

Athena

Le mag' scientifique

301

Mai
2014

www.athena.wallonie.be · Mensuel ne paraissant pas en juillet et août · Bureau de dépôt Charleroi X · N° d'agrément: P002218

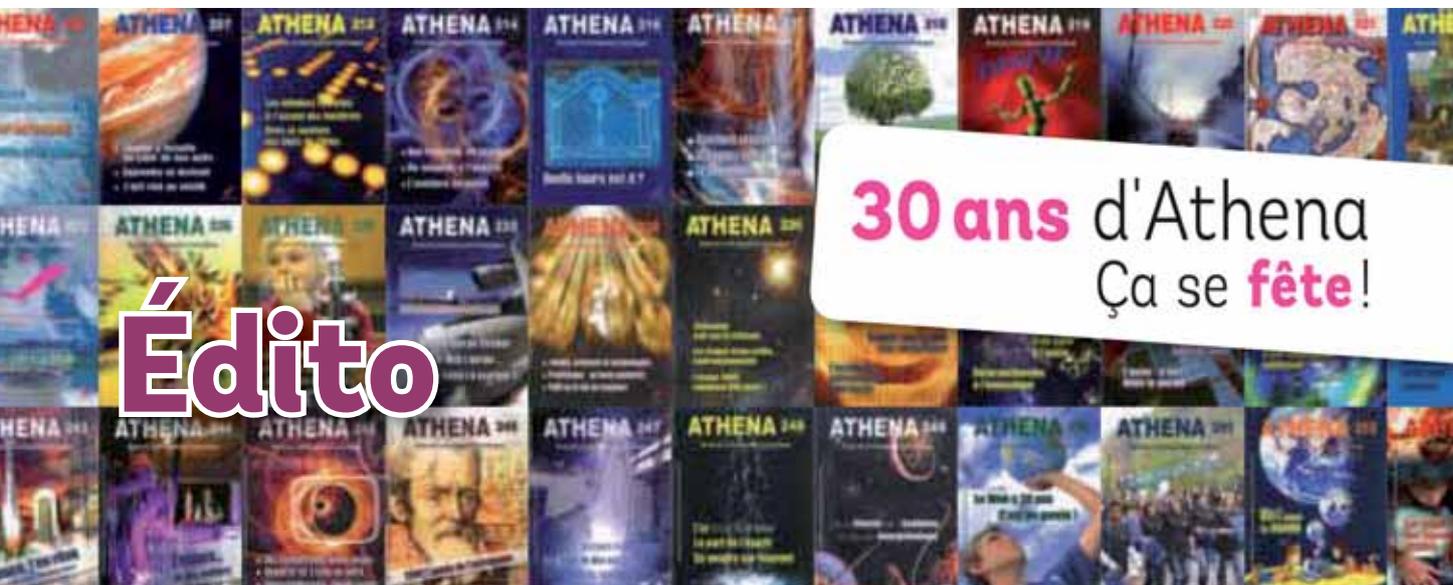
Santé

Médicaments: leur fait-on trop confiance ?

Société

Les robots: plus qu'un rêve, une réalité !





Merci...

Texte: **Géraldine TRAN** - Rédac'tchef • Photos: **ID Photo/vignettes**



Nous voici déjà à l'avant-dernier numéro avant notre trêve estivale. Je tenais sincèrement à vous remercier pour vos nombreux témoignages, encouragements, suggestions, félicitations et votre patience avant de recevoir le 300^e numéro qui, 64 pages obligeant, a mis un peu plus de temps à se réaliser. J'espère que le fil rouge que nous avons tenté d'installer tout au long de ces pages a réussi à vous guider au travers de 30 années d'existence, à vous informer et à vous surprendre. Nous revoici donc à nos 52 pages traditionnelles, bien qu'elles soient parfois insuffisantes pour tout vous dire de l'actualité scientifique et technologique. C'est pourquoi, je tiens à y ajouter 2 informations :

- ▶ La 17^e édition du concours «Exp'Osons», organisée par l'asbl *Ose la Science*, a récompensé de nombreux projets parmi plus de 170 proposés. Les jeunes, du primaire au secondaire, ont une fois de plus rivalisé d'originalité et d'esprit d'innovation pour présenter les thèmes qui leur tenaient à cœur (dont, entre autres, le cycle de l'eau, le son, la lumière fluorescente, la biométhanisation, la bière, la maladie de von Willebrand, etc...). La liste complète des lauréats est disponible sur le site <http://www.oselascience.be>
- ▶ Le *Fonds Léon Fredericq* et les Fonds de Recherche qui lui sont associés viennent de procéder au lancement de l'appel à candidatures 2014-2015 à l'attention des jeunes chercheurs du Centre Hospital universitaire de Liège et des Centres de Recherche de l'Université de Liège. À la clé et grâce au soutien de ses partenaires - citoyens, ASBL et entreprises - le *Fonds Léon Fredericq* et les Fonds de Recherche qui lui sont associés distribueront plus d'1 000 000 d'euros sous forme de bourses de doctorat, de voyage, de crédit de fonctionnement ou d'équipement mais aussi de prix spécifiques, à plus de 70 jeunes chercheurs impliqués dans toutes les composantes de la médecine, depuis ses aspects les plus fondamentaux jusqu'à ses implications dans le domaine social. **Date limite d'envoi des dossiers de candidature: le 9 juin 2014.**

Ça valait la peine d'être écrit. Il ne me reste plus qu'à vous souhaiter un agréable moment de lecture et de jolies découvertes ! ■

IL NOUS MANQUERA...

Qui ? **Christian Vandenberghe**, un homme passionné, investi, assidu, pour qui transmettre était plus qu'un métier. Grâce à lui, le Web et ses outils n'avaient plus de secrets... Toute l'équipe d'*Athena* se joint à moi pour présenter à sa famille et à ses proches nos plus sincères condoléances. En perpétuant «sa» rubrique, nous continuerons, à ses côtés, sa mission...



ATHENA 301 • Mai 2014

SPW | Éditions

Tirée à 18 500 exemplaires, Athena est une revue de vulgarisation scientifique du Service Public de Wallonie éditée par le Département du Développement technologique de la Direction générale opérationnelle Économie, Emploi et Recherche (DGO6).

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

N° Vert du SPW: 0800 11 901 • www.wallonie.be

Elle est consultable en ligne sur <http://athena.wallonie.be>

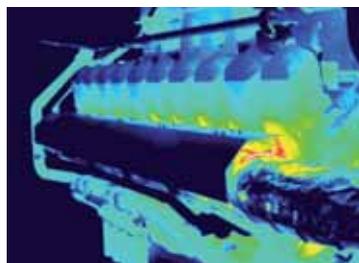
Abonnement (gratuit)

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**
raffaella.ruggiero@spw.wallonie.be



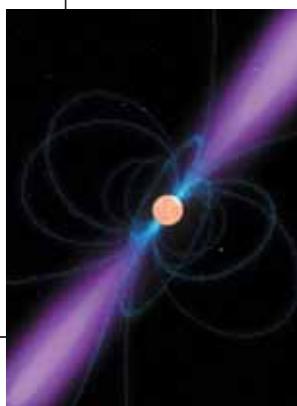
10



12



38



44

Sommaire

Actualités	04
Focus sur Cerisic	10
Série De la rose des vents au satellite : la météo pour tous !	12
L'ADN de ... Brigitte DETRY • Ingénieur aéronautique	16
Technologie L'intensification des procédés chimiques, une approche radicale	18
Internet Evernote la solution magique (3 ^e partie)	22
Santé Médicaments : leur fait-on trop confiance ?	26
Biologie	30
Médecine Métastases hépatiques : vers une révolution thérapeutique ?	34
Société Les robots : plus qu'un rêve, une réalité !	38
Physique	42
Astronomie	44
Espace	46
Agenda	50

Éditeur responsable
Michel CHARLIER,
Inspecteur général
Ligne directe: 081 33 45 01
michel.charlier@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
Certechn/ULg
Jean-Michel Debry
Christiane De Craecker-Dussart
Paul Devuyt
Henri Dupuis
Philippe Lambert
Yaël Nazé
Théo Pirard

Jean-Claude Quintart
Jacqueline Remits
Christian Vanden Berghen

Dessinateurs
Olivier Saive
Vince

Comité de rédaction
Laurent Antoine
Michel Charlier

Relecture
Élise Muñoz-Torres
Ludivine Verduyck

Couverture
Première
Crédit: EASYFOTOSTOCK
Quatrième
Kepler-186f (voir p.46)
Crédit: Kepler

NANOS sans frontières...

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

Photos: Nanora

4

«**E**ntrez au cœur de l'innovation avec les matériaux composites», était le thème développé par +Composites lors de sa dernière journée d'information à Spa Francorchamps. Un *Composite Day* qui a permis de faire le point sur l'état de l'art du matériau et de découvrir aussi *Nano Regions Alliance (Nanora)*, projet financé par Interreg IVB Europe Nord-Ouest. Ce consortium aide les PME à pénétrer le marché des nanomatériaux par la fertilisation croisée des programmes transnationaux via les rouages d'un groupement transfrontalier de compétences orienté innovation intersectorielle. Actuellement, *Nanora* fédère les acteurs clés de 7 régions du Nord-Ouest de l'Europe: la Hesse et la Sarre en Allemagne; le Nord-Pas de Calais en France; la Région de Cork en Irlande; la Région de Lancaster au Royaume-Uni; les Pays-Bas et la Wallonie, représentée par *Sirris* et *Multitel*.

Selon sa lettre de mission, *Nanora* clarifie et rend accessibles aux PME les données nano-technologiques distribuées en zone Interreg IVB Europe; ouvre des initiatives régionales en nano aux

coopérations bourgeonnantes et harmonise le cadre des aides transnationales; dresse la cartographie des savoirs et ressources transfrontaliers pour faciliter les collaborations; donne l'occasion aux PME d'entrer sur de nouveaux marchés; scelle enfin l'ancrage du projet dans le long terme. Ces actions et bien d'autres sont destinées à booster une technologie devenue un enjeu économique majeur dans nos sociétés et un domaine dans lequel la Wallonie figure en excellente position grâce, notamment, à des acteurs comme *Nanocyl*, leader mondial de la technologie des nanotubes de carbone; *NanoWall*, qui vise à créer une plate-forme européenne en matière de synthèse des nanopoudres; ou encore le Pôle *MecaTech*.

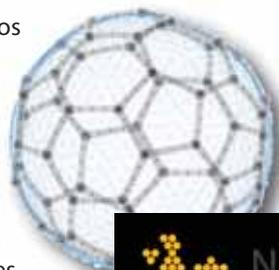
Mais si l'engouement pour les nanos ne faillit pas, leurs technologies en revanche suscitent quelques préoccupations quant à leurs impacts sociétaux. Sont plus particulièrement visées ici, les nanoparticules manufacturées que nous trouvons sous de nombreuses formes et applications: automobiles, alimentaires, cosmétiques, bâtiment, etc. Si des normes existent déjà, d'autres

sont dans les tuyaux. Il n'est donc pas évident pour les industriels du secteur - et surtout pour les PME - d'oser pousser l'innovation en ne sachant pas à quoi s'attendre en termes de réglementations et de normes, d'où l'objectif de l'*Antenne Norme*. Ce partenariat entre *Sirris* et le *CRIBC (Centre de Recherche de l'Industrie Belge de la Céramique)*, qui centralise les informations et règlements en vigueur pour les offrir aux entreprises, aide celles-ci dans les choix de méthodes de caractérisation et les conseille en matière de sécurité et d'hygiène. ■

<http://pluscomposites.eu>;

<http://www.nanora.eu>

et <http://www.sirris.be>



Actus...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

Photos: Delacre (p.5), Solar Impulse (p.6), ICB (p.8), IBA (p.8)

Deux petits nouveaux !



Tout va bien pour *WagrALIM*, le pôle de compétitivité de l'agro-industrie wallonne créé pour renforcer le secteur et dont 2 nouveaux projets, *NatExtra* et *Charme*, viennent d'être labélisés par la Gouvernement wallon à la suite du 10^e appel à projets des pôles de compétitivité.

Porté par *Ortis* et *Oxylent*, avec l'aide du centre de recherche *Celabor*, *NatExtra* est une plate-forme technologique fédérant expertise scientifique et industrielle autour des métiers de l'extraction végétale pour les besoins de la phytothérapie, des ingrédients alimentaires, de la pharmacie et du cosmétique. Avec l'innovation comme clé de voûte, *NatExtra* concoctera des procédés d'extraction de composés bioactifs, mettra au point leur production industrielle et lancera des préséries pour pénétrer le marché. Cette initiative comble le vide entre la recherche proprement dite et la production à grande échelle. Concrètement, le projet est un continuum de production préindustrielle couvrant broyage, extraction, séparation, concentration et séchage. D'un montant d'1 200 000 euros,

l'investissement sera réalisé à Elsenborn sur le site des Laboratoires *Ortis*.

Dans un tout autre domaine, *Charme* s'attaque, quant à lui, à la formation à distance en matière d'hygiène, en adéquation avec les besoins de chaque entreprise alimentaire. Supporté par 2 poids lourds du secteur, *Lutosa* et *Delacre*, le projet permettra aux entreprises d'offrir à leurs salariés une formation taillée à la mesure de leur travail en termes de contraintes, procédures et normes et ce, afin qu'elles puissent améliorer leurs compétences et mesurer concrètement les acquis engrangés par les formations déjà dispensées. L'ambition du projet est d'arriver à ce que chaque entreprise dispose d'une formation à distance adaptée à son contexte, sa réalité, ses méthodes de travail et ses règlements. Ces 2 projets, couronnés aujourd'hui par le Gouvernement wallon, témoignent une fois de plus de la créativité et de la vivacité des forces agissantes de l'agro-alimentaire wallon, désormais connu et reconnu internationalement. ■

<http://www.wagrallim.be>

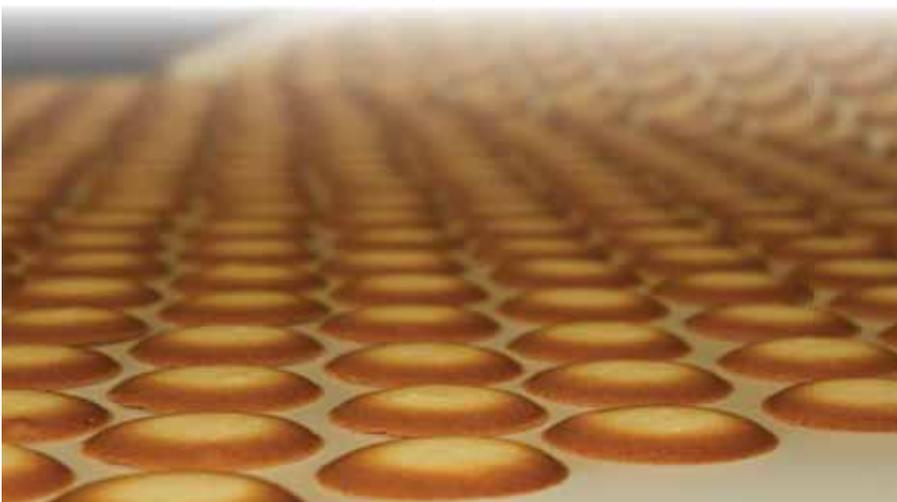
Une cité des métiers à Liège en 2016

D'une superficie de quelque 2 850 m², la Cité des métiers sera la pierre angulaire, le phare même du redéploiement de l'ex-site universitaire du Val Benoît (Liège). Ce lieu multi-partenarial sera ouvert à celles et ceux en quête d'informations sur l'orientation de leur avenir professionnel grâce à 3 espaces dédiés:

- découverte de l'innovation;
- exploration;
- informations concrètes sur les métiers.

À cette fin, la Cité bénéficiera d'un budget de 25 millions d'euros octroyé par le Gouvernement wallon. Le concept de cette infrastructure prend racine dans l'initiative de la Cité des Métiers, créée en 1993 en ses murs, par la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris. À côté du projet du Val Benoît, une initiative similaire est également en cours à Charleroi. ■

<http://planetemetiers.e-monsite.com>



L'aventure continue...

Après *Solar Impulse 1*, qui a déjà marqué nos imaginations par sa motorisation solaire, voici *Solar Impulse 2*, sorti dernièrement d'atelier et dont l'envol est prévu au début 2015. Dans ses grandes lignes, le nouvel appareil affiche un poids de 2,3 tonnes, une envergure de 72 mètres et est doté de 18 000 cellules solaires, chacune d'une épaisseur de 135 microns. Avion et innovation riment ici en parfaite harmonie. «Avec les deux versions du *Solar Impulse*, nous avons réussi à démontrer l'importance de la chimie et des matériaux avancés dans le développement de sources d'énergie alternatives», explique Jean-Pierre Clamadieu, président du Comité exécutif de Solvay, engagé depuis 2004 dans l'aventure. «Pour nous, *Solar Impulse* est synonyme d'innovation sans limites», ajoute Jacques van Rijckevorsel, membre du Comité exécutif.

À cette occasion, le chimiste belge a développé un film ultramine de 17 microns à base de *Halar ECTFE*® pour protéger les panneaux solaires et les 18 000 cellules photovoltaïques de l'humidité. Il est intervenu dans le carénage du poste de pilotage fabriqué à partir d'un polyuréthane isolant ultraléger avec un agent moussant spécial, le *Solkane 365 MFC*®. Ses composants *PVDF Solef*® *F1EC* permettent de stocker l'énergie dans des accumulateurs lithium-ion de 640 kg et son lubrifiant *Fomblin PFPE*® procure aux pièces mécaniques une excellente résistance à l'usure et à la corrosion, réduisant de la sorte maintenance et consommation. Dernier exemple d'une longue liste de développements, les sous-vêtements des pilotes sont tissés à partir de la fibre *Emana*® à base de



Décollage imminent pour le *Solar Impulse 2* !

polyamide 6.6, qui stimule la microcirculation sanguine et améliore la performance musculaire. Fruit du travail d'une douzaine d'ingénieurs du Groupe, ces développements dédiés à *Solar Impulse 2* ouvrent à Solvay de nouveaux marchés sur des niches comme la protection des panneaux solaires, les batteries d'ordinateurs et autres équipements mobiles, les aménagements d'intérieurs, etc. ■

<http://www.solarimpulse.com> et <http://www.solvay.com>

6



Rien de commun entre les 2 sujets, si ce n'est un nom: Solvay ! Et aussi l'innovation, domaine de prédilection pour le chimiste belge. Il y a quelques semaines, l'une de ses filiales, *Solvay Silica*, annonçait l'arrivée d'une nuance écologique dans son portefeuille des silices hautement dispersibles: *Tixosil*®. Développée comme substitut aux billes de polyéthylène, elle est présente dans les formulations exfoliantes de gels de douche, démaquillants visage et autres produits de soins corporels. Rappelons que ces billes de polyéthylène soulèvent quelques interrogations quant aux risques potentiels de pollution qu'elles pourraient présenter lors du

Chez Solvay encore...

traitement des eaux usées. *Tixosil*®, livré sous forme de micro-perles, se profile comme une alternative sûre, écologique et durable aux billes de plastique et allie des avantages en terme de coût à des performances remarquables: dispersion supérieure en solutions aqueuses, vaste champ d'inclusion de substances actives, concentration de tensioactifs réduite et diminution d'agents de texture. Dernière précision, *Tixosil*® est inodore, chimiquement inerte, non dangereux en production, transport, manutention et application. Les silices hautes performances, dont Solvay est le seul fournisseur au monde, sont obtenues par un procédé de précipitation faisant principalement appel à du sable comme matière première.

Sur un registre diamétralement opposé, Solvay produit désormais de la biomasse torréfiée à échelle industrielle depuis son unité de Quitman (Mississippi), co-entre-

prise détenue par *Solvay Biomass Energy* et l'américain *New Biomass Energy*. Avec cette nouvelle activité, le groupe apporte aux énergéticiens une solution innovante et compétitive pour réduire le coût d'utilisation de la biomasse dans leurs installations et en parallèle, développer l'accès à la biomasse et concevoir de nouvelles applications biosourcées. Une activité appelée à se développer, lorsqu'on sait que la biomasse torréfiée se profile comme solution de substitution au charbon. Ses avantages aux niveaux combustion, stockage et transport étant semblables au charbon, elle permet ainsi aux centrales électriques de produire une énergie propre. Solution d'avenir, la biomasse torréfiée est obtenue par un procédé de torréfaction, modifiant les propriétés chimiques des déchets de bois et de la biomasse. ■

<http://www.solvay.com>
et <http://newbiomass.com>



Gardez l'œil ouvert !

Voici le conseil que nous adresse, malgré la diminution de la fréquence de la mort subite du nourrisson, le Centre du sommeil pédiatrique de l'Université catholique de Louvain (UCL). En effet, si actuellement, on considère que la mort subite du nourrisson oscille aux environs de 0,5%, l'on comptabilise encore 60 décès chaque année dans notre pays ! Bref, les conseils d'hier restent plus que jamais à suivre: coucher le bébé sur le dos, éviter l'excès de couvertures, les pièces surchauffées, le tabagisme, etc. Au-delà de ces mesures de bon sens, le Centre demande d'être également vigilant vis-à-vis du partage du lit des parents, une pratique en vogue qui n'est pas sans danger.

À ces mesures préventives, s'ajoute maintenant la surveillance du sommeil par monitoring cardiorespiratoire. Une avancée spectaculaire lorsqu'on sait qu'à leur sortie de néonatalogie, les prématurés présentent une immaturité des contrôles cardiorespiratoires, ou apnées obstructives, pouvant conduire l'enfant à un épisode de malaise grave et à mettre sa vie en danger. Ces actes sont essentiels, car si la mort subite du nourrisson a diminué drastiquement ces dernières années, l'on constate actuellement une stagnation. Certaines causes du phénomène sont connues mais de nombreuses questions quant à leurs mécanismes intrinsèques demeurent. Aussi, faut-il continuer l'œuvre de prévention en diffusant le plus largement possible les messages sécuritaires tout en poursuivant sans relâche les recherches et les études cliniques, scientifiques et épidémiologiques, estimant les responsables du Centre. ■

<http://www.uclouvain.be>
ou genevieve.francois@uclouvain.be

Guerre

aux nosocomiales

Elles toucheraient 1,4 million de personnes dans le monde et selon une étude du *New England Journal of Medicine*, elles auraient tué aux États-Unis, quelque 75 000 personnes en 2011, soit 200 par jour ! Ce constat effrayant explique pourquoi les infections nosocomiales sont si redoutées des patients comme du corps médical. Leur origine est connue et résulte de la résistance toujours plus forte des bactéries aux antibiotiques. En fait, la faune microbienne se joue de 2 facteurs favorables à son expansion: l'impasse à laquelle est confrontée la recherche médicale dans la mise au point de nouvelles familles d'antibiotiques d'une part; le phénomène de sélection naturelle corollaire de prescriptions trop généreuses d'antibiotiques en médecine humaine et animale, d'autre part.

De là à prôner de nouvelles approches thérapeutiques, il n'y a qu'un pas, fait aujourd'hui par l'Université de Liège (ULg), à la tête d'un consortium au cœur d'une méthode innovante de dosage plus efficace des antibiotiques. Baptisé *MONitoring For STRATified and dose-adjusted treatment of hospital-acquired pneumonia (MON4STRAT)*, ce réseau européen conduit par l'ULg est actuellement formé d'une dizaine d'universités et hôpitaux en vue de valider l'intérêt d'une nouvelle méthode thérapeutique de réajustement constant grâce au

monitoring des concentrations de bêta-lactames dans le sang de patients en soins intensifs ayant contracté une infection pneumo-respiratoire en milieu hospitalier. Sachant qu'à ce stade, la santé d'un patient peut se dégrader rapidement, on comprend l'intérêt d'une méthode qui, en 5 minutes, donne le taux des bêta-lactames en vue d'adapter de suite et en continu la concentration curative d'antibiotiques. Cette méthode brevetée repose sur la mesure du ralentissement de l'hydrolyse du substrat d'une enzyme, la bêta-lactomase P99, par l'antibiotique à doser. De la mesure obtenue, on peut alors déduire la concentration sérique de l'antibiotique.

Cette solution est le fruit d'un travail collaboratif entre l'ULg, l'Université catholique de Louvain (UCL), l'Université libre de Bruxelles (ULB) et l'Université de Mons (UMons) dans le cadre de *MedART*, un programme soutenu par la Wallonie. Après avoir débouché sur un brevet, cette méthode fait l'objet d'un accord de licence avec la société *WOW* de Naninne. Parmi les autres institutions associées à *MON4STRAT*, on trouve l'*University of Houston*, le Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, l'Hôpital Roger Salengro de Lille, l'Université de Tartu en Estonie, le Service madrilène de santé en Espagne et le belge *Exprimio*. ■

<http://www.mon4strat.ulg.ac.be>



Les patients d'abord

Travailler à la santé est la mission à laquelle s'attache, sans relâche, UCB qui, dans ce but, vient d'entamer une collaboration stratégique avec le *Weill Cornell Medical College* de New York. Cette alliance, qui doit traduire les découvertes scientifiques en avancées médicales décisives là où les patients sont en besoin, illustre également la conviction d'UCB que la science progresse plus rapidement quand l'innovation est boostée par des partenariats étroits avec des centres académiques de premier plan.

Sur le terrain et durant 3 ans, la société belge financera 3 programmes de recherche translationnelle dans les domaines des troubles osseux, des maladies métaboliques et de l'analyse des variantes génétiques rares. Ce partenariat matérialise l'idée d'UCB selon laquelle aucune organisation ne peut réaliser seule une recherche fondamentale de pointe en pharmacie susceptible de transformer la vie des personnes souffrant de maladies graves. D'où la création par UCB de réseaux d'associés scientifiques de confiance capables de conjuguer connaissance des besoins médicaux des patients et compréhension des mécanismes pathologiques. Heureux de ce partenariat, le *Weill Cornell Medical College* reconnaît la grande expérience d'UCB dans le développement de traitements et thérapies de premier ordre. Compte tenu de la mission et des savoirs communs, l'alliance démontrera la valeur d'une collaboration entre monde universitaire et univers industriel, estime encore le partenaire américain d'UCB. ■

<http://www.ucb.com>
et <http://www.cornell.edu>



Coup d'crayon

Illustration: Olivier SAIVE/Cartoonbase



Une équipe belge de fouilles archéologiques, menée par le professeur Peter Eeckhout de l'ULB, a découvert les vestiges d'un temple précolombien à Patachamac, près de Lima, au Pérou. Outre des peintures murales polychromes, de nombreux objets ont été retrouvés, dont des offrandes. Belle pioche !

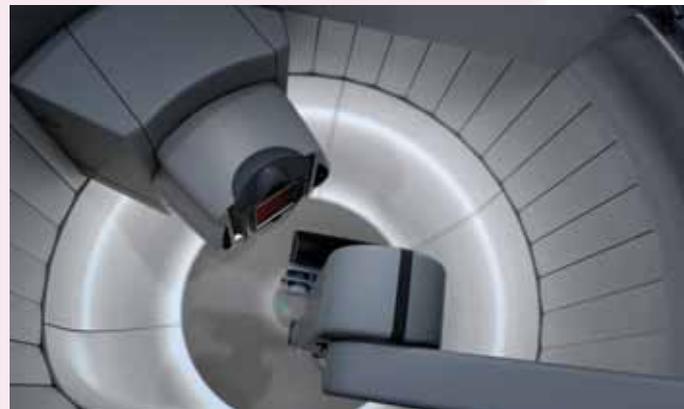
8

Nouveaux succès pour IBA

Tout continue d'aller très bien pour IBA qui annonce avoir signé des contrats pour la livraison et l'installation de 3 cyclotrons *Cyclone® 18* avec le chinois *HTA Co*. Cette commande est également assortie d'achats de modules *Synthera®* pour les nouvelles facilités de production de radio-pharmaceutiques en Chine ainsi que des formations intensives sur les équipements aux équipes de *HTA*.

Numéro un de la production de radio-pharmaceutiques en Chine, *HTA* dispose de centres de production et de distribution qui fournissent aux hôpitaux, des isotopes radioactifs pharmaceutiques: molybdène/technétium 99, iode 131, strontium 89, fluor 18, etc. pour l'alimentation de leurs caméras *Gamma*. Avec ses 3 nouveaux centres de production, *HTA* totalisera 10 unités de production. D'autres devraient s'ajouter dans les années à venir, selon les plans de l'entreprise. ■

<http://www.iba-worldwide.com>
et <http://www.atom-hitech.com>



Hauts fonctionnaires et e-gov

Courteline ne doit plus se sentir dans sa tombe. Lui qui affublait les fonctionnaires du prédictat de «messieurs les ronds-de-cuir» serait bien étonné d'apprendre que selon une étude de l'*Economist Intelligence Unit* commandée par *Ricoh* et portant sur les défis de la vélocité administrative, 2/3 des hauts fonctionnaires estiment que leur organisation doit passer à la vitesse supérieure au cours des 3 prochaines années pour s'adapter à l'évolution du marché. 27% d'entre eux ressentent une pression plus importante ou significative les poussant en ce sens et 55% s'attendent à n'avoir à faire face qu'à quelques difficultés lors des évolutions technologiques.

L'étude montre que 71% des cadres de la fonction publique ont, au cours des 3 dernières années, vu leurs méthodes de travail changer sous l'impact des progrès technologiques, notamment en amélioration de la flexibilité. Dans la foulée, ils pointent des domaines sur lesquels il conviendrait d'aller de l'avant pour offrir toujours plus de satisfaction aux citoyens, à savoir: recruter de nouveaux effectifs, attirer et fidéliser les citoyens, améliorer les processus internes clés et l'accès aux informations internes sensibles. Ces constats soulignent que le courant passe bien entre hauts fonctionnaires et technologies nouvelles, allant dans le sens des prescriptions de l'Union européenne dont le souhait en la matière est d'arriver à ce que 50% des citoyens et 80% des entreprises échangent numériquement avec leur gouvernement d'ici à 2015. Et de citer l'Espagne où 3 procédures administratives sur 4 sont traitées en ligne; l'Estonie où 100% des systèmes informatiques sont connectés via une infrastructure d'échange de données légalement mandatée et le Danemark qui travaille à rendre obligatoire l'utilisation des canaux numériques. ■

➔ Étude complète et vidéo à découvrir sur <http://www.ricoh-europe.com/thoughtleadership>



50 ans et en pleine forme !

On annonce sa mort depuis près de 20 ans et aujourd'hui, il fête ses 50 ans ! Oui, le *mainframe* ne cesse de nous surprendre, à commencer par son géniteur *IBM* qui lançait, il y a 50 ans, son *System/360*, le premier *mainframe*. *IBM* demeure d'ailleurs la référence lorsqu'il s'agit de cette niche. À gros traits, le *mainframe*, parfois appelé macro-ordinateur, est un ordinateur de grande puissance, doté d'une mémoire volumineuse et d'une panoplie d'unités de stockage afin de gérer simultanément une foule d'opérations. Des atouts qui, face à l'explosion des données et applications, expliquent le succès du concept et sa pérennité à travers les évolutions et révolutions informatiques.

Mieux, certains historiens estiment qu'il est l'une des principales décou-

vertes industrielles de l'Histoire. Une découverte à la base d'une myriade d'autres en santé, économie, industries, etc. Il s'est tellement fondu dans nos vies qu'aujourd'hui, nous ne nous rendons pas compte qu'il nous serait impossible de nous passer de lui. Un seul exemple suffit à illustrer cette dépendance: chaque année, *Visa* traite 20% du produit national brut mondial par *mainframe* ! Loin d'être mort, il vit une éternelle jeunesse et ses perspectives n'ont jamais été aussi bonnes avec toujours plus d'utilisateurs ayant accès à ses circuits via le *Cloud*, les tablettes et autres smartphones. Bref, l'informatique sur *mainframe* est plus banale que jamais et d'après *IBM*, nous travaillerons encore 50 nouvelles années avec lui ! ■

<http://www.ibm.com>

Le chiffre

2

Selon le dernier indice du *KOF Swiss Economic Institute* portant sur le taux de globalisation des pays, la Belgique est le numéro 2 des pays les plus mondialisés avec 91,61, juste derrière l'Irlande (91,17) et devant les Pays-Bas (91,33). Au niveau du critère de la mondialisation politique, notre pays occupe la 3^e place, la 6^e pour ce qui est de la mondialisation économique et la 7^e niveau mondialisation sociale.

Rattaché au Département de gestion, technologie et économie de l'EPF Zurich, le *KOF* est l'institut le plus réputé de Suisse en matière de recherche conjoncturelle. Opérant en totale indépendance au sujet de l'évolution conjoncturelle suisse et internationale, ses travaux font autorité auprès des forces vives. Pour son indice de globalisation des États, il s'est penché sur 24 variables de 207 pays sur la période 1970-2011.

Infos et étude complète sur: <http://www.kof.ethz.ch>



FOCUS

UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

sur: Cerisic

Carte d'identité

NOM

Cerisic

ANNÉE DE CRÉATION

1984

SECTEUR D'ACTIVITÉ

Centre d'études et de recherches
en chimie-biochimie, génie électrique,
mécanique et thermique

CHIFFRE D'AFFAIRES

550 000 euros en 2013

NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES

14

ADRESSE

Avenue de l'Hôpital, 18a,
7000 Mons

TÉLÉPHONE

065 31 46 83 • 065 40 41 46

SITE INTERNET

www.cerisic.be

10

Le Centre d'Études et de Recherches de l'Institut supérieur industriel catholique du Hainaut (Cerisic), profite de l'expertise des enseignants du secteur technique de la Haute École Louvain en Hainaut (HELHa). Son personnel enseignant compte environ 80 docteurs et ingénieurs pour quelque 1 500 étudiants du secteur technique. Chaque année, la Haute École diplôme près de 80 masters en sciences de l'ingénieur industriel et 120 bacheliers. Le Cerisic comprend 3 services: la chimie-biochimie, le génie électrique, la mécanique et la thermique. Les projets sont coordonnés par 3 responsables de service. L'expertise du Cerisic couvre la mécanique des fluides, les moteurs thermiques, le domaine thermique, la chimie-biochimie, le génie électrique et l'électronique.

Texte: Jacqueline REMITS • jacqueline.remits@skynet.be

Photos: CERISIC

Le Cerisic participe également aux transferts technologiques des Hautes Écoles vers les entreprises au travers de chères technologiques, d'offres de services, de réalisations d'audits ou encore, de formation continuée. Près de 90% de son chiffre d'affaires proviennent de programmes de recherche bénéficiant de subsides de la Région wallonne. Ces dernières années, 15 projets ont été sélectionnés par la Direction de la Recherche.

OUTIL INNOVANT

DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE

POUR MOTEURS THERMIQUES

Le Cerisic développe le projet First Haute École O2MP en partenariat avec la société I-Care. «L'objectif est le développement d'un outil de maintenance prédictive multicritère pour moteurs thermiques

à pistons en vue d'en accroître la fiabilité et les performances globales, commence Jan Callemeyn, responsable du service mécanique et thermique du Cerisic. La maintenance prédictive, déjà appliquée dans le domaine des machines électriques et des réducteurs de vitesse, répond à une demande croissante du monde industriel. Étendre ce concept aux moteurs thermiques à pistons est un challenge important en termes d'économie, d'écologie et de rentabilité. Ce projet réalisé avec I-Care se veut novateur et pourra répondre à l'intérêt suscité.»

Sur base des résultats de 5 méthodes d'expertises existantes, un outil les intégrant permettra de répondre à l'objectif. «Ces méthodes sont l'analyse d'huile, des gaz (admission et échappement), vibratoire, thermodynamique (diagramme P-V et paramètres de fonctionnement) et thermographique. La fiabilité du diagnostic final dépendra de la bonne interprétation des résultats des expertises particu-

lières. Une étude scientifique, davantage approfondie de l'exploitation des résultats de l'analyse vibratoire et thermodynamique, est en cours. Cette étape constitue une phase importante en début de projet. L'outil, présenté sous la forme d'un organigramme de synthèse, constituera le livrable du projet. Il constituera une évolution innovante dans le domaine de la maintenance prédictive.»

AIDE FIRST HAUTE ÉCOLE:

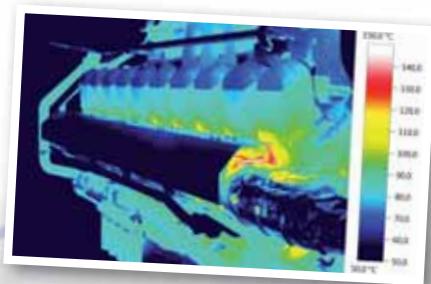
UN INTÉRÊT DOUBLE

L'intérêt de ce projet est manifeste pour la Haute École et le Cerisic. Une installation complète est mise à disposition au laboratoire de mécanique moteur de la Haute École. «Le moteur est de type Diesel stationnaire 4 cylindres d'une puissance de 80 CV, précise Jan Callemeyn. Il sera couplé à un frein magnétique (par courant de Foucault de marque Zolner). Les capteurs nécessaires sont installés sur celui-ci permettant d'établir un diagnostic initial de bon fonctionnement de moteur. Des analyses d'huile et des gaz d'échappement compléteront la liste des paramètres de référence du moteur en fonctionnement nominal. Pour l'analyse vibratoire, il s'agit de mettre en évidence la corrélation existant entre les variations de spectre de fréquence et l'apparition d'un dysfonctionnement ou d'un défaut. Pour le relevé du diagramme P-V, il est nécessaire d'analyser l'importance de la longueur du "canal" au travers duquel va s'effectuer la prise de pression sur la qualité de celle-ci. Nous pouvons introduire plus de 25 défauts

sur cette installation. La compilation des répercussions de ceux-ci constitueront la base de l'organigramme, et donc de l'outil de maintenance prédictive.»

Enrichir son expertise avant-gardiste dans le domaine de la maintenance par l'étude de ce projet est une priorité pour le Cerisic. «Si plusieurs méthodes d'expertise partielles existent à ce jour, aucune ne permet d'établir un diagnostic prédictif fiable. Des compétences davantage scientifiques que technologiques (ces dernières existant déjà) seront nécessaires pour mener à bien ce projet.»

Cet outil sera complété par des organismes et entreprises spécialisés dans ces disciplines - dont I-Care - et par l'application chez des clients acceptant de l'évaluer. L'entreprise trouve son intérêt dans l'élargissement de ses services envers une clientèle utilisant de gros moteurs thermiques dans le domaine marin et de la cogénération. Une clientèle fortement intéressée par cette innovation. De nouveaux marchés dans le suivi prédictif seront à explorer, tandis que la formation d'un personnel dédié à cette expertise sera nécessaire. Assurée par un jeune ingénieur chercheur, la réalisation du projet, qui a débuté en novembre 2013, se clôturera en octobre 2015. ■



Subvention First Hautes Écoles

en résumé:

Type de promoteur:

Haute École (HE).

Partenariat:

En partenariat avec une entreprise ou un centre de recherche agréé.

Objet:

La subvention permet la réalisation d'une recherche et la mise au point ou l'amélioration d'un produit, procédé ou service susceptible d'avoir un impact positif sur le développement durable de la Wallonie et la création d'emplois durables. Cette aide vise à accroître le potentiel scientifique et technologique des unités de recherche associées aux HE, former de jeunes chercheurs aux technologies émergentes et leur offrir une expérience de partenariat scientifique.

Taux d'intervention:

Les dépenses admissibles sont financées à 100% par la DGO6.

Dépenses éligibles:

- La totalité de la rémunération du chercheur;
- Les frais de fonctionnement pour un montant forfaitaire de 20 000 €;
- Les frais de coordination pour un montant forfaitaire de 25 000 €;
- Les frais de stage et de formation pour un montant de 5 000 €;
- Les frais généraux (montant forfaitaire représentant 15% de la rémunération du chercheur et des frais de fonctionnement).



Plus d'infos:



Département des Programmes de Recherche

Direction des Programmes Régionaux

Tél. 081 33 45 33

jeanyves.chapelle@spw.wallonie.be

<http://recherche-technologie.wallonie.be/go/fhe>

Série : INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES: UNE AVENTURE CAPTIVANTE !



De la rose des vents au satellite: la météo pour tous !



12

La météo est omniprésente: l'homme a besoin de savoir le temps qu'il fera pour ses activités. Les météorologues disposent d'une panoplie d'Instruments de Mesure, calcul et prévision Météo (IMM). Leur histoire est jalonnée de passionnantes aventures, de la navigation antique à la conquête spatiale !

De tout temps, la météo a joué un rôle essentiel pour l'Humanité. Mais l'extrême complexité et la variabilité des phénomènes atmosphériques les rendent impossibles à reproduire en laboratoire. La **météorologie** a toutefois fort progressé depuis l'empirisme et les dictons. Les prévisions actuelles se basant sur des observations scientifiques, calculs et simulations numériques.

1 000 avant J.C.: les Phéniciens utilisent étoile polaire, soleil de midi, vents locaux et 4 points cardinaux pour naviguer. Les Grecs inventent la rose des vents à 4, puis à 8 branches. Aristote crée le terme «météorologie». La rose passe à 12, 24, puis 32 branches (1504). La 1^{er} girouette connue est le triton de bronze sur la Tour des Vents d'Athènes au 1^{er} siècle avant J.C. Après le 9^e, on voit un coq-girouette sur des clochers. Dès le 7^e, les Perses mesurent la vitesse du vent grâce au moulin à vent. Vers 1450, Alberti décrit un **anémomètre** à pales, que Hooke construit en 1667 (voir photo 1 p.13). En 1734, Pajot crée l'anémographe, 1^{er} IMM enregistreur. Lind réalise en 1775

PARAMÈTRES MÉTÉO (PM)

l'**anémomètre à pression**, que Dines perfectionne en 1891. Sir Francis **Beaufort** note le vent marin et conçoit son **échelle** (1805). Robinson invente l'anémomètre à coupelles (1846). Fin du 20^e apparaissent les radars Doppler et les capteurs de vent ou anémomètres électroniques.

Pour évaluer les pluies, les Indiens utilisent des réceptacles gradués en bois dès le 4^e siècle avant J.C. Le Coréen Jang Yeong-sil invente, en 1441, le 1^{er} pluviomètre standard en bronze. Le pluviomètre de Towneley (1677) s'emploie pendant 3 siècles, avant le radar de précipitations et le pluviomètre numérique (fin 20^e). L'**humidité relative** de l'air se mesure par hygromètre de Hooke (1665), avant l'**hygromètre à cheveux** (Saussure, 1781 - voir photo 2 p.13). Début 19^e, Boeckmann, Ivory et August inventent le psychromètre à évaporation,

Texte: Christiane DE CRAECKER-DUSSART • c.decraecker@skynet.be

Photos: **Daniel FR**/Wikimedia - **hygromètre** (p.13), **IRM - radar** (p.13), **NASA - satellite** (p.13), **IRM/KMI** (p.14), **jardinetseasons.fr** (p.15)

2 thermomètres et tables de calcul. C'est l'un des IMM de référence en station météo (sous abri Stevenson) jusqu'à la fin du 20^e et l'apparition de la sonde hygrométrique numérique.

Au 3^e siècle avant J.C., les Grecs décrivent un thermoscope à air pour variation de température, que Galilée, Santorio et Telioux améliorent (début 17^e). Les Florentins scellent le tube (mi 17^e), créant le thermomètre à alcool, non influencé par la pression, à 50°. Début 18^e, Römer lance l'échelle à 2 points fixes (ébullition et congélation de l'eau) à 60 divisions, Fahrenheit les **degrés Fahrenheit (°F)** sur thermomètre précis à mercure (1724) et Réaumur le thermomètre à alcool coloré à 80 divisions (1730). En 1742, Celsius invente son échelle centésimale ou centigrade, que Martel et Christin inversent pour arriver à son aspect définitif. Kelvin calcule, en 1848, les différences de température via la thermodynamique, d'où l'échelle scientifique de température absolue en **Kelvin (K)**. Puis apparaissent le thermographe, le thermomètre à maxima et minima et la thermosonde (20^e).

En 1643, Torricelli invente le baromètre à mercure et crée le 1^{er} vide artificiel, réfutant le préjugé d'Aristote «*La nature a horreur du vide*». Pascal et Périer prouvent en 1648 la baisse de pression avec l'altitude (expérience du Puy de Dôme), confirmant l'œuvre de Torricelli. Ces événements fondateurs de la physique moderne aident à comprendre la nature de l'atmosphère et sa limite. Hooke fabrique le 1^{er} baromètre à cadran (1663) et Vidie la capsule pour **baromètre anéroïde** (1844 - voir photo ci-contre). Fin 20^e, l'électronique remplace le mercure (toxique) et le baromètre devient numérique.



L'héliographe mesurant l'ensoleillement (Campbell, 1853; Stokes, 1879) fait place à l'actinomètre, au pyranomètre (version électrique), au luxmètre (mesureur d'éclairement) et au **radiomètre multispectral**. Diffusomètres et transmissomètres mesurent la visibilité. Après 1960, le télémètre laser (voir *Athena n° 285*, pp. 12-15) mesure la hauteur des nuages, comme le **radar météo** télémétrique.

BALLONS, BOUÉES, RADARS ET SATELLITES

En 1783, les frères Montgolfier élèvent à 200 m le 1^{er} ballon à air chaud, plus léger que l'air froid extérieur. Charles emporte un altimètre à 3 000 m. Glaisher et Coxwell découvrent que la température baisse d'environ 1° tous les 100 m d'ascension (1882). Assmann (1888) et Hermite (1892) complètent le ballon-sonde météo, emportant thermomètre et baromètre à mercure. En 1898, Teisserenc de Bort emmène hygromètre et anémomètre, dépasse la **troposphère** et découvre la **stratosphère** ! L'ORB (*Observatoire Royal de Belgique*) réalise les 1^{ers} sondages météo belges en 1906-1909. Bureau invente le **radiosondage** et Jaumotte (IRM) le météographe, qui transmet, en temps réel, par radiotélégraphie, les observations pour **prévision météo synoptique** (1927). Avec Fitzroy, l'amirauté britannique prend en charge la météo marine dès 1860. Le 1^{er} vrai navire météo ne commence à opérer en Atlantique qu'en 1947. La bouée météo complète le réseau marin en station flottante bon marché automatique.

Le 1^{er} radar, dû à Watson-Watt, opère en 1935 (voir *Athena n° 290*, pp. 12-15). L'écran repère échos des nuages et hydrométéores (gouttes, grêlons,...) ! Après la Guerre, on construit des radars météo: précipitations, foudre, vent (Doppler) et **radar à double polarisation**. La Belgique en a 3: Wideumont (Libramont, IRM: voir photo 3 p.13), Jabbeke (Bruges, IRM) et Zaventem (Aéroport, Belgocontrol et liaison IRM).

Sputnik est le 1^{er} satellite artificiel, lancé par l'URSS en 1957. Les Américains mettent les 1^{ers} **satellites météo (SM)** à radiomètre en orbite: *Explorer 7* en 1959 (**défilant** expérimental), *TIROS I* en 1960 (défilant opérationnel), *ATS-1* en 1966 (**géostationnaire** expérimental, à caméra TV de Suomi) et *GOES 1* en 1975 (géostationnaire opérationnel). L'IRM a sa 1^e station de réception spatiale dès 1968. En 1977, l'Europe (ESA) a son 1^{er} SM géostationnaire, *Météosat 1*. L'Organisation européenne pour l'exploitation des SM, *Eumetsat*, opère en 1986. À partir de 2002, elle lance les MSG (*Meteo-*



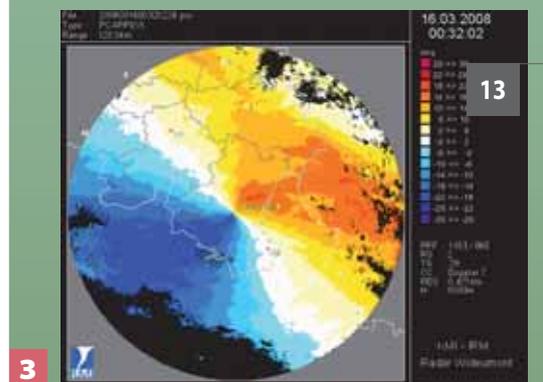
1

Modèle d'anémomètre à pales, construit par un fabricant espagnol (J. Graselli), daté de 1870.



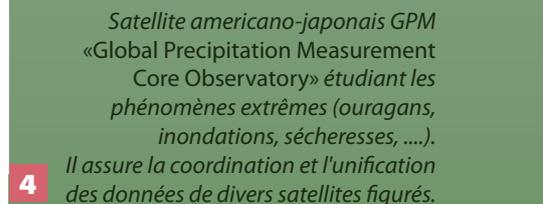
2

Hygromètre à cheveux.



3

Le radar de Wideumont est équipé d'une fonction Doppler pour mesurer la vitesse radiale des précipitations. Les régions en bleu sont des zones où les précipitations se rapprochent du radar et celles en rouge à des zones où elles s'en éloignent.



4

Satellite americano-japonais GPM «Global Precipitation Measurement Core Observatory» étudiant les phénomènes extrêmes (ouragans, inondations, sécheresses, ...). Il assure la coordination et l'unification des données de divers satellites figurés.

sat *Second Generation*), à radiomètre multispectral de pointe (GERB: *IRM, AMOS*) et à partir de 2006, les *MetOp, SM* défilants. Pour 2015-2030, *Eumetsat* projette la mise en orbite des *MTG (Meteosat Third Generation)*, à radiomètre multispectral ultraperfectionné, détecteur d'éclairs, sondes Infrarouge et Ultraviolet.

RÉSEAUX, CARTES ET ORDINATEURS

Ferdinand II de Médicis crée le 1^{er} réseau météo dès 1657; l'*Observatoire royal de Paris* le sien en 1699. Halley établit des cartes des températures et vents (1686). Franklin note les observations et lance les 1^{es} stations météo américaines (1743-1784). Sont créées: les cartes synoptiques françaises (Lavoisier et Borda, 1777), le réseau européen de Mannheim (Theodor et Hemmer, 1780) et les graphiques à isothermes (A. von Humboldt, 1817). En 1843, Morse finalise son télégraphe électrique et son code. La *Smithsonian Institution* américaine peut mettre en place les 1^{es} observatoires météo reliés en réseau et tracer les 1^{es} cartes météo détaillées

(1849). Loomis trace une carte avec isobares et isothermes (E-U), Gleisher publie 50 relevés quotidiens avec cartes (G-B) et l'*Electric Telegraph Cy* organise la collecte des observations par télégraphe, à heures fixes, pour les 1^{es} cartes journalières européennes (1851).

En 1853, Quételet (*ORB*) convoque à Bruxelles la 1^{re} réunion internationale visant «un système uniforme d'observations météo» et en 1873, avec d'autres, crée l'*OMI (Organisation Météorologique Internationale)* devenue *OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie)* en 1950.

Le Verrier (*Observatoire de Paris*) crée un réseau météo avec télégraphe pour prévenir les tempêtes, les services de météo journalière - alerte tempêtes et cartes météo quotidiennes (1854-1865). Fitzroy fait de même avec le *Met Office* (G-B). Après la découverte des ondes radio (Hertz, 1888), diverses inventions développent la météo: la TSF ou télégraphie sans fil (Marconi, 1897), l'émetteur-récepteur radio (Fessenden et Alexanderson, 1906), le téléimprimeur (Stibitz, 1939), l'ordinateur (*voir Athena n° 298, pp. 12-15*), l'Internet (Défense US, années 1960), le Web (*CERN, Berners-Lee et Cailliau, 1989*), etc. Les énormes calculateurs ENIAC (Eckert et Mauchly, 1946) et EDVAC (von Neumann et Charney, 1947) effectuent les calculs complexes (mécanique des fluides, thermodynamique) et les 1^{es} **prévisions météo numériques** au début des années 1950. Cray développe ses supercalculateurs (1970-1980), équipant le **CEPMMT** de Reading (G-B). En 1985, Cray-2 stimule recherche et application des modèles mathématiques MMPN. Fin 20^e, l'énorme vitesse de calcul améliore qualité et fiabilité des **prévisions météo d'ensemble**.

PRÉVISIONS ET FIABILITÉ

La prévision météo moderne se base sur la loi de Buys-Ballot (1857): le vent se déplace en sens antihoraire autour d'une dépression (D ou L) et en sens horaire autour d'un anticyclone (A ou H) dans l'hémisphère nord. Dès 1917, Bjerknes et l'École norvégienne connaissent (sans pouvoir les utiliser) les équations primitives de l'atmosphère incluant mécanique

des fluides, thermodynamique, fronts et masses d'air. En 1914-1918, Richardson établit le 1^{er} bulletin météo sur 1 jour, par innombrables calculs manuels. En 1922, il exploite les équations différentielles, en vain, faute de moyens de calcul. Il fonde alors la prévision numérique. L'ENIAC et l'EDVAC réussissent les calculs en 1950-1955 pour des cartes tracées à la main ! En 1963, Lorenz (*MIT*) introduit un MMPN tenant compte de la convection de l'atmosphère et de la **théorie du chaos**. Avec les supercalculateurs, calcul et tracé des cartes s'accroissent: elles deviennent enfin numériques ! Le système mondial d'observation **VMM** de l'OMM fonctionne. La prévision moderne est une synthèse synoptique-numérique, mais les phénomènes météo sont très complexes, variables et aléatoires. Les experts parlent d'une physique chaotique et lancent la prévision d'ensemble ou globale.

Mais un modèle idéal est impossible: les équations, même très élaborées, ne peuvent décrire complètement cette physique. De plus, le nombre et la qualité des observations ne suffisent pas. Les météorologues réduisent ces 2 sources d'erreurs pour augmenter fiabilité, qualité et échéance des prévisions. Malgré les techniques modernes, la fiabilité n'augmente que de quelques points, les plus difficiles et coûteux à obtenir ! 100% reste utopique: il y aura toujours une part d'erreur. On se satisfait de 80-90% pour 2-5 jours. Avec l'instabilité atmosphérique, le nombre et la qualité d'observations dans l'hémisphère nord, on établit des prévisions plus ou moins fiables à 7 jours (5 pour le sud), sauf pour les phénomènes de petite taille (orages,...). Des prévisions fiables à plus de 2 semaines restent impossibles: dans le calcul, toute inexactitude dans l'évaluation initiale de l'atmosphère double la marge d'erreur tous les 2 ou 3 jours. Les prévisions à plusieurs semaines, voire saisonnières, n'ont donc pas (encore) de base scientifique solide...

Bref, la météorologie n'est toujours pas une science exacte,... mais on s'en rapproche ! ■

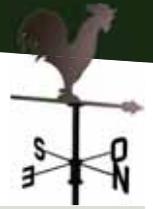


Carte météo: zones de haute (H) et basse (L) pressions, avec front chaud en rouge et front froid en bleu.



Pour en savoir plus:

- Comprendre le climat, par W.J. Burroughs, Delachaux & Niestlé, Paris, 2000.
- Comprendre les mécanismes météo, par D. Del Regno, Vallée Heureuse, Toulouse, 2013.
- Les Coulisses du temps, par J. Metz, Duculot, Gembloux, 1975.
- Guide de la météorologie, par G.D. Roth, Delachaux & Niestlé, 2010.
- La Météo, par R. Reynolds, Gründ, Paris, 2009.
- La Météo, du baromètre au satellite, par J.P. Javelle, Météo-France, 2000.
- Prévoir la pluie et le beau temps, par R. Chaboud, Bordas, Paris, 1982.
- <http://www.eumetsat.int> (UE)
- <http://www.meteo.be> (IRM)
- <http://www.meteo.fr> (France)
- <http://www.noaa.gov> (USA)
- <http://www.wmo.int> (OMM)



GLOSSAIRE

IMM = Instrument de Mesure Météo ; MMPN = Modèle Mathématique de Prévision Numérique ; PM = Paramètre Météo.

Anémomètre	(du grec <i>anemos</i> , vent, et <i>metron</i> , mesure) IMM servant à mesurer la vitesse d'écoulement d'un fluide gazeux, en particulier du vent. Couplé à une girouette à 10 m de haut pour limiter les erreurs dues aux obstacles au sol (turbulences).
Anémomètre à pression	<i>Anémomètre</i> où la force dynamique du vent s'exerce sur un tube de Pitot. Un autre tube, perpendiculaire, mesure la pression statique. Les tubes sont reliés à un manomètre différentiel indiquant la pression différentielle due à la force du vent.
Baromètre anéroïde	Baromètre se composant d'une capsule de Vidie (boîte métallique vide d'air, protégée de l'écrasement par ressort, se déprimant selon les variations de la pression), d'une aiguille et d'un cadran. Il faut surtout observer les variations.
Beaufort (bf) (Échelle de)	Échelle internationale servant à mesurer la force du vent au sol ou en mer, graduée de 0 à 12-17 degrés bf, en fonction de ses effets et des dégâts causés.
CEPMMT ou Centre de Reading	Centre Européen de <i>Prévision Météo</i> à Moyen Terme, situé à Reading, en Angleterre, et équipé d'ordinateurs très puissants.
Chaos (Théorie du) et « Effet papillon »	Étude de divers phénomènes avec dépendance sensible aux conditions initiales. Obéit souvent à des équations. Une petite variation en conditions initiales peut donner une solution très différente après 2-3 jours. Ex.: modèles météo basés sur la dynamique des fluides (boutade de l'« <i>effet papillon</i> »).
Degré Fahrenheit (°F)	Unité anglo-saxonne de mesure de t°. 180° partie de l'échelle définie par le point normal de fusion de la glace ou de congélation de l'eau (32°F = 0°C) et le point normal d'ébullition de l'eau (212°F = 100°C).
Humidité relative ou Degré hygrométrique (HR en %)	Rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air ambiant et la teneur maximale en vapeur d'eau possible à la même t°. L'air est sec quand HR = 0 %. HR = 100 % désigne de l'air dont la teneur en vapeur d'eau est maximale: il est dit saturé.
Hygromètre à cheveux	Hygromètre basé sur la propriété du cheveu de s'allonger à l'air humide et se rétracter à l'air sec.
Kelvin (K)	Unité scientifique de base du SI de l'échelle absolue de mesure de t°, établie par la thermodynamique. Le zéro K ou zéro absolu est la t° la plus basse possible, à laquelle toutes les molécules sont au repos absolu; 0 K = -273,15°C.
Météo(rologie)	(du grec <i>meteôra</i> , élevé dans l'air, et <i>logos</i> , science) Science étudiant les phénomènes physiques et processus dynamiques de l'atmosphère (surtout la <i>troposphère</i>), les PM et la mise au point de MMPN.
Prévision météo d'ensemble ou globale	<i>Prévision météo</i> numérique par le CEPMMT, lançant le même MMPN 51 fois avec conditions initiales peu différentes (<i>théorie du chaos</i>).
Prévision météo synoptique	Prévision météo basée sur analyse et traitement de divers PM résultant de l'observation synoptique (à la même heure, dans les stations d'un réseau étendu). Se fonde sur expériences pratiques et lois simples.
Prévision numérique	Prévision météo réalisée par ordinateur faisant tourner les MMPN.
Radar météo	Radar à ondes centimétriques pour <i>prévisions météo</i> à court terme de grandes perturbations (fortes pluies, inondations, orages, grêle, tempêtes, tornades,...).
Radar météo à double polarisation	<i>Radar météo</i> mesurant la réflectivité des hydrométéores (gouttes, grêlons,...) en directions horizontale et verticale, pour évaluer leur forme et taille.
Radiomètre multispectral	Mesure l'intensité d'un rayonnement électromagnétique à des longueurs d'onde spécifiées, notamment celle du rayonnement visible réfléchi ou IR émis (sondage thermique). Réalise des photos de la couverture nuageuse.
Radiosondage	Mesure météo par ballon-sonde équipé d'une radio pour transmission des PM (+ taux d'ozone) en temps réel. Établit le profil vertical de l'atmosphère et contribue aux <i>prévisions météo</i> .
Satellite (circum)polaire ou Satellite défilant météo	SM à orbite polaire basse (env. 850 km) couvrant la totalité du globe et fournissant des images haute résolution toutes les 12 h, par <i>radiomètre</i> . Ses images complètent celles des <i>satellites géostationnaires</i> .
Satellite géostationnaire ou Satellite géosynchrone météo	SM décrivant, au dessus de l'équateur, à 35 800 km et en 24 h, une orbite dont le sens de rotation = celui de la Terre, restant dans la même position par rapport à elle. Chaque ½ h, transmet des images de la même portion du globe par <i>radiomètre</i> .
Satellite météo (SM)	<i>Satellite défilant</i> ou <i>géostationnaire</i> , météo et climatique. Transmet des photos haute résolution (masses nuageuses, précipitations,...) par <i>radiomètre</i> .
Stratosphère	Couche de la haute atmosphère au-dessus de la <i>troposphère</i> , où la t° augmente avec l'altitude (entre 8-16 et 50 km d'altitude environ). Siège de la couche d'ozone.
Troposphère	Couche inférieure de l'atmosphère ou basse atmosphère, jusqu'à 8-16 km. Affectée sur 2 ou 3 km de tourbillons dus à la présence de relief, végétation,... La t° y décroît jusqu'à la <i>stratosphère</i> . Siège des phénomènes <i>météo</i> .
Veille météorologique mondiale (VMM)	Base de tous les programmes de l'OMM. Réseau mondial recueillant en temps réel les mesures météo standardisées des IMM et les redistribuant aussitôt à tous les services météo pour <i>prévisions</i> .



L'ADN de...

Brigitte DÉTRY

Ingénieur aéronautique

Propos recueillis par **Géraldine TRAN** • geraldine.tran@spw.wallonie.be

Photos: **SCIENCE** (ADN), freeimageslive.co.uk (p.16), **G. TRAN** (p.17)

RECTO

16

L'aéronautique, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ? À la base, je me prédestinais à une filière en Éducation physique (+ kinésithérapie) ou en Médecine sportive. Sur base des recommandations/conseils de mon papa (Ingénieur civil chez Solvay), je me suis orientée vers une année de Spécialité Math préparant à l'examen d'entrée tout en poursuivant mes activités sportives. Une fois réussi cet examen, j'ai été prise dans l'engrenage et catapultée dans le monde scientifique sans plus jamais me poser de questions.

Comment devient-on ingénieur dans l'aéronautique ?

J'ai suivi un cycle de 5 ans en FSA (Faculté des Sciences Appliquées) et choisi la filière «Sciences des Matériaux» après les candidatures. J'ai ensuite prolongé mon cursus par un diplôme d'études complémentaires de 2^e cycle (DEC) en Administration des entreprises en 1 an. À la fin des 6 années, j'ai postulé dans le domaine des matériaux et eu une 1^{re} expérience de 2 ans et demi au PMW (Pôle Métal de Wallonie) sur le site du Sart-Tilman. Suite à un changement de direction, mi-2002, j'ai postulé chez Techspace Aero (TA) sur les conseils d'une amie de l'UCL qui y exerçait depuis quelques années. En septembre 2002, j'ai intégré l'équipe de 2 personnes affectées au domaine des matériaux. Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'ingénieur aéronautique a l'embaras du choix ! Derrière ce terme générique coexistent en réalité une multitude de profils d'ingénieurs: ingénieur en bureau d'études, calcul, production, d'essais... Qu'il travaille pour un constructeur ou un équipementier, l'ingénieur aéronautique est toujours spécialisé dans un domaine technique; la science des matériaux dans mon cas.

Vous travaillez actuellement au Département Matériaux et Procédés, quelle est votre journée-type ?

Le travail est très varié. Entre autres, mes tâches consistent à traduire le besoin des bureaux d'études en termes de propriétés matériaux et structurer les attentes; faire la synthèse des forces et faiblesses des matériaux et procédés sur le marché et en développement, les intégrer aux plans de développement par la gestion

des risques et opportunités; réaliser les expertises matériaux des composants en retour d'essais matériaux/partiels/moteurs; participer avec les bureaux d'études et les experts procédés aux choix des matériaux, à l'optimisation de la conception et à la mise en place de gammes de fabrication robustes; traiter les non-conformités en exploitation et retour de service; définir et assurer le suivi de travaux externes dans les Centres de Recherches et Universités; assurer la veille sur les développements en recherches fondamentale et industrielle dans ses domaines d'expertise (matériaux et procédés émergents); encadrer les jeunes nouveaux... Je pars en outre à l'étranger environ 1x/mois.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ? Mon père a toujours pris le temps d'expliquer à ses enfants la manière dont tout fonctionne et comment tout se répare ! Démonstration à l'appui. Et c'est toujours le cas aujourd'hui ! Non seulement à ses enfants mais aussi à ses beaux-enfants et petits enfants...

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ? Trouver le bon équilibre entre ma place dans l'entreprise et ma vie privée.

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ? Avoir suivi/participé au développement du Département qui est passé de 2 personnes en 2002 (j'ai même été seule durant 2 mois en 2006) à 25 à ce jour. J'ai également le privilège d'être la mémoire du Département, en tant qu'ancêtre ou référent ! Plus particulièrement dans le domaine des Équipements.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ? Aimer la technologie de pointe et allier volonté, détermination, confiance en soi, tout en étant exigeant, minutieux, travailler... ■

NOM: **DETRY**
 PRÉNOM: **Brigitte**
 ÂGE: **39 ans**
 MARIÉE, **4 enfants**

PROFESSION: **Ingénieur au Département Matériaux et Procédés chez Techspace Aero (Safran)**

FORMATION: **Études secondaires à l'Institut Martin V de Louvain-la-Neuve. Ingénieur en Sciences des Matériaux (+ IAG 2DC) à l'UCL.**

ADRESSE: **Route de Liers, 121 - 4041 Milmort**

TÉL.: **32 (0) 4 278 85 76**



Plus d'infos:

brigitte.detry@techspace-aero.be

<http://www.techspace-aero.be>

<http://www.uclouvain.be>

VERSO

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ? Sans hésiter, je choisirais le même métier ! Mais avec le recul et la sagesse, j'aurais probablement privilégié plus de mobilité (interne ou externe) au sein de TA ou de Safran car c'est un facteur d'épanouissement, de reconnaissance des compétences ou potentiels de chacun au service d'une stratégie d'entreprise gagnante.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ? VOLER ! Depuis longtemps, les hommes n'ont qu'un rêve, s'élever dans le ciel... Est-ce par curiosité: «comment voit-on les choses d'en haut ?»; est-ce parce qu'ils sont animés du désir de la domination: «de la haut je te domine, tu es tout petit»; est-ce par peur: «je suis là-haut et tu ne peux pas m'attraper» ou simplement pour s'évader, imiter l'oiseau qui semble pouvoir aller là ou ça lui chante sans demander la permission à qui que ce soit ? Au 14^e siècle, Léonard de Vinci affirmait que «L'homme est capable de se maintenir dans l'air par le moyen d'ailes battantes». Si ses machines à ailes battantes se montrèrent irréalisables, certaines de ses idées, comme le rotor d'hélicoptère, se retrouvent dans des réalisations aéronautiques modernes !

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ? Aucun car je ne suis pas une bonne oratrice !

Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ? Trouver la substance qui aurait la propriété de rajeunir ou de garder en bonne santé tout en allongeant l'espérance de vie (soit dépasser les 122 ans de Jeanne Calment !).

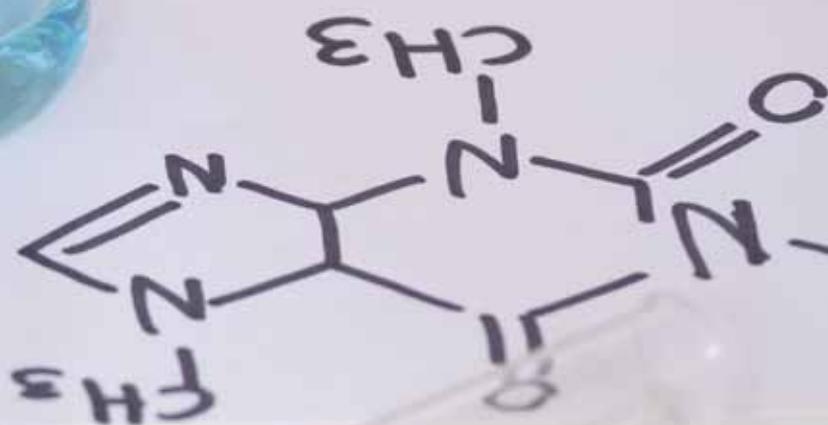
Je vous transforme en un objet du 21^e siècle, ce serait lequel et pourquoi ? Un drone pour observer sans être vu, voir le monde autrement, pour partir en mission de surveillance, de renseignement, d'exploration, mais je laisserais de côté la facette «combat» et j'emporterais plutôt une charge utile: ma famille !

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ? Ce serait un grand tour du monde en famille !

Il y a tant de grands espaces, de circuits inconnus, de choses à découvrir... pourquoi ne pas y aller ? Ça inquiète, ça fait peur, ça laisse perplexe mais quand c'est réfléchi et bien préparé... allez c'est parti !

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ? Le Pape car l'aura et la popularité mondiale du Pape François sont telles que même les chefs d'État de la planète font la queue au Vatican pour obtenir un rendez-vous. Il est décidément l'homme à voir en ce moment ! ■





L'intensification

DES PROCÉDÉS CHIMIQUES, UNE APPROCHE RADICALE

Texte : Catherine HENNEUSE/Certech • Jean-Christophe MONBALIU/ULg

Photos : EASYFOTOSTOCK (p.18), © FOTOLIA (p.19), © CORNING (p.20)

Un renouveau en phase avec son époque.

Produire plus et plus rapidement, mais à moindre coût

et avec un impact environnemental réduit.

Telles sont les contraintes qui pèsent aujourd'hui sur l'industrie chimique et qui ont abouti à une remise en question du procédé industriel tel que défini depuis des décennies.

L'intensification des procédés (IP) est une approche multidisciplinaire, relativement récente dans l'industrie chimique, qui se penche sur l'amélioration à la fois des procédés de fabrication et des réactions chimiques associées...

Colin Ramshaw (1), l'un des pionniers du concept, décrit l'IP comme «une diminution de volume des réacteurs d'au moins un facteur 100», une définition un peu restrictive, mais qui a le mérite de frapper l'imagination. La réduction significative de la taille des réacteurs réintroduit par ailleurs un concept que tout monde pensait disparu: celui d'une production compacte, mobile et localisable à volonté, à proximité de l'offre ou de la demande. Les plus critiques verront vite que ce concept ne peut en essence que fonctionner avec des réactions très rapides (de l'ordre de la seconde), pour lesquelles la diminution du volume des réacteurs est compensée par une cinétique intrinsèque rapide. Mais qu'en est-il alors pour la très grande majorité des réactions chimiques qui requièrent

plusieurs heures, voire plusieurs jours pour atteindre des conversions industriellement exploitables ? Un premier élément de réponse réside dans l'utilisation de conditions extrêmes de température, de pression et de concentration, et doit ses origines au développement des techniques de synthèse assistées par micro-onde (2,3,4). Il est en effet souvent possible de réduire un temps de réaction de plusieurs heures sous conditions classiques à quelques secondes ou minutes dans des conditions extrêmes, pourvu que le mélange réactionnel n'y soit soumis que pendant une durée très courte pour éviter toute réaction secondaire ou décomposition. Ces concepts sont souvent repris dans la littérature scientifique sous le nom de chimie «flash», «conditions réactionnelles intensifiées» ou encore, «nouvelles fenêtres réactionnelles» (3). Un second élément

de réponse réside dans le constat suivant: un grand nombre de réactions est limité par les performances des réacteurs en termes d'efficacité de mélange et d'échange thermique.

Il va de soi que l'intensification des procédés implique une approche radicalement opposée aux procédés traditionnels. Pour commencer, de nombreux développements technologiques sont nécessaires pour y parvenir. Sont requis des équipements à la fois capables:

- de gérer rapidement les échanges de chaleur;
- de mélanger les réactifs et/ou de séparer les produits dans des temps très courts et avec grande efficacité;
- de supporter des conditions de température et de pression élevées;
- de fonctionner en continu avec des débits rapides pour compenser la perte de volume réactionnel.

Mais le changement ne se situe pas uniquement au niveau technologique; l'intensification des procédés requiert également une refonte des procédés chimiques et une approche de la réaction en accord avec les principes de la chimie verte (économie d'atomes, nouveaux catalyseurs plus sélectifs, nouveaux protocoles moins gourmands, solvants alternatifs plus respectueux de l'environnement, sources alternatives d'énergies, etc.). Cette approche exploi-

L'intensification des procédés en 4 mots:

- ▶ **Maximiser l'efficacité des réactions au niveau moléculaire**
- ▶ **Optimiser les forces motrices et les phénomènes de transfert (masse et chaleur)**
- ▶ **Uniformiser les conditions réactionnelles pour chaque entité réactive**
- ▶ **Simplifier les procédés par de l'équipement multifonctionnel intégré et en favorisant les synergies**

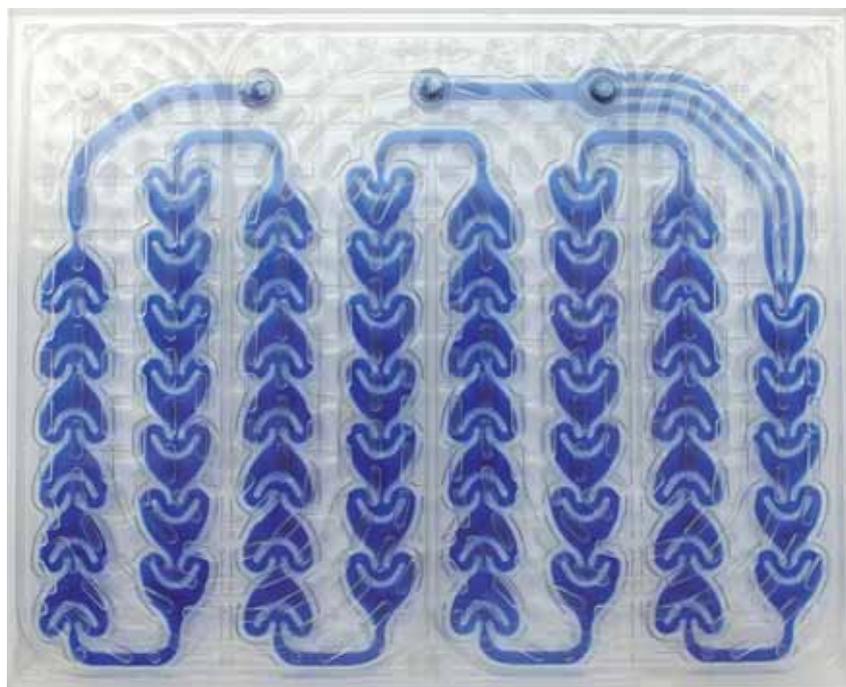


Réacteurs micro- et mésofluidiques:

QUELQUES
NOTIONS CLÉS

- ▶ **Un volume interne de l'ordre du μL (microréacteur) ou du mL (mésoréacteur), défini au sein d'un matériel micro-structuré**
- ▶ **Une efficacité redoutable pour les phénomènes de transfert (masse et de chaleur)**
- ▶ **Compacts, mais capables de produire, à la demande, du μg à la tonne**
- ▶ **Le caractère continu confère une homogénéité de production et supprime le problème de la variabilité commun aux réacteurs «batch»**
- ▶ **Complètement intégrables et modulaires**
- ▶ **Risque industriel drastiquement réduit**

20



Ci-dessus: Détail d'un réacteur millifluidique (Corning® Advanced-Flow™ Glass Reactor Gen I). Ce module en verre de spécialité, de 12x15 cm, présente des canaux spécialement conçu pour un mélange optimal et rapide. Malgré des canaux d'un diamètre inférieur à 1 000 m, ce RMF peut transformer jusqu'à 4,32 x 105 litres de matière par jour.

forcer les développements en faveur de l'intensification des procédés.

LA CHIMIE EN CONTINU

L'intensification des procédés s'est trouvé l'outil technologique idéal au travers de la technologie des réacteurs micro- et mésofluidiques (RMF) (3,4). Ces réacteurs se différencient des traditionnels réacteurs «batch» essentiellement par leur taille (volume interne) et leur mode de fonctionnement en continu, ce qui leur confère des propriétés uniques et en font des partenaires de choix pour l'intensification des procédés (3,4). Et pourtant, il aura fallu près de 10 ans pour que cette technologie gagne progressivement ses lettres de noblesse. D'abord quasi-exclusivement utilisée dans le milieu académique, la technologie des réacteurs micro- et mésofluidiques a fini par percer dans le monde industriel (4). Cette technologie était déjà tellement prometteuse dans ses balbutiements qu'elle a été désignée comme étant l'une des plus importantes «technologies émergentes pour le futur» par le prestigieux *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* en 2001. De nombreuses alliances stratégiques entre des centres de recherche ou universités, des équipementiers et des industriels, telles que le MIT et *Novartis*, *Corning* et *Sanofi*, *Chemtrix* et *BASF*, attestent de cette brillante percée.

tant la chimie durable, permet de diminuer la consommation de matières premières, de solvants, d'énergie et a donc un impact favorable sur la production de déchets et les risques liés à l'industrie chimique. Et enfin, comme dernier changement à envisager, il faut également repenser le procédé dans son entièreté afin d'y maximiser les synergies entre étapes élémentaires, simplifier les auxiliaires, favoriser une utilisation très rationnelle des équipements et éliminer les redondances.

Voilà donc quelle sera l'usine de demain: une usine simplifiée mais versatile, compacte mais capable de satisfaire une demande grandissante, moins polluante et mieux intégrée à une proximité grandissante avec le public. Une usine durable et intensifiée, donc. Le défi est de taille mais l'Europe est en marche depuis quelques années. Des initiatives européennes passées telles que *PILLS*, *COPIRIDE* et *F3-Factory* en attestent et les nouvelles lignes directrices pour l'Horizon 2020 (H2020) ne font que ren-

Synthèse assistée par
micro-onde

Dans le volume confiné d'un RMF, les phénomènes de transferts sont excessivement efficaces et rapides: les mélanges réactionnels et les échanges de chaleur se font beaucoup plus rapidement que dans les macroréacteurs «batch» traditionnels. Les molécules qui transitent dans ces espaces confinés sont donc soumises à des conditions réactionnelles contrôlées au niveau local, voire même moléculaire, pendant des temps de réaction courts. En résultent une sélectivité accrue, moins de réactions secondaires et des rendements plus élevés. Si au début de leur développement, les RMFs ont surtout été vus comme des outils d'analyse réactionnelle et d'étude pour des réactions très rapides (du domaine de la seconde), la possibilité de les utiliser en combinaison avec des conditions opérationnelles de température et de pression extrême a rapidement changé la donne: les réactions les plus lentes peuvent également bénéficier de la technologie des RMFs (3-5). Malgré leurs faibles volumes internes, le caractère continu du procédé en RMF et des stratégies de production en parallèle (c'est-à-dire plusieurs RMFs identiques alimentés en parallèle et opérant sous les mêmes conditions) permettent d'atteindre des productivités exploitables industriellement (Voir image p. 20).

Un corollaire lié à leur faible volume interne est la diminution drastique du risque inhérent à toute transformation chimique: par seconde, très peu de réactifs sont engagés dans le réacteur par rapport à un réacteur batch aux capacités volumiques similaires; les conséquences d'un éventuel incident seraient donc très significativement réduites. Enfin, cette réduction significative de

la taille des réacteurs - bien au-delà de la définition de Colin Ramshaw (1), permet de concevoir des usines mobiles, moins gourmandes, à l'empreinte écologique excessivement réduite et avec des coûts d'exploitation et de maintenance faibles (5). Il faut souligner également que l'un des principaux avantages de l'utilisation des RMFs réside en une intégration aisée des étapes élémentaires (souvent discontinues en batch), telles que des séquences de réaction, d'extraction, d'analyse en ligne et de formulation.

C'est dans ce contexte que Certech, Centre de recherche wallon spécialisé notamment dans l'intensification des procédés, et CiTOS, Centre de recherche de l'Université de Liège spécialisé dans les procédés de synthèse en continu dans des RMFs, ont entamé une collaboration dans le domaine de l'intensification des procédés de conversion de la biomasse dans des réacteurs en continu. Cette initiative, totalement unique en Wallonie, a pour ambition de créer à court terme les compétences et les outils nécessaires pour positionner la Wallonie en tant qu'acteur incontournable de l'intensification des procédés et de la valorisation de la biomasse en Europe. Cette collaboration est étendue à d'autres partenaires dans le cadre de la future programmation FEDER 2014-2020 (6) et du dépôt d'un portefeuille de projets («Intense4chem») axé sur cette thématique et s'inscrivant à l'interface de diverses disciplines telles que la chimie, les procédés, la microfluidique, la catalyse, les matériaux ou encore, la microfabrication. ■

- (1) D. Reay, C. Ramshaw, A. Harvey, *Process Intensification: Engineering for Efficiency, Sustainability and Flexibility*, Elsevier, 2013 (ISBN 978-0-08-098304-2).
- (2) T. N. Glasnov, C. O. Kappe, The microwave-to-flow paradigm: translating high-temperature batch microwave chemistry to scalable continuous-flow processes, *Chemistry: a European Journal*, 2011, 17, pp. 11956-11968.
- (3) V. Hessel, D. Kralisch, N. Kockmann, T. Noël, Q. Wang, Novel process windows for enabling, accelerating, and uplifting flow chemistry, *ChemSusChem*, 2013, Vol. 6, pp. 746-749.
- (4) K. S. Elvira, X. Casadevall i Solvas, R. C. R. Wootton, A. J. deMello, The past, present and potential for microfluidic reactor technology in chemical synthesis, *Nature Chemistry*, 2013, Vol. 5, pp. 905-915.
- (5) S. G. Newman, K. F. Jensen, The role of flow in green chemistry and engineering, *Green Chemistry*, 2013, Vol. 15, pp. 1456-1472.
- (6) <http://europe.wallonie.be/>



Plus d'infos:

Certech:

<http://www.certech.be>
catherine.henneuse@certech.be

CiTOS:

<http://www.citos.ulg.ac.be>
jc.monbaliu@ulg.ac.be





Evernote

la solution magique



22

Texte: **Christian VANDEN BERGHEN** - cvb@easi-ie.com - <http://www.easi-ie.com>
http://www.twitter.com/easi_ie - <http://www.inventerlefutur.eu>
<https://www.facebook.com/EASL.expertsduWeb> - Skype: christot

Illustrations: **Vince** - vincent_dubois@me.com



Dans les 2 premières parties de cet article consacré à *Evernote*, nous avons étudié les bases de l'outil et ses fonctions de recherche.

La recherche dans *Evernote* est un des points forts de l'application. Outre les syntaxes exposées dans la seconde partie de l'article, il y a quelques autres astuces à connaître. Commençons par là.

RECHERCHER DANS *EVERNOTE*

▶▶ Aide à la recherche (sur Mac)

Evernote vous aide à structurer vos recherches. Cliquez dans le champ de recherche. En bas de l'écran qui s'ouvre, cliquez sur «Ajouter une option de recherche».

Evernote vous propose ensuite un petit menu pour chaque option: *Ajouter une option de recherche*; *Carnet de notes*; *Étiquette*; *Contient*; *Source*; *Créé*; *Modifié*.

Si vous cliquez sur «*Source*», *Evernote* vous propose les différentes sources possibles (*Email*, *Page web*, *Mobile*, *Bureau*, *Scan Snap*). Il est ainsi possible de construire des requêtes complexes.

▶▶ Recherches récentes

Si vous cliquez dans le champ de recherche, *Evernote* affichera automatiquement les recherches récemment effectuées.

▶▶ Sauvegarder une recherche

Si vous êtes amené à lancer fréquemment la même recherche, il peut être intéressant de sauvegarder cette recherche.

La procédure varie selon les versions:

- **Windows:** cliquez sur l'icône de Recherche sauvegardée (la loupe avec le +).
- **Mac:** Rendez-vous sur *Éditer* > *Rechercher* > *Recherche sauvegardée*. Nommez l'étiquette de recherche et cliquez sur le champ *Rechercher une note*.

- **Android & iOS:** appuyez sur l'icône de menu située en bas (les 3 points), sélectionnez «Créer un raccourci». Une icône des Recherches sauvegardées apparaît sur l'écran d'accueil de votre mobile.

Les recherches sauvegardées apparaissent quand on clique dans le champ de recherche:

► Chercher des carnets

Evernote permet la recherche de carnets (ces options varient d'un PC à un Mac):

- Cliquez sur «Carnets» dans la marge de gauche pour ouvrir l'écran qui affichera tous les carnets avec leurs sous-carnets éventuels.
- À partir de cet écran, il est possible de créer un nouveau carnet, de chercher un carnet et de trier les carnets selon divers critères:
 - Propriétaire (du carnet)
 - Nom (tri alphabétique sur le nom)
 - Compter (nombre de notes par carnet)
 - Modifié le (date de modification du carnet)

► Chercher des étiquettes

Le système de recherche dans les étiquettes (*tags*) est copié sur la recherche dans les carnets.

Cet écran permet de:

- Créer une étiquette
- Trouver une étiquette
- Trier les étiquettes selon 2 critères
- Nom
- Nombre de notes (portant cette étiquette)

► Chercher par l'Atlas

Si vous vous déplacez, si vous voyagez, votre *Evernote* vous accompagnera bien entendu partout. L'Atlas permet de trouver des notes par lieu de création.

Commencez par cliquer sur *Atlas* dans la marge de gauche.

À première vue, les cartes manquent de précision. Mais si vous cliquez sur une des cartes, vous constaterez qu'*Evernote* a localisé très précisément la création des notes.

Un curseur situé sous les cartes permet de zoomer. Un clic sur le petit drapeau bleu affichera les notes créées à cet endroit.

PARTAGER

Evernote est un formidable outil pour stocker des données mais qui permet aussi de les partager. C'est l'un de ses autres points forts.

► Partager une note

Les notes peuvent être partagées de plusieurs manières: par *Evernote*, par email, sur les réseaux sociaux, sur le Web et ce, même si le destinataire n'est pas (encore) un utilisateur *Evernote*.

Comment partager une note ?

Sélectionnez la note que vous souhaitez partager, cliquez sur la note avec le bouton droit de la souris pour ouvrir le menu contextuel contenant le lien *Partager*. Choisissez le mode de partage souhaité parmi les options suivantes:

- **Envoyer la note par email:** cliquez sur cette option pour envoyer les contenus de la note sous forme d'email. L'adresse de l'expéditeur sera l'adresse associée à votre compte *Evernote*.

- **Publier sur Facebook:** cliquez sur cette option pour publier les contenus de la note sur votre mur *Facebook*. Vous serez redirigé(e) sur *Facebook* où une confirmation de publication de la mise à jour vous sera demandée.

- **Publier sur Twitter:** cliquez sur cette option pour envoyer le contenu de la note vers *Twitter*. Vous serez redirigé(e) sur *Twitter* où une confirmation de publication vous sera demandée.

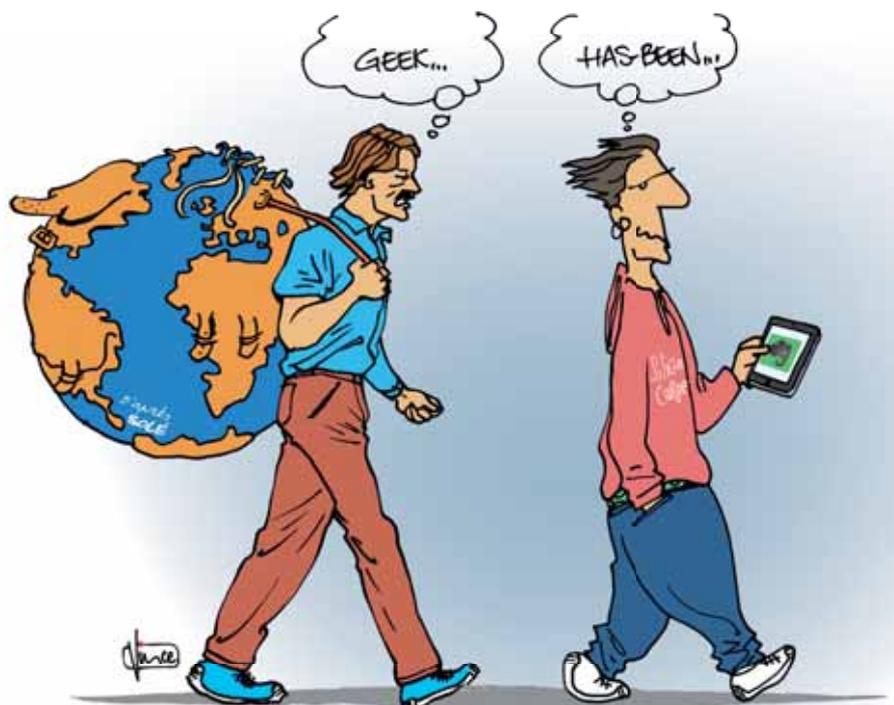
- **Publier sur LinkedIn:** cliquez sur cette option pour publier les contenus de la note sur votre compte *LinkedIn*. Vous serez redirigé(e) sur *LinkedIn* où une confirmation de mise à jour vous sera demandée.

- **Copier l'URL de partage dans le presse-papier:** cliquez sur cette option pour que votre note soit accessible via une adresse URL publique. L'URL est automatiquement copiée dans votre presse-papier et vous pourrez la coller dans un billet par exemple.

Autre méthode de partage

Une note peut également être partagée à partir du menu.

- **Sur PC:** en cliquant sur «Partager»
- **Sur Mac:** en cliquant sur la flèche courbe située au-dessus de la note





24

- (sur Mac). Notez que la flèche devient bleue lorsque la note correspondante est partagée.

▶▶ Arrêter le partage d'une note

Lorsque vous utilisez l'option de partage «Copier l'URL de partage dans le presse-papier», ce lien est public. Imaginons le cas suivant: vous avez rédigé un billet sur votre blog et vous insérez un lien vers une de vos notes dans le texte. Ensuite, votre billet est copié ou diffusé par d'autres personnes sur les réseaux sociaux. Finalement, vous ne savez pas où votre lien a été diffusé. Dans ce cas, vous souhaitez peut-être arrêter le partage de cette note.

Pour désactiver une URL de partage (pour qu'elle ne soit plus publique), cliquez sur l'icône de partage (qui est bleue puisque la note est partagée), puis sur «Arrêter le Partage». Dans la liste des carnets, ceux qui sont partagés reçoivent une petite icône.

▶▶ Partager un carnet

Si vous envisagez de partager plusieurs notes avec la ou les mêmes personne(s), il est préférable de créer un carnet partagé. Dans ce cas, toutes les notes stockées dans ce carnet seront automatiquement partagées. Voici la procédure:

- Sélectionnez le carnet de note à partager
- Cliquez sur le nom de ce carnet avec le bouton droit de la souris
- Choisissez «Partager le carnet de notes»

Deux options sont disponibles:

- 1 Partager avec des personnes
- 2 Créer un lien public

▶▶ Partager avec des personnes

Cette option doit être utilisée si vous partagez un carnet avec des personnes utilisant *Evernote*. On peut alors choisir de visualiser les notes, d'afficher les notes et l'activité, de modifier les

notes ou modifier et inviter d'autres personnes.

Les personnes invitées recevront un email leur proposant de s'y associer. Elles pourront «Afficher le carnet de notes» (permettant uniquement de consulter des contenus dans un navigateur) ou de «S'associer à un carnet de notes» (le Carnet de notes partagé sera alors ajouté à leur compte).

▶▶ Créer un lien public

Cette option permet de partager un carnet et les notes qu'il contient avec des personnes n'utilisant pas *Evernote*. Attention, les personnes disposant du lien public peuvent visionner toutes les notes du carnet. En effet, toutes les notes que vous glisserez dans ce carnet seront automatiquement partagées avec les personnes désignées.

FUSIONNER PLUSIEURS NOTES

Imaginons que vous ayez plusieurs épisodes d'un même article. Au lieu de vous retrouver avec plusieurs notes, pourquoi ne pas les fusionner ?

Méthode

Sélectionnez les notes à fusionner en cliquant dessus avec la combinaison de touche COMMANDE+Clic si vous êtes sur *Mac* ou CTRL+Clic si vous utilisez un *PC*. Vous voyez les notes s'empiler sur la partie droite de l'écran. Cliquez sur le bouton «Fusionner».

Plusieurs remarques importantes:

- L'ordre dans lequel vous sélectionnez les notes sera celui des notes après la fusion.
- Si vous utilisez *Evernote* sur le web ou la version pour *PC*, le nom de la nouvelle note ainsi créée sera celui de la première note sélectionnée. Si vous utilisez *Mac*, le nom de la nouvelle note sera celui de la note qui aura été créée ou modifiée le plus récemment. Bien entendu, vous pourrez modifier ce nom par la suite.



Attention: Les notes originales sont supprimées et se retrouveront dans la corbeille.

Les notes créées avec les applications associées comme *Evernote Hello* ou *Evernote Food* (cf. *Infra*) ne seront plus disponibles dans ces applications après fusion. Si vous souhaitez les conserver isolément, il suffira de les récupérer dans la corbeille et de les restaurer dans n'importe quel carnet.

UTILISER

LES RACCOURCIS

Certaines de vos notes vont rapidement devenir indispensables et vous y accédez très souvent. Il peut s'agir d'une liste des postes téléphoniques de vos collaborateurs, d'un aide-mémoire des fonctions de recherche avancées de tel ou tel moteur, d'une liste de livres à lire, etc.

Pour éviter de devoir chercher ces notes chaque fois que vous devrez y accéder, *Evernote* a prévu quelque chose qui ressemble à des favoris mais qu'il a appelé «*Raccourcis*».

Les raccourcis se situent en haut à gauche de l'écran.

Comment créer des raccourcis ?

Evernote propose 2 méthodes:

1. Faites simplement glisser une note vers la rubrique «*Raccourcis*».
2. Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le titre d'une note et choisissez «*Ajouter la note aux raccourcis*».

Un simple clic sur un titre de note dans les raccourcis permettra d'y accéder.

AJOUTER DES DOCUMENTS

DANS UNE NOTE

Que vous utilisiez un compte gratuit ou un compte *Premium*, vous pouvez ajouter n'importe quel type de document à une note: notes manuscrites photographiées, cartes mentales, PDF, texte, image, son...

La différence entre la version gratuite et la version payante se situe ailleurs.

C'est votre type de compte qui détermine la taille maximale de vos notes:

- **Compte gratuit:** chaque note ne peut dépasser 25 MB. Vous pouvez ajouter 60 MB de contenu nouveau par mois
- **Compte Premium:** chaque note peut «peser» jusqu'à 100 MB et vous pouvez ajouter 1 GB de nouveau contenu chaque mois.

Comment ajouter du contenu à une note ?

Là encore, plusieurs méthodes sont proposées:

• Sur MAC:

- Option 1:* glissez le document dans une note.
- Option 2:* glissez le document sur l'icône *Evernote* dans le dock.
- Option 3:* utilisez le menu «Fichier» puis «Joindre des fichiers».

• Sur PC:

- Option 1:* glissez le document dans une note.
- Option 2:* cliquez avec le bouton droit de la souris dans la note et choisissez l'option «Joindre des fichiers».

• Sur le web:

- Option 1:* créez une note et glissez le document sur l'en-tête de la note.
- Option 2:* cliquez sur l'icône en forme de trombone en haut de la note et choisissez le fichier à ajouter.

Dans le prochain article de cette série, nous verrons notamment comment faire travailler *Evernote* en synergie avec d'autres applications. ■



Médicaments: leur fait-on trop confiance ?

Texte et propos recueillis par **Philippe LAMBERT** • ph.lambert.ph@skynet.be
Photos: © Q. ROSER (p.26), Ph.LAMBERT (p.27)

26

En février dernier, les résultats d'une étude menée par l'association de consommateurs Test-Achats eurent un énorme retentissement et soulevèrent la polémique. Portant sur 4 000 médicaments, cette recherche aboutissait à des conclusions surprenantes: 43% d'entre eux n'auraient pas démontré totalement leur efficacité et 27% auraient une utilité limitée, tandis que des doutes planeraient sur l'efficacité et/ou la sécurité de 460 produits (12%) et que 113 autres (3%) seraient fermement déconseillés. Pour le professeur Jean-Michel Dogné, ces résultats doivent être pris avec une précaution extrême, tant la méthodologie utilisée par Test-Achats est nébuleuse et scientifiquement critiquable. Directeur du département de pharmacie de l'Université de Namur, expert auprès de l'Agence fédérale belge des médicaments et produits de santé et représentant de celle-ci au Comité de pharmacovigilance de l'Agence européenne des médicaments, il nous fait part de ses analyses et nous explique les bases de la pharmacovigilance...

I N T E R V I E W

L'étude de Test-Achats sur l'utilité et la dangerosité éventuelle de 4 000 médicaments a créé un vif émoi. Quel jugement portez-vous sur la méthodologie employée ?

Il est honorable de se poser la question de la balance bénéfices-risques de tout médicament, mais ce type d'étude nécessite une approche rigoureuse et exhaustive pour chaque produit. En l'occurrence, il convient de se plier à une analyse systématique de toutes les données disponibles tant en matière d'efficacité que de sécurité en vue d'arriver à une conclusion. Il s'agit d'un travail titanesque. Par exemple, la balance bénéfices-risques du diclofénac, principe actif de nombreux médicaments anti-inflammatoires dont le Voltaren®, a été réexaminée récemment au niveau européen. Cette étude, qui fut menée par des équipes de dizaines d'experts de pays différents, des pharmacoépidémiologues et des cliniciens indépendants, a duré environ 8 mois. Or, qu'apprend-on ? Que 4 000 médicaments auraient été passés au peigne fin en moins de 2 ans par une équipe de médecins et pharmaciens de Test-Achats.

Pour réévaluer le Voltaren® ou le Motilium®, les experts mandatés par l'Agence européenne des médicaments (EMA) dans le cadre de la pharmacovigilance ont produit des dossiers d'une dizaine de milliers de pages, avec un rapport final de quelque 200 pages. En moyenne, les experts de Test-Achats ont analysé près d'un produit par heure. Autant dire qu'ils n'ont pas pu matériellement adopter une démarche scientifique rigoureuse.



Jean-Michel DOGNÉ

“ Test-Achats présente un classement de 4 000 produits en se fondant sur une méthodologie nébuleuse et sans mettre à disposition l'analyse rigoureuse relative à chacun d'eux. ”

Test-Achats s'est référé à 2 sources d'information et lorsque ses experts jugeaient qu'elles contenaient trop peu de données (positives ? négatives ?), ils en consultaient d'autres, telles l'*Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé français (ANSM)* ou *The Cochrane Collaboration*. Précisément, cette dernière donne des conseils méthodologiques selon lesquels il convient de regrouper toutes les informations issues des données scientifiques de référence. Manifestement, *Test-Achats* en a fait fi... Il y a clairement un biais de sélection dans la façon dont l'association de consommateurs a procédé.

CONFIANCE EN DANGER ?

Les conclusions apportées par cette étude vous paraissent-elles simplistes ?

Test-Achats présente un classement de 4 000 produits en se fondant sur une méthodologie nébuleuse et sans mettre à disposition l'analyse rigoureuse relative à chacun d'eux. Cette méthodologie pour le moins contestable et le manque de transparence du détail des rapports d'expertise soulèvent évidemment la question de l'interprétation des résultats.

Le classement des produits selon qu'ils seraient efficaces, d'utilité limitée, inefficaces ou peu sûrs, voire déconseillés est effectivement simpliste. En termes de santé publique, il trompe tant le patient que le professionnel dans la mesure où, pour chaque produit, aucun compte n'est tenu, dans l'évaluation de

la balance bénéfices-risques, des caractéristiques du patient (âge, sexe, fonction rénale, fonction hépatique, etc.), de la pathologie dont il souffre et des comédications. À l'inverse, un médicament comme le paracétamol nous est présenté par *Tests-Achats* comme un produit efficace et sûr. Or, c'est celui dont l'utilisation entraîne le plus de décès dans les pays industrialisés...

Les assertions de l'association de consommateurs peuvent saper la confiance de la population envers les professionnels de la santé, alors que ceux-ci n'ont aucun intérêt à prescrire des médicaments inefficaces ou dangereux. Par ailleurs, sans même avoir consulté les dossiers de l'*EMA* et de l'*AFMPS*, *Test-Achats* cite nominativement des produits pour lesquels les firmes pharmaceutiques ont obtenu une autorisation de mise sur le marché.

RÉPERCUSSIONS CATASTROPHIQUES

Le développement d'un nouveau médicament a un coût faramineux. Aussi, lorsque des essais cliniques sont engagés et pour autant que la rentabilité économique soit privilégiée par rapport aux valeurs éthiques, certaines firmes pharmaceutiques ne pourraient-elles pas être tentées d'occulter des résultats d'études cliniques peu compatibles avec une mise sur le marché du produit testé ?

Le programme de recherche en vue de la mise d'un médicament sur le marché

Le réexamen d'un médicament suppose qu'on rassemble toutes les informations scientifiques disponibles dans l'ensemble des bases de données - firmes pharmaceutiques, littérature scientifique, sites Internet... *Test-Achats* affirme avoir procédé à ses évaluations en se référant à des sources indépendantes et scientifiquement fiables, à savoir principalement le *Centre belge d'information pharmacothérapeutique (CBIP)* et la revue *Prescrire*. En revanche, aucune trace de l'*Agence fédérale belge des médicaments et produits de santé (AFMPS)* ni de l'*Agence européenne des médicaments*. Sans doute faut-il en déduire que *Test-Achats* considère que ces 2 organismes ne présentent pas la fiabilité scientifique requise ou les garanties d'indépendance voulues... Pourtant, dans un souci de totale transparence, leurs experts doivent publier leur curriculum vitæ et leur déclaration d'intérêt; sont également accessibles gratuitement les résultats des évaluations, le jour du début des travaux, les dates des réunions, les questions posées aux firmes, les documents analysés et, bien sûr, le résultat des évaluations.

nécessite des études non cliniques et cliniques s'étendant sur une période de 8 à 12 ans. Coût estimé: environ 1 milliard d'euros pour un nouveau médicament. Lorsque la firme introduit ensuite une demande d'autorisation de mise sur le marché auprès de l'Agence européenne des médicaments, 2 équipes d'une dizaine d'experts appartenant à 2 pays différents passent au crible durant une année environ, de manière non concertée et indépendante, toutes les données disponibles sur le produit (qualité, efficacité, sécurité) et ce, en se référant aux normes en vigueur à l'échelon européen. Leur expertise doit être reconnue sur la base d'une analyse des curriculum vitae et déclaration de leurs éventuels conflits d'intérêts doit être faite.

Lorsqu'au terme de leurs travaux, une analyse détaillée de la balance bénéfices-risques a été réalisée, l'autorisation de mise sur le marché n'est octroyée qu'à la seule condition que la majorité des États membres européens la juge positive.

28

Autant dire que plus une firme perçoit le manque d'efficacité ou de sécurité d'un produit en cours de développement, plus elle acquiert la certitude qu'il verra son autorisation de mise sur le marché refusée ou que si elle est accordée, elle le sera uniquement pour certaines populations de patients et, moyennant le respect de diverses conditions, pour une 2^e ou une 3^e ligne de traitement par exemple. De ce fait, la tendance première de l'industrie pharmaceutique est logiquement d'identifier très tôt les risques de manque d'efficacité ou de manque de sécurité qui peuvent peser sur un produit en développement et d'arrêter le processus engagé.

En outre, il serait beaucoup plus dommageable pour la réputation d'une firme pharmaceutique d'essayer de minimiser les risques d'effets indésirables auprès de l'EMA ou de l'AFMPS. Des inspections de pharmacovigilance garantissent d'ailleurs le bon respect des activités de pharmacovigilance par les firmes pharmaceutiques, afin de s'assurer que l'ensemble des données liées aux risques des médica-

ments ou produits en développement sont bien pris en compte. De surcroît, toute contre-publicité justifiée ou non qui affecterait l'image de marque d'un producteur aurait des répercussions catastrophiques pour l'ensemble de ses produits auprès des différents partenaires de la santé. Le laboratoire Servier en a fait la douloureuse expérience avec l'affaire du Médiator...

LE TEST DE LA VRAIE VIE

L'étude de Test-Achats pointe du doigt des médicaments dont l'utilité serait contestable, parce que non démontrée ou sérieusement remise en question. N'y a-t-il pas là un fond de vérité ? L'efficacité des gels et crèmes anti-inflammatoires, par exemple, semble effectivement très limitée...

Il est clair que les produits anti-inflammatoires que vous évoquez - pour prendre cet exemple - sont loin de posséder une efficacité majeure. Toutefois, à défaut de ces gels et crèmes, le patient serait souvent amené à prendre des anti-inflammatoires par voie orale, sans doute plus efficaces mais auxquels sont associés des risques d'effets indésirables plus importants également.

En termes de santé publique, il serait très dommageable de se priver d'une 1^e ligne de traitement qui, bien que d'une efficacité parfois limitée, est fréquemment suffisante pour soulager certains patients. Sans elle, le moindre mal de gorge ou de tête, la moindre douleur pourrait nécessiter un encadrement thérapeutique plus lourd. Ce qui engendrerait des coûts insupportables pour la sécurité sociale.

De plus, les produits incriminés sont des médicaments qui ont fait

l'objet d'une autorisation de mise sur le marché. La qualité de leur production et leur efficacité ont donc été considérées comme satisfaisantes. Plus important encore, ils font l'objet d'un suivi de pharmacovigilance assuré par tous les États européens. En cela, ils se distinguent des produits que le patient pourrait être tenté d'acheter sur Internet ou ailleurs, sans aucune garantie de sécurité.

La vraie vie d'un produit commence lorsqu'il est commercialisé, dites-vous. L'heure de la pharmacovigilance aurait-elle sonné ?

En gros, la pharmacovigilance réside dans l'identification et l'évaluation des risques associés aux médicaments commercialisés et dans la mise en évidence de la manière de minimiser ces risques. Malgré leur rigueur, les études cliniques préalables à la mise d'un médicament sur le marché présentent des limites inhérentes aux conditions strictes et standardisées dans lesquelles elles sont effectuées. Ainsi, lors de ces études, toute une série de populations ne sont pas suffisamment représentées: les plus jeunes, les plus âgés, les femmes enceintes, les insuffisants rénaux, les insuffisants hépatiques... Mais dans la vie quotidienne, ces personnes devront évidemment utiliser des médicaments, de sorte que la pharmacovigilance se doit de leur porter une attention particulière. D'autre part, les risques observés rarement ou à plus long terme ne sont pas connus.

Vu l'hétérogénéité de la population, un des principes de la pharmacovigilance est de raisonner en termes de sous-groupes. Dès lors, selon la catégorie de patients concernés, un même produit pourra être jugé d'utilité limitée, déconseillé en raison des risques qu'il comporte ou très utile parce que le malade en tirera profit dans le cadre d'une utilisation qui en minimise les risques.

À dater du premier jour de sa commercialisation, chaque médicament est soumis à une surveillance rigoureuse.





Cela se comprend aisément. Tout risque s'assimile à une probabilité. Or, dans une étude clinique, il faut 3 000 patients pour espérer avoir une chance suffisante de mettre le doigt sur un effet indésirable se manifestant chez 1 patient sur 1 000. Aussi tous les effets indésirables, même très graves, qui peuvent apparaître dans moins d'1 cas sur 1 000 ne seront-ils généralement pas détectés en étude clinique. En revanche, lorsque le produit sera commercialisé, ce sont des centaines de milliers, des millions d'individus qui en feront usage. Ce type d'effets indésirables observés rarement peut donc se révéler. Un des défis de la pharmacovigilance est de mettre en place des systèmes qui permettent d'identifier ces cas et de minimiser le plus précocement possible (donc à partir d'un nombre d'utilisateurs aussi faible que possible) les risques liés à la prise d'un médicament.

En rapportant spontanément aux agences nationales des médicaments les effets indésirables identifiés, les patients et les professionnels de la santé sont des acteurs majeurs de la pharmacovigilance.

SURVEILLANCE EN CONTINU

Précisément, un des écueils que doit contourner la pharmacovigilance n'est-il pas de travailler la plupart du temps sur des cas rapportés spontanément ?

Effectivement. Seulement 1 à 3% des cas réels d'effets indésirables sont rappor-

tés par les médecins et les pharmaciens. De ce fait, si 1 ou 2 cas sont rapportés, il est probable qu'ils en cachent 100 ou 200 autres. C'est pourquoi la pharmacovigilance est très attentive au moindre cas grave dont elle a été avertie, même si le lien de causalité avec tel ou tel médicament n'est pas forcément établi.

Soucieuse d'améliorer la situation, l'Agence fédérale belge des médicaments et des produits de santé a développé le concept de « pharmacovigilance active », afin d'inciter tous les professionnels à rapporter les effets indésirables observés chez les patients. Au niveau hospitalier, la contribution des pharmaciens cliniciens est ainsi très précieuse. De même, depuis juillet 2012, les patients (ou leurs familles) de l'ensemble des 28 États membres de l'Union européenne sont invités à faire part directement des effets indésirables qu'ils attribuent à l'utilisation d'un médicament, notamment par le biais des sites Internet des agences nationales.

Les sociétés pharmaceutiques se doivent de participer au processus. De la sorte, chacun de leurs employés doit avertir la cellule de pharmacovigilance de sa société des effets indésirables dont il a connaissance, via les médecins et les pharmaciens. Il appartient à la firme de relayer ces informations à l'Agence européenne des médicaments dans des délais limités. Un système de traçabilité doit évidemment être mis sur pied pour vérifier que toutes les données transmises sont bien répercutées

Dans le cadre de la pharmacovigilance, le suivi de tout médicament présent sur le marché a été ren-

forcé depuis juillet 2012 au niveau de l'Union européenne. Sans entrer dans les détails, comment s'opère ce suivi ?

La directive européenne qui sous-tend ces mesures promeut une analyse des risques de tout médicament au regard des bénéfices que procure son usage en termes de santé. Désormais, chaque État membre a l'obligation de chercher à détecter les effets indésirables de tous les produits sur le marché, récents ou anciens, et de procéder à l'analyse des signaux, c'est-à-dire de toute information sur un événement indésirable, nouveau ou faiblement documenté, potentiellement causé par un médicament. Différentes sources d'informations sont prises en considération pour l'analyse de ces signaux: principalement les études cliniques, la littérature scientifique et les événements rapportés par les professionnels de la santé ou les patients eux-mêmes.

Afin de partager le travail, chaque État membre se voit attribuer une série de principes actifs dont l'analyse mensuelle des signaux (1) est placée sous sa responsabilité. Ceux-ci sont discutés mensuellement et il n'est pas rare qu'une réévaluation de la balance bénéfices-risques d'un produit soit proposée au nouveau Comité spécial de pharmacovigilance européen (PRAC). Peut s'ensuivre une décision de suspension, de révocation ou de maintien de l'autorisation de mise sur le marché du médicament. Dans ce dernier cas, celui-ci fait presque systématiquement l'objet de restrictions d'utilisation. Parallèlement, des informations sont transmises aux professionnels de la santé dans un but de minimisation des risques pour le patient. Le processus ne s'arrête pas là. Ainsi, l'efficacité de ces mesures doit être évaluée ensuite par les autorités nationales ou européennes. En cas d'échec, une réévaluation peut être reconduite.

L'efficacité de cette démarche suppose une étroite collaboration de tous les acteurs concernés: le médecin, le pharmacien et le patient. ■

(1) Par exemple, la Belgique est responsable du paracétamol.



Texte: Jean-Michel DEBRY • j.m.debry@skynet.be

Photos: thebigvoyage.com/vignette (p.30), Petra Kuhn/Panoramio (p.31),
© Visualforensic/P. FROESCH/BATBAT (p.33),
© D. DELSATE/MNHN Luxembourg (p.33)

Notre monde, l'environnement dans lequel on vit, est décidément plein de surprises et de curiosités. Entre les fourmis spécialistes des ponts et chaussées, le mythe de ce «petit» bovidé dénommé soala devenu récemment réalité, d'étonnantes corolles de champignons et des pratiques culturelles venues d'un autre temps, il y a de quoi rester bouche bée ! Tant que vos yeux fonctionnent... Bonnes découvertes !

30

Pont aérien

La simple observation de la nature dans ce qu'elle a de plus immédiat et de plus simple laisse parfois sur des interrogations: comment, par exemple, des insectes ont-ils pu atteindre des parties d'un végétal qui leur étaient normalement inaccessibles compte-tenu de leur taille ? Une taille dérisoire rapportée aux espaces à franchir, qui leur laissent *a priori* peu de chances de les traverser. Pour les araignées, on a des éléments d'explication: elles produisent un fil au bout duquel elles se positionnent et la portée au vent fait le reste; pourvu bien entendu que le souffle les oriente dans la direction favorable. Voilà pour les efforts aléatoires et solitaires.

Mais d'autres insectes, parce qu'ils forment des colonies, peuvent mettre en œuvre des stratégies collectives. C'est le cas des redoutables fourmis de feu, désormais endémique de nombreux endroits du globe (Amérique du nord et Asie, essentiellement). On sait déjà qu'en cas d'inondation, elles peuvent collectivement former une boule autour de la reine à protéger et se laisser flotter jusqu'à un support sur lequel elles peuvent s'établir durablement. On vient également d'observer leur aptitude à former des «ponts aériens», notamment entre 2 feuilles de maïs distantes de plusieurs centimètres. Comment s'y prennent-elles ? Elles s'agrippent les unes aux autres jusqu'à former une sorte de liane ou de pont, qui leur permet d'atteindre la destination. L'instinct est forcément collectif. Et si le vent vient à souffler, rendant la formation précaire, on constate que les animaux en suspension renforcent leurs liens interindividuels et épaississent la masse formée pour la rendre plus résistante.

c'est tant mieux. Venues d'Asie, elles ont accidentellement atteint les États-Unis où elles provoquent, depuis, des dégâts considérables à certaines cultures, même si on leur reconnaît aussi une prédation sur certains parasites des végétaux. Tout n'est donc pas négatif chez elles. Mais elles n'épargnent pas l'homme; contrairement à la majorité des autres espèces de leur groupe, elles disposent d'un dard vulnérant dont les humains et les animaux domestiques peuvent douloureusement faire les frais et là aussi, elles peuvent s'y mettre à plusieurs pour attaquer et laisser, dans le tégument atteint, la sensation de feu qui leur doit leur nom.

La question qui se pose - pour elles comme pour d'autres espèces vivant en colonie - est «comment leur vient cet instinct collectif de la mission à accomplir ?». Une question dont la réponse reste encore à venir... ■

► *Science* 2014; 343: 123

Ces fourmis de feu (*Solenopsis invicta*) sont encore inconnues chez nous et



Ça et là, un soala

L'animal a longtemps été mythique, considéré comme le fruit de l'imagination de quelques chasseurs en quête d'admiration ou d'estime de la part de ses congénères; jusqu'à ce jour de 1992 où il a réellement été vu avant d'être décrit dans les pages de la très sérieuse revue *Nature* sous le nom savant de *Pseudoryx nghetinhensis*. De quoi s'agit-il ? Rien moins que le seul mammifère de grande taille découvert et identifié comme espèce nouvelle au cours des 50 dernières années. Il s'agit d'un bovidé de 1,5 m de long environ et de 90 cm au garrot. Il présente 2 cornes souvent courtes, mais qui peuvent atteindre 45 cm chez certains mâles. L'allure générale situe le saola - son nom vernaculaire - entre la chèvre et le cerf. L'animal est craintif et préfère vivre loin des hommes, dans la forêt dense qui fait la frontière entre le Vietnam et le Laos. Cela n'empêche toutefois pas quelques chasseurs de se montrer tenaces et on estime à une cinquantaine le nombre de ces animaux qui figurent chaque année à l'ordinaire des habitants des zones limitrophes. De quoi inquiéter ? Apparemment oui si on en juge à l'estimation de la population résiduelle qui ne serait plus que d'une centaine d'individus seulement.

On peut penser que comme l'animal est assez expert en dissimulation, l'importance de sa population résiduelle est sous-estimée, mais cela n'enlève rien à la criticité de la survie de l'espèce. Un programme d'élevage en semi-captivité devrait donc être mis en place en même temps qu'une réglementation de la chasse décrétée et si possible, appliquée. Comme le titre la revue *Science* dans un numéro récent, le saola, c'est le panda de l'Indochine. Dont acte pour ce qui est des efforts de conservation à consentir. Faut-il dès à présent prévoir une place pour ce panda-là à *Pairi Daiza* ? ■

► *Science* 2013; 342: 915



Des champignons pleins de promesses...

Ceux qui entretiennent avec plus ou moins d'attention une pelouse auront peut-être remarqué des zones de plus forte croissance de l'herbe; des zones généralement circulaires où, l'automne venu, poussent aussi des champignons. En cercle, évidemment. On a donc assez rapidement fait le lien entre l'un et l'autre mais il a fallu attendre 2010 pour qu'une substance soit identifiée, extraite des champignons. Il s'agit de la 2-azahypoxanthine, plus communément (et facilement) appelée AHX. On s'en tiendra à cette appellation. Mais on découvre que certaines autres plantes peuvent elles aussi produire cette substance ainsi qu'une seconde, proche de la précédente, abrégée en AOH. Le riz, en particulier, serait du nombre.

Ces productions agissent comme des «hormones de croissance», mais à des concentrations apparemment différentes. Leur métabolisation ? On ne la connaît pas encore bien, mais on y travaille. Avec intérêt, on l'aura compris. Car si une concentration «métabolique» autorise une croissance normale, une concentration accrue mène peut-être à un rendement plus élevé. Pour le riz comme pour d'autres plantes à valeur économique. C'est en tout cas ce que les scientifiques espèrent. Mais cela reste pour l'heure un simple espoir. Ce qui est revanche acquis: ce sont ces ronds d'herbe plus haute qui défigurent les pelouses des amateurs de gazon ! ■

► *Nature* 2014; 505: 298



BIOZOOM

Photo: M. ADAMS/Flickr



Les fleurs de glace ou cheveux de glace naissent sous forme de filaments très fins de végétaux le plus souvent desséchés ou morts. Lors de conditions météorologiques particulières, l'eau du sol monte par capillarité, émerge à travers les pores ou interstices du tissu végétal et gèle au fur et à mesure, formant ainsi d'extraordinaires structures de glace, malheureusement, éphémères...

Quels résultats peut-on attendre des procréations médicalement assistées (PMA) ?

Les valeurs annoncées sont parfois discordantes, mais la Belgique, comme beaucoup d'autres pays, publie chaque année ses résultats (rapport *BelRAP*). Ceux qui suivent constituent des valeurs moyennes pour l'ensemble du pays et pour 20 000 tentatives environ.

On considère que dès l'instant qu'un embryon est replacé dans un utérus, il a 35% de chances de s'implanter et 25% de chances de donner lieu à une grossesse évolutive. Des fausses-couches peuvent survenir ensuite et *in fine*, 20 à 22 grossesses arrivent à terme. Comme on le sait, ces valeurs sont largement tributaires de l'âge de la patiente surtout et dans une moindre mesure, du centre qui pratique les techniques, puisque les critères d'acceptation peuvent varier de l'un à l'autre. La cause de l'infertilité peut, par son degré de gravité, jouer aussi. Au final, ces valeurs sont aussi celles auxquelles peuvent prétendre des couples fertiles qui souhaitent avoir un enfant. ■

32



Le chien, cet inconnu

On dit de lui que c'est notre ami le plus fidèle depuis des temps immémoriaux. Mais depuis quand exactement ? Depuis que l'homme a décidé de se fixer à la terre et de vivre davantage de l'agriculture; c'est-à-dire d'une exploitation plus rationnelle des productions du sol et de quelques espèces animales. C'est en tout cas ce qu'on croyait jusqu'ici et avec une certaine logique: carnivore en quête d'une nourriture d'accès plus facile, le loup des origines (*Canis lupus*) se serait progressivement approché des parages primitifs et se serait servi de façon erratique des animaux vivants avant de se satisfaire, peut-être, de ce que les hommes lui laissaient aussi comme reliefs utilisables, et en particulier des carcasses grossièrement décharnées. Des liens commensaux se seraient donc créés entre l'humain et l'animal, menant de façon progressive à une forme de soumission du second cité au premier, antichambre de la domestication telle qu'on la connaît aujourd'hui.

Voilà pour l'image «classique» qui situe par conséquent cette «domestication» il y a 9 000 ans d'ici environ. Mais comme rien n'est jamais réellement définitif en matière de paléontologie, voilà qu'une théorie nouvelle vient bousculer cet acquis, repoussant ce

lien privilégié entre l'homme et l'animal à une période plutôt située entre 11 000 et 16 000 ans d'ici, quand nos ancêtres n'étaient encore que des chasseurs-cueilleurs au mode de vie globalement itinérant. C'est grâce à l'étude du génome de vestiges anciens de loups et de celui de chiens sauvages d'aujourd'hui (dingo et chacal) que des chercheurs américains sont arrivés à cette conclusion dont on leur laisse la responsabilité. Il y a en effet fort à parier que d'autres apporteront sous peu des preuves *a contrario*.

Ce qui paraît établi, c'est que les «chiens» primitifs sont dérivés d'espèces de loups aujourd'hui disparues. Le «passage» d'une espèce à l'autre serait survenu sur le territoire de l'actuelle Europe il y a 18 800 à 32 100, à en croire la datation des vestiges les plus anciens. Cela ne change en rien le rapport privilégié que l'homme d'aujourd'hui peut entretenir avec son plus féal sujet; sinon qu'il fonde une proximité (une amitié ?) qui se perd dans les origines de l'apparition de l'homme moderne (*Homo sapiens sapiens*) sur le territoire de notre vieille Europe. ■

► *Nature* 2014; 505: 589

► *Science* 2013; 342: 785-786 et 871-874



Un plâtre révolutionnaire et... diagnostique

Pendant longtemps, la pratique du masque mortuaire a été répandue, principalement pour les personnages célèbres: masque du visage, bien entendu, mais aussi parfois des mains, voire des pieds. C'était surtout avant l'apparition de la photographie qui a sans doute eu raison de cette pratique pour le moins surprenante. Ces moules se retrouvent aujourd'hui souvent dans les musées. C'est le cas en particulier du masque facial de Maximilien de Robespierre, héraut de la révolution française qui a fini sa carrière sur l'échafaud, le 28 juillet 1794 à l'âge de 36 ans. L'engagement de ce tribun favorable à l'abolition de l'esclavagisme et de la peine de mort notamment lui aura été fatal.

L'avantage du masque mortuaire en plâtre, quant il est bien fait, est qu'il reproduit tous les détails de la morphologie du visage avec une grande fidélité; cicatrices et stigmates divers n'échappent pas à la copie et s'inscrivent donc de façon indélébile dans un support qui peut dès lors passer le cap du temps. À plusieurs siècles de distance, on peut s'offrir le plaisir d'une redécouverte, en particulier avec une intention diagnostique. Deux spécialistes français ont d'ailleurs revisité le masque de l'Arrageois, conservé aujourd'hui au musée Granet d'Aix-en-Provence. Ils disposaient à l'avance d'informations sur la santé du révolutionnaire et ont pu les recouper d'observations délivrées par la copie figée du visage. Le résultat est qu'on peut affirmer aujourd'hui - à la suite de ces spécialistes - que Robespierre souffrait, à sa mort, de sarcoïdose, une maladie infectieuse d'origine (encore) inconnue qui affecte les poumons de façon préférentielle. Cette lymphogranulomatose bénigne guérit spontanément 4 fois sur 5, ce qui est heureux puisqu'aucun traitement n'existe, y compris aujourd'hui. La prévalence de cette affection varie considérablement d'un pays à l'autre, avec un gradient nord-sud décroissant qui situe la valeur en Belgique à 10 cas sur 100 000 environ. Si les poumons sont concernés dans 90% des cas, des atteintes cutanées transitoires sont possibles dans 1 cas sur 3; comme pour Robespierre, ce qui a permis d'apporter le diagnostic que l'on sait.

Cet exercice de diagnostic à distance n'est évidemment pas une première: des hommes de la préhistoire et des pharaons en ont aussi fait l'objet. Cela ne change évidemment plus rien pour eux. En revanche, on en sait rétrospectivement un peu plus en matière d'épidémiologie. Et c'est toujours ça de pris. Mais ça ne justifie en aucun cas le recours à la guillotine ! ■

► *The Lancet* 2013; 382: 2068



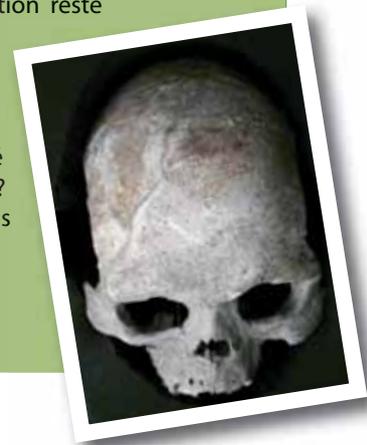
Du ROUGE sur le crâne

Si les Belges s'enorgueillissent d'avoir l'Homme de Spy (un Néandertalien), nos voisins luxembourgeois ont, eux, l'Homme de Loschbour, un vestige du Mésolithique exhumé en 1935, décrit et conservé depuis au Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. Si on a longtemps douté qu'il puisse s'agir d'un homme - la reconstruction du crâne et du bassin a notamment modifié certains paramètres, les rendant peu discernables - c'est l'étude génétique récemment menée qui a pu trancher de façon définitive. Cet homme-là donc mesurait 1,60 m, devait avoir une quarantaine d'années à son décès et présentait quelques signes d'arthrose. Il a dû vivre il y a 7 800 ans environ.

Jusque-là, rien qui soit de nature à enthousiasmer les foules hormis celle, bien limitée, des paléontologues et autres anthropologues. Mais, à y regarder de près, on a découvert du côté gauche du lobe frontal, une tache rouge, vraisemblablement constituée d'ocre. Rien d'anormal *a priori* puisque le corps a séjourné dans un sol qui contient, dans certaines de ses strates, de l'hématite (Fe_2O_3) qui donne précisément à l'ocre sa couleur rouge. Sauf que dans certaines cultures de l'époque, de l'ocre pouvait être volontairement ajouté aux corps avant l'ensevelissement, participant de cette façon à un rite funéraire précis.

De fins limiers commandités par le Museum d'histoire naturelle ont donc entamé une enquête dont l'objectif était clairement de préciser s'il y a eu une vraie manipulation intentionnelle ou si la coloration n'a pas eu d'autre origine qu'une simple «pollution» par contact. C'est donc, toutes proportions gardées, les assises *versus* la correctionnelle ! Les chercheurs engagés n'ont pas lésiné sur les moyens, mettant à leur profit toutes les technologies susceptibles d'apporter la moindre lumière à leur quête de vérité. À près de 8 000 ans d'écart, on n'est pas loin d'une vraie enquête policière. Et le résultat n'est pas une certitude mais plutôt une forte présomption: celle d'un vraisemblable dépôt volontaire à la faveur d'un rite funéraire. Une question reste néanmoins sans réponse. Contrairement à d'autres squelettes porteurs de marques identiques, celui de Loschbour n'a pas été au préalable débarrassé de ses chairs. Comment dès lors expliquer que le colorant ait traversé la barrière cutanée pour atteindre l'os ? Dilué dans de l'huile, aurait-il diffusé dans le tégument ? L'énigmatique Luxembourgeois n'a probablement pas encore révélé tous ses secrets... ■

► *Bull. Soc. Préhist. Luxembourgeoise* 31, 2009, 7-30



Métastases hépatiques: vers une révolution thérapeutique ?

34

Pour l'heure, les thérapies ciblées contre le cancer ne répondent pas vraiment aux espoirs placés en elles. L'hétérogénéité des populations cellulaires constitutives des tumeurs y est pour beaucoup. Toutefois, comme viennent de le montrer des chercheurs de l'Université de Liège dans le cadre du cancer colorectal métastatique, il faut nuancer le propos: à l'hétérogénéité génétique des cellules malignes répond une «hétérogénéité organisée» au niveau des protéines qu'elles abritent. Les thérapies ciblées contre le cancer pourraient en tirer un large profit dans une logique nouvelle, où des «bombes» véhiculées par des «têtes chercheuses» seraient délivrées sur le site même des tumeurs...



Texte : **Philippe LAMBERT** • ph.lambert.ph@skynet.be

Photos : **SCIENCE** (p.34), **REPORTERS/BSIP** (p.35), **LRM/ULg** (p.37)

Pour l'heure, les thérapies ciblées contre le cancer n'ont malheureusement offert que des succès très limités. De nombreux anticorps monoclonaux dirigés contre des marqueurs moléculaires (principalement des récepteurs) associés aux tumeurs ont été utilisés afin de bloquer des voies de signalisation (1) pour enrayer la «machinerie» cellulaire et ainsi provoquer la mort de la cellule cancéreuse. Pourquoi ces thérapies n'ont-elles pas répondu aux espoirs placés en elles ? Plusieurs raisons sont à mettre en exergue. La plus importante tient au fait que la molécule ciblée n'est en général pas présente exclusivement au niveau des cellules tumorales, mais peut se retrouver également au niveau de cellules normales. Par ailleurs, telles qu'elles sont conçues actuellement, les thérapies

ciblées se heurtent à la grande hétérogénéité génétique des cellules cancéreuses d'une même tumeur.

«Les cellules en question portent des mutations différentes, de sorte que seule une sous-population d'entre elles est anéantie par la thérapie ciblée, indique Andrei Turtoi, chargé de recherches F.R.S-FNRS au sein du Laboratoire de recherche sur les métastases (LRM) du GIGA-Cancer de l'Université de Liège (ULg). En fait, la tumeur récapitule la théorie darwinienne de l'évolution: en éliminant une catégorie de cellules tumorales, celle qui répond au traitement, vous conférez un avantage évolutif aux cellules tumorales qui survivent, exactement comme dans la sélection darwinienne des espèces. Le phénotype de la tumeur s'en trouve changé et la résistance de celle-ci au traitement administré, renforcée.»

Cette réalité soulève d'ailleurs le questionnement éthique car de telles thérapies s'avèrent très onéreuses - entre 100 000 et 130 000 euros par patient. «*Dans une perspective globale de santé publique, il est primordial de faire baisser les coûts de tels traitements, mais surtout de tout mettre en œuvre pour en augmenter l'efficacité*», affirme Andrei Turtoi.

DÉPISTAGE PAR VOIE SANGUINE

Les thérapies ciblées peuvent néanmoins être conçues selon un autre schéma: la délivrance ciblée d'agents cytotoxiques sur le site tumoral. Directeur du LRM, le professeur Vincent Castronovo parle à ce propos de «*bombes à tête chercheuse*». «*Le but poursuivi est de faire de la destruction massive*, précise-t-il. *La fonction du biomarqueur protéique sélectionné importe peu. En effet, il ne s'agit pas ici d'annihiler une voie de signalisation mais d'acheminer un agent cytotoxique vers les cellules tumorales et vers elles seules.*»

Dans ce cadre, les marqueurs biologiques doivent donc posséder 3 qualités essentielles: être accessibles, être spécifiques des cellules tumorales et être abondants. De premiers travaux en la matière ont débouché sur des échecs à répétition, car ils privilégiaient la spécificité et la surexpression des protéines ciblées au détriment de leur accessibilité via la circulation sanguine - les anticorps «armés» étant administrés par voie intraveineuse. Aussi, depuis qu'il s'est engagé dans des programmes de recherche relatifs à la délivrance ciblée d'agents cytotoxiques, le LRM considère-t-il l'accessibilité des cibles comme un préalable.

Un des programmes de recherche du laboratoire de l'ULg a trait à la problématique des métastases hépatiques de cancer colorectal. Ces travaux ont donné lieu récemment à un article dans la revue *Hepatology*, sous le titre *Organized Proteomic Heterogeneity in Colorectal Cancer Liver Metastases and Implications for Therapies* (2).

Selon le Centre fédéral d'expertise des soins de santé, le cancer colorectal occupe, en termes de fréquence, la 3^e place chez les hommes et la 2^e chez les femmes. De très mauvais pronostic

lorsqu'il est métastatique, il constitue la seconde cause de mortalité par cancer. Ainsi, selon les chiffres de l'*Organisation mondiale de la santé (OMS)*, sur 7,6 millions de personnes décédées d'un cancer en 2008, 600 000 l'auraient été d'une tumeur du côlon ou du rectum.

Les métastases sont la pierre angulaire de ce cancer, comme de beaucoup d'autres, puisqu'il se soigne dans la très grande majorité des cas en l'absence de foyers secondaires. Malheureusement, lorsqu'il est diagnostiqué, le cancer du côlon a déjà donné lieu, dans 50% des cas, à des métastases qui ont une affinité particulière pour le foie. D'autres cibles fréquentes sont le pancréas et les poumons.

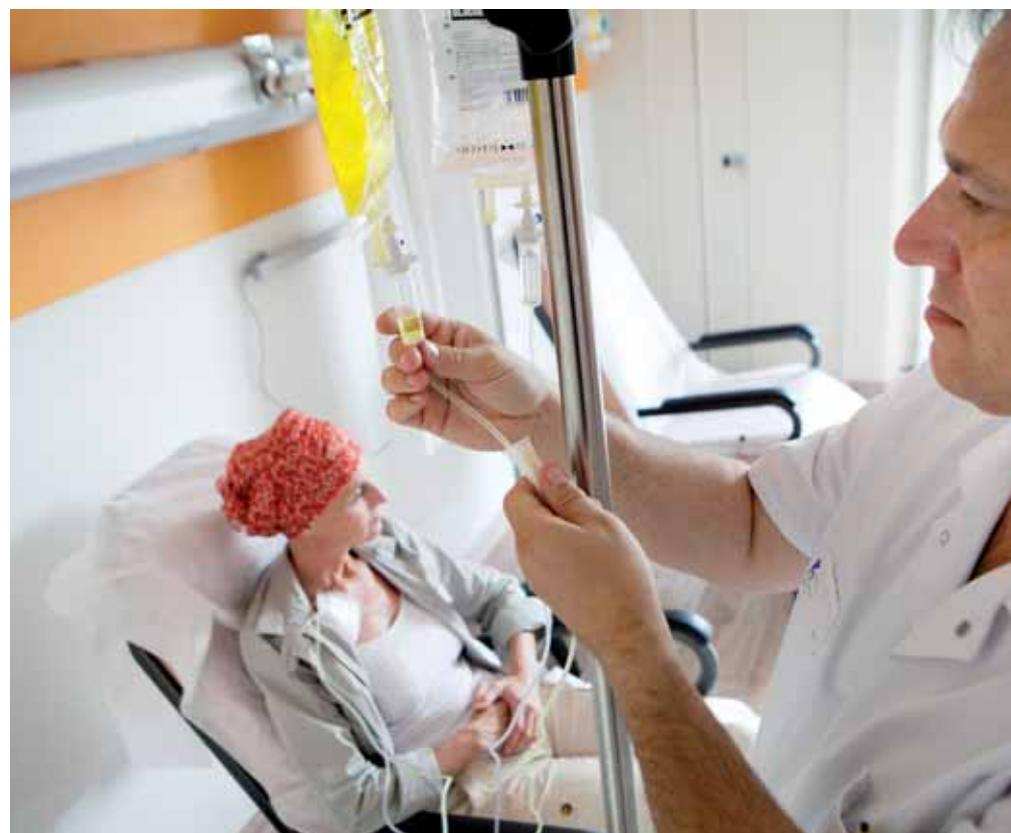
Quand le foie est atteint, une résection chirurgicale des métastases est possible dans environ un tiers des cas, ce qui permet aux patients concernés d'espérer survivre 5 ans ou plus. Pour les patients inopérables, une mort dans les 2 ans reste, pour la majorité d'entre eux, une issue irrémédiable. «*Pour eux, la chimiothérapie a un rôle essentiellement palliatif*», dit Andrei Turtoi. Bref, les meilleurs leviers que l'on peut actionner actuellement sont la prévention et le dépistage, au cours duquel peuvent être pratiquées des biopsies et l'élimination de polypes susceptibles de suivre la voie de la cancérisation. Le problème du dépistage par colonoscopie est qu'il demeure insuffisamment pratiqué, les sujets asympto-

matiques ou mal informés étant souvent rétifs à cet examen jugé peu agréable.

C'est dans ce contexte que les biologistes du LRM ont en projet de développer une formule de dépistage du cancer colorectal par voie sanguine. «*Nous cherchons à procéder à l'extraction, sur des polypes précancéreux issus de colonoscopies, de protéines solubles détectables dans le sang et à les employer comme biomarqueurs*», précise Arnaud Blomme, docteur en Télévie.

UNE HÉTÉROGÉNÉITÉ ORGANISÉE

Mais venons-en à présent aux travaux ayant fait l'objet d'une publication dans la revue *Hepatology*. Plusieurs protéines sont déjà utilisées comme cibles en clinique humaine dans le cadre de thérapies anticancéreuses. C'est ainsi que la possibilité existe d'utiliser un anticorps monoclonal murin (souris) humanisé, le cetuximab (*Erbix®*), dans le traitement des métastases hépatiques. À cet anticorps n'est lié aucun agent cytotoxique. Son action est de bloquer le récepteur au facteur de croissance épidermique (EGFR), lequel est surexprimé à la surface de certaines cellules tumorales. Le cetuximab est d'autant plus efficace qu'il est délivré en association avec une



Un nid douillet

chimiothérapie ou une radiothérapie. Toutefois se posent 2 problèmes. D'une part, la cible sélectionnée, le récepteur EGFR, n'est pas spécifique de la tumeur; il est également distribué dans des organes sains. D'autre part, cette thérapie, qui bloque une voie de signalisation, ne fonctionne que dans un premier temps car, en raison de l'hétérogénéité génétique du cancer colorectal et de ses métastases, elle n'atteint qu'une fraction de la population cellulaire tumorale, de sorte que s'opère la «sélection darwinienne» susmentionnée - en d'autres termes, le cancer reprend vigueur.

L'hétérogénéité génétique paraît problématique mais dans les traitements ciblés, ce sont des protéines, et non des gènes, que l'on cible. Aussi Andrei Turtoi et son équipe se sont-ils demandé si ce qui est vrai au niveau du génotype l'est également au niveau du phénotype, dans la mesure où ce dernier résulte d'une double influence: la dotation génétique et l'environnement. Les biologistes du LRM ont donc essayé de caractériser le phénotype des métastases hépatiques du cancer colorectal en analysant les protéines qu'elles renferment. «Grâce à une collaboration avec le Département de chirurgie abdominale du CHU de Liège, nous avons pu étudier 14 métastases hépatiques provenant de carcinomes colorectaux humains, rapporte Andrei Turtoi. Au moyen de la spectroscopie de masse, nous avons mis en évidence environ 4 000 protéines dans les métastases passées au crible.»

Il apparut que leur répartition au sein des dites métastases était hétérogène mais, comme le souligne Arnaud Blomme, cette hétérogénéité est «organisée». Plus précisément, on assiste, dans chaque métastase, à une distribution des protéines selon 3 zones géographiques disposées depuis le centre de la tumeur comme des strates concentriques, et cette clé de répartition est commune aux différents patients chez qui des tissus ont été prélevés. Comment expliquer que dans chaque zone, des cellules cancéreuses porteuses de mutations différentes se comportent de la même façon ? «Il faut y voir la marque de l'environnement tumoral (3), certaines zones bénéficiant notamment d'un meilleur apport en oxygène ou en nutriments, indique Arnaud Blomme. Par exemple, le centre de la tumeur sera moins bien vascularisé que la périphérie, ce qui

Depuis quelques années, des données concordantes, dont notamment celles du Laboratoire de biologie des tumeurs et du développement du GIGA-Cancer de l'ULg, suggèrent que le site d'implantation des foyers tumoraux secondaires (métastases) est prédéfini par l'établissement d'un microenvironnement favorable à cette implantation. Ainsi est né le concept de «niche prémétastatique». En clair, des signaux sont envoyés par la tumeur primaire vers l'organe cible avant même l'essaimage des cellules cancéreuses, afin que ces dernières soient «accueillies dans un nid douillet». Dans ces conditions, il devient de plus en plus évident que le cancer ne doit pas être appréhendé comme la maladie d'un organe, mais comme une maladie systémique.

Des données expérimentales permettent de préciser un peu ce scénario. On sait maintenant que des messages en provenance de la tumeur primaire aboutissent dans la moelle osseuse, laquelle enverrait, dans l'organe cible, des précurseurs de cellules hématopoïétiques qui y créeraient une inflammation et en modifieraient l'environnement. En outre, on a mis en évidence que des cellules souches mésenchymateuses (MSC) sont recrutées à partir de la moelle non seulement dans la tumeur primaire pour aider les cellules tumorales à s'immiscer dans les vaisseaux sanguins et favoriser ainsi leur migration, mais aussi dans les organes cibles pour préparer leur venue.

«Les thérapies anticancéreuses ne peuvent plus se focaliser sur les seules cellules tumorales, commente Agnès Noël, responsable du GIGA-Cancer de l'ULg. Il faut en plus essayer de bloquer la libération des facteurs impliqués dans leurs communications avec les cellules de l'hôte.»

lui confèrera des caractéristiques spécifiques du point de vue phénotypique.»

OPTIMISER LES PROTOCOLES

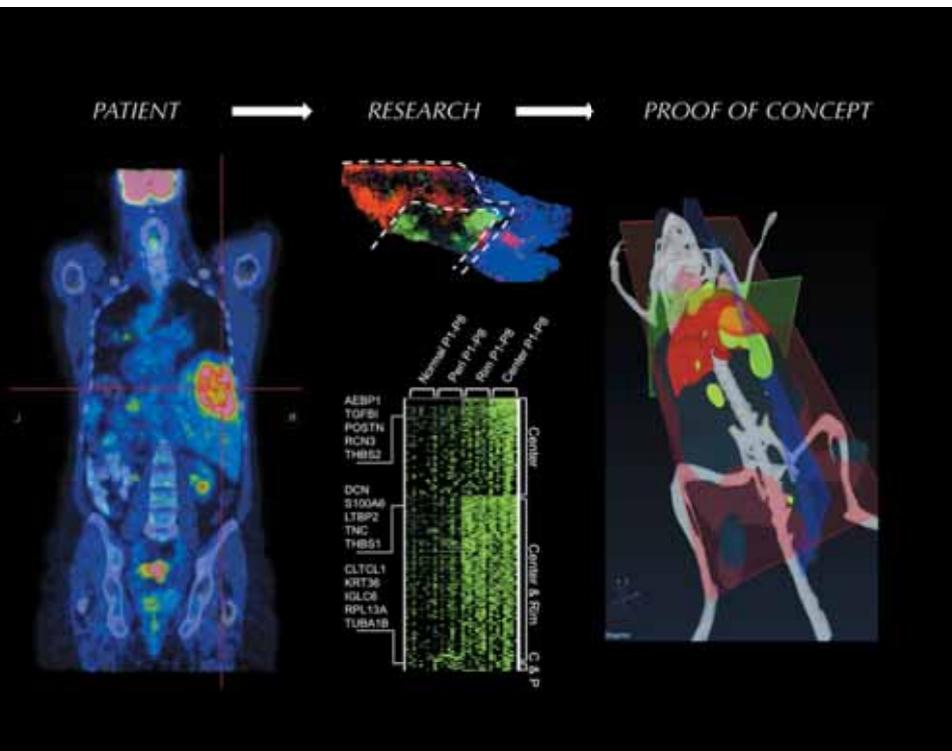
CLINIQUES

Bref, par le jeu du «regroupement en zones», la variabilité du phénotype apparaît sensiblement inférieure à la variabilité génétique. Tout bénéfique pour les thérapies ciblées si elles prennent soin de mettre cet atout à profit ! De fait, puisque les cellules d'une zone déterminée possèdent plus ou moins le même phénotype, il devient conceptuellement envisageable de cibler une protéine dans une zone et une autre dans une autre zone. Afin de trouver des cibles accessibles, le groupe d'Andrei Turtoi a isolé les protéines situées à la surface des cellules tumorales ou dans la matrice extracellulaire. L'idéal eût été de débutsquer, dans la jungle des protéines, un «spécimen» fortement exprimé dans les 3 zones géographiques des métastases. Cet espoir resta lettre morte.

«Parmi les protéines identifiées, certaines étaient déjà employées comme cibles

thérapeutiques contre le cancer, mais sans discrimination entre les zones que nous avons mises en évidence, déclare Andrei Turtoi. Les données phénotypiques issues de nos travaux devraient permettre d'optimiser les protocoles cliniques.»

Une question mérite cependant d'être posée: le phénotype des métastases hépatiques n'évolue-t-il pas avec le temps ? Autrement dit, le fait que les études de caractérisation de leur phénotype n'aient pu porter que sur des tissus provenant de patients opérables (et opérés) n'est-il pas de nature à restreindre la validité des résultats recueillis à cette seule catégorie de patients ? Selon Andrei Turtoi et Arnaud Blomme, il n'en est rien *a priori*. Tous les stades d'évolution métastatique étaient représentés dans les tissus soumis à leurs analyses. «Ce sont des considérations anatomiques (nombre de lésions, implantation de celles-ci dans un ou dans les deux lobes du foie...) et non des considérations moléculaires qui guident la décision de pratiquer ou non une intervention chirurgicale», souligne Andrei Turtoi. Et Arnaud Blomme d'ajouter: «Dans notre échantillon, nous avons même quelques rares métastases provenant de patients qui avaient été opérés à 2 reprises.»



DEUX NOUVELLES CIBLES PROMETTEUSES

Au cours de leurs études, les chercheurs du LRM ont identifié 2 protéines (LTBP2 et TGFBI) non répertoriées jusqu'alors, qui semblent pouvoir constituer d'excellents biomarqueurs, l'une étant exprimée de façon abondante et spécifique dans la zone centrale des métastases hépatiques du cancer colorectal et l'autre, dans les zones périphériques. «En ce moment, nous travaillons au développement d'anticorps monoclonaux humains pour les cibler, commente Andrei Turtoi. Dans un deuxième temps, nous allons tester ces anticorps sur un modèle murin de cancer colorectal. Parallèlement, nous cherchons des composants chimiques très cytotoxiques pour "armer" les anticorps - nous explorons des pistes avec nos collègues de l'Institut de pharmacie de l'ULg.» La concentration de l'agent toxique libéré *in situ* pourra théoriquement être très élevée étant donné que les cellules normales du malade seront spatialement épargnées.

Dans la philosophie poursuivie par le LRM, comprendre la fonction des protéines spécifiques ciblées est secondaire. L'essentiel est qu'elles puissent servir de «point d'accrochage» à un anticorps porteur d'un agent cytotoxique et qu'elles soient accessibles par voie systé-

mique (intraveineuse). Deux conditions qui purent être remplies lors d'essais chez l'animal. «Nous avons injecté, chez des souris, des anticorps non humains disponibles sur le marché, relate Arnaud Blomme. Nous avons réussi à atteindre les cibles correspondantes et montré qu'elles étaient très peu distribuées dans les tissus sains.»

Eu égard aux échecs répétés des thérapies ciblées axées sur l'inhibition d'une voie de signalisation, l'industrie pharmaceutique mise de plus en plus sur l'association d'agents cytotoxiques et d'anticorps chargés de les véhiculer. «Toutefois, les cibles évoquées jusqu'à présent manquent de spécificité, fait remarquer Andrei Turtoi. D'où l'intérêt de plusieurs firmes pharmaceutiques pour nos travaux. À travers la société Targetome, spin-off du GIGA-Cancer créée en novembre 2010, nous comptons développer des collaborations en vue d'atteindre notre but d'élaborer des anticorps monoclonaux humains utilisables en thérapie.»

Dernier élément: les chercheurs du LRM ont découvert que, malgré une apparence saine et normale selon les critères de l'anatomopathologie, les tissus jouxtant un foyer métastatique présentaient des modifications phénotypiques par rapport à des tissus sains situés à distance de la lésion. «Les tissus "normaux" accolés à la tumeur sont influencés par cette dernière comme si elle préparaît

(De gauche à droite).

Les métastases hépatiques sont fréquentes chez les patients atteints d'un carcinome colorectal avancé. Après un diagnostic positif au moyen d'imagerie médicale (PET-CT) et une opération chirurgicale, les échantillons sont utilisés pour des examens pathologiques et pour la recherche.

Au LRM, les chercheurs analysent les protéines présentes dans les métastases hépatiques afin d'identifier de nouvelles cibles moléculaires en vue de développer de meilleures thérapies anticancéreuses. Ils se concentrent notamment sur le fait que les tumeurs sont très hétérogènes et composées de cellules aux caractéristiques génétiques différentes. Les protéines les plus prometteuses en tant que cibles thérapeutiques sont testées sur des modèles animaux de carcinome colorectal (ici la souris). Cette étape est essentielle pour les études précliniques visant à promouvoir de nouveaux médicaments pour aider les patients.

le terrain pour les coloniser, dit Arnaud Blomme. Ils regorgent de marqueurs tant métaboliques qu'inflammatoires qui ne se retrouvent ni dans la tumeur ni dans un foie tout à fait normal.» ■

- (1) En biologie, on appelle «signalisation», l'ensemble des mécanismes de communication au niveau cellulaire. Les molécules impliquées dans ces échanges assurent 3 fonctions: transporter de l'information via des signaux chimiques; décoder les messages portés par ces signaux grâce à des récepteurs (communication intercellulaire proprement dite); enfin, transférer les ordres contenus dans ces messages à la machinerie intracellulaire (communication intracellulaire). Source: Encyclopædia Universalis.
- (2) Andrei Turtoi, Arnaud Blomme et al., Organized Proteomic Heterogeneity in Colorectal Cancer Liver Metastases and Implications for Therapies, *Hepatology*, 2013.
- (3) Lire l'encadré «Un nid douillet» sur l'importance du concept d'environnement tumoral dans l'implantation des métastases.

Les robots : plus qu'un rêve, une réalité !

Alors qu'il y a peu de temps encore, ils étaient soigneusement séparés des êtres humains, aujourd'hui ils apparaissent au grand jour un peu partout dans le monde. Qui sont-ils ? Que font-ils ? Où vont-ils ?

38



Texte : Paul Devuyst

Photos : P. YANG (p.38), BELGA/AFP - vignette (p.39), TOYOTA (p.39), Courtesy

E. GRINNELL/Harvard School of Engineering and Applied Sciences (p.40), studio-labs.com (p.41)

Créer des individus à l'image de l'homme est un vieux projet dont a hérité la science. Depuis les statues parlantes de l'Antiquité, cette ambition s'est maintes fois exprimée au travers de l'imaginaire humain, qu'il soit religieux, magique ou technique et les automates à forme humaine du 18^e siècle en sont une preuve. La littérature regorge d'histoires de créatures artificielles, de Pygmalion à Frankenstein, mais les robots ne sont pas en reste, si l'on en croit le nombre de livres de science-fiction qui les mettent en scène.

Deux auteurs majeurs illustrent les différentes approches du sujet. D'une part, Isaac Asimov (1920-1992), écrivain russe naturalisé américain, qui se sert surtout de ses romans pour penser et résoudre les problèmes qui interviendront dans

nos relations avec les machines. Il a ainsi défini les «Trois lois fondamentales de la robotique», dont la plus importante tient en cette phrase: «un robot ne doit jamais nuire à un être humain», règle qui sous-tend la très grande majorité des travaux actuels en robotique. Les deux autres lois sont qu'«un robot doit obéir aux ordres que lui donne un être humain» et qu'«un robot doit protéger son existence aussi longtemps que cette protection ne constitue pas un conflit avec les deux autres lois».

À l'opposé, un autre américain, Philip K. Dick (1928-1982) dresse un tableau sombre de notre future cohabitation avec les robots: ceux-ci, volontiers assassins, finissent par régner sur l'humanité. Cette crainte, que l'anthropologue place sur le même plan que la xénophobie, dépasse largement le cadre littéraire ou cinématographique.

Enfin, une autre forme d'inquiétude se trouve chez tous ceux qui peinent à utiliser leur ordinateur ou leur iPhone: se sentir dépassé, presque analphabète dans une société technologique et robotisée. Qu'ils se rassurent: si certains raffolent du contact avec les machines et du type de communication qu'elles engendrent, cette manière de vivre est très loin de se généraliser à l'ensemble de la population.

SUR TOUS LES FRONTS

Aujourd'hui, l'évolution de la technologie permet la création de robots «collaborateurs», voire «remplaçant un opérateur humain» dans les domaines les plus délicats comme l'électronique ou la microchirurgie; les plus dangereux

aussi comme des interventions en milieu hostile (centrales nucléaires, volcans) ou encore dans l'espace. La robotique est un secteur qui n'en finit pas de s'étendre et dont les «drones» (de l'anglais signifiant faux-bourdon) - un aérodyne télécommandé et sans pilote qui peut emporter une charge utile - sont l'un des derniers développements.

C'est probablement en astronautique que les progrès sont les plus spectaculaires: «Un petit pas pour le robot, un grand pas pour l'humanité» pourrait-on dire aujourd'hui. C'est ainsi que les scientifiques et chercheurs misent beaucoup sur le robot explorateur *Curiosity* qui s'est posé sur Mars en août 2012. Après un voyage de 570 millions de kilomètres, ce petit engin mobile de 900 kg (qui a coûté plus de 2,5 milliards de dollars), foule et explore le sol de la planète rouge afin d'y découvrir des traces d'eau et peut-être de vie.

Si ce défi technologique a de quoi donner le tournis, les robots réalisent plus près de nous des prouesses tout aussi dignes de cette formidable aventure spatiale en pénétrant à la place de l'homme dans les endroits les plus dangereux, tels les centrales nucléaires, les fonds marins ou les volcans. En cas d'incident nucléaire, l'homme est en effet particulièrement exposé. Il suffit de songer à la centrale de Fukushima au Japon. Qu'importe ! Un robot peut sans danger opérer un certain nombre de manipulations, comme ouvrir une vanne ou porter un objet de plusieurs kilos. Son électronique résiste à des taux de radiation 10 000 fois supérieurs à ce que peut supporter un être humain,

et muni d'une vision en 3D, il est capable de reconstruire une carte numérique du lieu et même identifier la texture du sol.

Loin des pentes de l'Etna, nos villes contiennent également de nombreuses zones délicates à atteindre: il n'est ainsi pas rare de voir des professionnels de l'escalade intervenir sur des surfaces verticales, notamment pour en nettoyer les vitres. Le robot laveur de vitres, muni de ventouses et de bandages, astique, imperturbable, les baies vitrées. De quoi nous rappeler l'étymologie tchèque du mot «robot» qui signifie corvée ou travail forcé !

Mais il existe aussi des robots capables d'étonnantes prouesses dans de nombreux autres secteurs: assistance des personnes à domicile, surveillance des soins, logistique dans les hôpitaux, industrie pour ce qui est des gestes pénibles et répétitifs ou encore développement de prothèses ou d'orthèses intelligentes.

«Précisément, si en Belgique nous n'avons pas une très grande culture en robotique industrielle, le savoir-faire des chercheurs belges dans ce domaine est important et reconnu», explique Renaud Ronsse, chercheur à l'École polytechnique et membre du Centre de recherche en mécatronique de l'Université de Louvain (UCL).



Kirobo, petit androïde japonais envoyé dans la Station Spatiale Internationale (ISS) pour tenir compagnie à un compatriote astronaute, a prononcé les premiers mots d'un robot dans l'espace.

Kirobo est un robot humanoïde développé dans le cadre du projet japonais «Kibo Robot Project» (Robot espoir). Il a été envoyé en août 2013 dans l'ISS pour étudier l'apport des robots dans le cadre des missions spatiales. Ci-dessus avec son créateur, Tomotaka Takahashi.

Le robot et son marché

Un robot est un «*dispositif mécanique permettant de réaliser des tâches en autonomie de décision pour une partie des actions élémentaires qui la composent*».

Le marché global de la robotique était estimé à 18 milliards de dollars en 2012 et il pourrait s'élever à 30 milliards de dollars en 2015. Par ailleurs, la robotique de service pèserait 100 milliards d'euros en 2020 contre 3,5 en 2010.

Largement dominé par le Japon, le marché de la robotique civile connaît également un développement important en Allemagne et aux États-Unis.

En septembre 2012 fut créée l'Association Européenne de Robotique (*euRobotics-AISBL*) qui représente les chercheurs et l'industrie robotique européenne auprès de la Commission européenne, soit 172 membres représentant 22 pays. Son but est la mise au point d'un programme pour les 7 prochaines années dans le cadre du projet «Horizon 2020» de l'UE.



Pour en savoir plus:

- *International Federation of Robotics:*
<http://www.ifr.org>
- *European Robotics Association:*
<http://www.eu-robotics.net>



«Mes travaux se situent à l'intersection de la robotique et des neurosciences et plus précisément, à la réalisation d'une prothèse robotisée de la jambe qui permettrait à une personne amputée de remarcher. Il s'agit d'un projet européen baptisé Cyberlegs en concertation avec la VUB (Vrije Universiteit Brussel) et des universités italienne et slovène». (<http://www.cyberlegs.eu>).

D'autre part, les technologies en robotique médicale deviennent de plus en plus performantes et intelligentes et peuvent désormais intervenir dans le cadre d'opérations chirurgicales complexes. Le prélèvement de peau pour des greffes en chirurgie des brûlés, que peu de praticiens maîtrisent, en est un exemple. Le robot permet de prélever un greffon régulier de l'épaisseur souhaitée: il suffit de lui indiquer le point de départ et celui d'arrivée de la zone de prélèvement, le bras armé d'une sorte de rasoir, faisant le reste !

DES ROBOTS «STIGMERGIQUES»

Des robots «assembleurs», conçus par Justin Werfel et ses collègues du *Self Organizing Systems Research Lab* de



l'Université de Harvard (Massachusetts, USA) et décrits dans la revue *Science* du 14 février 2014, s'inspirent du comportement des insectes sociaux. Ceux-ci construisent des structures très complexes à partir de règles simples, sans plan d'ensemble. Cette «stimulation des travailleurs par l'œuvre qu'ils réalisent» a été dénommée «stigmergie» par le biologiste Pierre-Paul Grassé en 1959. C'est ainsi que les nids des guêpes ou des fourmis sont façonnés par «stigmergie».

Dans les années 1990, ce comportement a été modélisé sur ordinateur: quelques règles locales de dépôts de blocs aboutissaient à l'émergence de constructions élaborées, comme les couloirs hélicoïdaux observés dans la nature. Le système de Justin Werfel est un peu différent: il part de la structure finale désirée pour déterminer un jeu de règles que les robots, dotés d'une carte interne de leur position et de celle de leurs semblables, suivent pour l'assembler. La stigmergie ouvre donc la voie à des constructions autonomes par des robots extrêmement simples (voir photo ci-dessus).

Un peu d'histoire...

En 1920, l'auteur dramatique tchèque Karel Čapek a écrit *R.U.R.*, une pièce dans laquelle il raconte l'histoire d'un Anglais, Rossum, qui fabrique des automates à la chaîne dans le but de leur faire accomplir des tâches ingrates et de rendre ainsi la vie des hommes plus facile. À la fin de la pièce, ces automates se révoltent, exterminent l'humanité toute entière et fondent une nouvelle race d'êtres intelligents.

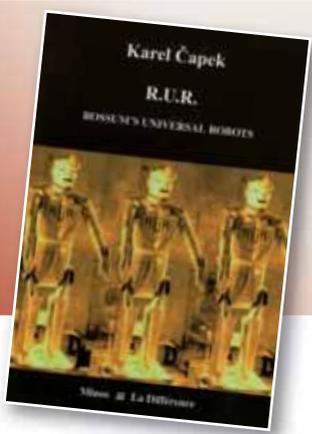
Rossum vient du mot tchèque «rozum» qui signifie «raison», et *R.U.R.* sont les initiales de «Robots Universels de Rossum»; «robot» étant un mot tchèque qui veut dire «travailleur» mais avec une forte connotation de servitude. On pourrait le traduire aujourd'hui par «serf» ou «esclave». La pièce remporta un tel succès que le vieux terme «automate» tomba en désuétude et fut remplacé par «robot» dans toutes les langues.

Si cette technologie apparaît dès 1913, il faudra cependant attendre 1959 pour que les américains George Devol et Joseph Engelberger développent un robot dont le premier exemplaire (baptisé *Unimate*) sera installé en 1961 dans les usines de montage de la *General Motors* à Trenton (USA). Ainsi est née la robotique dite «industrielle» ou «manufacturière», qui travaille selon le principe des «3 D jobs» (*dull, dangerous, dirty* ou en français, ennuyeux, dangereux, salissant).

INVASION SUR LE WEB

La guerre des mondes est de retour. Les humains perdent pied sur un territoire qu'ils pensaient à eux: le Web. Deux entreprises ont en effet annoncé récemment que les surfeurs humains étaient devenus minoritaires sur la toile. Pour la société américaine *Incapsula*, spécialisée dans la sécurité informatique, 38,5% seulement du trafic sur le Web est humain; 49% selon *Solve Media*, spécialisée quant à elle dans de nouveaux formats d'affichage publicitaire.

Qui sont ces non-humains, désormais majoritaires sur le Web ? Des robots. Pas dotés de mains et de cerveaux artificiels, mais simplement des programmes informatiques qui, comme n'importe qui,



visitent des pages Web, cliquent sur des liens ou des vidéos, explorent un site en profondeur... À la différence d'un humain, le robot ne «lit» pas une page de la même manière: il interprète le langage source de la page, en html (écrit certes par un humain mais abscons pour le non-initié!).

Beaucoup de ces robots sont en réalité indispensables au Web, comme les lombrics fertilisant la terre le sont pour l'écosystème naturel: les moteurs de recherche comme *Google*, *Yahoo!* ou *Bing* visitent en permanence toutes les pages et y recensent les liens entrants ou sortants. Pour répondre aux grands enjeux sociétaux, aux nouveaux besoins des industriels et particuliers tout en s'adaptant à des environnements de plus en plus complexes, les technologies robotiques deviennent chaque jour plus performantes et intelligentes.

UN SECTEUR EN CROISSANCE

C'est ainsi qu'il y a quelques semaines, *Amazon*, un géant du commerce électronique, a déclaré que ses livraisons pourraient être prises en charge par un petit engin volant télécommandé baptisé «drone». Si l'idée a semblé farfelue, elle mérite cependant de retenir toute notre attention. En effet, *Facebook* envisage de lancer une flotte de 11 000 drones propulsés par énergie photovoltaïque et volant à 20 000 m au-dessus de régions encore dépourvues d'Internet. Équipés de relais télécom, chaque drone pourrait fournir une connexion dans un rayon de 30 km et atteindre ainsi 5 milliards d'internautes potentiels.

Si les drones sont nés dans des cartons militaires à des fins de surveillance, d'espionnage ou de frappe aérienne ciblée (l'*US Army* dispose actuellement de 8 000 drones et en comptera 20 000 exemplaires en 2020), on peut imaginer ces engins délivrant des médicaments ou réalisant des prises de vues dans des zones difficilement accessibles.

Il ne faudrait pas oublier que l'*Académie des Arts et des Sciences du Cinéma (AMPAS)* à Hollywood a décerné récemment à la société liégeoise *Flying-Cam*

un Oscar scientifique et d'ingénierie pour son système de prise de vue aérienne sans pilote, la *Flying-Cam 3.0 Sarah* (voir *Athena n° 300*, pp. 4 et 18). Cette société fondée en 1988 par Emmanuel Prévinaire, basée à Oupeye (Liège), Santa Monica (Californie, USA) et Hong Kong (Chine) et qui avait déjà reçu un *Academy Award for Technical Achievement* en 1995, a fourni des services de prise de vue aérienne rapprochée lors de la réalisation, entre autres, des films *The Kite Runner*, *Les cerfs-volants de Kaboul*, *La haine* ou certains *James Bond* et *Harry Potter*.

ILS ENVAHISSENT LES CAMPAGNES

Même l'agriculture n'est plus ce qu'elle était ! En tout cas, telle que beaucoup se l'imaginent encore. En une dizaine d'années, l'électronique, l'informatique, les satellites, les robots et maintenant les drones, ont fait irruption dans les campagnes, même les plus reculées. Ainsi les robots de traite sont la parfaite illustration de cette évolution. Outre un meilleur suivi des animaux et des gains de productivité appréciables, ces installations coûteuses (plusieurs centaines de milliers d'euros) permettent aux éleveurs de se libérer d'une tâche biquotidienne, épuisante à la longue et de profiter... des week-ends.

Dans le secteur des grandes cultures, les systèmes d'autoguidage de tracteurs ou de moissonneuses-batteuses, équipés de récepteurs GPS, offrent également aux céréaliers des gains de temps appréciables. De quoi se consacrer davantage à la gestion de leur entreprise ou à l'observation de leurs parcelles. En fournissant des données très précises sur l'état du couvert végétal, des drones équipés de capteurs permettent d'ajuster précisément les doses d'engrais et de pesticides au moyen d'épandeurs ou de pulvérisateurs munis de régulateurs de débit. Résultat: un gain pour les agriculteurs et pour l'environnement car cela fait autant de nitrates en moins dans les nappes phréatiques.

Dans le même esprit, une firme française a mis au point un drone équipé d'une caméra infrarouge et d'une balise GPS capable de repérer les zones présentant un déficit en eau. Transmises à l'ordina-



teur qui pilote le dispositif d'irrigation grâce à une carte à puce, ces données permettent d'apporter la juste quantité d'eau aux endroits requis.

À vouloir créer un robot à l'image de l'homme, les scientifiques se sont fixés un objectif inatteignable: quand le mathématicien John von Neumann signe en 1945 les premiers plans de l'ordinateur, il est persuadé que l'homme ne mettra que quelques années à doter les robots d'une conscience. Les progrès effectués depuis sont considérables mais toujours pas de machine intelligente à l'horizon. «*L'intelligence humaine comme les émotions ne sont pas que logiques, elles sont complexes et "soudées" au corps humain: une machine ne peut donc pas produire d'émotions ni disposer d'une conscience*».

Il faut laisser les écrivains de science-fiction à leurs fantasmes: les robots ne représentent pas un danger en soi. Comme toute nouvelle technologie, c'est l'utilisation qui en sera faite qui pourrait poser problème. Il est difficile d'anticiper leurs usages et leurs conséquences. Nous n'en sommes encore qu'au début de la robotique et gageons que nous saurons l'utiliser pour notre plus grand bien. ■

Voir au-delà de la naissance de la lumière

Si d'autres expériences viennent confirmer ces premiers résultats, la date du 17 mars 2014 restera dans les annales de la physique. Ce jour-là en effet, l'expérience BICEP2 publiait (1) le fruit de plusieurs années de travaux: les ondes gravitationnelles du Big Bang avaient enfin été détectées !

42



Situé à moins d'un kilomètre du pôle sud géographique, cet ensemble abrite le télescope BICEP2 (à gauche) et le South Pole Telescope (à droite).

Texte: **Henri DUPUIS** • dupuis.h@belgacom.net

Photos: **S. RICHTER**/Harvard University (p.42), © **Collaboration BICEP2** (p.43)

En 1980 et 1981, Alan Guth et Andreï Linde (mais François Englert et Robert Brout y ont contribué aussi !) proposent une théorie qui bouleverse la vision que l'on avait alors de l'univers: la théorie de l'inflation. Selon celle-ci, l'univers a connu, juste après l'instant zéro du *Big Bang* (10^{-37} sec après !), une période d'inflation gigantesque au cours de laquelle il a subi une expansion inimaginable (on parle d'un facteur 10^{26}) et quasi instantanée. Cette hyper inflation, comme on l'appelle aussi, n'a pas été imaginée gratuitement mais parce qu'elle permet d'expliquer une série d'observations comme par exemple, le caractère isotrope de l'univers (ses propriétés ne dépendent pas de la direction dans laquelle on l'observe) ou encore la répartition des fluctuations observées dans le fond diffus cosmologique (CMB, *Cosmic Microwave Background*), le rayonnement électromagnétique issu de l'époque où l'univers était dense et

chaud, soit environ 380 000 ans après le *Big Bang*, et découvert expérimentalement par Penzias et Wilson en 1964.

La théorie de l'inflation, comme toute théorie, demandait évidemment à être vérifiée par l'expérience. Ce qui a nécessité de vaincre une difficulté de taille: comme on l'a vu, l'inflation s'est produite très tôt après l'instant zéro, donc lors de la période opaque de l'univers puisqu'à ce moment, les photons sont piégés par les électrons et les protons; tout rayonnement produit est donc immédiatement absorbé, la lumière (et il ne s'agit évidemment pas seulement de la lumière visible par nos yeux mais de tout le spectre électromagnétique) est en quelque sorte étouffée. Conséquence: la lumière ne nous apprend rien sur le commencement de l'univers. Comment dès lors «voir» ce qui s'est passé avant l'apparition de ce fameux rayonnement diffus à 2 Kelvin ? Heureusement pour les cosmologistes, la théorie prévoit que

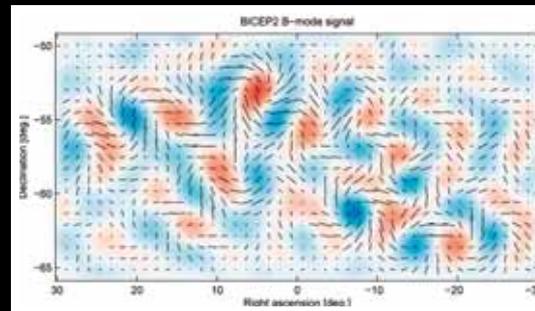
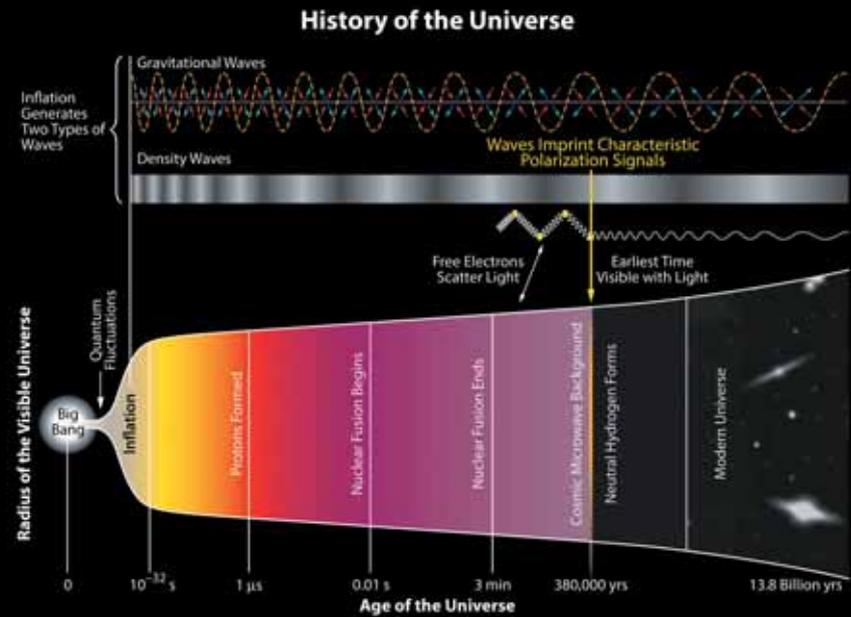
l'inflation a produit un rayonnement d'ondes gravitationnelles...

ONDES GRAVITATIONNELLES

Ces ondes sont, pour simplifier, des vibrations, des fluctuations de l'espace-temps dont l'existence avait été prédite par la théorie de la relativité générale d'Einstein. Elles sont générées par des événements cosmiques violents, dont l'hyperinflation initiale. Il y a donc différents types d'ondes gravitationnelles, dont la fréquence dépend de leur mécanisme d'origine. La capture d'étoiles massives par des trous noirs, par exemple, peut en générer dont la fréquence est voisine de 10^{-2} à 10^{-4} Hz. Cette variété oblige les physiciens à imaginer des détecteurs spécifiques pour des fréquences différentes. Ainsi, 2 grands interféromètres terrestres

Sur ce schéma qui condense l'histoire de l'univers, le fond diffus cosmologique (CMB), époque la plus lointaine visible par la lumière, est indiqué en jaune. Les ondes gravitationnelles créées lors de la période d'inflation sont schématisées en haut; ce sont elles qui ont laissé des traces (polarisation) dans le CMB.

(LIGO et Virgo) tentent-ils, sans succès jusqu'à aujourd'hui, de détecter des ondes gravitationnelles de très hautes fréquences qui pourraient être produites par des étoiles massives ou des étoiles à neutrons. Et l'ESA est en train de concevoir un observatoire spatial (LISA) qui pourrait capter les ondes émises par des trous noirs supermassifs (cette fois entre 10^{-4} et 1 Hz de fréquence)... mais c'est pour 2020 si tout va bien ! La NASA, partie prenante dès le départ, a en effet abandonné le projet depuis 2011. On imaginera mieux la difficulté à laquelle les physiciens sont confrontés si on sait qu'une telle onde passant entre 2 «objets» fait certes varier la distance qui les sépare, mais dans des proportions infimes: frappant la Terre, une onde gravitationnelle modifie le diamètre de notre planète d'un centième de rayon atomique (soit *grosso modo* 10^{-12} m !).



Fluctuations de la polarisation du rayonnement. Les couleurs indiquent l'amplitude et le signe des modes B. Des couleurs plus intenses indiquent donc des modes B plus amples. Les barres noires représentent l'état de la polarisation du rayonnement fossile. Elles se rassemblent en formant des sortes de cyclones sur la carte.

43

ONDES GRAVITATIONNELLES PRIMORDIALES

Comment, dès lors, les physiciens ont-ils réussi cet exploit avec l'expérience BICEP2 (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization*) ? Les ondes gravitationnelles émises lors de la phase d'inflation, dénommées primordiales pour cette raison, ont une caractéristique: elles ont laissé une trace dans le fameux fond diffus cosmologique (CMB). C'est cette trace qui a été décelée et non l'onde elle-même. BICEP2 est un radiotélescope installé sur la base Amundsen-Scott au pôle sud qui, pendant 3 ans, a observé une portion du CMB. Les chercheurs ont ainsi pu mettre en évidence une polarisation (orientation de l'oscillation du champ électromagnétique) particulière du rayonnement du CMB, appelée polarisation de mode B et qui constitue, d'après la théorie, la signature sans équivoque des ondes gravitationnelles primordiales.

Les résultats publiés le 17 mars constituent donc une détection indirecte de ces ondes, qui permet ainsi de confirmer le modèle d'inflation (ou du moins d'affiner ce modèle parmi diverses variantes) et d'éliminer d'autres modèles. Contrairement à BICEP, le satellite *Planck* a, lui, cartographié le CMB non dans une partie du ciel mais bien sur l'ensemble. Les chercheurs de la mission *Planck* sont en train d'étudier les cartes de polarisation issues de ces observations. Les résultats sont attendus dans quelques mois. S'ils vont dans le même sens que ceux obtenus par BICEP2, les derniers doutes seront levés.

Au-delà de la vérification de la théorie de l'inflation, ces résultats sont importants pour une autre raison: l'utilisation des ondes gravitationnelles en lieu et place de la lumière pour sonder l'univers. Certes, il ne s'agit ici que d'une utilisation indirecte (on se base toujours sur le CMB), mais les perspectives sont encourageantes. Mais pourquoi délaisser la lumière qui nous

a permis de découvrir tant de choses depuis l'invention du premier télescope ? Parce que celle-ci a ses limites. On l'a vu, elle ne peut rien nous dire sur les premières fractions de seconde de l'univers, ni sur l'intérieur des trous noirs. En outre, fruit de l'interaction entre particules et issue d'endroits chauds, elle fournit avant tout des renseignements sur l'infiniment petit - par exemple la fusion des atomes d'hydrogène dans une étoile. Enfin, les signaux lumineux sont fragiles, souvent absorbés. Les ondes gravitationnelles, au contraire, n'ont jamais été masquées et sont capables de traverser l'univers sans accroc... ■

(1) BICEP2 I: Detection Of B-mode Polarization at Degree Angular Scales, arXiv:1403.3985

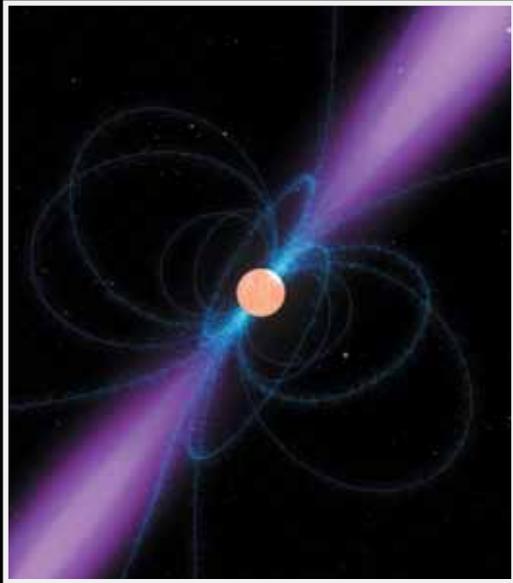
À la Une du Cosmos

Texte: Yaël NAZÉ • naze@astro.ulg.ac.be • <http://www.astro.ulg.ac.be/news>



Une perturbation au bord externe de l'anneau A de Saturne fait penser à la formation d'une nouvelle lune. Cette concentration ne grandira pas beaucoup plus et pourrait même se dissiper. Cependant, le phénomène témoigne d'un processus qui a pu conduire à la formation de gros satellites lorsque les anneaux étaient plus massifs qu'actuellement.

Photo: Cassini

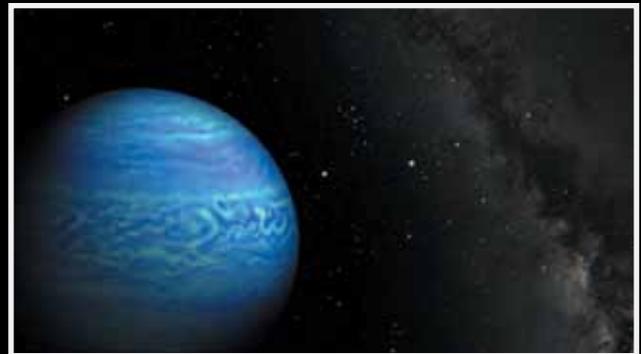


Les pulsars, cadavres d'étoiles massives se comportant comme des phares, ont une rotation qui ralentit régulièrement. De temps en temps se produit en plus une brusque augmentation de la rotation. Celle-ci est toujours supérieure à une certaine valeur limite (changement de période par 55 picosecondes pour le pulsar du Crabe) et serait due aux modifications des tourbillons superfluides sous la surface de l'étoile.

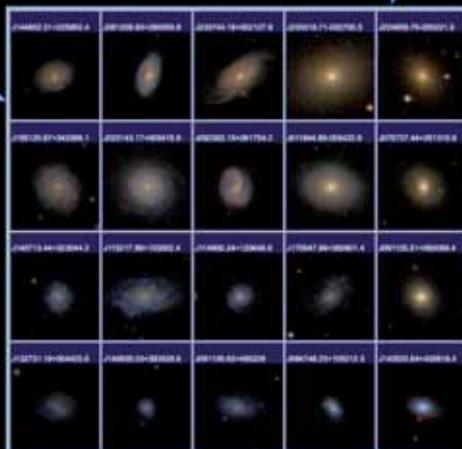
Photo: NASA

On vient de découvrir une de nos plus proches voisines, située à seulement 7 années-lumière de notre système solaire. Baptisée WISE J085510.83-071442.5, cette naine brune bat un record de froid: sa température est située entre -13 et -48°C!

Photo: Penn State/NASA



Increasing bulge-to-total ratio



Les galaxies spirales possèdent un bulbe central, dont la couleur semble liée à la taille... et cette dernière est associée à la taille du trou noir central. La couleur, un moyen simple de repérer les gros machins, en d'autres termes!

Photo: A. Bluck/Department of Physics and Astronomy/University of Victoria

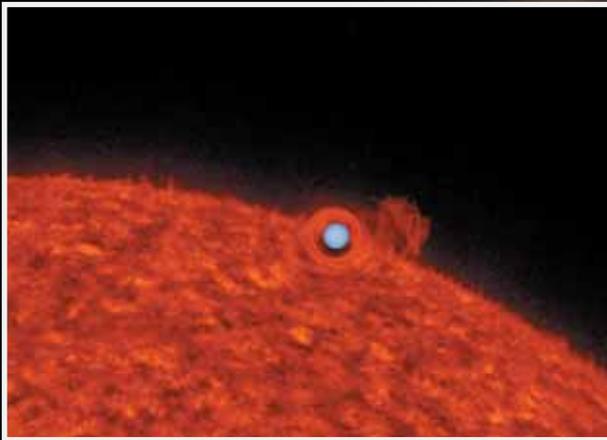
La couche en surface des astéroïdes, un mélange de poussières et petits rochers appelé régolithe, ne provient pas d'impacts comme on le croyait. En effet, les petits astéroïdes devraient en être dépourvus, car leur gravité très faible ne retiendrait rien des produits d'un impact, or ils possèdent bel et bien du régolithe. En fait, ce sont les échauffements et refroidissements dus à l'illumination solaire changeante quand ils tournent qui causent des fissures, et conduisent à la formation du régolithe.

Photo: ESO



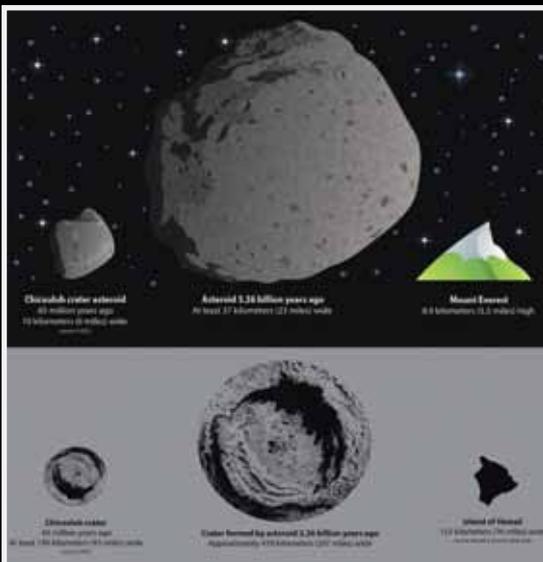
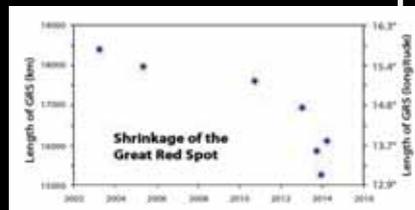
On a beaucoup parlé habitabilité ces temps-ci. Outre divers calculs théoriques sur ce sujet (influence de Jupiter, changement d'axe de rotation), la machine médiatique s'est emballée autour de Kepler-186f, une planète de taille comparable à la Terre et située dans une zone « habitable » (ni trop chaude ni trop froide) comme notre planète... mais tournant autour d'une étoile rouge. Aucune étude de son atmosphère n'a été faite, donc impossible de savoir si cette planète habitable est habitée. À noter que ce n'est pas la première exoplanète habitable découverte (on en connaît une quarantaine): on attend encore l'exo-Terre qui tournerait autour d'un exo-Soleil et qui serait une vraie sœur de notre planète.

Photo: Kepler



À gauche: Bien plus intéressant: on connaissait l'effet de lentille gravitationnelle (une masse dévie la lumière, se comportant comme une lentille), mais seulement dans des objets très lointains. On attendait depuis longtemps l'observation de cet effet dans un couple stellaire. Le télescope Kepler vient d'en trouver un exemplaire appelé KOI 3278. Cet objet se compose d'une étoile normale et d'un cadavre de soleil appelé naine blanche. Photo: Univ. of Washington • À droite: L'observatoire européen XMM-Newton révèle que la galaxie SDSS J120136.02+300305.5 possède deux trous noirs supermassifs, une première pour une galaxie « normale ». Les deux trous sont séparés de seulement deux millièmes d'année-lumière. Photo: ESA

La grande tache rouge de Jupiter rétrécit, et de plus en plus vite...
À surveiller, au télescope!
Photos: D. Peach/NASA



Depuis 2001 les détecteurs du Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty ont recensé 26 chutes de météorites donnant des explosions de plus d'une kilotonne, ce qui suggère qu'il y aurait 3 à 10 fois plus d'impacts que prévu dus à des astéroïdes entre 10 et 50 m. Mais il s'agit de petits impacts, le plus gros étant celui de Chelyabinsk qui n'a pas fait grand dégât. Par contre, à l'autre extrême, on vient de trouver un record, un énorme impact qui aurait eu lieu sur notre planète il y a 3,3 milliards d'années, du côté de l'Afrique australe. L'objet responsable avait une taille entre 37 et 58 km, et il a créé un cratère de presque 500 km de diamètre... soit des tailles trois fois plus grandes que pour l'astéroïde de Chicxulub, qui avait conduit à l'extinction des dinosaures !

Photo: AGU



Texte: Théo PIRARD • Photo: OHB/ESA

Le Gps fait désormais partie de notre quotidien. Non seulement à bord de véhicules, mais également dans tout smartphone. Mais sait-on ce que signifie Gps ? Il s'agit d'un Global Positioning System qui recourt à des dizaines de satellites équipés d'horloges atomiques, entre 20 000 et 24 000 km au-dessus de nous. Pour «se géo-positionner» correctement, le récepteur Gps doit capter les signaux de temps d'au moins 4 de ces satellites ! Avec l'avènement en 2015 de la constellation de satellites confiés à l'Esa (European Space Agency), l'Union européenne sera en mesure d'offrir des performances élevées (précision métrique) jusqu'à l'intérieur des infrastructures au sol. En peu de temps, le système de navigation par satellites est entré dans les mœurs comme étant devenu un élément vital, après l'eau et l'électricité, le téléphone... Il s'impose désormais comme un stimulant d'activités socio-économiques basées sur de multiples applications, qui tirent parti de l'essor de logiciels spécifiques pour le traitement des données, de plus en plus précises, de synchronisation et de géo-positionnement

Au même titre que le Gsm (Global System for Mobile communications), le Gps est devenu l'outil fétiche d'envergure globale pour les jeunes générations de ce 21^e siècle. Avait-on prévu au départ que sa mise en œuvre deviendrait une affaire aussi populaire ?

L'an prochain, le Gps fêtera 20 ans d'activités opérationnelles de synchronisation et de localisation. C'est en avril 1995 que la constellation militaire de 24 satellites américains de navigation est déclarée réalité globale par l'US Air Force. Le système était avant tout conçu comme outil stratégique pour guider, avec une grande précision, les avions et les missiles sur leur cible, de manière à éviter trop de dommages collatéraux... Aujourd'hui, le dispositif global a pris une dimension duale, à la fois militaire - avec des signaux ultra-précis cryptés - et civile. Elle est proposée gratuitement, comme un don du ciel, aux utilisateurs civils et pour des applications commerciales.

Un tel instrument représente un fameux investissement pour les contribuables américains...

Difficile de savoir du côté de Washington combien d'argent public a été investi dans le développement, le déploiement et la maintenance du Gps qui compte actuellement 37 satellites, dont 30 en opération. Le Pentagone se montre fort discret sur cette dépense. Il est question de plusieurs dizaines de milliards de dollars depuis les débuts expérimentaux en 1978... Chaque année, le budget militaire américain consacre environ 1 milliard de dollars aux opérations et à la maintenance du système. Par contre,

on précise que le rendement dans le domaine civil peut être estimé à quelque 60 milliards par année sous forme de nouveaux produits et services. On a calculé que la technologie Gps a généré plus de 3,3 millions d'emplois dans les seuls États-Unis. À savoir quelque 130 000 dans la production d'équipements et composants, ainsi que 3,2 millions chez les fournisseurs de services qui développent et commercialisent des applications comme la télé-surveillance des personnes, la gestion accélérée du transport aéroportuaire et du trafic routier, le suivi de marchandises coûteuses ou dangereuses...

La combinaison des images aérospatiales et des données Gps permet un cadastre de plus en plus précis, une mise à jour continue des cartes, un contrôle permanent de l'occupation et la modification des sols, ainsi que des phénomènes d'érosion des côtes, de fonte des neiges et de réduction des glaces...

Il est d'ailleurs question de disposer en 2020 d'une centaine de satellites de navigation ou navsats afin de synchroniser les réseaux d'information et garantir un positionnement partout dans le monde ?

Le Gps américain, qui a des objectifs de défense et de sécurité, a fait des émules. Du côté de la Russie, il y a le Glonass (29 navsats). La Chine déploie le Beidou avec 14 satellites opérationnels à ce jour et prépare une vingtaine d'autres pour 2020. Cette année sera marquée par la mise sur orbite d'une quinzaine de navsats: jusqu'à 3 Gps américains, 4 Glonass russes, 1 ou 2 Beidou chinois, 2 ou 3 Irnss (Indian Regional Navigation Satellite System) ainsi que 4 Galileo européens.

Ils sont d'ores et déjà 75 satellites pour la synchronisation et le positionnement. À l'horizon 2020, on en comptera plus de 110 ! De quoi renforcer leur potentiel et élargir la communauté des utilisateurs, chiffrée à plus de 2 milliards actuellement ! Et ce chiffre ne cesse de croître en milliers par jour, notamment grâce aux smartphones. La grande inquiétude des Américains vient de la mise sur le marché d'équipements Ppd (Personal Private Devices) qui brouillent localement les signaux Gps afin de ne pas être pistés depuis l'espace ! ■



Nouveaux espaces

pour l'Esa à Redu

Texte: **Théo PIRARD** • theopirard@yahoo.fr

Photos: **ESA** (p.47), © **I. PILLING** 2011 (p.48)

Dans la province belge du Luxembourg, près du village ardennais de Redu (commune de Libin), l'Esa (European Space Agency) a depuis 1968 sa seule implantation sur le territoire belge: c'est le Centre de Redu qui, au départ, faisait partie du réseau *Estrack* des stations au sol pour le suivi des satellites. Au fil des décennies, son infrastructure n'a cessé de croître et d'embellir afin de développer de nouvelles missions pour l'Europe dans l'espace. Elle vient de prendre une nouvelle dimension, sous l'impulsion des Gouvernements belge et luxembourgeois, de *Rss* (Redu Space Services), de *Ses* (opérateur grand-ducal de satellites) et de *QinetiQ Space* (constructeur des microsattellites *Proba*)

Le 8 avril, ces partenaires et l'Esa, représenté par son directeur-général Jean-Jacques Dordain et sa directrice des télécommunications et applications intégrées, Magali Vaissière, ont signé un protocole d'accord, qui sera en vigueur jusqu'en fin 2022, pour la pérennisation et le renforcement des missions du Centre. Désormais, l'avenir de Redu-sur-espace va dépendre de la coopération spatiale belgo-luxembourgeoise. Dans les prochaines années, le site doit connaître

de nouveaux développements qui en feront un pôle d'excellence pour les systèmes spatiaux en Wallonie. Aujourd'hui, dans quelque 2 500 m² de bâtiments administratifs et techniques, une soixantaine de personnes s'emploient chaque jour à assurer l'ingénierie, la maintenance et la logistique d'un ensemble de paraboles blanches, qui veillent sur le bon fonctionnement de satellites européens. *Ses* y a déjà son infrastructure de rechange pour le contrôle de sa flotte de relais géostationnaires.

AU SERVICE DE L'UNION EUROPÉENNE

Dans les 2 ans à venir, le nombre d'emplois devrait dépasser la centaine grâce à un potentiel d'activités originales, qui viennent s'ajouter aux opérations déjà menées à bien par *Rss* dans le cadre de programmes de plus en plus importants de l'Esa:

- pour le *Gnss* (Global Navigation Satellite System) européen, alias *Galileo*, les tests en orbite de chaque satellite *Galileo* et la mission cryptée *Prs* (Public Regulated Service) de la navigation par satellites;
- pour l'*Edrs* (European Data Relay System), la gestion des liaisons avec les satellites d'observation en orbite - comme les *Sentinel* du système européen *Copernicus* - via des terminaux optiques en orbite géostationnaire;
- pour la famille *Proba* de microsattellites «made in Belgium», le contrôle de leurs opérations (comme c'est déjà le cas avec *Spacebel* pour *Proba-1*, *Proba-2* et *Proba-V* en orbite) et le traitement de leurs données; l'accent est mis sur la mission *Proba-3* de 2017 qui consiste dans le vol en formation de 2 petits satellites pour observer, par occultation, notre étoile et qui va nécessiter qu'une parabole de 15 m soit ramenée de Perth (Australie) à Redu.

D'autres initiatives en cours vont se trouver renforcées:

- l'archivage et l'exploitation des données de «météo de l'espace» (*space weather*), en collaboration avec l'Observatoire royal de Belgique, dans le but d'assurer la protection des systèmes sur orbite et des infrastructures au sol;
- une infrastructure avec l'*Eda* (European Defence Agency) afin de garantir la cyber-sécurité des matériels et logiciels d'information numérique;
- la fourniture de télécommunications et d'applications à des fins de sûreté et de sécurité, avec une offre sécurisée de capacités satellitaires à des fins gouvernementales, notamment pour l'exploitation des drones (avions sans pilotes);
- la collecte des signaux *Ais* (Automated Identification System) des navires

et *Ads-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)* des avions, respectivement pour le suivi continu du trafic sur les mers et dans les airs;

- l'implantation d'un téléport secondaire du Grand-Duché pour son accès aux liaisons à haut débit via l'orbite géostationnaire.

OUTIL DE FORMATION, ATELIER POUR CUBESATS

Des actions en matière d'éducation et de formation, entre autres aux technologies pour nano-satellites (*Cubesat*), vont y être initiées par le Bureau de l'Éducation de l'*Esa* avec la collaboration des établissements d'enseignement supérieur belges et luxembourgeois ainsi que des entités privées et publiques. Cette diversification à Redu-Libin devrait lui donner une autre envergure internationale, en complément des autres centres de l'*Esa* à Noordwijk (Pays-Bas), Darmstadt (Allemagne), Frascati (Italie), Madrid (Espagne), Harwell (Royaume-Uni), Kourou (Guyane française)...

Dès 2015, l'*Esa Academy - Training & Learning Centre* est destiné à tirer parti de l'expérience acquise par l'*Agence spatiale européenne* dans la gestion des programmes spatiaux et dans l'apprentissage aux diverses disciplines de la recherche et de la technologie pour l'espace. Son concept s'appuie sur 2 piliers complémentaires: un pilier pratique qui permet à des étudiants d'être aux prises avec un projet spatial, encadrés par des professionnels de l'*Esa*, auquel s'ajoute un pilier théorique pour l'approfondissement de connaissances spécifiques. Cette activité, au bénéfice de la communauté universitaire européenne, répond à la nécessité impérieuse de susciter chez les plus

jeunes un intérêt plus évident pour les carrières scientifiques et techniques. Elle sera menée de concert avec l'*Euro Space Center* et l'*Esa Incubator Center* du *Galaxia Business Park*: implantés à Transinne-Libin (en bordure de l'autoroute E411 entre Bruxelles et Luxembourg), ils sont connectés par fibre optique à l'infrastructure de Redu-sur-espace.

Le Centre européen d'excellence - alias *Ecce (European Centre of Excellence)* - pour *Cubesats* entend apporter un soutien professionnel aux équipes académiques, institutionnelles et commerciales impliquées dans le développement de missions avec nano-satellites, depuis la phase de définition jusqu'aux opérations en orbite. Il est prévu également qu'il comprenne une salle blanche pour l'intégration et les tests de *Cubesats*. Cette installation, propriété de l'*Esa*, serait gérée par un partenariat public-privé. Dans ce but, un accord de services devrait être signé dans les prochains mois avec une société privée ayant des contacts avec les universités, les instituts polytechniques, les entreprises des incubateurs *Esa*... Le Centre *Cubesat* de Redu aurait une charge de travail équivalente et nécessaire à la réalisation d'au moins 3 nano-satellites tous les 2 ou 3 ans. Sa finalisation est attendue courant 2015 avec la collaboration du *Vki (Von Karman Institute)* de Rhode-Saint-Genèse, près de Bruxelles. Sur le site même de Redu, une station de contrôle *Cubesat* devrait être réalisée dès la fin de l'année.

Le financement de l'agrandissement du Centre a déjà reçu le support de la Belgique, qui interviendra à hauteur de 2 millions d'euros pour la période 2014-2016 (1 million pour les infrastructures et 1 million pour les activités préparatoires). L'*Esa*, dans le cadre d'un budget augmenté, allouera à son Bureau de l'Éducation un budget annuel de 2 millions d'euros pour la mise en œuvre d'activités à Redu. ■

Banc cryogénique Esa à Liège

La propulsion cryogénique est une réalité à l'Université de Liège depuis les années 1980, grâce à la tribologie, science des frottements, qui y est enseignée. Sa Faculté des Sciences Appliquées s'est spécialisée dans la cryo-tribologie et a mis sur pied des bancs d'essais cryotechniques. D'abord pour fiabiliser la séquence d'allumage du *HM7B*, le premier propulseur cryogénique d'Europe, puis pour étudier la mise en froid du circuit oxygène liquide du moteur *Vulcain* qui propulse le corps principal du lanceur *Ariane 5*. Sur un site spécialement dédié, plus de 300 essais ont été effectués sur le roulement noyé de la turbopompe du *HM7B* au niveau de l'oxygène liquide. On y a analysé, pour *Avio* et *Snecma/Safran*, l'étanchéité dynamique de boîtiers et bagues du *Vulcain*, ainsi que de vannes cryogéniques. Ces équipements sont soumis à des températures extrêmes, entre -180 °C pour l'oxygène liquide et +1 500 °C pour les gaz chauds.

L'installation de l'Université de Liège s'est mise à l'heure du moteur ré-allumable *Vinci* pour la mise au point de sa turbopompe oxygène liquide. En présence des autorités académiques et politiques, l'*Esa* a inauguré son banc cryogénique pour mener les tests de qualification d'étanchéité dynamique pour *Avio*. Elle a consenti un investissement de plus de 3 millions d'euros pour la réalisation de cet outil opérationnel depuis le début de l'année. Une importante campagne d'essais «*Dynamic Seal Package*» va se dérouler durant l'année. Cette inauguration fut l'occasion pour *Snecma/Safran* de rappeler l'atout «poly-compétences» et les résultats remarquables des ingénieurs et chercheurs liégeois dans la maîtrise de la technologie cryo.



Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, G. GOOSSENS, AP/Isopix, Iridium

Prix Odissea 2013: le Cubesat à l'honneur. Le 16 janvier, Philippe Courard, Secrétaire d'État en charge de la Politique scientifique fédérale, a remis le *Prix Odissea 2013* - une bourse de 8 000 euros - à Christian Kintziger, étudiant de l'Université de Liège, pour sa thèse sur l'étude de faisabilité d'un imageur miniature UV (dans l'ultraviolet) à bord d'un nano-satellite de type *Cubesat* (1 kg). Ce travail, dont le promoteur était le professeur Pierre Rochus (*Centre spatial de Liège*), met en valeur les compétences de l'ULg pour la spectrométrie UV et la technologie *Cubesat*. La remise du prix s'est déroulée dans les salons du Sénat, en présence du Vicomte Dirk Frimout, président du jury, et de parlementaires du groupe de travail Espace, présidé par la sénatrice Dominique Tilmans. ■



Quand la crise ukrainienne s'invite dans l'espace... Des tensions dignes de la Guerre Froide ont rejailli entre la Russie et les États-Unis à propos de l'avenir de l'Ukraine, dont la division de la population, entre nationalistes et pro-russes, éclate au grand jour. Elles ont mis en évidence la dépendance américaine aux systèmes spatiaux russes. Pour faire pression sur Moscou, Washington a pris des mesures qui limitent la coopération de la *Nasa* avec *Roscosmos*... sauf en

ce qui concerne les opérations à bord de l'*Iss* (*International Space Station*) dont la desserte pour les vols habités est assurée par des vaisseaux russes *Soyouz* ! En fait, la Russie détient la clé d'accès à la *Station spatiale internationale* ! Deux lanceurs américains ont leur 1^{er} étage propulsé par des moteurs semi-cryogéniques (kérozène-oxygène liquide) «*made in Russia*» fournis par l'industrie spatiale russe: l'*Atlas V* de *Lockheed Martin* - il sert à placer sur orbite des satellites du Pentagone - utilise le *RD-180* des années 80, tandis que l'*Antares* d'*Orbital Sciences* est équipé du *NK-33* des années 60 ! L'entreprise commune *ILS* (*International Launch Services*), principale concurrente avec le lanceur *Proton* de la société de transport spatial *Arianespace*, pourrait faire les frais du problème ukrainien. Le Département d'État des USA pourrait interdire l'envoi en Russie, pour son lancement à Baïkonour, de tout satellite avec des équipements de fabrication américaine. ■

Suivi global des transports sensibles

Et ce, grâce au partenariat transatlantique de *Locus Traxx Worldwide* à Jupiter (Floride) avec *Vitrociset Belgium* à Transinne-Libin (province de Luxembourg). Nouvelle venue au *Galaxia Business Park*, l'entreprise conjointe *Locus Traxx Worldwide EU* a été officialisée le 24 janvier au Palais provincial d'Arlon. Son objectif est d'assurer le contrôle en continu, avec des équipements de plus en plus compacts, de marchandises périssables et dangereuses, ainsi que de biens à haute valeur et ce, à l'échelle globale grâce à la constellation *Iridium*.

À tout moment, le client du transport peut s'assurer que ses marchandises sont déplacées dans les meilleures conditions. Un premier investissement portant sur 2 millions d'euros permet l'implantation de *Locus Traxx Worldwide EU* à Transinne-Libin, avec le support technique d'*Idelux*, par le biais de l'incubateur technologique *WSLlux*. Ce qui va permettre de créer une dizaine d'emplois pour la commercialisation et la maintenance des équipements portables/mobiles *SmartTraxx*, *SmarTag*, *Oversight*,... ■



À vos AGENDAS!

CANSAT

Appel à projets lancé dès septembre 2014

Avec le soutien
de la DGO6

À Bruxelles et en Wallonie...

Le projet «CANSAT BELGIUM» est inspiré d'un projet européen lancé en 2010 par l'Agence Spatiale Européenne. Pour cette édition 2014-2016, la Wallonie et la Région Bruxelles-Capitale se sont réunies afin d'organiser et soutenir ensemble «CANSAT BELGIUM». Ce projet se déroule de septembre 2014 à mai 2015 et vise concrètement à motiver des élèves de 5^e secondaire, soutenus par leurs professeurs, à créer un satellite (sat) dans une canette (can) !

L'épreuve de sélection consiste en une présentation du projet en anglais devant un jury composé de professionnels et de scientifiques. Les équipes gagnantes remportent un voyage à l'étranger comprenant le lancement réel de leur CANSAT depuis une base militaire ! Ensuite, les grands vainqueurs auront le privilège de représenter la Belgique lors de la compétition européenne de CANSAT en 2016.

Pour qui ? Les élèves de 5^e secondaire amateurs d'astrophysique, d'espace et de découverte, désireux d'approfondir leur anglais !

Quand ? L'appel à projets sera lancé dans le courant du mois de septembre 2014. Toutes les écoles de Wallonie et de la Région bruxelloise recevront un courrier reprenant toutes les informations.

Infos & inscriptions ?

► Pour les écoles situées en Wallonie:

Élise MUÑOZ-TORRES - Attachée DGO6
Tél: +32 81 33 44 86
elise.munoztorres@spw.wallonie.be
<http://recherche-technologie.be>

► Pour les écoles situées en Région bruxelloise:

Aline FRANCHIMONT - Communication Officer RESEARCH IN BRUSSELS
Tél: +32 2 600 50 13
afranchimont@rib.irisnet.be
<http://www.innovativebrussels.be>

Rejoignez-nous aussi sur la page Facebook CANSAT BELGIUM



50

DOC'CAFÉ: Mon cerveau, un ordinateur ?!

10 juin 2014

À Liège...

Le café scientifique permet de réunir des chercheurs et un public autour d'une réelle discussion sur un domaine de la recherche scientifique. Il permet ainsi de démocratiser la science en offrant à tous l'opportunité d'exprimer leur point de vue dans le cadre d'une discussion. Le café scientifique, durant environ 1h, «sort» la science de son milieu habituel pour la transporter dans les cafés, les bars, les restaurants et même les théâtres, levant le voile sur les derniers progrès ou les questions en cours, en les soumettant au débat public.

Le café scientifique est une activité plus informelle et plus accessible que les conférences traditionnelles. Il per-

met aux personnes présentes d'avoir le temps d'exprimer leur point de vue ou de poser des questions à des scientifiques. Les participants n'ont besoin d'aucune compétence scientifique pointue préalable - mais seulement de se montrer curieux et disposés à exprimer leurs opinions.

► Comment cela fonctionne ?

- Chacun prend place dans le café et est invité à prendre un verre;
- l'animateur «brise la glace», explique le principe de base et présente brièvement les intervenants;
- chaque intervenant parle de 5 à 10 min;
- les participants posent leurs questions et entament ainsi la discussion.

Pour qui ? Tous publics !

Où et Quand ? À 20h à la Brasserie Sauvenière - Place Xavier Neujean à 4000 Liège.

Tarif ? Gratuit.

Infos & inscriptions ?

Tél: 04 366 96 96
E-mail: sciences@ulg.ac.be
<http://sciences.ulg.ac.be>



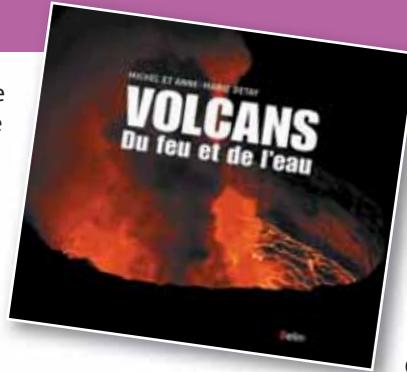
Sorti de PRESSE

Volcans - Du feu et de l'eau

Belin

Michel et Anne-Marie DETAY

Ce livre splendide offre une vue synthétique de la volcanologie et explique les différents mécanismes impliqués. Il rappelle ce qu'est un volcan en présentant les différents types, l'origine, la localisation, des exemples et les différents produits émis. Il s'attarde plus précisément sur l'alliance entre le volcanisme et l'eau. Celle-ci peut engendrer des éruptions beaucoup plus importantes qu'en son absence, ainsi que d'autres phénomènes tels que les geysers ou les lacs acides. De par l'émission de cendres et de gaz, les volcans ont modifiés significativement le climat au cours de l'Histoire de la Terre, entraînant la vie, mais aussi différentes extinctions de masse. Les volcans peuvent causer la destruction de populations et villes entières via différentes manifestations, comme les coulées pyroclastiques (écoulement de gaz, cendres et blocs) ou de boue. D'où la nécessité des mesures de surveillance prises par l'homme: observatoires volcanologiques, centres de surveillance aéronautiques,...



Cependant, malgré ces risques, les volcans peuvent également être bénéfiques via la fertilisation des terres, la production de minéraux (soufre, métaux,...), la géothermie, etc. Finalement, les auteurs, photographes professionnels, nous donnent leurs trucs et astuces pour faire les meilleures photos en sécurité.

Ce superbe album résume une science complexe mais fascinante, grâce à des textes clairs, précis et accessibles à tous, illustrés de magnifiques photos richement commentées et complétant utilement le propos. ■

Texte: **Christiane De Craecker-Dussart**
c.decraecker@skynet.be

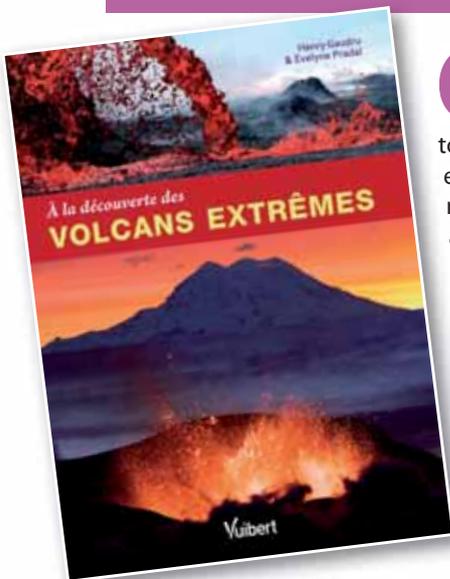


51

À la découverte des volcans extrêmes

Vuibert

Henry GAUDRU
& Évelyne PRADAL



Ce remarquable ouvrage traite aussi de ce phénomène ayant toujours fasciné mais aussi effrayé l'homme: le volcanisme. Après une introduction à la volcanologie, il passe en revue 35 édifices volcaniques particulièrement marquants pour leurs éruptions aux grandes conséquences sur l'humanité et le climat. Des volcans parmi les plus dangereux, comme le Yellowstone, le Santorin, le Tambora ou le Pinatubo, ont entraîné des effets majeurs sur la Terre et ses habitants. D'autres, dont le Stromboli,

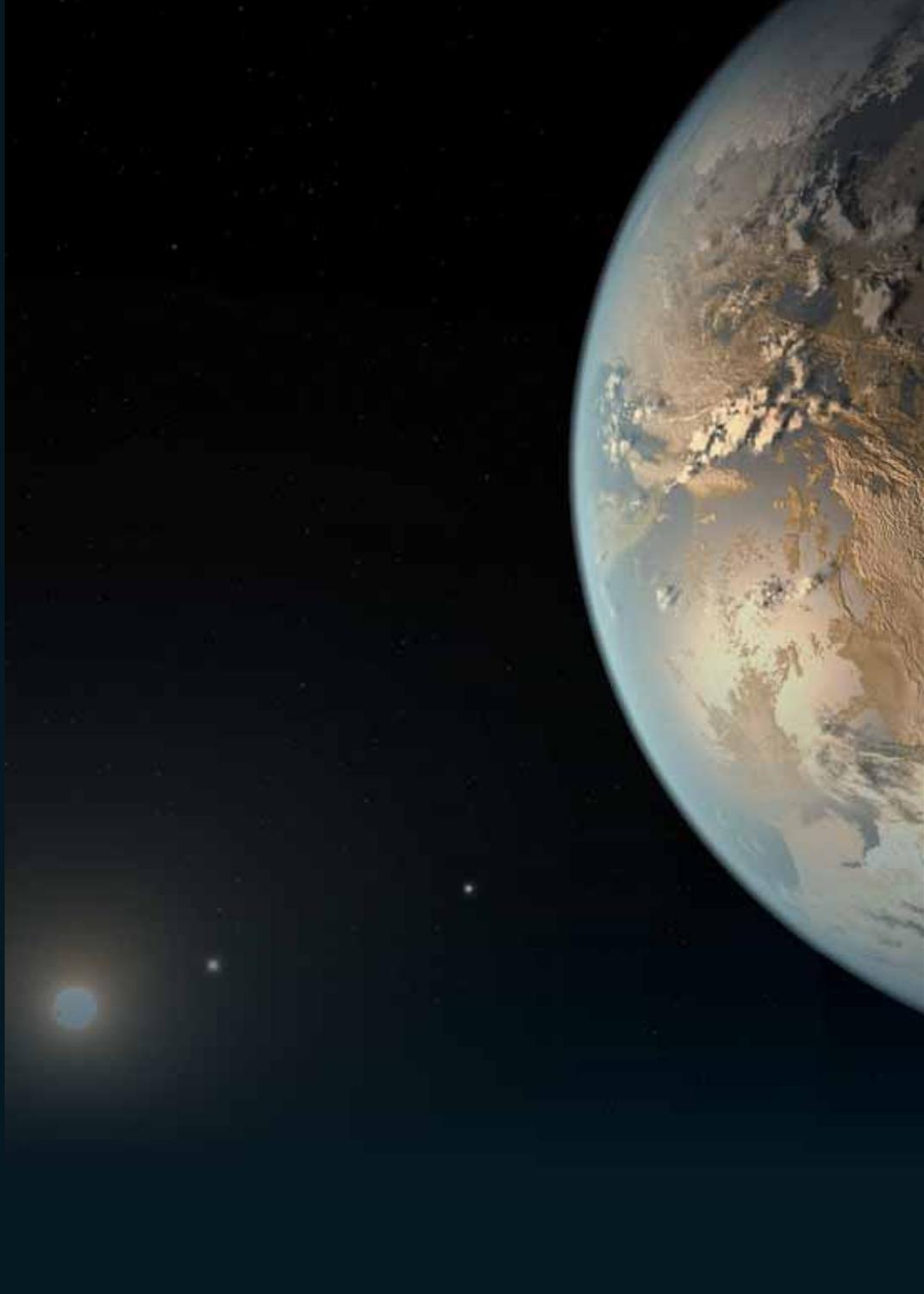
le Nyiragongo ou le Piton de la Fournaise, sont parmi les plus actifs. Ensuite, nous retrouvons quelques-uns des édifices les plus imposants, notamment l'Etna, le plus grand d'Europe occidentale (env. 3323 m). Des volcans présentant des risques très grands, comme le Vésuve ou le Mont Rainier (États-Unis),

sont aussi décrits. Puis, nous retrouvons des originaux comme le Kawa Ijen (Indonésie) et son lac acide ou l'Eyjafjallajökull aux effets inattendus sur le trafic aérien en 2010. Pour finir en beauté, quelques autres volcans remarquables sont encore décrits, par exemple l'Erta Ale en Éthiopie, célèbre pour son lac de lave.

Pour chaque volcan, les auteurs décrivent l'origine tectonique, les différentes éruptions par ordre chronologique et les conséquences sur l'homme et l'environnement. Enfin, un encadré reprend plus en profondeur un risque volcanique particulier, comme le tsunami (par ex. Krakatoa, 1883) ou l'impact climatique (par ex. Laki, Islande, 1783, responsable d'une baisse de température de près de 1 °C !), ou un type d'éruption caractéristique.

Le livre, illustré de cartes et photographies claires, est une très bonne synthèse pour tous ceux qui s'intéressent à la géophysique en général, à la volcanologie et à la dynamique passée, présente et future de notre planète en particulier. ■

Texte: **Christiane De Craecker-Dussart**
c.decraecker@skynet.be



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