

# [Athena]

Novembre  
2012

Le mag' *scientifique*

www.athena.wallonie.be • Mensuel ne paraissant pas en juillet et août • Bureau de dépôt Charleroi X

*L'infobésité,*  
le mal du siècle ?

*Série:*  
Le laser, lumière cohérente  
à tout faire



Wallonie

# Édito



## L'homme qui tombe à pic !

Texte: **Géraldine TRAN** - Rédac'teuf • Photos: **Red Bull Media House**

2

**D**ans le ciel d'octobre: une planète en diamant et un homme en chute libre. Deux fois plus grande que la Terre, *55 Cancri-e* est la première planète diamant à être observée et étudiée en orbite autour d'une étoile visible à l'œil nu. Un petit pas pour la cosmologie puisque cela veut dire que des planètes rocheuses peuvent avoir une composition chimique, une atmosphère et une structure interne diamétralement différentes de la nôtre. Décrocher la lune pourrait bien vite paraître obsolète !

LE buzz automnal reste néanmoins l'exploit individuel, sportif et technique du parachutiste autrichien de 43 ans, Félix Baumgartner. 24 octobre, 19 h, 35 caméras, 8 millions de spectateurs rien que sur *Youtube*, 39 000 m d'altitude, 4 min et 16 sec de chute libre, 1 342,8 km/h, mach 1.24; il est le premier homme dont il est prouvé qu'il a franchi le mur du son. Pour le quidam, il s'agit là d'un événement extraordinaire, incroyable, héroïque. Mais pour la science, utile ou futile ? Disons que les limites physiques humaines ont été testées sur le pendant et sur l'après mais malheureusement, rien de révolutionnaire non plus. Il part d'une vitesse zéro, protégé par une combinaison pressurisée et a subi une accélération moindre que celle que connaissent les astronautes ou pilotes de chasse. Ceux-ci, en cas de pépin, sont soumis à un choc extrêmement violent, à des vitesses, des altitudes et des températures beaucoup plus élevées. Même dans des conditions précises, il paraît difficilement imaginable d'éjecter ces hommes de l'espace sans heurts et de les ramener sains et saufs. Les enjeux sont ailleurs: sociologiques pour ce qui concerne cette culture de l'exploit; humains pour ce besoin de héros, d'aventuriers et d'imaginaire; économiques bien sûr pour l'énorme coup marketing réussi par *Red Bull*. Car une chose est sûre et tout le monde est censé aujourd'hui en être persuadé: «*Red Bull vous donne des ailes*» ! Attention que même si ce n'est pas un pas de géant pour la science, Félix Baumgartner sera loin d'être une étoile filante dans l'histoire et mon cœur n'a pas pu s'empêcher de se serrer, mes yeux de s'écarquiller et mon esprit de s'évader ! ■



Félix Baumgartner  
sauteur de l'extrême

*Géraldine*

### Erratum

Une erreur s'est glissée en page 7 du n°283 de septembre: le Président du Comité exécutif de Solvay est bien **Jean-Pierre Clamadieu** et non **Pierre Clamdieu**. Toutes nos excuses !

ATHENA 285 • Novembre 2012

SPW | Éditions

Tirée à 16 000 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](http://www.wallonie.be)

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

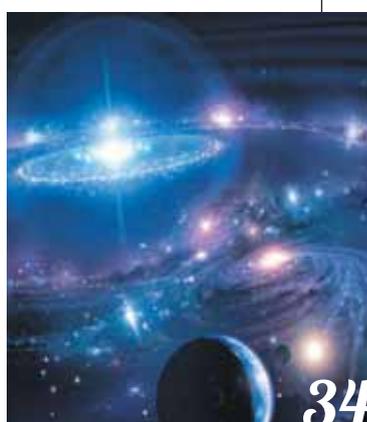
Abonnement (gratuit)

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](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)



# Sommaire

<b>Actualités</b>	04
<b>Focus</b> sur <b>Fytofend</b>	10
<b>Série</b> <b>Le laser:</b> lumière cohérente à tout faire	12
<b>L'ADN de ...</b> Sophie GUSBIN • Animatrice scientifique	16
<b>Technologie</b> <b>L'infobésité,</b> le mal du siècle ?	18
<b>Internet</b> <b>Enseigner</b> avec les <b>TICE</b> - 2 <sup>e</sup> partie	22
<b>Médecine</b> <b>Motivation:</b> en route vers la <b>récompense</b>	26
<b>Biologie</b>	30
<b>Astrophysique</b> <b>L'énigme</b> de l'instant zéro	34
<b>Climatologie</b> <b>Catastrophes naturelles</b> et climat	38
<b>Physique</b>	42
<b>Astronomie</b>	44
<b>Espace</b>	46
<b>Agenda</b>	50

Éditeur responsable  
Michel CHARLIER,  
Inspecteur général  
Ligne directe: 081/33.45.01  
[michel.charlier@spw.wallonie.be](mailto:michel.charlier@spw.wallonie.be)

Rédactrice en chef  
Géraldine TRAN  
Ligne directe: 081/33.44.76  
[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

Graphiste  
Nathalie BODART  
Ligne directe: 081/33.44.91  
[nathalie.bodart@spw.wallonie.be](mailto:nathalie.bodart@spw.wallonie.be)

Impression  
Imprimerie Bietlot  
Rue du Rond-point, 185 à 6060 Gilly  
ISSN 0772 - 4683

Collaborateurs  
Alain de Fooz  
Jean-Michel Debry  
Christiane De Craecker-Dussart  
Paul Devuyt  
Henri Dupuis  
Philippe Lambert  
Yaël Nazé  
Théo Pirard

Jean-Claude Quintart  
Jacqueline Remits  
Christian Vanden Berghen

Dessinateurs

Olivier Saive  
Vince

Comité de rédaction  
Laurent Antoine  
Michel Charlier

Couverture  
Première  
Crédit: MOODBOARD/Imaglobe

Sommaire  
Crédit: Bulbocode909/Flick'r



# Nanotechnologies: Oui mais...

Texte: Jean-Claude QUINTART • [jc.quintart@skynet.be](mailto:jc.quintart@skynet.be)

4

Les nanotechnologies ont le vent en poupe. Elles sont sur toutes les lèvres et de plus en plus utilisées dans l'industrie et la recherche. Grâce à elles, nous profitons de traitements médicaux plus efficaces et avec moins d'effets secondaires, la dépollution des sols et des eaux souterraines gagne en performance, etc. Bref, nous ne tarissons pas d'éloges envers les atouts de cette nouvelle technologie. Et pourtant, affirment plus d'un observateur, que connaissons-nous des risques liés à leur utilisation ? Pas grand-chose !

«Malgré d'importants budgets et efforts consacrés partout dans le monde, nous avons l'impression de ne pas en savoir beaucoup plus sur les dangers et les risques de nanomatériaux. D'où notre idée d'objectiver cette impression», déclare le professeur Dominique Lison du *Louvain Center for Toxicology and Applied Pharmacology* de l'Université catholique de Louvain (UCL). Aussi, dans la foulée de cette réflexion, le docteur Françoise Schrurs a décidé de consacrer son mémoire de master complémentaire en médecine du travail à combler ce déficit de savoir et à souligner le besoin de cibler les efforts de recherche en vue de mieux saisir les risques et dangers des nanotechnologies.

Pour son travail, Françoise Schrurs n'a pas lésiné sur les moyens, en sélection-

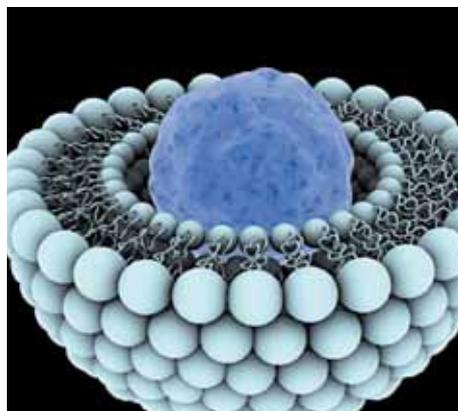
nant 38 articles scientifiques consacrés aux nano-silices (un groupe de nanomatériaux), elle a tenté de savoir si, pour six questions de base, elle pouvait tirer des conclusions en intégrant les données de toutes ces publications. Le résultat de cette analyse est effarant ! En effet, il lui a été impossible de comparer les différentes études entre elles tant les méthodes, les matériaux et le vocabulaire utilisé diffèrent ! Bref, au départ de cette pile de documents savants, il est impossible d'estimer le risque.

Aussi son conseil est de s'inspirer des règles en cours en toxicologie conventionnelle pour ordonner la façon dont les études sont exécutées. «De nombreux scientifiques étudiant les nanomatériaux n'ont guère de formation basique en toxicologie», confirme pour sa part, Dominique Lison. Et de plaider pour un retour

aux fondamentaux de la discipline, l'application des bonnes pratiques et un agenda stratégique validé par tous les acteurs des nanomatériaux.

Mieux encore, Dominique Lison souhaite «qu'une conférence internationale de consensus soit mise sur pied afin de clarifier les démarches, édicter des règles et des standards et que les acteurs industriels, médias scientifiques et chercheurs s'engagent à appliquer une telle démarche». Françoise Schrurs a publié les résultats de sa recherche dans *Nature Nanotechnology*. Il est assez exceptionnel qu'un mémoire d'étudiante soit publié par ce genre de publication de prestige pour le souligner. ■

<http://www.toxi.uclouvain.be>  
et <http://nature.com/nnano/journal/vaop/current/full/nnano.2012.148.html>



Des chercheurs de la Rice University à Houston ont expérimenté un système de nanoballes (billes de silice enrobées d'or pas plus grosses que quelques dizaines de millièmes de millimètre), capables de détruire des types de cancers inopérables. Quid des risques ? Nous savons que sur 965 nanoparticules étudiées, 120 ont une toxicité spécifique sur les mammifères et 270 sont toxiques pour les cellules lors d'expériences menées in vitro...

# Actus...

## d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • [jc.quintart@skynet.be](mailto:jc.quintart@skynet.be)

Photo(s): UCL (p.6), IBA-Dosimetry (p.9)

### Longue vie aux batteries

La mobilité c'est chouette tant qu'on ne manque pas de jus ! Nous avons encore tous en tête les fameux lapins battant tambour jusqu'à épuisement de tous à l'exception d'un seul, images d'une campagne lancée par un célèbre fabricant de piles. Si le problème reste entier et si la pile éternelle n'est pas encore pour demain, des chercheurs de l'Université catholique de Louvain (UCL) parviennent aujourd'hui à accroître la durée de vie des batteries au lithium-ion flexibles. Un pas de plus sur cette niche en plein essor, réalisé en collaboration avec l'Université de Rice aux États-Unis.

«Ceux qui ont eu l'occasion d'utiliser une pile au lithium, rechargeable ou pas, ont constaté que celle-ci offre davantage d'autonomie, en d'autres termes, plus d'énergie et de puissance que les autres accumulateurs aujourd'hui en ventes», notent Alexandru Vlad et Sorin Melinte de l'Institut des Technologies de l'Information et la Communication, Électronique et Mathématique appliquées (ICTEAM) de l'UCL. Concrètement, l'équipe belgo-texane a développé une méthode de recyclage du silicium en vue de produire des batteries lithium-ion de haute performance. «En transformant les blocs de silicium dans des tapis de nano-fils, qui supportent mieux le processus d'insertion

d'atomes de lithium, nous arrivons à augmenter très significativement la durée de vie des piles au lithium», explique Jean-François Gohy de l'Institut de la matière condensée des nanosciences (IMCN) de l'UCL.

Publiée dans *Proceedings of National Academy of Sciences*, cette recherche n'est pas la première conduite à bonne fortune par le consortium Rice/UCL qui a également publié dans *Nature Scientific Report*, les résultats d'un travail sur une technique permettant de peindre entièrement des batteries au lithium. Ce procédé rend en effet liquide (sous forme de peinture) les constituants des 5 couches composant une batterie au lithium. «Volumineuse et à autonomie limitée, cylindrique ou rectangulaire, la pile au lithium impose de nombreuses contraintes aux designers des téléphones cellulaires et ordinateurs portables. Jusqu'à présent, les travaux de recherche ciblaient essentiellement la taille et les capacités de ces batteries mais jamais leur forme. Aujourd'hui, notre solution ouvre la voie à de nouvelles générations d'appareils électroniques, dépourvus de compartiment à piles ou mieux encore, de maisons énergiquement autonomes, totalement recouvertes de batteries alimentées par des panneaux solaires, sans altérer l'esthétique de l'habitation grâce à la peinture rechargeable», annonce la prestigieuse équipe. Vivement demain donc ! ■



<http://www.uclouvain.be>;  
<http://www.rice.edu>;  
<http://www.pnas.org>  
 et <http://www.nature.com>



### Hyper performant



Créés au départ de cellules et non comme les médicaments classiques d'une synthèse chimique, les biopharmaceutiques ont le vent en poupe ! Pour mémoire, ils sont le fruit d'un parcours scientifique entamé en 1953 avec la description de l'ADN et de la possibilité de transformer celui des cellules pour produire sur mesure toutes sortes de protéines à administrer aux patients. Notre pays a joué ici un rôle de pionnier, notamment grâce aux professeurs Joseph Martial et Désiré Collen qui ont contribué respectivement au développement de l'hormone de croissance humaine (pour en pallier le manque) et au tissu plasminogène (pour le traitement de la thrombose). Des exemples, parmi d'autres, qui ont boosté le biopharma dans notre royaume fort aujourd'hui de dizaines d'entreprises, de la jeune pousse au géant global. Ainsi, la Belgique représente 12,4% des exportations européennes de produits biopharmaceutiques alors que notre PIB ne représente que 2,8% de celui des 27 pays européens plus la Norvège et la Suisse. ■

<http://www.pharma.be>



# Sportifs en boîte

**T**ruster les premières places lors de compétitions ne s'improvise plus mais se prépare aujourd'hui scientifiquement. En vue de former nos sportifs, l'Université catholique de Louvain (UCL) a installé au sein de son Laboratoire de l'effort de la Faculté des sciences de la motricité de Louvain-la-Neuve, une chambre hypoxique pour donner aux compétiteurs les moyens de s'entraîner dans les conditions les plus extrêmes.

D'un montant de 300 000 euros, cette chambre hypoxique se présente sous la forme d'une grande boîte en verre censée simuler l'altitude. Plus précisément, cette chambre permet de contrôler la température (de 15 à 36 °C), l'humidité et la teneur en oxygène (de 20,9% équivalent au niveau de la mer à 11% altitude simulée de 5 000 m) et la saturation en vapeur d'eau qui peut varier de 50% à minimum 80%. Notons encore que le flux de renouvellement d'air permet à trois sportifs de s'entraîner ensemble à haute intensité sans induire d'accumulation de CO<sub>2</sub>.

Divisée en deux espaces distincts, la chambre peut opérer de deux manières différentes: soit en condition de haute altitude ou en condition du niveau de la mer. Grâce à cette installation, les sportifs peuvent jouir des bienfaits de l'altitude pour accroître le nombre de globules rouges qui transmettent l'oxygène aux muscles. Ils augmentent ainsi leurs performances en s'entraînant au niveau de la mer, sans perte d'intensité ou de qualité, évitant de la sorte les stages en montagne. Réservée aux sportifs de haut niveau, cette chambre hypoxique climatisée est la seule de la Fédération Wallonie-Bruxelles. À côté de l'entraînement des sportifs, elle servira également aux chercheurs et étudiants en éducation physique qui étudieront grâce à elle les effets de l'entraînement de haut niveau sur le déroulé d'une saison. ■

<http://www.uclouvain.be/fsm.html>



Jonathan Dewitte et Christophe Prémont, tous deux coureurs de l'équipe Wallonie-Bruxelles ont pu tester ce nouveau dispositif



6

## Solvay en terres rares

**S**oucieux de diversifier ses sources d'approvisionnement et d'économiser les ressources, Solvay vient de développer un procédé de recyclage pour récupérer et valoriser les terres rares emprisonnées dans les équipements en fin de vie comme les batteries, lampes à économie d'énergie ou encore aimants. Initié en 2007, ce programme permet, tout en gardant 100% de leurs propriétés d'usage, le recyclage des lampes à économie d'énergie riches en éléments rares et coûteux tels le terbium, le lanthane, l'yttrium, le cérium, l'euprotium et le gadolinium.

Les lampes usagées, une fois collectées et triées, sont traitées en vue de valoriser leurs différents composants. Le concentré en terres rares est extrait des poudres luminophores; une fois séparées, ces terres sont reformulées en précurseurs de luminophores, réutilisables dans la fabrication de lampes nouvelles.

«Utilisées en faible quantité, ces terres rares sont les vitamines indispensables au développement

de nouvelles technologies, vertes en particulier», explique Du Hua, directeur de l'activité «Terres Rares» de Solvay. Avec une demande mondiale en croissance de 6% par an, les terres rares deviennent une ressource stratégique. «Le recyclage nous permet de développer une nouvelle source d'approvisionnement et nous nourrissons l'ambition d'être l'acteur européen de référence en la matière», ajoute Du Hua. Précisons qu'aujourd'hui déjà, Solvay est leader mondial en formulations à base de terres rares qu'il fait entrer dans des applications aussi courantes que les écrans plats, l'optique de haute précision, la dépollution automobile, les lampes à faible consommation d'énergie, etc. Les terres rares, une mine d'or pour Solvay et une niche qui aurait certainement inspiré Ernest Solvay, fondateur, en 1863 à Charleroi, d'une entreprise présente maintenant dans 55 pays, employant 31 000 salariés pour un chiffre d'affaires de 12,7 milliards d'euros en 2011. ■

<http://www.solvay.com>





**M**alédiction de nos foyers, les acariens domestiques sont des pestes toujours mal connues mais néanmoins responsables de nombreuses allergies chez l'être humain. Et ce problème est loin d'être résolu. Si, dans les années 70, seulement 2 à 3% de la population en souffraient, il concerne aujourd'hui entre 10 et 15%, chiffres qui selon les prévisions, atteindront 20 à 24% en 2050 ! Si le rôle nocif des acariens est confirmé, le seul moyen de lutte contre ce fléau repose jusqu'à maintenant, sur l'efficacité des insecticides. Ce constat a poussé Anne-Catherine Mailleux, biologiste et assistante de recherche au laboratoire *Biodiversity* de l'*Earth and Life Institute* de l'Université catholique de Louvain (UCL) à vouloir éliminer les acariens sans recourir aux pesticides.

Armée d'un financement de l'*Institut bruxellois pour la Recherche et l'Innovation*, Anne-Catherine a étudié à l'Université libre de Bruxelles (ULB) le processus de communication des acariens entre eux et leur manière de se disperser. Elle est passée ensuite à l'UCL où elle a exploité les molécules chimiques, support de leur communication et a ainsi développé un piège à acariens. Plus concrètement, le fruit de ses recherches prend la forme d'une couverture confectionnée dans un tissu spécial et d'un spray 100% naturel qui piège près de 80% des acariens !

Comment ça marche ? Tout simplement en déposant le tissu sur le matelas ou le divan que l'on souhaite purger, de le parfumer avec le vaporisateur et de laisser agir durant deux heures. Attirés par l'odeur, les acariens se précipitent sur la pièce de tissu, ne reste plus qu'à mettre le tout dans le lave-linge pour que la majorité des indésirables ne survive pas. L'opération peut être répétée une seconde fois et de préférence, tous les deux ou trois mois selon le degré de sensibilité des habitants du logis.

Forte de sa découverte, Anne-Catherine Mailleux lance actuellement une société chargée de faire produire les pièces de tissu dans des ateliers protégés. Baptisé *Acar-up*, ce tissu sera vendu en pharmacie et parapharmacie au prix de 80 euros. ■

<http://www.uclouvain.be.eli.html> et [anne-catherine.mailleux@uclouvain.be](mailto:anne-catherine.mailleux@uclouvain.be)



## Des millions dans la vue



**F**ace à la qualité du projet et aux espoirs que portent en lui bien des patients, le Gouvernement wallon a octroyé une subvention de 3,6 millions d'euros pour le développement de STARflo PLUS™ de *iSTAR Medical*. Nouvelle percée médicale, STARflo PLUS™ est un implant destiné aux personnes souffrant d'un glaucome et dont la solution fait appel aux dernières avancées en biomatériaux, bio-senseurs et télémédecine.

«Nos partenaires et la communauté qui combat le glaucome apprécient grandement le support public ainsi que la validation par BioWin et le jury scientifique de STARflo PLUS™», note avec un large sourire Michel Alvarez, administrateur délégué d'*iSTAR Medical*. Qui ajoute: «Nous sommes excités à l'idée de pouvoir offrir une solution aux millions de personnes atteintes du glaucome et qui risquent de devenir aveugles». Jamais aide publique n'aura été si bien ciblée lorsqu'on sait qu'avec quelque 70 millions de personnes touchées, le glaucome est la deuxième cause de cécité dans le monde !

Jeune pousse de l'américain *Healionics Corporation*, créée en 2010, *iSTAR Medical* est spécialisée dans les soins de la vue et plus particulièrement axée sur la niche du développement d'implants ophtalmologiques de nouvelle génération grâce au support de sa technologie innovante, le biomatériau STAR®. ■

<http://www.istarmed.com>  
et <http://www.healionics.com>

## Eux aussi!

**A**lors que nous croyions être les seuls à souffrir de la dépression, un travail du professeur Guy Cheron du Service d'électrophysiologie de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de l'Université de Mons (UMons) réalisé en collaboration avec Javier Marquez-Ruiz, de l'Université Pablo de Olavide de Séville, démontre pour la première fois l'existence de la dépression à long terme chez un animal éveillé.

En 1982, la description de cette plasticité neuronale avait déjà été relevée sur une tranche de cerveau par le japonais Ito et servait de base à la théorie de l'apprentissage moteur accompli par le cervelet. Mais, malgré cette avancée, l'existence de ce phénomène chez l'animal éveillé n'avait jamais pu être prouvée. Publié dans la revue américaine *PLoS ONE*, ce travail permettra d'aborder maintenant l'étude de la dépression à long terme chez des souris mimant des altérations spécifiques du système nerveux chez l'homme.

Pour appréhender cette découverte, il faut savoir qu'il est impossible de parler de la mémoire et de l'apprentissage moteur sans citer la potentialisation à long terme (PLT) et la dépression à long terme (DLT), deux mécanismes physiologiques fondamentaux découverts il y a plus d'un siècle dans des structures neuronales différentes: l'hippocampe pour la PLT et le cervelet pour la DLT.

«On peut résumer l'organigramme cellulaire du cervelet en se basant sur un type de cellules principales, les CP ou cellules de Purkinje, qui composent l'unique voie de sortie du cortex cérébelleux et qui exercent une inhibition des noyaux des neu-

Coup d'crayon

Illustration: Olivier SAIVE/Cartoonbase



Ce 19 novembre sera la journée internationale des... toilettes ! 2,6 milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à des sanitaires corrects et propres. Or, l'on sait que les conditions sanitaires jouent un rôle majeur dans la transmission des maladies. Sans parler de la dignité et du bien-être dont chacun a droit...

rones du cervelet impliqués eux-mêmes dans de multiples comportements moteurs comme saisir un objet, suivre une cible des yeux, marcher, etc.», explique Guy Cheron. Qui ajoute: «Les CP sont contrôlées par deux voies afférentes excitatrices, les fibres parallèles et les fibres grimpantes, provenant des noyaux olivaires. Par raccourci, on peut dire que si les fibres parallèles et les fibres grimpantes sont stimulées simultanément durant un certain temps, la réponse post-synaptique de la cellule de Purkinje à une réponse isolée des fibres parallèles est significativement réduite. Nous parlons alors de dépression à long terme, car nous avons affaire effectivement à une réduction durable de la force d'une synapse prise comme mécanisme expliquant l'existence d'une mémoire motrice». De quoi vouloir... ■

[guy.cheron@umons.ac.be](mailto:guy.cheron@umons.ac.be);  
<http://www.umons.ac.be>  
et <http://www.upo.es>



## Doc primé

**D**octor, professeur ordinaire et directeur du Laboratoire de Médecine Expérimentale de l'Université libre de Bruxelles (ULB), Decio L. Eizirik a reçu le prix Albert Renold 2012 remis par l'European Association for the Study of Diabetes (EASD) pour sa contribution personnelle à l'avancée des connaissances sur les îlots de Langerhans. Cette récompense internationale est aussi la plus prestigieuse dans le domaine des îlots pancréatiques. ■

<http://www.easd.org>



## Formation

# Soigner à la bonne dose

Le débat n'est pas nouveau, mais il présente une acuité particulière lorsqu'il s'agit de médecine nucléaire. Pour éviter les approximations et les erreurs, le wallon *Ion Beam Application (IBA)* a ouvert à Nuremberg un *Centre de Compétence International (CCI)* en vue de promouvoir un usage plus sûr de la dosimétrie en radiothérapie. En effet, un traitement sûr par radiation repose sur une fiabilité et une précision exceptionnelles. Si les dernières plate-formes de radiation proposent un meilleur contrôle de la distribution et de l'administration des doses à la fois plus élevées et plus ciblées, en revanche, plus la technologie devient complexe, plus le risque d'erreurs et d'effets secondaires dus aux radiations s'accroît.

Pour pallier ces dangers, le CCI d'IBA assure des formations pratiques de haut

niveau via des logiciels et hardwares de dernière génération associés à des outils de mesure spécialisés. «Avec cette unité, nous créons un environnement apte à promouvoir un échange international des connaissances et expériences en mesure des doses de radiation. Des thèmes aussi complexes que la mise en service des outils les plus pointus, la vérification des traitements rotatifs en 2 et 3D ainsi que les matières réglementaires et d'assurance qualité en radiothérapie composent nos cycles de formation complets», explique Rob Plompen, président d'IBA Dosimétrie. Et Lutz Müller, directeur du CCI d'ajouter que «Le CCI est le seul centre à disposer d'un équipement complet de radiothérapie et de dosimétrie de pointe et le premier centre de formation au monde à permettre aux stagiaires de simuler des vérifications de traitement et des systèmes d'assurance de qualité sans interrompre le flux des patients». En ouvrant ce centre, IBA, le spécialiste des solutions innovantes pour le diagnostic et le traitement du cancer et le leader mondial en protonthérapie, fait une fois encore un pas en avant au bénéfice de la communauté de la radiothérapie. ■

<http://www.iba.be>  
et <http://www.iba-dosimetry.com>



## Web sur le web

Le *Belgian Health Ingredient Group (BHIG)* a ouvert, avec le support de *WagrALIM*, le pôle de compétitivité agroalimentaire de Wallonie, un nouveau site web: <http://www.bhig.be> et engagé une procédure de création d'un label pour les ingrédients santé. «La mise en ligne d'une plate-forme était une priorité pour donner aux entreprises wallonnes du BHIG un outil de communication ciblé leur permettant de se présenter tant au national qu'à l'international», explique Bruno Stiernon, co-gérant du BHIG. Qui ajoute de suite que «La visibilité est essentielle pour capter l'attention de clients susceptibles de tisser des partenariats commerciaux sur les ingrédients ainsi que d'investisseurs internationaux intéressés à collaborer avec nos membres à des projets de Recherche & Développement».

De son côté, le label destiné à assurer la qualité des produits et ingrédients, constitue un pas important dans l'essor économique des membres du Groupe dont les offres s'imposeront plus aisément sur le marché national et les places étrangères. Pour rappel, les axes d'activités de *WagrALIM* s'inscrivent tant dans la composition d'aliments bons pour la santé et l'évaluation de la qualité nutritionnelle que l'optimisation de l'efficacité industrielle, l'innovation dans l'emballage ou le développement de filières agroalimentaires durables. ■

<http://www.wagrallim.be>



## Le chiffre

# 4,3

Selon une récente étude d'*InSite Consulting*, nous sommes en effet 4,3 millions de Belges à utiliser Facebook !

Ce qui confirme que l'utilisation des médias sociaux ne cesse de croître, le plus populaire étant toujours Facebook (6 internautes Belges sur 10 possédant un compte), suivi de LinkedIn (19%), Google (18%) et Twitter (12%).

L'enquête nous montre qu'un consommateur moyen est membre de 2 réseaux au moins: Facebook et un autre site et que 95% de ces utilisateurs n'ont pas l'intention d'arrêter !

<http://www.insites-consulting.com>



UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

# FOCUS

## sur: *Fytofend*



### Carte d'identité

NOM

FytoFend SA

ANNÉE DE CRÉATION

2009

SECTEUR D'ACTIVITÉ

recherche, développement et production  
d'éliciteurs biologiques, stimulateurs  
naturels des défenses naturelles des  
plantes contre une série de maladies

NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES

4

ADRESSE

Parc Créalys  
rue Phocas Lejeune, 25/6 à 5032 Les Isnes

TÉLÉPHONE

081/728 840

SITE INTERNET

www.fytofend.com

10

Texte: **Jacqueline REMITS** • [jacqueline.remits@skynet.be](mailto:jacqueline.remits@skynet.be)Photos: **Fytofend** (p.11)

**L**es plantes sont capables de se défendre, en général. «Dans notre environnement, la plupart d'entre elles se défendent des maladies fongiques, des champignons, confirme Rafael Buonatesta, administrateur délégué de FytoFend. L'infection est toujours une course de vitesse entre la mobilisation par la plante de son système de défense et le développement des maladies fongiques. Si la plante parvient à mobiliser rapidement et de façon importante son système de défense, elle pourra se défendre vis-à-vis du pathogène. Si elle n'y arrive pas, l'ennemi prend le dessus.» Le produit mis au point par FytoFend simule la présence

du pathogène de manière à ce que, préventivement, la plante puisse déclencher ses systèmes de défense. «En langage grand public et de manière schématique, on peut assimiler notre produit à un 'vaccin'. Mais à la différence de ce dernier, il ne va pas rendre la plante plus résistante à une maladie particulière. Il stimule ses défenses générales. Ce qui le rend parfois efficace sur plusieurs maladies.»

La société FytoFend est spécialisée dans la protection des végétaux par ce processus écologique particulier. Sa mission consiste à rechercher, développer et produire des alternatives biologiques aux pesticides pour la protection des plantes contre une série de maladies. «Par exemple, le mildiou de la vigne, celui de la pomme de terre, la tavelure du pommier, l'alternariose ou la pourriture grise de la tomate.» Le procédé est simple. «Les

plantes, dans leur environnement naturel, sont confrontées en permanence à une myriade de pathogènes et d'organismes phytophages dont les insectes. Les plantes traitées préventivement avec un éliciteur, stimulateur naturel, mobilisent par avance des moyens de défense qui permettent une réponse plus efficace et plus rapide quand l'ennemi se présente.»

### De la phase pré-pilote à la phase pilote

Les activités de FytoFend reposent sur trois axes. Le premier, la R&D, est supporté par différents projets de recherche tant au niveau régional qu'europpéen. Cette spin-off est née des recherches menées depuis plusieurs années par le Professeur Pierre Van Cutsem, chef de

## Le projet

### First entreprise

#### en résumé :

##### Type de promoteur:

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

##### Partenariat:

Accueil par une unité de recherche.

##### Objet:

- Engagement d'un chercheur pour mener une recherche industrielle de 12 à 24 mois et formation de celui-ci au sein d'une unité de recherche universitaire, d'un centre de recherche agréé ou d'un centre de recherche associé à une Haute École ou d'un organisme public de recherche.

##### Taux d'intervention:

L'intervention maximale de l'aide varie entre 50 et 70% des dépenses admissibles en fonction du type d'entreprise et des caractéristiques du projet.

##### Dépenses éligibles:

- les dépenses de personnel du chercheur
- les frais généraux
- un montant de 5 000 euros par semestre à l'organisme d'accueil.

##### Propriété des résultats:

Vous êtes propriétaire des résultats de vos recherches et vous en disposez dans le respect de la convention.

##### Délais:

Avis positif ou négatif au maximum dans les 3 mois qui suivent la réception de votre dossier complet.

l'unité de biologie végétale des Facultés universitaires de Namur. Financées par la Région wallonne, elles s'orientent vers le développement d'éliciteurs biologiques, un concept innovant. *FytoFend SA* est créée en 2009 par Pierre Van Cutsem, actionnaire majoritaire et président du conseil d'administration, et Raffael Buonatesta, ingénieur agronome de formation, actionnaire minoritaire et administrateur délégué.

Le deuxième axe de développement est la production. Sortie de l'*alma mater* namuroise, la société a investi dans ses propres installations dans le parc Créalys en janvier 2012. «*Au laboratoire de l'université, nous étions dans une phase pré-pilote. Depuis que nous avons investi nos propres locaux, nous sommes passés à une phase pilote. Elle permettra d'alimenter nos premiers marchés. Le contrôle qualité repose sur des technologies de pointe. Une série d'ajustements sont encore à réaliser au niveau de la production.*»

Le troisième axe est celui de l'homologation. Le dossier, d'abord déposé au ministère de la Santé publique, a ensuite été transmis au niveau européen pour supporter la substance active en tant que produit de protection des plantes. «*Ce produit phytopharmaceutique devrait être commercialisé dès 2014, précise Raffael Buonatesta. Entre-temps, dès 2013, il sera mis en vente dans quelques pays prévoyant une législation pour les produits alternatifs comme le nôtre. Notre principal marché est d'abord européen avec la vigne, ensuite, les cultures maraîchères comme celles du melon, du concombre, de la tomate et du fraisier. Le seul marché de la vigne est colossal.*» Si l'équipe actuelle compte 4 personnes, elle dis-

pose également du laboratoire du Professeur Van Cutsem où travaillent jusqu'à 15 chercheurs.

## Des connaissances en plus

Le projet *First Entreprise* a démarré en décembre 2009 pour s'achever fin novembre 2010. Il a été monté avec le laboratoire de phytopharmacie de Gembloux Agro-Bio-Tech-ULg piloté par le Professeur Bruno Schiffers. «*Grâce à ce projet, nous avons eu accès à différents équipements et connaissances liés à la formulation de produits et que nous ne possédions pas, reconnaît le patron de FytoFend. Une substance active comme la nôtre n'est pas commercialisable en tant que telle si elle n'est pas formulée. La formulation va aider à améliorer les propriétés physico-chimiques de solubilité, de dispersion, d'effluence du produit. Elle va aussi moduler son efficacité. Le labo nous a permis de tester les différentes formulations. Elles ont été éprouvées sur des plants de tomates et de pommes de terre.*»

Grâce à cette aide, une bio-ingénieur de Gembloux a pu être engagée. Cependant, les formulations mises au point n'ont pas été poursuivies dans le cadre d'une commercialisation, car la spin-off a décidé d'aller dans une autre direction. Ce projet *First Entreprise* leur a en tous cas permis d'acquérir une série de connaissances dans le mode de pénétration des plantes par le produit et d'étudier le mécanisme d'action plus en profondeur. Un résultat efficace en soi... ■



#### Plus d'infos:



Département du développement technologique

Direction des Projets de Recherche  
Tél.: 081/33.45.62

[raymond.montfort@spw.wallonie.be](mailto:raymond.montfort@spw.wallonie.be)

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

**S**érie : INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES: UNE AVENTURE CAPTIVANTE !

# Le laser :

## lumière cohérente à tout faire

*Le premier laser fut fabriqué en 1960. On ne soupçonnait pas alors la place qu'il occuperait actuellement. Il faudrait un livre entier pour décrire toutes ses facettes et tous les services qu'il peut rendre. Voici, parmi bien d'autres, quelques grandes étapes, grands noms de son Histoire et applications, reflets de son omniprésence. Rarement la recherche fondamentale et une invention auront eu une telle influence grandissante...*

12

La lumière est une onde électromagnétique, formée de grains d'énergie, les photons, quanta lumineux sans masse (la lumière - à la fois ondulatoire et corpusculaire - est immatérielle) se déplaçant à la vitesse  $c$  d'environ 300 000 km/s dans le vide. Le laser amplifie celle-ci par **émission stimulée**. Le faisceau laser - contrairement à la lumière ordinaire qui est « anarchique » - reste linéaire, intense, directif et localisé; il peut être de couleur pure, monochromatique (longueur d'onde  $\lambda$  uniforme: visible, IR, UV,...). Le laser est un concentré spatial, spectral et temporel de lumière dite « cohérente ». Cette géniale invention a un demi-siècle et des usages toujours plus nombreux...

### Einstein énonce le principe

En 1913, Bohr (auteur du modèle atomique portant son nom) décrit l'interaction atome - rayonnement: l'atome peut absorber ou émettre de la lumière lorsqu'il reçoit ou perd un photon. Le principe du laser, issu de la physique quantique, est énoncé par Einstein dès 1917 (Prix Nobel de Physique 1921). Généralement, un atome est en état d'énergie minimale, son état fondamental. Mais si une source lumineuse lui apporte de l'énergie, il s'excite. Les électrons, en absorbant un photon, passent du niveau d'énergie fondamentale à un niveau d'énergie supérieure (transition énergétique). Puis, ils se désexcitent

spontanément en émettant chacun un photon (absorption négative), qui part dans n'importe quelle direction en fournissant une lumière ordinaire, par émission spontanée. Einstein avance que le photon émis, lors de la désexcitation d'un atome, peut être stimulé par un autre photon de mêmes fréquence, énergie, direction et phase, et que les énergies du photon émis et du photon stimulant s'accumulent. La lumière arrive sur un atome excité et le quitte avec une énergie double. C'est l'émission stimulée et l'amplification de lumière. Tolman, en 1924, en perçoit l'importance pour renforcer un faisceau lumineux. Mais personne ne pense à concevoir un amplificateur de lumière, avec davantage d'atomes à l'état excité qu'à l'état fondamental. On s'intéresse plutôt à l'équilibre thermique jusque dans les années 1950.

*Le laser est multi-fonctionnel. Il est ainsi souvent utilisé dans le monde du spectacle, comme ici lors d'un show où de multiples lasers donnent cet incroyable effet d'explosion lumineuse.*

Texte: **Christiane DE CRAECKER-DUSSART** • [c.decraecker@skynet.be](mailto:c.decraecker@skynet.be)

Photos: Adaptation de **Tatoute**/Schéma 1 (p.13) **R. BRIERRE**/Schéma 3 (p.13), **N. WHEELER**/Flick'r (p.14)

## Du maser aux lasers

En 1954, profitant des connaissances en spectroscopie micro-onde ( $\lambda > 1 \text{ mm}$ ) et radars, Townes (Nobel de Physique 1964), Gordon et Zeiger isolent des molécules excitées d'ammoniac et provoquent une émission stimulée de radiation, malgré l'opposition de Bohr, Kush et Rabi (tous Nobel de Physique !). Townes dira: «*C'est étonnant de voir que même les plus grands ont parfois des idées arrêtées qui nuisent à l'émergence des nouvelles... Il faut savoir quitter les chemins balisés et prendre des risques... Les interactions entre scientifiques de domaines différents peuvent susciter de nouvelles idées !*». Ils inventent le **maser** amplifiant les micro-ondes par émission stimulée, mais pas les ondes visibles et quand les molécules excitées ont émis leur photon, l'émission s'arrête. Pour continuer sans séparer physiquement les molécules, il faut au moins 3 niveaux d'énergie dans l'atome: le niveau fondamental, le niveau excité et un niveau intermédiaire accessible à partir du supérieur. S'y accumulent des atomes excités par une source d'énergie pour **inversion de population**, réalisée par **pompage optique** (voir schéma 1 ci-contre), inventée vers 1950 par Kastler (Nobel de Physique 1966), fournissant beaucoup d'atomes excités et une lumière cohérente.

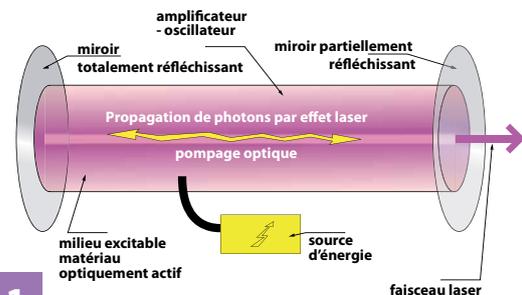
Les conditions sont réunies pour le laser, dont Kastler est le précurseur. En 1958, Townes et Schawlow publient son fonctionnement en généralisant le principe du maser aux fréquences optiques (visibles, encadrées par les IR et les UV). En 1960, Maiman construit le premier laser opérationnel: le laser à rubis, à lampe flash intense et **cavité optique résonante** (voir illustration 2 ci-contre). Javan, Herriott et Bennett réalisent le premier **laser à gaz**: un hélium-néon émettant une lumière rouge, toujours utilisé (voir schéma 3 ci-contre). En 1966, Sorokin construit le premier **laser à liquide** ou à **colorant** et **laser accordable**. Citons Townes: «*Toutes ces inventions étaient le fait de laboratoires industriels. Une fois son intérêt suscité, l'industrie travaille vite et avec succès !*». Entretemps, en 1962, Bernard et Durrafourg établissent la théorie des lasers à semi-conducteurs ou diodes (à) laser qui,

après 1980, se développeront en électronique, informatique, communications et stockage de données.

## Toujours plus loin, vite et fort

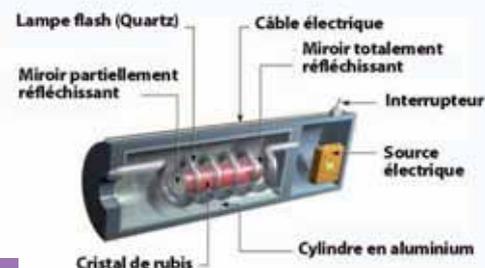
Bien d'autres inventions découlent du laser. En 1948, Gabor concevait déjà l'holographie, procédé de photographie en relief par transparence (Nobel de Physique 1971). Elle ne peut être mise au point qu'en 1961 par Leith et Uptaniaks: il fallait un laser pour éclairer le sujet en lumière cohérente. Cohen-Tannoudji, Chu et Phillips reçoivent le Nobel de Physique en 1997 pour le refroidissement et le piégeage d'atomes froids par laser. Dans les années 1980, ils atteignaient la température de 1 microkelvin ou 1 millionième de degré au-dessus du **zéro absolu**. Cela permettra aussi de perfectionner l'**horloge atomique**, mise au point fin des années 1950. En 1969, Armstrong dépose des miroirs sur la Lune, pour mesurer par laser télémétrique la distance Terre-Lune à quelques millimètres près: elle augmente de 3 cm par an ! En 1966, Kao décrit un système de transmission lumineuse à longue distance et faible perte, en combinant lasers et **fibres optiques** (décrites par Kapany dès 1955). En 1970, Maurer, Schultz et Keck produisent la première fibre optique utilisable en réseaux de télécommunications. La première communication téléphonique optique est installée en Californie en 1977. Depuis, on peut injecter simultanément en fibre optique des centaines de faisceaux lasers. D'où l'explosion des télécommunications à partir des années 1990, surtout d'Internet (développé par l'armée US fin des années 1960) et du Web (conçu au CERN en 1989).

La révolution touche le stockage et la lecture des données numériques. Dans les années 1980, après les codes-barres, apparaissent les disques numériques compacts, dont les données sont écrites et lues par laser. Miniaturisation et réduction de  $\lambda$  multiplient densité et capacité de stockage: CD (inventé en 1979 et lancé en 1983); CD-Rom (1985); DVD (1997); Blu-ray (2006); HVD (Holographic Versatile Disc, 2008), etc. Le laser se diversifie. Citons les lasers de (grande) puissance ( $\text{CO}_2$ ,...) utilisés dans



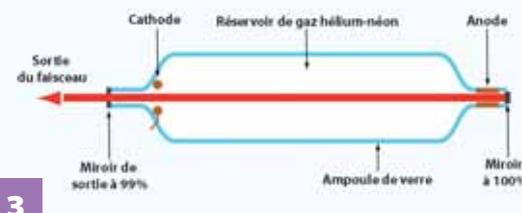
1

Schéma de principe d'un laser



2

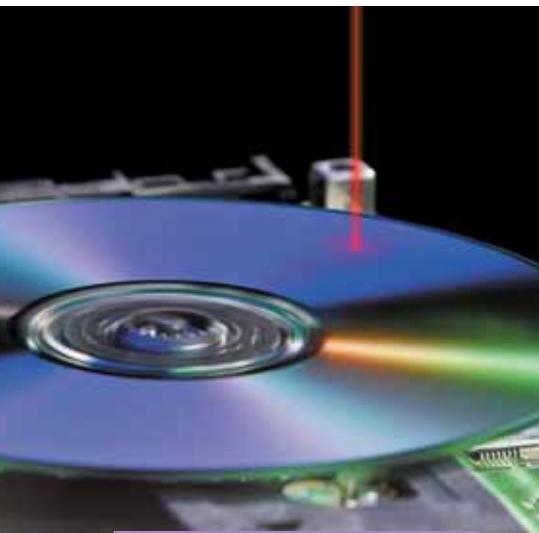
Coupe d'un laser rubis, type Maiman



3

Laser à gaz: un hélium-néon émettant une lumière rouge (schéma 3 et photo ci-dessous)





+

### Pour en savoir plus:

- *Dictionnaire des inventions & techniques*, par M.-E. Berthon, TEC&DOC, Paris, 2004.
- *Grandes inventions de l'humanité*, par M. Rival, Larousse, 2005.
- *Le laser*, par F. Bretenaker et N. Treps, EDP Sciences, Les Ulis, 2010.
- *Les lasers*, par D.H. Sliney, Encyclopédie SST, BIT-OIT, Genève, 2002.
- <http://www.inrs.fr>
- <http://www.larecherche.fr>
- <http://www.nobelprize.org>
- <http://www.science.gouv.fr>

14

l'industrie (découpe, découpe, énergie, marquage, perçage, revêtement, soudure, usinage, etc.), la construction (restauration de bâtiments, objets d'art,...), les transports ou l'armée (pointage, guidage,...); les lasers médicaux (cardiologie, microchirurgie, dentisterie, neurologie, oncologie, ophtalmologie, ORL, orthopédie, photothérapie, urologie, etc.). Ou encore les **masers-lasers** aéronautiques et **spatiaux** (**gyrolasers**,...), les lasers d'alignement et de contrôle non destructif CND, spectrométriques et interférométriques (*Voir Athena n° 283, pp. 12-15*). On sait que masers et lasers existent autour de certaines étoiles et planètes ! Penzias et Wilson utilisèrent un maser pour confirmer le *Big Bang* à l'origine de l'univers (Nobel de Physique 1978). Relevons les lasers de recherche: (astro)physique, (ordinateur)optique, microscopie, opto- et microélectronique; biologie, médecine; matériaux, réactions chimiques, séparation isotopique, neutralisation de déchets radioactifs, fusion nucléaire;

**lasers femtoseconde**, UV, RX,  $\gamma$ ,... Sans oublier les arts, spectacles, affichages et conférences; l'enseignement; l'imprimerie; la cartographie par scanner-laser; la détection et la prévention des collisions, excès de vitesse ou pollutions (par **lidar**), de la contrefaçon (par marquage), etc. Bref, le laser remplace des procédés (en améliorant propreté, précision et efficacité, tout en étant moins invasif: l'action se limite aux parties touchées) et est à l'origine de maintes inventions, découvertes et recherches.

En 1960, le laser est une curiosité de laboratoire. Il est longtemps considéré comme une solution à la recherche d'un problème. Actuellement, son marché est colossal. Ses applications s'étendent sans cesse. Son histoire est l'exemple parfait de l'influence majeure de la recherche fondamentale sur la science, la technologie, mais aussi l'économie, la vie quotidienne et la santé (s'il est sécurisé)! ■

## Sécurité des lasers: dangers, risques professionnels et prévention



**D**ans les applications domestiques, un laser enfermé dans un boîtier ne fait courir aucun risque à l'utilisateur. Il n'en va pas de même pour les travailleurs (en usine, au laboratoire ou en milieu médical) exposés aux risques professionnels d'accident du travail. Retenons 7 points fondamentaux:

- ★ un laser peut être dangereux à grande distance;
- ★ la fermeture réflexe des paupières ne suffit pas à protéger les yeux;
- ★ la puissance lumineuse surfacique (en  $W/cm^2$ ) est bien supérieure à celle de la lumière solaire nous arrivant;
- ★ le système optique de l'œil multiplie la puissance par 100 000 à 500 000;
- ★ les lésions oculaires sont aggravées par les verres;
- ★ les dangers dépendent de divers facteurs;
- ★ le laser n'est pas un rayonnement ionisant, contrairement aux RX (*Voir Athena n° 281, pp. 12-15*).

L'œil est l'organe le plus sensible: il risque aveuglement, conjonctivite, cataracte, dommage cornéen, brûlure rétinienne irréversible, voire cécité. Les dommages à la peau peuvent être bénins (érythème ou phlyctène)

ou graves: ulcération, brûlure localisée, cancer cutané, lésion profonde. Enfin, il y a des dangers divers: incendie/explosion, choc mécanique ou électrique (HT), pollution, intoxication. Chaque laser a une classe de dangerosité, indiquée par le constructeur sur l'appareil et dans le guide d'utilisation.

Les mesures de prévention - à respecter par les professionnels pour maîtriser les risques - dépendent de la classe: appel aux experts et conseillers en prévention pour évaluation des risques et règles de sécurité; choix justifié d'une source; aucun laser à hauteur des yeux de quiconque; étiquetage approprié; définition de zones d'exclusion; accès interdits, avec signalétique normalisée; maîtrise de la commande via une clé; confinement du faisceau par capot de protection; pas de réflexions vers l'opérateur; port obligatoire de lunettes de protection ou de réglage laser spéciales, bien couvrantes, marquées CE; protection des mains par gants ininflammables résistant à la chaleur de lasers classes 3 et 4; information et formation adéquates, surtout en opération discontinue; surveillance médicale ophtalmologique.



## GLOSSAIRE

(Berthon, 2004; Bretenaker, 2010; IUPAC, 1999; Serres, 1997; Rival, 2005; Science.gouv.fr, 2012)

### Types d'instruments

<b>Gyrolaser</b>	Gyromètre statique utilisant un <i>laser</i> . Le gyromètre est un capteur gyroscopique permettant la mesure de vitesses angulaires, notamment pour contrôler l'orientation d'un avion ou d'un engin spatial.
<b>Horloge atomique</b> ou <b>Horloge moléculaire</b>	Horloge fonctionnant à partir des atomes ou des molécules de certains corps, dont les vibrations servent d'étalon de temps. Type d'horloge le plus précis actuellement.
<b>Laser</b>	Acronyme pour « <i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> » ou amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement (par <i>pompage</i> et <i>inversion de population</i> ). Source de lumière (avec une longueur d'onde $\lambda$ dans l'UV, le visible ou l'IR) cohérente, constituée d'un amplificateur optique, pompée par une source d'énergie et placée dans une <i>cavité optique résonante</i> à miroirs.
<b>Laser accordable</b>	<i>Laser</i> à colorant dont on peut faire varier la longueur d'onde $\lambda$ à l'intérieur d'une certaine plage.
<b>Laser à colorant</b>	<i>Laser</i> dont le milieu actif est une solution d'une molécule organique fluorescente (le colorant) excitée par laser ou lampe éclair.
<b>Laser à gaz</b>	<i>Laser</i> dont le milieu actif est un gaz contenant une espèce active au laser; généralement formé d'un tube à décharge de plasma contenant un gaz excitable par décharge électrique (exemple: hélium-néon).
<b>Laser femtoseconde</b>	<i>Laser</i> de laboratoire, à impulsion de l'ordre d'1 femtoseconde ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ), concentrant l'énergie disponible dans la <i>cavité optique résonante</i> en un temps très bref; d'où une puissance instantanée = $10^6$ x la puissance d'un laser continu.
<b>Lidar</b>	Acronyme pour « <i>Light Detection And Ranging</i> » ou détection et télémétrie par la lumière. Technique de détection à distance en temps réel, par exemple pour la détermination optique des teneurs en aérosols et gaz présents dans l'air; basée sur la mesure de la rétro-diffusion d'un rayonnement <i>laser</i> (au lieu d'ondes radio pour le radar). S'applique aussi à d'autres données atmosphériques distantes: cible, nuage, vent, température, pression, vitesse, distance,...
<b>Maser</b>	Acronyme pour « <i>Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> » ou amplification micro-onde par émission stimulée de radiation. Amplificateur de micro-ondes ( $\lambda > 1 \text{ mm}$ ), fonctionnant suivant le même principe qu'un <i>laser</i> , mais pour des ondes non visibles ou optiques.
<b>Maser spatial</b> ou <b>Maser astrophysique</b>	<i>Maser</i> captant des ondes centimétriques émises par les corps célestes (Lune, Vénus, satellites, sondes, ...).

### Autres termes techniques

<b>Cavité optique résonante</b>	Cavité à miroirs, où la lumière effectue des allers-retours et contenant un milieu amplificateur lumineux; sa longueur $L = n \cdot \lambda$ ; oscillateur optique favorisant l' <i>émission stimulée</i> ; le miroir de sortie est semi-réfléchissant et permet au faisceau laser d'être émis.
<b>Émission stimulée</b> ou <b>Émission induite</b>	Production, par les atomes excités, de photons de mêmes fréquence, énergie, direction et phase, que les photons incidents; d'où amplification des énergies des photons émis et stimulants, en plus des grandes puissance et directivité du faisceau lumineux.
<b>Fibre optique</b>	Support de communication constitué d'un filament de matière diélectrique (verre, silice, etc.), dans lequel se propage une onde électromagnétique, en particulier la lumière (visible ou infrarouge), grâce à une succession de réflexions.
<b>Inversion de population</b>	Situation dans laquelle un état d'énergie élevée est plus peuplé qu'un état d'énergie inférieure, car il y a davantage d'atomes excités que d'atomes non excités, d'où une sortie de l'état d'équilibre thermodynamique.
<b>Pompage (optique)</b>	Technique consistant à utiliser une source d'énergie externe (par exemple l'énergie lumineuse d'un flash) pour «pomper» dans les niveaux d'énergie supérieurs ou excités les électrons des atomes situés dans le niveau d'énergie fondamental; ceci permet de réaliser l' <i>inversion de population</i> nécessaire à l' <i>émission stimulée</i> , donc au <i>laser</i> .
<b>Zéro absolu</b>	Température de 0 K – ou 0 Kelvin – la plus basse qu'on puisse obtenir et correspondant à l'état de repos parfait des constituants de la matière. 0 K = $-273,15^\circ \text{ C}$ ; la relation permettant de passer d'une échelle à l'autre est $T \text{ (en K)} = t \text{ (en } ^\circ\text{C)} + 273,15$ .



# L'ADN de...

## Sophie GUSBIN

### Animatrice scientifique

Propos recueillis par **Géraldine TRAN** • [geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)  
 Photos: **SCIENCE** (ADN), [freeimageslive.co.uk](http://freeimageslive.co.uk) (p.16), **G. TRAN** (pp.16-17)

#### Recto

16

**L'animation scientifique est aujourd'hui considérée comme une activité professionnelle à part entière mais comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?** J'ai toujours aimé les sciences. Lors de mon cursus de biologie, j'ai participé au Printemps des Sciences où j'ai pu expliquer à des jeunes étudiants des principes de biologie grâce à des expériences. J'ai trouvé ça très enrichissant. Ensuite, à la fin de mon master, juste avant de commencer l'agrégation, j'ai envoyé une candidature spontanée au Centre de Culture Scientifique et quelques mois plus tard, lorsqu'une place s'est libérée, j'ai eu la chance d'avoir un entretien. C'était le travail dont je rêvais mais que je n'osais espérer car les places sont peu nombreuses.

**Comment devient-on animatrice scientifique ?** Pour ma part, j'ai suivi en secondaire un cursus math/sciences que j'ai poursuivi par la suite par un master en biologie et une agrégation. Mais au Centre de Culture Scientifique, les animateurs viennent de tous horizons. Certains ont suivi des études supérieures en biologie, géographie ou agronomie tandis que d'autres sont éducateurs. Nous sommes tous passionnés et intéressés par les sciences avec l'envie de transmettre cette passion à tous.

**Est-il difficile de trouver le juste équilibre entre qualité scientifique et pédagogie ? En quoi consiste votre job ?** Les ateliers qui sont proposés au CCS permettent à tous de venir «toucher» les sciences. Les participants, jeunes ou adultes, mettent les mains à la science par différentes expériences qui permettent de comprendre un sujet scientifique particulier. Les informations scientifiques transmises sont parfaitement correctes, elles sont simplement vulgarisées, simplifiées et expliquées avec plus ou moins de détails suivant le niveau et les connaissances du public. Pour ma part, je suis chargée de créer de nouveaux ateliers, récolter les informations théoriques nécessaires à la réalisation de celui-ci et surtout créer les expériences qui permettront de comprendre le sujet plus facilement. J'anime également ces différents ateliers.

**Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ?** Plus jeune, je suis passée par le CCS avec le mouvement de jeunesse que je fréquentais. Je me souviens avoir appris comment volait une montgolfière tout en m'amusant.

**Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ?** Les questions que les élèves peuvent nous poser. Le public est très curieux, il pose beaucoup de questions dès que le sujet l'intéresse. Même si ça n'est pas initialement prévu dans l'atelier, il faut pouvoir y répondre simplement et si possible donner un exemple concret qui leur permet de mieux comprendre.

**Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ?** J'ai eu la chance de participer au projet ComScience organisé dans plusieurs pays européens. Nous avons réalisé des cafés scientifiques sur des sujets d'actualité (l'asthme et les allergies, les OGM, le diabète et les cellules souches) où les participants réalisaient des mini-expériences présentant le sujet, ensuite ils visionnaient un film et enfin, ils discutaient en petit groupe avec un scientifique spécialiste du domaine. Cette expérience a été très valorisante car nous avons travaillé avec des institutions renommées à l'étranger.

**Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ?** Il est important de savoir expliquer simplement des notions scientifiques. Une expérience simple et un exemple concret sont toujours plus efficaces que la théorie récitée par cœur. ■

NOM: GUSBIN

PRÉNOM: Sophie

ÂGE: 27 ans

ENFANTS: Pas encore

PROFESSION: Chargée de projets au Centre de Culture Scientifique (CCS) de l'ULB.

FORMATION: Études secondaires au Collège Saint-Augustin de Gerpinnes. Master en Sciences biologiques et Agrégation de l'enseignement secondaire aux FUNDP puis à l'UCL.

ADRESSE: Rue de Villers, 227 à 6010 COUILLET

Tél.: 071/600.300



## Plus d'infos:

[sgusbin@ulb.ac.be](mailto:sgusbin@ulb.ac.be)

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

## Verso

**Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ?** Pour une seconde vie, j'ouvre une maison d'hôtes avec table d'hôtes dans un coin reculé de Belgique. J'adore cuisiner et j'aurais adoré faire découvrir toutes les beautés d'une région aux touristes de passage. Et pour une troisième vie, je deviens météorologiste. En secondaire, j'étais très attirée par ce métier et j'ai d'ailleurs hésité à m'orienter vers ces études. J'aurais aimé ré-aliser les prévisions et les présenter ensuite lors du bulletin météo.

**Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ?** Pouvoir se téléporter ! Je me rends au travail en train et j'ai toujours l'impression de perdre beaucoup de temps dans les trajets. Une heure de sommeil en plus par jour grâce à ce pouvoir, ce n'est pas négligeable. De plus, j'ai des amis qui habitent à plusieurs heures de route de chez moi, quelle facilité pour les voir grâce à la téléportation.

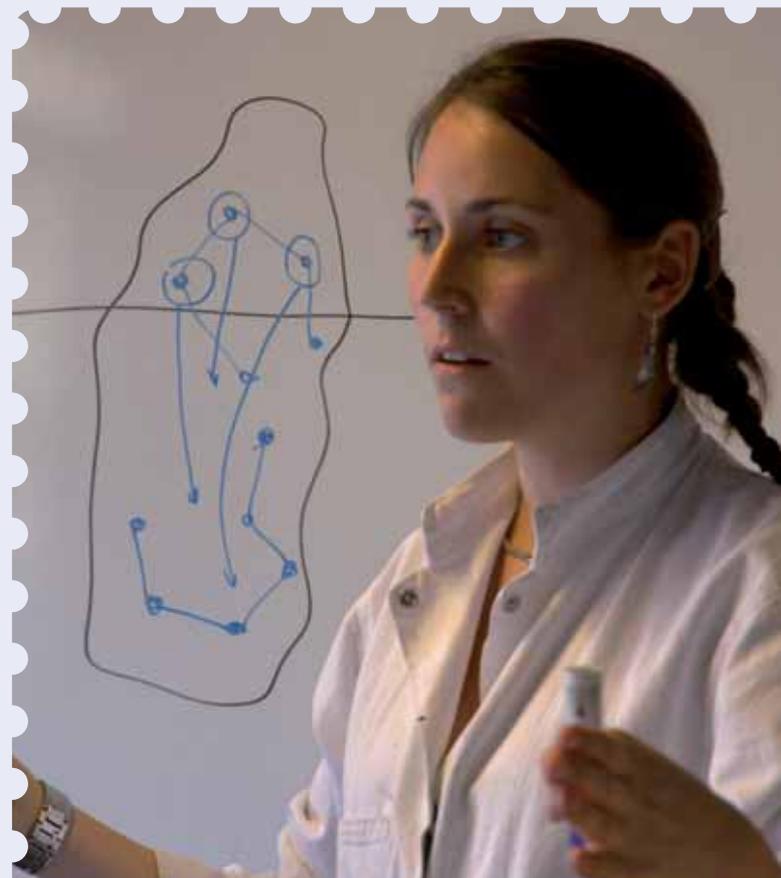
**Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ?** J'adorerais donner un cours de pédagogie appliquée. Je ne suis pas du tout experte en la matière, mais j'adorerais réfléchir avec d'autres à des solutions à appliquer en classe afin que les élèves soient plus attirés par les sciences. Réfléchir aux expériences qui peuvent être réalisées et qui permettent aux jeunes de comprendre un sujet trop théorique.

**Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ?** J'en ai fait l'expérience lors d'un stage en 5<sup>e</sup> année mais ça ne m'a pas plu. J'ai toujours préféré la transmission des sciences plutôt que la recherche. Mais si je devais vraiment travailler dans un laboratoire, j'essayerais de trouver un remède contre le cancer.

**Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle, ce serait lequel et pourquoi ?** Ce n'est pas un objet qui a été inventé au 21<sup>e</sup> siècle, mais il est encore bien présent. Je serais un livre. J'adore lire. Avec les livres, on peut se divertir, s'instruire, transmettre des idées. C'est vraiment un objet indispensable.

**Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ?** Je partirais en Tanzanie. J'aimerais faire un safari, photographier les animaux dans leur milieu naturel, observer le Kilimandjaro et me baigner dans l'océan indien.

**Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ?** Yann Arthus-Bertrand et je lui demanderais s'il n'a pas une petite place pour moi dans son équipe pour partir découvrir les beautés et les richesses du monde. Je lui demanderais également de m'apprendre à faire des photos et des reportages aussi magnifiques que les siens. ■



# L'infobésité

## le *mal* du siècle ?



18



### >> *En bref...*

- \* Il serait impossible de rester concentré plus de 12 min sur son travail sans être interrompu.
- \* 67% des cadres continueraient à travailler une fois leur lieu de travail quitté.
- \* La multiplication des outils de communication (smart-phones, tablettes, laptop...) engendrerait 20h supplémentaires de travail par semaine... non rémunérées !  
Et les travailleurs ne semblent pas s'en plaindre. 62% des cadres préféreraient une augmentation de salaire plutôt que davantage de temps libre.



Qui sont ces utilisateurs qui veulent pouvoir disposer à leur guise de leur smartphone ou de leur tablette ? Ils sont encore peu nombreux, mais déterminés, estime Unisys qui, dans une récente étude, parle d'«élite mobile». Soit un groupe privilégié de collaborateurs soucieux d'efficacité et de productivité. Paradoxalement, cette élite est aujourd'hui mal vue, en particulier de la direction informatique, centrée sur les risques et menaces sur le système d'information. Un vrai fossé se creuse. Les directions générales devront rapidement prendre position.



20

le fait d'être «fréquemment interrompu dans son travail» est le facteur de stress le plus important pour 74% des salariés. Et rien n'indique que la situation s'améliorera demain. Chez les cadres, la frontière entre vie privée et vie professionnelle est de plus en plus poreuse. 67% des cadres continuent à travailler après avoir quitté leur entreprise, le soir, le week-end, les jours fériés et pendant leurs vacances. Les cadres estiment consacrer 4 heures par semaine à des activités professionnelles en dehors du travail. Un phénomène majoritaire dans tous les secteurs d'activités et dans toutes les catégories - le phénomène croît également avec le nombre de diplômes.

## 20 heures sup'

En cause, la multiplication d'outils de communication. Aujourd'hui, un cadre sur deux utilise en moyenne 3 équipements informatiques: un ordinateur de bureau, un PC à la maison et enfin, un périphérique mobile - smartphone ou tablette. On parle de *BYOD* (*Bring Your Own device*). L'essentiel de cette évolution se traduit par la possibilité d'accéder aux réseaux d'entreprise de n'importe où et n'importe quand au départ de ses propres outils de communication.

Pour les analystes du cabinet *Forrester Research*, ce nouveau phénomène se

traduit par... 20 heures de travail supplémentaires mensuelles - non rémunérées. Et personne ne s'en plaindrait ! 92% des 1 200 employés en situation de mobilité interrogés par *iPass*, le spécialiste des accès Wi-Fi professionnels, disent «apprécier la flexibilité de leur travail» et s'estiment «heureux» de travailler plus ! 42% aimeraient «une flexibilité encore plus grande dans leur environnement professionnel»...

Paradoxalement, alors que 40% des cadres déclarent une détérioration de leur équilibre entre vie privée et vie professionnelle, cette réaction est moins importante quand les salariés sont équipés du smartphone ou de la tablette... de leur choix, avec un écart de 15%. Plus surprenant encore, quand on les interroge, 62% des cadres préféreraient un salaire plus important; le temps libre n'étant plébiscité que par 33% d'entre eux. Selon l'éditeur *Good Technology*, l'augmentation du stress et du volume de travail est ressentie comme une conséquence de la crise... et non comme la résultante de l'introduction des technologies de l'information. Aussi, plutôt que de freiner une mutation technologique inéluctable de la société, conseille encore l'éditeur, il revient à l'entreprise de l'accompagner et de repenser ses usages, ses modes de travail en mettant en adéquation les besoins des salariés avec les technologies numériques.

## Repenser le travail

Freiner le *BYOD* comme tant d'entreprises ont tenté de le faire ? Ce serait une erreur, souligne *Fortinet*, un spécialiste de la sécurité réseau haute performance. Ce phénomène touche prioritairement les actifs de moins de 30 ans disposant d'un diplôme universitaire ou équivalent. Ce groupe représente la première génération à entrer dans l'entreprise avec une compréhension et des attentes en matière d'utilisation de son propre appareil mobile... et ce sont les influenceurs et décideurs de demain !

Quoiqu'il en soit, au vu de ces évolutions, nos modes de travail devront être revus. Prester le nombre d'heures légal, uniquement depuis son lieu de travail, est devenu un modèle archaïque: de plus en plus de personnes effectuent des heures supplémentaires et travaillent depuis différents endroits - à l'extérieur, pendant leur trajet et de la maison. Qu'on le veuille ou non, nous vivons dans un environnement de travail véritablement global, 24h/24 et 7j/7; déjà, il n'est plus surprenant de recevoir des courriels professionnels tard dans la soirée.

C'est sans doute la fin du système de présence qui a si longtemps marqué le travail. Les nouvelles technologies conduisent à une évolution des mentalités, même pour les salariés non nomades. Quitter le bureau à 16h ne signifie plus qu'on ne travaille pas. Aujourd'hui, c'est la réactivité qui compte. Le temps de réponse aux courriels est un bon exemple. Il ne s'agit plus d'être présent, mais d'être disponible. 73% des cadres déclarent notamment répondre aux courriels professionnels depuis leur domicile; 18% d'entre eux y répondent même pendant leurs loisirs...

Maintenant qu'il y a interpénétration des sphères privées et professionnelles, temps travaillé et temps non travaillé se confondent. En effet, si un grand nombre d'activités professionnelles sont réalisées à la maison, un grand nombre d'activités privées sont aussi exécutées dans l'entreprise durant les horaires de travail. Ces activités relèvent essentiellement de la communication. En tête des usages, le téléphone, suivi par le surf et les courriels personnels. Contrairement à certaines idées reçues, les réseaux sociaux n'arrivent qu'en quatrième position, bien que les jeunes cadres y soient plus sensibles.

## Le chemin d'une communication plus structurée

C'est vrai aujourd'hui, mais demain ? Les nouveaux usages des outils de communication ne modifient en rien le phénomène de surcharge informationnelle.

Conscientes du problème, les entreprises expérimentent diverses pistes. *Volkswagen*, par exemple, a signé un accord pour bloquer l'accès aux smartphones professionnels de 18h15 à 7h00.

En France, le groupe *Atos*, spécialisé dans les services informatiques, a décidé, lui, de supprimer totalement les courriels internes d'ici à août 2013. À l'origine de cette décision, une analyse précise des usages. Sur 200 courriels reçus en moyenne chaque jour par les collaborateurs, 10% seulement sont utiles, alors qu'il faut entre 5 et 20 heures par semaine pour suivre son courrier électronique et y répondre avec précision, estime-t-on encore chez *Atos*.

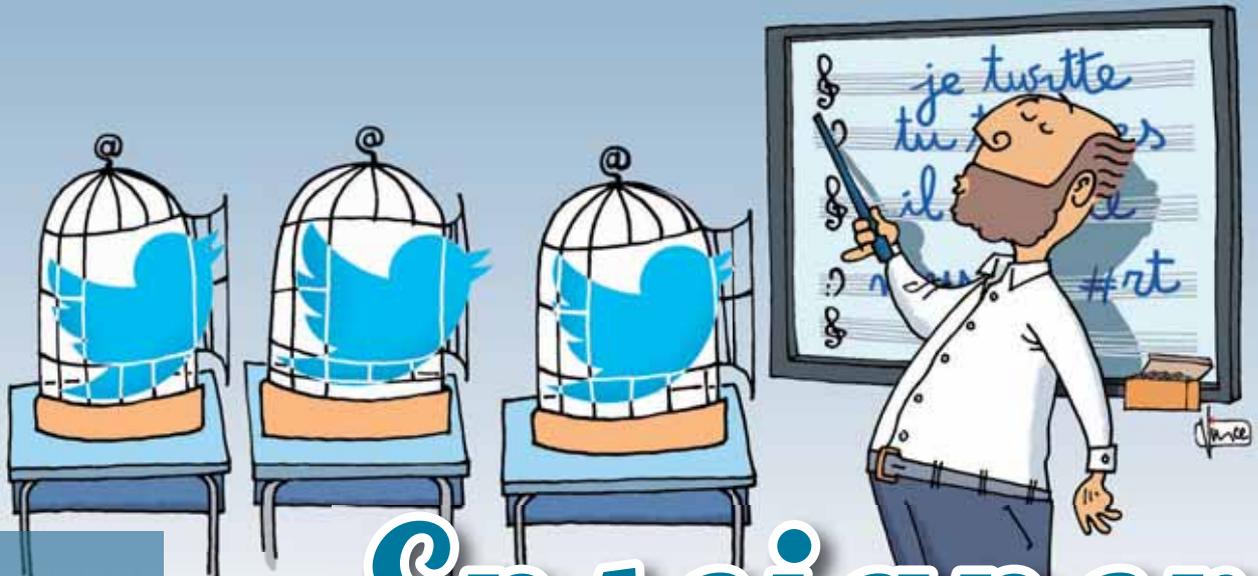
L'objectif de la société de services informatiques est d'adopter des solutions novatrices dans le domaine des réseaux sociaux afin de mettre en place un véritable «*social business*». Basées sur des technologies collaboratives, ces solutions offrent des moyens de gérer et partager l'information plus personnalisés, plus immédiats, plus efficaces en termes de coûts et adaptés aux méthodes de travail qui se font jour.

L'entreprise de demain sera connectée et verra une fusion entre les personnes et les données. Déjà, il existe plusieurs façons d'agir sans passer par la suppres-

sion totale des courriels: les transformer en fils de discussion, créer des chartes pour classifier les contenus (taxonomies) et hiérarchiser l'information, généraliser les formations sur l'utilisation des nouveaux médias sociaux...

Ce sont des pistes. Limiter l'usage ne suffit pas, les managers doivent retrouver le chemin d'une communication plus structurée, moins chronophage et plus humaine: réinstaurer le management de contact, comme les briefings d'équipe quotidiens où l'intérêt est porté sur la personne et son travail; limiter les échanges en temps réel (chat, téléphone, courriels) qui génèrent interruption et gaspillage pour favoriser les échanges asynchrones plus réfléchis et plus riches comme les points d'équipe; aller sur le terrain pour reprendre contact avec la réalité et éviter le flux de ces informations remontantes (courriels, reporting) qui engendrent perte de temps et incompréhension. Du bon sens et de la volonté ! Les nutritionnistes ne disent rien d'autre... ■





# Enseigner avec les TICE - 2

22

**Le premier volet de cet article présentait quelques éléments théoriques sur l'utilisation des nouvelles technologies dans le cadre de l'enseignement.**

**Le second volet est davantage consacré à la pratique.**

**Il présentera des outils directement utilisables en classe, qu'il est facile de mettre en œuvre, ne requérant pas de compétences techniques particulières et le plus souvent gratuits. Plusieurs de ces outils sont bien connus du grand public, d'autres un peu moins. La liste que nous présentons n'est évidemment pas exhaustive et chaque jour des dizaines de nouvelles applications apparaissent sur le marché...**

Texte: **Christian VANDEN BERGHEN** • [cvb@easi-ie.com](mailto:cvb@easi-ie.com) • <http://www.easi-ie.com>  
[http://www.twitter.com/easi\\_ie](http://www.twitter.com/easi_ie) • <http://www.inventerlefutur.eu>

Illustrations: **Vince** • [vince@cartoonbase.com](mailto:vince@cartoonbase.com)

## Utiliser Twitter

**T**witter n'est pas un réseau social comme on le lit souvent mais une sorte de microblog permettant d'envoyer à ses lecteurs (qu'on appelle ici des *followers*) de courts messages de maximum 140 caractères.

Pour tous ceux qui ne connaissent pas, le premier réflexe est de s'interroger sur l'intérêt d'un texte de 140 caractères. Mais très vite, on comprend l'utilité de cette application quand on s'y intéresse un peu. *Twitter* peut être intéressant comme outil de veille et comme support de cours.

Quelques points à connaître après avoir créé un compte (gratuit):

- Comme toujours, la première chose à faire est de se demander comment et pourquoi on va utiliser l'outil. Est-ce pour s'informer, pour informer les

autres, pour avoir une audience, pour motiver des étudiants, etc. ?

- Avant d'espérer avoir de l'audience, il faut commencer par «suivre» (*follow*)

### Le jargon Twitter

# **tweet**: message envoyé par un membre;

# **RT**: (*retweeter*) transférer un message publié par quelqu'un d'autre à ses propres lecteurs;

# **followers**: gens qui s'abonnent à vos publications (c'est toujours gratuit);

# **hashtag**: mot-clé ou étiquette permettant de classer un message dans une sorte de catégorie. On le fait toujours précéder du signe #;

# **DM** (*direct message*): message adressé directement à un membre mais pas à ses followers.

un certain nombre d'autres membres de la communauté dont on va transférer les informations qu'on juge intéressantes. C'est ce qu'on appelle «retweeter».



### Par où commencer ?

La première chose à faire est de chercher des membres traitant de sujets susceptibles de nous intéresser. Pour cela, il suffit de se rendre sur *Twitter* (<https://twitter.com/>) et de taper un mot-clé dans le champ de recherche situé en haut à droite (NB: *Twitter* dispose d'une page permettant des recherches avancées à l'adresse <http://goo.gl/qUg2C>). Si on tape par exemple le mot «éducation», on voit que le site suggère différents comptes de membres traitant de ce sujet. On clique par exemple sur «*Education Week*». La page qui s'affiche montre le nombre de *tweets* envoyés depuis la création du compte, le nombre d'abonnements (à combien de membres de *Twitter Education Week* est-il abonné ?) et le nombre d'abonnés (combien de membres suivent les publications d'*Education Week*).

Le rapport entre le nombre d'abonnés et d'abonnements est important car il permet d'identifier les leaders d'opinion et les autres: être suivi par 12 000 membres et en suivre 12 500 démontre simplement que les gens à qui on s'est abonné ont eu la gentillesse de retourner la politesse.

Pour s'abonner et recevoir les publications suivantes d'*Education Week*, il faut cliquer sur le bouton «Suivre». Si après quelques envois, on trouve qu'ils ne sont finalement pas si pertinents que ça, il est évidemment possible, à tout moment de renoncer à l'abonnement. La procédure est expliquée ci-dessous.

Pour avoir un aperçu de l'état de vos abonnements et abonnés, cliquez sur «Moi» à gauche du champ de recherche en haut de la page. Cliquez sur «Abonnements» pour avoir la liste des membres que vous suivez. En passant la souris sur «Abonné» (en bleu), vous ferez apparaître «Se désabonner» (en rouge). C'est aussi simple que cela.



### Utiliser Twitter en classe

Voici quelques idées d'utilisation de *Twitter* en classe:

- **Rassembler de la documentation**

Lancez une question du genre «Ma classe cherche des informations sur la catastrophe de Marcinelle. Des idées ?» sur *Twitter*. L'information recueillie pourrait ensuite être évaluée, comparée, classée, commentée par les élèves.

- **Localiser l'origine des tweets publiés sur un sujet**

*TwitterMap* (<http://twittermap.appspot.com/>) affiche sur une carte du monde

l'endroit d'où sont envoyés les *tweets* sur un terme donné. Choisissez évidemment un mot clé relatif à l'actualité du moment pour obtenir suffisamment de réponses ! À partir de cette carte, il est possible d'imaginer des cours de géographie, d'histoire ou autres.

- **Écrire un article**

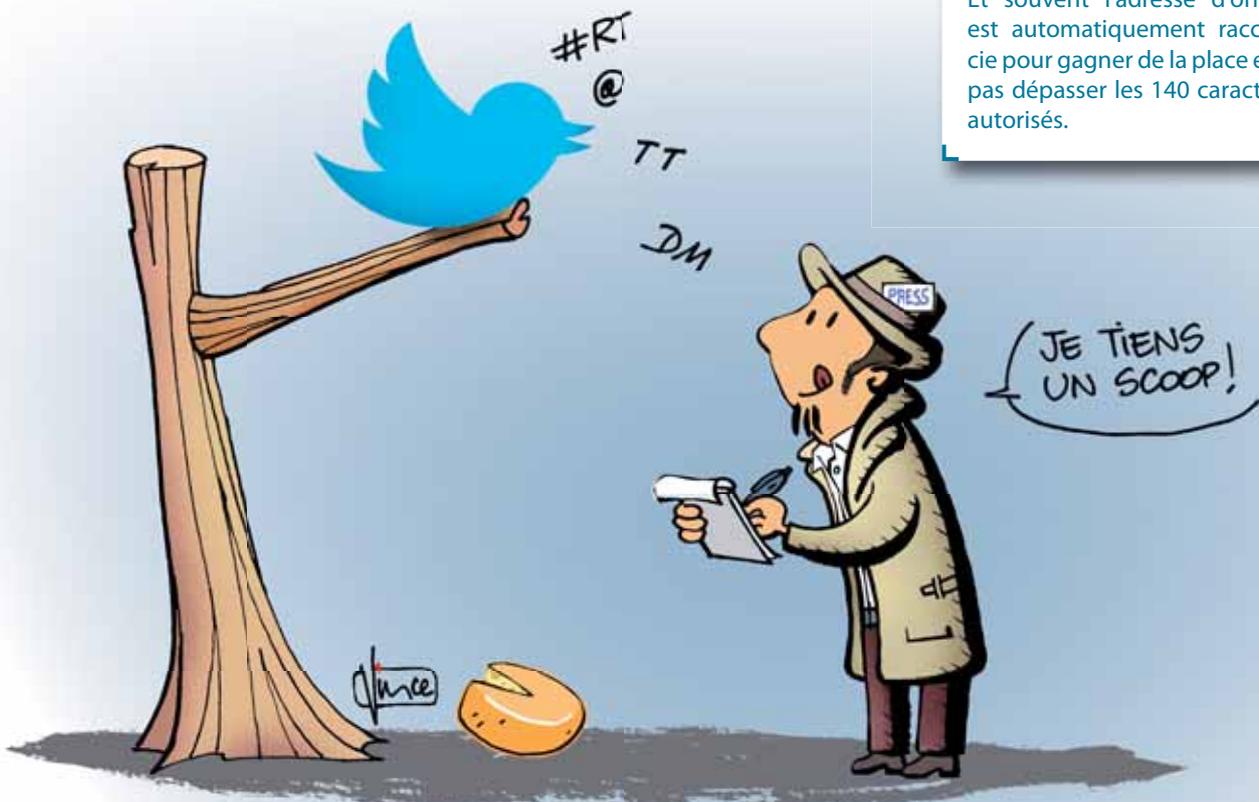
Lancez un sujet et demandez aux élèves de collaborer en écrivant des *tweets*. Pour vous faciliter la vie, vous pouvez utiliser un *hashtag* (par exemple #pompéi), ce qui va permettre de rassembler plus facilement les envois. Mais vous pouvez aussi utiliser une application en ligne qui permet d'automatiser ce processus. Il s'agit de *TwitterFall* (<http://twitterfall.com/>). Pour ne recevoir que les *tweets* postés par votre groupe, utilisez le *hashtag* comme mot-clé de recherche (sans oublier le signe #).

- **Partager et confronter des idées**

Demandez à vos élèves d'utiliser *Twitter* pour trouver une autre classe, par exemple en région néerlandophone,

### \* Astuce \*

Pensez à inclure une adresse de page (la source par exemple) dans vos *tweets*. La plupart des pages de blogs et autres outils du Web 2.0 mettent à disposition un bouton permettant de *retweeter* une page. Et souvent l'adresse d'origine est automatiquement raccourcie pour gagner de la place et ne pas dépasser les 140 caractères autorisés.





24

*Les blogs existent depuis longtemps et traitent de thèmes divers (sport, mode, science,...). Mais saviez-vous qu'ils pouvaient être des outils très interactifs et facilement utilisables en classe ? La technologie évolue sans cesse, la manière d'enseigner a peut-être des leçons à en tirer...*

pour échanger en utilisant la langue de l'autre sur un sujet comme le réchauffement climatique.

#### • Identifier un endroit

Demandez à l'un de vos correspondants sur *Twitter* de faire trouver à vos élèves un endroit sur Terre. Les élèves peuvent lui poser des questions leur permettant de trouver l'endroit: nom d'un joueur de l'équipe de football, personnalité ou événement historique, cours d'eau, etc.

#### • Décrire un événement

Demandez à vos élèves de créer un compte *Twitter* au nom d'un personnage fictif ou réel et faites-les décrire ce qu'ils voient. Demandez-leur par exemple de raconter ce que verrait un Égyptien participant à la construction des pyramides ou ce que ressentirait un soldat dans les tranchées.

#### • Suivre l'actualité

Choisissez un thème d'actualité et demandez à vos élèves d'envoyer au moins un *tweet* par jour sur ce thème avec pour consigne de ne pas réutiliser une information déjà *tweetée* par un autre élève du même groupe.

#### • Créer un nuage de mots

Les nuages de mots sont visuellement plus frappants que de simples listes. Vous

pourriez par exemple demander à vos élèves de chercher des synonymes d'un mot. Le résultat peut être présenté sous la forme d'un nuage. *Wordle* (<http://www.wordle.net/>) fait cela en un clic de souris et sans inscription préalable. La même application est également capable d'extraire les mots les plus fréquents dans une page de texte (si on colle le contenu de la page dans le champ de recherche) ou si on lui fournit l'adresse URL de la page.

Si vous souhaitez analyser un texte pour mettre en lumière les mots les plus fréquemment utilisés, pensez à *TextAlyzer* (<http://textalyzer.net/>). En jouant avec les paramètres, vous pouvez obtenir des informations fort utiles sur un texte (n'oubliez pas d'indiquer à *TextAlyzer* que votre document est en français).

## Utiliser un blog

Créer un blog est aujourd'hui devenu un jeu d'enfant. Le Web offre de multiples solutions gratuites, mais nous vous recommandons d'utiliser *WordPress* (<http://fr.wordpress.com/>) ou *Blogger* (<http://www.blogger.com/>) pour votre facilité. En quelques minutes, vous disposez d'un outil à l'allure professionnelle.

Un blog peut être ouvert à tous ou limité aux auteurs ou aux personnes autorisées (par exemple les élèves et les parents). Cela se règle très facilement à partir des paramètres.



### Utiliser un blog en classe

Une fois de plus, la seule limite est l'imagination des professeurs et des élèves. Voici quelques idées:

#### • Interagir avec un auteur

Si vous avez demandé à vos élèves de lire un auteur contemporain, pourquoi ne pas lui demander d'interagir entre eux par le biais d'un blog ? Cette démarche peut également très bien fonctionner avec un expert dans le domaine scientifique, un historien, etc.

#### • Tenir un journal des événements de l'année

Vous pouvez demander à vos élèves de tenir un journal des événements

survenus durant l'année scolaire, soit à l'intérieur de la classe, soit par exemple dans le domaine scientifique. Ce blog pourrait être rédigé en néerlandais en faisant intervenir les élèves d'une classe flamande qui eux écriraient en français, avec corrections croisées.

#### • Rassembler des liens utiles

Un blog peut être utilisé pour collecter des liens sur un sujet donné en demandant aux étudiants de commenter leurs trouvailles. Par exemple, chaque lien trouvé doit être accompagné d'une fiche dont les champs sont à définir. Ceux-ci pourraient être leur origine (université, privé ou autre), langue, identification de l'auteur, fréquence de mise à jour, évaluation de la qualité des informations, etc.

#### • Le blog comme carnet de communication

Le blog convient très bien comme carnet de contact entre les professeurs, les élèves et les parents. Il pourrait par exemple contenir les travaux à remettre, les annonces d'activités, les rappels divers, etc.

#### • Le blog comme support de rédaction

Les élèves pourraient par exemple utiliser le blog pour écrire un mode d'emploi des réseaux sociaux à destination des parents, ce qui requiert méthodologie, clarté et... empathie parfois.

## La VOIP en classe

La VOIP (*Voice over IP*) est le nom donné à la téléphonie par le Web. Une fois le coût de la connexion payé, le téléphone ne coûte plus rien à condition d'appeler d'ordinateur à ordinateur, ou d'ordinateur à smartphone et inversement.

Cette technologie est idéale pour apprendre une langue. De très nombreuses associations en ligne aident à la mise en relation de deux personnes souhaitant se perfectionner, soit sous forme de cours particulier, soit sous forme de simple conversation.



#### Utiliser la VOIP en classe

Une des applications les plus pratiques est *Skype* (<http://www.skype.com/>). Il suffit de la télécharger, de l'installer, de créer un compte (gratuit) et de s'équiper d'un petit casque avec écouteurs et micro.

*Skype* organise d'ailleurs sa propre communauté d'apprentissage des langues à la page <http://community.skype.com/>. Les communautés sont classées par langues. Vous y trouverez des correspondants ou vous pourrez y demander ce que vous recherchez.

#### Duolingo (<http://duolingo.com/>)

permet d'apprendre l'espagnol, l'anglais, le portugais et le français. Nous avons évoqué ce site dans un article sur *Google*, expliquant que son créateur, le génial Luis von Ahn vous invite à apprendre une langue tout en traduisant le Web. Une belle manière de rendre service tout en apprenant. Le site est en anglais.

**Lexxing** (<http://www.lexxing.com/>) est un peu le Facebook de l'apprentissage des langues.

**Polyglot Club** (<http://polyglotclub.com/>) permet d'apprendre une langue mais aussi de rencontrer les correspondants.

## Créer un quizz

De très nombreux outils en ligne permettent de créer très facilement un quizz.



#### Utiliser le quizz en classe

La solution la plus simple est d'utiliser *Google Drive* et sa fonction de création de formulaire.

**JotForm** (<http://www.jotform.com/>) est une application payante mais avec une version gratuite. *JotForm* propose des formulaires tout faits mais il est aussi possible de les créer soi-même de A à Z et très facilement.

**QuizSnack** (<http://www.quizsnack.com/>) permet de créer des quizz mais aussi des systèmes de vote en ligne. Une version gratuite et limitée est disponible.

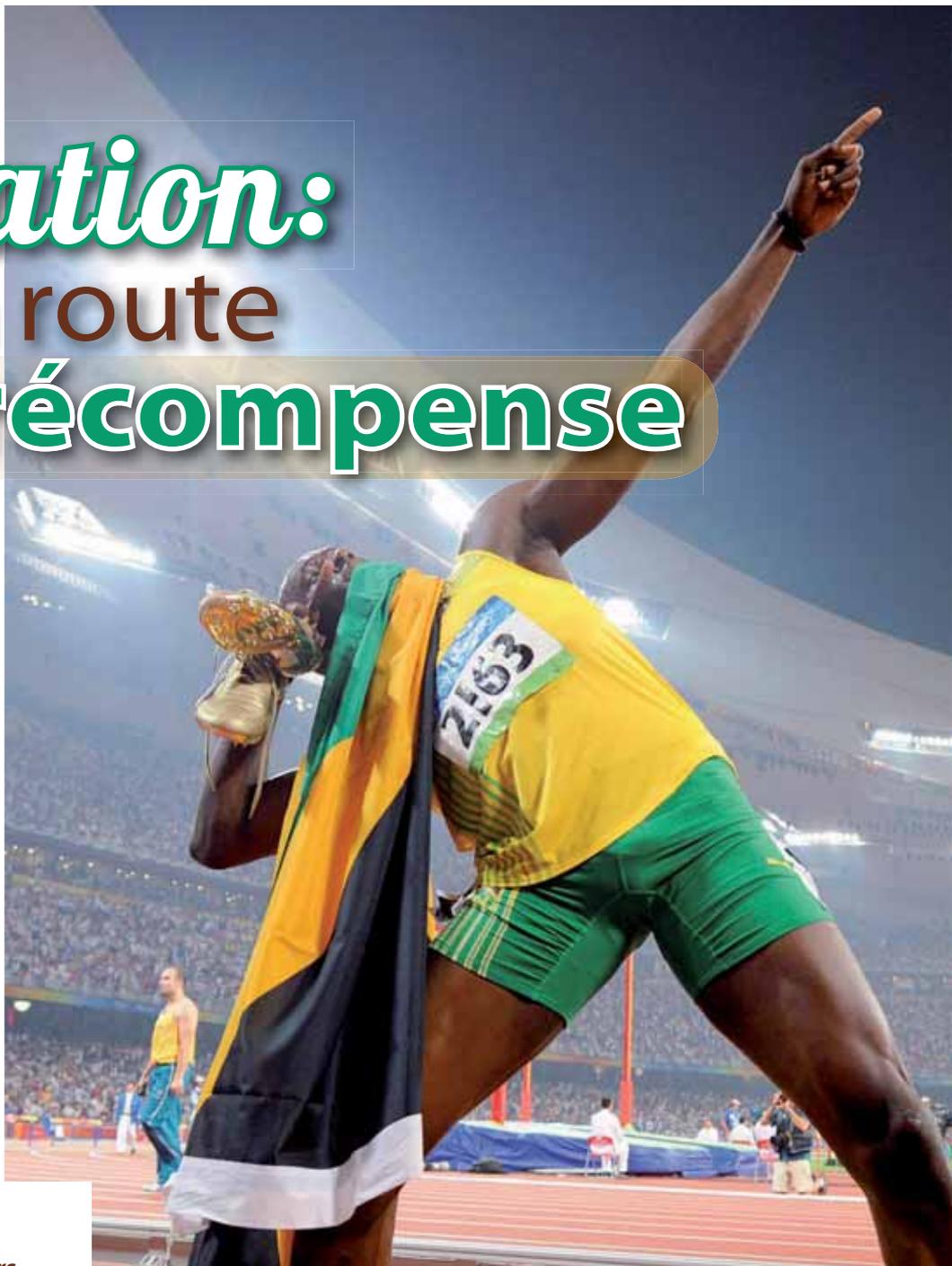
**ExamBuilder** (<http://www.exambuilder.com/>) est un des meilleurs outils de création d'examens et de quizz en ligne. Là encore, deux versions sont proposées, une de base et l'autre professionnelle. La version de base coûte une dizaine d'euros par utilisateur et par an. ■



## À suivre...

Dans le dernier volet de cet article nous verrons d'autres outils et astuces, notamment les tableaux blancs, les cartes mentales et les QR Codes.

# Motivation: en route vers la récompense



26

**Pourquoi plaçons-nous nos espoirs dans certaines opportunités ? Pourquoi préférons-nous certaines options à d'autres ? Pourquoi dépensons-nous tellement d'efforts dans certaines activités ? Ces questions, Mathias Pessiglione les aborde avec son équipe de l'INSERM (1) sous l'angle des mécanismes cérébraux sous-tendant les processus de la motivation. Mais le spectre s'ouvre inévitablement sur de multiples interrogations connexes. Par exemple, l'existence d'éventuelles motivations subliminales (2)...**

Texte et propos recueillis par **Philippe LAMBERT** - [ph.lambert.ph@skynet.be](mailto:ph.lambert.ph@skynet.be)

Photos: **EPA** (p.26), **Ph.LAMBERT** (p.28)

**E**ntendons-nous d'abord sur les mots. Dans l'acception que lui confèrent les neuroscientifiques, la motivation n'est pas un état, mais un processus. Quelqu'un qui s'éveille le matin et déclare «*Je ne suis pas très motivé aujourd'hui*» fait allusion à un état général qui ne coïncide pas avec la définition opérationnelle que les chercheurs donnent du terme «*motivation*».

Par contre, si l'on dit d'un joueur de tennis qu'il a perdu un match

parce qu'il n'était pas assez motivé, on sous-entend que gagner cette partie ne constituait pas à ses yeux un enjeu suffisant pour qu'il déploie l'énergie nécessaire à la victoire. Bref, on se réfère à une récompense dont l'obtention requiert une action. «*Les scientifiques définissent la motivation comme un processus permettant aux récompenses espérées de guider le comportement*», précise le docteur Mathias Pessiglione, neuropsychologue, responsable de l'équipe de recherche INSERM 975 basée à l'*Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM - Paris)*.

## I N T E R V I E W



## Mathias PESSIGLIONE

[ *Les scientifiques définissent la motivation comme un processus permettant aux récompenses espérées de guider le comportement.* ]

**M**athias Pessiglione, on a longtemps considéré que la motivation était liée à la seule satisfaction de besoins physiologiques. Aujourd'hui, la notion de plaisir est également mise en exergue ?

Au milieu du siècle dernier, c'est-à-dire au plus fort du courant behaviorisme, les théoriciens étudiaient le comportement en termes de réponse à un stimulus, les étapes menant de l'un à l'autre étant considérées comme une boîte noire inaccessible à la science. L'arrivée du cognitivisme changea la donne, et l'on se mit à explorer ces processus intermédiaires. C'est ainsi que la motivation devint un sujet d'étude.

Sa première définition opérationnelle se référait à la régulation homéostatique. L'idée était que le comportement est déterminé par la nécessité de ramener certains paramètres physiologiques de l'organisme à un point de consigne. Comme quand, par exemple, une glycémie trop basse déclenche un comportement de prise alimentaire. Cette conception n'était cependant pas exempte de problèmes. Pourquoi ? Tout d'abord, parce que si elle marche pour des récompenses primaires, telle l'obtention de nourriture, elle paraît peu en phase avec les récompenses secondaires, entre autres les récompenses sociales, celles qui répondent notamment au besoin d'être aimé ou admiré. En effet, existait-il vraiment un point de consigne, une espèce d'indice de satisfaction biologique associé à ces besoins ? Cela paraissait peu clair.

Autre élément: on s'est aperçu dans certaines situations expérimentales que

le comportement animal n'était pas déterminé par un besoin physiologique, mais bien par l'espoir d'éprouver du plaisir. Ainsi, quand on nourrissait des chiens avec une sonde gastrique tout en plaçant un bol de nourriture dans la pièce où ils pouvaient déambuler librement, on constatait qu'ils prenaient du poids. Les aliments délivrés par sonde suffisaient à équilibrer leurs paramètres physiologiques mais cela ne les satisfaisait pas totalement: ils avaient envie de manger.

Ces expériences, qui soulignaient la composante hédoniste de certaines motivations, s'inscrivaient dans la foulée d'une observation réalisée vers la fin de la Seconde Guerre mondiale chez un patient nourri par sonde gastrique, lui aussi. Bizarrement, cette personne insistait pour mâcher les aliments avant qu'on les place dans le tube relié directement à son estomac.

## La télé éteinte

**C**ertains travaux réalisés chez le rat sont également très éloquentes ?

Absolument. Dans l'une de ces expériences, une solution de saccharine était placée au sommet d'un plan incliné. Or la saccharine est un sucre qui ne peut être métabolisé. Autrement dit, il ne se transforme pas en glucose et partant, ne fait pas remonter la glycémie. Pourtant, les rats déployaient des efforts pour escalader le plan incliné et avoir accès à la solution. C'était donc un désir hédoniste, et non la satisfaction d'un besoin physiologique, qui guidait leur comportement.

**D**ans quelle mesure les études de cas cliniques, notamment de patients cérébrolésés, contribuent-elles à une meilleure compréhension des mécanismes de la motivation ?

Les troubles de la motivation sont présents dans de nombreuses pathologies, tantôt sous la forme d'une apathie, comme dans la dépression, les maladies d'Alzheimer ou de Parkinson, les symptômes négatifs de la schizophrénie, etc., tantôt sous la forme d'une impulsivité que l'on rencontre notamment dans les addictions ou les troubles obsessionnels compulsifs.

Il existe des syndromes d'apathie pure sans syndrome psychiatrique associé. Ils sont occasionnés par des lésions cérébrales. Ainsi, dans le «déficit d'auto-activation», vous vous trouvez face à des patients qui vont apparemment bien, ne présentent aucun déficit moteur ni cognitif mais qui, de toute la journée, ne font rien spontanément. L'un d'eux fut retrouvé assis devant sa télévision éteinte. À la question de savoir ce qu'il faisait, il répondit: «J'attends que la télé soit allumée.» Un autre patient fut découvert dans un champ au volant de sa tondeuse à gazon à l'arrêt. Il n'avait pas bougé depuis un long moment.

De tels cas orientent la recherche vers la localisation cérébrale des déficits. Ainsi, l'imagerie médicale nous a appris que le déficit d'auto-activation résulte de lésions au niveau des ganglions de la base, structures profondes situées au centre du cerveau. Ces lésions sont souvent le fruit d'un accident vasculaire cérébral ou d'une anoxie consécutive à une tentative de suicide par pendaison ou à une intoxication au monoxyde de carbone. Quoi qu'il en soit, tout indique donc qu'il y a, dans le cerveau, des régions dédiées aux processus motivationnels.

**L**es patients présentant un déficit d'auto-activation répondent-ils aux sollicitations de tiers, ainsi que l'intitulé du syndrome dont ils souffrent le laisse supposer ?

Oui. L'hétéro-activation est préservée. Si on le leur demande, ces gens qui ne font plus rien spontanément sont capables d'accomplir des tâches motrices ou cognitives parfois très compliquées. L'auto-activation correspond à la notion



de motivation au sens propre du terme, étant donné qu'elle suppose que l'individu s'active en fonction de ses buts et désirs personnels, des récompenses qu'il espère. La sollicitation par un tiers fait appel à d'autres circuits cérébraux.

## Épreuve de force

28

**V**ous avez mené plusieurs expériences mettant en scène des patients en proie à un déficit d'auto-activation à la suite de lésions bilatérales des ganglions de la base. Qu'ont-elles révélé ?

Dans l'une d'elles, nous proposons à des patients des récompenses monétaires dont l'obtention nécessitait de fournir un effort: serrer une pince reliée à un dynamomètre mesurant la force exercée sur celle-ci - la pince était calibrée en fonction de la force maximale du sujet. Qu'avons-nous observé ? Que contrairement aux sujets témoins, les patients ne produisaient pas davantage de force lorsque nous augmentions les récompenses, c'est-à-dire les sommes d'argent allouées.

Nous avons également mesuré la conductance cutanée durant l'épreuve. Cette mesure, qui est aussi utilisée dans le cadre des détecteurs de mensonges, fournit un indice de l'activation du système nerveux végétatif en réaction à une émotion. Eh bien, la conductance cutanée des patients se révéla analogue à celle des sujets témoins: elle était proportionnelle aux enjeux monétaires. En

d'autres termes, on assistait à une dysconnexion entre un système affectif qui semblait fonctionner normalement et le système moteur, de sorte que les buts, les récompenses espérées ne se traduisaient pas dans le comportement.

**D**ans une autre expérience, qui a fait l'objet d'une publication dans *PLoS Biology* en février 2012, vous avez précisé ce que l'on pourrait appeler la circuiterie cérébrale de la motivation selon que l'effort à fournir pour l'obtention d'une récompense est de nature physique ou cognitive. En quoi consistaient ces travaux ?

Il s'agissait d'une expérience d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Des sujets sains couchés dans le scanner se voyaient projeter des paires de chiffres sur un écran. Ils disposaient d'une pince dans chaque main. Une récompense monétaire leur était octroyée lorsqu'ils pressaient la bonne pince, celle située dans la main correspondant au côté (gauche ou droit) où apparaissait le chiffre le plus élevé de la paire présentée à l'écran. La taille des chiffres n'était cependant pas nécessairement congruente à leur valeur numérique, ce qui introduisait un élément perturbateur et par là même, exigeait un effort attentionnel supplémentaire lors de la comparaison numérique. Les participants pouvaient franchir 10 paliers successifs. Pour monter un des «barreaux de l'échelle», ils devaient donc produire un effort cognitif (comparaison numérique) et un effort physique (serrer la pince choisie).

Il apparut que les efforts mentaux et physiques étaient initiés par un sys-

tème motivationnel commun. Le striatum ventral, au sein des ganglions de la base, s'activait en effet dans les deux cas. Lorsque la tâche nécessitait un effort cognitif, il se connectait au noyau caudé (partie médiane du striatum), qui entraînait l'activation du cortex dédié à la tâche, le cortex préfrontal dorsolatéral; lorsque la tâche requérait un effort moteur, il sollicitait le putamen (partie latérale du striatum), qui sollicitait lui-même le cortex moteur.

**C**omment le cerveau résout-il le conflit apparent entre une motivation et le coût à payer pour la satisfaire ?

Il semble que ce type de conflit soit implémenté dans le cerveau sous la forme d'une opposition entre des systèmes cérébraux localisés dans des régions différentes. Par exemple, si vous devez accomplir un effort particulièrement pénible pour obtenir une certaine récompense, il y aura conflit entre des régions qui sous-tendent la motivation et poussent donc à l'action et d'autres, centrées sur la pénibilité ou le coût de l'action en termes de douleur ou de fatigue, qui essayeront au contraire de la freiner. La situation antagoniste que l'on éprouve sur le plan psychologique se fonde sur une opposition réelle de certains circuits cérébraux. Du côté des systèmes désirants, le cortex orbitofrontal et le striatum ventral; du côté des systèmes opposants, l'insula et le cortex cingulaire antérieur.

Dans une expérience que nous avons effectuée en couplant l'IRMf et la magnéto-encéphalographie (MEG), technique dont la résolution temporelle

est de l'ordre de la milliseconde, des sujets disposaient de 30 secondes pour produire un effort (serrer une pince) afin d'accumuler de l'argent. Classiquement, ils relâchaient leur effort au bout d'un moment, n'en pouvant plus, puis le reprenaient. Nous avons observé que l'activation de l'insula augmentait pendant l'effort et diminuait au repos. C'est quand ce signal de douleur atteignait un certain plafond (variable selon les individus) que les sujets stoppaient leur effort. Mais lorsque leur motivation s'accroissait en raison d'enjeux financiers plus importants, ils s'autorisaient à travailler à des niveaux de fatigue et de douleur supérieurs. Ce qui se traduisait dans leur cerveau: le plafond d'intensité du signal de douleur produit par l'insula y était repoussé.

## Appel à la vigilance

**Dans quelle mesure les motivations relèvent-elles de processus conscients ? Existe-t-il des motivations subliminales (2) ?**

Aucune étude n'a jamais montré le moindre effet subliminal sur le comportement de consommateurs ou d'électeurs placés en conditions réelles. Tous les débats autour de cette question remontent à 1957. Les exploitants d'un cinéma de la côte ouest des États-Unis avaient inséré deux images subliminales («*Eat popcorn*» et «*Drink Coke*») dans un film. Peu après, ils clamèrent que leurs ventes de popcorn et de coca avaient décuplé. Ils prétendaient avoir inventé une technique publicitaire révolutionnaire permettant de manipuler les sujets à leur insu. Dix ans plus tard, ils avouèrent avoir falsifié les chiffres. Mais le mythe était né et de nos jours, certaines entreprises sont encore condamnées pour avoir eu recours à la publicité subliminale.

Les expériences sur le sujet se sont multipliées en laboratoire dans des conditions bien contrôlées. Tout au plus parvient-on péniblement à générer de petits effets très inférieurs à ceux de la publicité traditionnelle. Aussi voit-on mal l'intérêt d'employer ce type de technique.

Nous avons entrepris plusieurs études pour savoir si un processus motiva-

tionnel peut déterminer notre comportement sans que nous le sachions. Ainsi, dans une expérience au cours de laquelle les participants devaient exercer une pression sur une pince dynamométrique pour gagner des sommes d'argent, nous avons pu constater qu'ils déployaient de plus gros efforts quand les enjeux, présentés sous la forme d'images subliminales, étaient plus élevés.

Dans une autre expérience s'assimilant à un jeu de paris, les stimuli masqués, c'est-à-dire subliminaux, étaient des symboles tirés d'un alphabet médiéval peu connu. Nous demandions aux participants s'ils voulaient ou non tenter leur chance de gagner (ou de perdre) un euro. Concrètement, un symbole de l'alphabet médiéval annonçait que le pari serait gagné, un autre qu'il serait perdu. Bilan des courses ? Les participants engrangèrent de l'argent. Leur cerveau était donc capable de traiter des indices inconscients pour remporter les récompenses. Mais, une fois encore, ce qui vaut en laboratoire ne s'est jamais vérifié sur le terrain.

**Question connexe: que faut-il penser du «neuromarketing», cette discipline nouvelle qui se targue d'utiliser les acquis et les outils des neurosciences contemporaines, en particulier la neuroimagerie fonctionnelle, pour donner des conseils aux publicitaires ?**

J'ai un double message à ce propos. Le premier se veut rassurant. Dans l'état actuel de notre compréhension du cerveau, les images d'activation cérébrale n'offrent aucun levier sur lequel s'appuyer pour manipuler le comportement des gens. Cela n'apporterait rien de plus que les études comportementales actuelles sur les choix des consommateurs. D'autre part, les scanners IRM coûtent cher et leur utilisation réclame une grande expertise.

Mon second message est qu'il faut rester vigilant, car les connaissances avancent rapidement et que rien ne dit que des techniques efficaces de manipulation des cerveaux ne verront pas le jour prochainement. Pour l'instant, les neuroconsultants sont des «transfuges» de la science qui habillent des conseils de grands-mères avec les mots des neurosciences contemporaines. Mais, prudence, la roue peut tourner !...

## Retombées cliniques.

**Vous travaillez à la modélisation computationnelle des processus impliqués dans la motivation. De quoi s'agit-il ?**

Cette approche consiste à développer un modèle mathématique rendant compte des facteurs psychologiques et biologiques qui influencent le comportement. On peut rechercher ensuite, au niveau cérébral, les régions et les signaux qui correspondent aux variables théoriques prédites par le modèle.

Outre cet intérêt fondamental, la modélisation computationnelle peut être utilisée pour opérer des inférences cliniques à visée diagnostique ou thérapeutique. Par exemple, on peut observer le comportement d'un patient et le caractériser à la lumière du modèle, puis déterminer quels paramètres faire varier lors de sa prise en charge.

Prenons un exemple concret. On sait que 13 à 15% des patients parkinsoniens placés sous agonistes dopaminergiques développent des comportements impulsifs trouvant souvent un terrain d'expression dans le jeu pathologique. La dopamine code pour les renforcements positifs (récompenses). On peut imaginer que, chez ces patients, l'association «jeu-récompense» soit renforcée positivement lorsqu'ils gagnent, mais ne soit pas renforcée négativement quand ils perdent, car ils ont un taux de dopamine supérieur à la normale. La question serait donc: n'est-il pas dangereux de donner un agoniste dopaminergique à un patient dont les paramètres d'impulsivité sont élevés ? Peut-être vaudrait-il mieux le soigner autrement. ■

(1) Institut national de la santé et de la recherche médicale (France).

(2) Qui se situent sous le seuil de la conscience.



Texte: Jean-Michel DEBRY • [j.m.debry@skynet.be](mailto:j.m.debry@skynet.be)

Photos: <http://robin.blog.arte.tv> (p.32), <http://www.nabefabric.com> (p.33)

*Ce mois-ci, des bonnes et des mauvaises nouvelles. Commençons par les bonnes: l'adiponectine pourrait prévenir du diabète et de la dépression. Des cellules beiges seraient, elles, potentiellement adipophages. Les mauvaises, ce sont que les pesticides tuent des humains, que la procréation est une affaire de jeunes et que 2 animaux qui n'ont rien en commun peuvent se transmettre des maladies sans même se cotoyer !*

30

## Adiponectine: dans la dépression aussi ?

**D**epuis son identification au cours des années 90, l'adiponectine, une hormone liée au tissu adipeux - et en particulier aux adipocytes, les cellules de stockage des graisses - n'en finit plus d'être associée à des mécanismes essentiels de l'organisme. Fondamentalement, on sait qu'elle a comme rôle de réguler le métabolisme des lipides et du glucose. Elle est forcément en lien direct avec la quantité de masse grasseuse, bien que la relation s'inverse lorsque cette dernière devient trop importante; sans doute existe-t-il dans ce contexte un système de feedback qui contrôle sa libération.

L'adiponectine exercerait aussi une fonction déterminante en matière de prévention du diabète de type 2, en augmentant l'action de l'insuline dans le foie et les fibres musculaires. Elle préviendrait aussi - toujours en liaison avec la régulation des lipides - un effet anti-athéromatose, pour le plus grand bien de nos vaisseaux sanguins.

Comme si tout cela ne suffisait pas, on suspecte la même hormone de prévenir aussi les états dépressifs. Cette réalité a pour le moment été mise en évidence chez la souris, mais on sait déjà que les diabétiques de type 2 sont deux fois plus à risque que la population générale de connaître un état dépressif. Cela pourrait constituer une preuve.

Voilà donc une hormone préférentiellement associée à notre tissu gras qui nous met à l'abri de bien des soucis, pourvu que la quantité de graisse ne dépasse pas un seuil d'excès. On sait que les femmes en produisent davantage que les hommes, en partie parce que les androgènes (les hormones mâles) auraient tendance à exercer un effet inhibiteur. Compte-tenu de la récente découverte, il est toutefois surprenant de constater que les femmes

sont deux fois plus à risque de dépression que les hommes. C'est donc que les choses sont moins simples qu'il n'y paraît. Ce qui semble finalement évident, c'est que pour bénéficier des principaux effets favorables de l'hormone, il vaut mieux réduire son excès de graisse. Mais dépression ou pas, on a de nombreuses autres bonnes raisons de le faire. ■

► *Nature* 2012; 487: 274



## Brune ? Blonde ? Blanche ? Non, beige !

**D**ans un pays comme le nôtre, blanche, brune ou blonde désignent - sans qu'on risque de se tromper beaucoup - la bière. Pourtant, ce n'est pas de cela qu'il s'agit ici, mais... de graisse ! C'est nettement moins ragoûtant, je l'accorde, mais tellement plus physiologique.

La graisse blanche est la plus connue: c'est celle qui arrondit naturellement les contours d'une femme et qui, chez un nombre de plus en plus élevé de contemporains, a tendance à s'accumuler à l'excès. On ne va pas revenir une fois de plus sur cette réalité ni sur ses causes multiples. Cette graisse est justifiée par la nécessité, quand cela est possible, de stocker l'énergie dans l'éventualité de périodes de «vaches maigres», qui n'arrivent plus vraiment dans nos régions d'abondances. Ce sont des cellules spécialisées dans le stockage - les adipocytes - qui assurent cette mise en réserve en principe temporaire.

La graisse brune est en revanche beaucoup moins connue. Elle est tout le contraire: elle est destinée à être exploitée massivement pour fournir une énergie thermique immédiate; on en trouve chez les nourrissons amenés à lutter contre les rigueurs du monde environnant, hors du cocon maternel. On trouve la même graisse chez les animaux hibernants qui doivent assurer le maintien d'une chaleur corporelle suffisante pour ne pas succomber au froid pendant leur sommeil prolongé. On ne devrait donc plus retrouver cette graisse dispensatrice d'énergie thermique chez l'humain adulte, qui n'en a donc plus fondamentalement besoin.

C'est en tout cas ce qu'on croyait jusqu'il y a peu, bien qu'il reste nécessaire de valider cette réalité. Des études menées récemment (chez la souris surtout, il faut le préciser) ont permis de découvrir, dans la graisse blanche de stockage, des cellules particulièrement riches en mitochondries, ces petits organites cellulaires destinés à approvisionner la cellule en énergie. Si ces organites sont nombreux, c'est que les cellules concernées sont plus aptes à dispenser de l'énergie qu'à la stocker, comme le font tous les adipocytes environnants. À l'évidence, il ne s'agit pas d'éléments de graisse brune.

De quoi s'agit-il alors ? D'entités qui semblent s'apparenter davantage aux cellules musculaires avec lesquelles elles ont des «progéniteurs» communs. Des cellules qui ne sont ni blanches ni brunes et qui sont donc... beiges. Évident !

Il reste à les caractériser chez l'humain pour connaître la raison de leur présence à cet endroit et identifier leur fonction. Qu'il s'agisse de cellules capables de dispenser de l'énergie thermique, situées de surcroît au sein d'amas de graisse, voilà toutefois qui a de quoi intéresser plus d'un chercheur confronté à l'identification d'un moyen de «déstocker» la graisse superflue.

On n'en est toutefois pas encore là. Il faut d'abord s'assurer que ces éléments sont aussi efficaces qu'on aimerait qu'ils soient, en particulier chez les humains. Et si ce devait être réellement le cas, on pourrait tenter de les mettre en œuvre pour réduire la charge grasseuse. À condition évidemment de diminuer de façon substantielle et en amont, les apports énergétiques. Car si la «stimulation» (vraisemblablement) pharma-



Premier souci de bébé à la naissance: réguler activement sa température

cologique de telles cellules s'avérait possible, elle ne pourrait, au mieux, que réduire l'excès de graisse accumulée et non réduire le stockage.

Quelles que soient les perspectives offertes par cette voie nouvelle possible, l'équilibre pondéral passe d'abord par une consommation raisonnée. Or, il semble que raison et embonpoint ne soient pas toujours en accord... ■

► *Nature* 2012; 488: 286-287

### BIOZOOM



**C**e drôle d'animal carnivore fait partie de la famille des ambystomatidae. L'axolotl peut passer toute sa vie à l'état larvaire et donc se reproduire même s'il ne prend pas sa forme adulte. Il s'agit d'un sujet d'étude biologique privilégié: il a en effet la capacité extraordinaire de s'auto-régénérer. Il peut par exemple se reconstituer un membre abîmé, s'en ajouter un ou même reconstruire une partie de son cerveau ! Il a une grande tolérance aux greffes. Il vit dans les lacs mexicains mais est actuellement menacé d'extinction. On le retrouve sur les étals des marchés car très apprécié dans le régime alimentaire aztèque.

## Pourquoi les tirelires ont-elles la forme d'un cochon ?

Parce qu'investir dans un cochon est un investissement sûr: on le nourrit de tout et de rien et l'engraissement étant arrivé à son terme, on sacrifie l'animal pour s'en nourrir... pendant longtemps. On sait que «dans le cochon, tout est bon!». L'économie est évidente.

Cette justification ne manque pas de pertinence et peut en satisfaire beaucoup. Pourtant, l'explication est ailleurs et trouve son origine en Angleterre où jadis, on cachait ses (petites) économies dans des jarres en argile; des jarres dont le nom anglais est *pugg* ou *pyg*. Or, il n'est un secret pour personne que «cochon», dans la même langue de Shakespeare se dit «*pig*». La similitude phonétique a fait le reste et la jarre a fini par prendre l'aspect de ce petit animal rondouillard dans lequel «tout est bon». Surtout les économies qu'on y met. Pourvu qu'il y en ait, bien entendu... ■

32



## Mauvais usage *des pesticides*

Même si dans le monde agricole, on leur trouve de très bonnes raisons d'exister, les pesticides ont en général une réputation plutôt mauvaise en raison des effets - pas toujours anticipés - qu'ils ont eu à long terme sur la santé de l'homme.

On connaît le cas des organochlorés qui ne sont certes plus utilisés en Europe depuis 1972, mais qui restent durablement fixés à nos graisses quelques décennies plus tard; des organochlorés dont on sait aussi que certains d'entre eux, parce qu'ils miment l'effet d'hormones, sont responsables de perturbations multiples et en particulier de la fonction testiculaire d'une partie des hommes contemporains.

Mais parce qu'ils sont généralement d'un accès facile et qu'ils sont par essence des poisons, des pesticides parmi les plus actuels donnent de mauvaises idées à ceux qui veulent en finir avec la vie. Pas dans les pays développés comme le nôtre, mais principalement dans les pays émergents. À ce titre, l'Inde et la Chine font tristement figure de leaders mondiaux. Des estimations portent en effet à 49% la contribution de ces deux États - certes très peuplés - à l'ensemble des suicides enregistrés sur la planète. De façon plus générale, on estime que 83% des morts volontaires sont le fait

de pays à revenu faible ou moyen. Il va de soi que la pauvreté et l'absence d'avenir comptent pour beaucoup dans la détermination de ceux qui veulent en finir. La pression d'interdits divers, notamment à connotation religieuse, peut noircir encore ce tableau de désespoir, en particulier chez les femmes. Cependant, c'est chez les hommes que l'incidence de la mort violente reste la plus élevée. En Inde, elle concernerait 18,6 cas pour 100 000 hommes (de plus de 15 ans) mais 12,7 femmes pour la même référence de population. Le suicide est d'ailleurs la seconde cause de mortalité chez les jeunes des deux sexes, âgés de 15 à 29 ans.

L'ingestion délibérée de pesticides rendrait compte du tiers des morts recensées dans ce contexte; il est d'ailleurs de notoriété que le geste fatal frappe deux fois plus les campagnes chinoises et indiennes que les villes. Une dernière précision: le divorce, la séparation et la viduité semblent avoir un effet freinateur sur les intentions suicidaires des femmes; preuve indirecte mais tangible que beaucoup reste à faire sans doute en matière d'égalité des sexes dans les pays évoqués. ■

► *The Lancet* 2012; 379: 2318-2319

## Faire des enfants: *un métier de jeunes*

**M**ême si aujourd'hui la tendance est de faire des enfants à un âge plus avancé qu'aux générations précédentes, la physiologie reste ce qu'elle est. L'évolution est un processus lent et aléatoire et si l'aptitude à se reproduire devait un jour rejoindre fût-ce en partie, la courbe d'espérance de vie, il faudra compter avec le temps. Attendre la quarantaine pour s'assumer en tant que parent - quand on est une femme, surtout - reste une assez mauvaise option en raison des chances réduites de conception que la tranche d'âge autorise. Et encore n'est-il pas question du risque très largement majoré d'anomalie chromosomique chez les enfants qui seraient conçus.

Les procréations médicalement assistées (PMA) qui, par la traçabilité précise qu'elles offrent, sont là pour rappeler cette réalité fondamentale. Une étude américaine récemment publiée fournit quelques valeurs qui, dans ce contexte, sont sans appel. Valeurs qui confirment celles que d'autres pays, comme la Belgique, rapportent régulièrement.

L'étude en question porte sur la période 2004-2009 et concerne près de 250 000 femmes qui ont cumulé plus de 470 000 cycles de PMA et qui ont permis la naissance de près de 140 000 enfants vivants. Lorsque les femmes - toujours sans enfant - ont abandonné la quête médicalisée de conception, on peut imaginer deux possibilités: soit elles sont devenues spontanément enceintes (cela arrive, notamment quand on quitte un conjoint infertile) soit elles sont plus probablement restées sans enfant. Dans les évaluations chiffrées fournies, deux options ont donc été retenues: une option haute (un ou plusieurs enfants sont spontanément venus ensuite) ou une option basse (l'autre alternative). Les valeurs, rapportées par tranche d'âge, sont comme annoncé, sans concession.

Chez les femmes les plus jeunes, âgées de moins de 31 ans, les valeurs cumulées de conception pour les différentes tentatives de PMA traversées oscillent entre 63,3 et 74,6%. On est proche - sinon tout à fait en conformité avec elles - des valeurs épidémiologiques en rapport avec les chances naturelles de conception de couples tout à fait fertiles. Au-delà de 40 ans en revanche, les mêmes valeurs cumulatives accusent une très nette diminution: pour la tranche d'âge

41-42 ans, elles oscillent entre 18,6 et 27,8%; elles ne sont plus que comprises entre 6,6 et 11,3% à 43 ans et au-delà.

Ce n'est pas une nouveauté; simplement, ces valeurs américaines reposent sur une cohorte de patientes qui offrent aux valeurs un poids qu'elles ont sans doute moins dans d'autres synthèses, comme celles que la Belgique peut offrir. Les chances de conception ne sont donc pas nulles à 43 ans et plus; on conviendra toutefois qu'elles sont singulièrement réduites par rapport aux valeurs auxquelles peuvent prétendre des femmes plus jeunes. Dans ce contexte déjà un peu sombre, il ne faut pas oublier non plus que l'âge aidant, des contre-indi-



cations à une grossesse peuvent également survenir. Autant le savoir. ■

► *N Engl J Med* 2012; 366(26): 2483-2491.



**U**n gros mammifère qui meurt prématurément dans un zoo, ça ne passe pas inaperçu. L'événement donne normalement lieu à des suites vétérinaires pour en déterminer les causes. C'est ce qui s'est passé dans un zoo allemand après la mort, en 2010, de Jerka, un ours polaire. Des prélèvements ont été effectués pour être soumis à des recherches variées et le temps aidant, elles ont fourni leur résultat. Il semble que l'animal ait succombé à une infection du virus de l'herpès... du zèbre, un animal avec lequel il n'est naturellement pas en contact (pour le plus grand bonheur du second nommé d'ailleurs !). Comment la transmission a-t-elle eu lieu ? On pense que des rongeurs en ont été les vecteurs, eux qui, en raison de leur petite taille et de leur présence ubiquitaire, ont un accès facilité à tout. Il faut ajouter que le virus (de la souche EHV1) était lui-même recombinant, ce qui a pu faciliter le passage réputé difficile d'une espèce à l'autre. Que cela signifie-t-il ?

Qu'en dépit de leur séparation «géographique», les animaux ne sont pas à l'abri de l'infection dont d'autres sont porteurs, même s'ils n'ont entre eux qu'un rapport évolutif lointain. Il est par conséquent important de répéter chaque fois qu'il faut des analyses pour identifier puis contrecarrer à temps les infections, y compris chez les animaux asymptomatiques. Enfin, la traque aux vecteurs potentiels doit être renforcée.

Sûr qu'à l'heure qu'il est, les responsables du zoo concerné ont pris toute la mesure des actions à mener. Pour les ours blancs, bien entendu, mais pour tous les autres pensionnaires aussi. ■

► *Nature* 2012; 488: 432



# L'énigme de l'instant 0

Texte : Philippe LAMBERT • [ph.lambert.ph@skynet.be](mailto:ph.lambert.ph@skynet.be)

Photos: NASA (p.35), R. TAYLOR/Cardiff University (p.36), NASA/JPL (p.37)

34



**Le temps, l'espace, la matière et l'énergie ont-ils émergé du néant à l'«instant zéro», moment fatidique qui coïnciderait avec l'origine de l'univers ? C'est l'idée communément admise. Mais l'instant zéro a-t-il vraiment existé ?**

**La théorie du Big Bang ne peut le démontrer, loin s'en faut, car elle se heurte à un mur que la physique n'a pu franchir jusqu'à présent et qui laisse la porte ouverte à toutes les conjectures: le «mur de Planck»...**

«**B**ig Bang», ce terme qui nous est devenu familier évoque pour la plupart d'entre

nous la naissance explosive de l'univers. L'expression connut son premier frémissement avec l'hypothèse de l'«atome primitif» proposée en 1927 par le physicien et chanoine belge Georges Lemaître. Elle n'émane cependant pas de lui. Au contraire, c'est un opposant à son hypothèse, Fred Hoyle, qui l'inventa dans les années 1950 pour se moquer d'un scénario qu'il jugeait saugrenu. Chaque fois que l'astrophysicien britannique croisait Lemaître dans un congrès, il disait: «*This is the Big Bang man.*»

Initialement, Einstein fut lui aussi un farouche adversaire de l'hypothèse de l'atome primitif. Lemaître rapporta d'ailleurs cette anecdote amusante: «*Quand j'ai commencé à parler de mon hypothèse, Einstein m'interrompait sans arrêt en disant: "Non, ça sent trop la théologie, c'est de la physique pour les curés".*» Le terme «Big Bang» eut toutefois l'heur de plaire au public et s'imposa lorsque la cosmologie s'orienta résolument vers des modèles où, comme le démontra le physicien russe Georges Gamow à la fin des années 1940, l'uni-

vers primordial, en plus d'être très petit et très dense, avait dû être très chaud et très énergétique.

## Singularité initiale

Aujourd'hui, les modèles de Big Bang font l'unanimité. Trois raisons justifient leur domination désormais sans partage. La première est la fuite des galaxies. Selon la loi de Hubble (1929), il existe en effet un décalage vers le rouge des raies spectrales des galaxies lointaines, qui s'accroît proportionnellement à la distance de ces dernières. Autrement dit, les galaxies s'écartent les unes des autres d'autant plus vite qu'elles sont éloignées, ce qui éveille l'idée d'un univers en expansion. Deuxième élément, le rayonnement fossile (fond diffus cosmologique) prédit par les modèles fut découvert en 1965 par deux radio-astronomes américains de la compagnie *Bell Telephone*: Arno Penzias et Robert Wilson. L'existence de ce rayonnement, dont la température actuelle est voisine de 3 degrés Kelvin (- 270 degrés Celsius), apportait la preuve que l'univers avait été plus chaud et plus dense dans le passé. Enfin, «*les proportions que ces modèles*

imposent pour les éléments chimiques légers (deutérium, hélium 3, hélium 4, lithium 7) correspondent aux mesures qui ont été faites», indique Étienne Klein (1), directeur de recherches au Centre de l'Énergie atomique (Cea), à Saclay, dans son livre intitulé *Discours sur l'origine de l'univers* (2).

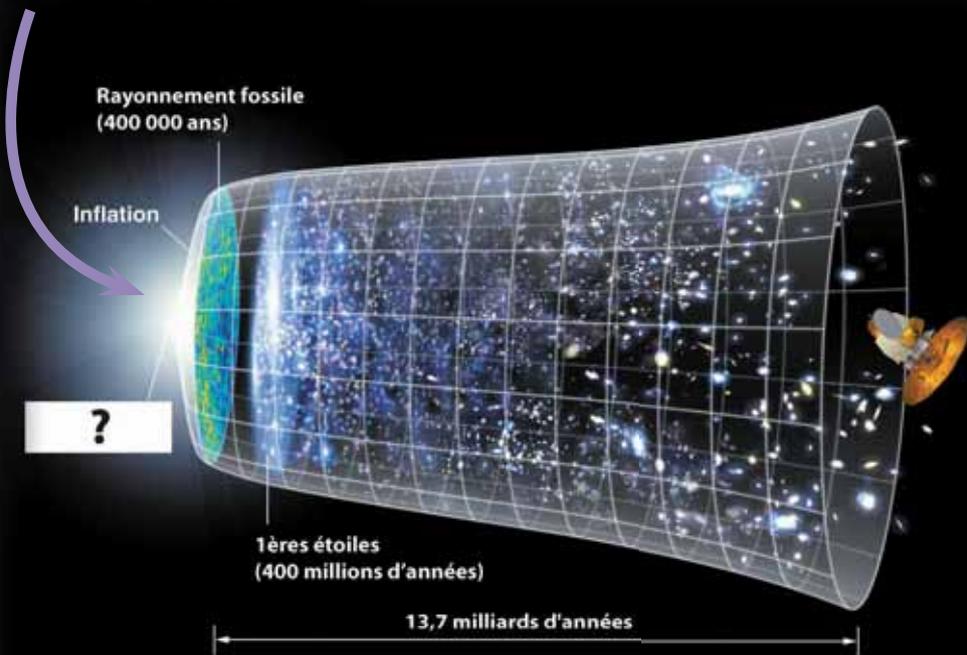
Dans le langage courant, le Big Bang est assimilé à ce que les physiciens appellent la «singularité initiale», situation où l'univers entier est comprimé en un point géométrique. Il est alors censé posséder une température et une densité infinies et correspondre à l'instant zéro, celui où, venus de nulle part, le temps, l'espace, la matière et l'énergie auraient éclôs. Et de fait, si l'on rebrousse chemin vers un passé de plus en plus lointain, les modèles initiaux de la théorie du Big Bang nous laissent à penser que l'univers, à force de se réduire progressivement au gré du rapprochement des galaxies les unes par rapport aux autres, finit par s'assimiler à un volume nul infiniment dense et infiniment chaud. Cet instant critique où tout aurait «vu le jour» serait apparu il y a 13,7 milliards d'années.

Mais ne fait-on pas dire aux équations une vérité qu'elles ne sont pas à même de révéler ? Pour Étienne Klein, l'instant zéro n'est pas le commencement de quelque chose, mais l'aboutissement d'une extrapolation. «Comme notre culture occidentale est dominée par l'idée d'un Dieu créateur, nous avons tendance à réfléchir en termes d'origine de l'univers, dit-il. Mais si son expansion avait été découverte par des physiciens chinois, par exemple, il y a gros à parier que l'identification entre l'instant zéro et la création du monde ne se serait pas imposée comme le courant dominant.» Et d'ajouter qu'on aurait aussi fait l'économie de nombreux débats métaphysiques et théologiques qui sortent du champ de la science - qu'y avait-il avant l'instant zéro ? quel principe ou quel Être a joué le rôle d'«allumette cosmique» ?... «Nous sommes toujours dans cette rhétorique, insiste-t-il. Pour s'en convaincre, il suffit d'entendre parler du Big Bang dans les médias.»

## L'ultime frontière

Mais pourquoi est-il sujet à caution, ce point ultime vers lequel nous guident les équations des premiers modèles

## Le mur de Planck

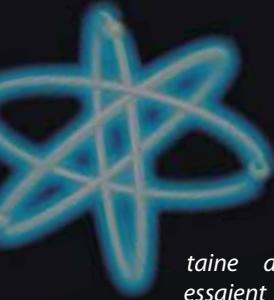


de Big Bang, ceux-là mêmes qui, selon l'expression d'Étienne Klein, ont formaté notre discours ? Tout simplement parce que ces équations n'embrassent qu'une facette de la réalité. En effet, elles émanent du seul formalisme de la relativité générale et, partant, ne se réfèrent qu'à une seule force de la nature, la gravitation. Or si cette dernière règne en maître à grande échelle, elle doit composer avec les trois autres forces de la nature (les interactions électromagnétique, nucléaire forte et nucléaire faible) pour expliquer le comportement de la matière lorsque, voilà 13,7 milliards d'années, l'univers a connu des conditions de température et de densité extrêmes. Plus exactement, l'ultime frontière de nos connaissances actuelles sur l'histoire de l'univers, si tant est que cette histoire ait eu un début, se dresse à  $10^{-43}$  seconde du point théorique que beaucoup assimilent à l'instant zéro (la singularité initiale). Baptisée «mur de Planck» (du nom du physicien allemand Max Planck), cette frontière coïncide avec un moment où, selon les équations de la relativité générale, le diamètre de l'univers était de  $10^{-33}$  centimètre et sa température de  $10^{32}$  degrés.

Mais ici encore, il faut relativiser - si l'on ose dire. «Nous sommes pétris de représentations, souligne Étienne Klein. Quand on parle de l'univers en expansion, on se réfère toujours à l'univers observable. Mais l'univers observable n'est pas l'univers, et si

celui-ci est infini, question ouverte, le mur de Planck ne correspond pas à une densité colossale d'énergie dans un volume minuscule, mais à la coexistence d'une infinité de petits volumes qui ont explosé simultanément dans un espace infini.»

Quoi qu'il en soit, les concepts physiques à notre disposition perdent toute validité dès qu'ils heurtent le mur de Planck, qu'ils doivent décrire la phase ultra-chaude et ultra-dense où les particules présentes dans l'univers subissaient d'autres forces que la gravitation. Aussi, pour l'heure, ne peut-on raisonnablement qu'emboîter le pas au physicien Michel Tytgat, de l'université libre de Bruxelles, quand il propose cette métaphore : «Le Big Bang est comme une trop jolie fille : on peut le regarder, mais pas le toucher.» Précisément, pour pouvoir le toucher il faudrait une théorie de la «gravitation quantique» (la gravitation au niveau microscopique), où cohabiteraient harmonieusement la relativité générale et la mécanique quantique. C'est bien là le Graal des physiciens, car ces deux théories s'avèrent incompatibles dès qu'elles doivent cheminer de concert, c'est-à-dire dans les circonstances exceptionnelles où la gravité, d'habitude dérisoire à l'échelle subatomique, y devient aussi importante que l'électromagnétisme



et les interactions nucléaires.

«Depuis une quarantaine d'années, les physiciens essaient de construire des formalismes qui permettraient d'escalader le mur de Planck, de décrire simultanément les quatre forces de la nature, explique Étienne Klein. Dans l'état actuel des connaissances, il est donc abusif et intellectuellement malhonnête d'affirmer que l'univers a connu un instant zéro, ce qui équivaut à faire dire à la relativité générale ce que ses propres principes sont incapables de concevoir.» Et d'enfoncer le clou: «Celui-ci (le temps zéro-ndlr) n'est qu'une construction purement théorique, exagérément promue, non un instant qui aurait enclenché le cours du temps physique (3).»

## Un autre statut

36

Parmi les théories qui ambitionnent d'escalader le mur de Planck figurent la théorie des cordes (4), qui se présente comme une théorie unificatrice,

et la théorie de la gravité quantique à boucles, qui essaie plus modestement de quantifier la gravitation pour la greffer ensuite à la physique quantique. Les cordes étant enchevêtrées et très denses, les équations de la théorie des cordes sont non linéaires. Les résoudre tient du défi impossible. Aussi les physiciens cherchent-ils à les simplifier en jouant sur différents paramètres, tels que la taille des dimensions supplémentaires prédites par le modèle (un univers à 10 ou 11 dimensions). Bref, il existe une myriade de versions ( $10^{500}$ ) de la théorie. «Mais le point capital, dit Étienne Klein, est que, dans toutes ses variantes, elle prédit que la température de l'univers ne peut pas dépasser un certain seuil. En d'autres termes, la température ne peut être infinie.» Selon la théorie des cordes, la singularité initiale ne peut dès lors avoir été un moment physique de l'univers.

De même, dans la théorie quantique à boucles, les volumes d'espace-temps sont nécessairement des quanta d'un volume élémentaire. Pas de volume nul, pas de singularité initiale ! Par ailleurs, dans la cosmologie branaire (5) (théorie des cordes et des branes), le Big Bang est interprété comme la collision entre

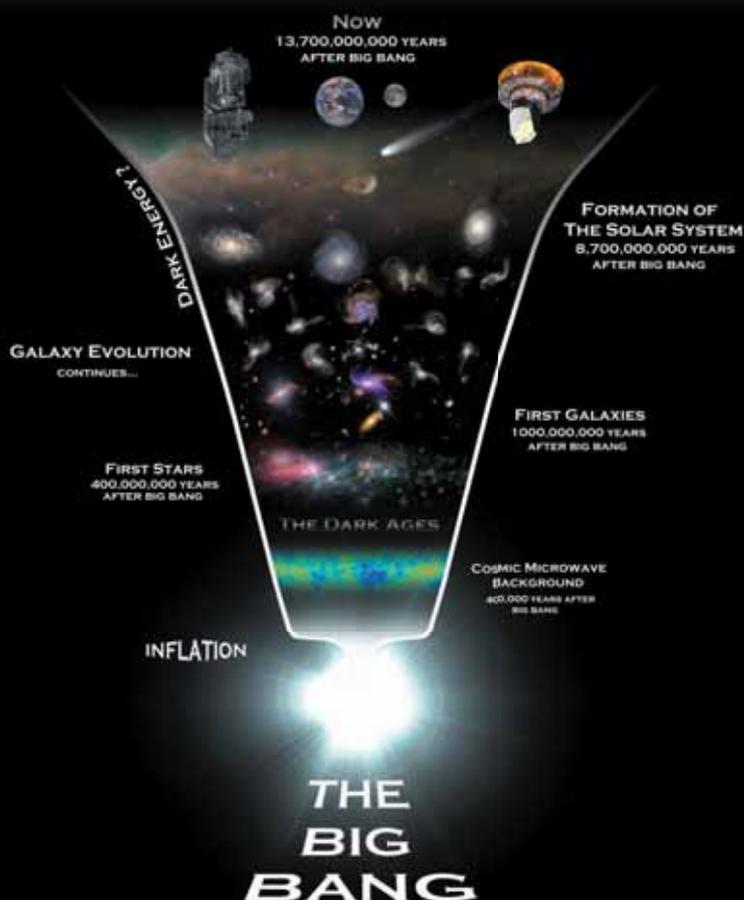
notre brane (univers) flottant dans un espace-temps à 10 dimensions ou plus et une autre brane. «Quelle que soit la piste théorique suivie pour franchir le mur de Planck, la singularité initiale disparaît», insiste le physicien du Cea.

À la lumière de ces théories, le Big Bang revêt un tout autre statut que celui d'explosion originelle que beaucoup lui confèrent. Dans la théorie des cordes, par exemple, il correspond à une transition rebondit sur lui-même quand sa densité devient indépassable.

Toutes les approches théoriques visant à gravir le mur de Planck, celles que nous venons d'évoquer et d'autres, plus exotiques, excluent que notre univers ait été précédé du néant. Ils bannissent l'idée d'une création *ex nihilo*. De surcroît, les choses qui ont préexisté à notre univers tel que nous le percevons «sont toutes immanentes: elles font partie de l'univers et ne correspondent donc pas à des causes premières, extérieures à l'univers, qui auraient enclenché son apparition d'un simple claquement de doigts (6).» Étienne Klein précise: «La seule caractéristique qui les distingue des autres éléments constitutifs de l'univers tient au fait qu'elles sont censées avoir engendré tout ce qui existe en plus d'elles, mais sans qu'on puisse dire quelle origine elles-mêmes peuvent avoir (7).»

## L'ombre de Dieu

Évidemment, se pose en toute légitimité la question de la validité de la théorie des cordes (très contestée par certains), de la théorie quantique à boucles, de la cosmologie branaire ou de tout autre modèle cherchant à permettre l'exploration de l'«avant-temps de Planck». Ainsi, le foisonnement de versions de la théorie des cordes laisse pantois et le risque est que l'observation du réel ne nous offre jamais la possibilité d'opérer le tri entre les solutions proposées. Si bien que la question de l'origine de l'univers demeure ouverte. Origine, pas origine: pour l'heure, la science est incapable de trancher. Mais le dogmatisme a fait son chemin et a imprimé dans la plupart des cerveaux occidentaux la croyance en un univers émergeant du néant.



«Je m'étonne toujours de voir que les gens sont très assurés quand ils parlent de l'origine (au sens radical du terme) de l'univers, comme s'il était évident qu'elle puisse être un sujet de discours et qu'elle ait réellement eu lieu, regrette Étienne Klein. Je sens chez beaucoup une sorte d'urgence à conclure sur ces questions, qui est prématurée.»

Les partisans de l'hypothèse d'une origine de l'univers, donc de l'émergence du temps zéro, forcent volontiers les portes de la métaphysique. Lorsque, comme ils en font souvent le postulat, le Big Bang est assimilé à la création de l'univers, essayer de savoir ce qui a bien pu précéder l'instant originel apparaît dépourvu de sens, puisque l'espace, le temps, les particules élémentaires et l'énergie n'existaient pas auparavant. S'il n'y a plus d'après à Saint-Germain-des-Prés, pour eux, il n'y a pas d'avant au royaume du Big Bang.

Il faut alors expliquer comment s'est opérée la transition du néant vers quelque chose. Devant cette énigme, on voit très rapidement poindre l'ombre de Dieu. Dieu, une réponse évidente aux yeux de certains. Un dieu qui, selon l'expression d'Étienne Klein, aurait tenu le rôle de starter suprême. «Quand on suppose qu'il n'y a rien, on imagine qu'il y a quand même quelqu'un, et même Quelqu'un», dit-il.

## Indicible métamorphose

Parmi les cosmologistes, certains s'en remettent à une spéculation métaphysique: le principe anthropique. Se référant aux conditions tout à fait improbables que l'univers primordial avait dû remplir pour que l'apparition de la vie et de la conscience dans le cosmos fût possible, ils postulent, dans la version forte de ce principe (8), que l'univers (donc les paramètres fondamentaux dont il dépend) doit être tel qu'il permette la naissance d'observateurs en son sein, à un certain stade de son développement. Ici, nous sommes face à une explication par la finalité.

Il existe différentes interprétations du principe anthropique. La vision téléologique s'impose comme la plus évidente, d'autant qu'elle épouse la théologie

classique. Un Créateur distinct de l'univers matériel, considéré comme unique, aurait fixé ses conditions initiales en vue de la réalisation d'un projet: l'apparition d'êtres humains (ou plus largement de la vie et de la conscience). Étienne Klein juge cette conception très narcissique. Et dans son livre *Discours sur l'origine de l'univers*, il raille un peu le dieu des tenants du principe anthropique, un dieu qui n'est pas un dieu d'amour, mais un ingénieur, un supercalculateur. «Je croyais avoir compris que depuis Galilée, on abandonnait les explications par les causes finales, fait-il remarquer. Bientôt, d'aucuns vous expliqueront que s'il y a des lignes bien définies sur un melon, c'est pour aider les gens à le couper en parts égales.»

Une autre façon d'aborder la problématique du «réglage» fin et hautement improbable qui a permis l'émergence de la vie et de la conscience dans le cosmos est de faire appel à la théorie des multivers, en considérant que tous les possibles ont été réalisés, soit dans des univers coexistant en parallèle ou se succédant dans le temps, soit au sein d'un univers unique renfermant une multitude de régions juxtaposées inaccessibles les unes aux autres. Par chance, nous nous trouverions dans une «bulle» propice à l'épanouissement de la vie. «Dans l'état actuel de nos connaissances, je refuse néanmoins d'être condamné à choisir entre le principe anthropique et la théorie des multivers», déclare Étienne Klein.

Si origine de l'univers il y a eu, le cerveau humain serait-il capable de penser la transition du néant à l'être ? Non, estime notre interlocuteur. À ses yeux, il n'en a pas les armes conceptuelles. Car pour transformer le néant en être, il faut lui conférer des propriétés qui lui permettent de réaliser cette «métamorphose». Du fait de l'existence de ces propriétés, il devient quelque chose plutôt que rien; il se distingue donc de lui-même. Et Étienne Klein de rappeler la phrase de Bergson: «Le néant est une idée destructrice d'elle-même.»

Que l'univers ait connu ou non un instant zéro, une dernière question nous renvoie aux confins de l'insondable: pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ? ■

- (1) Étienne Klein dirige, au Cea, le Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière. Il a collaboré à l'élaboration du Large Hadron Collider (LHC - Grand collisionneur de hadrons) du CERN, à Genève. Il est également docteur en philosophie des sciences.
- (2) Étienne Klein, *Discours sur l'origine de l'univers*, Champs-Flammarion, octobre 2012.
- (3) Op. cit. (2).
- (4) Voir *Athena* n° 279, pp. 34-37.
- (5) Selon la théorie des cordes et des branes, notre univers serait ensermé dans une structure appelée brane, incluse dans un «super-univers» doté de dix dimensions, voire plus, et susceptible d'abriter d'autres branes.
- (6) Op. cit. (2).
- (7) Op. cit. (2).
- (8) Le principe anthropique possède une «version faible» aux allures de tautologie.



### Pour en savoir plus:

Étienne Klein, *Discours sur l'origine de l'univers*, Champs Flammarion, 2012.

# Catastrophes naturelles et climat

38

**On assiste depuis quelques années à une forte augmentation des catastrophes naturelles d'origine climatique dans le monde, notamment dans les pays du Sud. Le 21<sup>e</sup> siècle pourrait être celui de tous les dangers**

Texte : **Paul Devuyst**

Photos : **Fridgeirsson/Flick'r** (p.38), **SOPFEU** (p.41)

## >> En bref...

- \* 100 000 séismes sont enregistrés chaque année sur la planète. Ils ne représentent que 10% des catastrophes naturelles.
- \* Au cours du 21<sup>e</sup> siècle, le *Giec* prévoit une augmentation en fréquence et ordre de grandeur des valeurs extrêmes de températures, des précipitations, de la sécheresse, du niveau moyen de la mer et de la vitesse maximale du vent associé aux cyclones.
- \* 450 catastrophes ont déjà été recensées de janvier à juin 2012 dont 85% se sont produites aux États-Unis. À l'heure où nous bouclons, l'ouragan Sandy y a déjà fait une centaine de victimes et des dégâts considérables.

Que la terre tremble et détruise en quelques secondes des centaines d'habitations en ensevelissant des milliers d'occupants; que le feu surgisse des volcans et ravage forêts et villages; que le sol se dérobe; que l'air souffle et balaye tout sur son passage ou que l'eau submerge les rives, les campagnes ou les rues; les catastrophes naturelles se traduisent inévitablement par un changement brutal de l'environnement.

En la matière, les experts se sont rangés du côté de Jean-Jacques Rousseau. Après le terrible tremblement de terre qui avait ravagé Lisbonne en 1755, le philosophe français s'était querellé avec son com-

père de toujours, Voltaire, au sujet de la responsabilité de l'homme dans les colères de la planète. En 1756, en réponse au poème écrit par Voltaire sur la catastrophe, il soulignait: «*La plupart des maux physiques sont encore notre ouvrage. Sans quitter votre sujet de Lisbonne, convenez, par exemple, que la nature n'avait point rassemblé là vingt mille maisons de six à sept étages.*» Sans le savoir, Rousseau inaugurerait le concept de «risque naturel», c'est-à-dire la conjonction d'un aléa (tremblement de terre, inondation) et d'enjeux (hommes ou biens menacés), en d'autres termes, la rencontre d'un phénomène naturel et de la vulnérabilité de l'homme. Ou encore, l'idée qu'aléa et vulnérabilité soient indissociables pour définir un risque naturel.

## Séismes et éruptions volcaniques

Les risques naturels pèsent sur les sociétés humaines à travers le monde entier, avec une intensité variable. Les séismes et tsunamis (qui leur sont parfois associés), ainsi que les éruptions volcaniques sont des catastrophes naturelles généralement imprévisibles dont l'origine, même si elles semblent plus fréquentes qu'auparavant, n'est pas à rechercher dans le réchauffement climatique que nous connaissons actuellement, même si certains articles scientifiques soupçonnent l'existence d'un lien entre la diminution de la glace des calottes ou des glaciers avec certains mouvements tectoniques.

Un séisme (ou tremblement de terre) est le résultat de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches. Il s'en produit de très nombreux tous les jours, mais la plupart ne sont pas ressentis par les humains. Environ 100 000 séismes sont enregistrés chaque année sur la planète dont les plus puissants comptent parmi les catastrophes naturelles les plus destructrices. Pour rappel, le tremblement de terre qui s'est produit au large de la côte Pacifique du Tōhoku (Japon) le 11 mars 2011 a fait plus de 20 000 morts; celui qui a secoué la province de Sichuan (Chine) en 2008 a fait plus de 70 000 victimes et celui de Sumatra (Indonésie) le 26 décembre 2004 a fait 290 000 morts et disparus.

Les séismes en Belgique ne sont pas aussi rares que l'on pourrait le croire: l'*Observatoire Royal de Belgique* en a enregistré plus de 1 000 entre 1985 et 2007 sur le territoire belge ou dans ses environs immédiats. Bien que la plupart ne soient pas ressentis car trop faibles, certains ont été suffisamment puissants que pour provoquer des dégâts. C'est le cas du séisme de Liège en 1983 ou de Roermond en 1992.

Un volcan est un ensemble géologique terrestre ou sous-marin qui résulte de la montée d'un magma puis de l'éruption d'une partie de ce magma. Une éruption à proximité d'une zone peuplée est très souvent vécue comme un évènement majeur dans la vie d'un pays car, outre son caractère spectaculaire et inattendu,

celle-ci nécessite une surveillance et parfois l'évacuation et la prise en charge des personnes en danger.

Sur Terre, il existe environ 600 volcans continentaux en activité, 1 300 si l'on y ajoute ceux du fond des mers. Certains volcans sont considérés comme éteints, d'autres dorment et peuvent voir leur activité reprendre. Moins meurtriers que les séismes, l'éruption volcanique du Pinatubo (Philippines), qui a duré de juin à septembre 1991, est une des plus importantes du 20<sup>e</sup> siècle, avec des conséquences à l'échelle planétaire. Le volume de matériaux émis alors a été estimé à 10 km<sup>3</sup> dont une grande partie fut éjectée dans l'atmosphère, provoquant un refroidissement général de 0,6 °C de moyenne pendant 2 à 3 ans et faisant localement 900 victimes. Le 20 mars 2010 (jusqu'au 27 octobre), le volcan islandais Eyjafjöll entra en éruption (voir photo p. 38). Un important panache volcanique se forma et se dirigea vers l'Europe continentale. Les cendres volcaniques qui le composaient représentaient un risque non négli-

geable pour l'aviation civile: les espaces aériens de nombreux pays européens furent fermés préventivement, entraînant des répercussions à l'échelle mondiale et des milliers d'annulations de vols. L'éruption a projeté dans l'atmosphère 80 millions de mètres cubes de cendres, soit 200 millions de tonnes.

À ces deux catastrophes, si elles se produisent sous les océans, sont parfois associées de puissantes vagues qui font déborder la mer et provoquent des inondations jusque loin dans les terres. Un tel phénomène, «tsunami» en japonais, a provoqué la disparition de 290 000 personnes le 26 décembre 2004 dans une dizaine de pays asiatiques bordant l'océan Indien.

## Un constat sévère

Ces catastrophes naturelles, conséquences des mouvements de la croûte

## Quelques notions essentielles

1.

Les **changements climatiques** sont les variations de l'état du climat que l'on peut caractériser par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement des décennies ou plus. Ils peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes.

2.

Une **catastrophe** est une grave perturbation du fonctionnement normal d'une population due à l'interaction de phénomènes physiques dangereux avec des conditions de vulnérabilité sociale, qui provoque sur le plan humain, matériel, économique ou environnemental de vastes effets indésirables et qui nécessitent la prise immédiate de mesures de sauvetage.

3.

L'**aléa** (ou risque de catastrophe) représente la menace potentielle d'un phénomène naturel qui aura une certaine intensité, concernera un certain territoire, en un certain temps.

4.

La **vulnérabilité** concerne l'importance des conséquences prévisibles, dues à l'aléa, dans tous les domaines qui peuvent être affectés: les hommes, les biens, les milieux. Elle prend aussi en compte la capacité d'une société à réagir et à surmonter la crise. Dans une société de plus en plus complexe, la vulnérabilité va prendre en compte non seulement les habitations et les établissements humains, les grands équipements qui les desservent, les réseaux qui les alimentent mais aussi les différents patrimoines bâtis ou naturels.



## Plus d'infos:

- *Le Climate Service Center (German climate agency):*  
[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)
- *Les futurs du climat:*  
[www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)
- *Intergovernment panel on climate change (working group I & II):*  
[www.ipcc-wg2.gov/SREX/](http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/)
- *Réduction des risques de catastrophe (bilan mondial 2011):*  
[www.preventionweb.net/gar](http://www.preventionweb.net/gar)
- *Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat:*  
[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- *Statistiques mondiales écologiques en temps réel:*  
[www.planetoscope.com](http://www.planetoscope.com)
- *Veille d'actualités et ressources dédiées aux risques naturels:*  
[www.catnat.net](http://www.catnat.net)
- *Le service d'alarme météorologique européen:*  
[www.meteoalarm.eu](http://www.meteoalarm.eu)

terrestre, ne représentent finalement que 10% de l'ensemble des catastrophes, les 90% restants étant les conséquences des caprices du temps (orages, tornades, tempêtes, inondations, canicules ou sécheresses) dont l'ampleur semble augmenter au fil des ans.

Depuis quelques années, certains de ces phénomènes météorologiques déploient une violence et une énergie que n'ont pas connues les générations qui nous ont précédés. Par manque de séries statistiques suffisantes, les scientifiques ne peuvent relier avec certitude ces événements extrêmes au réchauffement climatique mais, la menace étant réelle, ils tentent d'affiner leurs prévisions pour mieux cerner les risques à venir.

Selon un rapport spécial du *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)* sur «La gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique» présenté récemment à Bruxelles, les différents modèles mathématiques utilisés par les chercheurs prévoient que:

- il est pratiquement certain que l'on observera à l'échelle du globe une augmentation en fréquence et en ordre de grandeur des valeurs extrêmes des températures maximales quotidiennes et une diminution des valeurs extrêmes minimales au cours du 21<sup>e</sup> siècle. Il est très probable que la durée, la fréquence et/ou l'intensité des périodes chaudes ou des vagues de chaleur s'accroîtront sur la majeure partie des terres émergées;

- il est probable que la fréquence de fortes précipitations augmentera au 21<sup>e</sup> siècle dans de nombreuses régions du globe. Cela vaut surtout pour les hautes latitudes et les zones tropicales et en hiver, pour les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. Les fortes pluies qui accompagnent les cyclones tropicaux (*ci-contre*) augmenteront probablement avec le réchauffement de la planète;
- il est probable que la vitesse moyenne maximale du vent associée aux cyclones tropicaux augmentera (peut-être pas dans tous les bassins océaniques). La fréquence globale des cyclones tropicaux diminuera ou restera inchangée;
- la sécheresse s'intensifiera pendant le 21<sup>e</sup> siècle au cours de certaines saisons dans le sud de l'Europe et la région méditerranéenne, l'Europe centrale, le centre de l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et le Mexique, le nord-est du Brésil et l'Afrique australe;
- l'évolution attendue des précipitations et des températures pourrait modifier les paramètres des crues, provoquant des inondations locales dans certains bassins ou régions;
- l'élévation du niveau moyen de la mer tendra très probablement à augmenter les valeurs extrêmes des hautes eaux côtières. L'érosion du littoral, les inondations et autres phénomènes qui frappent déjà certaines régions se poursuivront en raison de la montée du niveau des mers. Alliés au renforcement probable de la vitesse maximale des vents associés aux cyclones tropicaux, ils affecteront plus particulièrement les petits États insulaires des zones tropicales;
- les modifications affectant les vagues de chaleur et la fonte des glaciers auront des répercussions sur divers phénomènes des hautes montagnes: instabilités des pentes, mouvement de masses de terre, crues provoquées par la vidange soudaine de lacs glaciaires.

Il faut souligner que les experts estiment que les projections de changements dans les configurations de la variabilité naturelle du climat à grande échelle ne présentent qu'un faible degré de

confiance. Il s'agit des moussons (précipitations et circulation) et de l'oscillation australe El Niño / El Niña (intensité et fréquence).

## Des impacts inquiétants

Les extrêmes climatiques auront inévitablement une incidence marquée sur des secteurs tels que les ressources en eau, l'agriculture et la production alimentaire, l'environnement et la biodiversité, les ressources naturelles, les infrastructures, la santé et le tourisme. Si la fréquence et/ou l'ampleur des catastrophes naturelles augmentent, il sera de plus en plus difficile de vivre et de maintenir les moyens de subsister dans certaines régions du globe. Les migrations et déplacements de populations pourraient alors devenir définitifs et exercer des pressions nouvelles sur les terres d'accueil. C'est ainsi que de nombreux habitants d'atolls, de mégadeltas ou des régions côtières d'Asie et d'Afrique seront obligés de s'établir ailleurs.

Le Programme des Nations Unies pour le développement a calculé qu'une augmentation de 10% du nombre des victimes d'un phénomène météorologique extrême réduirait l'indice de développement d'un pays d'environ 2%. Il estime que dans les prochaines décennies, les facteurs environnementaux défavorables risquent de faire croître le prix des aliments de 30% à 50%, les premières victimes de ces catastrophes et de ces renchérissements seront évidemment les enfants, les femmes, les personnes âgées et les plus pauvres.

Toujours selon les scientifiques du *Giec*, d'ici à 2050, les zones touchées par la sécheresse devraient s'étendre et avant la fin du siècle, un sixième de la population mondiale qui vit dans des régions alimentées par la fonte de neige et des glaciers provenant des grandes chaînes de montagne, devrait souffrir de pénurie d'eau. D'autre part, il est évident que si la température moyenne mondiale devait excéder une fourchette allant de 1,5 à 2,5 °C, 20 à 30% des

espèces animales et végétales connues actuellement devraient probablement connaître un risque d'extinction. Enfin, l'état de santé de millions de personnes, en particulier dans les régions les plus pauvres, sera affecté suite à un accroissement de la malnutrition ou par le déplacement de certains vecteurs de maladies infectieuses.

## Déjà les 6 premiers mois de 2012

Le groupe européen d'assurances *Munich Re* avait dénombré en 2010, 949 désastres naturels, contre une moyenne annuelle de 785 depuis l'an 2000 et de 615 seulement sur les 30 dernières années. Par contre, au cours des 6 premiers mois de 2012, les catastrophes naturelles auraient causé pour 26 milliards de dollars de dégâts (pour environ 12 milliards de dollars assurés) dans le monde. Un total de 450 catastrophes a été recensé de janvier à juin 2012 dont 85% concernent des événements survenus aux États-Unis (tornades et feux de forêts) ce qui a concentré 61% des coûts totaux et 85% des pertes assurées sur la période.

Pour l'instant, l'Europe ne regroupe que 16% du total et 10% des pertes assurables, avec deux événements majeurs: le tremblement de terre survenu à Modène en Italie en mai dernier et la tempête Andrea qui a balayé une partie de l'Europe début janvier. En Asie, les catastrophes naturelles ont été nombreuses mais d'ampleur limitée, à part des inondations en Chine en mai.

Le coût global est nettement inférieur à la moyenne des premiers semestres des 10 dernières années, qui était de 75,6 milliards de dollars. Et les pertes assurées sont également inférieures à la moyenne de 19,2 milliards de dollars sur les 6 premiers mois des 10 dernières années. La comparaison avec l'année 2011 est également sans équivoque, le premier semestre de l'année passée avait enregistré un total de 302 milliards de dollars, soit 11 fois plus qu'en 2012. Les grands responsables de ce gouffre financier ne sont autres que le séisme



et le gigantesque tsunami qui ont ravagé le Japon en mars 2011 (catastrophes non liées au réchauffement climatique).

## Pour anticiper

Il y a quelques semaines se tenait à Bruxelles la seconde conférence internationale «*Climate Services*» (*ICCS2*), un événement réunissant plus de 200 scientifiques, industriels, gestionnaires et décideurs à tous les niveaux intéressés à préparer leur ville, leur village ou leur industrie, quels que soient les scénarios retenus pour le futur en matière de climat.

Une banque doit-elle soutenir un projet d'investissement dans des infrastructures portuaires ou sportives ? Quelle essence d'arbre faut-il planter aujourd'hui à tel ou tel endroit pour une forêt qui arrivera à maturité dans 20 ou 30 ans ? Peut-on imaginer des cépages bordelais dans le nord de l'Europe ? «*Il faudra s'adapter. On sait que le climat va changer et il s'agit d'anticiper. C'est pour répondre à ce genre de questions que le Climate Service Center situé à Hambourg (Allemagne) a été créé*», déclare Guy Brasseur, son directeur.

Déjà opérationnel aujourd'hui, cet interface entre le monde de la recherche (les scientifiques du *Giec*) et les gestionnaires, constitue un véritable outil destiné à aider à la prise de décision par le commun des mortels aussi bien que par des décisionnaires, même si certaines notions sont encore mal définies. ■





# Z machine

**Dans son incessante quête d'énergie, l'humanité se tourne vers l'énergie du Soleil. Celle que notre étoile nous envoie bien sûr. Mais elle rêve aussi de recréer des petits soleils sur Terre. C'est le principe de la fusion nucléaire. L'une des filières pour y parvenir vient de connaître un succès assez troublant...**

42

Texte: **Henri DUPUIS** • [dupuis.h@belgacom.net](mailto:dupuis.h@belgacom.net)

Photo: **R. MONTOYA** (p.43)

**E**n cette fin septembre, Liège accueillait le 27<sup>e</sup> SOFT (*Symposium On Fusion Technology*), la plus grande conférence internationale consacrée à la fusion nucléaire. Hasard du calendrier, alors que le millier de scientifiques et industriels réunis à Liège terminaient leurs travaux, les *Physical Review Letters* publiaient un article (1) faisant état de ce qui pourrait être une avancée importante dans le processus de fusion contrôlée.

L'énergie nucléaire produite aujourd'hui dans des centrales comme celles de Tihange provient de la fission d'atomes lourds. Le principe en est simple et connu dès avant la Seconde Guerre mondiale: un noyau d'élément lourd (en général de l'uranium ou du plutonium) est bombardé par des neutrons, ce qui provoque la cassure du noyau lourd en d'autres éléments avec émis-

sion de neutrons et un fort dégagement d'énergie. Mais le phénomène inverse existe également: la fusion d'atomes très légers en un atome plus lourd. C'est ce qui est à l'œuvre dans le Soleil: les atomes d'hydrogène, animés d'un mouvement incessant à cause de la température élevée qui y règne, entrent en collision, fusionnent et donnent naissance à de l'hélium. Mais cette fusion s'accompagne d'un énorme dégagement d'énergie, environ 4 millions de fois plus par unité de masse que lors d'une réaction chimique de type combustion de produits fossiles comme le charbon, le gaz ou le pétrole.

On comprend donc mieux l'intérêt pour ce type d'énergie. Mais on comprend aussi très vite où se situe le problème: au cœur du Soleil, il fait très chaud, environ 15 millions de degrés Celsius. Peut-on atteindre de telles températures sur Terre, et même bien davantage car le type de réactions sélectionnées par les chercheurs et ingénieurs pour réaliser la fusion sur notre planète nécessite une température 10 fois plus élevée? La réponse est oui, et on l'a fait: la fusion expérimentale fonctionne très bien dans les bombes H, ou bombes à hydrogène. Les militaires, qui ne font en général pas

dans la finesse, ont résolu le problème de manière très pragmatique. La mise à feu du combustible se fait à l'aide d'une bombe atomique (dite bombe A, donc basée sur le principe de la fission) dont l'explosion chauffe et comprime le combustible (l'hydrogène), entraînant sa fusion... non contrôlée!

## Confinement magnétique ou inertiel

Selon les chercheurs, la réaction de fusion la plus efficace en laboratoire est celle entre deux isotopes de l'hydrogène, à savoir le deutérium (D - un proton et un neutron) et le tritium (T - un proton et deux neutrons). Pour que ces noyaux d'hydrogène lourd fusionnent, il faut cependant atteindre une température de l'ordre de 150 millions de degrés Celsius. À cette température en effet, les électrons sont séparés des noyaux et le mélange D+T est alors à l'état de plasma, état qui permet la fusion des noyaux. À partir de ce principe, plusieurs voies ont été choisies pour tenter de réaliser une fusion contrôlée... qui produirait davan-

tage d'énergie qu'elle n'en consomme, ce qui n'est pas évident.

C'est ainsi que le projet ITER, dont le réacteur est en construction dans le sud de la France, à Cadarache, a choisi la voie du confinement magnétique du plasma. Aucun matériau ne supporterait en effet le contact avec le plasma porté à 150 millions de degrés. Il faut donc le tenir à distance des parois, ce qui, dans le cas d'ITER, est réalisé par de puissants champs magnétiques. Les plasmas sont en effet constitués de particules chargées (des électrons négatifs et des noyaux positifs). Or celles-ci ont la propriété de décrire une trajectoire en hélice autour d'une ligne de champ magnétique. Si on referme cette ligne sur elle-même pour en faire un cercle, les particules sont piégées et continuent à tourner. C'est le principe des Tokamaks ou chambres en forme d'anneau dans lesquelles circule le plasma.

Une deuxième voie explorée, radicalement différente, est celle du confinement inertiel... c'est-à-dire le même principe que la bombe H: une capsule de combustible (mélange de deutérium et tritium) de la taille d'un grain de poivre (rappelons qu'il faut très peu de combustible pour dégager beaucoup d'énergie) est soumise, à l'intérieur d'une enceinte en général en or, à un rayonnement qui la comprime et la chauffe. Dans le cas de la bombe H, le rayonnement provient de l'explosion de la bombe A qui sert de détonateur. Dans le cas de fusion contrôlée, le rayonnement provient par exemple d'intenses faisceaux laser ou est constitué de rayons X.

## La Z machine

Mais il existe une variante dans le confinement inertiel et c'est la filière qui aujourd'hui, semble la plus prometteuse: la Z machine. La capsule de combustible est cette fois placée au centre d'un cylindre composé d'un réseau de fils de tungstène ou d'acier, dans lesquels on

fait passer un courant très puissant, le tout est au centre d'une cavité qui permet de piéger les rayons X. Sous l'effet de la décharge de courant (plusieurs millions d'ampères !), les fils se vaporisent et se transforment en plasma. Mais comme le courant électrique s'accompagne d'un champ magnétique, ce dernier comprime le plasma en un tube au centre du réseau. C'est le phénomène de striction ou de «pincement» du plasma sur son axe z (l'axe du courant), d'où le nom de *z-pinch* et par extension le nom de Z machine donné à l'ensemble (on parle aussi de *Maglif*, *Magnetized liner inertial fusion* puisque c'est le champ magnétique qui comprime le plasma). Mais le plasma ne peut se comprimer à l'infini et il arrive un moment où la compression s'arrête brutalement (un peu comme si les constituants du plasma rencontraient tout d'un coup un mur contre lequel ils viennent buter). C'est le phénomène de stagnation au cours duquel l'énergie cinétique acquise par les constituants du plasma va se transformer en émission de rayons X. Lesquels vont à leur tour comprimer et chauffer la capsule de combustible jusqu'à déclencher la réaction de fusion comme dans un système plus classique de confinement inertiel.

Ce procédé a surtout été étudié et développé par les chercheurs du laboratoire *Sandia* aux USA, un laboratoire «privé» puisqu'il dépend de la firme *Lockheed Martin* mais travaille pour le département de l'énergie aussi bien que pour la défense. En 2010, ces chercheurs avaient montré, grâce à une simulation, qu'un courant de 25 millions d'ampères permettrait au dispositif de produire plus d'énergie que celle nécessitée

pour émettre le courant farouche de départ. En janvier de cette année, nouvelle simulation informatique: si on atteint 60 millions d'ampères en courant initial, l'énergie produite sera 1 000 fois plus importante que l'énergie consommée ! Mais les résultats publiés fin septembre sont encore plus intéressants puisqu'il ne s'agit plus de simulation mais bien de la réalisation d'une première étape vers la fusion. Les chercheurs de *Sandia* ont constaté que sous l'action du champ magnétique produit, un cylindre de béryllium vide, choisi à la place de la pelote de fils d'acier, soumis à un courant de 25 millions d'ampères, implosait bien de manière stable et surtout homogène, comme les simulations l'avaient prédit. Le test suivant, prévu pour l'année prochaine, se fera bien sûr avec un cylindre contenant cette fois du combustible, sans doute du deutérium seul pour commencer. On saura alors si la fusion a un bilan énergétique favorable. Puis, dernière étape, atteindre 60 millions d'ampères et voir si les simulations (qui prévoient 1 000 fois plus d'énergie créée !) sont bien conformes aux observations. Si c'est le cas, la fusion sera peut-être à notre portée plus rapidement que prévu. ■

(1) *Penetrating Radiography of Imploding and Stagnating Beryllium Liners on the Z Accelerator*, R. D. McBride et al., *Phys. Rev. Lett.* 109, 135004 (2012)

Ryan McBride, premier auteur de l'article, contemple le cylindre en béryllium (au centre du dispositif) qui sous l'impulsion du champ magnétique va imploser de manière homogène.

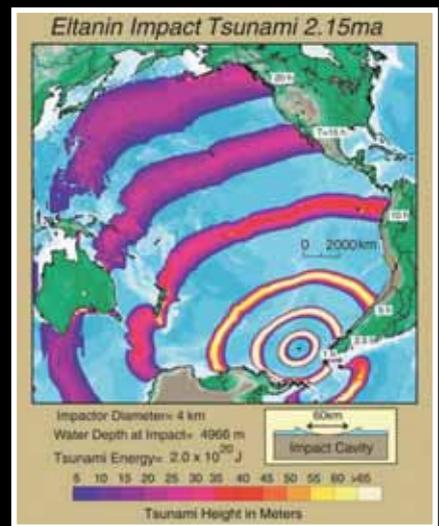


# À la Une du Cosmos

Texte: Yaël NAZÉ • [naze@astro.ulg.ac.be](mailto:naze@astro.ulg.ac.be) • <http://www.astro.ulg.ac.be/>

▼  
 D'après certaines simulations théoriques, il y aurait un trou noir dans la nébuleuse d'Orion. Ce serait le plus proche de la Terre... s'il est confirmé - problème : les mêmes théoriciens se disent que ce vilain assombri serait... inobservable ou quasi !

Photo: ESO



▲  
 Le cratère géant d'Eltanin, le seul identifié sous les océans, est dû à l'impact d'un astéroïde il y a deux millions et demi d'années, à la limite entre pliocène et pléistocène. Le rôle de tels événements dévastateurs dans les transitions entre périodes géologiques semble s'affirmer.

Photo: University of New South Wales

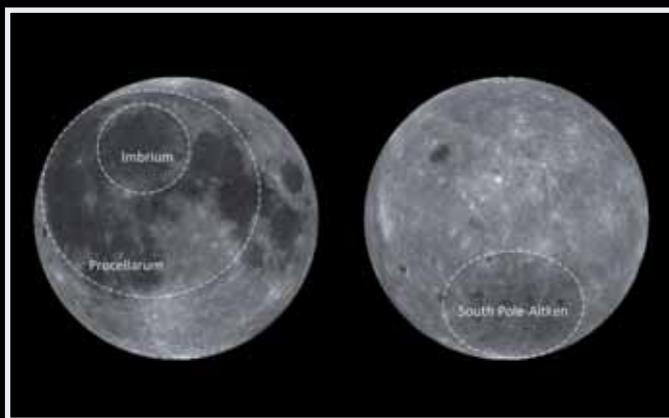
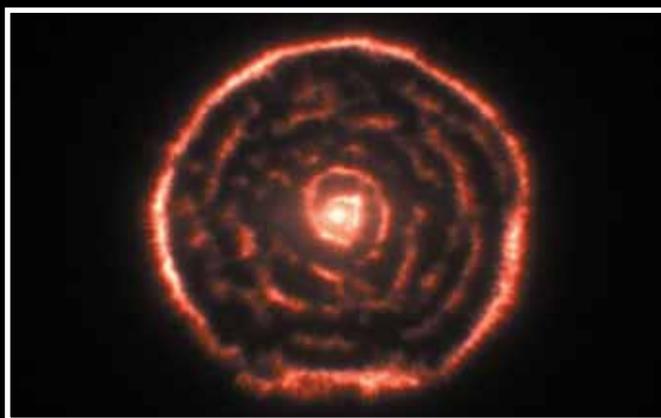
►  
 Les observations du télescope spatial Spitzer suggèrent que la faible lueur infrarouge emplissant le ciel ne vient pas des premières étoiles et galaxies mais d'étoiles éjectées de leurs galaxies par suite des interactions gravitationnelles de celles-ci.

Photo: NASA

Artist's Concept

Bulletin météo pour les géantes...  
Des images très détaillées d'Uranus révèlent la complexité inattendue de ses nuages, tandis que la méga-tempête qui a ragé sur Saturne il y a deux ans continue à laisser des traces observables en infrarouge (ci-contre).

Photo: NASA



45

À gauche: Premiers résultats pour le réseau ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) : il a permis la découverte d'une structure spirale entourant la vieille étoile R Sculptoris. C'est la première fois que l'on observe une telle structure autour d'une géante rouge. Cette forme étrange est probablement créée par un compagnon stellaire. Photo: ESO/ALMA. À droite: Outre la collision qui lui a donné naissance, il y aurait eu un deuxième impact important pour la Lune. Il serait à l'origine à la fois de l'Océan des Tempêtes et de la disparité entre les deux faces de la Lune. Photo: Japan's National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.



Grâce aux observatoires XMM et Swift, une équipe liégeoise a repéré une collision entre les deux vents des étoiles du système massif Cyg OB2 #9.

La luminosité suit parfaitement les prédictions théoriques, ce qui en fait un prototype qui permettra de mieux comprendre les vents stellaires.

Photo: NASA/C. Reed



Texte: Théo PIRARD • Photo: Th.P./SIC

**P**our le grand public, le nouveau monde de l'espace, même s'il continue de fasciner, est souvent synonyme de «gouffre financier». Il est vrai que l'odyssée spatiale fut et reste sous la coupe des pouvoirs publics. Les deniers des contribuables servent encore à financer les coûteux systèmes répondant à la curiosité et à la beauté de l'infiniment grand. C'est à ce prix que sont mis en œuvre des systèmes complexes qui ouvrent la porte d'un environnement difficile d'accès et aux conditions extrêmes, donc à grands risques. En ce temps de crise, le public s'interroge, voire se scandalise devant le prix à payer afin de maintenir le rythme du progrès scientifique et technologique.

Les ministres des 20 États membres de l'Esa (Agence Spatiale Européenne) se réunissent ces 20 et 21 novembre à Caserte, près de Naples pour décider de l'avenir de l'Europe spatiale. Bien des États, aux prises avec des mesures d'austérité, sont tentés de réduire la voilure des investissements pour des activités qui garantissent leurs compétences en recherche et technologie pour l'espace. Au risque de compromettre l'avenir des jeunes générations.

**L**a Belgique est bien décidée à poursuivre ses efforts dans les programmes optionnels de l'Esa. Est-ce bien raisonnable d'y consacrer annuellement quelque 160 millions d'euros et ce, pour les trois ans à venir... ?

Les politiciens qui décident du budget pour l'espace doivent être conscients du retour sur investissement sous la forme

de produits et services à valeur ajoutée. Chercheurs et ingénieurs belges s'impliquent de façon dynamique dans le spatial européen, à l'heure où celui-ci s'élargit à l'Est et affronte la concurrence des nations émergentes que sont la Chine et l'Inde... Il importe qu'ils ne lâchent pas prise dans les niches ou spécialités de recherche et technologie qu'ils ont réussi à démontrer dans l'espace en un demi-siècle d'efforts nationaux. Nos universités, institutions et industries sont devenues des références au niveau international pour la haute qualité de leurs réalisations en matière de lanceurs, satellites, équipements au sol, pour les systèmes de contrôle sur orbite et le traitement des données spatiales.

**L**e spatial, en stimulant la matière grise, contribue-t-il à la reconversion économique des Régions de l'État belge ?

Et comment ! Chaque euro investi dans les programmes de l'Esa donne lieu pour l'économie à un rendement d'au moins 4 euros. C'est surtout la production récurrente de systèmes spatiaux, issus des activités de recherche et développement, qui fait fructifier la mise de fonds publics pour l'espace. À Bruxelles, la SABCA joue un rôle crucial

à bord des lanceurs européens Ariane 5 et Vega avec les servo-vérins qui les pilotent sur la bonne trajectoire. Chaque Ariane 5 ou Vega qui décolle a donné du travail à du personnel hautement qualifié dans les 3 Régions du pays. À Charleroi, Thales Alenia Space Etca s'est spécialisée dans l'alimentation électrique des satellites, qu'ils soient européens ou chinois, et dans l'électronique de chaque case d'équipements d'Ariane 5.

**L**e business de l'espace est-il un élément sur lequel il faut désormais compter ?

La question est à poser à nos voisins grand-ducaux qui tirent parti, grâce à l'impôt, du chiffre d'affaires - 1,7 milliard en 2011 - de l'opérateur luxembourgeois Ses et de sa cinquantaine de satellites géostationnaires pour les télécommunications et de télévision. D'après Euroconsult, ce marché au niveau global se chiffre à près de 100 milliards d'euros et ne cesse de croître ! L'observation de la Terre et la géolocalisation par satellites, avec leurs multiples applications intégrées, s'affirment comme d'autres composantes clés du business spatial. Mais, pour continuer à innover, l'intervention des pouvoirs publics demeure primordiale. ■



Base du 1<sup>er</sup> étage du lanceur européen Vega qui est piloté par le sous-système SABCA de servo-commandes électro-mécaniques.

# La nouvelle frontière



Texte: Théo PIRARD • [theopirard@yahoo.fr](mailto:theopirard@yahoo.fr)

Photo: Virgin (p.47), A. LESCEUX (p.48)

## du tourisme surorbital

**En 2014, les vols suborbitaux - à plus de 100 km d'altitude - vont se multiplier à partir de «spaceports» à Las Cruces au Nouveau Mexique (États-Unis) et sur l'île antillaise de Curaçao (Royaume des Pays-Bas). Pour atteindre la lisière de l'espace et apprécier quelques minutes d'impesanteur, deux systèmes tout à fait différents sont en développement en Californie. Il y a Virgin Galactic qui poursuit les tests de son appareil combinant l'avion porteur Wk2 (WhiteKnight Two) à quatre réacteurs et le planeur-fusée Ss2 (SpaceShip Two) à propulsion hybride (poudre et liquide) et avec voilure repliable, tous deux réalisés en matériaux composites. On a Xcor Aerospace qui prépare l'avion-fusée biplace Lynx Mk2 pour des allers-retours de ¾ d'heure, qui donneront à son passager des ailes d'astronaute !**

L'année prochaine sera déterminante avec de nombreux essais en vol tant pour le Ss2 que pour le Lynx. Il faudra au moins un an de tests intensifs pour que chaque système soit certifié par la Faa (Federal Aviation Administration) pour assurer en toute sécurité des vols commerciaux avec des passagers payants. D'ores et déjà, Richard Branson, l'intrépide businessman, fondateur et animateur du Groupe Virgin, a déjà réservé pour lui et des membres de sa famille l'un des vols de démonstration jusqu'à la frontière de l'espace. Ils sont à ce jour 530 «touristes» dans le monde à avoir réservé leur ticket à environ

165 000 euros pour 3 heures d'un vol qui se terminera par un bond suborbital jusqu'à la frontière du monde spatial. Dès 2014, il devrait y avoir un vol hebdomadaire du Ss2 transportant 6 passagers, plus les 2 membres d'équipage.

La cadence devrait s'accélérer avec la mise en service progressive d'au moins un avion Wk2 et 4 planeurs Ss2 supplémentaires actuellement en construction à The Spaceship Company (Tsc). Pour rentabiliser l'investissement du quadriréacteur Wk2, Richard Branson envisage de l'utiliser avec la fusée LauncherOne pour la mise en orbite «low cost» de petits satellites (225 kg). Des détails ont été donnés au Salon international de Farn-

borough en juillet sur ce micro-lanceur à 2 étages, utilisant la propulsion liquide (kérosène et oxygène). Toujours sur les tables de dessin, il devrait voler dès 2015 pour moins de 8 millions d'euros depuis un aéroport. Plusieurs opérateurs de micro-satellites ont déjà manifesté leur intérêt. Pour le lancement, une équipe du client pourrait assister au largage et à l'envolée du LauncherOne à bord du Wk2. Sa mise en œuvre viendrait judicieusement compléter la panoplie européenne des systèmes de transport spatial, aux côtés d'Ariane 5, du Soyouz et de Vega.

### Un jeune Liégeois à l'entraînement

Le système Lynx est le moins bien connu. Et pour cause: l'entreprise Xcor Aerospace est en train de le construire et prévoit ses premiers vols jusqu'à 55 km d'altitude pour début 2013. La version améliorée, Lynx Mk2, prévue pour 2014, ira deux fois plus haut. C'est à son bord qu'un jeune Liégeois devrait, en 2015, devenir le troisième Belge à franchir la frontière du Cosmos lors d'un périple suborbital à partir de l'île de Curaçao dans les Antilles néerlandaises.



Le jeune Liégeois au Centre Desdemona pour son entraînement spatial.

Antoine Lesceux, grâce à un concours lancé par Mobistar Tv il y a plusieurs mois, a gagné son billet (d'une valeur de 75 000 euros) pour un aller-retour spectaculaire - à côté du pilote - à plus de 100 000 m d'altitude ! Le contrat pour son périple spatial a été signé avec la société Sxc (Space Expedition Corporation) qui possède plusieurs représentations commerciales sur le globe. Celle-ci est chargée d'organiser son voyage, y compris son entraînement dans des simulateurs au Centre Desdemona du Tno à Soesterweg, entre Utrecht et Amersfoort. En septembre, Antoine Lesceux a commencé cet entraînement, au cours duquel il a reçu une formation sur son vol et vécu «une expérience inoubliable, aux sensations indescriptibles». Il a effectivement eu la chance de vivre la

limite permise par le simulateur: «avec un écran à 180°, on se croyait réellement en train de voler». Et de préciser: «la moindre sensation est recréée, même les secousses lorsque le train d'atterrissage touchera le sol de Curaçao.»

Il faut préciser que le passager du Lynx Mk2, grâce à une grande baie vitrée, a une vue imprenable et peut, avec l'aide du pilote, manœuvrer l'appareil vers la gauche ou la droite... pour les meilleures prises de vues. La prochaine étape pour Antoine devrait être un vol réel sur un avion d'entraînement, Albatross L-39, avec acrobaties et accélérations jusqu'à 4.5 g. Le Liégeois de 21 ans n'a décidément pas froid aux yeux ! Il est impatient de voir la sortie prochaine d'usine du premier modèle de l'avion-fusée Lynx. Au cours de son odysée, il n'est pas exclu qu'il surveille le déroulement d'expériences en microgravité ou qu'il éjecte de la soute du Lynx une petite fusée avec un nano-satellite ! ■

# Brèves spatiales...

## d'ici et d'ailleurs



Texte: **Théo PIRARD** • Photos: **Nasa** (p.48), **SpaceX** (p.49), **M. HOUET - ULg 2012** (p.49)

### Le privé au secours des vols habités américains ?

En créant Space Exploration Technologies (SpaceX) en 2002, le jeune entrepreneur américain Elon Musk osait le pari d'un accès privé à l'espace. Aujourd'hui âgé de 40 ans, il se trouve à la tête d'une société qui emploie plus de 1 800 personnes pour produire - de A à Z - des moteurs-fusées, des lanceurs et des vaisseaux spatiaux. Avec sa fusée Falcon 9 et son système Dragon qui utilise une capsule récupérable, SpaceX a réussi à ravitailler l'Iss (International Space Station) et à en ramener des équipements ! Le vol expérimental du Dragon C2+, qui s'est déroulé du 22 au 31 mai, a ouvert la voie à un service opérationnel qui a démarré le 8 octobre avec l'envoi vers l'Iss du Dragon Crs SpX-1 dans le cadre du contrat Crs (Com-

mercial Resupply Services) de la Nasa. Le vaisseau a été arrimé à la station le 10 octobre.

Dragon apparaît comme le digne mais modeste successeur de la Space Shuttle. Ce dernier a tiré sa révérence en juillet 2011: les 3 navettes (Atlantis, Discovery, Endeavour) ont pris place dans des musées à Cape Canaveral, Washington DC et à Los Angeles. Le succès de l'ensemble Falcon-Dragon fait entrer la société d'Elon Musk dans la cour des grands. Il l'a placée en bonne position pour obtenir une aide financière de la Nasa pour des travaux de développement jusqu'en mai 2014, qui doivent faire du Dragon un vaisseau habitable pour au moins 7 astronautes. «La technologie des systèmes habités en orbite terrestre a



atteint la maturité nécessaire pour qu'un partenariat public-privé puisse être mis en œuvre pour leur développement et leur exploitation», explique Alain Lindenmoyer, en charge du Commercial Crew & Cargo Program Office du Nasa Johnson Space Center.

La grande «première» de SpaceX est-elle la voie d'une solution viable pour l'exploration humaine de l'espace ? Au pays du Far West, on croit en la formule du partenariat public-privé pour relancer l'astronautique américaine. Et les initiatives de se multiplier: beaucoup d'appelés, mais... Pour ravitailler l'*Iss*, il y a la société *Orbital* qui a fait appel à la coopération internationale pour le lanceur *Antares* (propulseur russe, étage ukrainien) et pour le ravitailleur *Cygnus* (module italien). *Antares* doit voler depuis l'île de Wallops (Virginie) avant la fin de l'année. Il est prévu que *Cygnus* effectue sa première de ravitaillement de la station au printemps 2013. Pour ce qui est du vaisseau habité commercial, la *Nasa* a retenu, outre le *Dragon* de *SpaceX*, les propositions de *Boeing* avec sa capsule *Cst-100* et de *Sierra Nevada Corp* avec son planeur *Dream Cheaser*. Quant au projet, pour vols habités, du lanceur transatlantique *Liberty*, proposé par la société *Atk*, il n'a pas été retenu dans le financement public de l'actuelle phase des travaux de développement. ■

*Le Dragon de SpaceX, vaisseau commercial de ravitaillement, lors de son approche de la station le 24 mai dernier, avant d'y être installé.*

## Rentrée académique à l'ULg: sous le signe de l'odyssée de l'espace.

Deux directeurs d'agences spatiales, trois astronautes et un artiste lunaire ont été mis à l'honneur par l'Université de Liège, à l'occasion de la *Space Week* et des *Space Days 2012*. Lors d'une cérémonie teintée d'émotions, l'ULg a remis les insignes de docteur «*honoris causa*» à Charlie Bolden (astronaute et actuel administrateur de la *Nasa*), Jean-Jacques Dordain (directeur général de l'*Esa* et candidat-astronaute), Dirk Frimout (astronaute-chercheur à bord du *Space Shuttle*, pour la mission *Atlas-1*), Frank De Winne (chercheur et commandant de bord dans l'*International Space Station*, avec deux missions à son actif, soit près de 199 jours en impesanteur), et Paul Hoeydonck (artiste belge, le seul à avoir l'une de ses œuvres à la surface lunaire, sur le site exploré par les astronautes d'*Apollo 15* en août 1971).

Il faut rappeler que l'ULg est la seule institution universitaire de la Communauté française de Belgique à organiser deux maîtrises à orientation spatiale. Elle a plusieurs sites d'essais pour les systèmes spatiaux avec le *Csl* (Centre Spatial de Liège) et *Emt* (Éléments de Machines & Tribologie). Son Institut d'Astrophysique-Géophysique-Océanographie (*Ago*) dispose du télescope télécommandé *Trappist* au Chili et, bientôt, d'un télescope à miroir liquide en Inde. Il exploite les données de plusieurs observatoires dans l'espace. Le *Ltas* (Laboratoire de Techniques Aéro Spatiales) et l'Institut d'Electricité Montéfiore préparent avec des étudiants le nano-satellite *Oufti-1* pour des communications numériques entre radio-amateurs; son lancement est annoncé par l'été 2013. Un autre *Oufti* est en préparation pour la constellation

*QB50* d'une cinquantaine de *Cubesats* à déployer en 2015. ■

Les docteurs «*honoris causa*» de l'Université de Liège, rentrée académique 2012-2013. De gauche à droite:

Albert Corhay (premier vice-recteur), Paul Van Hoeydonck, Frank De Winne, Jean-Jacques Dordain, Dirk Frimout, Charles Bolden et Bernard Rentier (recteur).



# À vos AGENDAS!

## Bewise: 10<sup>e</sup> anniversaire

21 novembre 2012 à 14h

À Bruxelles...

L'association *Femmes et Sciences en Belgique (Belgian women in science)* vous invite à célébrer son 10<sup>e</sup> anniversaire et présentera pour l'occasion son documentaire «*Science needs you !*» en avant-première.

Destiné tout particulièrement au jeune public et aux professeurs, ce film leur permettra de mieux comprendre ce qu'est une carrière scientifique et ce qu'elle peut apporter tant au niveau professionnel que personnel aux chercheurs. À travers 6 interviews de personnalités scientifiques belges, vous découvrirez la passion que chacun a pour la science et bien plus encore... Au programme: la projection du film

suivie de deux animations: «La science, une passion», où les scientifiques figurant dans le film se présenteront et répondront aux questions; et «Quelle carrière la science peut-elle offrir ?», question à laquelle répondront un panel de biologistes, chimistes, mathématiciens,...

**Où ?** Au Museum des Sciences naturelles - Rue Vautier, 29 à 1000 Bruxelles

**Pour qui ?** Pour tous et plus particulièrement le jeune public et les professeurs

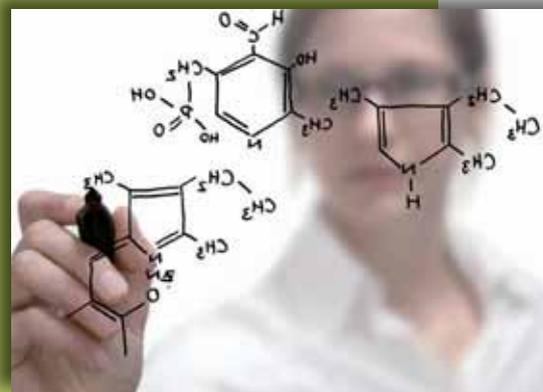
**Tarif ?** Gratuit mais réservation indispensable

### Infos & réservation ?

<http://www.bewise.be>

E-mail: [info@bewise.be](mailto:info@bewise.be)

Tél.: 02/627.42.65



## Les Olympiades

Inscriptions jusqu'au 6 décembre

À Bruxelles et en Wallonie...

Les Olympiades, c'est quoi ? Il s'agit d'une compétition scientifique destinée à tous les étudiants du 3<sup>e</sup> degré de l'enseignement secondaire organisé, subventionné ou reconnu par la Communauté française ou la Communauté germanophone. Il existe 2 niveaux de compétition: 5<sup>e</sup> année (accessible en 4<sup>e</sup>), 6<sup>e</sup> année (inclut la 6<sup>e</sup> spéciale ou 7<sup>e</sup>). Nouveauté 2013: Les élèves de 4<sup>e</sup> sont admis à participer, dans les trois disciplines, au niveau 5<sup>e</sup>. Attention, ce niveau est fait pour la 5<sup>e</sup>; les élèves de 4<sup>e</sup> peuvent

s'y essayer, découvrir ce que sont les Olympiades, mais il est normal que le niveau et les matières soient probablement un peu «rudes» pour eux !

- La qualification se déroule dans les écoles, sous la supervision des professeurs. Ils assurent la correction selon les réponses-types fournies.
- La 2<sup>e</sup> épreuve consiste en applications et questions approfondies. Elle a lieu dans 5 centres régionaux (Arlon/Libramont, Bruxelles, Liège, Mons, Namur). Les élèves classés en tête des 2<sup>e</sup> épreuves de 6<sup>e</sup> sont invités à une formation scientifique complémentaire, gratuite, en milieu universitaire.
- En vue de l'olympiade internationale de chimie, les élèves de 6<sup>e</sup> sélectionnés après la qualification devront présenter une nouvelle épreuve, à l'issue de laquelle les meilleurs suivront une formation complémentaire qui se terminera par une épreuve finale.

- La 3<sup>e</sup> épreuve, théorique et pratique, n'existe qu'en 6<sup>e</sup>; elle détermine le classement définitif en biologie et physique.

- Les meilleurs dans chaque discipline participent, tous frais payés, à une compétition internationale.

Une occasion unique pour les passionnés de sciences de s'amuser, se lancer un défi, quitter la routine de l'école, se situer par rapport à d'autres jeunes du même âge et surtout, aller au bout de son excellence !

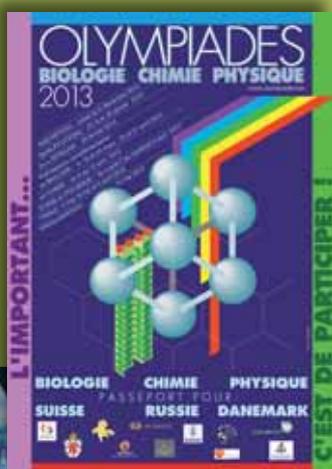
**Pour qui ?** Les élèves de 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> de l'enseignement technique comme général sont les bienvenus.

**Tarif ?** 3 euros par étudiant, par discipline.

### Infos & inscription ?

Uniquement sur le site Internet

<http://www.olympiades.be>



## Inscrivez-vous !

*Formation continue  
en gestion de l'innovation  
de la Louvain school  
of management*

**E**n 5 modules et 1 module d'intégration, soit 11 journées étalées sur 6 mois, vous aurez acquis les compétences et les outils pour développer le potentiel d'innovation de votre entreprise, en ligne avec sa stratégie, mobiliser et sensibiliser vos équipes face aux défis de l'innovation qui dépasse largement la génération d'idées, améliorer la pertinence et le *time-to-market* de vos projets d'innovation.

Les + de la formation: l'approche interactive et ancrée dans la pratique, la dynamique de groupe (25 participants maximum), le business project qui permet d'appliquer les outils acquis à une problématique de l'entreprise, le réseau d'anciens qui s'étoffe depuis 10 ans.

**Pour qui ?** Pour les cadres et managers de toutes organisations et de tous secteurs confrontés aux défis de l'innovation. Prochaine session: 31 janvier 2013 – les inscriptions sont ouvertes !

**Où ?** Louvain-la-Neuve

**Tarif ?** 4 000 euros ou 900 euros par module pris séparément (module 1 obligatoire)  
Réduction de 10% pour toute inscription avant le 1<sup>er</sup> décembre ou pour les membres Agoria, Cercle du Lac et les Alumni UCL-LSM cotisants, et à partir de la 2<sup>e</sup> personne d'une même organisation. Les chèques-formations de la Région Wallonne sont acceptés.

### Infos & inscription ?

<http://www.louvaininnovation.be>  
[gestion-innovation@uclouvain.be](mailto:gestion-innovation@uclouvain.be)



# Sorti de PRESSE

## Histoire de l'oxygène De l'alchimie à la chimie

Vuibert

Gérard BORVON

**L'**histoire de l'oxygène est celle de l'élément le plus répandu sur Terre. Rappelons qu'il représente 47,3% de sa masse ! L'azote est l'autre constituant principal du mélange gazeux qu'est l'air. Mais contrairement à l'azote, l'oxygène (gaz incolore, inodore et insipide) est très réactif et utilisé. Il réagit par oxydation et combustion exothermiques avec quasiment tous les autres corps simples (mis à part les gaz rares). Pensons à la genèse et à la fabrication des acides, oxydes, aciers, soudures, produits de blanchiment, appareils respiratoires et de lutte contre l'hypoxie, épurateurs d'eau, etc. L'oxygène joue donc un rôle majeur en chimie, dans notre vie quotidienne et dans la vie tout court par la respiration !

Et la chimie n'est pas uniquement affaire de formules et d'équations. Cette passionnante histoire, qui nous mène de l'Extrême-Orient à l'Europe en passant par l'Égypte et le Monde arabe, est foisonnante de récits. Au temps des alchimistes, de leurs fourneaux, cornues, alambics et autres grimoires, ce savoir sentait le soufre et le poison. Aujourd'hui, les formules  $O_2$ ,  $H_2O$  et  $CO_2$  se sont échappées des laboratoires et livres scolaires, pour se mêler au vocabulaire courant. Il suffit de les taper dans un moteur de recherche Internet pour voir les résultats... Elles sont l'aboutissement d'une histoire ancienne et mouvementée, racontée avec force détails par Gérard Borvon pour qui l'oxygène, c'est «*le nouvel élixir... devenu symbole de la vie du corps et de l'esprit*».

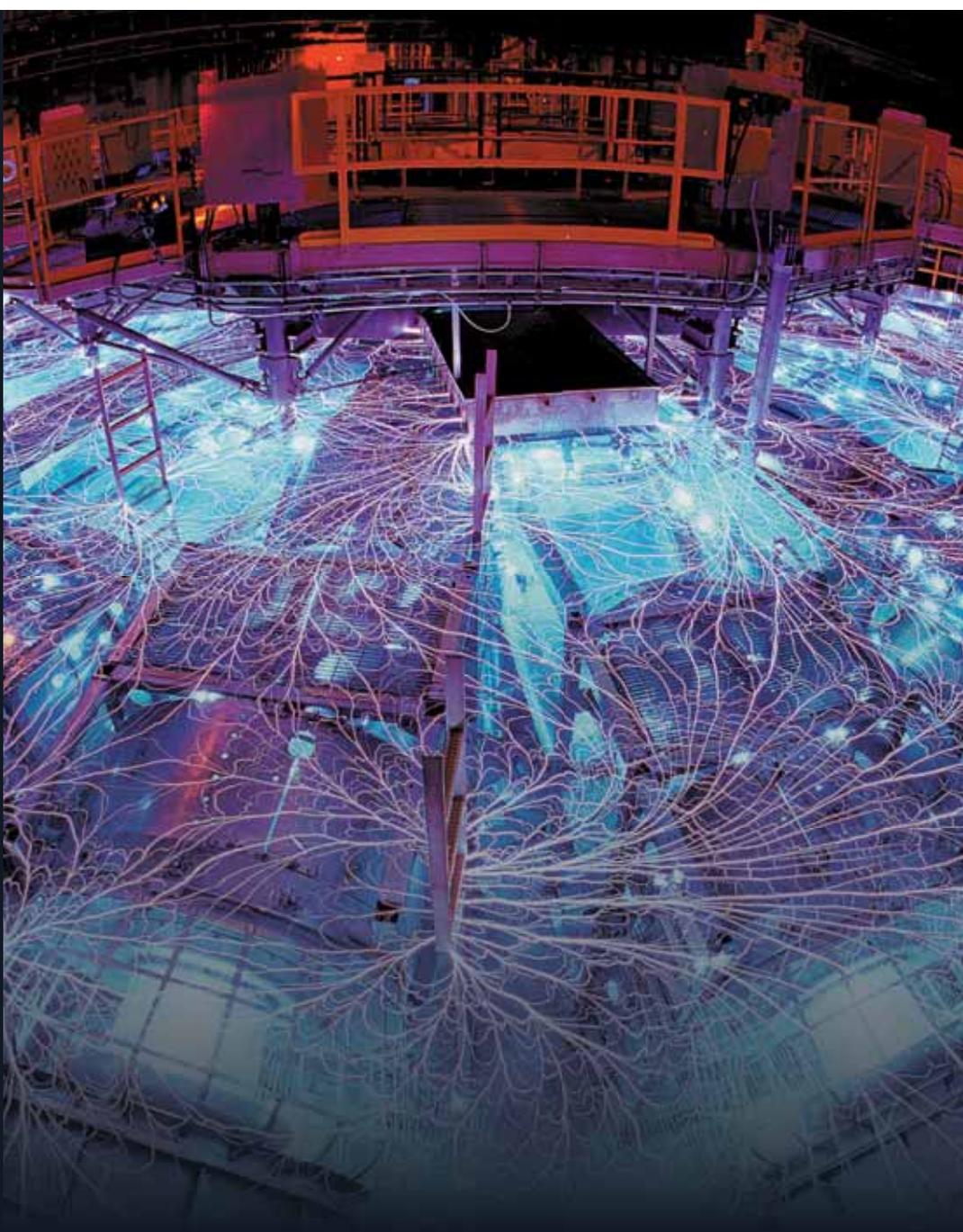
Ce livre est l'occasion de tracer, à grands traits, une histoire de la chimie et d'en rappeler utilement quelques fondamentaux. Les philosophes grecs du 5<sup>e</sup> siècle avant notre ère - Empédocle, puis Platon et Aristote - parlent des 4 éléments: l'air, l'eau, le feu et la terre, en vigueur jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle ! L'histoire nous mène ensuite dans les laboratoires des alchimistes jusqu'au 17<sup>e</sup> siècle. Au 18<sup>e</sup>, nous rencontrons les premiers vérita-

bles chimistes: Stahl, Macquer, Priestley, Scheele, Cavendish..., avant d'arriver à la «révolution lavoisienne». Lavoisier - fondateur (des bases et de la nomenclature) de la chimie moderne - démontre en 1775 que la substance préparée par Priestley et Scheele est le 2<sup>e</sup> corps simple constituant l'air, avec l'azote. Il le nommera «oxygène» (du grec *oxus*, acide, et *généin*, engendrer). En 1783, il découvre aussi que c'est le 2<sup>e</sup> élément de l'eau, après l'hydrogène. L'oxygène est conçu par Lavoisier comme le pilier d'une science analytique et académique - la chimie - capable, par sa rigueur, de rivaliser avec la physique et les mathématiques, dépouillée de la magie de l'alchimie et du phlogistique (principe ou fluide du feu s'insinuant lors de la combustion). Le tout sera décrit avec clarté et rigueur dans son célèbre *Traité élémentaire de Chimie*, publié en 1789.

L'oxygène deviendra source d'inspiration artistique (littéraire, poétique, picturale, musicale,...) et l'objet de nouveaux mythes. La chimie est souvent perçue comme menaçante, car dangereuse. Le récit évoque cette chimie, tant décriée, qui cherche d'abord à interroger et respecter la nature et qui n'est pas seulement l'affaire de laboratoires et d'industrie, mais élément du bien-être et de la culture humaine. ■

Texte: *Christiane De Craecker-Dussart*  
[c.decraecker@skynet.be](mailto:c.decraecker@skynet.be)





**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

