plus de 65 ans et plus de 3 millions en 2060, le vieillissement représente tant une aubaine qu'un défi pour le secteur de la santé. Ces métiers qui exigent compétences sociétales, communication, dévouement et patience peuvent difficilement être automatisés. Bref, de belles perspectives de carrière lorsqu'on sait qu'aujourd'hui, 30% des offres d'emploi en soins infirmiers sont difficiles à pourvoir.



4. **Marketing, communication et design.** Mélangeant idées, mots et images aux valeurs socio-culturelles, les métiers de la création sont encore irremplaçables ! Construits sur la connaissance des nouveaux médias et l'intelligence sociale, les jobs créatifs sont toujours très demandés. De même que les professions liées au marketing numérique.
5. **Livraison et gestion logistique.** L'Internet des objets, les véhicules autonomes et les livraisons par drone, en bouleversant les paradigmes de la logistique, en représentent l'avenir. Il faudra du personnel pour appréhender et piloter les processus de livraison et les rouages d'une chaîne logistique complexe et mondiale. L'explosion du commerce en ligne booste la demande en chauffeurs et en logisticiens.
6. **Ressources humaines.** Avec une concurrence accrue entre les entreprises, le talent devient très recherché. Le recrutement se base de plus en plus sur les données et l'engouement pour le filtrage automatique et l'analytique est palpable. La combinaison gagnante: compétences relationnelles, intelligence émotionnelle et logiciels et outils d'analyse.
7. **Travailleurs Gig.** L'économie Gig ou en plateforme est en plein essor. Les personnes travaillent de manière indépendante, souvent sur une courte durée. Le travail flexible et à temps partiel a le vent en poupe.

Demain, oui, il y aura toujours d'excellents jobs, faisant appel à la créativité et aux compétences humaines, des qualités qui ne pourront jamais être remplacées par des robots, fussent-ils intelligents ! 

 <https://emplois.be.indeed.com>



COUP D'CRAYON

OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

Il ne faut désormais plus compter 79 organes dans le corps humain mais 80 ! Des chercheurs américains viennent en effet de découvrir ce qu'ils ont baptisé l'«*interstitium*», qui serait le plus gros car présent dans tout le corps. Cette couche de tissu entoure de nombreux organes, vaisseaux sanguins et muscles et transporte un liquide riche en protéines essentiel au système lymphatique. Il joue entre autres le rôle d'amortisseur, empêchant les tissus de se déchirer en cas de choc. Cette découverte pourrait permettre de mieux comprendre comment se répandent les cellules cancéreuses dans le corps.



Le cœur pour cœur d'affaires

Créé aux États-Unis en 2014 par Jean-Paul Rasschaert, Luigi Tozzi et Piergiorgio Tozzi, *Mitral Technologies* quitte les States pour poursuivre son aventure à Liège, au Val Benoît. À lire la dénomination sociale, on comprend de suite que la société est spécialisée en cardiologie, et plus particulièrement active au niveau de la valve mitrale. Une niche où elle a surpris en développant un dispositif médical pour soigner les patients atteints de régurgitation mitrale par un abord non-invasif via les voies naturelles ou le système vasculaire.

Causée notamment par une infection bactérienne ou une lésion de la valve, la régurgitation mitrale, appelée aussi insuffisance mitrale, se caractérise par un reflux de sang dans la valve à chaque contraction du ventricule gauche. Inutile de dire que les conséquences et suites de cette affection, qui touche plus de 4 millions de personnes en Europe et aux États-Unis, sont à prendre très au sérieux. Ce qui explique les recherches menées sur cette pathologie et l'engagement des fondateurs de *Mitral Technologies*. «Notre approche s'inscrit dans une philosophie, consistant à développer des dispositifs rendant la chirurgie moins lourde et moins risquée pour les patients», explique Jean-Paul Rasschaert. Qui précise: «Aujourd'hui, pour opérer, il faut ouvrir le thorax, un traitement qui par son aspect fortement invasif ne convient pas aux malades dont l'état général est trop dégradé, pour lesquels ne restent que les soins palliatifs». Sachant que ces derniers sont plus de 2 millions, on imagine d'emblée le pas en avant que représente pour eux l'innovation de *Mitral Technologies* qui, dans la foulée, a pu lever 3,2 millions d'euros: 2 millions de la Wallonie (DGO6), le solde de *Meuseinvest*, le fonds *Innodem* et *Siba* (Société d'investissement de Business Angels). ^A



Plus d'infos

jprasschaert@icloud.com

MAGIA, nouveau programme santé

Si les géants des technologies médicales se débrouillent, en revanche, la complexité de l'environnement pénalise lourdement l'essor commercial des petites et moyennes entreprises. D'où MAGIA ou *Medtech Alliance for Global Internationalisation*, initiative destinée à aider les PME européennes du Medtech à s'internationaliser et à rendre aussi plus visible au niveau international ce pilier de notre économie. Un bon pas sachant que chez nous, ce secteur est composé à 95% de PME, confrontées à la concurrence de groupes puissants, au besoin de collaborer avec ceux-ci, à la nécessité de rencontrer toujours plus de contraintes légales, à l'obligation de dominer des technologies complexes, etc.

Pour pallier ces aléas, MAGIA fédère 4 pôles de compétitivité des technologies médicales et de la santé: *BioPmed* (Piémont), *BioWin* (Wallonie), *Life Science Nord* (Allemagne du Nord) et *LyonBiopôle* (Auvergne-Rhône-Alpes), en vue de forger une compréhension mutuelle en identifiant les atouts et synergies aptes à conforter les collaborations. Au programme, on note des visites d'études et des groupes de travail pour dresser l'inventaire des besoins, identifier les marchés les plus pertinents, etc. À la suite de ces travaux, les partenaires espèrent récolter les informations pouvant leur permettre d'échafauder une stratégie d'internationalisation réaliste.

«MAGIA est une belle opportunité pour la Wallonie. Nous allons travailler avec 3 régions européennes pour développer une stratégie visant à aider les PME de notre Medtech à se lancer à l'international. Ce secteur s'inscrit d'ailleurs pleinement dans les thèmes prioritaires de *BioWin*», déclare Monique Marrec-Fairley, directrice des projets européens pour *BioWin*. ^A



<https://www.clustercollaboration.eu/escp-profiles/magia>

Bordet a la pêche

Tout va bien pour notre oncologue qui accumule les succès en ce début d'exercice. Ainsi, Ahmad Awada (voir photo ci-contre), professeur de l'Institut Jules Bordet a reçu le Prix scientifique oncologique du Fonds Gaston Ithier pour la pertinence de son projet de plateforme de recherche clinique et translationnelle d'optimisation de la prise en charge diagnostique et thérapeutique des métastases cérébrales. Avec cette plateforme, Ahmad Awada espère mieux appréhender l'épidémiologie changeante des métastases cérébrales et des facteurs de risque qui y sont associés; mieux comprendre la biologie cérébrale de ce type de tumeurs et créer une tumorotheque dédiée et enfin développer des protocoles d'études innovants, mettant la priorité sur la prévention primaire des métastases cérébrales et leur éventuelle récurrence après un premier traitement. Ce travail d'Ahmed Awada associe Jules Bordet à l'Hôpital Erasme et devrait s'étendre au niveau national et international avec l'aide du réseau *Oncodistinct*.

 <http://www.oncodistinct.net>

De son côté, le service d'Hématologie de l'Institut Jules Bordet a emporté le *Patient Centricity Award* de la *Belgian Hematology Society* pour son suivi personnalisé du patient lors d'une thérapie orale contre le cancer. Ce projet s'inscrit dans une vision multidisciplinaire de l'accompagnement du malade afin que les équipes thérapeutiques puissent détecter plus rapidement les effets secondaires des thérapies orales et mieux contrôler les interactions avec d'autres médicaments ou un mauvais suivi du traitement. Les 10 000 euros de bourse serviront à former les coordinateurs, développer l'expertise dans le suivi des thérapies orales et financer enfin l'achat de matériel nécessaire au suivi du patient. 

 <http://www.bordet.be>



LE CHIFFRE

1200

À la suite de l'ouverture du *Lab'expo Chimie et Sciences de la vie*, plus de 1 200 élèves de l'enseignement secondaire ont participé au *Pass* à une série d'ateliers sur le thème de la santé, allant de la prévention à la fabrication de médicaments, en passant par le diagnostic. À cette occasion, ils ont également mené une enquête dans le labo afin d'identifier et d'endiguer une pandémie. Un succès qui augure favorablement quant au développement des carrières dans un secteur en pleine croissance et qui verra partir à la retraite plus de 5 000 salariés dans les 10 ans à venir. Avec plus de 26 000 personnes et 60% des dépenses privées en Recherche & Développement, soit 1,6 milliard d'euros en 2016, le ticket pharmacie et chimie est l'un des piliers forts de l'économie wallonne. Un secteur qui a besoin de profils techniques et scientifiques. D'où l'obligation d'éveiller, d'attirer et de former toujours plus de jeunes en pharma et chimie, branches scientifiques porteuses d'avenir. Administrateur délégué d'*essencia Wallonie*, Frédéric Druck note à ce sujet que «L'éventuel tronc commun du pacte d'excellence devra offrir une place suffisante à l'établissement d'une bonne culture scientifique et donner aussi l'occasion aux élèves de réaliser davantage d'expériences en classe afin de disposer des talents qui assureront demain l'avenir de la Wallonie». 

 <http://www.essencia.be>





Qui est-ce ? Katherine JOHNSON

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : © BELGAIMAGE (P.10)

là afin de pouvoir nous envoyer dans un lycée qui leur est réservé. Précoce, je termine mes études secondaires à 14 ans. À l'Université d'État de Virginie-Occidentale, traditionnellement réservée aux Noirs, je m'inscris aux différents cours de mathématiques proposés. Plusieurs professeurs me prennent sous leur aile, dont la chimiste et mathématicienne Angie Turner King, et William Claytor, 3^e étudiant noir à obtenir une thèse en mathématiques. Il devient mon mentor et crée de nouveaux cours de maths spécialement pour moi. En 1937, à 18 ans, j'obtiens mes diplômes de mathématiques et de français *summa cum laude* (avec la plus haute distinction). Je m'installe alors à Marion, en Virginie, pour enseigner les maths, le français et la musique dans une école publique. Mais je me rends vite compte que ce n'est pas ma tasse de thé et quitte ce début de carrière d'enseignante pour fonder une famille. Mariée à James Goble, nous aurons 3 filles: Constance, Joylette et Katherine. En 1939, j'intègre le programme de mathématiques de l'Université de Virginie-Occidentale, à Morgantown. Je suis l'une des 3 étudiantes noires et la seule femme sélectionnée par le président de l'État de Virginie-Occidentale sur décision de la Cour suprême des États-Unis. Je me lance dans une carrière de chercheuse mathématicienne, un domaine très difficile d'accès pour les femmes noires, faut-il le dire ! Arrive la Seconde Guerre mondiale. Les hommes partis au front commencent à manquer. Le *National Committee for Aeronautics (Naca)* - future *Nasa* -recrute, au sein des enseignantes en maths des écoles publiques, des femmes

Je suis...

Une ingénieure spatiale qui a contribué aux programmes aéronautiques et spatiaux de la *Nasa*. Si vous avez vu le biopic *Les figures de l'ombre*, je suis l'une de ces 3 femmes. Originaire de White Sulphur Springs, en Virginie-Occidentale, je viens d'une famille de 4 enfants. Mon père, Joshua Coleman, bûcheron et fermier, travaille aussi dans un hôtel. Ma mère, Joylette, est institutrice. Très tôt, je me passionne pour les mathématiques. Comme je suis douée, mes parents m'encouragent à étudier, ce qui, à l'époque, n'était pas courant pour les filles, encore moins dans mon milieu. En pleine ségrégation, je fréquente des écoles réservées aux Noirs. Le comté où nous habitons ne proposant pas d'éducation aux jeunes Noirs au-delà de 10 ans, nos parents décident de déménager à 200 km de



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 26 août 1918, White Sulphur Springs (Virginie-Occidentale, USA)

NATIONALITÉ: Américaine

SITUATION FAMILIALE: Mariée deux fois, veuve, mère de 3 filles

DIPLÔME: Sciences de l'Université d'État de Virginie-Occidentale

CHAMPS DE RECHERCHE: Mathématiques, informatique, physique

DISTINCTIONS: Médaille Virginia Women in History, Médaille présidentielle de la Liberté (2015)

noires mathématiciennes et physiciennes, pour son département de navigation astronomique. En 1953, je me lance dans cette nouvelle carrière. Au début, à cause des lois ségrégationnistes, je travaille dans une aile du bâtiment réservée aux femmes noires affectées aux calculs mathématiques. Être à l'écart m'est égal. Je n'ai pas de temps à perdre à y penser. Mon père nous a toujours dit: «Vous êtes aussi douées que n'importe qui dans cette ville, mais vous n'êtes pas mieux». Ce qui explique que je n'ai jamais eu de sentiment d'infériorité. Comme je dis volontiers, je travaille en tant qu'«ordinateur en jupe». Mon travail consiste à calculer les données de boîtes noires d'avions et d'autres travaux mathématiques. Un jour, une collègue et moi sommes temporairement débauchées pour aider l'équipe de recherche masculine sur les vols. En pleine Guerre froide, la Nasa a besoin de spécialistes en géométrie analytique pour devancer les Russes dans la conquête de l'espace. Un domaine que je maîtrise parfaitement. Mes connaissances me permettent de m'intégrer rapidement dans l'équipe de mes nouveaux collègues et supérieurs, des ingénieurs chargés d'envoyer le premier Américain dans l'espace, au point qu'ils en oublient de me renvoyer chez les femmes. Les barrières de race et de genre sont toujours présentes, bien sûr, mais je les ignore et n'hésiterai jamais pas à repousser les limites. Bientôt, j'assiste aux réunions où aucune femme n'avait encore été admise. Je fais le job, je mérite ma place. En 1956, mon mari décède d'un cancer du cerveau. Je me retrouve seule pour élever nos 3 filles. Trois ans plus tard, je me remarie avec le Colonel James Johnson.

À cette époque...

En 1937, l'année où je sors diplômée de l'Université, Walt Disney sort, 9 ans après le succès de Mickey, le premier dessin animé long métrage en technicolor, *Blanche Neige et les Sept Nains*. Un prodigieux succès commercial. La même année, 3 inventions voient le jour, le *Polaroid* par un étudiant en optique, le nylon par un chimiste de Dupont de Nemours, et la photocopie par le fondateur de la firme Xerox. En 1953, quand j'entre à la Nasa, le Néo-Zélandais Sir Edmund Hillary et son sherpa Tensing Norgay, réussissent la première ascension de l'Everest dans l'Himalaya, la plus haute montagne du globe (8 846 m). En 1962, alors que John Glenn est le premier astronaute américain à faire le tour de la Terre, c'est la crise des missiles soviétiques à Cuba.

J'ai découvert...

Après avoir travaillé sur l'aérodynamisme des avions jusqu'en 1958, j'occupe un poste d'ingénieure aérospatiale à la Nasa. Je l'occuperai

pendant 25 ans. En 1959, j'ai calculé la trajectoire du vol spatial d'Alan Shepard, le premier Américain envoyé dans l'espace, lors du programme *Mercury*. J'ai aussi calculé la fenêtre de lancement, soit la période optimale pour le lancement d'une fusée, de cette mission. En 1962, alors que la Nasa utilise, pour la première fois, des ordinateurs pour le calcul d'une orbite autour de la Terre, l'agence me demande de faire une dernière vérification de la trajectoire de John Glenn. Par la suite, je travaillerai avec des ordinateurs. En 1969, je détermine la trajectoire du vol *Apollo 11* vers la Lune, dont la descente de Neil Armstrong et Buzz Aldrin sur le sol lunaire. Je participe également à la mission *Apollo 13* et lors de l'échec, j'aide au retour de l'équipage sur Terre en travaillant sur des procédures et des cartes. Je planche également sur le programme de la navette spatiale *Space Shuttle* et sur des plans pour une mission sur Mars. Comme je l'ai dit au *Washington Post*, j'ai juste fait mon travail. La Nasa avait un problème et j'avais la solution. **A**

SAVIEZ-VOUS QUE...

En pleine Guerre froide, Katherine Johnson a contribué à rattraper l'URSS dans la course aux étoiles ? Sans cette surdouée en maths, les Russes auraient peut-être gagné la course à l'espace. En novembre 2015, Barack Obama lui a remis la médaille présidentielle de la Liberté, la plus haute distinction civile américaine. En mai 2016, à l'occasion du 55^e anniversaire du premier vol américain dans l'espace, la Nasa a donné son nom à l'un de ses centres de recherche. Longtemps méconnu, son rôle a été révélé au public par le livre *Les figures de l'ombre*, de Margot Lee Shetterly, publié en 2016. Ce roman retrace l'histoire vraie de 3 femmes afro-américaines qui ont largement contribué à l'envoi du premier Américain dans l'espace: Katherine Johnson, mais aussi Mary Jackson et Dorothy Vaughan. Il a été adapté au cinéma sous le même titre. Début 2017, lors de la 89^e cérémonie des Oscars, Katherine Johnson est montée sur scène pour annoncer le prix du meilleur documentaire, accompagnée des actrices Taraji P. Henson, qui l'incarne à l'écran, Octavia Spencer et Janelle Manae, héroïnes du film de Theodore Melfi. Une mise en lumière 32 ans après son départ à la retraite de la Nasa. Dernière reconnaissance: à l'occasion de la Journée des droits de la Femme le 8 mars dernier, la firme *Mattel* a dévoilé une poupée *Barbie* à son effigie !

Bande-annonce:

 <https://www.youtube.com/watch?v=548FICcem58>





2^e partie

Police scientifique : comme à la télé ?

Dans le numéro précédent, nous introduisons le métier d'enquêteur forensique de la Police Technique et Scientifique (PTS) de la police fédérale. Après avoir brièvement décrit la police intégrée à 2 niveaux, nous plongeons ensuite dans le vif du sujet avec la science forensique et les techniques de prélèvement employées par les labos de la PTS. Cependant, il faut savoir que ces labos ne sont pas les seuls à disposer de techniques forensiques. En effet, la DJT ou direction centrale de la police technique et scientifique intervient également dans certaines enquêtes. Sortons notre loupe et ouvrons l'œil ! L'enquête suit son cours...

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

La DJT est en charge du suivi de tout ce qui touche à la science forensique au sein de la police fédérale. Elle assume des missions stratégiques, tactiques, ainsi que d'appui opérationnel au profit d'autres services, notamment la PTS, à l'aide de différentes techniques qui ne sont pas disponibles dans les 14 labos décentralisés dits «de terrain». Ces experts viennent en 2^e ou 3^e ligne après l'enquêteur tactique et l'enquêteur forensique.

La DJT est divisée en plusieurs services, notamment:

- La *Disaster Victim Identification Team (DVI)* est chargée entre autres de l'identification des corps des victimes de catastrophes, d'accidents ou de certains crimes;
- Le *Service des Sciences du Comportement (GWSC)* reprend les auditions avec polygraphe (détecteur de mensonge), l'aide à l'audition de mineurs, l'analyse comportementale et des affaires de mœurs;
- Le *Laboratoire Audio et Vidéo (LAV)* est spécialisé dans le traitement et l'analyse d'images notamment acquises par caméra de surveillance. Il comprend également la section responsable de la réalisation des portraits robot;
- L'*Office Central pour la Répression des Faux (OCRF)* couvre les domaines des faux documents et du faux-monnayage;
- L'*Unité Centrale (UCE)* est en charge de la gestion de la banque de données de certaines traces autres que digitales;
- Le *Service d'Identification Judiciaire (SIJ)* est responsable de la base de données judiciaire des empreintes et traces digitales.

C'est sur ces 2 derniers services, les plus proches du travail de la PTS sur le terrain, que nous allons nous pencher.

L'Unité Centrale

Dans le cadre d'une restructuration interne de la direction centrale, l'Unité Centrale sera intégrée, dès le 1^{er} mai 2018, à la division stratégique et politique de la DJT. Celle-ci est entre autres chargée de développer des normes et mettre en place une standardisation des méthodes de travail au sein des laboratoires de la PTS; développer et coordonner les réseaux d'experts en traces de semelles de chaussures, en incendie, etc...; mettre en place un contrôle qualité; créer une équipe R&D au profit des laboratoires de la PTS; continuer de réaliser des expertises en PTS, en ce compris les expertises dans la banque de données nationale (SDB en référence au néerlandais *sporendatabank*, voir détails ci-après).

En dépit de ce changement structurel et bien que le cadre de ses missions connaîtra certainement quelques modifications, il nous paraissait important, car il reste au cœur du travail de la PTS, d'évoquer ici le travail de l'UCE tel qu'il était jusqu'ici. En effet, ce laboratoire central intervient actuellement en tant qu'appui aux enquêteurs des labos de terrain pour les traces d'oreilles, de semelles de chaussures et d'outils rassemblées au sein de SDB. Les experts comparent ainsi les traces prélevées par les labos de terrain avec toutes les traces déjà reprises dans la banque de données, ce qui peut éventuellement mener à faire des liens avec d'autres affaires. Ces experts sont également à même de comparer les traces prélevées, non pas avec une autre trace, mais avec une référence. Généralement, l'UCE ne descend pas sur la scène de crime mais reçoit directement des labos de terrain les prélèvements des traces pour ensuite les digitaliser et les stocker dans SDB. Cela se fait encore «manuellement» même si le déploiement national de l'application SDB dans tous labos de terrain est prévu dans le courant de cette année.

Plus concrètement, s'il s'agit de traces de semelles ou d'oreilles prélevées avec de la gélatine noire, on aura plutôt recours à un gelscan pour en numériser tous les détails grâce à un scanner spécifique à tête fixe constitué d'un plateau mobile sur lequel est posé la gélatine et d'un système d'éclairage. De la sorte, il n'y a pas de verre entre la tête de numérisation et le transfert. Si c'est de la gélatine blanche, un simple scanner suffit mais la résolution obtenue sera moindre.

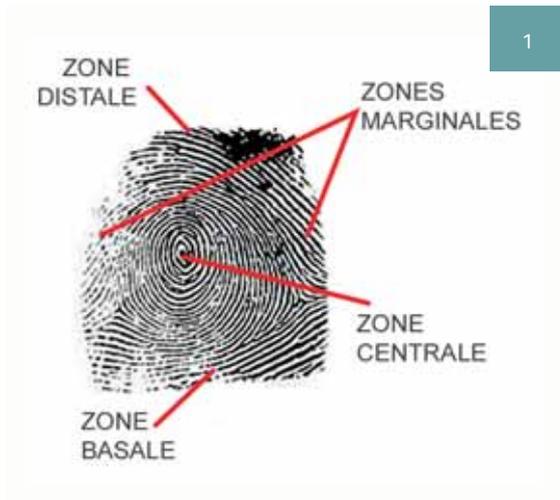
À côté de cela, cette unité possède également des compétences d'expertise non liées aux

données de SDB. Elle peut par exemple être appelée en deuxième ligne par un magistrat, en concertation avec le labo de terrain en charge du dossier. Un de leurs domaines d'expertise pourra porter sur la morphoanalyse des traces de sang ou BPA (*Bloodstain Pattern Analysis*), qui consiste en l'étude des projections de sang (orientation, position, forme) dans le but de déterminer les actions à l'origine des traces. Pour ce faire, ces dernières doivent être digitalisées sur la scène de crime, d'abord à l'aide d'un quadrillage puis de façon détaillée selon des normes spécifiques. Autre compétence: la comparaison faciale, entre par exemple le visage d'un individu sur des images de vidéosurveillance et celui d'un suspect.

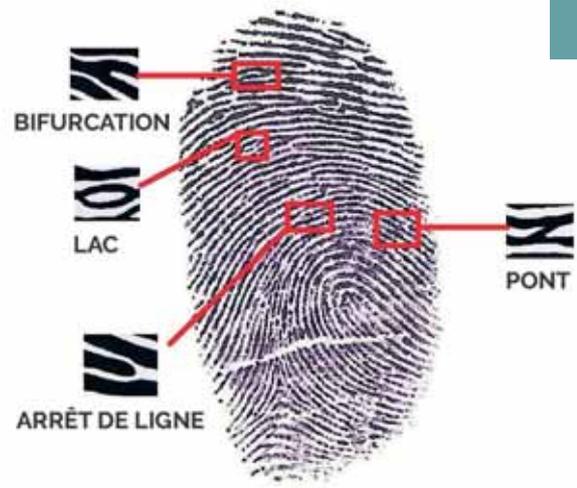
La DJT et ses différents services appuient les enquêteurs forensiques des labos de terrain: compétences spécifiques, techniques particulières et/ou matériel spécialisé sont mis au service de l'enquête.

L'UCE dispose également de matériel spécialisé, comme des systèmes portables de fumigation de cyanoacrylate, qui seront désormais dispatchés parmi certains labos de terrain. Pour révéler les traces digitales dites aussi dactyloscopiques ou papillaires, les techniques de poudrage (*voir Athena n° 335*) sont indiquées si le support de trace ne peut être emporté hors de la scène de crime et/ou si la trace ne doit pas être exploitée pour d'autres recherches comme l'ADN. Dans le cas contraire, l'objet est emporté afin d'utiliser une autre méthode qui laisse les traces ADN exploitables: l'armoire de fumigation de cyanoacrylate, encore appelée *armoire cyano*. L'objet sur lequel on cherche à mettre en évidence des traces digitales est placé dans cette armoire hermétiquement fermée. Une colle de type Super Glue, du cyanoacrylate, est alors chauffée jusqu'à 120 °C, température à laquelle elle est vaporisée dans l'armoire. On parle de fumigation. Au contact de certaines substances contenues dans la trace digitale et à condition que le taux d'humidité soit à 80%, la colle constituée de molécules simples appelées monomères forme des macromolécules par polymérisation, ce qui laisse un dépôt blanc sur les crêtes papillaires qui peuvent alors être photographiées. Cette technique est particulièrement appropriée aux supports non-poreux tels que sacs en plastique et bouteilles. Une variante consiste à utiliser du Lumicyano™, une substance composée de cyanoacrylate et d'une poudre qui rend la trace fluorescente sous





1



2



1. Les 5 zones d'une empreinte digitale.
2. Exemples de points caractéristiques d'une empreinte digitale.

lumière UV. Cela peut être utile si la couleur du support ne permet pas un bon contraste avec le blanc des crêtes. Chaque labo de terrain possède au moins une armoire cyano. Le système portable de fumigation de cyanoacrylate (*tente cyano*) de l'UCE peut être demandé afin d'étudier de plus grands volumes, comme un véhicule ou une plantation de cannabis, dans le but de révéler les éventuelles traces digitales sans avoir à passer la zone complète au poudrage et tous les objets à l'armoire cyano.

Le Service d'Identification Judiciaire

Le SIJ est un service d'appui dans les enquêtes judiciaires qui contribue également à assurer l'identité biométrique des individus. À cette fin, ses experts récoltent, sous forme d'images avec des contraintes d'échelle, de résolution et de format, les empreintes digitales et traces papillaires provenant de condamnés, de suspects ou de scènes de crime. Les unités zonales et fédérales de la police peuvent faire appel à leur service et sont également des fournisseurs de données papillaires. Lorsqu'un suspect est interrogé dans leurs locaux, un jeu d'empreintes complet (les empreintes décadactylaires ou TP pour *Ten Print*) est acquis grâce à un livescan. Ce scanner est en réalité une station à distance permettant d'injecter la fiche TP directement dans la base de données APFIS (*Automated Palmprint and Fingerprint Identification System*) du SIJ. Il fournit ensuite le résultat de la comparaison avec les empreintes digitales (référence à référence) stockées dans APFIS, à savoir la réponse à la question: l'individu a-t-il déjà été dactyloscopé ? Les labos de terrain transmettent par ailleurs des données au SIJ comme les traces dactyloscopiques prélevées sur les scènes de crime pour tenter de faire des liens avec des individus connus ou d'autres affaires.

En Belgique, le travail de comparaison entre 2 références est entièrement effectué par APFIS - qui est également un logiciel. Le seuil de correspondance entre 2 fiches TP est très élevé, ce qui permet de diminuer fortement le risque de faux positifs. Lorsqu'il s'agit d'une comparaison entre 2 traces ou entre une trace et une référence, une première analyse est effectuée de manière automatisée afin de fournir des candidats pour la comparaison. Ensuite, l'approche de vérification et de validation requiert l'intervention de 2 opérateurs, appelés dactyloscopes, qui procèdent à un double contrôle. Le principe d'analyse, en théorie, est simple. Prenons le cas de la comparaison de 2 traces. Le dactyloscope regarde d'abord si elles se ressemblent dans leur forme générale. Une empreinte digitale est constituée de 5 zones: centrale, basale, distale, marginale à gauche et marginale à droite (*voir illustration 1*). Un point de convergence entre différentes zones est appelé delta. De plus, il existe des grandes familles de figures qui aident à la comparaison de la forme générale: arcs, boucles et verticilles (tourbillons). Si une trace contient un delta ou un arc et pas l'autre alors que la forme générale est bien visible sur les 2 traces, pas la peine de continuer. En revanche, si la figure est identique sur les 2 traces ou si la qualité des traces n'est pas suffisante pour visualiser les figures, l'analyse est poursuivie et l'opérateur se penche sur les minuties, points caractéristiques des crêtes comme la bifurcation, l'arrêt de ligne, le lac ou le pont (*voir illustration 2*). Pour déclarer une identification, 12 minuties similaires doivent être repérées. Et tout cela est fait à l'œil par un expert !

Aide extérieure

La PTS peut également, sur demande du magistrat, faire appel à des partenaires externes ayant développé des compétences particulières complémentaires à celles de la PTS et de la DJT. Parmi eux, on trouve des laboratoires d'analyse privés ou publics comme l'*INCC, Institut National de*

MERCI à Laurent Coucke, Laurent Sartorius, Ikram Gharrafi et Caroline Dereyne de la DJT, Pierre Simon de la PTS de Liège, Robert Vankan de la PTS de Luxembourg et Eric Snoeck de la PJJ de Liège.

>> MÉMO

CSI	Crime Scene Investigation
PTS	Police Technique et Scientifique
DJT	Direction centrale de la police technique et scientifique
UCE	Unité Centrale
SDB	Banque de données nationale pour les traces de semelles, d'oreilles et d'outils
BPA	Morphoanalyse des traces de sang ou <i>Bloodstain Pattern Analysis</i>
SIJ	Service d'Identification Judiciaire (prochainement rebaptisé BIS pour <i>Biometric Identification Service</i>)
TP	Empreintes décadactylaires ou <i>Ten Print</i>
APFIS	Système automatisé d'identification d'empreintes palmaires et digitales ou <i>Automated Palmprint and Fingerprint Identification System</i>
INCC	Institut National de Criminologie et de Criminologie
FPL	Forensic Police Laboratory

Criminalistique et de Criminologie, situé à Bruxelles. L'INCC possède diverses expertises. Par exemple en fibres textiles: lorsqu'un enquêteur forensique récolte des fibres sur une scène de crime, le prélèvement leur est envoyé pour analyse et éventuellement comparaison avec un vêtement de référence. Cet institut est également en charge de la gestion des banques de données nationales en matière génétique et possède l'expertise requise pour effectuer des analyses et obtenir le profil ADN d'un individu sur base d'une trace. De plus, en cas de tir sur une scène de crime, il est parfois demandé par le magistrat qu'un expert en balistique de l'INCC intervienne pour une étude approfondie. Il effectue alors une comparaison entre les éléments retrouvés sur la scène de crime et ces mêmes éléments en provenance d'une arme de référence: projectiles, douille, marques du percuteur de l'arme sur le culot de la douille, etc. Si les traces sont identiques, il peut alors conclure que c'est bien l'arme du crime, reste à savoir qui l'a réellement employée, mais ça, c'est le travail du policier en charge de l'enquête tactique.

La PTS peut encore avoir recours à la Défense pour leurs connaissances en déminage, à la Protection civile pour leur équipement et savoir-faire notamment en cas de risques nucléaires, radiologiques, biologiques ou chimiques ou encore aux services d'incendie pour leur matériel. Nous sommes donc loin, en 2 articles, d'avoir fait le tour de tout ce que la science forensique a à offrir...

Challenges pour l'avenir

À l'heure actuelle, il existe 14 laboratoires de PTS sur le territoire belge, un par arrondissement judiciaire. D'ici quelques années, il ne devrait plus y

TECHNO-ZOOM

En ces périodes parfois fraîches, il n'est pas toujours évident de chauffer certaines pièces de la maison comme on le souhaiterait, surtout si l'on dispose d'un seul thermostat. Une fois la température atteinte dans la pièce où il est situé, le système de chauffage s'arrête partout et bye bye la chambre à température idéale en allant se coucher. La société française *Netatmo* propose une solution pour y remédier: la vanne de chauffage connectée. Compatible avec presque tous les types de radiateurs à eau chaude, elle doit être installée à la place de la vanne classique. Le fonctionnement du radiateur est alors régulé par la température de la pièce dans laquelle il se trouve. La température désirée peut être choisie en tournant manuellement la vanne mais aussi à l'aide d'une app qui permet de programmer différents modes de chauffage (nuit, confort, absent, etc.) ou d'allumer les radiateurs à distance juste avant le retour de vacances. *Netatmo* n'est bien entendu pas la seule solution du genre. Quelques recherches sur Internet ou auprès de votre chauffagiste vous permettront de choisir ce qui vous convient le mieux.

 www.netatmo.com



en avoir que 5: Anvers, Gand, Liège, Charleroi et Bruxelles. Ils feront partie du FPL ou *Forensic Police Laboratory*. Et l'investigation de la scène de crime sera, quant à elle, assurée par les sections CSI ou *Crime Scene Investigation*. Le travail des enquêteurs forensiques sera donc scindé en 2 parties distinctes et un CSI pourra faire appel au FPL pour effectuer les analyses requises.

De plus, l'activité en labo concernant l'ADN et la dactyloscopie devra respecter la norme ISO17025 pour les laboratoires d'étalonnages et d'essais, alors que l'activité de terrain sera soumise à d'autres standards. Ces changements trouvent leur origine dans le Traité européen de Prüm du 27 mai 2005 qui permet l'échange des profils ADN, des empreintes digitales, mais aussi des données concernant l'immatriculation de véhicules entre les pays l'ayant ratifié. Ces échanges requièrent des normes communes afin d'assurer la fiabilité des données fournies par chaque pays. 

L'ADN de...

Denis DUMAY

Assistant-contrôleur SPW



Recto

Assistant/contrôleur, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ?

Pas vraiment. J'ai une formation d'ingénieur de son à la base. Après avoir essayé les aléas des intermittents du spectacle et enchaîné quelques contrats journaliers, je me suis rapidement rendu compte qu'il fallait que je réoriente le tir d'un point de vue professionnel. Dans ma recherche d'emploi, j'ai trouvé une annonce du Service Public de Wallonie qui concernait le bruit routier, j'ai donc foncé.

Comment devient-on assistant/contrôleur ?

En réalité, le poste d'assistant/contrôleur ne nécessite pas de parcours spécifique. Pour ce type de poste, seul le certificat d'enseignement secondaire supérieur est requis. Après, il est clair que l'orientation des études peut avoir un intérêt pour la fonction mais ce n'est généralement pas un pré-requis. Par exemple, quelqu'un qui a entrepris des études

dans la gestion forestière pourra prétendre avoir un «bagage supplémentaire» dans le cadre d'un travail de contrôleur à la division nature et forêt.

Vous travaillez actuellement en tant que assistant/contrôleur pour la DGO1 (Direction de l'Expertise des Ouvrages - Cellule «Bruit») du Service public de Wallonie, mais quelle est votre journée-type ?

Je ne peux pas à proprement parler de journée-type. Dans le cadre de mon travail à la cellule Bruit, je suis amené à réaliser du contrôle de chantier/infrastructure, des missions de mesures sur le terrain, que ce soit pour vérifier la cartographie que l'on utilise, répondre à une plainte ou caractériser l'émissivité au droit d'un joint de dilatation. Au sein de ma direction cette-fois, je suis également amené à devoir faire des inspections de buse ou du contrôle de chape d'étanchéité par thermographie infrarouge. Pour certaines de ces tâches, nous sommes tributaires de la météo: routes sèches, pas d'excès de vent, pas de pluie, du soleil dans le cadre de la thermographie,... Intervenant sur l'ensemble du réseau wallon, nous sommes régulièrement en contact avec les districts qui ont eux aussi leurs aléas relatifs à la fluidité des routes ou aux interventions sur celles-ci de manière prioritaire. Et je pense que c'est pour cela aussi que le métier me plaît autant, c'est que je n'ai pas de journée-type et que je dois réfléchir tous les jours au planning de la semaine en fonction des urgences et de la météo.

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

J'ai toujours eu de très bons rapports avec la science. Principalement avec la physique et la biologie. Je dirais simplement que la chimie à l'époque me paraissait beaucoup plus floue. Je ne peux pas vous dire lequel m'a laissé le plus de souvenir entre mon premier microscope avec lequel je regardais les feuilles d'arbres ou mon set de chimiste pour fabriquer des bonbons ! Mais à l'heure actuelle, je suis plus proche de la biologie.

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

Je résumerais celle-ci par le respect de chacun. Arriver dans l'administration à 28 ans n'est pas toujours facile. Il y a beaucoup de procédures auxquelles il faut se conformer. Outre le respect des règles et l'application de celles-ci, il faut faire attention en voulant apporter des idées nouvelles, de ne pas chercher à les imposer même si on a le sentiment que ce serait «la meilleure chose à faire». L'administration publique, comme certainement tous les autres secteurs, répond à certains codes que l'on apprend au fur et à mesure.

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

Depuis un peu plus d'un an, nous suivons les chantiers de nouveaux écrans anti-bruit et les réhabilitations de plus anciens. Conséquence d'une expertise acquise pendant presque 2 ans lors du contrôle des infrastructures wallonnes existantes. Cela nous permet d'assurer la bonne

mise en place des dispositifs liés à la réduction du bruit routier. Lors d'une rencontre sur terrain avec un fournisseur, nous avons appris que certains éléments avaient été modifiés dans leur chaîne de production à la suite de nos inspections et remarques sur des éléments de structures existantes. C'est très valorisant de se dire que notre travail a des répercussions sur le développement et la fabrication des futurs dispositifs anti-bruit...

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

Le contrôle est une étape nécessaire à toute réalisation de travaux, que se soit dans le cadre professionnel ou privé. Un poste de contrôleur au SPW signifie que vous devenez les yeux de l'administration sur le terrain. Ce n'est pas toujours facile en fonction des dossiers que vous avez à gérer. Cela peut même parfois être très conflictuel entre l'entrepreneur et le pouvoir adjudicateur que vous représentez. Mais lorsqu'un chantier se termine, c'est la consécration de tout un travail réalisé en amont. 



Denis Dumay

ÂGE : 31 ans

SITUATION FAMILIALE :
célibataire

PROFESSION : Assistant/
Contrôleur à la Cellule «Bruit»
de la Direction de l'Expertise
des Ouvrages (DGO1)

FORMATION : CESS en
transition informatique au
collège technique St-Jean
à Wavre.
Diplômé de la SAE Institute
comme ingénieur du son.

TÉL. : +32 (0)4 231 64 35
MAIL : denis.dumay@spw.
wallonie.be

Verso

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

Comédien ou archéologue. J'aime procurer du bonheur au gens: quel meilleur moyen qu'une inter-réaction directe avec un public ? Après mon point faible serait probablement l'étude des textes ! L'archéologie, c'est plus un rêve de gamin qu'autre chose, bien que l'étude des animaux disparus ou des civilisations ne m'a jamais dérangé.

Je vous offre un super pouvoir...

Lire dans les pensées. Qui n'a jamais rêvé de savoir ce que quelqu'un pense de vous, la manière dont son cerveau analyse toutes les données ? Bien qu'à la longue et dans certains cas, cela pourrait rapidement devenir pénible et insurmontable.

Je vous offre un auditoire...

J'enseignerais le civisme car plus je suis confronté à la réalité, plus je me rends compte que des valeurs fondamentales se perdent. Je pense à la franchise qui est devenu plus souvent un moyen de se défouler qu'une qualité; à la violence verbale qui est monnaie courante dans la plupart des discussions ou encore, au respect de l'autorité et de ses parents...

Je vous offre un laboratoire...

Je ferais probablement des tests routiers sur revêtement pour tenter de rendre celui-ci le plus silencieux possible et le plus durable. J'inviterais aussi des extérieurs, comme mon professeur d'électronique qui ne manquait pas d'idées ou des chercheurs plus orientés vers ce qui concerne la santé.

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

Une réédition du 3310 ou un ordinateur portable dernier cri.

Je vous offre un billet d'avion...

Je m'envolerais sûrement pour l'Afrique ou l'Asie à la recherche de simplicité et d'authenticité. Aller à la rencontre des personnes, participer avec eux à leurs activités journalières...

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

Sur un ring de boxe ou assis dans un fauteuil ? Pour le ring, il y a 2 dirigeants assez médiatisés et avec des caractères très proches auxquels je pense... Je vous laisse deviner. Pour le fauteuil, ce serait probablement avec Hans Zimmer ou Stanley Kubrick. Un compositeur talentueux d'un côté, un réalisateur de renom de l'autre, dont je serais curieux de découvrir le processus créatif.

La question «a priori»: un homme en jaune fluo un papier en main au bord de la route se la coule douce toute la journée !

Et encore, le papier c'était pour la bataille navale, on est passé à la version électronique... Plus sérieusement, j'invite ces personnes à se demander dans le cadre de leur travail à quel moment ils sont jugés ? On a toujours plus facile à pointer les 5 min où une personne ne travaille pas, plutôt que la quantité de travail qu'elle fournit de manière journalière. Alors si on peut parfois donner l'impression de se promener, c'est dans un but unique: contrôler l'avancement des travaux et la bonne mise en œuvre de ceux-ci. Si quelqu'un trouve le moyen de le faire à distance, qu'il me prévienne ! Du coup, promis, à l'avenir j'essayerai d'avoir un mètre déplié en plus du papier le long des routes ! 

 <http://routes.wallonie.be/Index.jsp>

LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © DOLGACHOV (P.18), © LEV DOLGACHOV (P.22)



Cancer du col de l'utérus: comment s'en prémunir ?

Très répandu de par le monde, le cancer du col de l'utérus est de moindre incidence dans les pays occidentaux, où il se heurte à un dépistage efficace mais pourtant insuffisamment suivi, ainsi qu'à la possibilité d'une vaccination contre certains papillomavirus humains responsables de sa survenue. Trop de femmes négligent néanmoins le dépistage et la vaccination. De nombreux décès pourraient encore être évités

Environ 15% des cancers répertoriés dans le monde sont associés à une infection virale. Dans le cancer du col de l'utérus, appelé aussi cancer cervical, il était admis que plus de 95% des cas trouvaient leur origine dans une infection par un virus de la famille des papillomavirus humains (HPV). Selon Philippe Delvenne, professeur d'anatomie pathologique à l'Université de Liège (ULiège), ce chiffre doit être légèrement revu à la baisse, des typages viraux beaucoup plus systématiques ayant permis de déterminer que 10 à 15% des cancers cervicaux auraient une autre cause. Par exemple, le tabac.

On dénombre quelque 190 types de virus HPV, dont certains induisent des lésions ano-génitales sans risque de progression cancéreuse. Par exemple, des verrues. À côté des HPV à bas risque, d'autres possèdent la potentialité de générer des cancers. En fait, les virus HPV se répartissent schématiquement en 2 catégories: les HPV à bas risque, qui peuvent être responsables de la formation de condylomes acuminés, petites verrues bénignes siégeant sur la muqueuse génitale ou anale, et les HPV à haut risque, qui peuvent être à l'origine de cancers. Les HPV 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 66 ont été identifiés comme susceptibles

d'engendrer une transformation maligne, mais 2 d'entre eux se taillent la part du lion, HPV 16 et 18, dont on estime qu'ils seraient impliqués dans 70% des cancers cervicaux.

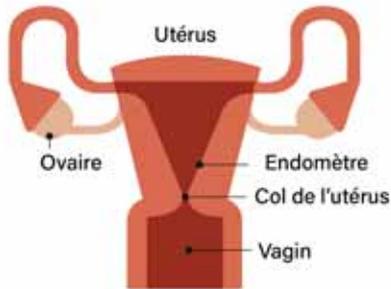
À l'échelle planétaire, le cancer du col utérin est, avec les tumeurs du sein, du côlon et du poumon, l'une des principales causes de décès par cancer chez les femmes. Avec 528 000 nouveaux cas en 2017, il représente à lui seul 15% de l'ensemble des tumeurs malignes qui les touchent. Il existe toutefois de grandes disparités géographiques quant à l'incidence de la maladie. En Belgique, par exemple, 633 nouveaux cas furent répertoriés en 2013 selon le Registre belge du cancer, ce qui situait l'affection au 12^e rang des cancers les plus fréquents chez les femmes, loin derrière les tumeurs du sein ou du côlon, notamment.

Certains pays occidentaux bénéficient d'un dépistage qui a prouvé son efficacité (surtout quand il est organisé) pour détecter les lésions précancéreuses initiées par le virus HPV avant leur transformation maligne et en pratiquer l'exérèse. Dans les pays en voie de développement, l'incidence du



CANCER DU COL DE L'UTÉRUS

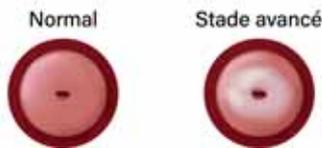
Facteurs de risque



Papillomavirus humain



Col vu du dessous



cancer du col utérin est nettement accrue, principalement du fait de politiques de dépistage très perfectibles et de soins d'une qualité non optimale.

Un constat affligeant

Le cancer cervical se déclare très rarement avant l'âge de 25 ans. Il devient plus fréquent dans la trentaine et poursuit ensuite son ascension vers un pic d'incidence dans la cinquantaine, de manière telle que l'âge moyen de sa survenue est de 54 ans selon les données épidémiologiques belges. On considère qu'une dizaine d'années, voire plus, séparent habituellement le contact infectant avec un virus HPV à haut risque et le diagnostic de tumeur maligne, l'évolution des cellules précancéreuses vers la cancérisation étant assez lente. Si les lésions précancéreuses annonciatrices d'une transformation maligne ne sont pas traitées, un cancer infiltrant du col utérin peut se développer. Celui-ci est susceptible de se disséminer dans les ganglions lymphatiques de drainage (métastases lymphatiques) puis, dans un deuxième temps, d'essaimer par voie sanguine pour aller coloniser différents organes, avec un tropisme particulier pour le poumon, et y générer des foyers métastatiques. «Les traitements (voir encadré) sont lourds - chirurgie, radiothérapie, chimiothérapie - et affectent fréquemment les fonctions urinaires et intestinales, souligne

le professeur Frédéric Kridelka, responsable du service de gynécologie-obstétrique du CHU de Liège. Dans la majorité des cas, les patientes ne peuvent plus envisager une grossesse ultérieure et n'ont plus de rapports sexuels satisfaisants. En cas d'insuccès du traitement, la progression de la maladie engendre des complications majeures et une fin de vie particulièrement difficile ⁽¹⁾.» Selon les chiffres de la Fondation contre le cancer, 31% des patientes décèderaient dans les 5 ans après le diagnostic de cancer cervical. Autrement dit, dans notre pays, plus de 2/3 des patientes y survivraient 5 ans ou plus, mais avec une qualité de vie souvent altérée par les traitements.

Chaque année en Belgique, 30 000 femmes présentent des lésions précancéreuses liées à une infection par HPV...

«Si le cancer est localement avancé, une femme sur 2 en décède. Et s'il est métastatique, le pronostic est encore nettement moins bon», précise néanmoins Frédéric Kridelka. Ce constat est d'autant plus affligeant que 90% des décès auraient pu être évités grâce à un dépistage régulier débouchant sur un traitement des lésions précancéreuses ou mieux encore, par une vaccination contre le virus HPV réalisée systématiquement dans la jeune adolescence. Or en Belgique, 50% des femmes ne se soumettent à aucun examen de dépistage.

Transmission par voie sexuelle

Les papillomavirus humains sont très répandus et très contagieux. Selon certaines estimations, 80% des femmes sexuellement actives seront infectées par un virus de cette famille au cours de leur vie. L'infection concerne les hommes également - ils sont d'ailleurs les principaux vecteurs de transmission vers la femme -, mais les tumeurs malignes que les papillomavirus humains peuvent engendrer chez eux ont une incidence moindre que les cancers cervicaux. Outre ces derniers, les HPV à haut risque peuvent en effet être à l'origine de divers autres cancers: au niveau du vagin et de la vulve, mais aussi de l'anus et de la région périnéale, du périnée et de la sphère ORL (bouche, pharynx...). Comme l'indique le professeur Delvenne, l'infection est souvent multifocale; elle peut toucher différents sites. «Par exemple, en cas de lésion vulvaire, il est opportun de vérifier

qu'il n'y a pas également des lésions au niveau du col utérin», dit-il.

La transmission des virus HPV se réalise essentiellement lors de rapports sexuels, par contact direct de peau à peau ou de muqueuse à muqueuse. Les pratiques oro-génitales sont concernées au même titre que le coït ou la sodomie. «*De façon assez anecdotique, les papillomavirus humains peuvent être transmis par des objets ou par du linge*», rapporte le spécialiste de l'ULiège. Quant au professeur Kridelka, il précise que la protection offerte par le préservatif est beaucoup moins efficace contre les virus HPV que contre le HIV.

Sus aux lésions précancéreuses !

Chaque année en Belgique, 30 000 femmes présentent des lésions précancéreuses liées à une infection par HPV. Chez la plupart des femmes infectées, le virus passe inaperçu et disparaît. Chez d'autres, l'infection devient chronique. Dans ce cas, le virus, non éliminé, induit initialement des lésions à faible risque, que l'on qualifie de lésions de bas grade ou de dysplasies légères. Ensuite, soit ces lésions régressent spontanément, soit elles subsistent et ont alors une probabilité de se muer progressivement en lésions précancéreuses de haut grade, puis, au terme d'une période estimée à une dizaine d'années, en lésions cancéreuses.

Toutefois, on pouvait lire dans un article publié en 2012 dans *La revue médicale de Liège* (2): «*Si la persistance du génome d'un HPV oncogène (3) est nécessaire à la formation des CCU (cancers du col de l'utérus), elle n'est pas suffisante et de multiples événements se succèdent durant le processus de cancérisation. Le développement et la progression du CCU sont donc également liés à la présence de multiples facteurs de risque favorisant la carcinogénèse.*» Et de citer des altérations immunitaires, la présence du cytomégalovirus (CMV) ou du virus de l'herpès simplex de type 2 (HSV-2), celle de la bactérie *Chlamydia trachomatis*, à l'origine de l'infection sexuellement transmissible la plus fréquente en Amérique du Nord et en Europe, mais également le tabac ou encore l'utilisation au long cours de contraceptifs oraux.

Face à des dysplasies légères, la médecine est partagée entre 2 stratégies. La première, interventionniste, consiste à enlever sans attendre les lésions du col; cependant, elle ne peut obvier au risque d'effets secondaires et de récurrence. L'autre option, «observationnelle», repose sur la surveillance par colposcopie (4) de la progression éventuelle des lésions. Si celles-ci s'accroissent, leur

exérèse est pratiquée avec les mêmes bénéfices et les mêmes inconvénients que dans l'hypothèse d'une intervention plus précoce.

L'ablation des lésions précancéreuses fait appel à une technique nommée conisation. Elle consiste en un retrait d'une portion du col de l'utérus, en forme de cône. En général, les dimensions de cette pièce anatomique sont approximativement de 1,5 centimètre de base sur 1,5 centimètre de haut. Selon les cas, la conisation est effectuée sous anesthésie locale, locorégionale (péridurale ou rachianesthésie (5)) ou générale. Le plus souvent, elle se réalise en ambulatoire - la patiente peut quitter le centre hospitalier quelques heures après l'intervention. L'acte chirurgical ne laisse par ailleurs aucune cicatrice externe. En effet l'instrument utilisé - anse diathermique (6),

QUELLES THÉRAPIES ?

Il existe un signe commun aux cancers cervicaux, qu'ils soient débutants ou avancés: des saignements après les rapports sexuels. Si la maladie a atteint le stade avancé, de nombreux autres symptômes sont susceptibles de se manifester: saignements dans les urines, augmentation de la fréquence des mictions, douleurs lors de ces dernières, faux besoins en raison d'une compression du rectum, constipation, pertes vaginales plus abondantes, douleurs dans la région pelvienne ou le bas du dos...

Le stade (état d'avancement) de la tumeur joue un rôle déterminant dans le choix des traitements. Aussi est-il indispensable de distinguer le cancer débutant, qui se réfère à une lésion circonscrite au col de l'utérus et dont le plus grand axe est inférieur à 4 cm, et le cancer localement avancé (*Locally advanced cervical cancer - LACC*), c'est-à-dire une maladie limitée au col utérin mais dont un axe de la lésion dépasse 4 cm, ou alors une maladie qui s'étend vers le vagin, la vessie, le rectum ou les parois du bassin.

Lorsque le cancer est débutant, la lésion peut généralement être retirée chirurgicalement de manière efficace. Une autre option est la radiochirurgie, où une curiethérapie (placement de sources radioactives à l'intérieur de l'organe) est suivie d'une colpohystérectomie élargie (ablation de l'utérus et de la partie supérieure du vagin). Troisième possibilité: la radiothérapie, quand la chirurgie est contre-indiquée.

En cas de cancer localement avancé, le traitement repose sur la radiochimiothérapie concomitante: à une radiothérapie sont adjointes une curiethérapie et une chimiothérapie destinée à augmenter la sensibilité de la tumeur aux rayons. Il arrive parfois qu'une chirurgie de l'utérus ou une chirurgie plus vaste soit entreprise en complément. Enfin, lorsque le cancer du col utérin est métastatique, le cœur du traitement est une chimiothérapie et/ou une radiothérapie.





bistouri électrique, bistouri froid ou laser - emprunte les voies naturelles. «Lorsque le chirurgien enlève une portion du col utérin par conisation, il supprime une barrière protectrice contre le passage, vers l'utérus, des germes présents dans le vagin, rappelle le professeur Kridelka. Cela n'est pas sans conséquences, puisque cette situation accroît significativement le risque de rupture prématurée de la poche des eaux durant une grossesse, d'accouchement prématuré ou, à l'inverse, de césarienne lorsque le col, devenu cicatriciel, ne peut se dilater suffisamment.»

Des vaccins performants

La bonne nouvelle est que les femmes peuvent se protéger contre le cancer cervical. Malheureusement, nombreuses sont celles qui ne saisissent pas la balle au bond. La prévention primaire repose sur la vaccination prophylactique anti-HPV. Les 2 premiers vaccins disponibles sur le marché, le *Gardasil* et le *Cervarix*, ciblaient les HPV 16 et 18, responsables, rappelons-le, d'environ 70% des cancers du col utérin. Le *Gardasil* offrait en outre une protection contre les HPV 6 et 11, à l'origine de la majorité des condylomes ano-génitaux. «Si l'on prend en considération les réactions croisées, on estime que chacun de ces vaccins réduit de quelque 75% le risque de cancer du col», commente Philippe Delvenne. Il existe désormais un vaccin nonavalent, le *Gardasil 9*, constitué à partir d'antigènes provenant de 9 génotypes d'HPV dont 7 sont oncogènes (HPV 16, 18, 31, 33, 45, 52 et 58) et 2 sont impliqués dans les condylomes ano-génitaux (HPV 6 et 11). «Avec ce vaccin, la protection contre le cancer cervical s'élève à 85, voire 90%», précise encore l'anatomo-pathologiste de l'ULiège.

Les vaccins prophylactiques ne favorisent pas l'élimination du virus chez les femmes infectées. Ce rôle est dévolu à des vaccins thérapeutiques, actuellement en développement (voir encadré p. 23). On sait qu'avec le *Gardasil* et le *Cervarix*, le taux des anticorps reste stable au minimum pendant 10 ans après l'injection, ce qui offre une protection de longue durée avant une nouvelle injection éventuelle; en ce qui concerne le *Gardasil 9*, la question demeure en suspens, dans la mesure où on ne possède pas le recul suffisant pour se prononcer.

À qui est destinée la vaccination ? Prioritairement à toutes les jeunes filles n'ayant pas encore eu de rapports sexuels avec contact génital ou



La prévention primaire contre le cancer cervical repose prioritairement sur la vaccination des jeunes filles.

oro-génital, c'est-à-dire idéalement aux demoiselles de 12 ou 13 ans. Malheureusement, la couverture vaccinale, qui est remboursée en Belgique jusqu'à l'âge de 18 ans accomplis, n'est que de l'ordre de 30% en Fédération Wallonie-Bruxelles, alors qu'elle avoisine 90% en Flandre. «D'un côté, la politique vaccinale est parfaitement efficace; de l'autre, elle est parfaitement inefficace, explique Frédéric Kridelka. En Flandre, les jeunes adolescentes reçoivent à l'école un document très succinct dans lequel leurs parents doivent fournir les raisons d'un éventuel refus de vaccination pour leur enfant. En Fédération Wallonie-Bruxelles, par contre, ils doivent donner explicitement leur accord via des documents plus complexes.»

Toujours selon le responsable du service de gynécologie-obstétrique du CHU de Liège, une vaccination couvrant 90% des jeunes filles permet de réduire drastiquement l'incidence des maladies précancéreuses causées par les virus HPV à haut risque tant au niveau du col utérin, qu'à ceux de la vulve, du périnée, de la région périanale ou anale et de la sphère ORL. De surcroît, avec un vaccin couvrant les virus HPV 6 et 11, l'incidence des condylomes pourrait être fortement diminuée, elle aussi.

Le vaccin prophylactique anti-HPV garde-t-il un intérêt pour les femmes ayant déjà eu des rapports sexuels ? Oui, puisque ces derniers n'impliquent pas nécessairement un contact avec

BIENTÔT UN VACCIN CURATIF ?

Les vaccins prophylactiques sont une chose, les vaccins thérapeutiques en sont une autre. Plusieurs d'entre eux sont actuellement en essais cliniques. Le but poursuivi est de stimuler le système immunitaire afin de permettre à l'organisme d'éliminer les lésions précancéreuses ou cancéreuses. La plupart des vaccins thérapeutiques testés ciblent isolément ou simultanément les protéines virales E6 et E7, exprimées précocement lorsque le virus HPV colonise une cellule pour l'infecter. En effet, il est établi que l'expression de ces protéines est indispensable au développement du cancer cervical. «E6 et E7 représentent des antigènes dont sont porteuses les cellules cancéreuses induites par un virus HPV oncogène, explique Philippe Delvenne. L'idée est de "doper" les réactions immunitaires contre ces antigènes, afin que les lymphocytes T attaquent et détruisent les cellules cancéreuses.»

Certains protocoles d'immunothérapie visent à traiter des cancers infiltrants, d'autres à éliminer les lésions précancéreuses dans la perspective d'éviter un traitement chirurgical qui pourrait occasionner des complications obstétricales.

des HPV oncogènes qui auraient induit un certain degré d'immunité à leur égard. Et de toute façon, la rencontre de certains de ces virus n'enlève rien à la pertinence de se protéger contre les autres. Évidemment, plus le nombre de partenaires sexuels est élevé, plus le nombre potentiel d'expositions à des virus HPV augmente, plus le bénéfice résiduel de la vaccination risque de diminuer.

Faut-il vacciner les hommes aussi ? «Cela permettrait de prévenir de nombreux cancers de la sphère ORL et de la marge anale associés aux virus HPV, en particulier au sein de la population masculine homosexuelle», indique Philippe Devenne. Frédéric Kridelka fait remarquer que si le but poursuivi est de diminuer l'incidence et la mortalité du cancer cervical, la vaccination optimale des femmes suffit. En revanche, l'éradication des virus passe par la vaccination des 2 sexes. «Le problème est largement budgétaire, souligne le gynécologue. Aussi faut-il vacciner convenablement les jeunes filles avant de s'intéresser aux garçons.» Cependant, dans certains cantons suisses par exemple, la vaccination est gratuite aussi bien pour les femmes que pour les hommes de 11 à 26 ans.

Dépistage: une nécessité

Venons-en à la prévention secondaire. Elle repose sur le dépistage de cellules précancéreuses. Pour ce faire, un frottis du col utérin est pratiqué. «Si des cellules atypiques sont décelées, ce qui correspond à un diagnostic ASC-US (Atypical Squamous Cells of Undetermined Significance) ou AGC (Atypical Glandular Cell), il convient de déterminer si leur anormalité est le fruit de modifications réactionnelles à une infection, une inflammation, un traumatisme quelconque ou si nous sommes en face de cellules précancéreuses, indique le professeur Delvenne. Pour préciser le diagnostic, le gynécologue effectuera un examen minutieux du col par colposcopie et y prélèvera, par biopsie, d'éventuels fragments de tissus anormaux, lesquels feront l'objet d'une analyse histologique en vue de confirmer ou non la présence d'une lésion précancéreuse.»

Toutefois, une autre technique de prévention, le test HPV, est de nature à permettre d'éviter une biopsie superflue. De fait, cet examen a pour objectif d'identifier le virus lui-même dans le liquide obtenu lors du frottis. Si le test est positif et que le frottis ait révélé des atypies, le bilan est évocateur de la présence de cellules précancéreuses: une biopsie s'impose. S'il est négatif, l'option est alors de surveiller la patiente.

En Belgique, le frottis du col utérin est remboursé par l'INAMI tous les 3 ans chez les femmes âgées de 25 à 64 ans. Le test HPV l'est également si un frottis préalable a dévoilé la présence de cellules atypiques, mais aussi dans le cadre du suivi thérapeutique après exérèse de cellules précancéreuses. Malheureusement, en Fédération Wallonie-Bruxelles, plus de 40% des femmes ne se font pas dépister. Cette situation est d'autant plus regrettable que le dépistage garde toute sa pertinence malgré une éventuelle vaccination anti-HPV, tous les virus oncogènes n'étant pas couverts par les vaccins... ^A

En savoir



⁽¹⁾ Frédéric Kridelka, *Le test HPV pour dépister le cancer du col de l'utérus*, Média Planet, 2015.

⁽²⁾ Philippe Delvenne et al., *Les cancers viro-induits: interrelations génétique-environnement*, La revue médicale de Liège, 2012.

⁽³⁾ De nature à transformer un proto-oncogène en oncogène, c'est-à-dire en un gène susceptible de conférer un phénotype cancéreux à une cellule eucaryote.

⁽⁴⁾ Examen du col de l'utérus avec un appareil comportant une source lumineuse et une loupe binoculaire.

⁽⁵⁾ Technique d'anesthésie cousine de la péridurale, qui consiste à injecter un anesthésique local dans le canal rachidien afin d'«endormir» les nerfs issus de la moelle en dessous du lieu d'injection.

⁽⁶⁾ Petit fil en métal traversé d'un courant électrique.



Neurones miroirs ou neurones miracles ?

Découverts au début des années 1990, les neurones miroirs ont la propriété de s'activer non seulement quand nous exécutons une action, mais également lorsque nous observons une autre personne accomplir une action similaire. Cette découverte a suscité un élan d'enthousiasme d'une telle ampleur que les neurones miroirs ont pratiquement accédé au statut de «neurones miracles». On leur a reconnu de nombreuses vertus, dont une implication dans l'imitation, l'apprentissage ou encore l'empathie. Aujourd'hui, toutefois, l'emballage scientifique et médiatique dont ils ont fait l'objet semble devoir être tempéré

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT - PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © INDIAPICTURE (P.24), © KIANKHOON (P.26)

Les neurones miroirs ont été découverts par hasard en 1992 à l'Université de Parme, dans le laboratoire du professeur Giacomo Rizzolatti. Y était étudié le répertoire moteur du singe macaque, via des enregistrements unitaires de neurones au sein des cortex pariétal et prémoteur. Les gestes de préhension du primate constituaient un des centres d'intérêt des chercheurs. Leurs enregistrements montraient notamment qu'un neurone du cortex frontal inférieur (aire F5) s'activait à chaque fois que l'animal tendait le bras pour saisir une cacahuète et la porter à sa bouche. Un des expérimentateurs saisit lui-même une cacahuète. Surprise ! Le neurone se mit de nouveau à s'activer dans le cerveau du singe alors que l'animal était immobile. Que fallait-il en déduire ? Selon Rizzolatti et son équipe, qu'une classe de neurones déchargent aussi bien lorsque l'animal effectue une action spécifique que lorsqu'il observe un autre individu, de préférence appartenant à son espèce, en train d'exécuter la même action.

En l'occurrence, le codage cérébral ne se réfère pas à la commande de muscles précis (de l'avant-bras, du bras, de la main...), mais à une intention motrice relative à un geste pris dans sa globalité. Ainsi, les neurones miroirs n'émettent de potentiels d'action ni à la simple vue d'objets préhensibles, telle une cacahuète sur une table, ni à celle de mouvements de préhension qui seraient effectués en l'absence de tout objet. Et si l'interaction entre la main et l'objet est cachée, la partie distale de la main ayant été masquée, les neurones

miroirs de l'aire F5 s'activeront malgré tout à la condition qu'un objet préhensible soit présent. L'interprétation classique de cette situation est qu'ils sont à même de coder cet aspect très abstrait des actions d'autrui qu'est leur intentionnalité.

Dans la foulée de la découverte des neurones miroirs de l'aire F5, les mêmes chercheurs mirent en évidence, toujours chez le macaque, une autre catégorie de neurones miroirs, dont la localisation était cette fois la partie antérieure du cortex pariétal inférieur, région anatomiquement connectée à l'aire frontale F5 et avec laquelle elle pratique des échanges réciproques d'informations. Fut ainsi identifié, chez le primate, le «système des neurones miroirs fronto-pariétaux».

Une grande limitation

Peu après, plusieurs équipes, dont celle de Rizzolatti, ont réalisé des enregistrements en neuroimagerie fonctionnelle (pet scan et IRMf) chez l'homme, afin de déterminer si lui aussi était doté d'un système miroir. «Classiquement, on demandait aux participants d'accomplir une action, comme saisir un objet, puis on leur projetait un film où l'on voyait une autre personne effectuer la même action», rapporte Julie Grèzes, directrice de recherche à l'Inserm et responsable de l'équipe «cognition sociale» dans le Laboratoire de neurosciences cognitives de l'École normale supérieure, à Paris. Comme elle le précise, l'idée était de réaliser des analyses dites de conjonction afin de déterminer quelles étaient les régions cérébrales activées dans l'une et l'autre condition, et donc de mettre en évidence un réseau commun à l'observation d'une action et à son exécution.

De la sorte, des régions homologues à celles trouvées chez le singe macaque furent identifiées chez l'être humain: primo, la pars opercularis du gyrus frontal postéro-antérieur dans l'aire de Broca; secundo, le lobe pariétal inférieur. Déjà à l'heure des recherches initiales chez le singe, d'aucuns avaient émis l'hypothèse que le système miroir pourrait être le précurseur du système neuronal du langage. Étant donné l'importance de l'aire de Broca dans la production du langage verbal, ils se sentirent confortés dans leur opinion lorsque des travaux en neuroimagerie fonctionnelle conclurent que les neurones miroirs du pars opercularis du gyrus frontal postéro-antérieur s'activaient à la vue d'expressions faciales caractéristiques du langage oral humain, et ce en l'absence de toute parole prononcée.

À ce stade, Julie Grèzes émet une première critique. «Si certaines études ont mis en évidence des activations au sein de l'aire de Broca, nombre d'autres expériences détectaient des activations

plus postérieures, au niveau du cortex prémoteur, très proche.» La question de la localisation exacte des neurones miroirs au sein du cortex frontal était donc posée. Aujourd'hui, il ressort de nombreuses méta-analyses que l'ensemble des régions impliquées est composé du cortex pariétal, du gyrus frontal inférieur et du cortex prémoteur, du cortex somatosensoriel (et parfois moteur).

En outre, pour des raisons éthiques évidentes, les recherches chez l'homme ne s'appuient pas sur des enregistrements unitaires de neurones, comme chez le singe, mais sur la neuroimagerie fonctionnelle, laquelle ne donne accès qu'à des régions cérébrales, ce qui constitue une grande limitation dans l'interprétation. Au sein des cortex pariétal et prémoteur, dont la fonction première est de permettre d'agir, quelque 20% seulement des neurones possèdent des propriétés visuelles, c'est-à-dire sont susceptibles de décharger lors de la perception d'une action réalisée par autrui. «Dès lors, commente le professeur Grèzes, les activations régionales que révèlent l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ne permettent pas d'affirmer formellement que ce sont les mêmes populations de neurones qu'active le sujet lors de l'exécution ou de l'observation d'une action spécifique.»

Pince à escargots

Pour que les neurones miroirs déchargent à la vue d'une action effectuée par un autre individu, il faut que celle-ci appartienne au répertoire moteur de l'observateur. De même, le degré d'expertise de ce dernier pour la réalisation de l'action perçue module le niveau d'activation de son système miroir. Ainsi, Julie Grèzes, avec des collaborateurs londoniens, a montré chez l'humain que les neurones miroirs de danseurs de capoeira s'activent à la vue de quelqu'un qui pratique cette danse, mais moins en voyant un danseur classique à l'œuvre. Et la réciproque est vraie également. L'expertise est donc cardinale dans le fonctionnement du système miroir.

Ce dernier est doté d'une certaine neuroplasticité dont on essaie aujourd'hui de tirer parti chez l'homme à des fins thérapeutiques, notamment dans le cadre de déficiences motrices post-AVC. Au départ, le système miroir du singe reste silencieux lorsqu'une action de préhension dont l'animal est le témoin se réalise avec un outil. Rizzolatti a entraîné durant plusieurs mois 2 singes à utiliser une pince à escargots, ustensile aux propriétés relativement complexes puisqu'il faut fermer la main pour que la pince s'ouvre. Au terme de cet apprentissage, les neurones miroirs des 2 primates émettaient des potentiels d'action à la vue d'une personne se servant de cet accessoire





domestique. «*En revanche, si on montre régulièrement à un singe, pendant plusieurs mois, un film dans lequel apparaît une personne qui manipule un outil, l'animal n'apprendra jamais à l'utiliser, explique Julie Grèzes. Cependant son système miroir aura appris à prédire le déroulement de cette action et sera donc actif pendant son observation. C'est un enseignement à retenir pour des applications thérapeutiques humaines: l'apprentissage par observation pure ne marche pas; il faut observer et répéter.*»

Les neurones miroirs sont-ils devenus la tarte à la crème de la psychologie ? Certains auteurs l'affirment, bien qu'ils n'en contestent pas l'existence et le rôle majeur.

Socle du système miroir, la correspondance entre percevoir et agir a éveillé la terminologie de «représentations partagées», eu égard à la mise à contribution de processus communs. Mais quelle est l'utilité de ce «partage» ? Selon le courant classique dont Giacomo Rizzolatti est le principal représentant, l'activation du système moteur pendant l'observation des actions d'autrui permettrait leur compréhension et leur imitation, terreau de l'apprentissage (surtout chez l'enfant). Cette propriété de compréhension de l'action est remise en question de façon convaincante par des chercheurs comme Gregory Hickok, de l'Université de Californie à Irvine, Gergely Csibra, de la Central European University à Budapest, Jean Decety ou Julie Grèzes.

Dans des articles récents, Hickok et Csibra contestent l'idée chère à Rizzolatti que les neurones miroirs permettraient de comprendre une action dès son initiation, c'est-à-dire de saisir l'intention sous-jacente au geste amorcé. Et de

fait, quand quelqu'un prend un verre en main, est-ce pour le boire ou aller le laver, voire pour en verser le contenu sur une personne ou le briser sur le sol ? Aux yeux de Hickok et Csibra, le cerveau doit d'abord analyser le contexte. À partir des hypothèses qui se dégagent de cette analyse, une prédiction quant à l'intention sur laquelle se fonde le geste observé est proposée au cortex moteur, qui produit alors une simulation. «*Pour Rizzolatti, il y a passage direct du visuel au moteur, tandis que pour Csibra, le passage du visuel au moteur suppose une analyse préalable du contexte par le cortex frontal*», précise Julie Grèzes.

Cerveau social

Hickok met en exergue un argument fort pour soutenir sa thèse: il n'existe aucune preuve que le système des neurones miroirs permette aux macaques de comprendre les actions de leurs congénères. De même, chez l'homme, des lésions au niveau du système des neurones miroirs n'influent en rien sur la compréhension des actions d'autrui. «*Ainsi, on sait depuis plus de 100 ans que si l'aire de Broca est lésée, le sujet connaîtra des problèmes dans la production du langage oral, mais n'aura aucun déficit dans la compréhension des actions d'autres personnes*», souligne Julie Grèzes. Et d'ajouter: «*Il y a déjà une vingtaine d'années, j'ai testé des patients présentant des lésions dans l'aire de Broca et dans le cortex prémoteur, voisin. Jamais, je n'ai observé de déficits dans la reconnaissance d'actions.*»

Selon la neuroscientifique, les «représentations partagées» sont principalement vouées à la prédiction (non à la compréhension) d'actions dont nous percevons l'accomplissement par d'autres individus, mais cela vaut uniquement quand ces actions nous sont familières. Pour des actions potentiellement nouvelles ou inattendues - imaginons par exemple que quelqu'un allume un interrupteur avec son genou -, le recours à des systèmes d'inférence sous-tendus par des régions appartenant au «cerveau social» (sillon temporal supérieur, pôles temporaux, cortex médial préfrontal) serait nécessaire pour comprendre le contexte dans lequel ces actions sont réalisées. Selon Csibra et d'autres auteurs, le cerveau social pourrait alors informer le système miroir afin qu'il puisse prédire les prochaines étapes de ces actions. Ces 2 systèmes sont donc unis par des liens de complémentarité.

Au début des années 2000, les neurones miroirs ont investi un autre espace: celui de la compréhension des sensations et émotions d'autrui. En 2003, une étude en IRMf réalisée par le docteur Bruno Wicker, en collaboration avec l'équipe de Rizzolatti, montra que tant le dégoût éprouvé lors



de l'exposition à des odeurs nauséabondes que la vision de l'expression faciale d'une personne ressentant la même émotion activent notamment l'insula et le cortex cingulaire antérieur. Quelle conclusion en tirent les chercheurs ? Que des régions cérébrales identiques sont recrutées par l'émotion de dégoût, que celle-ci soit vécue à la première ou à la troisième personne. Deux ans plus tard, un phénomène de nature analogue fut constaté pour la douleur. D'après Giacomo Rizzolatti, «ces observations suggèrent que l'empathie dépend de l'activation, au cours de l'observation de l'autre en état émotionnel, de circuits qui élaborent les réponses émotionnelles correspondantes chez l'observateur».

Tarte à la crème

Pour Julie Grèzes, qui partage l'opinion de Hickok, Csibra ou Decety, Rizzolatti allait un peu vite en besogne. Primo, le recouvrement constaté en neuroimagerie fonctionnelle entre les régions impliquées respectivement dans l'observation et le ressenti personnel n'est pas complet. Secundo, l'insula et le cortex cingulaire antérieur n'ont pas de lien direct avec l'activité motrice, à laquelle était initialement chevillé le concept de système miroir. D'aucuns ont néanmoins étendu le spectre à ces régions. Puis, l'extension s'est poursuivie, au point qu'en poussant le raisonnement dans ses derniers retranchements, on en viendrait à l'idée que tout le cerveau est miroir. «Il faudrait alors reconceptualiser les choses», estime le professeur Grèzes. Quant à Jean Decety, il considère que les neurones miroirs sont devenus la tarte à la crème de la psychologie. Aujourd'hui, certains auteurs ne leur confèrent-ils pas mille et une vertus: être à la base de tous les comportements sociaux, du langage, des conduites d'imitation et d'apprentissage, de l'empathie, de l'altruisme, de l'amour maternel, de l'orientation sexuelle ou encore des choix politiques ? C'en était trop aux yeux de Gregory Hickok, qui n'hésita pas à publier en 2014 un livre au titre éloquent: *The myth of Mirror Neurons*. Nul ne nie pourtant l'existence des neurones miroirs ni le rôle majeur qu'ils semblent jouer au niveau des interactions sociales. Mais pour les contradicteurs de Rizzolatti, la fonction de ces cellules n'est pas de permettre la compréhension des actions d'autrui, nous l'avons évoqué, ni une résonance empathique.

Revenons-en à ce dernier élément: l'empathie. Ce que Hickok conteste n'est pas le fait qu'il y ait des activations cérébrales communes, mais l'interprétation qui en est donnée. L'idée de Rizzolatti et de ses collaborateurs est que pour comprendre les émotions d'autrui, on doit les ressentir soi-même. Or, par exemple, une étude du neurologue français Nicolas Danzinger a mis en évidence, en

TROP VITE ET TROP LOIN

On a considéré que les autistes étaient incapables de comprendre les émotions des autres personnes parce qu'ils ne disposaient pas de système miroir. Plusieurs articles récents ont révélé, au contraire, des activations dans les régions cérébrales concernées. «Ce n'est probablement pas là que le bât blesse chez les autistes», dit Julie Grèzes. Avant de poursuivre des thérapies basées sur les neurones miroirs, encore faudrait-il mieux cerner les propriétés exactes de ces cellules. Les actions entreprises peuvent être dommageables pour les patients, car elles constituent une perte de temps dans la prise en charge. On est allé trop vite et trop loin.» Un raisonnement similaire vaut entre autres pour la schizophrénie.

En revanche, la neuroscientifique de l'Inserm pense que la plasticité dont est doté le système miroir – preuve par les primates entraînés à utiliser une pince à escargots (voir p.25) – pourrait vraisemblablement être mise à profit pour la réhabilitation des patients présentant des déficiences motrices post-AVC. «Toutefois, tempère-t-elle, on n'a pas encore le recul suffisant pour entreprendre des méta-analyses qui permettraient de conclure à l'efficacité d'une telle approche thérapeutique.»

IRMf, que des personnes en proie à une insensibilité congénitale à la douleur activent, à la vision d'expressions faciales de douleur, les mêmes régions cérébrales que des sujets normaux. Il faut en déduire que ce qui importe pour comprendre les autres n'est pas d'éprouver les mêmes émotions qu'eux, mais d'être capable d'imaginer ce qu'ils ressentent. De façon similaire, des patients souffrant du syndrome de Moëbius, maladie congénitale se manifestant par une paralysie de la face, parviennent néanmoins à reconnaître les émotions traduites par les mimiques faciales d'autrui. Ce qui, comme l'indique Jean Decety, «va à l'encontre du rôle des neurones miroirs dans la reconnaissance des émotions.»

Julie Grèzes a une autre critique fondamentale à formuler au sujet du mimétisme supposé entre les émotions ressenties et celles que leur perception engendre chez un témoin. «Chaque émotion possède une fonction sociale différente», dit-elle. Faire du mimétisme de la colère, par exemple, n'est pas nécessairement adapté. Dans certains cas, peut-être la peur, ou une autre émotion, est-elle préférable.» Decety considère d'ailleurs qu'être en permanence en résonance émotionnelle avec l'autre ne relèverait pas de l'empathie mais de la contagion émotionnelle. A



Google, le géant américain

Nous n'y prêtons plus forcément attention mais nous vivons tous avec *Google*. Il n'est pas rare d'entendre dans le courant de la journée: demande à *Google*, j'ai regardé sur *Google*, *Google* m'a dit que..., jusqu'à parfois entendre: *Google* est ton meilleur ami. Une chose est certaine, c'est que *Google* ne laisse personne indifférent. Au delà du moteur de recherche, devenu le plus puissant de la planète. Qu'est-ce que l'empire *Google* ?

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 : VINCE

PHOTOS : © NUMERAMA (P.29)

Sans conteste, *Google* est l'une des entreprises les plus influentes et importantes au monde. Depuis 1998, date de sa création, la société ne cesse d'impacter notre quotidien en nous proposant toujours plus d'applications et de services en ligne. Quels sont ces fameux produits propulsant la société à un tel stade d'influence et de réussite ? Outre les appareils *Google* (téléphones et montres *Android*, ordinateurs portables *Chromebook* et *Android Auto*, connectique audio

pour les voitures...), plusieurs applications sont proposées, chacune avec des objectifs bien précis:

- Obtenir des réponses
- Se divertir
- Rester informé
- S'organiser
- Gagner en efficacité
- Développer son activité

Comment est organisé un tel empire ?

Google doit son essor et sa réussite grâce à la performance de son moteur de recherche, éclipsant largement toute concurrence dans le domaine. La vente d'espaces publicitaires et la monétisation des résultats de référencement payant contribuent à la rentabilité de la société.

Le géant américain ne s'arrête pas là et innove sans cesse dans la technologie. L'intelligence artificielle est d'ailleurs l'un de ses chantiers prioritaires. N'oublions pas non plus que *Google* est le développeur d'un des systèmes d'exploitation pour smartphones *Google Android* les plus utilisés sur mobile et ne cesse de créer de nouvelles applications, logiciels ou outils en ligne tels que par exemple *Google photos*, *Google Maps*, *Google Drive*, *Hangouts*, *Gmail*, etc.

Depuis août 2015, il faut savoir que *Google* est redevenu un moteur de recherche à part entière. C'est *Alphabet*, la nouvelle maison-mère, qui s'occupe de gérer toutes les filiales et entreprises de Larry Page et Sergueï Brin. *Google*, une de ses filiales donc, regroupe sous la direction de Sundar Pichai une majorité d'activités mobiles et en ligne comme *YouTube*, *Android*, la recherche et la pub, soit ce qui rapporte l'essentiel des bénéfices et revenus du groupe dopés par les recettes publicitaires sur Internet, le Web mobile et les applications. Il compte aussi une division appareils qui comprend des smartphones, *Google Glass* ou *Chromecast*.

En savoir plus ! Toutes les filiales de *Google* regroupées en une infographie:

 <https://www.numerama.com/tech/138602-quest-ce-qui-se-cache-derriere-alphabet-le-vaisseau-mere-de-google.html>

Alphabet, dirigée par les cofondateurs originaux Larry Page et Sergueï Brin et basée en Californie aux États-Unis, est également constituée d'autres filiales: les voitures autonomes *Waymo* (ex-*Google car*) ou encore la domotique connectée *Nest*.

En savoir plus: un article intéressant sur le management de l'innovation chez *Google - Alphabet*:

 <http://innocherche.com/management-de-linnovation-chez-google/>

Que nous réservent les nombreux chantiers de *Google* ?

La plateforme RCS de *Google*

Depuis le début de l'année, *Google* recrute des entreprises dans le but de tester son système de message RCS, pour *Rich Communication Services*. Il s'agit d'un protocole de communication défini par le consortium *GSMA*. La *GSM Association* représente près de 800 opérateurs et constructeurs de téléphonie mobile à travers 220 pays. Elle compte parmi ses membres 200 fabricants et autres industriels du secteur travaillant sur la famille des standards de réseau mobile.

Un message RCS peut être utilisé entre les réseaux de 2 opérateurs de téléphonie mobile, ainsi qu'entre le cœur de réseau d'un opérateur et les téléphones ou les smartphones des abonnés. Il vise à remplacer les messages SMS par un système de messagerie texte plus riche, à interroger le répertoire pour la découverte de services et à transmettre des flux multimédia. La norme RCS utilise le protocole IP et passe par le réseau mobile Internet 4G, et non pas par les réseaux GSM à la différence du SMS. Ce qui constitue un avantage et un inconvénient: il faut en effet que le téléphone dispose d'une



L'empire *Google*.

couverture en 4G pour utiliser avec efficacité le protocole et l'utilisateur doit disposer d'un abonnement offrant un volume de données suffisant. Par ailleurs, il est nécessaire d'avoir un terminal compatible des 2 côtés, sinon le message est transformé en SMS.

Pourquoi *Google* veut-il développer ce service auprès des entreprises ? Parce que le système RCS permet d'envoyer des messages plus riches en contenu que les SMS. Par exemple, vous pourriez recevoir directement un lien vers un site ou une promotion, une vidéo, etc. sur votre plateforme habituelle de message-texte.





Rappelons que *Google* possède pourtant également sa propre messagerie permettant de recevoir les SMS, il s'agit d'*Android Messaging*. La société explique que les clients ayant choisi de recevoir les messages texte d'une entreprise pourront bénéficier de l'expérience dans *Android Messages*. Plus de 40 opérateurs et fabricants de terminaux utilisent désormais la plateforme RCS de *Google* via l'application *Android Messaging*. Un moyen de rivaliser directement avec son concurrent direct *Apple* et son système de messagerie *iMessage*.

La technologie AMP: une consultation accrue des médias via *Google*

Grâce à la création en 2016 de son accélérateur de page sur mobile l'*AMP (Accelerated Mobile Pages)*, *Google* est de loin le premier site utilisé par les internautes pour consulter des médias. Depuis début 2017, le trafic global envoyé par *Google* aux médias est beaucoup plus important que celui que *Facebook* leur apporte par exemple.

Un navigateur de plus en plus performant

Depuis mi-février, *Google* propose directement sur son navigateur *Chrome*, un bloqueur de publicités natif. L'objectif: bloquer les publicités les plus envahissantes. Douze types de publicités jugées les plus pénibles par les utilisateurs et par le consortium *Coalition for Better Ads* seront bloquées.

Quelques exemples de publicités jugées intrusives par *Google*:

- les pop-ups
- les vidéos se déclenchant automatiquement, et comportant du son
- les publicités envahisseuses d'écran et les publicités déroulantes
- les pages de publicité comprenant un compte à rebours
- les publicités animées
- les publicités en plein écran

Si les formats publicitaires venaient à ne pas respecter les règles de la *Coalition for Better Ads*, *Chrome* bloquera les publicités sur tout le site. N'oublions pas que *Google* vit largement de ses recettes publicitaires et donc ne cherche pas à supprimer les publicités d'Internet; l'idée ici étant de pousser les sociétés à utiliser les formats publicitaires acceptés par la *Coalition for Better Ads*.

Des voitures sans chauffeur

Le projet *Google Car* a vu le jour en 2009. Aujourd'hui, il est toujours aussi suivi au sein de la maison-mère et a pris le nouveau nom de *Waymo*. Cette filière est entièrement consacrée au développement de voitures autonomes. Pour la petite histoire: le projet *Google Car* était géré par le fameux département X, celui des projets farfelus, avant de devenir un projet à part entière.

Le projet initial visait à conduire sans chauffeur dans le total respect du code de la route. La voiture autonome peut anticiper les obstacles sur son chemin et a déjà été testée dans les régions de Phoenix, Mountain View, Austin et Kirkland. Désormais, *Waymo* ne compte plus développer une voiture autonome seule mais souhaite s'associer à des constructeurs existants. C'est *Fiat Chrysler* qui a été choisi pour accompagner *Google* dans cette direction.

De nombreuses phases de test sont en cours. «*Depuis 2009, lors du lancement de ce projet de voiture autonome, nous avons été impliqués dans 11 accidents mineurs (pas de blessures graves, seulement de légers dommages) sur plus d'1,7 million de kilomètres parcourus par nos véhicules en mode manuel et autonome. En aucun*

cas, ces accidents n'ont été causés par l'une des Google Cars», expliquait Chris Urmson, directeur de la section *Self-Driving Cars*, en mai 2015. La voiture intelligente a fait sa première erreur en mars 2016, 7 ans après son lancement, en «pensant» qu'un chauffeur de bus allait s'arrêter alors que ce ne fut pas le cas.

Aujourd'hui, une des principales préoccupations du projet *Waymo* est l'avancée spectaculaire de la concurrence dans le domaine. En effet, la firme n'est pas suffisamment équipée pour concurrencer les constructeurs automobiles traditionnels comme *Daimler*, *Mercedes*, *Tesla*..., largement lancés dans la course grâce à leur énorme avantage de déjà posséder les infrastructures nécessaires à la fabrication de véhicules.

Le projet X

Dans les bureaux de *Google* se trouve un département nommé «projet X», celui des projets fous. Il y existe une méthode de travail appelée *#MonkeyFirst* (le singe d'abord). Cette règle de productivité permet de connaître en un temps maîtrisé si un projet est susceptible de voir le jour et de donner de bons résultats. Astro Teller, dirige la division X et voici son explication en ce qui concerne *#MonkeyFirst*: «Si vous voulez comprendre comment on travaille chez X, vous devez commencer par imaginer un singe. En particulier, un singe debout sur un piédestal de 3 m de haut en train de réciter des passages de *Shakespeare*. Si vous voulez arriver à mettre ce singe sur ce piédestal pour qu'il récite du *Shakespeare*, par où commencez-vous ? La bonne réponse, selon Astro Teller, c'est d'entraîner ce singe. La mauvaise:

construire un piédestal. Pourquoi ? Car entraîner un singe est infiniment plus compliqué que construire un piédestal et chez X, il est impératif de faire la chose la plus difficile en premier.»

La métaphore derrière cette méthode est que si la tâche la plus difficile du projet est infaisable, alors mieux vaut abandonner le projet, cela évitera à l'entreprise d'y consacrer du temps et de l'argent inutilement.

En savoir plus ! Vidéo explicative de *#MonkeyFirst* (en anglais):

 <https://www.youtube.com/watch?v=5Bz8e5sbKxww>

Le géant *Google - Alphabet* n'est pas prêt de s'arrêter sur le chemin de l'innovation et de la recherche dans tous les domaines liés aux changements d'Internet. En première ligne en ce qui concerne les big data et l'intelligence artificielle, *Google - Alphabet* est un acteur majeur de la transformation de notre monde actuel et il en fera largement partie. Dans un prochain article, vous découvrirez toutes sortes d'astuces afin d'utiliser les applications «facilitatrices» de vie quotidienne de *Google* comme des astuces de recherche en utilisant *Chrome*, comment optimiser votre utilisation de *Google Maps* et de *Google Agenda*, comment utiliser *Google Flights*, etc... Nous vous dévoilerons certaines fonctionnalités cachées afin d'optimiser votre navigation et vos connaissances sur le Web. 



LES CHIFFRES-CLÉS DE GOOGLE

65 000 recherches effectuées par les internautes chaque seconde, et 2 000 milliards par an.

L'interface de recherche est disponible en plus de 112 langues.

Fin 2017, le chiffre d'affaire dépassait la barre des 100 milliards de dollars.

Le bénéfice net au 1^{er} trimestre 2018 est de 5,43 milliards de dollars.

Youtube (détenu par *Google*) est le 1^{er} site de vidéos dans le monde et le 2^e le plus consulté du monde.

Google+ est le 12^e réseau social dans le monde.

Le cours de l'action était de plus de 1 000 dollars début mars.

Alphabet comptait 72 000 employés en septembre 2017.

En savoir plus ! L'histoire de *Google* en infographie:

 <https://coreight.com/content/google-infographie-55-infos-interessantes>



Quand le travail rend malade

Les maladies professionnelles, tous les travailleurs sont susceptibles d'y être confrontés un jour ou l'autre. Avec plus ou moins de risques. Mais quelles maladies sont concernées ? Comment faire reconnaître son incapacité ? Petit tour d'horizon d'un système bien rôdé

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

PHOTOS: © CSP_KADMY (P.32), LUISB/PIXABAY (P.33), JARMOLUK/PIXABAY (P.34), © PHOVOIR (P.35)

Tendinites. Cancers. Paludisme. Surdité. Tuberculose. Des maladies qui n'ont, *a priori*, rien en commun ? Et pourtant si: elles font partie, comme une centaine d'autres, des maladies professionnelles potentiellement reconnues par *Fedris*, l'Agence fédérale des risques professionnels. Près de 10 000 personnes introduisent une demande de reconnaissance de maladie professionnelle chaque année. Pour des problèmes de santé de toutes sortes, qu'elles jugent dus à leur travail, aux risques qu'elles prennent et aux conditions dans lesquelles elles sont tenues d'évoluer pour l'exercer. Ces demandes sont évaluées par l'agence, qui se positionne en leur faveur ou non et leur octroie des indemnités si elles peuvent en bénéficier.

Les choses n'ont pas toujours été ainsi: autrefois, la réparation des dommages physiques (accidents ou maladies) provoqués par le travail devait être prouvée par la victime devant un tribunal. Avec un taux de chance limité d'obtenir réparation...

Aujourd'hui, en 2018, le principe est bien rôdé: une liste comporte 150 maladies professionnelles et un système ouvert permet de reconnaître ou non les maladies au cas par cas. De quoi faciliter les démarches et mieux défendre les droits des travailleurs. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'est née *Fedris* au 1^{er} janvier 2017 de la fusion du *Fonds des maladies professionnelles (FMP)* et du *Fonds des accidents du travail (FAT)*: pour

veiller au respect des droits des victimes d'accident du travail et de maladie professionnelle.

Trois critères d'analyse

Fedris est la seule institution apte à reconnaître une maladie professionnelle et à octroyer une indemnité. En amont, on retrouve la Médecine du travail, compétente en matière de prévention: le conseiller en prévention ou médecin du travail qui constate une maladie professionnelle est tenu d'avertir *Fedris* ainsi que la *Direction générale Contrôle du Bien-être au Travail (SPF Emploi)*.

«Si un médecin du travail observe qu'une personne souffre d'une maladie professionnelle, il a pour obligation de nous communiquer l'information, insiste Alexander Van de Sande, agent en charge de la communication chez *Fedris*. Dans ce cas, nous contactons la personne. Elle peut également nous joindre directement, sans passer par la Médecine du travail. Une fois son dossier ouvert, nous l'analysons pour déterminer s'il s'agit bien d'une maladie causée par le travail et si elle a droit à des indemnités.»

L'analyse se base sur 3 critères. Une recherche administrative est tout d'abord réalisée: la victime doit travailler en Belgique ou en tout cas dépendre de la sécurité sociale belge, et faire partie du secteur privé ou du secteur public pour autant qu'il soit provincial ou communal. Les indépendants et les travailleurs du Fédéral sont attachés à d'autres structures. Ensuite, une enquête médicale est menée sur base de documents ou de contrôles médicaux, tout dépend de la maladie.

Enfin, une troisième recherche est menée, orientée sur la prévention cette fois, afin de répondre à la question centrale: la maladie est-elle provoquée par le travail ? Il s'agit donc d'analyser la fonction exacte de la personne concernée, et de définir s'il est possible que le travail engendre sa maladie. «On sait que si la victime présente une tendinite, et que son emploi implique qu'elle fasse systématiquement les mêmes mouvements, il est possible qu'il soit la cause de son problème, précise Alexander Van de Sande. Nos ingénieurs font parfois des recherches théoriques, sur papier. Dans le cas d'allergies, par exemple, ils analysent dans quelles mesures la personne est exposée aux produits. Mais si on ne connaît pas l'entreprise ou la fonction, ils peuvent se rendre sur place et y faire des prélèvements.»

Au terme de ces 3 recherches, si *Fedris* définit que le travail est la cause principale de la maladie, la personne obtient la reconnaissance de sa maladie professionnelle.



Chaque travailleur est susceptible d'être atteint, un jour ou l'autre, d'une maladie professionnelle, qu'elle soit causée par le contact à des agents allergènes ou la répétition de ses tâches.

QUELQUES DÉFINITIONS DE FEDRIS

Maladie professionnelle

Toutes les maladies que l'on peut contracter au travail ne sont pas nécessairement des maladies professionnelles. Celles-ci sont des maladies causées de façon directe et déterminante par l'exercice d'une profession. Il n'est pas évident de définir une maladie professionnelle. Il existe une liste officielle qui en énumère un certain nombre, mais il est également possible de faire reconnaître comme une maladie professionnelle une maladie qui n'est pas répertoriée comme telle.

Risque professionnel

On parle de risque professionnel lorsque l'exposition à une influence nocive va de pair avec l'exercice de la profession, est nettement plus importante que l'exposition subie par la population en général et constitue, selon les connaissances médicales généralement admises, la cause principale de la maladie dans les groupes de personnes exposés.

Les maladies en relation avec le travail

Les maladies en relation avec le travail ne sont pas des maladies professionnelles. Il s'agit de maladies pour lesquelles l'exposition professionnelle à un risque particulier est plus importante que l'exposition subie par la population en général, mais l'influence du travail ne doit pas nécessairement être la cause principale de la maladie. Par exemple, une infirmière peut avoir des maux de dos parce qu'elle doit régulièrement soulever des patients, mais ces problèmes peuvent aussi être provoqués par un sport qu'elle pratique. Elle ne pourra donc pas introduire une demande d'indemnisation et toucher des indemnités. Néanmoins, depuis une dizaine d'années, *Fedris* met en œuvre des programmes de prévention pour certaines maladies en relation avec le travail. Comme celui des maux de dos, qui vise à proposer un programme de rééducation à des travailleurs sous certaines conditions.





Vous trouverez la liste des 150 maladies ici: <https://fedris.be/fr/professionnel/listes-des-maladies>

150 maladies référencées

Pour organiser son travail, *Fedris* dispose de 2 systèmes, le plus fréquemment sollicité étant le «système liste», qui recense plus de 150 maladies professionnelles déjà potentiellement reconnues. Ces pathologies sont régulièrement liées à des critères de profession, ce qui permet d'approuver un dossier plus rapidement lorsque les conditions sont réunies. On y trouve des maladies de toutes sortes, de celles causées par une exposition à des agents chimiques aux maladies de la peau ou du poumon.

Les victimes peuvent prétendre à des indemnités sous certaines conditions: être atteintes d'une affection figurant sur la liste et avoir été exposées, en tant que travailleurs salariés, à un risque professionnel pouvant provoquer l'apparition de cette maladie. Si une personne souffre de l'une de ces 150 pathologies et qu'elle travaille ou a travaillé à un poste présentant des risques professionnels qui y sont liés, elle a droit à une indemnisation sans qu'aucune enquête supplémentaire soit réalisée. Exemple ? Si un mineur est atteint de pneumoconiose, il existe ce qu'on appelle une «présomption irréfragable» que sa maladie a été provoquée par son métier. Il sera donc indemnisé par l'institution.

Cette liste n'est pas figée: la société évolue, les maladies aussi. La tendinite, par exemple, n'y a fait son apparition qu'il y a quelques années, à la suite de l'explosion du nombre de cas reconnus.

À l'inverse, une fois reprises, les maladies ne sont pas rayées de l'inventaire... Certaines sont très rares, voire éradiquées dans nos régions, mais elles y figurent toujours: des maladies tropicales ou même des affections comme la peste

sont susceptibles de toucher des chercheurs ou du personnel d'ONG travaillant aux 4 coins du monde. Des travailleurs qui dépendent de la sécurité sociale belge, et donc de *Fedris* pour voir leur maladie reconnue comme professionnelle.

Établir un lien de causalité

La seconde méthode qui permet de demander une indemnisation est le «système ouvert», utilisé pour n'importe quelle maladie qui ne figure pas sur la liste. C'est alors à la victime de démontrer que la cause directe et déterminante de ses maux est liée à son travail. Si plusieurs origines sont possibles, sa maladie ne sera pas reconnue comme professionnelle. Le travail doit absolument en être la cause principale, ce qui est parfois difficile à prouver. *«Par exemple, quelqu'un peut introduire une demande pour faire reconnaître une grippe comme maladie professionnelle, explique Alexander Van de Sande. Normalement, son dossier sera refusé, car il ne s'agit pas d'une maladie causée par le travail, on peut l'attraper partout. À la personne d'en prouver la provenance. Dans le cas d'une grippe, c'est pratiquement impossible. Cela dit, chaque personne peut faire une demande pour n'importe quelle maladie. On étudiera son dossier, mais la recherche sera plus longue. Il est possible d'être reconnu si on détermine qu'il y a un risque.»*

Fedris reconnaît d'ailleurs chaque année plusieurs dizaines de victimes au travers du système ouvert, pour autant que le lien causal entre la pathologie et la profession soit prouvé.

Quand les maladies sont très fréquemment introduites dans ce système, il arrive qu'on les ajoute à la liste, à l'image des tendinopathies. *«Le fait d'être souvent reconnu dans le système ouvert est un bon indicateur», souligne Alexander Van de Sande. Ce n'est pas pour autant fréquent: seule une poignée de maladies ont intégré la liste ces dernières années.*



Dans les laboratoires, toutes les précautions sont prises pour que les chercheurs qui se penchent sur des virus soient protégés. Il arrive néanmoins que certains d'entre eux soient atteints de maladies contractées sur le terrain, durant leurs travaux.



Le médecin du travail est en première ligne: lorsqu'il constate qu'un travailleur souffre d'une maladie professionnelle, il a l'obligation de communiquer l'information à *Fedris*.

9 672 DEMANDES EN 2016

En 2016, *Fedris* a traité 9 672 premières demandes de reconnaissance, un nombre stable par rapport aux années précédentes. La maladie pour laquelle le plus de demandes ont été introduites est la tendinopathie. Elle concerne 2 973 dossiers, soit environ 30% des demandes de reconnaissance.

Globalement, on constate que dans le secteur privé, 60% des demandes sont masculines, tandis qu'elles sont à 60% féminines dans le secteur provincial et local. Un pourcentage qui n'a rien d'étonnant puisque le personnel féminin est majoritaire dans le secteur soignant, qui y est particulièrement représenté.

Sur ces 9 672 cas, 2 237 ont été renseignés par des médecins du travail. Plus de 60% de ces déclarations concernant des troubles musculo-squelettiques (tendinites, troubles du canal carpien,...). Elles sont réparties équitablement: 1 126 hommes et 1 111 femmes.

Si les tendinopathies des membres supérieurs sont en tête des dossiers introduits en 2016, suivent ensuite les maladies du canal carpien, les maux de dos et les affections respiratoires.

En 2016, le *FMP* (qui n'avait pas encore fusionné avec le *FAT* pour devenir *Fedris*) a pris 3 100 décisions positives suite à ces demandes. 1 145 victimes sont reconnues pour des tendinites et 810 pour des maladies de canaux carpiens. 66% d'entre elles ont reçu une indemnisation pour incapacité temporaire. 9% ont gardé des séquelles, soit une incapacité permanente partielle ou totale.

Concernant les décès suite à une maladie professionnelle, les demandes des ayant droit (la famille proche) diminuent depuis 2013. *Fedris* a reçu 1 107 demandes en 2016, pour 1 431 en 2013. Les cas les plus fréquents concernent toujours la silicose et les maladies de l'amiante (91%). En 2016, le *FMP* a encore reconnu dans 334 cas le lien entre un décès d'une victime et sa maladie professionnelle. Depuis 2013, l'amiante est la première source de décès pour la 3^e fois en 4 ans.

Tous égaux devant la maladie ?

Malgré les critères répertoriés et la liste établie par l'institution, difficile de faire des généralités. Certaines maladies touchent plus les femmes, d'autres les hommes. Rien d'étonnant: les uns et les autres travaillent dans des secteurs différents. Les charges lourdes sont le plus souvent dédiées aux hommes, ils souffrent de maux de dos, de perte auditive. Ils sont également davantage touchés par les maladies dues à l'inhalation de substances comme l'amiante et les décès qui en découlent. Les femmes, qui composent une majorité du personnel soignant, déclarent quant à elles plus de maladies infectieuses et parasitaires, plus de tuberculose. Tous sont par contre égaux devant la tendinopathie: les tâches répétitives n'épargnent personne...

En matière d'incapacités, il faut également différencier celles qui sont permanentes de celles qui sont temporaires. Il y en a des totales, il y en a des partielles. Certains nécessitent un arrêt total et définitif de travailler, d'autres impliquent de recommencer ou de continuer. Les incapacités sont évaluées par un pourcentage, fixé selon leur importance et leur évolution possible. Suivant la situation et le salaire de base du malade, l'indemnité sera plus ou moins importante.

À noter que lorsque la personne reprend le travail, elle est alors suivie par la Médecine du Travail, pour éviter une éventuelle rechute. 



Militaires britanniques observant le navire S.S. John Harvey encore en flammes les jours suivants l'attaque du port de Bari.

Du gaz moutarde à la chimio

Le 2 décembre 1943, un raid allemand - assimilé à un second Pearl Harbor - sur le port de Bari, dans le sud de l'Italie, impliquant une centaine de bombardiers Junkers Ju-88 A4, eut pour effet (involontaire et horrible) de libérer d'énormes quantités de gaz moutarde, un composé chimique aux propriétés cytotoxiques et vésicantes effroyables. Une catastrophe qui a mené, cependant, à des conséquences inattendues...

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE
FORMULES : JOSIANE TOREMANS (UCL-BRUXELLES)

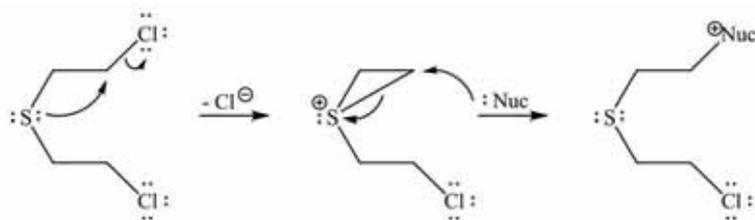
Certes, cette substance, déjà employée lors de la Première Guerre mondiale - notamment à Ypres et de ce fait, également appelée «ypérite» -, était interdite par le Protocole de Genève, mais les Alliés souhaitaient pouvoir en disposer au cas où l'Allemagne déploierait elle-même une arme chimique (par

exemple le tabun, selon les services du renseignement). Or, l'un des cargos américains, le S.S. John Harvey, qui fut détruit lors du raid, transportait en secret 100 tonnes de bombes contenant du gaz moutarde. Le traitement des victimes s'avéra du coup très compliqué car personne ne connaissait la cause exacte de leurs pathologies. À toutes fins utiles, l'armée envoya le lieutenant-colonel Stewart F. Alexander, un médecin spécialiste de la guerre chimique, afin d'évaluer les effets sur les victimes. Il remarqua que celles-ci présentaient des symptômes particuliers, indiquant que des souches de cellules à division rapide avaient été sélectivement détruites dans leur corps, d'où sa suggestion d'employer ce produit pour traiter le cancer. En effet, les cellules cancéreuses se divisent plus rapidement que les cellules normales, de sorte qu'idéalement une substance anticancéreuse est censée tuer les cellules en phase de multiplication. Ce qu'Alexander a découvert ressemble fortement à ce que l'on appellera la chimiothérapie.

À cette même époque, les pharmacologues américains Louis S. Goodman et Alfred Gilman Sr., auteurs d'un célèbre traité paru dès 1941, effectuaient des recherches sur certaines molécules servant d'armes chimiques pouvant déboucher sur des applications médicales, de sorte qu'ils s'intéressèrent rapidement à l'idée d'Alexander.

Le gaz moutarde est un puissant agent alkylant, c'est-à-dire un composé capable de fixer des

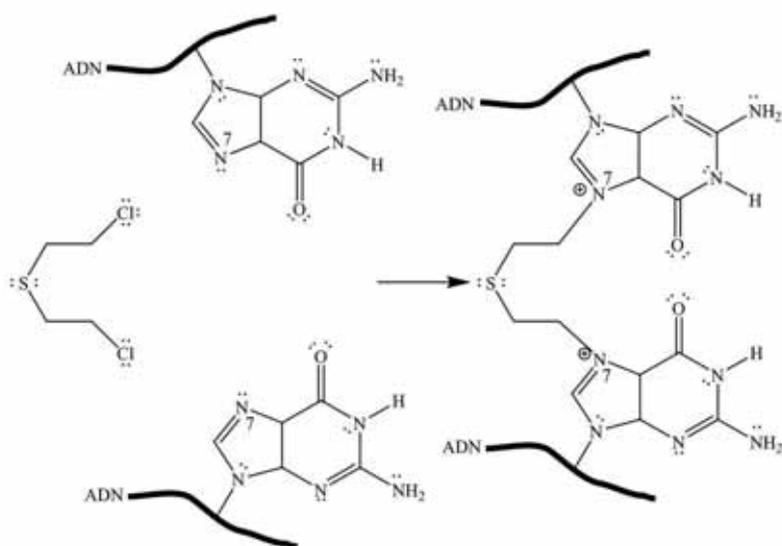
groupes alkyle sur certains atomes nucléophiles au sein des cellules. Son action implique 2 réactions successives de substitution nucléophile (S_N2). Dans la première, intramoléculaire, une paire électronique du soufre attaque le carbone portant le chlore et expulse cet halogène sous forme de chlorure. Lors d'une deuxième réaction, un nucléophile externe (Nuc) vient attaquer le carbone qui portait le chlore, lequel carbone bénéficie de l'assistance anchimère (1) du soufre positif:



Mécanisme d'action du gaz moutarde

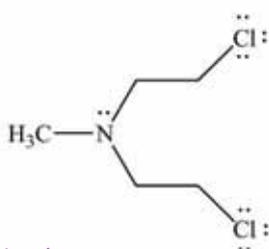
Effet du gaz moutarde sur l'ADN

Mais comme les molécules du gaz moutarde possèdent 2 chlores similaires, elle peuvent alkyler en même temps chacun des 2 brins de l'ADN à divers niveaux, l'azote 7 des cycles guanine (voir ci-dessous) fonctionnant toujours en tant que nucléophile externe. Ceci a pour effet de souder lesdits brins l'un à l'autre et d'empêcher leur réplication pour aboutir, en définitive, à la mort cellulaire:



La méchloréthamine

En raison de gros problèmes de toxicité avec l'ypérite, des analogues azotés furent envisagés. La méchloréthamine, par exemple, s'avéra efficace pour faire régresser les lymphomes, tant chez les souris que chez les êtres humains.

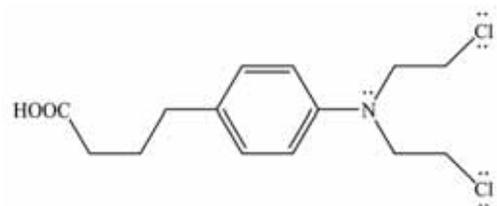


Formule de la méchloréthamine



Bombardier allemand Junkers Ju-88 A4

Néanmoins, cette «moutarde azotée» était trop sensible vis-à-vis de l'eau, de sorte qu'on y remplaça le groupe méthyle (H_3C-) par un cycle benzénique ayant pour effet de diminuer quelque peu (par résonance) l'effet anchimère joué par l'atome d'azote. Cependant, la résolution de ce problème en souleva un autre: le nouveau composé phénylé était insoluble dans l'eau, ce qui empêchait son administration intraveineuse ! Il fallait donc ajouter en para sur le cycle benzénique un groupe «acide carboxylique» ($-COOH$), conférant ainsi une hydrosolubilité suffisante à la molécule. Mais celui-ci avait aussi pour effet (malencontreux) de délocaliser la paire électronique libre de l'azote vers lui, ce qui supprimait totalement l'activité antitumorale de la molécule. Finalement, l'insertion de 3 groupes méthylène ($-CH_2-$) entre le $-COOH$ et le benzène s'avéra être le compromis optimal. Le chlorambucil, commercialisé sous la marque *Leukeran*®, permet de traiter assez efficacement la leucémie lymphoïde chronique (LLC).



Formule du chlorambucil

Une molécule quelque peu modifiée fut découverte par la suite. Il s'agit du melphalan (*Alkeran*®), particulièrement indiqué dans les cas de myélome multiple ou de cancer des ovaires. L'ingéniosité des chimistes et des pharmacologues a ainsi permis de prolonger des vies dans un étrange écho de 2 guerres mondiales. A

⁽¹⁾ Accélération d'une réaction résultant de l'interaction entre un centre réactionnel et des électrons d'un atome appartenant à la même molécule mais qui ne sont pas conjugués avec ce centre.



BIO NEWS

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

PHOTOS : © GRANT WEBSTER (P.38), © NOAA/FLICKR (P. 39), © BERNARD DUPONT/FLICKR (P.39),
© BRIAN GRATWICKE/FLICKR (P.40), © JURGEN OTTO/FLICKR (P.40)

Accouplement de grenouilles de Wilcox. Le mâle, de couleur brune à l'origine, passe au jaune en période de reproduction.

Signal coloré

Ce n'est pas aux terrariophiles qu'il faut l'apprendre: nombre de grenouilles, surtout tropicales, arborent des couleurs parfois étonnamment fluo. Ce qui amène à se demander quel avantage l'animal peut en retirer dans un environnement où, par rapport aux prédateurs en particulier, il est plus prudent de se montrer discret. L'avantage, pour certaines espèces, est connu: il tient à des glandes cutanées qui secrètent un mucus toxique et la couleur particulièrement voyante est un signal d'info ou d'intox pour les mêmes prédateurs.

Un autre avantage a déjà été mis en évidence chez une douzaine d'espèces au moins et porte un nom: le dichromatisme sexuel. Il concerne essentiellement les mâles et le nom seul permet de suspecter de quoi il s'agit: lorsqu'ils sont prêts à assurer la reproduction, ces mâles changent de couleur, passant parfois d'un registre à un autre tout à fait différent, comme du bleu au jaune le plus vif par exemple. Le signal est fort, mais clairement affiché à l'attention des femelles !

Une étude récente a élargi l'éventail taxonomique puisque ce sont cette fois 178 espèces de grenouilles arboricoles qui ont fait l'objet de cette évaluation dichromatique. Et ce qui apparaît, c'est que cette modification radicale du phénotype (l'aspect extérieur) n'est en général que transitoire, passant d'une heure minimum à quelques semaines au plus. Cela signifie en clair que la reproduction se trouve concentrée sur une période très courte, renforçant sans doute son efficacité. Il n'empêche que c'est aussi un moment potentiellement délicat pour certaines espèces qui ont des prédateurs que ce moment très réduit intéresse. Sans oublier que les mâles en chasse peuvent aussi se livrer entre eux une guerre sans merci. Si on a taxé cette période de «reproduction explosive», ce n'est évidemment pas pour rien. Par bonheur, notre espèce se trouve aux antipodes de cette réalité, elle qui est qualifiée de «*continuous breeder*» (à reproduction continue). ¹

► *J. Evol. Biol.* <http://doi.org/sddn> (2017)

Un crustacé si... attachant !

Le Belge et quelques autres de ses voisins ont pour la moule (de Zélande en particulier) les yeux de Chimène, si ce n'est, plus prosaïquement, l'estomac de Gargantua. L'animal à la chair tendre se marie si bien avec la frite que la seule évocation de ce célèbre menu fait saliver nombre de contemporains. C'est un peu vite oublier que le même animal (*Mytilus edulis*), ainsi que toutes ses consœurs Mytilidées, sont des animaux marins qui peuvent aussi ne pas faire que des heureux. Pour vivre, ces mollusques doivent dès leur plus jeune âge se fixer à un support afin de profiter des mouvements de la mer littorale et surtout du plancton qu'elle véhicule. C'est du reste en maximisant cet accrochage sur des supports de bois plantés tout exprès que la mytiliculture est exploitée. Mais une moule peut indifféremment se fixer à n'importe quelle surface pourvu qu'elle ait les mêmes propriétés. Et celle des coques de bateaux, par exemple, n'y échappe pas. Quelques esthètes pourraient trouver cela décoratif, mais ce n'est pas l'avis de marins qui voient dans cette forme d'attachement abusif un frein au déplacement ainsi qu'une source de détérioration des coques.

La solution ? Mettre le bateau en cale sèche et gratter tout ce qui s'est accroché à la surface, dont les moules ne constituent sans doute que l'élément le plus visible. Il faut ensuite apporter au support une nouvelle peinture protectrice... jusqu'à la fois suivante. L'opération n'est sans doute pas à renouveler très souvent mais représente tout de même une débauche d'énergie dont les gens de mer se passeraient bien. Le concept est connu depuis longtemps mais n'avait jusqu'ici pas abouti de façon suffisamment efficace. C'est peut-être désormais acquis. Des chercheurs se sont penchés sur le problème et ont mis au point un revêtement imprégné de lubrifiant. Il s'agit d'une huile de silicone simplement identifiée pour



le moment par le code i-PDMS, qui dissimule sans doute un brevet à exploiter.

Le travail des scientifiques a surtout consisté à vérifier à tous les niveaux, y compris à celui des protéines de surface du pied de la moule, que le produit en question était suffisamment répulsif. Et cela semble être le cas, comme l'ont prouvé les tests en laboratoire et en milieu ouvert. Voilà donc un problème millénaire peut-être en voie de résolution si toutefois le prix du produit final est compatible avec le budget des utilisateurs et si ledit produit ne se révèle pas toxique à l'usage.

Tiens, à propos: sait-on comment s'appelle la matière fibreuse qui permet à la moule de s'accrocher à un support ? Il s'agit du byssus (un cadeau pour les amateurs de scrabble !). Certaines espèces en produisent tellement que les fibres peuvent être tissées, ce que les Grecs de l'Antiquité faisaient déjà pour en tirer des accessoires de luxe. Notre moule à nous reste quant à elle à un niveau de production modeste. Mais elle a d'autres charmes, comme on l'a rappelé ! 

► *Science*, 2017; 357: 668-672



BIO ZOOM

Ce joli passereau orangé d'une trentaine de centimètres est un coq-de-roche guyanais (*Rupicola rupicola*) mâle (la femelle est de couleur plus terne). Comme son nom l'indique, il vit essentiellement dans les forêts tropicales de Guyane et d'Amérique du Sud. Sa principale caractéristique est qu'il marque son territoire au sol en éliminant tout ce qui s'y trouve: feuilles, brindilles, écorces... Saviez-vous que cette zone s'appelait le «tribunal» ? C'est sa qualité qui attirera les femelles... ou pas !



Dendrobates auratus

Comment font les grenouilles toxiques pour ne pas s'intoxiquer elles-mêmes ?

Elles ont modifié leurs propres récepteurs à cette toxine. Entendons-nous bien: ce n'est bien sûr pas un choix volontaire, c'est le hasard des mutations qui a apporté cette disposition hautement salutaire pour l'animal.

Une des toxines produites en particulier par des grenouilles tropicales hautes en couleurs est l'épibatidine. Ce poison du système nerveux a pour fonction prioritaire de dissuader les prédateurs. Dans le processus métabolique où il s'inscrit normalement, cet alcaloïde dont l'effet analgésique est considérablement plus important que celui de la morphine, se fixe sur un récepteur de l'acétylcholine, un neurotransmetteur libéré par les connexions (ou synapses) des neurones dits cholinergiques. Le toxique trouve de cette façon une voie d'entrée dans le système nerveux. Et c'est là que réside le «truc»: chez les grenouilles qui produisent l'épibatidine, le récepteur spécifique a été modifié d'un seul composant (un acide aminé), ce qui rend son efficacité nettement moins grande. Il suffisait d'y penser ! Et ce que l'on a également noté, c'est que l'acide aminé substitué n'est pas forcément le même chez toutes les espèces de grenouilles, ce qui les met également à l'abri l'une de l'autre. C'est bien connu, on n'est jamais trop prudent ! ^A

► *Science*, 2017; 357: 1261-1264

Rusé le coucou

Si le coucou (*Cuculus canorus*) est un oiseau commun reconnu par beaucoup, c'est à son cri en 2 tons qu'il le doit et qui lui vaut son nom. Mais il est aussi tristement réputé pour son comportement de parasitisme de couvée. En bref, la femelle, qui ne fabrique pas de nid, se sert de celui des autres pour aller y pondre. Comment ? En profitant d'un moment de distraction d'une autre femelle plus petite qu'elle (peu importe l'espèce), elle éjecte un des œufs à peine pondus par la femelle bernée et dépose un des siens à la place. Ni vu ni connu puisque le compte reste bon. Qui en fait les frais ? La rousserolle (l'effarvatte notamment, *Acrocephalus scirpaceus*), qui construit son nid parmi les roseaux, mais aussi d'autres surtout insectivores, de taille équivalente. Comme il écote 1 à 2 jours avant les autres, le jeune coucou, qui ne supporte de présence que la sienne, jette tout simplement les autres œufs par-dessus bord. Il reste donc le seul bec à nourrir et ses parents adoptifs, dupes du stratagème, s'y emploient tant qu'ils peuvent. Cet unique rejeton a un tel appétit qu'à peine âgé de 3 semaines et déjà plus gros que ses nourriciers, il quitte le nid en quête d'une nourriture

plus abondante. Et c'est là que les conditions environnementales se retournent contre lui; puisqu'il pépie fort et beaucoup au ras du sol ou presque, il devient à son tour la proie de plus gros: belettes, rapaces, renards...

Ce qui jusqu'ici posait question est la manière dont la femelle coucou s'y prend pour profiter d'un moment d'inattention du couple d'hôtes, pourtant réputés attentifs au sort des œufs à peine pondus, pour visiter leur nid. La réponse vient d'être apportée par une équipe de chercheurs britanniques: elle a mis au point une ruse ! Le coucou, en plus de son «cou-cou» un peu terne et répétitif, est aussi capable d'imiter le cri du faucon, un prédateur de la rousserolle entre autres. Le résultat, on le devine: pris de panique lorsque le cri redouté du rapace parvient à lui, le passereau quitte son nid en urgence le laissant accessible, le temps d'une ponte, à la profiteuse qui vient y satisfaire sa coupable substitution. Et quand il rentre, le nombre d'œufs étant inchangé, l'hôte ne perçoit rien d'anormal. Il est tout de même doublement berné puisqu'en plus d'avoir à nourrir un imposteur, il n'aura aucun autre jeune. L'imposteur en question a-t-il pour sa part un avenir assuré ? Rien n'est moins sûr: on estime à 10% seulement la part des coucous qui, enfin arrivés à l'âge adulte, peuvent migrer quand la mauvaise saison arrive... ^A

 *Nature Ecol. Evol.* <http://doi.org/ccr7> (2017)

Un passereau *Strepera* coucou présageur

Une avalanche de mâles

Le réchauffement des mers et océans devrait, dans certaines régions tropicales du globe, avoir un effet très immédiat sur les populations de crocodiles et espèces apparentées: augmenter la proportion des femelles. En effet, s'il n'y a pas de chromosomes sexuels pour déterminer le genre chez ces espèces, leur *sex ratio* dépend de la température d'incubation des œufs. Sauf qu'au Costa Rica, 80% des populations contrôlées (au Parc National de Palo Verde, par exemple) sont de sexe masculin !

Il n'en fallait pas davantage pour mettre des scientifiques en émoi, lesquels ont cherché la cause d'une «anomalie» aussi importante. Ils l'ont identifiée: elle tient à la présence, dans l'eau, de 17-méthyltestostérone, une hormone clairement androgène. Son origine ? C'est ça qui pose question. Plusieurs pistes sont ouvertes. La première est celle des hommes qui utilisent cette hormone, peu dégradée en milieu naturel, pour différents usages, le plus commun étant le bodybuilding. Une autre piste est celle du traitement de femmes atteintes d'un cancer hormono-dépendant. Dans l'un et l'autre cas, ce sont les urines qui seraient les vectrices, via les eaux des effluents domestiques, de la présence de l'hormone dans les estuaires. Mais la plus vraisemblable tient au nourrissage des tilapias dans des élevages de la région. Afin

d'accroître le rendement - sachant que les mâles grandissent plus vite et plus massivement que les femelles - les poissons reçoivent un aliment enrichi en cette substance. Comme elle est souvent donnée en excès, le surplus se dépose sur le fond de l'eau d'où des flux l'emportent, parfois à plus d'une centaine de kilomètres de distance.

Ces hypothèses sont bien entendu débattues, même si le fond du problème est, lui, incontestable. Si, par exemple, on incube des œufs dans cette eau-là à une température qui ne peut donner que des femelles, on obtient tout de même 60% de mâles. Sont-ils fertiles, aptes à se reproduire ? Le vrai problème est là; parce que la situation observée pourrait mener à une réduction des effectifs des espèces concernées avec un risque réel de mise en danger.

On peut évidemment mettre l'observation en doute et il suffit aux sceptiques d'aller la vérifier sur place. Pour connaître le sexe des crocodiles et autres caïmans, il «n'y a qu'à» introduire un doigt dans le cloaque, un orifice situé à la base de la queue; c'est là que se trouve l'organe qui fait la différence. Une remarque toutefois: l'opération n'est pas sans risques ! ^A

► *Science*, 2017; 357: 859-861



En parlant de mâles...

Tous les hommes naissent avec une prostate, même s'ils n'en prennent en général conscience qu'au-delà de 50 ans quand l'organe, qui tend à prendre trop de place, mène à ce que l'on appelle l'adénome prostatique. Rien de grave (et dès lors souvent banalisée) sinon que chez 4 hommes sur 5, cela contrarie progressivement la miction. La suite tient à une simple «gestion» de cette contrainte, à un traitement médicamenteux, voire à une chirurgie. Dans certains cas aussi, cet adénome peut évoluer en cancer, souvent d'évolution lente, ce qui fait que nombre d'hommes meurent avec un cancer de la prostate, mais pas forcément de celui-ci.

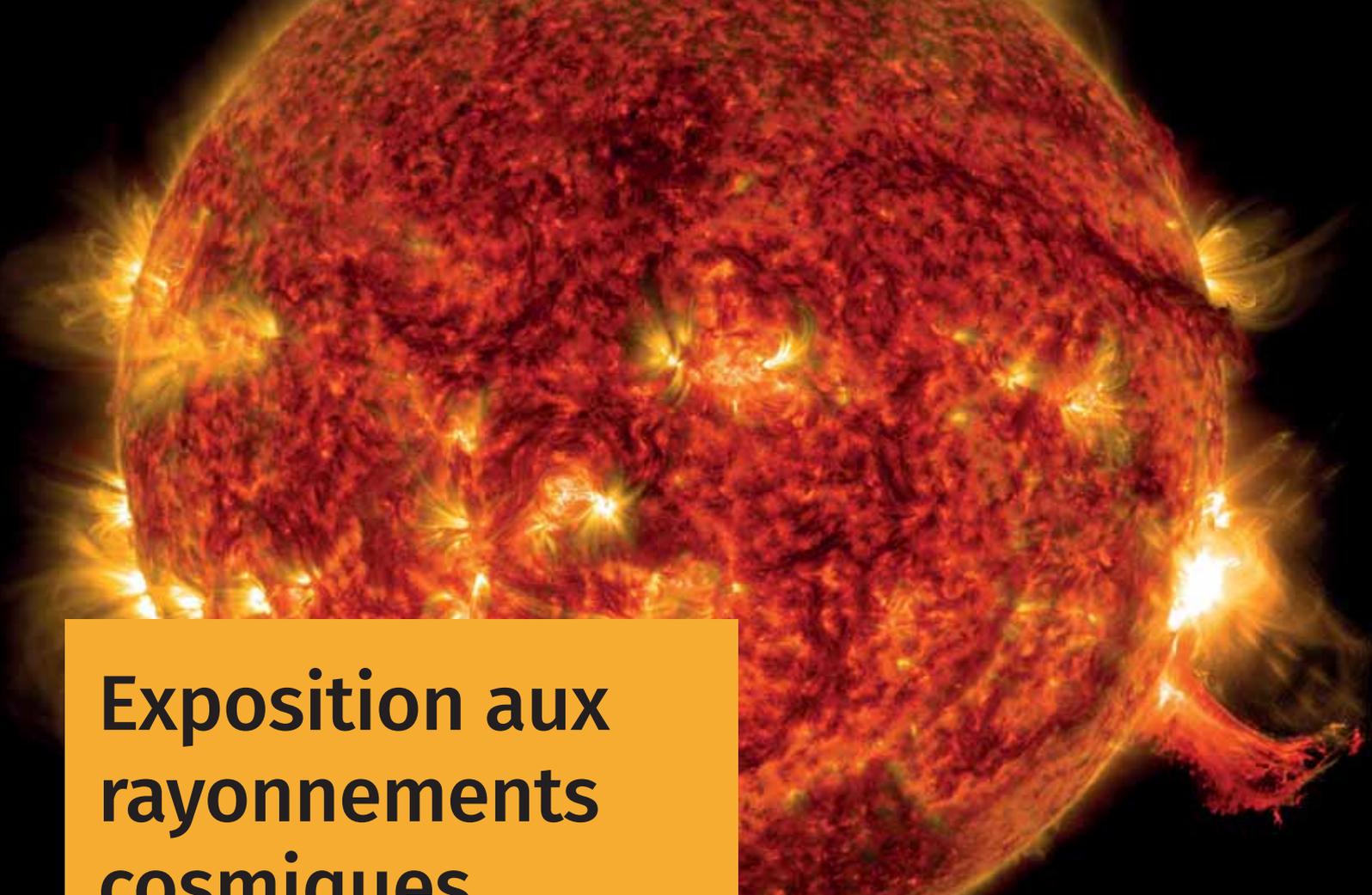
Les progrès de la génétique ont permis d'associer des mutations de quelques gènes à cette évolution pathologique en assortissant celles-ci d'un facteur de risque. Il ne s'agit que de «prédispositions» qui ne signifient donc pas que la maladie va se déclarer. Mais ils peuvent aussi servir de facteur d'évaluation de l'agressivité du cancer si celui-ci survient. Tout cela est connu depuis quelques années, mais c'était encore sans tenir compte des mitochondries, ces organites qui fournissent à la cellule l'énergie dont elle a besoin pour fonctionner. Or, ces inclusions présentes en nombre ont leur propre génome qui guide leurs fonctions. Et rien n'interdit qu'une mutation survienne aussi à leur niveau. C'est ce qu'ont voulu vérifier des généticiens canadiens en étudiant le génome mitochondrial de 384 patients atteints d'un cancer prostatique. Résultat: les sujets évalués comptaient en moyenne une anomalie, un nucléotide (l'élément constitutif de l'ADN) étant substitué à un autre. «Une en moyenne», signifie tout de même que près de la moitié n'en portaient pas (principalement les plus jeunes). En revanche, chez une soixantaine des cas étudiés, on observait une fréquence élevée de substitutions pour 21 nucléotides en particulier, ce qui laisse à penser que ceux-ci pourraient être considérés comme des marqueurs. On a aussi noté l'association, dans le cas des cancers les plus agressifs, d'une mutation au niveau de l'ADN des mitochondries et d'une autre, dans l'ADN du noyau, qui affectait en particulier le gène *Myc*, un oncogène bien connu.

On peut rappeler que toutes les mitochondries que nos cellules hébergent ont une seule et même origine: l'ovule maternel. Cela n'interdit en aucun cas que des anomalies surviennent à ce niveau, y compris et de façon exclusive chez les hommes. ^A

► *Nature communication*, 2017; 8: 656



(à droite) nourrissant un jeune (à gauche).



Exposition aux rayonnements cosmiques galactiques: ça craint !

Une étude publiée dans *Space Weather* (mais oui, il existe une météo spatiale !) révèle que l'exposition de notre système solaire au rayonnement cosmique galactique ne cesse de croître. Pas de panique, cela concerne avant tout les futurs astronautes...

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET
PHOTOS : © NASA (P.42-43), © CERN (P.43)

Nous savons depuis longtemps que nous sommes littéralement «bombardés» par des particules plus ou moins énergétiques en provenance du soleil bien sûr mais aussi du reste de notre galaxie et même au-delà. Des centaines de ces particules, chargées ou neutres, nous traversent à chaque seconde... Sans compter les milliards de neutrinos par cm^2 et par seconde, qui nous transpercent comme si nous

n'existions pas. À tel point du reste qu'ils ne sont en général pas pris en compte dans les études sur les rayonnements cosmiques. L'atmosphère terrestre nous protège pour l'essentiel mais des expériences ont rapidement montré que l'altitude joue un rôle primordial: à 1 500 m, l'exposition au rayonnement est double par rapport au niveau de la mer et dans un avion, à 8 000 m, elle est 100 fois supérieure. Mais que se passe-t-il hors de cette atmosphère, dans l'espace ? C'est ce que montre l'étude qui vient de paraître (1).

Les chercheurs se sont intéressés à la mesure de la partie non solaire de ce rayonnement, c'est-à-dire le flux cosmique galactique. Ce sont les particules les plus énergétiques, souvent éjectées par les explosions de supernovae, ces étoiles massives en fin de vie. Ce rayonnement est constitué pour une bonne part (à environ 97%) de noyaux légers ionisés (noyaux d'hydrogène ou protons, noyaux d'hélium ou particules alpha); le reste est constitué de noyaux lourds (parfois même du fer) et d'électrons. L'énergie dont sont dotées ces particules provient de leur vitesse relativiste que les physiciens traduisent en énergie cinétique exprimée en électron-volt (eV), soit l'énergie transmise à un électron lorsqu'on l'accélère dans un champ électrique de 1 Volt sur une distance de 1 m. Ainsi, certaines des particules des rayons cosmiques galactiques atteignent par exemple 10^{20} eV !



Soit l'équivalent de 106 milliards de protons au repos. Ou encore une énergie de 16 joules... en se rappelant qu'un joule est une énergie suffisante pour élever d'1 m une pomme d'une centaine de grammes. Autre caractéristique qui distingue ce rayonnement de celui en provenance du soleil: il est isotrope, c'est-à-dire le même dans toutes les directions et donc toute la surface terrestre y est exposée en même temps.

Le Soleil tout de même

Ce n'est cependant pas sur la Terre que les mesures de l'étude ont été effectuées mais sur la Lune, donc un corps sans atmosphère protectrice, ce qui donne en quelque sorte une mesure brute du rayonnement cosmique galactique. Une étude semblable avait déjà été réalisée en 2014 par la même équipe avec le même équipement, le détecteur *CRaTER* (*Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation*) embarqué à bord de la sonde *Lunar Reconnaissance Orbiter* (*LOR*) qui orbite autour de la Lune depuis 2009 (voir illustration ci-dessus). Cette étude avait permis de prédire que le débit de dose produit par le rayonnement cosmique galactique devrait augmenter de 20% entre le moment de la mesure et aujourd'hui. Comment une telle prédiction est-elle possible ? Grâce à l'activité de notre Soleil ! Le champ magnétique de notre étoile agit en effet comme un bouclier contre les particules chargées venant de l'espace galactique; le rayonnement cosmique galactique est donc moindre lorsque l'activité solaire est forte. Or l'activité magnétique du Soleil connaît un cycle de 11 ans environ, comprenant des maxima et des minima. Ce caractère cyclique permet de prédire l'activité solaire et donc l'intensité du rayonnement cosmique. D'où la prédiction de croissance mentionnée précédemment. Le Soleil étant étudié depuis longtemps, nous sommes aujourd'hui à la fin du cycle 24, un cycle très faible, dont le maximum d'activité magnétique a été le plus faible depuis le cycle 12, soit en 1880. Pire, les cycles 23 et 24 affichent les minima les plus longs depuis 1880. Les mesures publiées aujourd'hui ont donc fait mentir

les prédictions: ce n'est pas une augmentation de 20% qui s'est produite, mais bien de 30%. Et le cycle 25 (dont le maximum est attendu en 2025) ne devrait pas être meilleur. Autrement dit, tout ce que nous envoyons dans l'espace est soumis à un débit de dose plus élevé par exemple que lors des missions *Apollo*. Est-ce grave ?

Le rayonnement cosmique galactique est ionisant c'est-à-dire qu'il produit des ionisations (arrachement d'électrons) dans la matière qu'il traverse. Et il est permanent, contrairement au rayonnement de même type mais d'origine solaire qui ne se produit que sporadiquement, lors des éruptions. Ce type de particules traverse sans problème les parois d'un vaisseau spatial mais, malgré leur énergie acquise, l'être humain ne ressent rien lorsqu'il est traversé. À une exception, lorsqu'elles frappent la rétine: les astronautes voient alors un flash lumineux, phénomène décrit pour la première fois lors des vols *Apollo*. À long terme cependant, des mutations cellulaires sont possibles avec comme conséquence des cancers et des mutations génétiques. Pas de quoi rassurer alors qu'on parle de voyages vers Mars. ^A

⁽¹⁾ *Update on the worsening particle radiation environment observed by CRaTER and implications for future human deep-space exploration*, N.A. Schwadron et al. *Space Weather*, 17 mars 2018.

LA MASSE DU W

C'est une étude publiée dans *The European Physical Journal C* qui l'annonce: une équipe du *CERN* a réussi une mesure de la masse du boson *W* avec une grande précision. C'est une première due à des mesures effectuées sur 14 millions de bosons *W* produits par le *LHC* du *CERN*. Découverts en 1983 (également au *CERN*), les bosons *W* (il en existe un W^+ et un W^-) sont les vecteurs (avec le Z^0) de la force électrofaible qui régit les interactions entre les leptons et les quarks. Les nouvelles mesures de masse ont confirmé qu'il s'agit là d'une des particules les plus lourdes qu'on connaisse: 80 fois plus qu'un proton. Cette particule est au cœur du processus de fusion nucléaire qui permet aux étoiles de brûler, donc de produire des éléments de plus en plus lourds, projetés dans l'espace et servant de «briques» pour la formation des planètes. Au départ, la théorie supposait que les particules de ce type, porteuses de forces, devaient être dépourvues de masse. Ce qui se heurtait au fait que le boson *W* devait avoir une masse importante pour expliquer qu'il pouvait agir à très courte portée. Il a donc fallu imaginer un autre mécanisme, supposant l'existence d'un autre boson... celui de Brout-Englert-Higgs. C'est ce mécanisme, qui valut le Prix Nobel à notre compatriote François Englert, qui confère donc sa masse au boson *W*.



Des physiciens du *CERN* annoncent la découverte du boson *W* lors d'une conférence de presse le 25 janvier 1983.

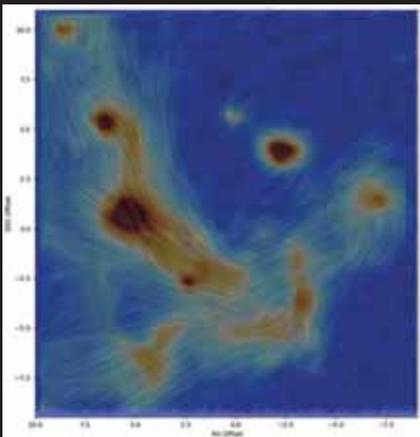
À la Une du cosmos

TEXTE : YAËL NAZÉ · NAZE@ASTRO.ULG.AC.BE ·
[HTTP://WWW.ASTRO.ULG.AC.BE/NEWS](http://www.astro.ulg.ac.be/news)



Alors qu'*Opportunity* fête son 5 000^e jour sur Mars, la sonde annonce avoir trouvé des lignes de cailloux alignés - un phénomène classique sur Terre, lié à un sol humide qui gèle et dégèle... Reste à voir si c'est la même origine sur Mars et si oui, comment l'expliquer (changements d'obliquité ?).

PHOTO: MER



Une nouvelle image infrarouge du centre de la Galaxie détaille les filaments de gaz et de poussières et les champs magnétiques autour du trou noir supermassif qui s'y trouve.

PHOTO: OXFORD UNIV./RAS



Suprise dans des données de l'observatoire européen XMM... En suivant sur 2 décennies le comportement d'un système binaire massif, on a découvert que sa signature X, liée à la collision entre les vents stellaires éjectés par ses étoiles, a changé: elle est devenue plus brillante. Une des étoiles du système a certes connu une éruption récente, mais comme elle revient à la normale, il y a moins de matière dans le système: on s'attendait donc à un affaiblissement, pas à une augmentation de luminosité. Cette variation contre-intuitive serait liée à un phénomène d'instabilité, qui venait juste d'être théorisé.

PHOTO: ESA



Découverte d'un trou noir inactif dans l'amas globulaire NGC3201 grâce au mouvement orbital de son compagnon stellaire. Il possède une masse très modeste: seulement 4 masses solaires.

PHOTO: ESO



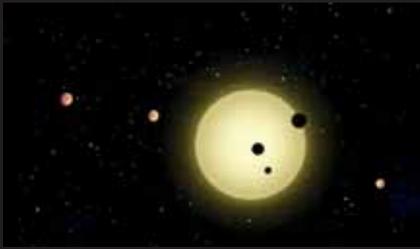
Du neuf sur notre voisine ! Tout d'abord, si l'on sait que la Lune s'éloigne de quelques centimètres par an, le taux passé est mal connu. Des chercheurs ont combiné leurs modèles aux mesures du renflement équatorial lunaire, et ont déduit un taux assez faible. Pour l'expliquer, il faut que les marées sur Terre aient été minimales il y a 4 milliards d'années: les résultats soutiennent donc l'idée d'une terre «boule de neige» dans un lointain passé. D'autre part, un réexamen des données de la sonde *Chandrayaan-1* indique que la répartition de l'eau sur la Lune est uniforme et ne subit pas de variation diurne.

PHOTO: GSFC



Une équipe internationale a déterminé plus précisément la densité des planètes de Trappist-1: avec des densités similaires ou légèrement inférieures à celle de la Terre, ces planètes sont rocheuses et pour la plupart possèdent une enveloppe de composés volatiles donc sont probablement riches en eau.

PHOTO: ESO (VUE D'ARTISTE)



L'étude de 900 exoplanètes montre que celles d'un même système ont généralement des tailles comparables et des orbites régulièrement espacées, ce qui suggère un processus de formation différent de celui du Système solaire.

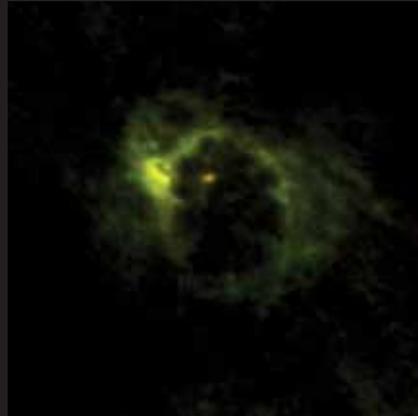
PHOTO: NASA (VUE D'ARTISTE)



Records à gogo !

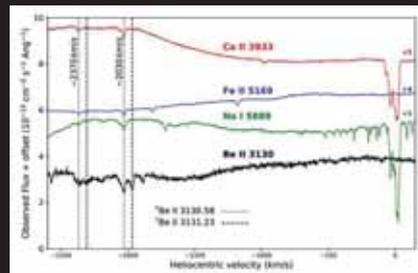
- ❶ Le télescope spatial *Hubble* a découvert un nombre record de naines brunes dans la nébuleuse d'Orion.
- ❷ SPT0615-JD est l'embryon de galaxie le plus lointain observé à ce jour - on le voit tel qu'il était 500 millions d'années après le *Big Bang*.
- ❸ L'image de la galaxie eMACSJ13-41-QG-1 est amplifiée d'un facteur 30 par un effet de lentille gravitationnelle, du jamais vu.
- ❹ Grâce à l'effet de microlentille gravitationnelle, on a découvert des exoplanètes situées à 3,8 milliards d'années lumière.
- ❺ Le télescope spatial *Hinode* a mesuré un champ magnétique de 6 250 gauss dans une tache solaire (le champ terrestre mesuré chez nous vaut seulement 1/2 gauss).
- ❻ La supernova DES16C2nm découverte en août 2016 est la plus lointaine jamais observée: l'explosion a eu lieu il y a 10,5 milliards d'années.

PHOTO: HST



Les observations de la galaxie active M77 par ALMA détaillent le tore de poussière et de gaz entourant son trou noir supermassif. Elles montrent une structure complexe, signe d'une histoire mouvementée. De manière plus générale, les résultats contradictoires sur l'évolution de tels trous noirs et leurs liens avec la formation d'étoiles autour s'accumulent: couplage clair, absence de relation, ou évolution plus rapide des trous noirs. Bref, on est loin d'une co-évolution avec des taux d'activité similaire et influence mutuelle obligatoire...

PHOTO: ALMA



L'étude spectroscopique de la «nova rapide» ASASSN-16kt montre une importante quantité de béryllium-7, un isotope instable qui se désintègre en lithium-7. Cela confirme que les novae sont les sources principales de lithium dans la Galaxie.

PHOTO: IZZO ET AL.



Attention, on peut se tromper ! Certaines structures diverses (anneaux, spirales, arcs...) observées dans les disques entourant les étoiles jeunes ne sont pas nécessairement le signe de la présence de planètes: des simulations montrent qu'on peut les créer naturellement, par exemple grâce à la pression de radiation. D'autre part, la présence d'un compagnon stellaire non connu peut conduire à imaginer les exoplanètes plus petites qu'elles ne le sont vraiment: l'étude d'observations *Kepler* suggère une surestimation d'un facteur 2.

PHOTO: HST



La question du centre nous taraude: la Terre, le Soleil, notre Galaxie, puis la vie/ les humains s'y sont successivement trouvés. L'idée la plus récente était que les constantes physiques avaient des valeurs qui assuraient précisément l'émergence de la vie - mais voilà, une modélisation semble donner tort à cette idée. Avec une force faible encore plus faible, on arrive à obtenir des conditions potentiellement aussi favorables que dans notre Univers... Peut-être un jour abandonnera-t-on l'idée d'être le centre de tout...

PHOTO: SHUTTERSTOCK (VUE D'ARTISTE)



L'industrie allemande propose la famille *SmallGEO* d'OHB System.

Quoi de neuf dans l'espace ?

L'Europe spatiale d'aujourd'hui serait-elle en perte de vitesse ? Ayant découvert l'espace après l'Union Soviétique (avec la Russie, l'Ukraine et le Kazakhstan) et les États-Unis, elle l'a surtout marqué de son empreinte surtout grâce à l'ESA (*European Space Agency*): pour le transport spatial (avec les lanceurs *Ariane*), pour les systèmes d'applications (satellites de télécommunications, de météorologie, programmes *Galileo* de navigation et *Copernicus* d'observation), dans l'exploration des comètes et pour la compréhension de l'Univers

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: © OHB SYSTEM

Mais il faut se rendre à l'évidence, l'Europe dans l'espace est rattrapée, voire dépassée notamment par la Chine qui multiplie lancements et initiatives pour les systèmes spatiaux. Confrontée au phénomène *NewSpace* de la privatisation de l'espace, elle n'est plus cette grande pionnière de la fin du siècle dernier. Pourtant, elle compte un nombre record de satellites civils de télécommunications et de télévision sur l'anneau de l'orbite géostationnaire. Elle a contribué à la valorisation de cette orbite avec les lancements d'*Ariane* et grâce à ses industriels. Depuis peu, elle doit affronter l'incroyable concurrence de nouvelles entreprises privées qui misent sur des solutions audacieuses, dites *low cost* (à bas coût) - des fusées réutilisables, des constellations de petits satellites - pour mettre l'espace à la portée d'un nombre croissant d'utilisateurs !

On compte en Europe de l'Ouest une demi-douzaine d'opérateurs commerciaux de satellites géostationnaires. Ils contribuent à l'essor des technologies de l'information et de la communication avec des connexions à haut débit et dans les mobiles. Quels sont-ils ?

Le satellite géostationnaire, de plus en plus puissant, a fait éclore et prospérer des entreprises implantées dans 5 États d'Europe et qui sont des références dans le monde avec des emplois de haut niveau:

- *SES* (Luxembourg) a acquis une dimension globale avec une flotte géostationnaire de 50 satellites. En plus

de sa constellation O3b de 12 satellites-relais sur une orbite équatoriale à 7 825 km. Une infrastructure de secours se trouve au Centre Esa de Redu (Libin) en Ardenne belge. SES a constitué, avec le gouvernement grand-ducal, la filiale GovSat pour un système de communications militaires.

- *Eutelsat* (France) est également présent sur l'ensemble du globe avec la mise en œuvre de 39 satellites. Ce concurrent direct de SES mise sur l'orbite géostationnaire, notamment pour la diffusion TV.
- *Inmarsat* (Royaume-Uni) est un système mondial pour les connexions avec les mobiles sur mer et dans les airs. Il met en œuvre jusqu'à 13 satellites pour assurer des liaisons à des débits de plus en plus élevés avec les 4 *Inmarsat 5-Global Xpress*.
- *Hispasat* (Espagne) commercialise 8 satellites (5 *Hispasat*, 3 *Amazonas*) pour les communications entre l'Europe et l'Amérique latine, pour la couverture TV du continent sud-américain.
- *Avanti Communications* (Royaume-Uni) commercialise des connexions à large bande au moyen de 2 satellites *Hylas* qui couvrent l'Europe, le Moyen-Orient et l'Afrique.
- *Telenor Satellite* (Norvège) exploite principalement la position géostationnaire à 1 degré ouest avec 2 satellites *Thor* pour assurer des communications performantes en Europe et sur l'Atlantique (pour les mobiles).

Qu'en est-il du potentiel industriel européen dans le développement de satellites géostationnaires ?

En Europe, 3 grands constructeurs de systèmes spatiaux se disputent le business des satellites géostationnaires. Ayant pris leur essor à la faveur des programmes technologiques de l'Esa, ils doivent affronter la rivalité des fabricants américains, chinois et japonais. Il s'agit d'*Airbus Defence & Space* (France-Royaume-Uni) avec son bus *Eurostar*, *Thales Alenia Space* (France-Italie, ayant une filiale à Charleroi pour l'alimentation électrique des satellites) avec sa plateforme *Spacebus*, *OHB System* (Allemagne) avec son modèle *SmallGEO*.

L'accès à l'orbite géostationnaire a consacré le fil... d'*Ariane* depuis le Centre Spatial Guyanais à Kourou. Le fleuron européen du transport sur orbite n'est-il pas soumis à forte concurrence ?

La majorité des vols *Ariane* est destinée à placer des satellites sur l'orbite de transfert

MAIS ENCORE...

Succès d'un nano-lanceur japonais

Modifier une fusée-sonde pour lancer un nano-satellite (*Cubesat*) de 3 kg, c'est ce qu'a réussi l'industrie japonaise le 2 février en faisant du SS-520 le plus petit lanceur spatial avec 3 étages à poudre. Le lancement depuis une plateforme mobile au centre spatial d'Uchinoura (Kagoshima) a permis de satelliser le *Tricom-1R* pour des observations de la surface terrestre. La société *Canon Electronics* et le motoriste *IHI Aerospace* envisagent une commercialisation des lancements SS-520 pour des mises sur orbite personnalisées.

Redu-sur-orbite depuis un demi-siècle

Le village de Redu (commune de Libin) fête 50 années de présence de l'Europe spatiale. Au milieu de la campagne ardennaise, a pris forme en 1968 une station de poursuite de satellites qui n'a fait que grandir pour de nouvelles missions. Aujourd'hui, on a affaire à un centre de l'Esa qui s'étend sur plus de 20 ha et qui compte une cinquantaine de paraboles. La plus grande d'un diamètre de 20 m sert à tester sur orbite chaque satellite *Galileo*, une fois qu'il est sur son orbite à quelque 23 600 km. Cette infrastructure s'est étoffée à la Barrière de Transinne (Libin) avec l'*Euro Space Center Belgium*, l'incubateur technologique *Galaxia*, le *Galileo Integrated Logistics Support Centre*. En 2017, le centre de Redu prenait une nouvelle dimension en devenant l'*Esec* (*European Space Security & Education Centre*). Il devient pôle d'excellence européen en matière de cybersécurité, grâce au consortium formé par *Vitrociset* et *Rhea*. Il accueille depuis peu l'académie européenne de l'espace pour familiariser les étudiants (enseignement supérieur) et les enseignants aux exigences des systèmes spatiaux, depuis leur conception jusqu'à la gestion des risques.

Spacebel au service de l'agriculture africaine

Le projet *NADiRA* (*Nurturing Africa Digital Revolution for Agriculture*) financé par la Commission Européenne est une initiative d'innovation *Horizon 2020* visant à accélérer la transformation agricole de l'Afrique par l'intégration de l'observation de la Terre dans les chaînes de valeur numériques des petits exploitants. *NADiRA* renforce le développement d'une solution agricole numérique durable pour améliorer la gestion des risques et l'efficacité de la chaîne de valeur au bénéfice de la productivité, de la sécurité financière et du bien-être des entreprises agricoles africaines, y compris les petits agriculteurs. Coordinateur d'un consortium international, *Spacebel* est en charge de la gestion du projet et dirige le développement de la plateforme d'exploitation géospatiale, le développement des affaires en Europe et des services d'observation de la Terre basés sur les radars.

géostationnaire. La société de transport spatial *Arianespace*, qui fait partie d'*ArianeGroup*, a pu s'imposer sur ce marché en proposant des lancements doubles. Mais cette domination lui est sérieusement contestée par le nouveau-venu de *SpaceX*. L'Europe a réagi en réduisant les coûts de production et de lancement avec la solution du lanceur *Ariane 6*, proposé en 2 versions complémentaires. Son vol inaugural est attendu pour l'été 2020 à partir d'un nouvel ensemble de lancements. 



L'Odyssée SpaceX

Sous l'impulsion du candide visionnaire Elon Musk, l'aventure spatiale ne sera plus ce qu'elle vient d'être. Avec son entreprise SpaceX, alias *Space Exploration Technologies*, l'initiative privée prend bel et bien possession de la dimension de l'espace, qui était depuis 1957 la chasse gardée du secteur public. Elle lui fait même la leçon en développant des solutions innovantes, comme la réutilisation des premiers étages de ses lanceurs *Falcon 9* et d'éléments de ses capsules *Dragon*, l'amélioration des systèmes de propulsion... Cette ambitieuse percée de SpaceX est la spectaculaire illustration du phénomène *NewSpace* qui voit la libre entreprise devenir la référence dans la mise en œuvre des systèmes spatiaux. Plus discret, Jeff Bezos, le patron d'*Amazon* entend lui faire de l'ombre avec son projet *Blue Origin*

TEXTE: THÉO PIRARD - THEOPIRARD@YAHOO.FR
PHOTO: SPACEX (P.48)

Ce 6 février, le *Kennedy Space Center* de la *Nasa* a retrouvé l'ambiance épique d'*Apollo*, le programme d'exploration lunaire des années 60. Cinquante ans après avoir été inauguré par l'envol de la fusée géante *Saturn V* qui permit aux astronautes américains de marcher sur la Lune, le site historique du complexe de lancement *LC-39A* a vibré sous la poussée des 27 propulseurs *Merlin* du lanceur *Falcon Heavy*. Le *Falcon Heavy*, 1 420 t au décollage, est 3 fois plus puissant que le *Falcon 9* qui vole depuis juin 2010 et qui se trouve constamment amélioré. Son 1^{er} lancement en fait rêver plus d'un: il a réussi à expédier dans le système solaire le cabriolet électrique *Tesla Roadster* d'Elon Musk, censé rester dans l'espace pendant plusieurs millénaires !

Outre son aspect fun, la « première » de *Falcon Heavy* met à l'honneur plusieurs atouts:

- la créativité d'une équipe de 7 000 personnes stimulée par le dynamisme de son principal investisseur qui voit de plus en plus grand;
- l'intérêt, pour réduire les prix, de la réutilisation d'étages de fusée: les 2 boosters du 1^{er} étage avaient déjà volé et ont pu être récupérés;
- la perspective d'un lanceur révolutionnaire qui permettra, durant la prochaine décennie, la colonisation de la Lune, puis de Mars.

Une ombre au tableau subsiste: le *Falcon Heavy* devait voler dès 2013. De l'aveu d'Elon Musk, sa mise au point s'est avérée fort délicate. Il convient dès lors d'être prudent sur le planning de SpaceX.

L'insolence d'un jeune milliardaire

L'odyssée de SpaceX débute le 6 mai 2002, de façon anodine. Avec la mise sur pied, à El Segundo (Californie), de la société *Space Exploration Technologies*, il est question d'un nouveau venu en la personne d'Elon Musk, qui entend bousculer l'univers tranquille des lancements dans l'espace. Cet entrepreneur d'origine sud-africaine, alors âgé de 30 ans, a fait fortune dans le monde de l'informatique. Fasciné par la colonisation de la Planète Rouge, il trouve que les progrès sont trop lents, à cause d'un excès de prudence. Sa solution: développer un système *low cost* de transport sur orbite. Ambitieux, il lance le défi que sa société concurrencera un jour les «géants» *Boeing* et *Lockheed Martin*, qui ont alors une position dominante pour les lanceurs !

Personne ne s'inquiète du pari un peu surréaliste de Musk. Au moment de sa naissance en 2002, SpaceX n'a aucune expérience en matière de fusées. Il lui faut tout apprendre en matière de propulsion, de guidage, d'étages à séparer, de satellites à injecter... Surtout qu'elle privilégie le «fait maison». Premier développement en 2003: le petit lanceur *Falcon 1* et son propulseur *Merlin* qu'il faut concevoir, fabriquer, tester, maîtriser. *Falcon 1* était décrit comme lanceur économique pour petits satellites, d'un concept simple, à la technologie classique et bien rôdée. Un site d'essais des propulseurs *Merlin* est implanté dans un ranch près de McGregor, au centre du Texas.

Au service de l'Iss

En 2006, aucun satellite n'a encore pu être lancé par SpaceX qui se lance un audacieux défi: un partenariat public-privé pour le programme *Cots* (*Commercial Orbital Transportation Services*) de ravitaillement de l'Iss (*International Space Station*). La NASA retient sa candidature pour mettre au point un système avec une capsule récupérable. C'est l'occasion pour SpaceX de confirmer la réalisation d'un lanceur puissant, le *Falcon 9*... pour autant qu'il réussisse sa satellisation. Il faut attendre le 4^e lancement du *Falcon 1*, le 28 septembre 2008, pour la mise sur orbite du simulateur *Ratsat* de 165 kg. Après 5 ans et demi d'efforts, SpaceX démontre sa capacité d'accès à l'espace. La priorité est alors donnée au développement de *Falcon 9*.

Sa mise en œuvre, grâce à 9 *Merlin* d'une poussée totale de près de 5 000 kN au décollage fonctionnant pendant 170 s, fait entrer SpaceX dans la cour des grands. Ce lanceur est spécialement développé pour satelliser la capsule *Dragon* proposée à la NASA pour ravitailler l'Iss. Il vole du

1^{er} coup le 4 juin 2010 ! Le 2^e lancement sert, le 8 décembre suivant, à l'essai du vaisseau *Dragon*, 1^{er} engin privé à revenir de l'orbite. Équipé de petits propulseurs *Draco* et d'un bouclier thermique, le vaisseau est entièrement réalisé chez SpaceX, dans son complexe de production à Hawthorne, près de Los Angeles. Il peut apporter 6 t de charge utile à la station et en faire revenir 3 t, ce qui est bien utile pour les expérimentateurs.

Par ailleurs, l'expertise acquise par SpaceX lui permet de se positionner pour le *Ccp* (*Commercial Crew Programme*) de la NASA avec le système de vaisseau habitable *Crew Dragon* qui pourra accueillir un équipage de 7 astronautes. Les essais en orbite devraient avoir lieu en 2018, en mode automatique puis avec 2 occupants... En 2019, la NASA prévoit de disposer des *CST-100* de *Boeing* et *Crew Dragon* de SpaceX pour ses missions habitées vers l'Iss. Elle n'aura dès lors plus à dépendre du *Soyouz* russe pour envoyer ses astronautes dans la station. Quel chemin parcouru en une quinzaine d'années par l'entreprise de transport spatial d'Elon Musk ! Non seulement, elle assure la desserte privée de l'Iss et commercialise des lancements en orbite de transfert géostationnaire, mais elle a surtout une vision à long terme pour l'aéronautique avec des expéditions au moyen d'un système réutilisable. Aujourd'hui, la seule évocation du nom de SpaceX donne lieu à un «remue-méninges» chez les transporteurs de satellites. Notamment en Europe à cause de la menace que fait planer *Falcon 9* sur l'avenir de la société *Arianespace*.

Au cours des 50 vols effectués avec succès (à la date du 6 mars), le lanceur *Falcon 9* démontre une grande souplesse d'utilisation. Dans une version améliorée, il est proposé pour des missions commerciales, principalement sur l'orbite de transfert géostationnaire. Son premier et grand client est l'opérateur luxembourgeois SES, qui est le premier, le 30 mars 2017, à employer un *Falcon 9* dont le premier étage a volé (et sera de nouveau récupéré) pour satelliser *SES-10*. Le *Falcon 9* réutilise régulièrement un étage qui a déjà servi.

Tintin dans l'espace

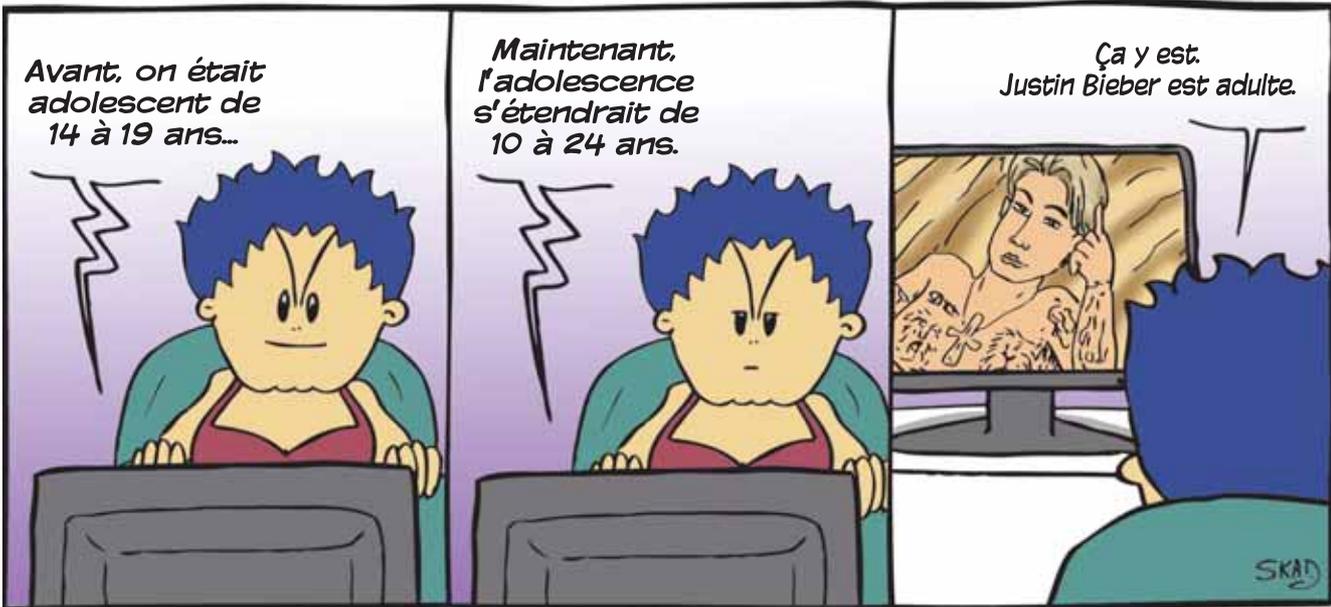
SpaceX, touche-à-tout d'une grande ambition, entend prendre pied dans le business des communications à l'échelle globale avec sa constellation *Starlink* pour l'Internet 5G sur l'ensemble de la planète. Il s'agit de déployer 4 425 mini-satellites interconnectés sur 83 plans orbitaux à quelque 1 200 km. Ils pourraient être rejoints par 7 518 autres sur des orbites plus basses... Une importante infrastructure est mise en place pour leur production en série. Deux prototypes *Microsat*, qui doivent servir à des démonstrations sur le territoire américain, ont été lancés le 22 février dernier, 6 mois avant les 10 premiers satellites de la constellation concurrente *OneWeb*: ils ont reçu les noms de *Tintin-A* et *Tintin-B* ! Un fameux clin d'œil au héros belge de Hergé.

L'objectif des services *Starlink* est de pouvoir financer le programme *BFR* (*Big Falcon Rocket*) de lanceur géant à 2 étages réutilisables. Elon Musk l'avait dévoilé en grande pompe lors d'un show spectaculaire en septembre 2016 au Congrès international d'Aéronautique de Guadalajara (Mexique). Il le décrit comme un système de transport interplanétaire qui doit être opérationnel dès la prochaine décennie. Sa stratégie est de mettre la Lune, Mars et le système solaire à la portée de l'humanité. Le premier étage du *BFR*, en matériaux composites, sera propulsé par 31 propulseurs *Raptor* fonctionnant au méthane et à l'oxygène liquide pour développer une poussée totale de 52 700 kN ! Les tests du *Raptor*, dont 7 exemplaires équiperont le second étage, se poursuivent en toute discrétion. Musk de se targuer de faire voler l'étage de base, dit «booster», du *BFR* dès 2022 pour l'envoi sur Mars de 2 éléments en vue d'une colonie... Le récent succès du *Falcon Heavy*, qui a décollé avec 27 propulseurs *Merlin*, lui donne des ailes. Rien ne paraît l'arrêter. À croire qu'impossible ne serait pas... SpaceX ! 

LES AVENTURES DE BARJE

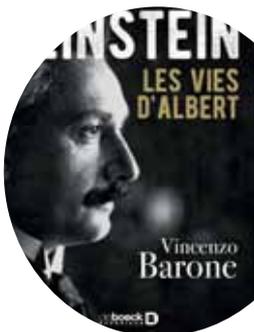
©SKAD 2018 - www.barje.be

UN SOLDAT DE LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE, IDENTIFIÉ GRÂCE À SON ADN, A ÉTÉ ENTERRÉ 112 ANS APRÈS SA MORT À LA BATAILLE DE VERDUN.



SELON DES ESTIMATIONS MINIMALES, 130 MILLIONS DE DÉCHETS GRAVITENT AUTOUR DE LA TERRE, DONT 3000 ÉPAVES DE SATELLITES.





AGENDA

Le mag scientifique

• 26-27 AVRIL 2018

Cap Nord - Boulevard du Nord à Namur

Exp'Osons la science

Rendez-vous fin avril pour cette grande exposition de plus de 150 projets scientifiques réalisés par des jeunes issus de l'enseignement primaire et secondaire sur des thématiques variées: chimie, biologie, physique, astronomie, géologie, mathématiques, météorologie, technologies... Les élèves comptent sur vous pour voter pour eux et peut-être gagner le prix du public ! Retrouvez déjà les projets sur le blog: <http://exposons.wordpress.com>

www.oselascience.be

• DU 27 AU 29 AVRIL 2018

Tour & Taxis à Bruxelles

I Love Science Festival

ILSF, c'est le festival des sciences et des technologies pour tous à Bruxelles ! Avec ce projet, le monde fascinant des sciences et des technologies se met à la portée de tous. Du 27 au 29 avril 2018, une foule d'acteurs du monde scientifique vont faire de Tour & Taxis une véritable cité des sciences. Expériences, laboratoires, animations... mais aussi conférences, ateliers et expositions attendent les écoliers, et tous les amateurs du genre, simples curieux ou (très) branchés sciences et technologies de 7 à 77 ans (ou plus). Le festival est entièrement gratuit.

<http://www.ilovescience.brussels>

• 17 MAI 2018

Hôtel de ville de Nivelles

À la recherche de la maison d'E.T.

Bientôt 10 ans que la première exo-planète a été découverte par une équipe genevoise et déjà plus d'une centaine connues à ce jour. Quelles techniques emploie-t-on pour les découvrir ? Quelles sont les pistes actuelles et futures en matière de découverte de nouvelles exo-planètes ? Que déduit-on de cette moisson d'exo-planètes ? Quid de la vie ? Loin de donner l'adresse d'E.T., cette présentation vise avant tout à montrer que cette partie de l'astronomie est très active et ne progresse qu'au travers de collaborations entre scientifiques et ingénieurs d'horizons différents.

<http://www.ulb.ac.be/extension>

À LIRE

EINSTEIN: LES VIES D'ALBERT
Vincenzo Barone - De Boeck

Découvrez ou redécouvrez dans un récit passionnant fondé sur des archives personnelles d'Einstein, l'incroyable voyage humain et scientifique de ce «créateur et rebelle». Suivez les traces de ce «faiseur d'univers, non d'empires» selon Bernard Shaw, ce solitaire qui suivit son destin avec obstination et clairvoyance opposant son humour et son sens de l'autodérision à l'histoire tragique du 20^e siècle.

ATHENA 336
Mars-Avril 2018

Tiré à 22 000 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département du Développement technologique (Direction générale Économie Emploi Formation Recherche) du Service Public de Wallonie.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES
N° Vert du SPW: 1718 • www.wallonie.be
Il est consultable en ligne sur <http://athena.wallonie.be>

Abonnement (gratuit)

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

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

PAR TÉLÉPHONE
au 081 33 44 97

PAR COURRIEL À L'ADRESSE
luc.wiart@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur:
[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)

ÉDITEUR RESPONSABLE
Rose DETAILLE
Inspectrice générale
Ligne directe: 081 33 45 10
rose.detaille@spw.wallonie.be

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

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

IMPRESSION
Imprimerie Bietlot
Rue du Rond-Point, 185 à 6060 Gilly

ISSN 0772 - 4683

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

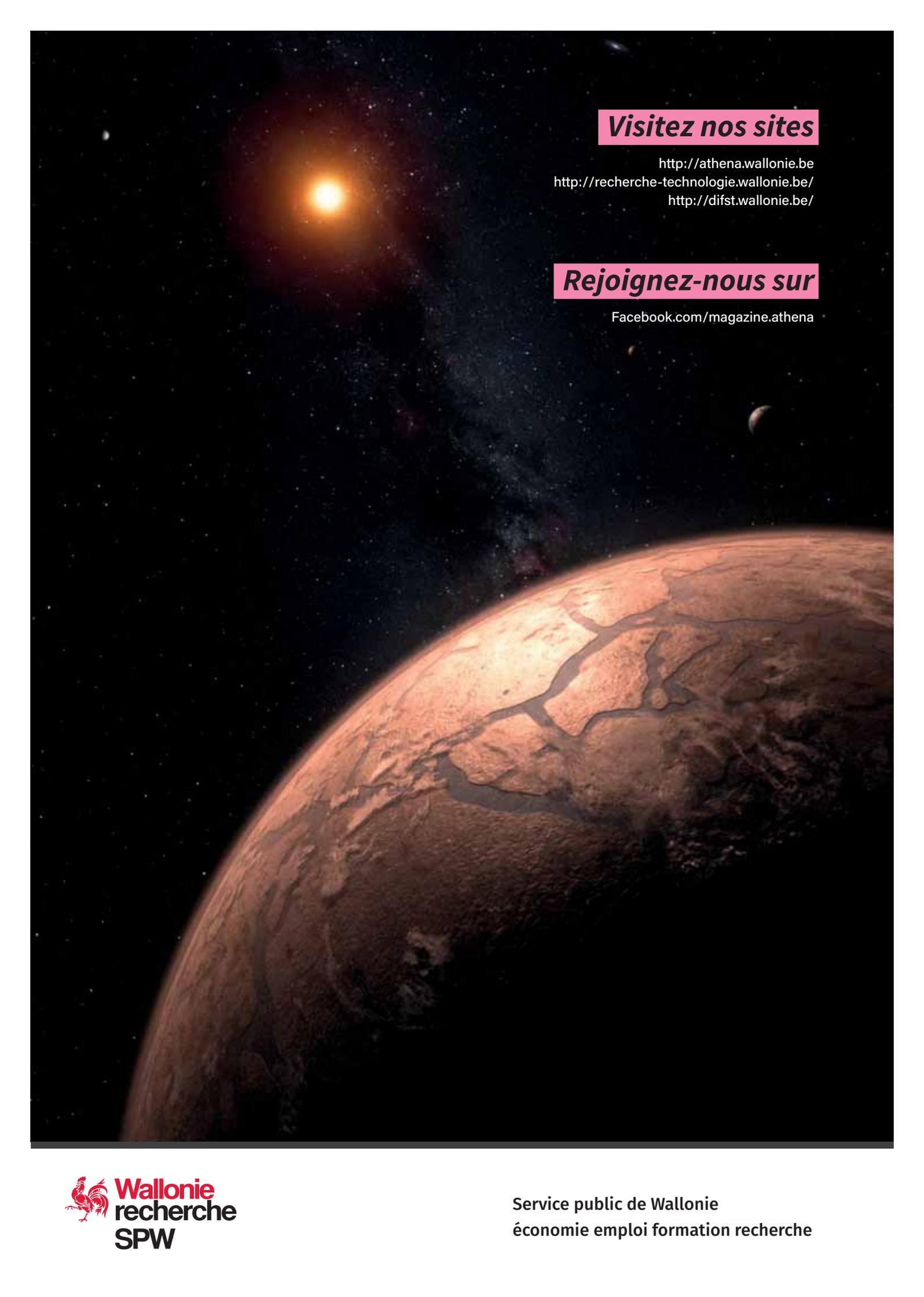
DESSINATEURS
Olivier Saive, SKAD, Vince

COUVERTURE
Première
Crédit: © CSP_Paha_L

Quatrième
Crédit: ESO/M. Kornmesser

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de la rédaction.



A space-themed background featuring a bright orange star in the upper left, the curved horizon of Mars in the lower right, and a small crescent moon in the distance. The background is filled with stars and the Milky Way galaxy.

Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

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