

[Athena]

Octobre
2013

Le mag' *scientifique*

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

Neurologie

Créativité:

judicieuse imitation ?

Technologie

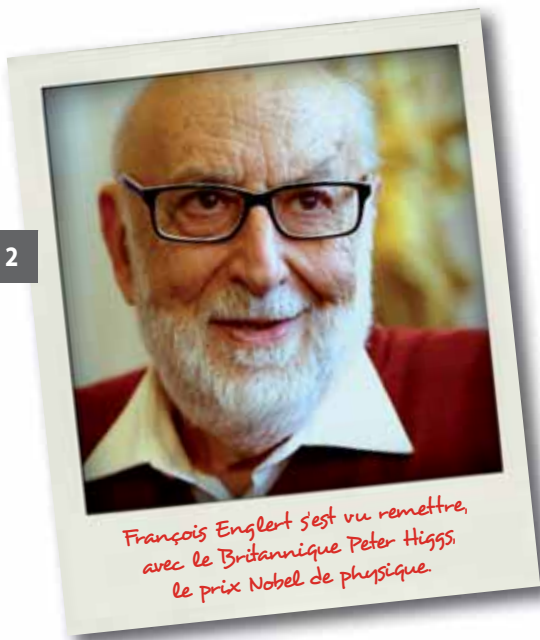
Voiture électrique,
ça roule ?



Édito

Une citerne à remplir...

Texte: **Géraldine TRAN** - Rédac'teuf • Photos: **ILLUSTRA** (titre), **Associated Press / REPORTERS**



En octobre, les feuilles tombent, le Soleil se fait plus discret et nous, on commence à avoir froid. On rajoute des couches, on rallume les chaudières et on remplit les citernes. Mais c'est souvent synonyme de piqûre pour les foyers. À la pompe aussi d'ailleurs. Entre achat, entretiens, réparations, taxes et surtout carburant, une voiture, ça coûte cher. Environ 15% du budget moyen annuel d'un ménage wallon. C'est le troisième poste de dépenses après l'alimentation et le logement. Pourtant, 85% des foyers possèdent un véhicule, un Belge sur deux en possède un; un sur quatre en possède deux. Les dépenses liées au transport ont augmenté de presque 250% en 30 ans et le prix des voitures n'a pas diminué. Ces statistiques tendent à un même constat: il est urgent de diminuer les coûts! Comment? En trouvant de nouvelles sources d'énergie. L'électricité par exemple. Les constructeurs parient là-dessus et produisent des voitures performantes et rentables pour le client. Autre alternative: les micro-algues. Seront-elles le nouveau biocarburant de demain? Les recherches sont en bonne voie et des solutions en ce sens se profilent. Deux possibilités, prometteuses et écologiques qui plus est, que nous vous proposons de découvrir dans ce numéro d'octobre. Il y en a d'autres, évidemment...

Et des sujets également: qu'est-ce que la créativité, quelle place occupe le jeu dans le processus d'apprentissage, où en sont les neutrinos, que se passe-t-il dans le ciel, comment utiliser Facebook, ... Un fauteuil au coin du feu, un plaid, un thé à la cannelle; un siège près de la fenêtre et le bercement du train qui vous ramène; ou une chaise dans la salle d'attente de votre médecin de famille, ... Bonne lecture, n'importe où mais confortablement au chaud! ■

Géraldine



Cocorico !!!

À l'heure où j'écris ces lignes, la Belgique compte un nouveau Prix Nobel, le 11^e. François Englert, de l'ULB, et Peter Higgs de l'Université d'Édimbourg, ont tous deux été récompensés pour leur découverte d'une particule élémentaire: le boson de Brout-Englert-Higgs. *Athena* les félicite pour leurs travaux!

Pour en savoir plus:
<http://athena.wallonie.be>
 (n°278 et 283).

ATHENA 294 • Octobre 2013

SPW | Éditions

Tirée à 17 500 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 081/33.44.76

• par courriel à l'adresse

geraldine.tran@spw.wallonie.be



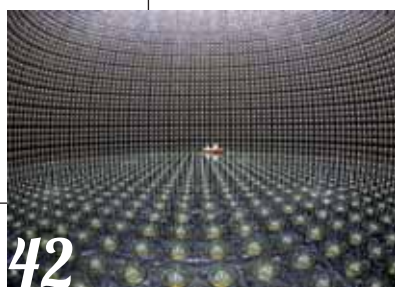
12



26



34



42

Sommaire

Actualités	04
Focus sur Wow Technology	10
Le Dossier La culture de micro-algues : le nouveau biocarburant ?	12
L'ADN de ... Maximilien COLLINGE • Horloger	16
Technologie Voiture électrique , ça roule ?	18
Internet Facebook entre passion et détestation (2 ^e partie)	22
Neurologie Créativité : judicieuse imitation ?	26
Biologie	30
Médecine Vers une mathématique de la conscience ?	34
Société Dans mes petits souliers, Saint-Nicolas va m'apporter...	38
Physique	42
Astronomie	44
Espace	46
Agenda	50

3

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 IPM
Rue Nestor Martin, 40 à 1083 Ganshoren

ISSN 0772 - 4683

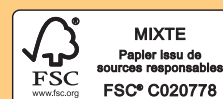
Collaborateurs
Jean-Michel Debry, Paul Devuyt,
Henri Dupuis, Anne-Lise Hantson,
Philippe Lambert, Jean-Luc Léonard,
Johan Mailier, Yaël Nazé,
Théo Pirard, Jean-Claude Quintart,
Jacqueline Remits,
Christian Vanden Berghen,
Alain Vande Wouwer

Dessinateurs
Olivier Saïve
Vince

Comité de rédaction
Laurent Antoine
Michel Charlier

Relecture
Aurélie Bailliem
Élise Muñoz-Torres

Couverture
Première
Crédit: **SCIENCE**
Quatrième
Sentinel-2
Crédit: **Astrium**



ICOS, les Wallons y sont...



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

Photos: C. MOREL - CEA / vignette

4

Le sujet taraude les consciences, alimentent moult débats et tient la Une des actualités depuis plusieurs années déjà. En effet, le changement climatique est le plus grand défi auquel aura à faire face l'humanité pendant les prochaines décennies. Mieux connu en tant que réchauffement climatique, la force motrice de ce phénomène alimente ses rouages dans l'augmentation constante des taux de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'oxyde nitreux (N₂O). La cause principale de celui-ci est connue puisqu'elle est le fruit de l'activité humaine qui multiplie, année après année, sa consommation en combustibles d'origine fossile et à la modification de la végétation mondiale suite à la déforestation. Ainsi, au cours du 20^e siècle, la température a grimpé de 0,75 °C, dont environ 0,55 °C depuis les années 70. Une ascension du mercure qui est loin d'être terminée aux dires des climatologues. Absorbant le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre, ces gaz, dits à effet de serre, ne cessent de nourrir le processus de réchauffement. Fonte des glaciers, de la calotte polaire, montée des eaux, etc.; le scénario a de quoi inquiéter, de quoi inciter à agir au plus vite.

Pour agir avec efficacité, encore faut-il être en mesure de comprendre le problème et d'en saisir surtout les tenants et aboutissants. D'où l'*Integrated Carbon Observation System (ICOS)*, infrastructure européenne qui surveille et évalue les flux de gaz à effet de serre. Deux cibles sont ici visées: construire une infrastructure pour l'observation du CO₂ et autres gaz à effet de serre afin de comprendre la situation actuelle et prédire leur futur comportement; relever les flux de ces éléments par des observations régionales et les associer aux processus d'émission. Au-delà, ICOS dressera des bilans pour supporter les actions politiques; et via un portail Web, donnera un accès gratuit aux données d'inventaire et aux produits issus des informations récoltées. Le tout, pratiquement en temps réel grâce à des observations *in situ*.

Pour quelques bonnes raisons, un tel programme ne pouvait laisser la Wallonie insensible. À la toile européenne tissée par ICOS, auquel participe la Belgique, notre région accrochera ses données prélevées sur 2 écosystèmes: la forêt et les terres agricoles. Ces relevés permettront de jauger l'apport de ces 2 environnements dans les échanges de gaz à effet de

serre, de mieux appréhender les composantes du bilan carbone de la Wallonie et enfin, d'évaluer les impacts des modes wallons en matière de culture et de gestion forestière. Portée par la DGO6, la participation wallonne, lancée le 1^{er} janvier 2013, est supportée par un financement de 3,9 millions d'euros sur 96 mois. Elle comprend l'intégration, au réseau ICOS, de 3 stations d'observations terrestres dont la gestion opérationnelle sera assurée dans le long terme. Les sites retenus sont: Vielsam avec sa forêt mature (hêtre et sapin), La Robinette pour sa forêt jeune (chêne, bouleau, hêtre, aulne, frêne) et Loncée pour ses terres agricoles. Pour suivre la dynamique du carbone, ces 3 sites concentreront leurs travaux sur le suivi des flux de CO₂ par covariance de turbulences, les relevés micro-météorologiques et la prise de mesures biométriques. Apportent ici leurs compétences en participant au programme: l'Université de Liège, via son campus de Gembloux (ULg), l'Université catholique de Louvain (UCL), le *Centre wallon de recherches agronomiques (CRA-W)* et l'*Institut scientifique de service public (ISSEP)*.

Avec ICOS, l'Europe prend enfin le problème du réchauffement climatique à bras le corps. Par son réseau d'infrastructures d'observations paneuropéen de 17 pays, elle entend jouer désormais un rôle majeur dans l'observation *in situ* des flux de gaz à effet de serre pour *in fine* comprendre le problème et agir sur base de modèles et données scientifiques éprouvés par l'expérience du terrain. Dans ses attentes, ICOS est épaulé par une brochette de partenaires prestigieux (*core partners*) comme le CEA, le CNRS et l'INRA pour la France; l'Université d'Heidelberg et l'*Institut Max Planck* en Allemagne, le CEAM en Espagne, le *Join Research Center* de la Commission européenne, les universités d'Amsterdam, Helsinki, Edimbourg et Anvers, auxquels s'ajoute encore une foule d'institutions associées. Bref, un programme dont on reparlera tant son implication dans l'analyse des causes du réchauffement climatique est capitale. ■

<http://www.icos-infrastructure.eu>

Actus...

d'ici et d'ailleurs

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

Photo(s): REPORTERS (p.5), Solar Impulse / Rezo.ch / J. REVILLARD (p.6),

Solar Impulse / Rezo.ch / C. MIHALCIK (p.6), REPORTERS / Incredible Features (p.6),
Institut Jules Bordet (p.7), Organext (p.8), Associated Press / REPORTERS (p.9)

Main dans la main...



UCB et Lieber Institute for Brain Development (LIBD) travaillent désormais ensemble à la recherche de nouveaux candidats médicaments pour le traitement des patients atteints de déficience cognitive. Cette alliance de recherche s'inscrit dans l'approche «Innovation ouverte» d'UCB, qui entend produire de nouvelles connaissances et capitaliser les avancées et expertises scientifiques d'autres acteurs afin de consolider ses capacités et compétences propres. Ensemble, UCB et LIBD produiront de nouveaux composés têtes de série et les optimiseront ensuite à partir de composés chimiques. La structure interdisciplinaire du LIBD apportera aussi son expertise unique dans les procédures de passage de la recherche fondamentale et de la découverte à la validation clinique de principe.

Pour Ismail Kola, Executive Vice President d'UCB et Président de New Medicines, «Ce nouveau partenariat donne à nos équipes mondiales de recherche sur le système nerveux central accès aux connaissances

du LIBD en ce qui touche aux mécanismes génétiques et moléculaires de base liés au troubles du cerveau, avec l'ambition d'offrir de nouveaux médicaments transformant la vie des personnes touchées par des maladies graves». Et Daniel Weinberger, directeur et administrateur-délégué du LIBD, ajoute que «Ce partenariat avec UCB boostera la mission du LIBD en armant les chercheurs de nouveaux outils pour la découverte scientifique et la mise au point de nouveaux agents thérapeutiques».

Fondé en 2010 avec la générosité de la famille new-yorkaise Lieber et la Maltz Family Foundation, le LIBD, installé à Baltimore (Maryland), est un organe de recherche universitaire privé à but non lucratif affilié à la Faculté de médecine John Hopkins. Le LIBD est le seul institut au monde axé sur l'étude des causes neurologiques de la schizophrénie et des troubles connexes liés au développement du cerveau. ■

<http://www.ucb.com>
et <http://www.libd.org>



NOS FACS AU RAPPORT

Sa dernière cuvée est toujours attendue avec impatience. Cette année encore, elle n'aura pas déçu, surtout les Belges. En effet, dans son classement mondial 2013 des 800 meilleures universités (sur 3 000 étudiées), *Quacquarelli Symonds* (QS) place la Katholieke Universiteit Leuven en 77^e position, devant l'Universiteit Ghent (122), l'Université catholique de Louvain (138), l'Université libre de Bruxelles (168), la Vrij Universiteit Brussels (172), l'Universiteit Antwerpen (185), et l'Université de Liège (240). Là où la France n'en place que 5, avec 6 universités dans le Top 200, la Belgique fait figure de championne compte tenu de la petitesse de son territoire, estime QS. Pour information, les 3 premières places sont occupées par: le *Massachusetts Institute of Technology*, la *Harvard University* et l'*University of Cambridge*.

QS, fondé en 1990 par Nuzio Quacquarelli, est spécialisé dans l'éducation à l'étranger. Avec quelque 200 salariés, l'entreprise de Hampstead (Grande-Bretagne) est présente dans le monde entier: New York, Boston, Paris, Singapour, Shanghai, etc. Son *QS World University Rankings* est considéré comme l'un des meilleurs au monde. ■

<http://www.topuniversities.com>



Le rêve américain

C'est l'exploit qu'a réussi *Solar Impulse* en traversant les États-Unis (San Francisco, Phoenix, Dallas, Saint-Louis, New York) sans consommer une once d'énergie fossile, soit 6 503 km sans une goutte de pétrole. Véritable défi à la raison économique, *Solar Impulse* est le seul avion solaire au monde capable de voler jour et nuit sans carburant ni émissions polluantes. «Une aventure scientifique et humaine exceptionnelle que nous soutenons depuis 9 ans», devait déclarer Jean-Pierre Clamadiou, président du Comité exécutif de *Solvay*, en accueillant triomphalement Bertrand Picard et André Borschberg à leur arrivée à New York. «Nous partageons les mêmes valeurs, avons la volonté de contribuer à un meilleur avenir et sommes fiers d'avoir participé à la réussite de ce projet... Merci aux équipes de *Solar Impulse* de faire de nos rêves des réalités», ajoutait-il, prêt à soutenir les équipes dans leur prochain défi: le tour du monde en 2015.

Fidèle à l'esprit de son fondateur Ernest Solvay, le chimiste belge a été, en 2004, le premier et principal partenaire à croire et à investir dans ce projet. *Solvay* a non seulement apporté sa passion pour l'innovation mais aussi les compétences des ingénieurs et chercheurs de ses centres de recherche et développement, soit plusieurs dizaines de chimistes et physiciens du groupe travaillant en Belgique, Allemagne, Italie et États-Unis. «Nous avons compris de suite que *Solvay* pouvait jouer ici un rôle important», explique Jacques Van Rijckevorsel, membre du Comité exécutif. Qui ajoute, «Notre métier est d'imaginer et créer des matériaux nouveaux. *Solar Impulse* est devenu une extra-

ordinaire vitrine pour notre savoir-faire. Ce projet est fédérateur pour nos équipes. Il reflète aussi l'esprit de notre devise "Asking more from chemistry". *Solar Impulse* n'est pas seulement un avion, c'est surtout un message de confiance dans la capacité de l'homme à se surpasser, à franchir les limites de l'impossible».

En tant que principal mécène, *Solvay* est présent sur *Solar Impulse* par 11 produits spécifiques, une vingtaine d'applications et quelque 6 000 pièces ! Concrètement, la contribution du chimiste belge concerne la propulsion via captation d'énergie solaire; la protection du système photovoltaïque; le stockage d'énergie dans des batteries au lithium; l'isolation thermique du poste de pilotage et des logements des batteries; le développement de matériaux composites ultra légers et ultra performants; la lubrification des systèmes de rotation, efficaces de -60 °C à +40 °C; le dessin et la simulation du comportement des matériaux (panneaux solaires, nervures de l'aile...) via un logiciel de calcul à la pointe de l'art. Au total, un partenariat unique pour un programme dont, à l'instar des investissements de la *Nasa* pour envoyer un homme sur la Lune, les solutions imaginées par *Solvay* trouveront demain, sinon aujourd'hui déjà, de nombreuses applications en panneaux solaires, isolation de l'habitat, batteries d'ordinateurs et téléphones cellulaires, équipements intérieurs des avions, transport terrestre, électronique grand public, etc. ■

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



Bordet à la UNE !

Patrick Flamen, professeur et chef du Service de médecine nucléaire à l'Institut Jules Bordet, avec l'aide de son équipe, a traité en juillet dernier, et pour la première fois en Belgique, une patiente souffrant d'une tumeur neuroendocrine par radiothérapie métabolique au Lutetium 177-octreotate. Pathologie particulièrement redoutable, la tumeur neuroendocrine avancée est fort heureusement assez rare; en moyenne 50 nouveaux cas par an chez nous. Une pathologie dont la pénibilité explique la démarche de Bordet pour une solution déjà offerte par d'autres pays européens, qui forçait les patients belges, jusqu'à aujourd'hui, à se rendre à l'étranger pour être soignés !

Le traitement au Lutetium 177-octreotate s'appuie sur le principe de la radiothérapie moléculaire, c'est-à-dire guidée par des molécules vectrices marquées par un isotope. Comme les tumeurs neuroendocrines sont caractérisées par une présence accrue des récepteurs de la somatostatine, on exploite ces derniers comme récepteurs d'un traitement ciblé à l'aide de molécules spécifiquement dirigées vers ceux-ci. Le traitement couple un équivalent de la somatostatine à un radio-isotope à émission bêta, le Lutetium 177, émetteur d'électrons à haute énergie. Injecté par intraveineuse, le produit se fixe sur les récepteurs spécifiques exprimés en abondance par les cellules tumorales. Mieux ciblées, pour

une moindre exposition des tissus sains aux rayons, les doses d'irradiation des tumeurs dépassent celles obtenues par une radiothérapie classique.

«Ce traitement est très efficace, explique Patrick Flamen. Il améliore significativement la qualité de vie des patients, normalisant la symptomatologie typique liée aux tumeurs neuroendocrines, à savoir des fortes diarrhées et des rougeurs au niveau du visage et du cou. Ces symptômes disparaissent même chez une grande majorité de patients». L'atout du nouveau traitement réside aussi dans son effet anti-tumoral. «Chez un patient sur trois, on note une réduction significative de la masse tumorale et chez un sur deux, la maladie progressive est stabilisée pendant une longue période», précise Patrick Flamen.



Enfin, la nouvelle approche permet une irradiation sélective des

tumeurs avec effets secondaires minimaux. Seulement 2 à 3% des malades connaissent des effets secondaires importants au niveau de la moelle osseuse et des reins, là où les solutions précédentes à l'Yttrium-90 présentaient des effets secondaires nettement plus importants. *Last but not least*, le patient est seulement hospitalisé durant 24 h, pour un traitement d'une injection tous les 2 à 3 mois et une stabilisation du malade pour une période moyenne de 3 à 5 ans. ■

<http://www.bordet.be>

Avec les Luxembourgeois

Nouvelle victoire pour OncoDNA qui, avec sa solution OncoDEEP DX, a signé un accord de collaboration en matière de diagnostic moléculaire de qualité clinique pour le cancer du poumon avec Integrated Biobank of Luxembourg (IBBL). L'entreprise wallonne permettra ainsi aux médecins grand-ducaux d'accéder à son innovation médicale basée sur le séquençage ADN de dernière génération, qui fournit des interprétations cliniquement pertinentes sur les tumeurs des patients et permet des traitements plus adaptés et efficaces.

Filiale de Bio.Be, société affiliée à l'Institut de Pathologie et de Génétique (IPG), OncoDNA est aujourd'hui leader en matière de médecine personnalisée en oncologie via l'analyse de l'ADN des tumeurs des patients. Société de niche, OncoDNA a développé OncoDEEP DX, qui opère par le séquençage en profondeur d'un panel de 50 gènes liés à la prédiction de réponses à différents traitements anticancéreux; OncoDEEP Clinical qui scrute 400 gènes et leurs mutations afin de déterminer ainsi les plus efficaces pour les soins cliniques et choisir les patients les plus aptes aux essais en cours ou à venir; et enfin OncoTrace qui piste, par biomarqueurs personnalisés, l'évolution du cancer afin de pouvoir apporter rapidement de nouvelles réponses thérapeutiques.

Banque indépendante à but non lucratif, IBBL entend faciliter la recherche médicale grand-ducale par l'introduction de nouvelles générations de soins de santé. Cette bio-banque collecte, stocke et analyse des échantillons biologiques pour mettre ensuite ces informations à la portée des organismes de recherche et les aider dans le développement de nouveaux diagnostics ou traitements. Bref, deux acteurs de renom dont la collaboration ne pourra déboucher que sur de nouveaux progrès en matière de soins oncologiques et autres ! ■

<http://www.oncodna.com>
et <http://www.ibbl.lu>

Meuse-Rhin

Fondé en 1976, l'Euregio Meuse-Rhin est l'une des plus anciennes coopérations transfrontalières. Elle fédère la province de Liège, la Communauté germanophone de Belgique (DG), la région d'Aix-la-Chapelle (Aachen), la province belge du Limbourg et le sud de la province de Limbourg (Pays-Bas). Une région fondatrice de l'Europe d'hier et d'aujourd'hui au cœur économique de l'Union européenne. Actif en économie, innovation, emploi, formation, mobilité, tourisme, etc., l'Euregio n'a de cesse de défendre les intérêts communs des acteurs sis en son périmètre géographique.

À l'occasion de l'une de ses dernières conférences, il a présenté aux forces vives 5 projets concrets de coopération, inscrits dans la valorisation de la recherche et le renouveau industriel et économique de son aire d'action. Des projets à très haute valeur:

- * **Alma in Silico** (<http://www.alma-in-silico.com>), qui réunit 4 génopôles dans le domaine de la bio-informatique. Une initiative régionale qui ambitionne toutefois de jouer un rôle clé sur le plan mondial en capitalisant sur les quelque 290 entreprises biotech et les 130 unités de recherche que compte l'Euregio Meuse-Rhin.
- * **Biomimetics** (<http://www.biomimetics.org>) qui s'active à la mise au point de nouveaux matériaux biocompatibles et durables. L'espoir ici est la création de nouveaux matériaux pour prothèses médicales aux effets secondaires diminués.
- * **Nachatt** (<http://www.nachatt.eu>) souhaite introduire les nanotechnologies dans le domaine du textile. Et notamment, dans la production de textiles techniques, comme le polyester ou le polypropylène, où le recours aux nanoparticules apporterait des avantages décisifs.

Coup d'crayon

Illustration: Vince • vince@cartoonbase.com



Il mesure 1m55, n'a pas une ride et n'en n'aura jamais, et est infatigable. Robot n°1 - c'est son nom - est désormais à votre disposition. Créé par la société bretonne First Class Robotics, ce robot peut servir des petits fours ou des boissons sur un plateau ou bien encore distribuer des brochures lors d'un salon. À louer pour... 500 euros les 3 heures !

- * **Organext** (<http://www.organext.org>), sur base de l'expertise de 12 partenaires actifs en nanotechnologies, nouveaux matériaux, optoélectronique, cellules solaires et analyse économique, envisage le lancement de nouveaux produits et nouvelles applications, comme la création de cellules photovoltaïques sur base de protéines.
- * **Top Technology Cluster (TTC)** (<http://www.ttc-innovation.eu>), dernier acteur de la brochette, travaille sur des projets dans les niches des matériaux de pointe, les biotechnologies et les systèmes high-tech.



Des projets qui en disent long sur la vitalité économique et la créativité de l'Euregio Meuse-Rhin et dont on reparlera certainement. ■

<http://www.euregio-mr.com>





Duo de ténors

Si les matériaux transparents tel le verre sont mauvais conducteurs d'électricité et si les non transparents, comme les métaux, sont meilleurs conducteurs, il existe certains matériaux conducteurs, les oxydes transparents, qui associent les 2 propriétés. Aussi, ces derniers sont-ils utilisés dans les écrans de smartphones ou les cellules photovoltaïques de dernière génération. Précisons qu'il existe 2 types d'oxyde transparent :

- le type «n» dont la conductivité émane des électrons;
- le type «p» qui tire sa conductivité de trous équivalant à l'absence de neutrons.

Tandis que ceux du type «n» offrent d'excellentes performances et sont de ce fait largement commercialisés, les oxydes de type «p» actuellement connus sont de mauvaise qualité, ce qui freine la mise au point de nouvelles technologies au niveau des cellules photovoltaïques et des ordinateurs transparents.

«Le frein à la découverte de nouveaux oxydes transparents conducteurs se situait au stade de la mesure expérimentale de leurs propriétés de transparence et de conductivité électrique, qui était très lente car exécutée manuellement. Tester les milliers d'oxydes connus en vue d'identifier les plus performants aurait duré des décennies !», souligne Gian-Marco Rignanese, professeur à l'Institut de la matière condensée et des nanosciences de l'Uni-

versité catholique de Louvain (UCL). Fort heureusement, la puissance des ordinateurs s'avère ici d'un précieux secours. Surfant sur cette force, les chercheurs ont concocté des modèles physiques permettant de calculer les propriétés de matériaux par ordinateur, avant même que celles-ci n'aient été mesurées. Les tests des propriétés de tous les oxydes transparents conducteurs de type «p» connus ainsi facilités et accélérés, il suffit dès lors de retenir les plus prometteurs.

C'est ainsi que Gian-Marco Rignanese et son compère Xavier Gonze, chargé de cours au Fonds national de la Recherche scientifique (FNRS), en partenariat avec le prestigieux Massachusetts Institute of Technology (MIT), ont calculé les propriétés indispensables à un bon oxyde transparent conducteur pour plus de 3 000 oxydes connus et ont extrait de cette liste 4 ou 5 éléments prometteurs, jamais étudiés auparavant. «Certains affichent des performances qui devraient être 10 fois supérieures à celles des oxydes "p" actuels !», note Xavier Gonze. Qui ajoute: «Les résultats de ce travail nous permettent maintenant de concentrer nos travaux sur les chimies identifiées par calcul. Le gain de temps a été colossal. Par métaphore, on peut dire que l'ordinateur a tenu pour nous le rôle joué par le détecteur de métaux dans la recherche d'une aiguille au milieu d'une botte de foin».

Pour le MIT, le travail va plus loin encore, car au-delà de l'identification des oxydes les plus prometteurs, les données produites lèvent le voile sur des recettes de production de ce type d'oxyde. Par exemple, explique Gian-Marco Rignanese, «Il s'avère que les matériaux contenant de l'étain 2+ sont particulièrement enclins à former d'excellents oxydes conducteurs de type "p"; de nouvelles recettes chimiques appelées à booster la traque aux oxydes transparents conducteurs de type "p"». L'étude du duo UCL/MIT a été publiée dans la fameuse revue scientifique Nature. ■

<http://www.nature.com>;
<http://www.uclouvain.be>
 et <http://www.mit.edu>

Le chiffre

90

Une étude conduite par le Centre européen des diététiciens de l'enfance (CEDE), en collaboration avec evian® et des institutions relatives à l'enfant et à sa santé, conclut que 90% des enfants ne s'hydratent pas suffisamment. Alors que l'European Food Safety Authority (EFSA) préconise des apports quotidiens moyens de 1,2 l/jour pour les enfants de 4 à 8 ans, de 1,425 l/jour pour les filles de 9 à 13 ans et de 1,575 l/jour pour les garçons du même âge, l'étude révèle que les enfants boivent moins d'1 l par jour !

Or, explique Isabelle Guelinckx, Fluid Intake Scientist chez Danone Research, «L'eau est le constituant principal de notre organisme, intervenant dans de nombreuses fonctions métaboliques ainsi que dans la concentration et la mémoire». Aussi, «Il est essentiel pour les enfants d'avoir le réflexe d'hydratation et de veiller à ce qu'ils boivent suffisamment d'eau tout au long de la journée et ce, au moins 3 à 4 fois par jour», précise Isabelle Thiébaud, diététicienne pédiatrique et Maître en Santé publique pour le CEDE.

<http://www.cede-nutrition.org>;
<http://www.efsa.europa.eu>;
<http://www.danone.com>
 et <http://h4initiative.com>



FOCUS

UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

sur: *WOW Technology*



Carte d'identité

NOM

WOW Technology SA

ANNÉE DE CRÉATION

2010

SECTEUR D'ACTIVITÉ

Conception et fabrication
de machines sur-mesure

CHIFFRE D'AFFAIRES

5,4 millions d'euros en 2012

NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES

45

ADRESSE

Rue Pieds d'Alouette, 18

5100 Naninne

TÉLÉPHONE

081/40 19 66

SITE INTERNET

www.wowtechnology.com

10

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

Photos: **WOW Technology**

C'est l'histoire d'une boule à vagues, inventée dans les années 1980 par Joël Demarteau, le père de l'actuel dirigeant de la société. Elle produit tant de vagues dans des piscines publiques, des parcs d'attractions, des hôtels... du monde entier qu'elle fait de *WOW Company* une affaire qui roule. Mais la société se fait aussi connaître par ses services aux entreprises. Elle met au point les moyens de tests et contrôles en mécanique, informatique et électronique, pour les secteurs aéronautique, automobile, alimentaire, pharmaceutique... Elle produit également des élé-

ments robotiques et des détecteurs pour le milieu médical, conçoit des lignes qui fabriquent les résistances des GSM... Si, en 2002, la boule à vagues représentait 35% du chiffre d'affaires, il n'est plus que de 10% en 2010. La boule fait autant de vagues, mais la robotique augmente et se diversifie. Tant et si bien qu'en 2010, le département Projets Industriels de *WOW Company*, qui représente 90% du chiffre d'affaires, devient *WOW Technology*, une société à part entière. Entretemps, Jean Demarteau, le fils du fondateur, est entré en scène. Cet ingénieur civil électronicien de l'UCL intègre la société créée par son père en 2001. Il fait ses armes dans les divers départements: software, mécanique, vente... En 2010, il est fin prêt pour reprendre la barre des deux sociétés.

WOW Technology est spécialisée en mécatronique et fabrication de machines sur-mesure. «L'une d'entre

elles peut être aussi petite qu'un iPhone et une autre aussi grande qu'une ligne de construction de 100 m, précise Jean Demarteau. Si, parfois, nous manipulons des fractions de nanolitres d'échantillons d'ADN en biologie, d'autres fois, nous allons travailler sur des pièces de 200 kg en sidérurgie. Si la majorité de nos clients sont de grands comptes en Wallonie, dans notre portefeuille, nous avons des entreprises de 1 à 100 000 personnes. Notre slogan résume bien notre activité: Engineering your ideas. Le client vient avec un concept. Cela peut être un inventeur avec un schéma sur un papier, ou une société en aéronautique avec un cahier des charges de 300 pages. L'idée est là. Nous allons réaliser le design mécanique pour arriver à la fonctionnalité demandée, mais également l'automatisation, le contrôle, le câblage. On assemble les différentes pièces tout en fabriquant sur-mesure, notamment avec nos ateliers d'usinage, les différentes pièces d'interface.»

Microscope révolutionnaire

C'est ainsi que la demande de la société Ovizio Imaging Systems à WOW Technology de réaliser un microscope holographique a donné naissance à BioLine. Un projet sur lequel la bonne fée Région wallonne s'est penchée pour lui assurer une belle vie. «La société bruxelloise Ovizio Imaging Systems détenait une technologie holographique permettant de voir des objets invisibles comme des cellules, détaille Jean Demarteau. La firme pharmaceutique GSK (GlaxoSmithKline) souhaitait réaliser du monitoring en temps réel dans ses bio-fermenteurs. Nous fabriquons la machine, c'est-à-dire un système stérile qui s'accouple de façon automatique et propre à un bio-fermenteur d'un côté, et sur un microscope compatible avec ce type d'application mécanico-optique, de l'autre.»

Le coordinateur du projet, Pascal Debrue, ingénieur électromécanicien, manager du département LMD (Laboratory and Medical Devices) chez WOW Technology, connaît BioLine comme sa poche. «Avec Ovizio, spécialisée dans la technologie holographique, notre objectif était de développer un microscope holographique et de le mettre sur le marché, explique-t-il. Nous avons travaillé en collaboration avec l'ULB sur l'aspect holographie microscopique, avec le MRC (Microgravity Research Centre) de l'ULB à Charleroi sur la mortalité et la viabilité des cellules, les Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (FUNDP) de Namur qui ont réalisé des essais sur certains types de manipulations spécifiques, et GSK qui a effectué des essais dans les bio-réacteurs sur les comptages cellulaires.»

Aide au développement et aussi à l'emploi

Au final, 2 microscopes holographiques sont mis au point. «Le premier, off-line, est destiné aux laboratoires, cliniques, universités... pour de la recherche et éventuellement, du diagnostic. Une autre, traitée par les FUNDP, est le calcul de la charge en graisses dans les cellules adipeuses. Pourquoi pas essayer de trouver un traitement pour diminuer cette charge en graisses ? Une 3^e application, qui commence à se développer, concerne le contrôle des cellules cancéreuses. Le second, in-line, est davantage dédié à l'industrie pharmaceutique. L'une des applications possibles est le comptage cellulaire. Le microscope off-line est déjà en test dans différents laboratoires, notamment chez GSK, mais également chez des clients testeurs. Le microscope in-line est également en test chez GSK et bientôt chez d'autres clients potentiels.»

Lancé début 2011 dans le cadre de BioWin, le pôle de compétitivité santé de Wallonie, le projet BioLine s'achèvera fin 2013. Sans l'aide de la Région wallonne, il n'aurait tout simplement pas vu le jour. «La Région wallonne a apporté à WOW un subside représentant 60% du développement, confirme Pascal Debrue. Sans cette aide, il aurait été difficile d'investir dans la réalisation des prototypes. WOW a été la cheville ouvrière du consortium. Sans les instruments, impossible de compter les cellules ! Non seulement, nous avons reçu des subsides pour développer la machine, mais ensuite, la fabrication et la vente de ces microscopes ont généré et génèrent de l'emploi en Wallonie. Une dizaine de personnes ont travaillé sur le projet. Nous avons vendu des microscopes holographiques à Ovizio qui les a mis sur le marché. L'année prochaine, nous espérons commencer des ventes en séries et engager du personnel. Un projet comme celui-là fait du bien à l'économie wallonne et à l'emploi», conclut le coordinateur de BioLine. ■



Le projet

pôle de compétitivité recherche

en résumé :

Type de promoteur:

Petite, moyenne ou grande entreprise et ENA dont le siège d'exploitation se situe en Wallonie.

Partenariat:

2 entreprises + 2 unités de recherche (UNIV, CRA ou HE).

Objet:

Vous envisagez de mener un projet de recherche industrielle ou de développement expérimental et vous vous inscrivez dans les domaines définis par les pôles de compétitivité.

Taux d'intervention:

L'intervention maximale de l'aide (subvention ou avance récupérable) varie entre 50 et 80% des dépenses admissibles.

Dépenses éligibles:

- les dépenses de personnel relatives aux chercheurs et techniciens
- le coût du matériel utilisé (acquisition et amortissement)
- les dépenses de sous-traitance et l'acquisition de brevets ou licences
- les frais généraux
- les dépenses de fonctionnement (le coût des matériaux, fournitures,...)

Propriété des résultats:

Vous êtes propriétaire des résultats de vos recherches et vous en disposez dans le respect de la convention et de l'accord de consortium établi entre partenaires le cas échéant.



Plus d'infos:



Département du développement technologique

Direction des Projets de Recherche
Tél.: 081/33.45.62

raymond.montfort@spw.wallonie.be

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

La culture de micro-algues : le nouveau biocarburant ?

12

Plus personne ne l'ignore aujourd'hui et le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat; IPCC, 2007) en atteste: le développement des activités humaines a entraîné, depuis le milieu du 18^e siècle, une augmentation drastique des concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre. Parallèlement à cela, la température moyenne de l'air et des océans ne cesse de croître, favorisant la fonte accélérée des glaces de notre planète (qui en sont la principale réserve d'eau douce), la multiplication des phénomènes climatiques extrêmes (canicules, pluies diluviennes, inondations dues à l'élévation du niveau des mers, activité cyclonique intense, etc.), et la dérégulation (voire l'extinction) de nombreux écosystèmes



Texte : **Johan Mailier** (Laboratoire d'Automatique, UMONS),
Anne-Lise Hantson (Service de Chimie et Biochimie Appliquées, UMONS),
Alain Vande Wouwer (Laboratoire d'Automatique, UMONS)

Photos : **BELGA/AFP** (p.12)

Il est aujourd'hui établi que plus de la moitié des gaz à effet de serre d'origine anthropogénique résulte du dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) qui a lieu lors de l'utilisation de carburants fossiles, notamment dans les secteurs de l'énergie, de l'industrie et des transports. Dans ce contexte environnemental alarmant, le développement d'alternatives durables aux produits pétroliers est devenu une véritable nécessité, renforcée par l'épuisement annoncé des réserves mondiales dans les prochaines décennies.

Actuellement, 2 filières principales se partagent le marché des biocarburants: la filière alcool (bioéthanol et dérivés), qui procède par fermentation du sucre naturellement abondant chez certaines espèces végétales comme la canne à

sucre ou la betterave sucrière, et la filière huile (dont fait partie le biodiesel) qui exploite le contenu lipidique d'espèces végétales oléagineuses bien connues telles que le tournesol ou le colza, mais aussi plus exotiques comme le jatropha, le palmier à huile, le soja ou le ricin.

Le bioéthanol est déjà bien implanté comme carburant de transport, et la canne à sucre en est la source la plus productive dans des pays comme le Brésil, où son rendement annuel peut atteindre 7,5 m³ par hectare. En Europe, le bioéthanol, dont le contenu énergétique ne représente à poids égal que 64% de celui du biodiesel, n'est utilisé que comme additif en relativement petites quantités. Son coût de fabrication étant plus élevé que celui du biodiesel, la production de ce dernier semble être la meilleure option, d'autant plus

qu'il correspond à la demande majeure de la part des pays européens.

Ces biocarburants, à la production desquels d'immenses surfaces de terres arables ont été dédiées, sont cependant la cible de nombreuses critiques de la part des associations de défense des droits de l'Homme, puisqu'ils concurrencent directement les cultures alimentaires, favorisent la déforestation et induisent une flambée des prix des denrées alimentaires de base telles que les céréales.

Le potentiel des micro-algues

Avec leur contenu lipidique pouvant atteindre plus de 75% du poids de leur biomasse sèche, les micro-algues offrent une alternative particulièrement attractive aux biocarburants actuels. À titre de comparaison, les cultures actuelles de soja et de palmiers à huile ont une fraction lipidique inférieure à 5% et ne peuvent donc fournir que de faibles quantités de biodiesel à mélanger au diesel pétrolier ou à utiliser pur dans des moteurs adaptés. De plus, à illumination égale, ces microorganismes photosynthétiques présentent une croissance beaucoup plus rapide que celle des plantes oléagineuses terrestres, avec des temps de doublement observés souvent inférieurs au jour. En réalité, même si le contenu lipidique des algues ne s'élevait qu'à 15% de leur biomasse sèche, leur culture pour la production de biodiesel serait encore acceptable et ne nécessiterait qu'une surface relativement réduite. Ainsi, selon le professeur Ysuf Chisti, de la *Massey University* (Nouvelle-Zélande), 6% de la surface cultivée aux États-Unis (contre 61% pour la culture de palmiers à huile) seraient suffisants pour produire annuellement le 0,53 milliard de m³ nécessaire aux transports du pays. Enfin, la culture de micro-algues en système clos permet de maintenir l'eau dans un circuit fermé, ce qui rend cette technique particulièrement intéressante en milieu aride, là où l'arrosage des végétaux terrestres est impossible.

Les micro-algues peuvent être cultivées à large échelle dans des photobioréacteurs opérés en continu durant la jour-

née. Les systèmes les plus couramment utilisés pour la production de molécules à haute valeur ajoutée telles que les protéines, les pigments sont les photobioréacteurs tubulaires, qui consistent en un arrangement de tubes de verre ou de plastique transparent (*voir photo ci-dessous*). Une disposition parallèle de ces tubes sous forme de palissade permet de maximiser, pour un volume de culture donné, la surface du système exposée à la lumière. Il faut cependant noter que le coût des réacteurs tubulaires semble difficilement se prêter à la production d'algocarburants, notamment à cause de l'importante énergie de pompage nécessaire pour faire circuler le milieu de culture à travers les tubes. Une alternative est d'utiliser des réacteurs à plateaux dont la circulation est intégralement assurée par l'injection de bulles. Ces systèmes relativement peu coûteux sont disposés en rangées de façon à garantir une large surface d'exposition à la lumière. Cependant, afin de parvenir à une production rentable de biodiesel algal, la consommation énergétique de l'ensemble du procédé doit être réduite, spécialement dans les étapes de transfert de masse.

Comme tous les êtres vivants, les micro-algues sont composées de protéines, de sucres et de lipides, ces derniers ayant le plus de valeur d'un point de vue énergétique. Il est donc important de privilégier la croissance de cellules à haute teneur lipidique, puisque celles-ci ont une plus grande valeur calorifique et offrent, de ce fait, de meilleurs rendements lors de l'extraction de leur huile. Plusieurs études montrent que le contenu lipidique de

certaines espèces peut être augmenté par l'application, lors de leur culture, d'un stress osmotique ou d'une carence du milieu en azote. Il est toutefois à noter que ces états de stress ralentissent la division cellulaire, et qu'il est dès lors important de trouver le meilleur compromis entre la productivité du système en biomasse et la valeur calorifique de celle-ci en ajustant le contenu salin azoté du milieu de culture.

Vers une production durable

Une production durable de biodiesel algal nécessite d'obtenir de grandes quantités de biomasse en utilisant un maximum de ressources librement disponibles comme la lumière du Soleil ou certains nutriments. Ceci ouvre de nouvelles perspectives d'exploitation des résidus tels que les rejets industriels de CO₂ et d'eaux usées. Ceux-ci pourraient en effet être recyclés en milieu de culture, dans un procédé qui combinerait à la fois fixation du CO₂, traitement de l'eau et production de biodiesel.

L'utilisation de micro-algues pour la capture du CO₂ offre de nombreux avantages:

- Ces microorganismes ont une capacité de fixation 10 à 50 fois supérieure à celle des plantes conventionnellement rencontrées en agriculture, en sylviculture ou dans le milieu aquatique (1,7 kg de CO₂ fournit 1 kg de biomasse algale).





14

- La séquestration biologique permet un recyclage «complet» du CO₂ en biofuel, tandis que les méthodes classiques de mitigation rencontrent des problèmes d'élimination des absorbants usés et du CO₂ capturé.
- Les procédés physico-chimiques de capture consomment beaucoup d'énergie, et le seul incitant économique en leur faveur sont les quotas de CO₂ suscités par le Protocole de Kyoto.
- La séquestration algale peut être rendue plus attractive économiquement et écologiquement, en la combinant avec d'autres procédés comme le traitement des eaux d'une part, et la valorisation de la biomasse après extraction de l'huile d'autre part (nourriture protéinée pour animaux, digestion anaérobie pour la production de biogaz, etc.).

Les micro-algues peuvent capturer le CO₂ de différentes sources, dont celui des gaz d'échappements industriels (responsables de plus de 7% des émissions totales de CO₂ et contenant jusqu'à 15% de CO₂ disponible à moindre frais), et le CO₂ renfermé par les carbonates solubles (NaHCO₃, Na₂CO₃). Ces der-

niers peuvent être obtenus par absorption physique ou chimique, puis utilisés comme nutriments pour la culture algale. En particulier, le CO₂ industriel émis la nuit pourrait être converti en hydrogénocarbonate et stocké en vue d'une conversion biologique pendant la journée.

En plus de la mitigation du CO₂, l'utilisation des eaux usées comme milieu de culture de micro-algues offre les avantages suivants:

- Les micro-algues sont efficaces dans l'élimination de l'azote et du phosphore, ainsi que dans la biosorption des ions métalliques, ce qui rend cette stratégie particulièrement intéressante du point de vue environnemental.
- La croissance hétérotrophe de certaines espèces s'est avérée prolifique pour la production de biomasse et de métabolites tels que les lipides. La matière organique présente dans les eaux usées pourrait donc être consommée par les algues et augmenter leur productivité.
- L'utilisation d'eau usée permet de se passer de certains produits chimiques comme le nitrate de sodium et le phosphate de potassium, qui dans le cas contraire, devraient être ajoutés au milieu de culture.
- L'utilisation d'eau usée permet d'économiser les réserves d'eau douce.

Bien que cette solution semble séduisante de prime abord, il est bon de noter qu'un des problèmes majeurs rencontrés lors de la culture de micro-algues à grande échelle provient du risque de contamination par des espèces indésirables (autres micro-algues, protozoaires, bactéries, etc.). Le mélange d'eaux usées au milieu de culture augmente fortement ce risque, d'où la nécessité d'étudier les phénomènes de compétition entre espèces afin de pouvoir sélectionner avec précision les conditions opératoires à appliquer en cas de problème (ajustement du pH, de la température, etc.).

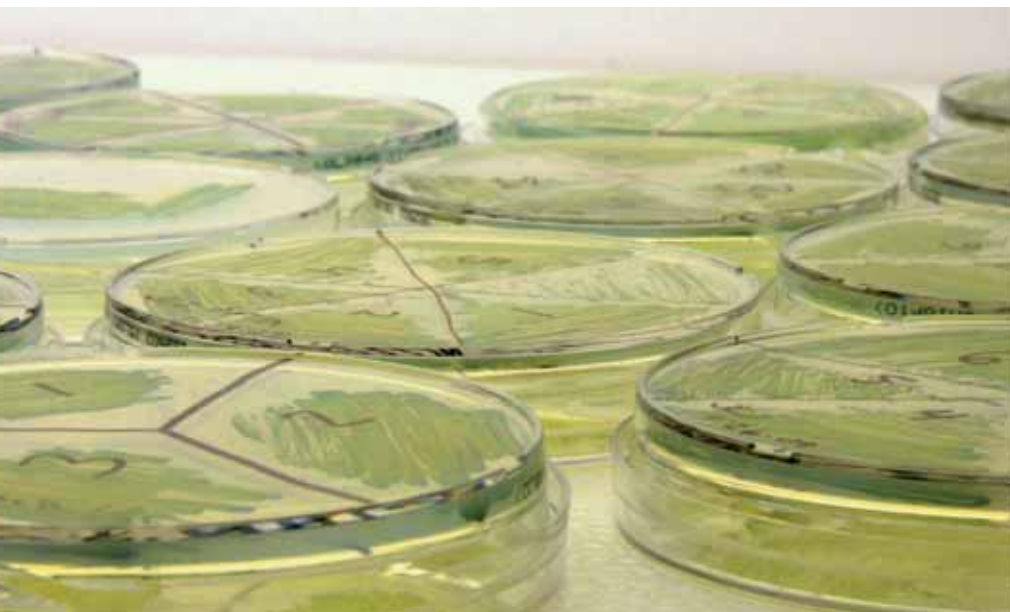
Ce dernier point souligne l'importance d'une bonne caractérisation de l'espèce algale sélectionnée par rapport aux facteurs mentionnés ci-avant, afin de contrôler celle-ci efficacement et d'éviter les contaminations.

Étapes de récolte et de conversion

La récolte des micro-algues est considérée comme une partie coûteuse (entre 20 et 30% du coût de production des algo-carburants) et problématique du procédé de production, notamment à cause de la faible densité de biomasse obtenue lors de leur culture. Celle-ci varie typiquement de 0,5 g à 1 g de biomasse sèche par litre en bassin ouvert (de type lagune), et peut s'élever jusqu'à 5 g/l (voire 20 g/l, dans des cas exceptionnels) en photo-bioréacteur fermé. Les tentatives d'augmentation des concentrations en biomasse n'en sont toutefois pas à leur fin. Ainsi, des expériences ont montré qu'il était possible d'atteindre des concentrations de 15 g/l en choisissant une composition du milieu de culture et une géométrie de photo-bioréacteur adéquats. D'autre part, la conversion industrielle de cette biomasse en algo-carburant requiert l'obtention d'une boue cellulaire contenant au moins 300 à 400 g/l de biomasse sèche. Ceci implique de concentrer entre 100 et 1 000 fois la suspension algale sortant du système, étape nécessitant un grand apport d'énergie. La sélection d'une technologie adéquate pour la récolte de la biomasse algale ne peut donc se faire qu'au cas par cas, et son optimisation est une condition essentielle dans l'élaboration d'une production économiquement viable.

Une méthode intéressante consiste à récolter la biomasse en 2 étapes. La première est une récolte grossière à grande échelle qui consiste à séparer la biomasse de la suspension de cellules et permet d'atteindre un facteur de concentration de 100 à 800, en fonction de la densité initiale en micro-algues et de la technologie utilisée (généralement, floculation et décantation). La seconde étape vise à épaissir la boue ainsi obtenue par centrifugation et filtration, ce qui permet d'augmenter la concentration en biomasse d'un facteur 10 à 30. Cependant, même si la centrifugation est efficace, elle n'en reste pas moins coûteuse en énergie. Une autre solution envisagée est de travailler avec des espèces de micro-algues faciles à récolter. L'utilisation d'organismes filamenteux ou qui ont tendance à former





des colonies permettent d'économiser beaucoup d'énergie, comme c'est le cas pour l'espèce *Spirulina*.

Il existe plusieurs façons de convertir la biomasse algale en biofuel. Celles-ci peuvent être classifiées comme suit:

- les conversions biochimiques, qui incluent la digestion anaérobie pour la production de méthane,
- les réactions chimiques, qui impliquent la transestérification des lipides accumulés dans les cellules afin de produire du biodiesel,
- la combustion directe ou la co-combustion;
- les conversions thermochimiques, qui incluent la pyrolyse, la gazéification et la liquéfaction.

Où en sont les recherches ?

C'est dans ce contexte que des recherches sont actuellement menées à la FPMs sur la possible intégration des micro-algues à des procédés d'épuration des eaux usées et sur la production d'une biomasse à haute densité cellulaire et à haute teneur lipidique. Ainsi, l'immense diversité d'espèces présentes à l'état naturel permettrait de venir à bout de nombreux polluants (nitrates, phosphates, métaux lourds,...) et la biomasse produite pourrait être valorisée

par la production de biodiesel, mais également comme complément alimentaire pour animaux.

Les développements sont principalement organisés autour de 2 grands axes

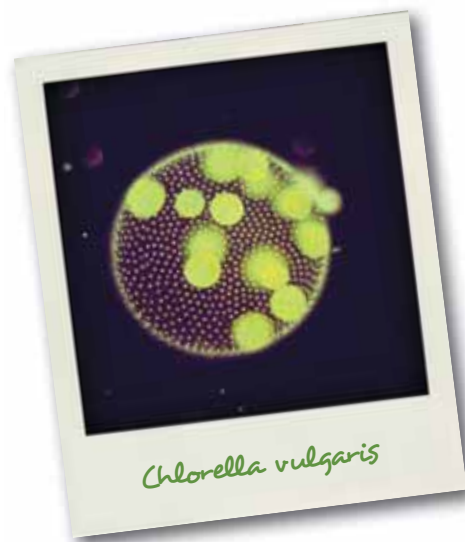
1. Des études en photo-bioréacteur de type «coil» ou «airlift» de conditions de culture optimales en régime lumineux similaire à la succession des phases diurnes et nocturnes de micro-algues à haut potentiel lipidique.
2. Des études théoriques de modélisation des bioprocédés appliquées aux cultures d'algues qui permettent au départ de jeux de données expérimentales d'établir des modèles dynamiques et des observateurs d'état utiles à la commande et la supervision de ces procédés complexes en se basant sur des mesures simples: pH, concentration en oxygène dissous, concentration en CO₂ et en O₂ dans les gaz de sortie du bioréacteur, densité optique...voire certains substrats.

Les souches actuellement étudiées sont des souches qui présentent des vitesses de croissance élevées et des potentiels d'accumulation de lipides importants (jusqu'à 40% de leur teneur en matière sèche); il s'agit entre autres de *Dunaliella tertiolecta*, *Chlorella vulgaris* et *sorokiniana*, *Spirulina maxima* et *platensis*.

En parallèle à ces recherches orientées sur la production de biomasse et de lipides, des méthodes de caractérisation des teneurs en triglycérides et en acides

gras sont exploitées et optimisées parmi lesquelles la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et la spectrofluorimétrie. Pour cette dernière méthode, le marquage des acides gras au Rouge du Nil est contrôlé par microscopie à épifluorescence. Les essais actuels montrent en effet des possibilités d'accumuler au sein de *Dunaliella tertiolecta* de l'ordre de 30% de lipides avec des cinétiques de croissance acceptables en travaillant dans des conditions de culture batch. Les développements se poursuivent pour accroître ces valeurs et augmenter les densités cellulaires en photo-bioréacteur «coil».

Des études complémentaires sont également menées sur l'utilisation optimale de l'énergie lumineuse et l'utilisation de lumière monochromatique et de périodes d'éclairement intense mais très brèves de l'ordre de la milliseconde. Ces recherches ont pour but de limiter l'apparition des phénomènes de photoinhibition et d'accroître la production de la biomasse algale en optimisant au mieux l'énergie lumineuse fournie aux systèmes photosynthétiques. ■



+ Plus d'infos:

Plus d'infos et toutes les références bibliographiques peuvent être obtenues auprès de Alain Vande Wouwer à alain.vandewouwer@umons.ac.be



L'ADN de...

Maximilien COLLINGE

Horloger

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

Photos: **SCIENCE** (ADN), freeimageslive.co.uk (p.16), **M. COLLINGE** (pp.16-17)

Recto

16

Horloger, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ? Je ne sais pas si c'est une vocation, mais une réelle passion. Je me suis toujours intéressé aux montres et à leur mécanisme. Petit, j'aimais démonter les réveils et comprendre leur fonctionnement. Mais je ne voyais pas dans cette passion un métier. Il m'a fallu du temps et plusieurs échecs pour trouver ma voie. Puis un jour, suite à la lecture d'un magazine spécialisé en horlogerie et spécifiquement sur l'horloger Journe, j'ai eu un déclic. Sa perception de l'horlogerie m'a vraiment donné envie de travailler dans ce domaine.

Comment devient-on horloger ? Pour devenir horloger en Belgique, à ma connaissance, il n'y a que l'ATA à Namur. En ce qui me concerne, j'ai effectué 2 années, la 5^e et la 6^e secondaire professionnelle en bénéficiant de dispenses pour les cours généraux étant donné que j'ai suivi mes études dans le cycle général. Cependant, le cursus traditionnel commence à partir de la 4^e année professionnelle, il faut se diriger vers la section horlogerie jusqu'en 6^e ou 7^e.

Vous travaillez actuellement pour les montres Journe à Genève, était-ce un souhait de vous expatrier ? Quels sont les débouchés en Belgique ? Oui c'était un souhait car je voulais absolument travailler au côté de Monsieur Journe qui est un des plus grands horlogers. La Suisse étant le pays de l'horlogerie, les possibilités sont très vastes et plusieurs spécialisations ne sont possibles que là-bas. Par exemple, pour travailler sur des montres à grandes complications. Concernant les débouchés en Belgique, il y a plusieurs possibilités: bijouterie horlogerie, services après vente (comme Rolex et le Watchgroup à Bruxelles) ou encore dans un atelier indépendant.

Quelle est votre journée-type ? Ma journée débute par les travaux de réglages qui demandent le plus d'attention car travailler sur de si petites pièces exige beaucoup de concentration. J'entends par là: l'ajustement des pièces, le montage du mouvement. L'après-midi, je me consacre à des travaux d'emboîtement,

c'est-à-dire tout l'habillage du mouvement mécanique. Fin de journée, je contrôle le travail effectué durant la journée afin que ce dernier soit parfait.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «technico-scientifiques» ? La science nous permet de pouvoir fabriquer des pièces de plus en plus petites et précises. Nous utilisons beaucoup la physique pour les calculs de force et de rouage. Le monde de l'horlogerie touche évidemment à la mécanique (un mouvement de montre peut être comparé à un moteur de voiture en 20 fois plus petit) et donc à la science.

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ? Une des plus grandes difficultés est de travailler sur des pièces de la taille d'un cheveu. C'est un travail qui requiert beaucoup de concentration, de patience et de logique. Je dirais que la plus grande difficulté est de garder une constance dans le travail. Effectivement, le luxe exige un très haut niveau de finition et donc une très grande qualité.

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ? Ma plus grande réussite est d'être rentré chez Journe et d'avoir réussi à m'intégrer et à me faire ma place en Suisse. Plus concrètement, dans les semaines à venir, je vais avoir la chance de réaliser une des toutes dernières montres que François-Paul Journe vient de créer: un quantième perpétuel à saut instantané.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ? Plus qu'un conseil, j'aimerais une conscientisation du métier. En effet, le métier d'horloger offre de nombreuses possibilités et une chance de pouvoir évoluer en permanence. Je pense que pour être un bon horloger, il faut être passionné de ce monde magnifique qu'est l'horlogerie. ■

F.P.JOURNE
Invenit et Fecit

NOM: COLLINGE

PRÉNOM: Maximilien

ÂGE: 30 ans

ENFANTS: Pas encore

PROFESSION: Horloger en complication chez
Montres Journe SA GenèveFORMATION: Secondaires au Collège Saint Quirin de Huy,
IATA - section horlogerie à Namur

ADRESSE:

Atelier: rue de l'Arquebuse, 17 à 1204 Genève (Suisse)

Boutique: Place Longemalle, 13 à 1204 Genève (Suisse)

Tél.: +41 22 810 33 33



Plus d'infos:

<http://www.iata.be>

<http://www.fpjourne.com>

max_collinge@yahoo.fr

Verso

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ? Peintre. Je ne suis pas doué en dessin et c'est un talent que j'aurais aimé avoir. De plus, la peinture laisse à chacun la possibilité de se faire sa propre interprétation. Cette vision des choses me séduit. Comme disait un peintre: la peinture n'existe que dans les yeux de ceux qui la regardent.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ? La téléportation, afin de pouvoir être plus présent auprès de ma famille et de mes proches. Habitant en Suisse, je souffre parfois de ne pas pouvoir être là dans les moments importants. De plus, ce don me permettrait d'aller où je le souhaite.

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ? L'histoire. Car je considère qu'il est très important de savoir d'où l'on vient et pourquoi certains événements se sont passés. Une bonne connaissance de l'histoire nous permet de mieux comprendre notre présent.

Je vous offre un laboratoire, vous plancherez sur quoi en priorité ? Alzheimer. Parce que je trouve que perdre ses souvenirs, c'est perdre une partie de soi, de son identité. Il n'y a rien de plus beau que l'échange de souvenirs et d'expériences. Cette maladie met en péril ce qui nous permet d'évoluer et de nous détendre: les liens sociaux.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle, ce serait lequel et pourquoi ? Un Iphone. Afin de pouvoir posséder plusieurs applications et m'adapter en toute situation. De plus, aimant l'actualité et me documenter, je serais à la source de toutes les informations.

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ? J'irais en Papouasie Nouvelle Guinée. Effectivement, mon oncle photographe a effectué plusieurs reportages photos sur différentes tribus. J'aimerais m'y rendre afin de découvrir les Papous et comprendre toutes leurs traditions et rituels.

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ? David Bowie. J'adore cet artiste et je suis un passionné de musique. Bowie a réussi à faire danser plusieurs générations tout en gardant un style bien à lui et ne pas tomber dans les succès commerciaux comme certains artistes. ■

17



Voiture électrique

Ça roule ?

L'Union européenne fait grand cas de la mobilité électrique, dans le contexte général de la transition énergétique jugée nécessaire pour faire face aux défis supposés du futur: changement climatique et épuisement progressif des sources d'énergie fossiles. L'Europe prévoit qu'en 2020, elle comptera quelque 4 millions de véhicules électriques (dont 100 000 en Belgique) alimentés par 8 millions de points de chargement. La Belgique seule alignerait 207 000 points de chargement, dont 21 000 publics !

18



Texte : Jean-Luc LÉONARD · jlleonard@voo.be

Photos : IMPERIA (p.19), PEUGEOT (p.20)

Cette projection est pour le moins ambitieuse. Dans l'état actuel des choses, moins de 40 000 véhicules électriques (VE) ont été vendus dans l'Union entre 2010 et 2012 (la Belgique en comptait 1 800 au 1^{er} janvier 2013). Il faudrait donc une spectaculaire accélération des ventes pour atteindre l'objectif européen de 4 millions d'unités en 2020. Il est vrai que les modèles électriques et hybrides se sont multipliés ces derniers temps et que des constructeurs y croient. Vraiment. Le patron de *Renault-Nissan*, Carlos Ghosn affirmait en mai dernier que sa firme, qui peut être considérée comme un des leaders mondiaux dans le domaine, en vendrait 100 000 avant la fin de l'année 2013. Si le marché lui donne raison, alors, on pourra considérer que l'objectif de l'Union n'est pas déraisonnable.

Mais il y a encore loin de la coupe aux lèvres, comme le suggère la plupart des interventions entendues le 30 mai dernier à Bruxelles, lors de la journée d'étude consacrée à la mobilité électrique routière par la *Société royale belge des électriciens (SRBE-KBVE)*.

Brève histoire des batteries

Le cœur d'un véhicule électrique, c'est évidemment la batterie, qui doit être rechargeable par définition. Ce qui entre surtout en jeu, c'est sa capacité, par rapport à sa masse et à son volume. Cette capacité s'exprime en Watt-heure (Wh) par kilo et par litre. À prendre aussi en considération, le nombre de

cycles charge-décharge qu'elle peut supporter, sa température d'opération, sa sûreté (il ne faut pas qu'elle puisse brûler ou exploser), sa maintenance, son éventuelle toxicité, sa «recyclabilité» et surtout son coût, résume l'un des meilleurs spécialistes belges des batteries, Marcel Meeus, d'*Umicore*.

Cette firme, historiquement issue de l'Union minière, s'est d'ailleurs préparée à une émergence de la mobilité électrique puisqu'elle a été la première en Belgique à construire (à Hoboken) une usine de recyclage capable de traiter 7 000 tonnes de batteries, parmi un total de 350 000 tonnes de déchets technologiques divers, d'où l'on extrait 26 éléments chimiques, métalliques et autres, pas tous rares mais tous précieux dans le contexte actuel d'exploitation soutenue des matières premières.

Les premières batteries rechargeables existent depuis 1956. Composées de nickel et de cadmium (NiCd), elles ont été supplantées dès 1989 par les batteries NiMH (nickel métal hybride). Ces dernières ont une capacité double des NiCd et l'intrinsèque avantage d'être démunies d'effet de mémoire. Il ne fallait donc pas les vider complètement avant de les recharger, comme c'était le cas des NiCd. Puis, 3 ans plus tard, sont apparues les batteries Li-ion (lithium-ion).

Sur ces 3 générations, la capacité est passée de 40 Wh/kg et 150 Wh/l à 160 Wh/kg et 450 Wh/l. Autrement dit: 4 fois plus d'énergie dans le même poids et 3 fois plus dans le même volume. La tension a également triplé, puisque l'on est passé de 1,2 V pour les NiCd et les NiMH à 3,6-3,7 V pour les Li-ion. Il va de soi que les gains de poids et de volume permettent de concevoir des voitures plus légères et plus compactes, ce qui amplifie l'avantage obtenu par un meilleur rendement des batteries.

Aujourd'hui, on mise à court terme sur le perfectionnement des batteries Li-ion, dont de nouveaux matériaux notamment nanocomposites combinés à de nouveaux électrolytes (liquides ou gel) permettent d'améliorer encore les performances. Les recherches de pointe visent à développer des systèmes innovants, comme les Li-Air, les Zn-Air (zinc-air) les Li-S (lithium-soufre), Na-Ion (sodium-ion) et d'autres. On espère, à terme, atteindre des capacités de 400 Wh/kg et dépasser les 1 000 Wh/l, le tout à un coût qui, en 2020, devrait tomber sous la barre des 250 dollars par kWh de capacité, soit à peu près la moitié du prix actuel, estime Marcel Meeus.

L'impact du VE sur le réseau

Bruno Gouverneur, parlant au nom de Synergrid (qui rassemble les gestionnaires de transport et de distribution d'électricité et de gaz en Belgique: Elia, Fluxys, Infrac, Sibelga, Tecteo, etc...) souligne l'aspect positif des véhicules électriques pour le réseau si la recharge a lieu en dehors des pointes de consommation électrique. C'est évidemment aussi

Une wallonne parmi les stars



Le VE n'est pas une nouveauté en soi. Le premier bolide à atteindre les 100 km/h, la «Jamais Contente» du pilote belge Camille Jenatton, a réalisé cette performance le 28 avril 1899. Depuis lors, quelques tentatives isolées de relance du VE ont eu lieu et ont toutes échoué. Mais c'est désormais un mouvement beaucoup plus puissant qui s'efforce de la ramener au devant de la scène.

La voiture qui a le plus contribué à populariser la mobilité électrique est pourtant une voiture hors de prix pour le commun des mortels: la Tesla Roadster. Ce bolide est apparu sur les routes de Californie en 2010 et a été rapidement adopté par plusieurs célébrités, entre autres par le gouverneur Arnold Schwarzenegger. Vendue à plus de 100 000 dollars, cette voiture de sport biplace, d'une autonomie supérieure à 300 km, capable d'atteindre les 100 km/h en 4 sec et de dépasser les 200 km/h en pointe, est désormais «sold out» aux États-Unis, alors qu'elle n'a débarqué que récemment en Europe. Tesla veut se concentrer désormais sur ses berlines: la model S, vendue depuis l'an dernier au prix de 60 000 dollars et la model X annoncée sur le marché pour 2014. Une autre sportive à 2 places, la Pariss, proposée par le fabricant français Mobilys, est apparue sur le marché entre-temps, à la mi-2013. Plus légère que la Tesla, elle est aussi moins chère (60 000 euros) et revendique une autonomie qui, en option, pourrait atteindre les 700 km sans recharge!

Et il y a aussi, last but not least, une voiture belge, et même wallonne: l'Imperia conçue à Liège par Green Propulsion, qui se destine aussi à des clients fortunés puisqu'elle est affichée à quelque 100 000 euros hors TVA (voir photo ci-dessus). Ce n'est pas une voiture électrique pure, mais une hybride essence-électrique qui laisse en permanence à son conducteur le choix du régime tout en lui ôtant l'angoisse de la décharge électrique. Il peut ainsi rouler en mode hybride sur autoroute, sans craindre la panne de batterie, tant que son réservoir d'essence n'est pas vide. Et une fois en ville, il peut se mettre en mode électrique pur. Ce bijou de technologie, assemblé sous un design classique, affiche des performances équivalentes au Tesla Roadster pour atteindre les 100 km/h en 4 sec, battant la Porsche Carrera en nervosité (avec le km arrêté en 22,5 sec) tout en ayant un bilan CO₂ plus modeste que la Smart Fortwo (moins de 50 g/km). Bref, un beau compromis à la belge...

<http://www.imperia-auto.be>

un avantage pour le client de pouvoir recharger ses batteries chez lui au tarif de nuit. La différence pourrait être du simple au décuple, entre la recharge nocturne à domicile, qui n'exige qu'un matériel assez peu onéreux, et la recharge rapide en stations-services, où l'investissement à consentir - et donc à amortir - est beaucoup plus considérable.

Dans un terme prévisible - si l'on envisage que 10% des véhicules sont électriques -, il n'y a pas de gros problème *a priori* pour les réseaux. Ce qui n'exclut pas des soucis locaux, comme ceux occasionnés naguère quand des panneaux photovoltaïques étaient massivement installés là où le réseau n'avait pas été renforcé. La contrariété serait qu'il y ait trop de véhicules électriques à recharger dans une région où l'on consomme déjà, sans eux, beaucoup d'électricité. À noter que ces précautions ne sont nécessaires qu'en basse tension. Mais c'est un facteur à prendre en compte.

La recharge des VE, s'ils sont en nombre suffisant, offrirait même une marge de flexibilité bienvenue aux gestionnaires du réseau qui doivent veiller en permanence à équilibrer la production et la consommation d'électricité. À plus long terme, les VE en charge pourraient-ils

contribuer à répondre à de brusques hausses de la demande (détectées, par exemple, par le système du *Smart Grids* - la gestion informatique permanente, en temps réel, de l'offre et de la demande d'électricité) et servir de source auxiliaire de courant ? Dans le contexte actuel, ce n'est guère envisageable, ne fût-ce que par la dégradation des batteries que provoquerait l'accélération des cycles recharge-décharge et par les possibilités de spéculation que cela induirait (des gens pourraient recharger des VE à bon marché la nuit, puis revendre le courant plus cher en heures de pointe). Les VE sont donc une opportunité du point de vue du réseau.

Une étude du *Boston Consulting Group (BCG)* confirme que la recharge nocturne chez les particuliers sera sans doute la plus utilisée dans un avenir prévisible. Le *BCG* prévoit que le parc automobile bruxellois comptera près de 50 000 véhicules électriques en 2020, un peu plus de 5% du parc, qui consommeront seulement 2% de la demande électrique actuelle de la région. Cette dominance de la recharge à domicile n'exclut pas la présence, dans des stations-services, de points de recharge rapide qui ont toutefois pour inconvénient de réduire l'espérance de vie de la batterie. Ici non plus,

comme en diététique, le fast food n'est pas optimal.

C'est pourtant le modèle qui a été choisi dans la plus grande expérience européenne d'utilisation de mobilité électrique, expérience menée dans un des plus petits pays de l'Union: l'Estonie. Ce pays balte est équipé, depuis juin 2012, de quelque 165 stations de recharge rapide (soit une tous les 50 km), destinées à alimenter, dans un premier temps, plus de 500 voitures électriques *Mitsubishi i-Miev* acquises par le Ministère des Affaires sociales. La population sera encouragée à suivre cet exemple, qui s'appuiera non seulement sur le réseau de recharge le plus important d'Europe, mais aussi sur des incitants des pouvoirs publics, soucieux de réduire à la fois la pollution atmosphérique et la dépendance énergétique de l'Estonie. Détail intéressant: la mobilité électrique affrontera, dans ce pays, des conditions sévères, jusqu'à -25 °C au cœur de l'hiver.

Un avenir radieux ?

À côté d'une poignée de voitures électriques d'élite (voir l'encadré p.19), une

Douze mois de test dans la vie réelle

Centre de recherche de *GdFSuez, Laborelec* a mené avec la VUB une étude en profondeur sur une des premières voitures électriques disponibles sur le marché. Commencés en juin 2011 et toujours en cours, les tests cherchent à évaluer le comportement des voitures dans les diverses conditions de la vie réelle. L'étude porte, précise l'ingénieur Laurent de Vroey, sur 5 *Peugeot iOn*, conduites par 6 conducteurs différents dans des conditions variables de trajets (plus ou moins long) et de route (parcours urbain, autoroutier ou mixte) et a déjà pu mesurer les résultats d'une année complète, de juillet 2011 à juillet 2012, traversant donc les 4 saisons.

Les 5 voitures, confiées à des employés d'*Electrabel*, sont utilisées de 2,5 à 5 jours par semaine avec une distance maximale quotidienne de 60 km, qui est compatible avec l'autonomie limitée des VE. La consommation des auxiliaires (chauffage, dégivrage, climatisation, éclairage, management de la batterie, etc.) avale entre 25 et 60% de l'énergie, variant selon les conducteurs et les conditions météo. La puissance exigée par les fonctions auxiliaires peut varier du simple au décuple (entre 0,8 et 8,5 kW) quand il fait très froid, mais

pendant la moitié de l'année, elle se maintient sous le niveau assez sage de 1,5 kW.

À noter qu'à une température de -10 °C, la voiture (à cause de ses auxiliaires, principalement) consomme 2 fois plus de courant que sous une température de +20 °C. La différence augmente encore si le véhicule passe la nuit à la belle étoile; dans ce cas, il consommera encore 50% de plus que la voiture qui dort au garage. Compte tenu des variations de température, de conditions routières (autoroute ou circuit urbain) et de comportement des conducteurs, la consommation des 5 voitures électriques s'est située entre 10 et 25 kWh par 100 km, en fonction de la vitesse imposée par les divers conducteurs. La consommation minimale d'électricité (moins de 5 kWh) est atteinte autour de 40 km/h. Par comparaison, la vitesse optimale des voitures à moteur thermique - celle où elles consomment le moins d'essence ou de diesel - est de 70 km/h.



dizaine de modèles relativement abordables sont désormais proposés par la plupart des constructeurs (*Renault, PSA, Mitsubishi, Opel, Ford, Toyota, Smart*). Les progrès technologiques et le montage en série devraient contribuer à peser dans l'avenir sur leur prix, qui reste leur principal handicap. Selon une estimation récente de l'assureur *Ethias*, les voitures électriques s'achètent entre 10 000 et 15 000 euros plus cher que leur équivalente à moteur thermique. *A contrario*, la consommation de «carburant» est nettement plus modeste dans le cas de la voiture électrique. Une estimation d'*Ethias* le situe à 0,02 euro du km contre 0,06 euro pour une petite voiture diesel très sobre, consommant environ 4 litres aux 100 km.

On peut calculer que cette économie de 0,04 euro ne permet de récupérer «que» 4 000 euros à l'horizon des 100 000 km. Il faut toutefois y ajouter les économies sur l'entretien du véhicule, nettement simplifié et moins coûteux pour les VE que pour les voitures classiques. Le reste de la différence pourrait être comblé par des primes d'incitation à l'achat et d'éventuels privilèges, tels que le parking gratuit et la possibilité de rouler sur les bandes réservées aux bus. Mais cela dépend bien entendu des pouvoirs locaux.

Certains esprits optimistes prédisent un avenir radieux à la voiture électrique. Parmi ceux-ci, le professeur-ingénieur-docteur allemand Rik De Doncker, de l'institut *RWTH* d'Aix-la-Chapelle, spécialisé dans l'étude des systèmes électriques et l'électronique de puissance. Ce dernier ne doute pas du succès de l'*Energiewende* (la transition électrique) lancée par la chancelière Angela Merkel et destinée à produire 100% d'électricité renouvelable d'ici 2030 en Allemagne. On croit savoir que cette politique, très onéreuse pour les consommateurs domestiques (qui payent leurs cotisations vertes plus celles de l'industrie, exemptée pour raison de compétitivité), pourrait être secouée après les élections de cet automne.

Le professeur De Doncker affiche une confiance absolue dans cette politique qui sera pilotée à des niveaux principalement locaux par toutes les ressources de l'électronique de puissance et du «*smart grid*». Il y voit même un rôle essentiel pour les voitures électriques: permettre de stocker de l'électricité et, en cas de pénurie momentanée, d'en fournir au domicile de son propriétaire. Il a calculé qu'il suffirait de 850 000 VE (2% du parc allemand) pour remplacer la plus grosse centrale hydraulique de pompage du

pays, à Golisthal, qui est capable de délivrer presque instantanément une puissance de 1 060 mégawatts si le réseau le demande. Mais ce n'est pas encore pour demain !

On s'en consolera en se disant que la voiture électrique a le temps pour elle: la 1^{re} norme concernant les VE (il s'agissait d'un brevet de branchement électrique) a été édictée aux États-Unis par l'*Electric Vehicles Association of America* en 1913, il y a donc exactement 100 ans, a rappelé le professeur Peter Van Den Bossche de la VUB et l'Erasmus Hogeschool. Et il reste beaucoup à faire pour parvenir, dans cette technologie pourtant plus que centenaire, à une ébauche de normalisation. Il est donc urgent d'attendre que la technologie ait mûri et apporté des innovations décisives avant de laisser se déployer, de façon naturelle, la mobilité électrique routière. Bref, laissons à la voiture électrique le temps de faire ses preuves. Elle le mérite, incontestablement. ■

Conclusion de *Laborelec*: les VE sont plutôt destinés à des usages urbains, où l'on roule plus lentement et où l'on freine souvent, ce qui favorise la récupération d'énergie au freinage (le «*regenerative braking*») qui est un des atouts majeurs des véhicules électriques. Dans le test de *Laborelec*, l'énergie récupérée au freinage se situe entre 13 et 19% sur base annuelle, avec une pointe, chez un des véhicules du test, de 40% d'énergie récupérée ! Il reste que la consommation réelle des VE est (parfois très) supérieure à la consommation théorique annoncée par leur constructeur. Et que le comportement du conducteur peut induire de fortes différences de consommation, qui commandent aussi l'autonomie des véhicules (tous de la même marque et du même type, rappelons-le). Cette autonomie varie, pour les 5 voitures testées, entre 101 et 168 km. Sa limitation provoque, chez tous les conducteurs concernés, une certaine anxiété qui les pousse à recharger la batterie alors qu'elle n'a souvent atteint que la moitié de son potentiel. Cela dit, aucune faiblesse ou anomalie n'a été détectée dans les batteries des autos testées au cours de cette première année d'observation. À suivre...

Et le bilan CO₂ ?

Le bilan carbone d'une voiture électrique n'est pas obligatoirement favorable dans tous les cas, a rappelé opportunément un conférencier invité par la SRBE, le professeur Joeri Van Mierlo, de la VUB. Une voiture diesel de faible consommation a moins d'impact CO₂ qu'une voiture électrique chargée par une électricité produite au départ du charbon. Et il vaudrait mieux rouler dans une voiture thermique au gaz naturel que dans une voiture électrique dont la charge a été assurée par une centrale au gaz, parce que la conversion gaz-électricité suivie d'une conversion électricité-mobilité est fondamentalement gaspilleuse. Par contre, le bilan carbone sera cinq fois moindre si la voiture électrique est rechargée à l'électricité nucléaire, hydraulique ou renouvelable.



Facebook

entre passion et détestation



22

Texte: **Christian VANDEN BERGHE** • cvb@easi-ie.com • **Julie FIARD** • jfi@easi-ie.com
<http://www.easi-ie.com> • http://www.twitter.com/easi_ie • <http://www.inventerlefutur.eu>

Illustrations: **O. SAIVE/ Cartoonbase**

Dans cette seconde partie de l'article consacré au réseau social *Facebook*, vous apprendrez concrètement comment créer un compte, comment le supprimer, ainsi que quelques mots de vocabulaire et des concepts spécifiques qu'il est indispensable de maîtriser avant de se lancer.

Qui sont les utilisateurs de Facebook ?

Selon un article publié par le quotidien *L'Avenir* (<http://goo.gl/AnBOmK>), environ 5 millions de Belges seraient sur *Facebook*. À l'échelle du pays, cela représente 48,2% de la population totale et 62,41% des internautes. La Belgique se situerait ainsi à la 37^e place mondiale des pays les plus représentés sur ce réseau social.

Facebook continue donc de séduire en Belgique et reste le premier réseau social du pays, devant le professionnel *LinkedIn*

(1,5 million d'utilisateurs), bien que sa croissance s'érode d'année en année. D'après le *Belgian Social Monitor*, le taux de croissance annuel est passé de +12% à +8% de 2012 à 2013. *Socialbakers* situe quant à lui la croissance belge à +6,17%.

Les Belges de 25 à 34 ans sont les plus représentés (24%) suivis de près par les 18-24 ans (22%). L'âge moyen des utilisateurs du réseau *Facebook* dans le monde est de 22 ans. Cela ne signifie pas que le réseau n'intéresse que les jeunes. Partant de l'idée que les acheteurs potentiels de leurs produits et services «sont» sur le réseau, de plus en plus d'entreprises viennent à leur rencontre pour leur proposer leurs produits et services. On peut même affirmer qu'il n'est plus envisageable aujourd'hui pour une entreprise de ne pas avoir de page *Facebook* puisque ce réseau est manifestement devenu le «lieu» où se trouvent les clients.

Aujourd'hui, le top 5 des entreprises ayant le plus de fans sur *Facebook* en

Belgique se présente comme suit: *Coca-Cola*, *Nutella*, *M&M's Belgium*, *Disney* et *Ice-Watch*. Ceci est particulièrement intéressant puisque cette dernière est une entreprise belge (Bastogne).

Comment créer un compte ?

La première chose à bien comprendre est qu'il existe deux manières d'être présent sur *Facebook*: les personnes physiques se créent un «Profil», les personnes morales sont représentées par une «Page». En d'autres termes, un profil est personnel, il dit qui vous êtes en tant qu'individu.

Vous ne pouvez créer une page d'entreprise que si vous disposez d'un profil. Sachez que vous ne pouvez créer qu'un seul profil par adresse électronique et que *Facebook* vous demande d'utiliser votre identité réelle.

►► Créer un profil

Pour créer un profil, et si vous avez atteint l'âge requis de 13 ans, il suffit de se rendre sur la page d'accueil de Facebook (<http://www.facebook.com/>). Bien que des spams évoquent un Facebook payant, l'inscription et l'utilisation de ce réseau sont (et devraient rester) gratuites.

Le formulaire est tout simple et ne requiert que des informations classiques de base. La date de naissance sert à vérifier que vous avez bien 13 ans... (il n'existe bien entendu aucun contrôle de l'âge).

Une fois ce formulaire complété, vous recevrez un message électronique de confirmation. Cliquez sur le lien contenu dans ce mail et vous voilà sur Facebook.

→ Retrouvez vos amis

Facebook vous demande l'autorisation de parcourir le carnet d'adresses électroniques lié à votre compte mail pour y trouver des adresses déjà enregistrées. Mais vous pouvez ignorer cette étape.

Si vous avez accepté cette invitation à lier vos contacts à Facebook et qu'ensuite vous souhaitez gérer les contacts importés, vous pouvez le faire à partir de la page http://www.facebook.com/invite_history.php. C'est là que vous pourrez supprimer tout ou partie de vos contacts. Il est important de savoir que Facebook utilise les adresses de contact que vous avez importées pour présenter des suggestions du genre «Vous connaissez peut-être telle ou telle personne». Bien entendu, Facebook insiste pour importer vos contacts parce que ceux-ci doivent lui permettre d'augmenter sa propre visibilité.

→ Informations du profil

Facebook vous invite à partager un certain nombre d'informations personnelles supplémentaires sur votre parcours géographique, scolaire et professionnel. L'objectif étant ici à nouveau de compléter sa base de données pour la vente de publicités ciblées. Le ciblage publicitaire de Facebook est l'un des plus performants sur le Web.

En regard de chaque champ du formulaire, un clic sur l'icône représentant un globe ouvre un menu déroulant vous permettant de déterminer qui pourra voir cette information. Cette étape est extrêmement importante dans le cadre de la protection de votre vie privée:

- **«public»**: visible par toute personne ayant accès à Facebook;
- **«amis»**: visible par les personnes avec qui vous êtes connecté;
- **«moi uniquement»**: visible uniquement par vous;
- **«personnalisé»**: un nouvel onglet permet de rendre une information visible aux amis de vos amis, à certaines personnes ou listes de personnes à définir.

Ces restrictions doivent être définies pour chacun des champs du formulaire. Il est également possible d'ignorer cette étape.

→ Ajoutez une image de profil

Cette image (photo) apparaîtra sous forme de miniature à côté de vos commentaires et sera liée à toutes vos activités sur Facebook. Cette étape peut également être ignorée. Désormais, votre journal apparaîtra.

►► Le journal

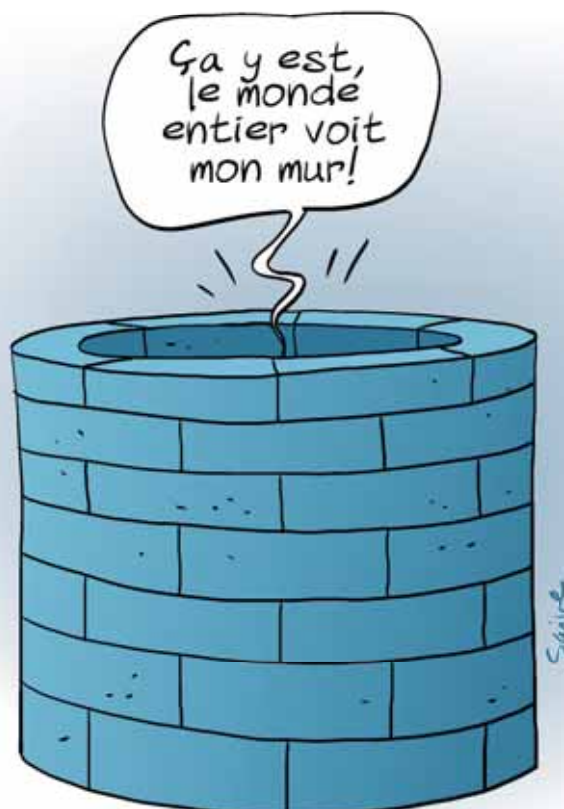
De quoi s'agit-il ? Le Journal regroupe l'ensemble de vos publications (textes et photos) sur Facebook. Il est aussi appelé «Mur».

À tout moment, pour accéder à votre journal, il suffit de cliquer sur votre photo ou votre nom de profil en haut à gauche.

→ La photo de couverture

C'est une photo de plus grande taille qui apparaît dans la partie supérieure de votre journal, juste au-dessus de votre photo de profil. Cette photo de couverture est le reflet de votre humeur ou de vos centres d'intérêt ou activités du moment. Elle vient compléter la représentation que vous souhaitez donner de votre personnalité. Il est possible de la modifier à tout moment.

Vous n'êtes pas autorisé, sur un profil personnel, à utiliser une photo de couverture à caractère commercial ou promotionnel. En d'autres termes, vous ne pouvez pas utiliser votre profil personnel pour faire la promotion de produits commerciaux.





24

À force d'informer les internautes de ses statuts au fil des jours, on finit par ne plus savoir comment on est, voire qui on est. Homme/femme, célibataire/en couple/en pleine rupture, au boulot/sans emploi/en vacances, ici/ailleurs/là-bas, employé modèle/petit rat de l'opéra,... Le journal qui était alors intime devient public. Cela peut être troublant. Que puis-je dire ou ne pas dire ? Telle est la question, à laquelle il vaut mieux bien réfléchir...

La photo de couverture est publique, comme votre photo de profil.

→ Publier dans le journal

Vous pouvez publier de l'information dans votre journal, mais également dans le journal de quelqu'un d'autre. Vous pouvez publier 4 types d'informations dans votre journal :

- **Statut**: c'est ce que vous souhaitez communiquer. Le statut ne peut comporter que du texte.
- **Photo**: vous pouvez publier des photos individuelles ou créer un album de photos.
- **Lieu**: permet de dire où on se trouve. Cette information est le système de géolocalisation de Facebook (analogue à FourSquare par exemple) et est surtout utilisé par les membres utilisant Facebook sur leur smartphone ou tablette.
- **Événement marquant**: Facebook propose de choisir une option parmi une liste comportant des éléments tels que nouvelle formation, nouvel emploi, retraite, mariage, naissance, rupture sentimentale, deuil, perte de poids, changement de régime alimentaire, etc.

Toutes ces données, y compris celles qui paraissent les plus ridicules ou insignifiantes, servent à alimenter la base de données de Facebook donc à vous cibler de plus en plus précisément.

Pour chacun des 4 types d'information, vous pouvez définir la date, le lieu et ce que vous êtes occupé à faire (émotions), à regarder (film, série télé, émission, etc.), à lire, à écouter ou à jouer. Facebook n'a, semble-t-il, pas envisagé que ses membres se livrent aussi parfois à des occupations professionnelles...

Pour chaque publication, vous pouvez également identifier des personnes et indiquer que vous étiez (ou êtes) en leur compagnie. Pour ce faire, cliquez sur le lien «**Identifier des personnes**» et tapez le nom d'une personne: Facebook recherche dans votre liste de contacts et dans la liste des amis de vos contacts.

Pour publier dans le journal d'un ami, tout se passe de la même manière. Commencez par cliquer sur le nom ou photo d'un ami pour arriver sur son journal. Vous ne pourrez publier sur un autre journal que si l'ami en question n'a pas verrouillé cette option (nous en parlerons plus loin). Vous pouvez aussi rechercher manuellement des amis.

→ Définir qui peut voir les contenus de votre journal

Sur la même page, vous pouvez définir qui peut voir vos contenus. «**Afficher en tant que**» permet d'afficher ce que les autres verront. Vous pouvez même vérifier ce qu'une personne en particulier verra en tapant son nom. Vous pouvez aussi «**Afficher en tant que public**» pour visualiser ce que tout le monde pourrait voir.

Comment publier du contenu ?

→ Partager ce que vous trouvez sur le Web

Facebook vous permet de partager, avec votre réseau, des informations que vous trouvez sur le Web. Comment procéder ? Sur la plupart des sites, vous trouverez deux icônes Facebook:

- **Like - J'aime** permet de signaler à vos amis que vous appréciez un contenu et le fait apparaître dans leur fil d'actualité (notification) mais pas dans votre propre journal.
- **Share - Partager** permet de partager un lien dans votre propre journal, dans le journal d'un de vos amis, dans un groupe, sur l'une des vos pages et dans un message privé.



→ Gérer et contrôler toutes vos activités sur Facebook

Dans votre Journal personnel, à droite de l'image de couverture, cliquez sur «**Historique personnel**» pour consulter et gérer toutes vos activités sur Facebook. Vous y trouverez tout, absolument tout, y compris vos recherches, classé du plus récent au plus ancien. À droite, un menu permet de vous déplacer dans le temps (mois, années).

Vous pouvez modifier chaque publication en cliquant sur l'icône en forme de globe. C'est là que vous pourrez modifier le public qui peut lire telle ou telle information. Juste à droite de cette icône, vous trouverez un petit crayon permettant d'éditer l'information pour choisir la manière dont l'information apparaît sur votre journal:

- **Partager ce que publient vos amis**
- Dans le fil d'actualité de vos amis, sous chaque information publiée, se trouve une série de boutons:
- **J'aime:** signale à vos amis que vous appréciez ce qu'ils ont publié et fait apparaître l'information dans le fil d'actualité (notification) de vos autres amis mais pas dans votre propre journal.
 - **Commenter:** fait apparaître votre commentaire sous l'information publiée par votre ami.
 - **Partager:** permet de partager un lien dans votre propre journal, dans le journal d'un de vos amis, dans un groupe, sur l'une des vos pages et dans un message privé.

- **En avant dans le journal:** permet de mettre une information en évidence et la maintient tout en haut du journal, même si vous publiez de nouvelles informations. L'information mise en avant apparaît dans votre journal avec une icône en forme de marque-page.
- **Autorisé dans le journal:** activé par défaut.

- **N'apparaît pas dans le journal:** supprime l'information de votre propre journal, mais elle restera visible dans le fil d'actualité de vos amis.
- **Supprimer:** supprime une information, y compris du fil d'actualité de vos amis.
- **Ajouter un lieu**

Dans la marge de gauche, le bouton «**Vos publications**» permet de n'afficher que ce que vous avez publié dans votre journal, vos partages, vos commentaires dans les journaux de vos amis, vos statuts, vos activités sur les pages et vos activités sur les applications (jeux ou autres applications externes liées à Facebook).

Facebook est une formidable machine. Mais à qui bénéficie-t-elle ? D'abord à ses propriétaires, qui sont occupés à se constituer une gigantesque base de données d'informations privées sur leurs membres, qu'ils peuvent revendre à n'importe quel annonceur.

C'est aussi une machine à retrouver des gens, d'anciens amis ou collègues perdus de vue. Mais n'oubliez jamais que si Facebook est gratuit, c'est parce qu'en échange de tous ces merveilleux services, vous lui vendez ce que vous avez de plus précieux: votre vie privée. ■



Dans le prochain article, nous verrons notamment comment supprimer un compte...

Créativité

judicieuse imitation ?

Longtemps, la créativité fut abordée comme une aptitude mystérieuse non réductible à la biologie. Les années 1950 ont vu éclore un courant nouveau, la psychologie de la créativité, et plus récemment s'est développée une approche cognitive du phénomène, laquelle met notamment en œuvre des recherches expérimentales, la neuroimagerie et l'étude de patients cérébrolésés

26

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

Que recouvre le terme «créativité» pour les neuroscientifiques ? «C'est la capacité de produire quelque chose qui soit à la fois nouveau, c'est-à-dire original, inhabituel, surprenant, et adapté à un contexte, donc approprié, utile, dans une situation donnée», indique Emmanuelle Volle, neurologue chargée de recherche de l'Inserm au sein de l'Institut du cerveau et de la moëlle épinière (ICM - Paris).

Évidemment se pose la question du degré d'originalité d'une production. En effet, il n'existe pas de norme absolue permettant de l'établir. Dès lors, s'instaure un jeu de comparaisons entre la production considérée et d'autres qui l'ont précédées, ce qui laisse une place à la subjectivité et au consensus social.

Quoi qu'il en soit, la créativité n'est pas synonyme d'importantes innovations; elle est présente dès que l'on s'écarte, fût-ce par un détail, de ce qui a déjà été réalisé.

En outre, elle peut intervenir dans une multitude de domaines ressortissant à l'art, à la science, à la technique ou même à la vie quotidienne. Quels sont les liens entre ces différents types de créativité ? Emmanuelle Volle s'intéresse au versant cognitif de cette question. «Nous essayons d'identifier les opérations mentales impliquées dans tous les domaines d'expression de la créativité, dit-elle. Il s'agit de processus cognitifs présents chez chacun d'entre nous, mais probablement à des degrés variables. Nous cherchons également à comprendre quelles régions ou quels réseaux cérébraux les sous-tendent.»

Plusieurs acteurs

La créativité relative à un domaine particulier (peinture, littérature, ingénierie, cuisine...) suppose-t-elle le recrutement de processus spécifiques qui se grefferaient sur un tronc commun ? Probablement. Mais, à l'heure actuelle, les données manquent pour affirmer qu'il existe un certain «cloisonnement» entre les différentes formes de créativité ou, au contraire, pour soutenir qu'une personne créative dans un domaine le serait forcément dans n'importe quel autre si elle disposait des connaissances indispensables pour s'y exprimer. «Là se situe une des difficultés pour la recherche, dont un des enjeux est de déterminer quelles

opérations mentales servent de support aux capacités créatives et si ces dernières sont, au moins en partie, indépendantes du domaine d'expertise et des connaissances des individus», insiste Emmanuelle Volle. Et d'ajouter que les études montrent cependant qu'il faut une immersion d'une certaine durée dans un domaine donné avant de pouvoir y devenir créatif. Ce qui laisse à penser que le poids de l'expérience et la maîtrise des concepts existants sont non négligeables en la matière.

Toutefois, cela n'est vrai que pour la créativité telle qu'elle est reconnue par une société. À l'échelon individuel, on peut considérer que la nouveauté d'une production ou d'une idée est à évaluer relativement aux connaissances antérieures de chacun, quel que soit leur niveau. Imaginer quelque chose qu'il ne connaissait pas (que cette chose existe ou non en réalité) est original pour l'individu lui-même, témoigne de ses capacités créatives et est pertinent pour l'étude de leurs bases cérébrales.

En fait, depuis les années 1980, les chercheurs estiment que la créativité est multidimensionnelle, qu'elle émane de la conjonction de plusieurs types de facteurs. Cette conception a débouché sur l'élaboration d'une «approche multi-variée» de la créativité. Aujourd'hui, le modèle dominant postule l'existence de 4 types de ressources distinctes qui seraient nécessaires à l'émergence de productions créatives: des facteurs cognitifs, à savoir les connaissances et

les opérations mentales sous-tendant les capacités cognitives; des facteurs conatifs (traits de personnalité, motivation); des facteurs émotionnels et l'environnement. «*La société dans laquelle on évolue, les conditions de travail, etc. influencent non seulement la personne qui essaie de créer, mais également celles qui observent la production qui leur est soumise et l'évaluent*», précise Emmanuelle Volle. Ce qui souligne une fois encore l'impact de la subjectivité et du consensus social dans l'évaluation de l'originalité d'une réalisation.

Drogues et pathologies

De nombreux travaux se sont penchés sur d'éventuels liens entre créativité et maladies psychiatriques ou neurologiques. D'autant que de grands créateurs, tels Einstein, Hugo, Balzac ou Gauguin, souffraient, à des degrés divers, du trouble bipolaire, où se succèdent des épisodes maniaques (grande excitation) et de profonde dépression. Selon le professeur Jean Cottraux, auteur de *À chacun sa créativité. Einstein, Mozart, Picasso... et nous* (Éditions Odile Jacob), l'incidence de la manie serait de 0,8% dans la population générale, mais de 7% chez les créateurs éminents. En 2010, des chercheurs de l'*Institut Karolinska*, à Stockholm, et de l'Université de Bethesda publièrent dans *PLoS One* une étude dont il ressortait que la distribution des récepteurs D2 à la dopamine chez des sujets sains très créatifs était similaire à celle observée chez des schizophrènes, mais plus faible que chez des personnes saines dont le niveau de créativité se situait dans la moyenne.

Pour sa part, Emmanuelle Volle relate les résultats de travaux portant sur des

patients souffrant d'une maladie du lobe frontal: la dégénérescence fronto-temporale. Dans cette affection, les neurones du cortex préfrontal dégèrent, entraînant une atrophie de cette région antérieure du cerveau. Les patients s'en trouvent désinhibés, de sorte qu'ils ont tendance à négliger les conventions sociales, par exemple. Par ailleurs, d'après toutes les recherches en neuroimagerie fonctionnelle et les études de patients, le cortex préfrontal jouerait un rôle critique dans la créativité. Il était donc légitime de s'intéresser aux capacités créatives des patients atteints d'une dégénérescence fronto-temporale.

Chez quelques-uns d'entre eux, les chercheurs observèrent l'émergence ou l'augmentation d'un talent artistique durant les premières phases de la maladie, le plus souvent dans le domaine des arts visuels. Évidemment, en art, le jugement subjectif est roi. Ainsi, initialement caractérisé par le souci du détail, le style pictural d'une patiente qui s'adonnait à la peinture devint beaucoup plus abstrait et chargé d'émotions négatives. Avait-il évolué vers plus de créativité ? Difficile à dire...

Nonobstant, une idée répandue est que les gens désinhibés, que ce soit en raison d'une maladie mentale ou parce qu'ils sont sous l'influence de l'alcool ou de drogues, ont des productions plus originales car ils s'affranchissent de diverses contraintes. Cette opinion est-elle fondée ? Emmanuelle Volle et son équipe ont soumis des patients souffrant d'une dégénérescence fronto-temporale au test de Torrance, l'un des plus utilisés pour mesurer les aspects cognitifs de la créativité. Que révéla cette recherche ? «*Bien que certaines réponses des patients sortent des sentiers battus, leurs résultats au test sont très inférieurs sur le plan de la créativité à ceux des sujets contrôles, et ce même si on se limite au seul critère de l'originalité*», rapporte la chercheuse de l'ICM.

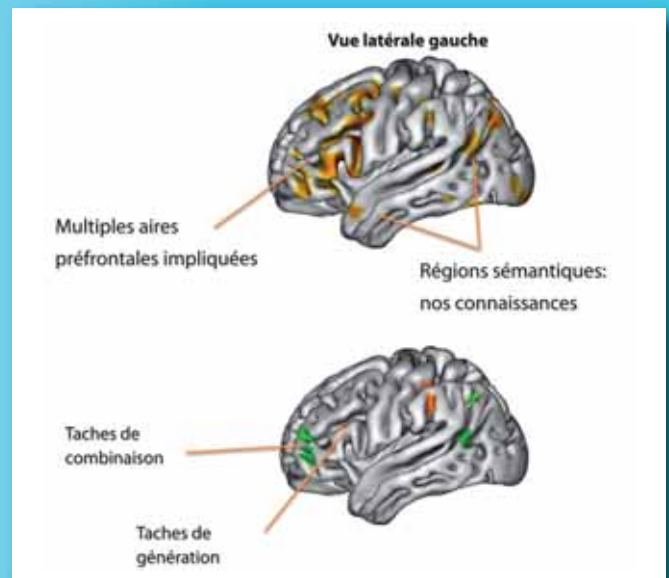
Certains chanteurs et certains groupes ont composé sous l'emprise du LSD. Les recherches récentes montrent toutefois que la désinhibition n'est pas un gage de créativité et que certaines drogues consommées compulsivement peuvent réduire à néant le processus créatif.



Malgré la diversité des tâches de créativité utilisées, les résultats montrent un ensemble de régions communes représentées en jaune sur une vue latérale de la surface du cerveau (figure du haut). Ces régions communes comportent des régions impliquées dans la mémoire sémantique, c'est-à-dire la mémoire de nos connaissances sur le monde et nos concepts, ainsi que de multiples aires dans la région antérieure du cerveau, qu'on appelle le cortex préfrontal (CPF).

Des analyses complémentaires ont montré que certaines tâches étaient associées à des régions particulières (figure du bas). Les tâches qui nécessitent de combiner plusieurs informations pour créer une nouvelle idée (par exemple combiner des figures ou des mots) recrutent spécifiquement le CPF antérieur, en vert sur la figure. Les tâches requérant de générer des idées variées et originales à partir d'un stimulus de départ recrutent des régions plus postérieures, en orange.

Résultats de la méta-analyse des données d'imagerie fonctionnelle
(publiée dans Gonen-Yaacovi et al. 2013)



Les conclusions de ces travaux ne sont pas transposables telles quelles au cas des consommateurs de drogues ou d'alcool, mais elles soulignent néanmoins que la désinhibition n'est probablement pas un gage de créativité. Le professeur Christian Lüscher, de l'Université de Genève, rappelle d'ailleurs comment certaines drogues telles que le LSD ont pu être perçues comme des sources de créativité, alors qu'il a été montré que leur consommation compulsive peut réduire à néant le processus créatif.

Au cours de ce dernier, la solution s'impose parfois petit à petit ou, à l'inverse, vient à l'esprit de façon soudaine, comme un flash. C'est alors l'«*eurêka*» ou l'«*insight*», selon la terminologie des neuroscientifiques. Cette phase si particulière de jaillissement d'une idée a été intégrée dans différents modèles du processus créatif, dont l'un des plus connus est le modèle de Wallas (1926). «*Selon Graham Wallas, le processus créatif comporterait 4 étapes*, indique Emmanuelle Volle. *Tout d'abord, une phase de préparation, au cours de laquelle on analyse le problème et cherche des informations pour le résoudre. Ensuite, une phase d'incubation, où l'on ne réfléchit plus au problème. Après viennent la phase dite d'illumination, où l'idée la plus intéressante surgit comme une révélation - c'est l'«eurêka» -, et enfin la phase de vérification, où l'on évalue la solution retenue pour s'assurer qu'elle est adaptée à la résolution du problème à résoudre.*»

Vagabondage mental

Nombre d'études de psychologie expérimentale centrées sur des tâches de résolution de problème et quelques travaux en neuroimagerie ont contribué à mieux cerner la phase d'incubation. Il en ressort notamment que ce que le sujet fait durant cette période influe sur sa capacité à trouver une solution créative au problème posé. Le sommeil paradoxal, par exemple, augmente ses chances d'y parvenir. S'il accomplit une autre tâche sollicitant sa mémoire de travail et détournant son attention, ou simplement s'il laisse aller ses idées sans but dans un vagabondage mental, ses chances sont aussi meilleures.

Les mécanismes intervenant pendant la phase d'incubation et augmentant les chances de découvrir la solution ne sont pas élucidés. «*Il a été proposé que pendant cette phase, le cerveau, sans qu'on en soit conscient, réalise des associations d'idées et opère un tri entre ces dernières. Il est également possible que cette phase soit assimilable à une phase de repos ou de distraction diminuant la fatigue liée à la tâche, ou encore que la rencontre de stimulations diverses non liées à la tâche fournisse des indices aidant à résoudre le problème*», fait remarquer Emmanuelle Volle. Il se pourrait donc - le conditionnel reste de mise - que le «rêve éveillé», le «vagabondage

mental», soit d'une grande fécondité pour la production d'idées créatives.

Sur le plan du fonctionnement cérébral, les mécanismes ne sont pas encore connus. Le vagabondage mental étant associé à un ensemble de régions cérébrales regroupées sous le terme de «réseau du mode par défaut», une hypothèse à tester serait celle du rôle de ce réseau dans la créativité. Sa particularité est de recruter des régions cérébrales dont l'activité augmente lorsque nous sommes au repos (mais éveillé), que notre attention n'est dirigée vers aucune tâche spécifique, et diminue lorsque nous accomplissons une tâche demandant de l'attention.



Cela étant, d'autres modèles du processus créatif coexistent avec celui de Wallas. Ainsi ont été proposés des modèles dits de «génération-évaluation» dans lesquels la créativité apparaît comme une espèce de cycle où se succèdent des phases de génération d'idées et des phases de sélection des meilleures d'entre elles. Pour certains auteurs, les étapes de génération relèveraient, du moins en partie, de procédures aléatoires.

Les vertus de l'analogie

Le processus créatif n'aboutit pas à l'émergence de solutions *ex nihilo*. Au contraire, ne se fonde-t-il pas toujours sur des solutions préexistantes qu'on combine de manière nouvelle et qu'on applique à un domaine où elles n'avaient pas encore eu cours ? C'est en tout cas l'avis d'Emmanuelle Volle. Dans ce contexte, la mémoire sémantique (1), celle de nos connaissances sur le monde, revêt une importance primordiale. C'est pourquoi les chercheurs de l'ICM ont entrepris des travaux visant à déterminer le lien qui unit les connaissances sémantiques d'un individu et ses capacités créatives. «*Il est probable que l'architecture et les propriétés des réseaux sémantiques d'un individu, la force avec laquelle les concepts sont connectés dans ses connaissances, influencent la manière dont il génère des idées*», commente Emmanuelle Volle.

Certaines théories soutiennent que chaque connaissance renferme une composante émotionnelle qui la colore; la résonance émotionnelle entre 2 concepts permettrait de les relier l'un à l'autre. Selon la chercheuse de l'ICM, cette approche est assez séduisante, mais reste à explorer sur le plan expérimental et cérébral. Elle insiste en outre sur l'importance de la motivation dans le processus créatif, celle-ci retentissant non seulement sur l'aboutissement du projet que l'on s'est fixé, mais aussi sur la qualité de ce qui est produit. Comme le suggère l'approche multivariée de la créativité, les traits de personnalité, l'humeur et, bien sûr, l'environnement pèsent également d'un poids certain dans le processus créatif.

S'il consiste bien à s'inspirer de solutions préexistantes que l'on transfère dans

un domaine où elles n'avaient pas été exploitées jusque-là, la pensée par analogie doit jouer un rôle cardinal dans la créativité. «*L'analogie est partout et l'histoire fourmille d'exemples où elle a présidé à des découvertes scientifiques ou technologiques*, dit Emmanuelle Volle. *Dans une de nos études, nous cherchons à découvrir les processus élémentaires qui sous-tendent le raisonnement par analogie et à les relier au fonctionnement du cerveau. À travers plusieurs expériences utilisant des méthodes différentes - imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et plus récemment morphométrie IRM, étude de patients frontaux -, nous avons montré que le pôle frontal (2) gauche était critique pour ce type de raisonnement.*»

Dans les arcanes du cerveau

Emmanuelle Volle et ses collègues ont d'autres fers au feu. Ainsi, un de leurs axes de recherche a trait à la définition de critères permettant une mesure objective de l'originalité d'une création. L'objectif sous-jacent est d'étudier la variabilité entre les individus sur le plan de l'originalité de leurs productions et d'établir un pont entre leurs performances et leur fonctionnement cérébral.

En 2012, les chercheurs de l'ICM ont effectué une méta-analyse des études en IRMf consacrées à la créativité. Résultats ? Des zones du cortex préfrontal semblent activées quelles que soient les tâches expérimentales utilisées. *A priori*, ces régions seraient donc recrutées dans tout processus créatif. D'autres régions, plus postérieures, ont aussi été mises en évidence: le cortex temporal postérieur, le gyrus temporal moyen postérieur, le gyrus angulaire, le pôle temporal. Elles sont décrites dans la littérature comme impliquées dans la mémoire sémantique.

«*Nous avons regroupé les tâches expérimentales en 2 grands groupes: les tâches dites de combinaison, où les participants doivent associer des mots ou des figures, par exemple, et les tâches dites de génération, où, au départ d'un élément (mot, figure...), ils doivent produire le*

plus d'idées possible, explique Emmanuelle Volle. *Qu'avons-nous relevé ? Que le premier groupe de tâches semble recruter de façon plus spécifique le pôle frontal latéral, tandis que le second serait associé à un réseau plus postérieur dans le cortex frontal, ainsi qu'à 2 régions qui communiqueraient avec lui: une région dorsolatérale frontale et une région pariétale. La partie médiane du pôle latéral interviendrait également, mais cette donnée est statistiquement moins forte.*»

La chercheuse de l'ICM précise que les résultats de la méta-analyse corroborent ceux que son équipe a obtenus chez des patients frontaux après observation des régions dont la dégénérescence est corrélée avec une baisse des performances dans le domaine de la créativité.

Enfin, dernier axe de recherche: l'étude de la connectivité entre le cortex préfrontal et le reste du cerveau. Le but poursuivi est d'identifier, au sein du cortex préfrontal, des sous-régions définies par leurs types de connexions avec le reste du cerveau, d'établir un trait d'union entre ces sous-régions et les capacités créatives des individus. Outils de cette recherche: l'IRMf de diffusion et l'étude de patients cérébrolésés. Chez eux, la question est la suivante: dans quelle mesure une lésion touchant une région corticale déterminée ou les fibres de communication entre 2 aires corticales influe-t-elle sur leurs performances de créativité ? «*L'étude de cas pathologiques est la seule méthode qui permette d'affirmer que telle zone du cerveau ou tel faisceau de fibres est nécessaire ou non à une fonction*», indique encore Emmanuelle Volle. ■

(1) C'est grâce à la mémoire sémantique que nous savons, par exemple, que Rome est la capitale de l'Italie et que Ronald Reagan fut président des Etats-Unis, mais aussi que, dans un restaurant, il convient de s'asseoir, de consulter le menu, de manger, de réclamer l'addition et de payer.

(2) Région la plus antérieure du cortex préfrontal.



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

Photos : Jerome J (p.33)

Quel est le point commun entre les abeilles, les tortues, les poissons, les loups, les ours, les avions et les cerveaux ? Aucun, hormis qu'ils font tous l'objet de cette nouvelle chronique biologique. Des infos inédites à découvrir de toute urgence ! Bonne lecture...

30

De l'art de s'orienter

L'humain d'aujourd'hui se laisse de plus en plus souvent guider par la voix mécanique que lui dispense son GPS. Pour le reste, il se fie aux panneaux de signalisation placés à tous les endroits où un choix est possible, à la topographie des lieux et s'il en possède les armes, aux signes que la nature lui donne: position du Soleil, des mousses sur les troncs d'arbres, etc.

Pour les animaux, les choses sont bien entendu toutes différentes: il n'y a ni panneaux, ni GPS. Or, où qu'ils soient et pour autant qu'ils en aient besoin, ils arrivent à se repérer dans un environnement qui ne les aide pas toujours vraiment. On sait toutefois que l'évolution a doté certains d'entre eux, de façon parfois très spécifique, de dispositifs parfaitement adaptés à la reconnaissance spatiale: magnétite dans le cerveau des pigeons voyageurs (et sans doute aussi dans celui d'autres migrants), écholocation chez la chauve-souris, mémoire olfactive ou visuelle pour beaucoup, position

du Soleil pour les abeilles, assortie de danses dont l'axe d'orientation permet en outre de localiser le site préférentiel de butinage.

Tiens, les abeilles viennent précisément de faire l'objet d'une étude visant à mettre en exergue le ou les gènes impliqués dans cette aptitude à la géolocalisation. Un, en particulier, a été trouvé surexprimé tant chez les jeunes qui quittent pour la première fois la ruche que chez les plus expérimentées qui sont déplacées dans un environnement inconnu. Ce gène, c'est *Egr* (pour *Early growth response* - réponse précoce à la croissance). Il code pour une protéine qui a des rôles multiples, mais qui est principalement localisée dans le cerveau. Chez l'insecte butineur, c'est plus précisément dans une structure du «cerveau» responsable de la perception intégrative des influx sensoriels et de la mémoire que ce gène est surtout surexprimé. Ce n'est évidemment pas une surprise. Ce qui l'est, en revanche, c'est que le même gène est également surexprimé chez

les rongeurs en phase d'exploration d'un environnement inconnu. Sans doute en garde-t-on nous aussi une trace, subtilement «diluée» dans des processus d'intégration d'un autre niveau de complexité.

Outre le gène lui-même - dont l'activité n'intéresse, il faut bien le dire, que quelques généticiens - c'est sa fonction si précocement révélée dans l'échelle évolutive qui est intéressante. Les mammifères disposent donc encore d'une fonction déjà active il y a plusieurs centaines de millions d'années et qui, visiblement efficace, a été bien conservée ensuite.

Conscient de cet héritage, c'est sûr qu'on ne verra dorénavant plus les abeilles, bourdons et autres frelons de la même façon ! ■

► *J Exp Biol*; 2013(216): 2031-2038



Une tortue n'est pas l'autre...

Environnement remarquable, les îles Galapagos ont, avec le temps, subi une pression humaine directe ou indirecte qui a notamment induit la disparition des tortues géantes de certaines îles de l'archipel. Faute de pouvoir réintroduire des animaux de la même espèce, l'idée est aujourd'hui de le faire avec un substitut proche, qui occupe la même niche écologique. Mais on sait dorénavant à quel point la méconnaissance d'un détail peut parfois mener à des effets sinon opposés à ceux qui étaient recherchés, au moins différents. Une équipe de chercheurs a donc voulu ne prendre aucun risque. Elle a sélectionné 2 espèces de tortues dont l'une semblait occuper, ailleurs, exactement la même niche que celle de l'espèce native disparue. Les animaux destinés à la substitution ont d'abord été stérilisés afin d'éviter toute prolifération non souhaitée et n'ont été réintroduits que dans une seule des îles, Pinta.

L'expérience a fait l'objet d'un suivi longitudinal qui a permis de mettre en lumière une réalité bien différente de celle qui était attendue: l'espèce la plus proche, sur le plan évolutif, de celle qui était à remplacer a préféré gagner les terres plus élevées de l'île, laissant l'espace à l'autre, qui s'est investie dans le rôle espéré de remplacement; à la satisfaction des chercheurs qui attendaient d'elle qu'elle favorise notamment la dispersion du figuier de Barbarie. Ce qu'elle a fait.

Rien n'est pourtant encore définitif: il faut laisser le temps aux espèces introduites de prendre pleine possession de leur environnement et de laisser apparaître certains travers qui les rendraient finalement incompatibles avec une

saine gestion du lieu. L'exemple apporte néanmoins la preuve de toute la prudence dont il faut faire preuve lorsqu'il s'agit d'introduire (et parfois de réintroduire) une espèce nouvelle. Il montre en tout cas qu'il faut savoir s'affranchir de tout *a priori*. ■

► Science 2013; 340: 250



Un cerveau humain (radio)actif

Il est désormais acquis qu'il n'y a plus de neurones de néoformation dans le cerveau humain, contrairement à ce qui est observé chez les mammifères, à une exception près toutefois, et elle est de taille: cette néo-genèse persiste tout le long de la vie dans la région cérébrale de l'hippocampe, dévolue à l'apprentissage et à la mémoire.

On a pu le vérifier d'une façon relativement simple, grâce à une méthode déjà évoquée dans ces colonnes; méthode qui tient à la libération de carbone radioactif dans l'atmosphère à l'occasion des essais nucléaires tentés entre 1948 à 1963. Le carbone 14 libéré à cette occasion a pu être fixé à toutes les cellules en division, et c'est en le vérifiant qu'on s'est rendu compte de la réalité évoquée. C'est plutôt bon signe: bien qu'inscrit comme le reste dans une courbe de vieillissement, une zone significative de notre cerveau garde donc la possibilité de «rester jeune» en renouvelant une partie au moins de ses neurones. On a pu en évaluer le nombre: 700 par jour, ce qui mène à un renouvellement cellulaire de 1,78% chaque année. Seul petit bémol - mais on ne va pas faire la fine bouche - ces cellules vivent moins longtemps; elles auraient une demi-vie de 7 ans en moyenne, soit 10 fois moins que leurs homologues originelles. Le cerveau

humain conserve donc une plasticité désormais reconnue; pourvu, bien entendu, qu'on lui offre de quoi alimenter ses fonctions!

► Science 2013; 340: 1180-1181

BIOZOOM



Quel est donc ce drôle d'animal sous-marin? Il s'agit du Mola-Mola, communément appelé môle ou poisson-lune; sunfish en anglais (allez comprendre). Il peut atteindre jusqu'à 1 000 kg, ce qui en fait l'un des plus lourds poissons existants. Il vit dans les eaux tropicales et tempérées un peu partout dans le monde. Il se nourrit principalement de méduses et est considéré comme un mets d'exception au Japon ou à Taiwan. Sa consommation est interdite en Europe.

Comment font les poissons insectivores (Taxodidés) pour attraper leurs proies ?

Is leur crachent dessus ! Et en la matière, ils sont champions. Depuis l'eau, ils peuvent non seulement repérer des insectes posés sur des tiges ou des feuilles à l'air libre, mais ils sont capables de «tirer» un jet puissant à plus d'un mètre de distance avec une précision diabolique. Mouillé et emporté par le poids de l'eau qui engluie leurs ailes ou leurs pattes, les proies n'ont dès lors plus d'autre possibilité que de se laisser choir dans la bouche grande ouverte du poisson placé en-dessous; une bouche - on l'aura compris - tout à fait adaptée à l'émission d'un jet d'eau focalisé, non dispersé.

32

Une étude récemment menée sur le poisson a montré qu'il peut se laisser distraire par d'autres éléments environnementaux, ce qui ne fait que retarder un peu le jet, mais ne le rend pas inopérant ou moins puissant. Un peu comme les joueurs de tennis sur un court... Parole de chercheurs, comparaison scientifique à l'appui ! ■

► *Nature* 2013; 497: 161



Une attaque en l'air

Partir pour un trip grisant en brousse ou dans une quelconque zone inhabitée peut laisser émerger un risque: «et s'il m'arrivait quelque chose ?». À plusieurs heures sinon plusieurs jours du premier dispensaire ou hôpital, la question a bien entendu sa pertinence. Mais il existe une autre situation nettement plus fréquente et «domestique»: le malaise qui survient en avion, surtout dans un voyage au long cours et transocéanique de surcroît. Dans le meilleur des cas, il faut compter avec un délai de prise en charge qui prend généralement des heures, ce qui peut évidemment compromettre l'efficacité du suivi donné. Or, 2,75 milliards de passagers bénéficient chaque année de ce mode de déplacement. Partant, on peut raisonnablement se poser la question de la fréquence des accidents de santé qui surviennent à trente mille pieds et de l'aide qui est apportée.

Une étude vient précisément de fournir quelques éclaircissements à ce sujet. Elle a porté sur les vols proposés par 5 compagnies américaines pendant une période de 34 mois. Sur un total estimé proche de 750 millions de passagers transportés, 11 920 urgences médicales ont été relatées. La proportion apparaît donc particulièrement basse puisque l'incidence n'est que 0,0016 cas pour 100. Pour 91,6% de ces cas-là, un suivi documenté a pu être obtenu, ce qui permet de pondérer avec plus de

précision encore l'importance de ces accidents de santé inopinés.

Dans plus d'un tiers des cas (37,4%), l'accident était une syncope ou une pré-syncope. En ordre d'importance, une détresse respiratoire venait ensuite (12,1%), puis des vomissements et nausées enfin (9,5%).

Dans près de la moitié des cas (48,1%), un passager médecin présent à bord a permis d'apporter les soins requis et à assurer un suivi immédiat, l'avion n'étant détourné que dans 7,5% des cas. Pour 1 malade sur 4, un passage par la case hôpital a été vivement suggéré ou imposé et 8,6% seulement des malades ont effectivement été admis, en raison d'un infarctus, de syndromes respiratoires ou cardiovasculaires aigus. Pour 0,3% de tous les sujets admis, l'accident de santé a tout de même été fatal.

Le fait de prendre l'avion - surtout pour un vol de longue durée - induit plus que vraisemblablement une sélection en amont, ce qui biaise les valeurs notées ici. Mais peu importe: ce qu'il ressort de cette évaluation, c'est que l'incidence des accidents en vol est plutôt réduite, de même que la gravité du mal diagnostiqué. On ne peut que se réjouir qu'il y ait aussi autant de médecins qui optent pour ce mode de transport ! ■

► *N Engl J Med.* 2013; 368(22): 2075-2083



AIDS Islam

Longtemps, les pays à majorité islamique ont été considérés exempts - ou presque - des atteintes du sida (AIDS en anglais). La raison en est simple et tient pour l'essentiel au fait que les voies prioritaires de transmission du dangereux virus sont prohibées par l'Islam: les rapports homosexuels (non protégés), la sexualité hors mariage, la drogue par injection et les dérives liées à l'alcoolisme. On ne peut nier que ces dispositions ont permis un contrôle de la progression de la maladie. Trente ans après l'émergence de cette dernière, le constat est toutefois différent: alors que la progression de la séropositivité au VIH et du sida est en régression à peu près partout en raison des dispositions sanitaires de prévention mises en place, 25% des pays où elle reste en évolution sont à majorité islamiques. Il s'agit pour l'essentiel du Bangladesh, de l'Indonésie, de la Guinée-Bissau, du Kazakhstan et du Kirghistan. On note également, depuis une dizaine d'années, une augmentation significative (+35%) des cas d'infection en Afrique du nord et au Moyen Orient (Iran, Irak). En matière de progression, ces 2 régions viennent directement après l'Europe de l'est et l'Asie centrale.

Cette situation n'est pas liée à un récent bouleversement des mœurs dans les pays concernés. Simplement, puisque les modes préférentiels de transmission de la maladie sont condamnés par l'Islam, les États n'ont pas jugé utile de mettre en place des dispositifs efficaces de lutte comme les autres l'ont fait. Au plus, la répression du commerce du sexe, de la sexualité entre hommes ou de l'injection de drogues a-t-elle pu freiner la progression mais elle ne l'a pas empêchée. La nature humaine étant ce qu'elle est, ces pratiques se sont poursuivies hors contrôle dans la clandestinité et participent aujourd'hui à la croissance observée.

Lorsqu'ils prennent visiblement conscience aujourd'hui et mettent - parfois de façon timide - quelques dispositions préventives en place: centres de distribution de méthadone et de seringues stériles pour les drogués, informa-

tion et distribution de préservatifs pour les «ouvrières» du sexe, etc.

Trois décennies après l'émergence de la maladie, tout n'est donc pas dit en matière de séropositivité et de sida. Et tout n'est pas encore fait non plus, à ce qu'il semble. ■

► *Nature* 2012; 485: 441

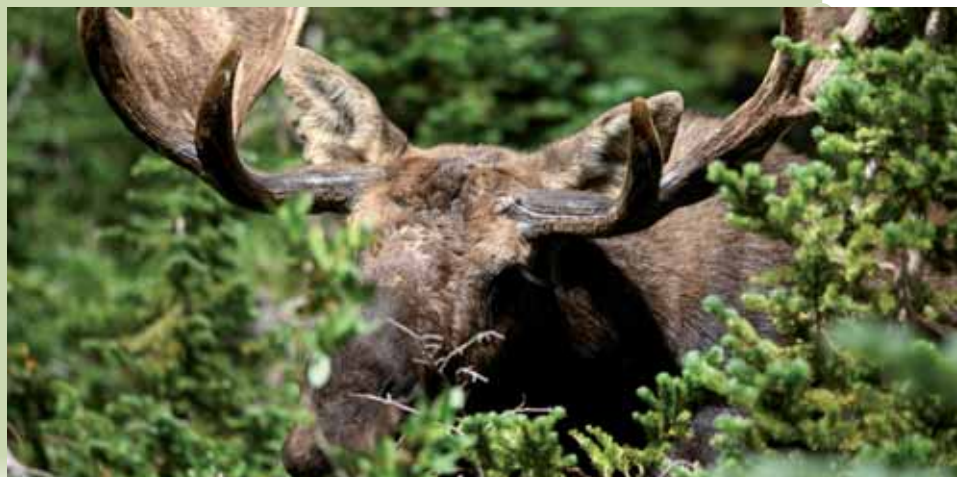
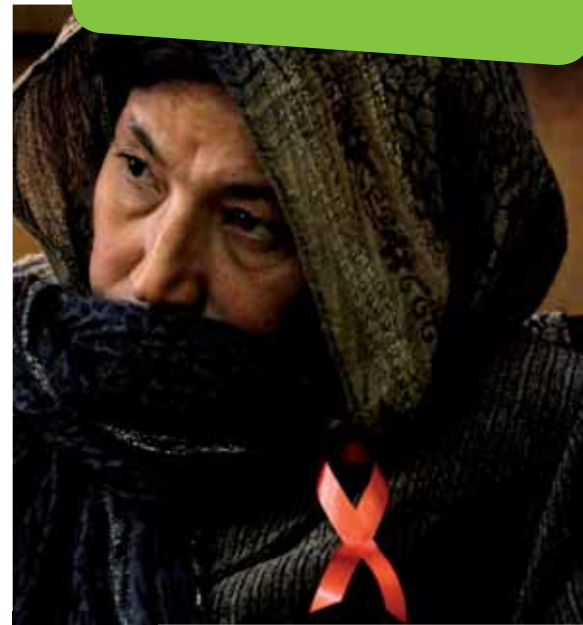
Les loups ou les ours ?

Afin de restaurer des populations piscicoles évanescentes et sans doute aussi satisfaire les pêcheurs locaux, les responsables du Parc de Yellowstone, dans l'ouest américain, ont réintroduit des truites dans les lacs du domaine. Une bonne idée sans doute à plus d'un titre, sinon que les truites réintroduites, nées et multipliées dans des piscicultures, n'appartiennent pas à l'espèce native originelle. Certes, mais où est le problème ? Il tient à deux choses: la première est que cette espèce devient invasive et affiche une très nette tendance à se substituer à son équivalent local. Mais aussi - et ce n'est pas le moindre - c'est qu'elle vit au fond plutôt que dans les eaux supérieures des lacs investis. Et apparemment, ça change tout, car les poissons de surface constituent aussi une des sources alimentaires des ours. Et l'ours, espèce omnivore, et donc aussi carnassière, a un gros appétit. Faute de poissons, il doit bien trouver autre chose pour cal-

mer sa faim. Et cette «autre chose», ce sont les élans, par ailleurs normalement protégés. Cette simple observation rend étonnamment justice à une autre espèce accusée jusque-là d'être coupable de ce prélèvement abusif de la faune locale: le loup, récemment réintroduit lui aussi. Ce n'est donc pas le loup (ou pas seulement lui) qui serait responsable de la réduction des grands cervidés dont les populations auraient chuté de 11%, entre les 2 contrôles les plus récents.

Tout cela serait parti de l'ignorance ou de l'oubli d'un détail: la niche territoriale occupée par une espèce de poissons réintroduite; un «effet papillon» en quelque sorte, qui n'attend plus qu'à être rectifié. Tant pis pour les autres poissons à réintroduire, d'emblée offerts à un vorace appétit. Mais tant mieux pour les élans qui n'en demandent pas davantage ! ■

► *Nature* 2013; 497: 412



Vers une *mathématique* de la *conscience* ?

Au sortir du coma, certains patients redeviennent conscients, mais d'autres demeurent dans un état où ils n'ont aucune conscience du monde extérieur: l'état végétatif ou, selon la nouvelle terminologie, moins péjorative, le syndrome d'éveil non répondant. D'autres encore cheminent vers l'état dit de conscience minimale, qui se caractérise par une conscience fluctuante de l'environnement, sans que le sujet puisse communiquer ses pensées. Pour les cliniciens, il s'avère parfois très ardu de déterminer dans quel état se trouve un patient apparemment inconscient. Des travaux récents, auxquels a contribué le Coma Science Group du Centre de recherches du cyclotron (CRC) de l'Université et du CHU de Liège, ont mis en évidence que le niveau de conscience peut être évalué objectivement par une mesure de la complexité de la réponse du cerveau à une impulsion magnétique

34

La frontière entre l'état végétatif/non répondant et l'état de conscience minimale est difficile à cerner par le seul examen de la réponse motrice du sujet cérébrolésé, de sorte qu'une zone de gris nimbe parfois les diagnostics posés «au bord du lit». Plusieurs études entreprises ces dernières années ont d'ailleurs mis en évidence que, pour les états de conscience très altérés, le diagnostic basé sur un examen clinique classique était erroné une fois sur trois, voire deux fois sur cinq. Ainsi, certaines personnes sont déclarées en état végétatif/non répondant,

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

Photos: **REPORTERS / SPL** (p.34), **SCIENCE** (p.35),
S. LAUREYS / Schéma (p.36)

alors qu'elles se trouvent en état de conscience minimale ou même en *locked-in syndrome* (LIS) (1), c'est-à-dire dotées d'une conscience intacte dans un corps désespérément immobile.

Pour l'heure, la relative incertitude entourant certains diagnostics continue à alimenter le débat éthique, d'autant qu'une vaste enquête menée par le *Coma Science Group* auprès de plus de 2 000 professionnels européens de la santé souligne que les opinions sur la fin de vie des patients gravement cérébrolésés diffèrent selon que ces derniers sont déclarés en état de conscience minimale chronique ou en état végétatif/non répondant chronique et selon qu'ils sont ou non censés ressentir la douleur physique, ce qui est le cas, d'après les travaux du *Coma Science Group*, des patients en état de conscience minimale. Par exemple, on observe une réticence très affirmée à arrêter la nutrition et l'hydratation artificielles chez un patient que l'on juge capable de percevoir des stimuli nociceptifs. Pourquoi ? «*Une hypothèse serait que cette faculté à éprouver la douleur soit assimilée à un signe plus général de conscience de l'environnement*», indique Steven Laureys, responsable du *Coma Science Group*.

Il est donc impératif de s'efforcer de déterminer, pour chaque patient gravement cérébrolésé, s'il dispose d'une conscience résiduelle. «*En outre, lorsque des signes de conscience sont présents, il est primordial d'essayer d'établir un dialogue avec le patient concerné afin de lui permettre d'exprimer ses sentiments, ses besoins (souffre-t-il ?) et ses souhaits, notamment en matière de fin de vie*», dit Steven Laureys.

De nombreux travaux sont menés depuis plusieurs années dans le but de définir des outils standardisés qui permettraient de démêler l'écheveau. Un des objectifs majeurs des chercheurs est de combiner tous les tests disponibles dans le but d'obtenir des «classificateurs automatisés» ne dépendant pas de l'œil humain. Cela leur permettrait de déterminer des probabilités «objectives» quant à l'éventuel degré de conscience résiduelle d'un patient, au niveau de la douleur qu'il peut éprouver et à ses chances de récupération.

Des informations riches et intégrées

Le 14 août 2013, la revue *Science Translational Medicine* publiait un article (2) ayant trait à une nouvelle approche conçue pour évaluer objectivement le niveau de conscience d'un individu par le biais d'une mesure de la complexité de la réponse de son cerveau à une impulsion magnétique. Des travaux réalisés par une équipe internationale regroupant des chercheurs des Universités de Milan, de São Paulo, du Wisconsin et de Liège (*Coma Science group*).

Le point d'ancrage de ces recherches est une théorie développée à l'Université de Madison par le professeur Giulio Tononi: *l'Information Integration Theory*. Elle propose une approche mathématique de la conscience. «*Selon cette théorie, un sujet vivant peut être inconscient pour deux raisons: soit parce que le cerveau ne réalise plus qu'un traitement local de l'information, soit parce qu'il s'active comme s'il faisait l'objet d'un embrasement généralisé sans aucune différenciation entre ses différentes régions, de sorte qu'il ne produit aucune information*», explique Steven Laureys. La conscience, elle, suppose

que le cerveau ait accès à des informations riches et intégrées.

Les chercheurs savaient par ailleurs que la stimulation magnétique transcrânienne (TMS) (3) permet d'exciter ou d'inhiber le cerveau en fonction de la zone où elle est administrée. En clinique, par exemple, elle est utilisée communément dans le cadre de l'enregistrement des potentiels évoqués moteurs (PEM). Ainsi, si on la délivre pour exciter les neurones moteurs, on peut induire un mouvement automatique des membres et mesurer la durée nécessaire pour la propagation, via les voies motrices centrales et périphériques, de l'influx nerveux vers les muscles activés.

C'est cependant une approche beaucoup plus subtile qu'a développée le groupe international susmentionné. Comme pour l'enregistrement des potentiels évoqués moteurs, la TMS est couplée à un enregistrement électroencéphalographique (EEG), mais ici, les neuroscientifiques s'intéressent à l'intégration des informations par le cerveau, à sa connectivité, ce qui met en jeu des milliards de neurones et des millions de milliards de connexions. «*À l'heure actuelle, aucun superordinateur ne peut prendre en compte l'ensemble de ces données*, rapporte Steven Laureys. *Nous devons donc compresser le contenu de l'information émanant du cerveau en réponse à une perturbation magnétique. Pour ce faire, nous utilisons des algorithmes similaires à ceux*

que l'on emploie couramment pour compresser des images numériques avant de les envoyer par courriel.»

Un seuil critique

Cette méthode qui s'appuie sur la perturbation induite à un système - le cerveau - pour calculer, grâce à des algorithmes sophistiqués, sa capacité à intégrer l'information a été élaborée par Marcello Massimini, de l'Université de Milan. En l'appliquant à des sujets plongés dans un sommeil profond, le chercheur italien avait montré que cet état induisait une perte de connectivité cérébrale. Mais que se passait-il chez des personnes anesthésiées, des personnes en train de rêver (sommeil paradoxal) ou chez des patients sévèrement cérébrolésés présentant l'un de ces différents diagnostics que sont le coma, l'état végétatif/syndrome d'éveil non répondant, l'état de conscience minimale ou le *locked-in syndrome* ? C'est la question que souleva l'équipe de Steven Laureys. Elle fut au centre d'une étude expérimentale entreprise à Liège, au cours de laquelle 200 mesures furent effectuées chez 50 sujets, les uns éveillés, d'autres endormis ou anesthésiés, d'autres encore gravement cérébrolésés.

«*À la base, le principe est que plus le cerveau génère de l'information comme un*



Quand les pupilles parlent...

Différents moyens techniques sont en voie de développement dans le but de communiquer avec les patients cérébrlésés disposant d'une conscience résiduelle. Ils pourraient ainsi exprimer leurs pensées, leurs émotions et leurs souhaits. Le 5 août 2013, des scientifiques allemands, américains, australiens et belges (Camille Chatelle et Steven Laureys, du *Coma Science Group*) décrivent, dans *Current Biology* (1), un moyen de communication simple et original: la dilatation de la pupille.

Tout effort mental entraîne une augmentation du diamètre pupillaire. D'où la question que se posèrent les chercheurs: ne pourrait-on mettre ce phénomène à profit pour communiquer avec des personnes physiquement incapables d'interagir avec leur environnement, tels les patients en *locked-in syndrome*? «L'idée fut de poser des questions simples ("Ton prénom est-il François?...") à des volontaires sains et à des sujets cérébrlésés et de les inviter à effectuer un calcul mental assez difficile (24x57, par exemple) s'ils voulaient répondre affirmativement, sinon de ne pas réaliser ce calcul, explique Steven Laureys. En guise de confirmation, on leur demandait ensuite de faire un calcul similaire s'ils voulaient répondre par la négative.»

Ce qui importait n'était pas l'exactitude du calcul éventuellement effectué - les patients cérébrlésés étaient de toute façon incapables d'en communiquer le résultat -, mais le fait que les participants au test aient accompli ou non un effort mental susceptible d'entraîner une dilatation pupillaire. «Chez les volontaires sains, le test s'est révélé probant dans tous les cas; chez

les patients en *locked-in syndrome*, seulement 2 fois sur 5, précise le directeur du *Coma Science Group*. Pourquoi? Sans doute parce qu'ils se trouvaient dans un environnement moins adapté qu'un laboratoire, qu'ils prenaient des médicaments et qu'ils avaient une vigilance et un niveau d'attention parfois fluctuants.»

Une expérience analogue fut tentée avec succès chez un patient en état de conscience minimale, non dans le but de dialoguer avec lui, mais plus prosaïquement pour déterminer si une mesure de dilatation pupillaire permettait de confirmer qu'il possédait une conscience résiduelle.

Pour l'heure, la technique utilisée nécessite une caméra et des moyens d'analyse relativement lourds. «Nous songeons à mettre au point un système intégré moins onéreux et plus facile d'emploi», dit Steven Laureys. Des études sont en cours.

Chez les patients souffrant d'un LIS classique, le plus fréquent, les mouvements oculaires verticaux et/ou le clignement des paupières sont préservés. Ces facultés motrices résiduelles leur servent de moyens de communication. Moins rapide, la mesure de la dilatation pupillaire est sans grand avenir pour eux. En revanche, pour d'autres patients, elle pourrait constituer une avancée importante vers le rétablissement d'un mode de communication.

(1) Stoll J., Chatelle C., Carter O., Koch C. Laureys S., Einhäuser W., Pupil responses allow communication in locked-in syndrome, *Current Biology*, 2013, Aug 5;23(15):647-8.

36

(1) Le *locked-in syndrome* (LIS) existe sous 3 formes: le LIS classique, où la motricité du patient se limite au mouvement vertical des yeux et au clignement des paupières; le LIS incomplet, où subsistent quelques reliquats de motricité volontaire dans les membres; le LIS complet, où l'immobilité est totale, y compris les mouvements des yeux.

(2) Adenauer G. Casali, Olivia Gosseries et al., A Theoretically Based Index of Consciousness Independent of Sensory Processing and Behavior, *Science Translational Medicine*, 14/08/2013.

(3) La TMS consiste en l'application d'une impulsion magnétique sur l'encéphale à travers le crâne, au moyen d'une bobine.

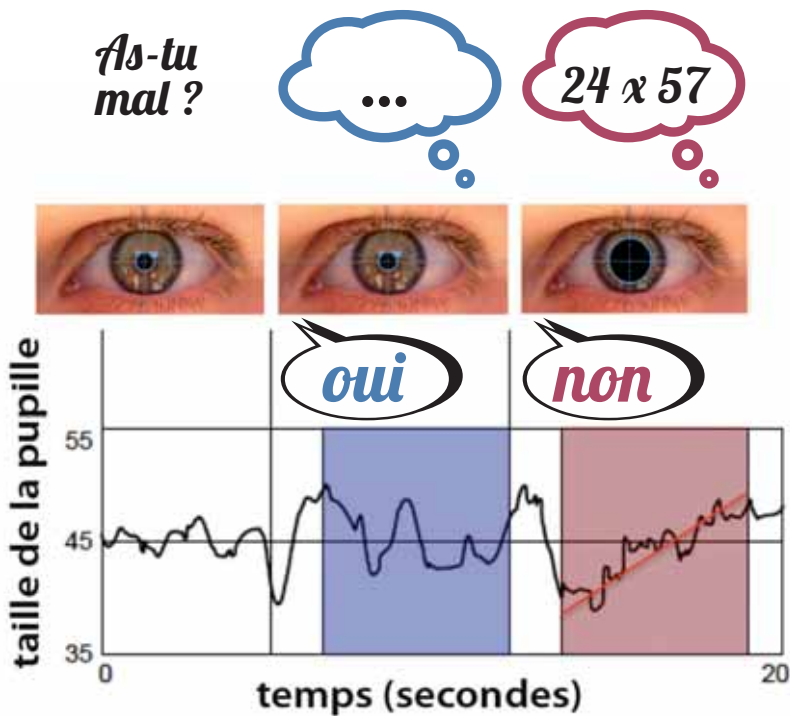
tout intégré, moins il est possible de compresser sa réponse quand il est soumis à une forte stimulation. Nous évaluons la complexité de cette réponse en fonction de l'écho électrique généré», indique Olivia Gosseries, chargée de recherches du FNRS au sein du *Coma Science Group* et premier auteur, avec Adenauer Casali (Milan), de l'article publié récemment dans *Science Translational Medicine*.

Le groupe international a mis en évidence que la mesure de complexité calculée à partir des réponses corticales à la stimulation magnétique transcrânienne déterminait de manière fiable le niveau de conscience des sujets soumis au test. Cette mesure, qu'ils ont baptisée *Perturbational Complexity Index (PCI)*, oscille entre 2 pôles: 0 et 0,7. Il est clairement apparu qu'il existait une frontière (0,3) délimitant la présence ou l'absence de conscience. Tant chez les personnes endormies ou anesthésiées que chez les patients en coma ou en état végétatif/non répondant, le PCI se situe sous le seuil fatidique (0,3). En revanche, ce

dernier est franchi chez les patients en état de conscience minimale, chez les patients en *locked-in syndrome* ainsi que chez les sujets contrôles éveillés, et le chiffre obtenu semble proportionnel au niveau de conscience. Chez les patients LIS, par exemple, il est normal (entre 0,5 et 0,7), tandis qu'il varie entre 0,3 et 0,5 dans l'état de conscience minimale. «Nous n'avons observé aucune erreur, aucune exception à la règle», précise Steven Laureys. De sorte que l'on peut considérer que les chercheurs ont réussi à construire, pour la première fois, une échelle de mesure objective le long du spectre conscience-inconscience.

Traquer la conscience

Évidemment, dans le but de valider la technique, les patients cérébrlésés sélectionnés pour cette première étude étaient des personnes chez qui un diagnostic avec très haut degré de



certitude avait pu être préalablement posé. Les cas ambigus, où l'on ne peut déterminer si le patient est en état végétatif/non répondant ou en état de conscience minimale, avaient été écartés. Aujourd'hui, c'est vers eux que vont se tourner les chercheurs. Car, d'un point de vue clinique, ils sont au centre des débats, c'est pour eux qu'un outil de mesure comme le *PCI* pourrait jouer un rôle déterminant en permettant de préciser de façon presque incontestable s'ils disposent ou non d'une conscience résiduelle.

Outre le fait que les travaux conduits par les chercheurs italiens, américains et belges confirment la prédiction de l'*Information Integration Theory* proposée par Giulio Tononi, ils laissent entrevoir la possibilité prochaine d'utiliser en clinique une approche qui, contrairement à la quasi-totalité des examens pratiqués à l'heure actuelle pour déterminer le degré de conscience des individus gravement cérébrolésés, ne nécessite aucune collaboration du

patient. «Lors des tests cliniques, il se peut que nous ne recevions pas de réponse du patient: non pas parce qu'il est totalement inconscient mais parce que, devenu aphasique, il ne comprend pas ce qui lui est demandé (fermer la main, par exemple) ou parce qu'il est paralysé», commente Steven Laureys.

Le *PCI* n'a pas pour vocation de faire cavalier seul, mais il pourrait remplir un rôle crucial au sein de l'arsenal des moyens mis en œuvre pour «traquer la conscience». Classiquement, chez les patients gravement cérébrolésés, le diagnostic du neurologue se fondait presque exclusivement sur l'examen de l'activité motrice du sujet, en particulier en réponse à une commande («Serrez-moi la main», «Regardez vers le bas»...). Nous l'avons souligné, dans cette approche, les erreurs de diagnostic sont légion.

La définition d'outils cliniques standardisés est de nature à les réduire. L'«échelle révisée de récupération de

coma» (*Coma Recovery Scale-Revised - CRS-R*), développée aux États-Unis et validée en français et en néerlandais par Steven Laureys et Caroline Schnakers, poursuit cet objectif.

Le diagnostic peut en outre être affiné par le recours aux techniques d'imagerie fonctionnelle, ce qui plaide en faveur de la conception d'un outil peu coûteux et facile d'emploi. De nombreux efforts sont déployés en ce sens, notamment en se fondant sur la technique des potentiels évoqués auditifs et cognitifs. L'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et de la tomographie par émission de positons (PET scan) durant l'«état de repos» - le sujet est éveillé, yeux fermés, et ne réalise aucune tâche - est également riche de promesses. Il en va de même des interfaces «cerveau-ordinateur» où l'activité électrique cérébrale est mesurée lorsqu'on demande à un patient de bouger un membre, par exemple. L'étude des caractéristiques du sommeil en recourant à l'électroencéphalographie à haute densité (256 électrodes) est une autre piste - l'activité électrique du cerveau diffère très peu entre le sommeil et l'éveil chez les patients végétatifs/non répondants, alors qu'elle est proche de celle des sujets sains chez les patients en état de conscience minimale. D'autres voies sont encore explorées. Preuve par le *PCI*.

Parallèlement, les neuroscientifiques ambitionnent de communiquer avec les patients disposant d'une conscience résiduelle. Ce que les chercheurs du *Coma Science Group* et de l'Université de Cambridge furent les premiers à réussir, en 2006. Au moyen de l'IRMf en temps réel (*real time fMRI*), ils parvinrent en effet, sur la base de l'enregistrement de l'activité cérébrale d'une patiente déclarée à tort en état végétatif, à décrypter ses réponses (positives ou négatives) à des questions basiques. Ils réitérèrent cette expérience avec succès sur d'autres patients. Pour l'heure, l'accent est mis sur la conception d'outils de communication fiables, portables et peu coûteux, dont l'usage pourrait être généralisé. *A priori*, la solution devrait venir d'interfaces «cerveau-ordinateur». ■



Dans mes petits souliers, Saint-Nicolas va m'apporter...

38

... des jouets par milliers qui feront varier les expériences personnelles de l'enfant. Mais l'important est surtout de lui laisser le temps de jouer, explique le Professeur Isabelle Roskam, de l'UCL...

Texte : Paul Devuyst

Photos : M. FOCKEDEY/Flick'r (p.38), SMOBY (p.39),

European Commission (p.40), L. GIOVANAZZI/Flick'r (p.41)

» En bref...

- * Saint-Nicolas serait né en 287 à Patara, en Lycie.
- * Les premiers jouets ont été découverts dans la vallée de l'Indus et dateraient de 3000 avant JC.
- * Le jeu contribue au développement de 3 domaines: la motricité, les facultés intellectuelles et la socialisation.
- * Chaque type de jeu correspond à une tranche d'âge, qui elle-même correspond à certaines fonctions développées à cet âge.

Les jouets sont des objets que l'on donne aux enfants pour les amuser. Leur origine est préhistorique: les archéologues ont découvert des restes de jouets en pierre dans la vallée de l'Indus, qui datent probablement de 3 000 ans avant Jésus-Christ. Dans la Grèce antique, les enfants jouaient déjà à la poupée en pierre et en bois mais si les techniques et les matériaux à partir desquels les jouets sont fabriqués aujourd'hui ont changé (ce qui a considérablement modifié la nature des jouets eux-mêmes), les enfants jouent toujours... avec des jouets.

«Jouer est une activité très particulière parce que c'est une activité qui, contrairement à tout ce que l'on fait dans la vie, est sans finalité. C'est-à-dire que

lorsqu'on joue, on ne cherche pas un but particulier, sinon en principe gagner. Évidemment, on ne gagne rien au jeu symbolique de la dinette ou en faisant des mots fléchés, ce qui n'est pas le cas pour les jeux qui introduisent de la compétition entre les protagonistes», explique le professeur Isabelle Roskam. Jouer ne sert à rien et ce que l'on fait en jouant, ce que l'on produit, n'a aucune fonction. Autrement dit, c'est une activité non productive à l'opposé de toutes les autres activités de la vie. Lorsque les enfants sont pris par les activités scolaires, il y a toujours cette notion de finalité (parfois sur le long terme): il faut avoir un beau bulletin, bien finir son année, etc. «Et pour nous, adultes, il s'agit de gagner notre vie ou de réaliser quelque chose d'imposé ou de nécessaire», poursuit le professeur.

Une détente sans conséquences réelles

«Jouer est une activité en principe librement choisie, une activité dans laquelle les parents ne doivent pas être trop intrusifs», précise-t-elle encore. Effectivement, ce n'est pas grave si la dinette est un peu désorganisée et si, au bout du compte, on n'est pas arrivé à nourrir les poupées mais ce qui est important, c'est de laisser à l'enfant la possibilité de choisir tel jeu plutôt qu'un autre. Et par conséquent, l'intervention des parents qui pensent parfois qu'il est très important d'aiguiller l'enfant de manière à ce qu'en jouant il apprenne quelque chose n'est pas toujours souhaitable, estime Isabelle Roskam. Jouer n'est pas une activité d'apprentissage dit-elle, c'est d'abord une activité de détente qui, en principe, répond à une motivation intrinsèque: on a envie de faire cela en ce moment précis et on ne se laisse pas imposer autre chose par quelqu'un d'autre. «On a une envie en soi et c'est finalement ce qui fait du jeu quelque chose de très différent. Cela me semble essentiel à l'époque où nous vivons parce que, à part les moments de jeu, les enfants n'ont que peu d'occasions de ne pas être guidés dans leurs choix et dans ce qu'ils font alors qu'ils ont déjà tant d'obligations», assure la psychologue.

«Autre caractéristique du jeu, c'est une activité qui n'a pas de conséquences réelles», ajoute-t-elle. Cela veut dire que si des enfants jouent à «papa, maman» et que dans le jeu, il y a une dispute parce que, par exemple, le papa n'a pas mis la table convenablement, on peut «faire semblant» de se disputer, d'être fâché. On peut être dans un rapport hiérarchique inversé, ce qui dans la vie de tous les jours, ne sera pas admis. L'enfant va ainsi découvrir la portée des rôles sociaux sans en avoir la connaissance ou le privilège dans la vie de tous les jours.

Un facteur de développement

«Le jeu va largement contribuer au développement de l'enfant et ce dans 3 domaines: la motricité qui va favoriser la capacité de sauter, de faire des culbutes ou de manipuler des objets, les compétences

intellectuelles et la socialisation qui est la capacité de pouvoir vivre en relation avec autrui d'une manière adaptée», déclare Isabelle Roskam.

Chez l'enfant, les expériences que l'on peut réaliser grâce aux jeux vont développer des fonctions qui lui permettront de vagabonder sur un trotteur, depuis le petit vélo à 3 roues jusqu'au VTT. Toutes ses fonctions motrices, en plein développement, vont profiter de cet apprentissage et lui fournir du matériel qui lui permet de les perfectionner. Cet élément est donc très important pour la vie future du jeune enfant. De même, en procurant à l'enfant des petits jeux de simulation, on contribue à son développement cognitif. Il va ainsi acquérir une certaine habileté de langage, de logique ou encore de comptage par exemple.

D'autre part, il est évident que des jeux tels que des «faire semblant» (comme la dinette par exemple) vont contribuer au développement social de l'enfant, affirme le professeur. Il va devoir «négocier» pour arriver à certains objectifs qu'il s'est fixé: qui va conduire l'auto ? Qui va donner à manger au bébé ? Qui va faire le docteur et qui va faire le malade ? Autant de tractations, autant de concessions. Et ensuite, il voudra changer de rôle, ce qui inversera les liens hiérarchiques !

Les parents ne se rendent pas toujours compte de l'importance que prend le jeu dans le développement de l'enfant mais il s'agit d'un investissement sur le long terme. Dans un jeu à «faire semblant» par exemple, les enfants vont expérimenter une situation en miniature de ce qu'ils

Bio express



Nom : ROSKAM

Prénom : Isabelle

Formation :

Docteur en sciences psychologiques (2000, Université catholique de Louvain).

Perfectionnement scientifique au Center for Family Studies, University of Cambridge (Grande-Bretagne, 2005).

Professeur de psychologie du développement et de l'éducation.

Adresse :

Faculté de Psychologie et sciences de l'éducation:
Place du Cardinal Mercier, 10 à
1348 Louvain-la-Neuve

Tél : 010/47.20.42

E-mail : isabelle.roskam@uclouvain.be





Le petit robot 'CE marking' de la vidéo de conseils sur la sécurité des jouets

La sécurité d'un jouet

Lertes, l'Union européenne a édicté un certain nombre de normes auxquelles doivent répondre les jouets pour pouvoir afficher le sigle CE et être commercialisés sur notre territoire.

Ce sigle devrait donc suffire à rassurer les acheteurs sur l'innocuité du produit. Cependant, c'est le fabricant ou l'importateur lui-même qui estime le respect aux dites normes, sans toujours un contrôle officiel préalable. Dès lors, seuls une plainte ou un contrôle a posteriori peuvent éventuellement entraîner un retrait du marché européen. La prudence et le bon sens personnels s'imposent donc, en particulier pour les jouets provenant d'Extrême Orient. Les jouets américains sont, quant à eux, soumis à des normes plus sévères encore que les normes européennes.

Il faut souligner que la plupart des (grands) fabricants européens effectuent ou font effectuer de nombreux tests et contrôles dans des laboratoires spécialisés sur les jouets qui sortent de leurs usines.

vivront lorsqu'ils seront adultes. Si l'enfant joue le rôle d'une maman, il va devoir endosser tous les stéréotypes que l'on prête aux mères de famille: se montrer douce avec le bébé, porter le bébé avec précaution... Si par contre l'enfant joue un rôle de gladiateur ou de militaire, il va devoir à son tour endosser un rôle avec tous les stéréotypes qui accompagnent cette position sociale. Et s'il est «monsieur le docteur», il aura toute une série de représentations associées qu'il faudra respecter: on se sert la main en arrivant, c'est quelqu'un qui connaît plein de choses et donc il faudra suivre ses instructions, il est bienveillant avec les patients, il va se laver les mains en partant, etc. «*Tout cet apprentissage est extrêmement riche pour l'enfant*», affirme la psychologue.

«*Il y a des jeux propres à chaque âge car dès le moment où ces jeux vont entraîner des fonctions en développement, ils seront recherchés par l'enfant lui-même*», enchaîne Isabelle Roskam. C'est ainsi que chez le jeune enfant, les jeux moteurs auront la préférence sur les autres parce que la motricité est surtout en développement dans les premières années. Il adore courir dans le jardin, se mettre sur un ballon sauteur, sauter à la corde, se balancer, etc.

Les jeux de règles viendront plus tard car ils nécessitent des compétences sociales que les tout petits n'ont pas encore. Ce n'est que vers 3 ans qu'ils accepteront les règles les plus simples, incapables qu'ils sont auparavant d'imaginer ce que leur partenaire ou adversaire a en tête.

Ensuite, vers l'âge de l'école maternelle, viendront les jeux de «faire semblant». Vers cette époque, l'enfant commence à comprendre les enjeux sociaux et aime se mettre dans la peau d'un autre, se déguiser, imaginer des situations, inventer des histoires. C'est aussi le moment où le langage se développe; les enfants se parlent entre eux, font des propositions pour faire avancer le jeu.

Les enfants connectés

Il est un fait indéniable: le divertissement pour enfant est un domaine de plus en

plus investi par les écrans. Bien loin du vieux bilboquet et pas encore tout à fait jeux vidéo, de nouveaux «jouets connectés» s'animent et se contrôlent grâce à des smartphones ou des tablettes qui s'utilisent alors comme des accessoires. L'iPad constitue un terrain de jeu idéal pour les bambins en manque d'innovation. C'est ainsi que Disney vend, par exemple, des petites voitures connectées à l'effigie de son film d'animation *Cars*. Spécialement conçues pour faire réagir la tablette sans la rayer, elles permettent à l'enfant de faire la course sur des parcours disponibles depuis une application prévue à cet effet. Ces jouets connectés permettent de s'amuser à plusieurs et redonnent un coup de jeune à de vieilles distractions.

Et le jeu vidéo ?

«*Je crois qu'il n'y a aucun mauvais jeu vidéo en soi mais je crois aussi qu'il y a des jeux vidéo plus riches que d'autres. En réalité, le problème réside surtout dans le fait que le jeu vidéo ne contribue que de manière fort partielle au développement de l'enfant. Il faut donc éviter d'en abuser au détriment d'autres activités ludiques*», estime Isabelle Roskam.

Si l'on compare un jeu de «faire semblant» comme celui de la dinette par exemple, où l'enfant développe sa maturité en faisant des alignements, du comptage, de la classification, c'est-à-dire où il réalise des expériences cognitives et sociales, au jeu vidéo, on doit avouer qu'au point de vue motricité, il n'y a que le pouce qui bouge ! Et au point de vue social, l'enfant est seul et souvent dans un monde virtuel qui n'a rien à voir avec la réalité. «*Les jeux vidéo sont donc pauvres en ce qui concerne le développement de l'enfant, même s'ils sont bien faits et associent de belles couleurs. On peut les pratiquer sans pour cela qu'ils prennent toute la place. C'est un peu comme si on obligeait un enfant à faire 5 heures de violon par jour enfermé dans une chambre: on fait une activité trop spécifique et on néglige le reste*», insiste la chercheuse.

«*Mon message est donc de diversifier les jeux de l'enfant pour diversifier les expériences possibles et surtout de lui laisser du vrai temps de jeu. Dans la vie actuelle, on peut très vite en arriver à ce que les*

enfants n'aient eu qu'un quart d'heure pour jouer pendant la journée car les parents sont pris par le travail, les tâches ménagères, les déplacements, les devoirs et finalement, c'est l'heure d'aller au lit et l'enfant n'a pas joué. Or c'est une activité qui apporte autre chose que toutes les autres activités ! Il est donc essentiel de libérer du temps de jeu», dit elle.

D'autre part, il faut être vigilant dans ce que l'on propose comme jeux aux enfants. Ils choisissent parfois des jeux qui requièrent moins d'énergie ou moins d'engagement, tout simplement parce qu'ils n'aiment pas l'effort physique et par solution de facilité, demandent un jeu vidéo.

«Je trouve personnellement que c'est un drôle de message que de dire aux parents de ne pas donner de jeux vidéo. Ils font désormais partie du quotidien et il ne faut pas faire de nos enfants des marginaux», déclare Isabelle Roskam. Il est évident qu'à l'école, vis-à-vis de ses compagnons, il faut qu'il sache que cela existe et qu'il ait le droit d'y toucher. Cela fait partie des choses normales de la vie actuelle mais ce qu'il faut éviter, c'est de tomber dans le travers où l'on donne n'importe quel jeu par solution de facilité: donner un jeu vidéo à un enfant et... vous aurez la paix pendant quelques heures ! Évidemment, cela demande aussi aux parents de s'investir afin de proposer des alternatives de jeu intéressantes.

Une mission fondamentale

Il y a aussi cet aspect non négligeable de la société de consommation dans laquelle nous vivons actuellement où tant les jeux que les consoles sont très vite dépassés, ce qui pousse les enfants dans une sorte d'insatisfaction permanente et à toujours demander ce qui est à la pointe de la technique. Ils sont ainsi toujours dans l'attente de quelque chose d'autre et perdent l'habitude de jouer avec ce qu'ils ont à leur disposition.

Jouer n'est pas seulement avoir des jouets à sa disposition: on peut jouer à «faire semblant», jouer avec quelques branches et quelques cailloux. Mais aujourd'hui, les enfants sont souvent hors de cette dynamique. Et jouer avec

La complicité du jeu

Un bambin qui tombe du toboggan ne signifie pas pour autant que l'engin est nocif mais bien qu'aucun adulte ne faisait vraiment attention au moment de l'accident. Comme dans les autres situations de la vie quotidienne, à l'école, dans la rue ou à la maison, une vigilance des adultes devrait permettre d'éviter, lors des jeux, la plupart des conduites dangereuses.

D'ailleurs, le (bon) jouet ne se contente pas d'occuper le petit garçon ou la fillette et de développer ses capacités. C'est aussi, et surtout, celui dont on partage le plaisir. Plaisir d'offrir, plaisir de jouer ensemble, tendre connivence de l'adulte et de l'enfant autour du nounours ou de la poupée, du puzzle ou du jeu de société, du jeu de construction ou de la voiture téléguidée. Pas toujours besoin de jouets sophistiqués pour susciter cette chaleureuse complicité, qui est aussi celle des histoires et des livres, des chansons et des films, qui est celle de l'imagination: une boîte en carton se muera en bateau ou en maison, un foulard sera tantôt voile de princesse, tantôt bandeau de prisonnier...

*Car jouer, c'est aussi partager.
Notamment ses émotions et ses rêves !*

«trois fois rien» demande aussi un peu plus d'investissement de la part des parents que l'achat d'une console de jeu au magasin du coin.

il faut leur donner le goût de faire autre chose. Cela reste une mission fondamentale pour les parents», conclut le professeur Roskam. ■

«Interdire les jeux vidéo aux enfants est une position difficilement tenable mais



La bal (L)ade japonaise des neutrinos

L'annonce en a été faite cet été à Stockholm, lors de la conférence annuelle de la physique des hautes énergies: l'expérience T2K a établi pour la première fois, de manière directe et sans ambiguïté, le phénomène d'oscillation des neutrinos, en l'occurrence cette fois, la transformation d'un neutrino muonique en neutrino électronique

42

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

Photos: © T2K (pp.42-43), Kamioka Observatory, ICRR (p.43)

Rappelons brièvement que les neutrinos ont été «inventés» tout d'abord par Wolfgang Pauli en 1930 pour expliquer un fait très dérangeant, à savoir l'apparente non conservation de l'énergie dans la désintégration β . Cette particule que Pauli avait déterminée comme devant être neutre et de masse très faible est baptisée neutrino par Enrico Fermi en 1933 et son acte de naissance est signé à Bruxelles lors du Congrès *Solvay* de cette année-là. Elle ne sera cependant mise en évidence expérimentalement qu'en 1956 par Reines et Cowan.

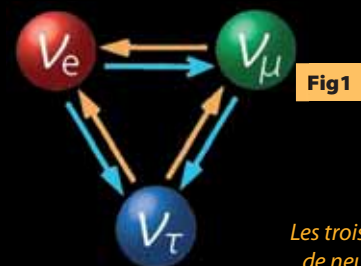
Le neutrino est une particule omniprésente dans notre vie. Nous en recevons encore qui proviennent du *Big Bang* et surtout du Soleil (700 mille milliards par seconde, qu'il fasse jour ou nuit !). Mais nous en recevons aussi de la croûte et

du manteau terrestre (environ 20 millions par seconde)... et chacun de nous en est émetteur via la désintégration du potassium contenu dans nos os. Bref, impossible d'imaginer un monde sans ces particules. Malgré cette omniprésence, les neutrinos sont d'une discrétion à toute épreuve (ou presque). Ils n'interagissent en effet pratiquement pas avec la matière, raison pour laquelle ils nous traversent sans provoquer de dégâts dans notre organisme. Parvenir à les piéger, surtout s'ils sont de faible énergie, relève donc de l'exploit et nécessite des moyens considérables.

Trois saveurs

Dès avant sa découverte expérimentale cependant, les théoriciens, particulièrement le physicien italien Bruno Pontecorvo, déterminent que non seulement cette particule est en fait triple (on dit qu'il existe 3 saveurs de neutrino), mais que ces 3 types de particules voisines

peuvent se transformer les unes en les autres. Un phénomène appelé oscillation (voir figure 1).



Les trois types de neutrinos (électronique, muonique et tauique) et leur oscillation (transformation dans les deux autres types).

Ce phénomène est très complexe et appartient au monde quantique, dont nous ignorons encore à peu près tout. Les neutrinos sont créés lors de collisions ou désintégrations de particules. À ce moment, ils sont de l'une des 3 saveurs; le type de saveur dépend uniquement du type d'interaction qui leur a donné naissance. Une fois créés, ils vont se propager dans le temps et l'espace, une propagation qui est indépendante de l'interaction originelle: la particule va se

Événement observé dans le super détecteur KamiokaNDE. Lorsqu'un neutrino électronique interagit avec un neutron des noyaux de molécules d'eau, il se transforme en proton et émet un électron, lequel produit de la lumière Cerenkov. Les photomultiplicateurs placés sur les parois (taches claires ou colorées) détectent cette lumière. Les caractéristiques de cette lumière sont différentes selon que l'interaction est celle de neutrinos mu ou de neutrinos e. Sur cette image 3D du détecteur, chaque point de couleur correspond à la détection de lumière Cerenkov par un des 11 200 photomultiplicateurs placés sur les parois. L'anneau de forme circulaire est caractéristique d'un proton produit par l'interaction d'un neutrino électronique avec l'eau.

propager comme une onde dont la fréquence d'oscillation dépend de l'énergie de la particule. Il y a cependant un petit problème: le neutrino est en effet plutôt une combinaison de 3 neutrinos dont les masses - et donc les énergies - sont légèrement différentes. Autrement dit, les 3 ondes de propagation ne seront plus en phase au bout d'un certain temps, mais légèrement décalées.

Prenons l'exemple du neutrino-mu. Lors de sa création, sa composante en neutrino-tau est nulle mais elle apparaît au fur et à mesure du temps; à un certain moment, il y a disparition complète du neutrino-mu au profit du neutrino-tau. Bien sûr, si une expérience de détection n'est calibrée que pour la saveur de départ, elle enregistrera un important déficit en neutrinos. Mais si elle est sensible à toutes les saveurs, on ne s'apercevra de rien.

Faisceau de neutrinos

Mais comment étudier ces neutrinos ? *A priori*, on peut se dire que vu leur nombre et leur «permanence» dans notre monde, cela ne devrait pas être difficile: il suffit de se baisser pour en ramasser ! Hélas, les neutrinos qui nous entourent sont insaisissables, incontrôlables et ne servent alors pas à grand chose. Pour qu'ils soient utiles, il faut les rassembler en faisceaux les plus intenses possibles. Il faut donc les créer à partir d'autres particules dont les désintégrations en produisent. Cela n'est possible qu'avec de grands accélérateurs comme ceux du CERN ou l'accélérateur de protons du centre J-Parc situé sur la côte est du Japon, à Tokai, dans le cas de l'expérience qui nous occupe aujourd'hui (figure 2).

T2K (Tokai to Kamioka) utilise un faisceau produit par l'accélérateur de protons de Tokai. Ces protons frappent une cible en graphite, ce qui produit des pions (ou mésons pi, particules composées de 2 quarks) qui se désintègrent en muons et neutrinos muoniques dans un tunnel de 100 m de long. Ces muons et les pions non désintégrés sont alors arrêtés par une seconde couche de graphite tandis que les neutrinos muoniques, qui n'interagissent pratiquement pas avec la matière, continuent leur voyage vers Kamioka où se situe le plus grand détecteur de neutrinos du monde (figures 3 et 4). La distance parcourue par les neutrinos n'est pas due au hasard. Nous avons vu en effet que la transformation d'un neutrino en un autre obéit à des oscillations: elle croît, atteint son maximum, décroît et ainsi de suite. Il faut donc que le détecteur soit situé à un endroit où, après un temps t , on sait que l'on va observer des flux importants de neutrinos électroniques ayant des caractéristiques reliées à celles des neutrinos muoniques de départ. Bref, être certain que l'on observe bien les neutrinos produits à Tokai, mais transformés en une autre saveur, et non des neutrinos provenant d'autres sources.

Et c'est bien cette transformation qui a été détectée (figure 5) à plusieurs reprises avec une fiabilité bien plus importante (incertitude inférieure à une part sur mille milliards) que lors d'expériences précédentes, ce qui a permis d'affirmer que cette découverte établit pour la première fois de manière non ambiguë, l'apparition d'un neutrino d'une saveur différente de celle qu'il possédait au départ. Ces résultats vont sans doute permettre aux physiciens d'avancer vers la détection expérimentale de l'éventuelle violation de la symétrie CP (charge-parité) qui n'a été mise en évidence que dans le domaine des quarks. Or, ils soupçonnent cette violation, si elle avait lieu aussi pour les neutrinos, d'avoir joué un rôle, aux premiers instants de l'univers, dans le déséquilibre entre matière et anti-matière. ■

Schéma de l'expérience T2K: le faisceau de neutrinos est produit sur la côte est du Japon et détecté par le détecteur Super-KamiokaNDE sur la côte ouest après avoir parcouru 295 km sous la surface du sol.



Fig3

Coupe schématique du détecteur super-KamiokaNDE installé dans une mine à 1000 mètres sous la surface.

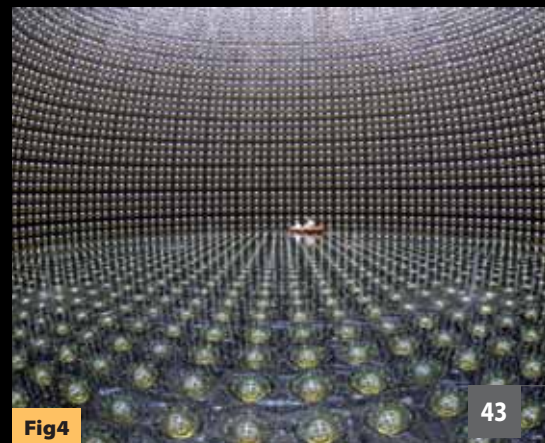


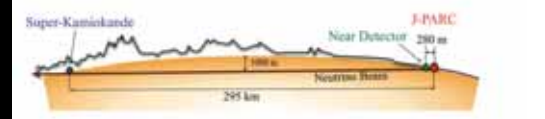
Fig4

43

Intérieur du super détecteur de neutrinos KamiokaNDE constitué par un cylindre de 39 m de diamètre et 41 m de haut. Les «boules» visibles sur la photo sont les 11 200 photomultiplicateurs qui détectent les lumières Cerenkov émises quand une particule chargée se déplace plus vite que la lumière dans l'eau (le détecteur est rempli de 55 000 tonnes d'eau ultra pure).

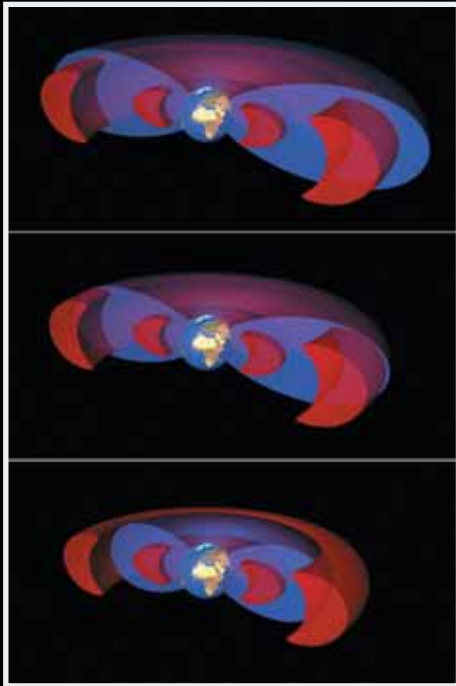
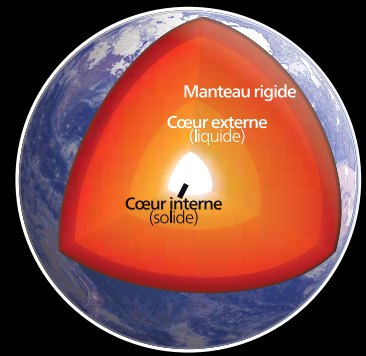


Fig2



À la Une du Cosmos

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

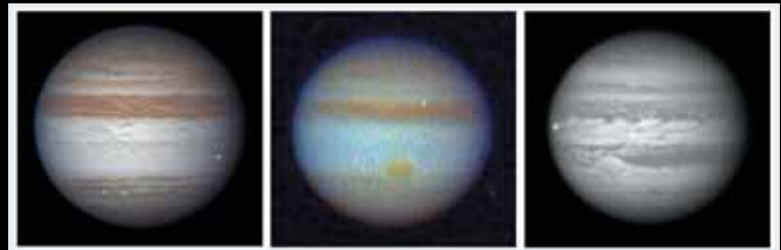


Un astronome belge a étudié les relations entre les deux ceintures de Van Allen, montrant le dynamisme de ces zones (et leur taille changeante). En parallèle, une autre équipe a pu expliquer l'apparition éphémère en 2012 d'une troisième ceinture de radiation autour de la Terre.

Photo: ESA

Une équipe anglaise nous plonge au cœur de notre planète: le noyau intérieur de la Terre tourne vers l'est beaucoup plus vite que la surface alors que le noyau extérieur tourne dans l'autre sens, plus lentement, et il semblerait que le sens de rotation du centre puisse changer au cours des millénaires.

Photo: Hawk-Eye/Wikimédia commons



Boom ! Ce mois-ci a vu une pluie de résultats liés aux impacts de météorites. En étudiant des composés appelés spinelles, une équipe a pu lier de tels événements à des phénomènes biologiques (extinction il y a 372 millions d'années, ou biodiversification il y a 470 millions d'années). D'autre part, deux autres équipes scientifiques ont montré que les impacts sur une planète pouvaient produire des molécules complexes tels les acides aminés et que des organismes simples peuvent survivre à des impacts ! Enfin, une étude mêlant amateurs et professionnels montre que Jupiter reçoit 100 fois plus de blocs d'une taille de 10 m que la Terre...

Photo: EPSC



Nouvelles aux frontières de notre Système solaire. La sonde IBEX révèle que les particules extérieures (interstellaires) entrant dans notre Système ont changé de direction en 40 ans, et la sonde Voyager 1 semble avoir (enfin!?) atteint, à 19 milliards de kilomètres de notre planète, les limites de la « bulle » solaire, un cocon formé par le vent solaire.

Photo: NASA

En attendant le lancement prochain de GAIA, les astronomes améliorent la carte 3D de notre Galaxie. Surprise : les régions centrales ont la forme d'un X ou d'une cacahuète...

Photo: ESO

Sale temps pour la vie sur Mars: non seulement l'eau est bourrée de composés toxiques, mais en plus le méthane, «gaz naturel» terrestre, n'est pas détecté par Curiosity alors que sa détection depuis la Terre avait relancé les espoirs d'une vie martienne...

Photo: Curiosity

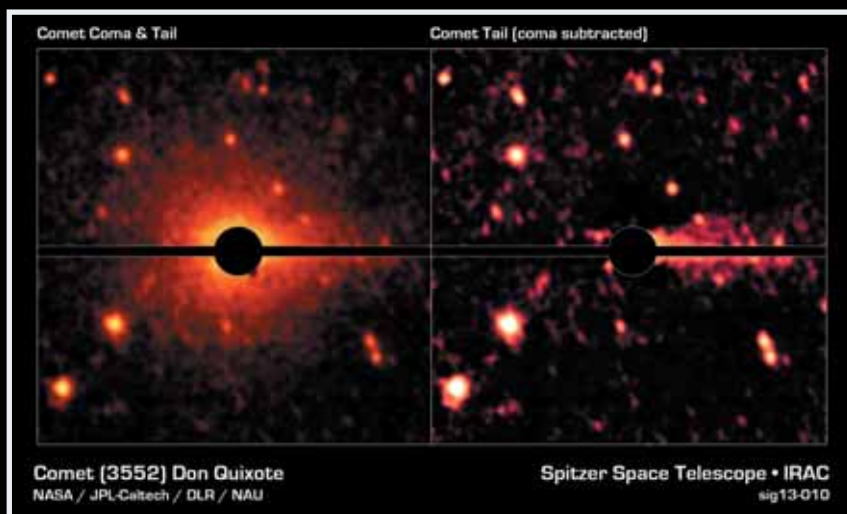
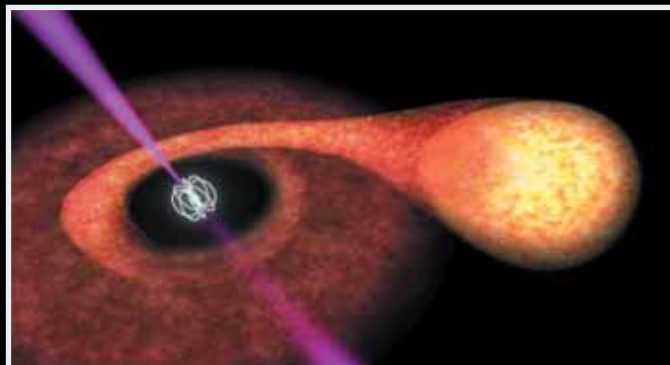


Nouvelle proposition pour l'origine de la Lune: la Terre aurait récupéré un satellite de Vénus...

Photo: NASA

Grâce aux télescopes européens XMM et Integral, les astronomes ont observé un pulsar en plein rajeunissement: une phase de transition, cruciale pour comprendre ces cadavres célestes, pendant laquelle le pulsar reçoit la matière d'un compagnon et accélère sa rotation.

Photo: ESA



À gauche: Comète ou astéroïde ? Des objets titillent les limites de ces catégories: ainsi, les astéroïdes Don Quichotte et Phaeton possèdent une queue, comme les comètes... Photo: EPSC/Spitzer. À droite: En fin de vie les étoiles comme le Soleil meurent en formant une nébuleuse planétaire. Chose curieuse: quelles que soient leur histoire ou leurs propriétés, ces nébuleuses s'alignent perpendiculairement au plan galactique, pour une raison inconnue (champ magnétique ?). Photo: ESO



Texte: Théo PIRARD • Photo: NASA

Depuis 15 ans et grâce à la coopération entre les États-Unis, la Russie, l'Europe, le Japon et le Canada, les Terriens disposent d'un poste avancé à quelque 400 km au-dessus de nos têtes, c'est l'Iss (International Space Station). Habité en permanence depuis novembre 2000 par 1 ou 2 équipages de 3 astronautes et cosmonautes, cet ensemble, d'une masse de 450 t, déploie des panneaux solaires et de grands radiateurs sur une étendue équivalente à celle d'un terrain de football. Ce qui lui donne l'aspect d'une énorme libellule évoluant autour de la Terre ! Sa construction a débuté en novembre 1998 avec un module russe qu'avait satellisé un lanceur Proton. Pratiquement, sa physionomie n'a guère changé depuis le dernier vol du Space Shuttle avec la navette Atlantis en juillet 2011. Dans quelques mois, on doit y ajouter le module-laboratoire russe Nauka, sur lequel se trouve le bras télémanipulateur Era (European Remote Manipulator Arm) de l'Agence spatiale européenne.

Il est question de prolonger l'exploitation de l'Iss jusqu'en 2028... Son utilisation se révèle-t-elle si rentable pour la science et la technologie et le sera-t-elle encore aussi longtemps ?

La Station spatiale internationale est pour la connaissance et l'innovation l'outil de le plus coûteux qui soit mis en œuvre par l'humanité. Elle agit comme un extraordinaire stimulant de matière grise pour de nouveaux produits à rentabiliser sur Terre. Cette infrastructure multi-disciplinaire représente un investissement que l'on estime proche des 100 milliards d'euros ! La dépense a surtout été prise en charge par les contribuables américains: la Nasa a développé des modules, poutres, radiateurs, panneaux solaires, les a assemblés grâce à 37 vols du Space Shuttle avec les navettes Discovery, Atlantis et Endeavour.

Les partenaires de l'odyssée d'Iss doivent décider comment prolonger son existence pendant 15 années supplémentaires. Il faudra procéder au rem-

placement d'éléments usés et fragilisés par leur exposition à l'environnement spatial. Comme les systèmes de refroidissement, de climatisation et d'alimentation en électricité... Les modules-laboratoires, russes, américains, japonais et européen (Columbus) sont équipés avec des «racks» d'expériences en microgravité dont tirent parti la physique, la chimie, la biologie...

Quelle est l'expérience la plus importante qui se déroule en permanence à bord de la station ?

En mai 2011, la navette Endeavour, pour sa dernière mission, a amené l'Ams-02 (Alpha Magnetic Spectrometer) qui doit percer les mystères de l'antimatière et de l'énergie noire de l'Univers. Ce spectromètre magnétique, qui consomme jusqu'à 2,5 kW, est un gros aimant de 8,5 t qui piège les particules et antiparticules des rayons cosmiques afin d'en mesurer les caractéristiques. L'Europe, avec le Cern (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire) et l'Estec (European Research & Technology Centre), a eu un rôle clé dans sa réalisation et sa mise au point. Au début de 2013, après une année et demie de fonctionnement, l'Ams-02 avait détecté plus de 25 milliards d'événements liés au rayonnement du Cosmos. Leur délicate analyse est en cours afin de révéler de quoi est fait l'infiniment grand.

Dans quelle mesure la petite Belgique est-elle partie prenante dans la mise en œuvre de l'Iss ?

Le Service public fédéral Belspo en charge du programme spatial belge contribue au programme Iss via l'Esa (Agence spatiale européenne). Des chercheurs, avec des expériences, et des industriels, avec des équipements, mettent à l'honneur la Belgique à bord de la station (1). Sur le laboratoire européen Columbus, on a un bouclier anti-météorites de Sonaca, ainsi que la plate-forme Solar d'observation du Soleil, dont 2 des 3 instruments sont mis en œuvre par le Pôle Espace à Uccle. Celui-ci est responsable du Busoc (Belgian User Support & Operations Centre), qui assure le suivi permanent d'activités avec l'Iss. Et cerise sur le gâteau: l'astronaute belge Frank De Winne a effectué 2 séjours dans la station en 2002, puis en 2009. Dont une mission de 6 mois au cours de laquelle il inaugura un équipage permanent de 6 personnes et en fut - pendant 46 jours - le chef d'orchestre comme le premier commandant de bord non américain et non russe. ■

(1) La Wallonie est bien présente. Avec les Universités de Bruxelles, de Liège, de Mons qui sont des utilisateurs de l'ISS. Avec la Pme Lambda-X de Nivelles qui a fourni de l'opto-électronique «sur mesure» pour des tests en microgravité.



Le retour «privé» des astronautes



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

Photos: **NASA** (p.47), **SpaceX** (p.48)

Fin 2017, les astronautes de la Nasa (National Aeronautics & Space Administration) devraient disposer d'un vaisseau américain pour aller et venir dans l'espace. Il sera privé. Depuis la mise à la retraite du Space Shuttle pendant l'été 2011, l'administration fédérale compte sur la libre entreprise pour se lancer à la conquête du nouveau monde... de l'espace

L'esprit d'épopée du «*Far West*» demeure bel et bien présent dans la Grande Amérique. Dans le transport spatial, on a les références d'*Orbital Sciences* avec sa fusée aéroportée *Pegasus*, puis de *SpaceX* et son lanceur *Falcon* à bas coût. Et on retrouve les mêmes acteurs dans un partenariat public-privé avec la *Nasa* pour assurer le ravitaillement de l'*Iss* (*International Space Station*): *SpaceX* au moyen du *Dragon* satellisé par *Falcon*; *Orbital Sciences* avec le *Cygnus* mis en orbite par *Antares*.

Aux prises avec trop de bureaucratie gouvernementale, la *Nasa* n'hésite pas à faire confiance à l'initiative privée pour que ses astronautes retrouvent le chemin de l'espace. La libre entreprise doit en moins de 5 ans faire ses preuves avec

1 ou 2 systèmes spatiaux de vols habités. Payer à la Russie des sièges à bord du vaisseau *Soyouz* triplace, dont le développement remonte à la Guerre froide des années 60, se fait à un prix de plus en plus fort: le contrat d'avril dernier entre la *Nasa* et *Roscosmos*, pour 6 places supplémentaires jusqu'en juin 2017, met le ticket à 52,5 millions d'euros ! Il y a dès lors intérêt pour l'Amérique à retrouver son autonomie pour que ses astronautes aient accès à l'*Iss*, surtout si son exploitation se prolonge au-delà de 2020.

La *Nasa* compte désormais sur un partenariat public-privé avec son *Commercial Crew Program*. Ce programme, qui est confronté aux restrictions de la mise sous séquestre budgétaire, doit dans les mois à venir franchir une nouvelle étape avec le *CCtCap* (*Commercial Crew Transportation Capability*). Cette phase fera logiquement suite à une autre qui a débuté en août 2012 pour des activités, durant 21 mois, de développement sur des systèmes de conception privée destinés à des équipages d'au moins 7 personnes. Trois lauréats ont été sélectionnés pour se partager - jusque fin mai 2014 - le budget de quelque 1 112 millions de dollars (environ 885 millions d'euros) afin de réaliser des prototypes et de procéder à des essais:

- **The Boeing Company** recevait 375 millions d'euros pour poursuivre les travaux sur sa capsule *Cst-100* de type *Apollo* qui sera satellisée par une fusée *Atlas 5* d'*Ula* (*United Launch*

Alliance, co-entreprise de *Boeing* et *Lockheed Martin* pour la gestion des lanceurs *Delta 4* et *Atlas 5*). Le constructeur aérospatial veut commercialiser les services de l'appareil *Cst-100* pour des missions orbitales auprès d'opérateurs privés.

- **Space Exploration Technologies (SpaceX)** obtenait 330 millions d'euros pour faire de son lanceur *Falcon 9* et de son vaisseau *Dragon* des systèmes de transport d'équipages. L'entreprise californienne, qui emploie plus de 3 000 personnes, entend «tirer» la première puisqu'elle ose annoncer un premier vol de son *Dragon* habité dès 2016 (voir photo p.48).
- **Sierra Nevada Corp (Snc)** se voyait octroyer 180 millions d'euros afin d'approfondir la mise en œuvre du planeur orbital *Dream Chaser* de type «*lifting body*» (aile porteuse) avec le lanceur *Atlas 5*. Le *Dream Chaser*, avec son look «sexy» de navette naine, est un vaisseau réutilisable qui ramène son équipage sur une piste d'aéroport. Sa mise au point, avec le bouclier anti-chaaleur de rentrée qui est de forme complexe, risque d'être la plus exigeante. *Snc* mise sur l'assistance technique de *Lockheed Martin* pour développer son petit avion de l'espace (voir photo ci-dessus).

Un appel d'offres pour l'étape *CCtCap* est en préparation pour ce mois d'octobre. L'objectif de la *Nasa* est de sélection-

ner un, voire 2 systèmes privés pour démarrer des vols habités vers l'ISS à la fin de 2017. En lieu et place des missions *Soyouz Tma* qui s'envolent du cosmodrome russe de Baïkonour au Kazakhstan. Les dossiers industriels du développement privé doivent être déposés en décembre. La *Nasa* les analysera durant la première moitié de 2014 pour être en mesure d'annoncer, en juillet prochain, le(s) système(s) qu'elle aura retenu(s) pour des subsides gouvernementaux afin de financer les activités *Ddte/Design, Development, Test & Evaluation*. Elle prévoit des essais en mode inhabité et avec un équipage en 2016-2017. À noter que la compétition pour le *CCtCap* est ouverte à d'autres candidats que ceux qui sont en train de mûrir leur projet dans le cadre du *CCiCap*. Il sera intéressant de voir si *Blue Origin*, l'entreprise de Jeff Bezos (*Amazon.com*) répondra présente pour cette phase. De toute manière, la *Nasa* ne pourra - au mieux - apporter son soutien financier qu'à 2 systèmes. ■



Super lanceur spatial des années 2020

48

L'exploration humaine du système solaire passera par la maîtrise technologique d'un super lanceur lourd dont la masse au décollage fera plus de 2 000 t. Dans les années 60, les États-Unis - au grand jour - et l'Union Soviétique - dans le plus grand secret - avaient développé des fusées géantes, respectivement la *Saturn V-Apollo* et la *N1-L3*, pour «conquérir» la Lune. Cinquante ans plus tard, la *Nasa*, en dépit de ses contraintes budgétaires, est la seule à avoir mis en chantier un tel lanceur, grâce à la réutilisation d'éléments (structures, propulseurs) du système *Space Shuttle* (1981-2011). En fait, il s'agit de disposer, durant la prochaine décennie, d'un outil clé pour que des astronautes soient en mesure d'effectuer des expéditions lointaines au-delà de la Lune, d'aller reconnaître des astéroïdes et de mettre le cap sur Mars !

La *Nasa* a besoin, en urgence, du *Sls* (*Space Launch System*), super-lanceur lourd pour mener à bien des missions habitées dans le système solaire. L'arrivée d'astronautes sur un astéroïde, après en avoir survolé plusieurs, a ses faveurs. Cette entreprise à la fois ambitieuse et audacieuse pourrait être proposée par les États-Unis à une coopération internationale. Déjà, l'*Esa* (*Agence spatiale européenne*) et *Astrium* ont proposé de fournir le module de service du vaisseau américain *Orion Mpcv* (*Multi-Purpose Crew Vehicle*) qui doit emmener un équipage de 4 astronautes loin de la Terre.

Le développement du *Sls* se fait «à l'économie» avec un investissement public que la *Nasa* a

évalué à moins de 10 milliards d'euros... Afin de convaincre les membres du Congrès qui votent les budgets, on a annoncé le premier vol du *Sls* dans le courant de 2018 ! Ce sont 2 versions de super lanceur lourd qui prennent forme pour lancer *Orion*:

- **Sls Block 1** - 97,5 m de haut, 2 500 t au décollage - consiste en un étage central (8,4 m de diamètre) de *Boeing* à propulsion cryogénique (4 propulseurs qui ont servi pour les vols du *Space Shuttle*), qui est flanqué de 2 boosters *Atk* à poudre (5 segments) non réutilisables et surmonté d'un étage cryogénique, alias *Icps* (*Interim Cryogenic Propulsion Stage*). Il offre une capacité de 70 t en orbite basse.
- **Sls Block 1A** est capable de satelliser jusqu'à 105 t, doit voler en 2021 pour une mission d'astronautes à bord d'*Orion Mpcv* derrière la Lune ou près d'un astéroïde. Ce modèle amélioré du *Sls Block 1* aura un étage supérieur plus important et une avionique plus performante.

Quant au *Sls Block 2* - 122 m de haut, 3 000 t au décollage - il est toujours à l'état de projet. Son étage central sera doté de 5 moteurs cryogéniques du type *Space Shuttle*, à condition de relancer leur production chez *Pratt & Whitney Rocketdyne* à la fin de cette décennie. On prévoit un étage supérieur équipé de 3 propulseurs cryogéniques *J-2X* en développement, qui permettront d'importants changements de trajectoire dans l'espace. Premier vol et emploi ne font l'objet d'aucun calendrier précis. ■



Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, ESA, Astrium, Thales Alenia Space

Feu vert du Parlement européen pour Copernicus. Le 3 juillet dernier, le Parlement européen à Strasbourg a approuvé, dans le cadre financier pluriannuel 2014-2020, le budget de 3 786 millions d'euros (aux conditions économiques 2011) pour le programme *Copernicus* de 2014 à 2020. Feu vert est dès lors donné, avec un financement moindre que prévu mais suffisant, pour que le système *Copernicus* devienne l'outil opérationnel pour des services, à l'échelle globale, de surveillance environnementale et sécuritaire. Ainsi *Copernicus* va trouver sa place aux côtés de *Galileo*, le système global de satellites civils de navigation. La Commission, dans les mois à venir, doit établir la réglementation pour les contrats et les budgets. Ce règlement

concerne l'*Esa* (European Space Agency) et l'*Eea* (European Environment Agency), qui sont les agences partenaires dans le programme *Copernicus*, la première pour le segment spatial, la seconde pour l'infrastructure terrestre. Il devrait être prêt en décembre pour une mise en application en 2014, lorsque seront lancés les premiers satellites d'observation *Sentinel*. ■



Grand duché et Principauté sur la même orbite.

L'entreprise *SES* du Luxembourg entend collaborer avec les nouveaux opérateurs de satellites de télécommunications et de télévision. À la fin de 2014 un lanceur *Falcon 9* de *SpaceX* doit, pour *Thales Alenia Space*, placer en orbite de transfert géostationnaire, *TurkmenSat-1/MonacoSat-1* avec de puissants répéteurs en bande Ku. Il sera exploité sur la position de 52 degrés Est qui appartient à la Principauté de Monaco, via *SSI-Monaco* (*Space Systems International-Monaco*). Celle-ci dispose de 12 répéteurs sur le satellite. Elle a fait appel à *SES* pour leur commercialisation dans le cadre du projet *MonacoSat*. Ainsi Grand Duché et Principauté ont décidé de coopérer dans la mise en œuvre de l'anneau géostationnaire. ■



Premier vol d'Ariane 6 dès 2021 ?

L'*Esa* et le *Cnes* (Centre national d'Etudes Spatiales) ont retenu la version «Multi P Linear» pour son lanceur *Ariane 6*, envisagé pour les années 2020. C'est ni plus ni moins un super-*Vega* ! Le 9 juillet dernier, Geneviève Fioraso, Ministre française de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a dévoilé la configuration choisie: 3 propulseurs solides P135 en parallèle pour le 1^{er} étage, un seul P135 comme 2^e étage, tandis que le 3^e étage à liquides sera propulsé par le moteur *Vinci*. Ce lanceur à vocation commerciale aura une coiffe de 5,4 m de diamètre, mais ses performances en orbite de transfert géostationnaire se trouvent actuellement limitées à 6,5 t ! Il était initialement prévu qu'*Ariane 6* pourrait satelliser jusqu'à 8 t... L'Europe spatiale, avec la France en tête, se prépare à investir de 2,5 à 3,5 milliards d'euros (estimation actuelle) dans son développement. Et la Ministre d'insister sur la mission de l'*Esa*: «réaliser d'un côté une optimisation technique et de l'autre une optimisation financière». Cela passera par une restructuration des moyens industriels en Europe.

Une fois le lanceur *Ariane 6* en régime de croisière, il sera question d'un lancement par mois. Jusqu'à 48 propulseurs P135 qui seront à produire chaque année ! Le Centre Spatial Guyanais est équipé d'une infrastructure pour la fabrication de pains de poudre explosive. Outre *SABCA* pour les structures et systèmes de pilotage, le développement et la production d'*Ariane 6* intéressent *Thales Alenia Space Belgium* (Charleroi, Louvain) pour la case à équipements et l'électronique de bord, ainsi que *Techspace Aero* (Herstal) pour les vannes cryotechniques de l'étage supérieur. ■

À vos AGENDAS!

ResearchTalks: le 6^e sens des objets

23 octobre 2013

À Louvain-la-Neuve...

ResearchTalks est un concept innovant de speed-dating culturel et scientifique créé par d'anciens étudiants de l'UCL. L'originalité du concept ? 6 orateurs, 20 images en 12 minutes par discussion et un «networking» drink. Ce qui donne un événement dynamique et interactif. Le but est d'englober la thématique par des experts de domaines différents pour offrir un maximum d'ouverture à l'assemblée.

Le prochain ResearchTalks aura pour thème: les «smart objects». Sans s'en rendre compte, nous incorporons dans notre vie de plus en plus d'objets intelligents. Pensez à votre machine à café, ou aux voitures futuristes qui roulent sans conducteur... qu'ils soient déjà présents dans notre vie ou qu'ils soient novateurs, ces objets deviennent indispensables à notre vie.

Les experts ? Sam Lounis De Brouwer, co-fondatrice de *Scanadu*, le mini scanner physiologique personnel; Laurent Eschenauer, qui expliquera comment faire son propre drone; Patrick Eischen, CEO de *Selinko*, qui parlera de son appareil donnant vie aux objets; Grégory Sempo, chercheur à l'ULB sur les sociétés mixtes insectes-robots; Hugues Bersini, chef d'*IRIDIA*, l'*Institut de recherches en intelligence artificielle* de l'ULB; Steve Tumson de *Belrobotics*; et enfin, Lionel Dricot, futurologue. Après les exposés des intervenants, vous aurez l'occasion d'échanger avec les membres du panel durant les démos tout en partageant un verre et quelques zakouskis.

L'objectif ? Découvrir de nouvelles choses, rencontrer des personnes intéressantes et partager le savoir. Joignez-vous à nous !

Quand ? Accueil à 19h, exposés à 19h30, démo drink à 21h15

Où ? Place Sainte-Barbe à 1348 Louvain-la-Neuve

Pour qui ? Tout public

Tarif ? Gratuit

Infos ?

<http://researchtalks.com>

<http://researchtalks6.eventbrite.com> (inscription)

<http://twitter.com/researchtalks>

<http://facebook.com/ResearchTalks>



CHEM-NEXT

Déjà en ligne



Partout...

Les élèves d'aujourd'hui sont les professionnels de demain... Et le secteur chimique et pharmaceutique offre de réelles possibilités de carrières passionnantes à la rencontre des grands défis de société, qu'il s'agisse du bien-être quotidien à la portée de tous, de la sécurité, de la santé ou encore du développement durable.

Pour inviter les jeunes à participer à l'aventure et construire le monde de demain, la cellule *Sciences adventure* (déjà connue pour le programme de conférences «Les jeunes, la chimie et les sciences de la vie») propose CHEM-NEXT, un jeu gratuit pour découvrir la chimie durable via un parcours ludique et pédagogique, destiné à tous les curieux, dès la 1^e secondaire. Initialement lancé par le centre de formation

lyonnais *Interfora-lfaip*, il fait dorénavant partie des outils de sensibilisation de *Sciences adventure*.

L'objectif de ce *City Game* ? Aider le bourgmestre à étendre et améliorer sa ville selon les principes du développement et de la chimie durables, récolter des éléments chimiques et synthétiser des molécules de plus en plus complexes. L'occasion de (re)découvrir le rôle de la chimie dans notre quotidien en s'appuyant de façon concrète sur le tableau périodique des éléments.

Jouable gratuitement en ligne sur *Facebook*, il permet un partage des scores et trophées avec les amis. Il est également disponible à l'installation en version standalone (sans connexion Internet, sauf pour le téléchargement).



Pour découvrir des images du jeu, visionner la bande-annonce, télécharger le mini-guide d'utilisation et... essayer le jeu, rendez-vous sur www.sciencesadventure.be !

Infos ? ☎ 064/51 07 08 ou 05

@ info@sciencesadventure.be

www.sciencesadventure.be

📘 www.facebook.com/sciencesadventure

Sorti de PRESSE

➔ **Inscrivez-vous !**
11^e grand Prix
Lucie Dekeyser

Voyager dans l'espace
 CNRS

Yaël NAZÉ

Vous aimez ou vous vous sentez attiré par l'astronomie, la météorologie, la géophysique ou les sciences de l'espace. Vous avez entre 15 et 24 ans ou vous êtes dans le 2^e degré de l'enseignement secondaire. Vous souhaiteriez observer le ciel à l'aide d'un bel instrument ou étudier la Terre au moyen d'un dispositif de mesures si l'opportunité s'en présentait. Alors, pourquoi ne pas saisir une occasion de gagner individuellement votre propre instrument de mesure ou collectivement votre dispositif de mesures ?

Comment ?

Le concours se déroulera du 1^{er} septembre 2013 au 31 janvier 2014.

Demandez votre fiche d'inscription individuelle ou collective, le règlement du prix et les conditions de participation exclusivement en écrivant à l'adresse suivante:

Société royale belge d'astronomie
 SRBA - Secrétariat AH/LD
 Avenue Circulaire, 3
 1180 BRUXELLES

Le thème ?

Si j'avais un tel instrument ou dispositif de mesures, j'observerais...

Les prix ?

1^{er} et/ou 2^e Prix: un instrument astronomique et/ou un dispositif de mesures météorologiques ou géophysiques (selon valeur et classement des projets retenus) d'une valeur globale de l'ordre de 1 500 euros.

Du 3^e au 10^e prix: des livres et/ou des abonnements à la revue *Ciel et Terre*.

L'aventure spatiale ne date pas d'hier. Tout a commencé avec un pigeon et des feux d'artifice avant que la Seconde Guerre mondiale puis la Guerre froide n'ouvrent l'âge des fusées et n'offrent à l'humanité de réaliser son vieux rêve: aller dans l'espace.

L'espace est à la fois proche - 100 km à peine au-dessus de nous - et presque hors de portée. En effet, ce sont 100 km qu'il faut parcourir verticalement, en bravant la loi de la gravité. Quand s'arracher du sol quelques secondes n'est déjà pas une mince affaire, le quitter complètement est un défi, relevé depuis quelques décennies seulement.

Aujourd'hui, alors qu'aller fureter dans le Système solaire paraît presque banal, chaque départ de lanceur reste un véritable exploit technologique et humain. Le livre de Yaël Nazé explique quels innombrables problèmes il faut résoudre pour se lancer dans cette aventure: comment choisir la bonne route dans un univers où tout est en mouvement et où les lignes droites n'existent pas ? Pourquoi faut-il décoller à un moment, pas à un autre ? Quel est le prix de la conquête spatiale ? Quels en sont les risques pour les hommes et les machines ? Et d'ailleurs... pourquoi aller dans l'espace ?

Un guide passionnant pour tous les amoureux de l'astronautique et des étoiles. Spécialiste des étoiles massives, récompensée plusieurs fois pour ses actions de vulgarisation scientifique, Yaël Nazé est astrophysicienne *FNRS* au *Liège Space Research Institute* de l'Université de Liège.

Pour agrémenter le tout: un jeu est inclus ! Le but ? Construire soi-même sa mission spatiale.

Bref, un ouvrage inédit et ambitieux (plus de 80 sujets en 340 pages), particulièrement soigné, illustré et pratique (avec bibliographie, glossaire et index fournis). À juste titre, le Lauréat du Prix ROBERVAL Grand Public 2011. ■



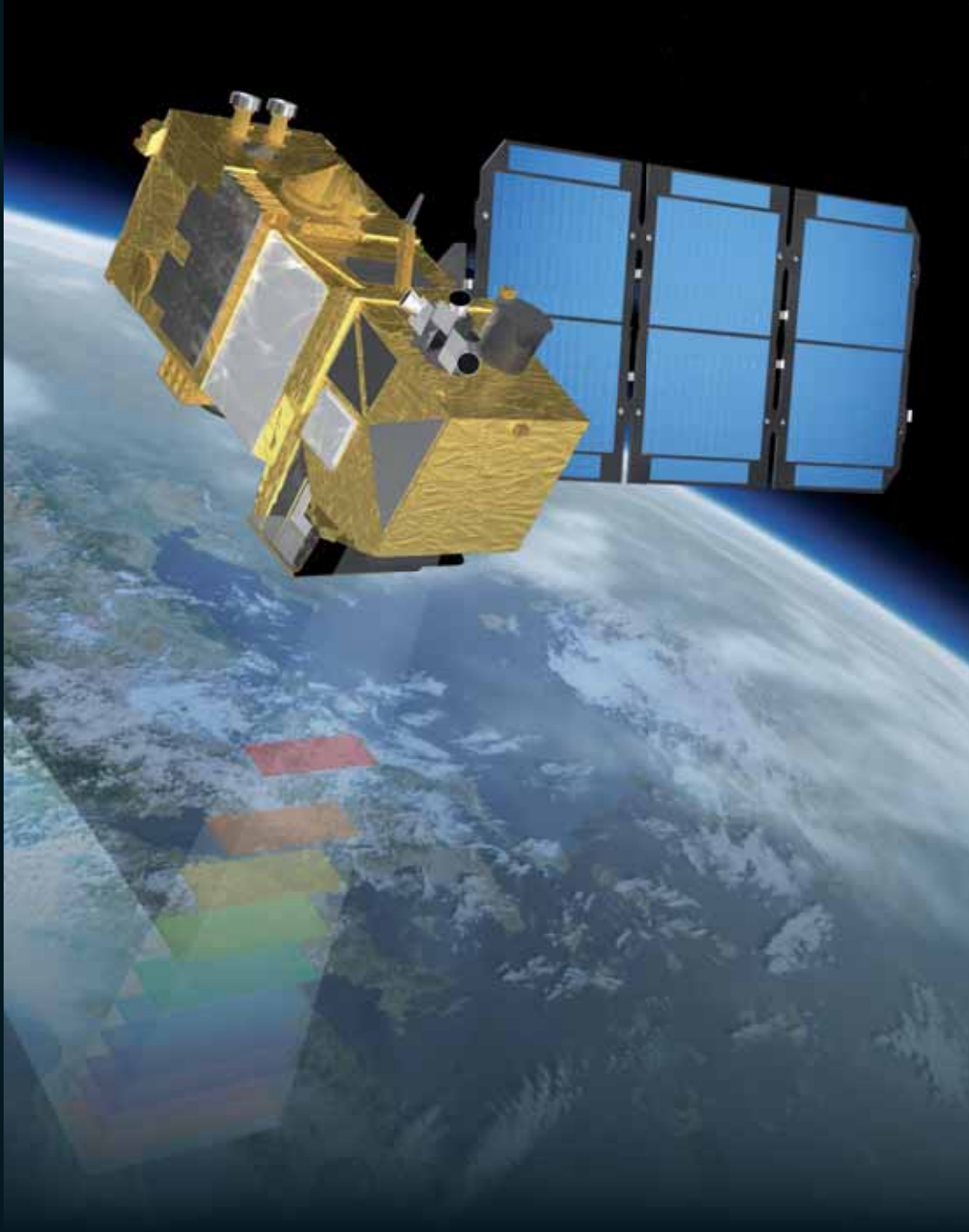
Pour tout savoir sur l'espace

Rendez-vous sur **LinkedIn** et intégrez le groupe **YouSpace**. Toutes les infos liées à l'espace tant au niveau des universités, que de l'industrie, que de la politique... (recrutement, stage, études, info sur le secteur ...) y sont regroupées. Une belle initiative de la sénatrice Dominique Tilmans et une mine d'informations incontournable pour les passionnés de l'espace !



www.linkedin.com/groups/YouSpace-4921809





Visitez nos sites:

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



Service public
de **Wallonie**

DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE
DE L'ÉCONOMIE, DE L'EMPLOI ET DE LA RECHERCHE

