

ATHENA **245**

Recherche et développement technologique

Bureau de dépôt Namur - Mensuel ne paraissant pas en juillet et août - 245 - Novembre 2008

- **Des astuces pour mieux surfer**
- **Quand le fer s'allie au verre...**
- **Supraconducteurs : nouvel espoir**



- 117** **Pollutions insidieuses: des solutions sont possibles.** Les pollutions les plus graves sont souvent invisibles et d'autant plus inquiétantes qu'il est difficile de lutter contre elles. **Christiane De Craecker-Dussart** présente l'ouvrage de Frédéric Denhez sur ces pollutions cachées et envahissantes. Il dresse un tableau assez noir, mais suggère aussi quelques solutions, que l'article complète sur base de solides références. Elles passent par la recherche scientifique, la prévention, la substitution, l'information et la réglementation.
- 126** **Une ferme, des labos et des projets.** Située au cœur d'un domaine de 70 hectares en province de Hainaut, la ferme expérimentale et pédagogique donne au *Carah* une dimension particulière. Animée par des spécialistes, elle est à la fois lieu de découverte de la vie rurale et terrain d'action pour la recherche appliquée dans le but de créer des emplois toujours plus qualifiés et améliorer la qualité de vie grâce à une nouvelle gestion des ressources du monde agricole et de ses industries. Des explications de **Jean-Claude Quintart**.
- 129** **Une source inépuisable de neurones.** Une équipe de chercheurs européens vient de trouver récemment comment produire *in vitro* des neurones du cortex cérébral à partir de cellules souches embryonnaires ? De nouvelles perspectives s'ouvrent ainsi pour comprendre et modéliser des maladies neurologiques et psychiatriques, ainsi que pour le criblage de molécules à visée thérapeutique. Des explications de **Philippe Lambert**.
- 133** **CRR: sur les routes du futur.** Créé en 1952, le *Centre de recherches routières (CRR)* s'intéresse à tout ce qui touche aux infrastructures routières, mais aussi à des problématiques qui occupent une place grandissante dans les esprits: la mobilité, la sécurité et la sauvegarde de l'environnement. Il déploie une importante activité de recherche à différents niveaux et assiste les entreprises des secteurs concernés. Un article de **Philippe Lambert**.
- 137** **Des astuces pour mieux surfer.** Des recherches faciles aux plus complexes, voire très complexes même impossibles, **Christian Vanden Berghen** guide, conseille, exemples à l'appui sur la manière d'utiliser Internet dans le but d'aider le lecteur à découvrir sa richesse et de l'inciter à explorer des espaces nouveaux et à exploiter des ressources moins apparentes mais combien plus riches.
- 141** **Quand le fer s'allie au verre...** L'acier et le verre ! Voilà bien deux matériaux que tout sépare. Il est pourtant possible de les combiner pour donner lieu à un matériau aux propriétés remarquables et aux applications multiples, explique **Roger Hubert**. L'acier émaillé issu du XIX^e siècle et dont certaines propriétés sont à ce jour inégalées.
- 143** **Supraconducteurs: un nouvel espoir ?** La supraconductivité à température ambiante fait partie de ces Graal après lesquels courent les physiciens. De même que la révolution de l'électronique qui devrait s'en suivre. Mais les années passent et les espoirs tardent à devenir réalité. Une nouvelle voie est explorée aujourd'hui: les supraconducteurs nanométriques. Un article de **Henri Dupuis**.
- 145** **Quel est le vrai visage de notre planète ?** Vide ou sans forme ? Plate ou sphérique ? Ellipsoïde ou aplatie ? **Paul Devuyt**, passe en revue les différentes étapes - de l'Antiquité à Isaac Newton, en passant par Einstein - qui nous ont amenés à connaître un peu plus notre planète: la Terre.
- 151** **L'Europe dans l'ère Kopernikus.** Après le système *Galileo*, explique **Théo Pirard**, l'Union européenne se lance dans la mise en œuvre de *Kopernikus*. Il s'agit d'un *système de systèmes* destiné à l'observation continue de l'environnement terrestre, tant avec des senseurs dans l'espace qu'avec des instruments de mesures in situ.

«*Emmenez vos enfants sur la Lune ! (Fly me to the Moon)*»

Ce dessin animé, présenté sous forme d'un outil éducatif en produisant un kit pédagogique - en anglais - a été relaté dans le n° 144 de la revue *Athena*, daté octobre, pp. 101-102.

Nous avons omis de préciser que le storyboard du film a été réalisé par Olivier Saive, illustrateur et collaborateur depuis plusieurs années à la revue *Athena*.

Bravo à ce dessin animé de grande qualité.

Et bravo Olivier Saive !

Sans oublier les rubriques:

Actualités, de **Jean-Claude Quintart**, *Main dans la main ?* pp. 107-108; *Les brèves*, pp. 109-110;

C'est notre Terre !, de **Henri Dupuis**, pp. 112-113;

Europe, de **Jean-Luc Léonard**, pp. 114-116;

Info-Bio, de **Jean-Michel Debry**, pp. 119-125;

Astronomie, de **Yaël Nazé**, p. 149 et

Espace, de **Théo Pirard**, pp. 150-154.

Main dans la main ?



Entreprises et enseignements peuvent-ils vivre ensemble ? Coopérer ? Dépasser la dualité: entreprise mercantile, gratuité intellectuelle de l'école ? Telles sont les questions soulevées par l'Union wallonne des entreprises lors de son Assemblée générale du 20 octobre dernier à Louvain-la-Neuve. Mais, si la réponse est «*Entreprises et enseignement n'ont un avenir qu'en commun*», il reste encore bien du chemin à parcourir, des obstacles à franchir.

D'un côté, des demandeurs d'emplois sans qualification, de l'autre côté, des pénuries d'emplois récurrentes en main d'œuvre qualifiée ! Ici est le paradoxe wallon: la mise en évidence du rôle crucial de l'enseignement. Il s'agit d'un enjeu pour toute la société wallonne. Ces emplois existent, il serait donc regrettable, voire ridicule, de devoir se tourner vers l'étranger pour trouver les compétences nécessaires à leur satisfaction, surtout en période de disette ! D'où l'appel de l'Union wallonne des entreprises (Uwe) en faveur d'une mobilisation focalisée sur trois pôles: l'éveil aux sciences, les techniques et technologies ainsi que les langues.

De la curiosité à la vocation

Printemps des Sciences, Main à la Pâte, etc. Rien n'y fait: le désintérêt des jeunes envers les sciences persiste, s'accroît même ! Une situation impensable lorsqu'on sait «*qu'une société développée ne peut qu'élaborer des produits à haute valeur ajoutée*», explique Pasquale Nardone, professeur à l'Université libre de Bruxelles (Ulb). Et de préciser: «*Si cette situation impose un soutien aux filières scientifiques pour donner aux entreprises les personnes de savoirs indispensables à leur pérennité, il faut également prendre en compte l'impact citoyen des sciences. Aujourd'hui, on constate un déficit général en matière de culture scientifique dans nos populations. Ce que les Anglais appellent Scientific Literacy. De là, l'émotivité des jugements portés*

par les citoyens face à n'importe quel problème: énergie, santé, environnement, etc. Par exemple, 90% des personnes ont un avis négatif sur la chimie alors que cette science rend d'énormes services à notre monde moderne. Comblant ce manque de culture est capital car les citoyens votent et sont aussi appelés à se prononcer sur des sujets brûlants.» Pour Michel Dupuis, directeur général de Total Petrochemicals de Feluy, «*si nous voulons atteindre l'objectif des 3% en R&D, demandé par l'Union européenne, il nous faudra des ingénieurs, des chercheurs, des techniciens, etc.*» Et d'ajouter: «*N'oublions pas que les scientifiques préparent le futur et que les sciences participent à l'excellence des métiers industriels, à la fiabilité des entreprises, à la sécurité des citoyens.*»

Les sciences au placard ! Les techniques et technologies aussi ! Or en 1989, la Table ronde européenne des industries notait que «*le développement technique et industriel des entreprises exigeait une rénovation accélérée des systèmes d'enseignement et de leurs programmes.*» Bref, ici aussi métiers techniques et technologiques souffrent d'une mauvaise image auprès du public. «*Col bleu, col sale*» alors qu'aujourd'hui certains ateliers n'ont rien à envier aux salles d'opérations de nos grands plateaux chirurgicaux et que la plupart des métiers manuels font désormais appel aux technologies les plus complexes. De là les pénuries en chauffagistes, électriciens, informaticiens, etc.

Même constat du côté des langues ! Alors qu'en Flandre, la connaissance des langues passe pour une nécessité, chez nous le sujet ne soulève qu'indifférence. Résultat ? 53% des Flamands parlent l'anglais pour seulement 17% des Wallons ! Que dire de nos deux autres langues fédérales: le néerlandais et l'allemand. Alors que pour Sophie Bertholet, directrice wallonne de Randsrad, «*les langues ne concernent pas seulement l'avancement des cadres supérieurs mais tous les travailleurs en contact avec la*

Uwe

**Chemin du Stockoy, 3
1300 Wavre.
Téléphone:
010/47.19.40.
Télécopie:
010/45.33.43.
Internet:
<http://www.uwe.be>**

Événement unique en Belgique,

La prochaine
édition
du Salon des
Mandataires
se déroulera
au Wallonia
Expo (Wex) de
Marche-en-Famenne
du 12 au
13 février 2009.

Plus d'informations:
<http://salondesmandataires.be>

clientèle, à commencer par l'Horeca dans nos régions touristiques.» Au total donc, un bien triste tableau ! Mais, fort heureusement, sciences à la casse, technique et technologie aux oubliettes et langue en poche, motivent plus que jamais l'Uwe et notamment Éric Domb, son dynamique président.

Que faire pour que nos jeunes renouent avec les sciences ? «*Les immerger dans la science*», dit Pasquale Nardone. «*Pas seulement en les noyant sous des formules mais en les mettant en contact direct de la réalité scientifique par des manipulations toujours plus nombreuses. Démontez et remontez un téléphone, par exemple.*» Pour Michel Dupuis, «*en publiant ou en ouvrant leurs portes, les entreprises peuvent jouer un rôle essentiel en matière d'éveil aux sciences et de culture scientifique. Pallier le déficit d'information est crucial, car finalement les messages positifs percutent aussi bien que slogans négatifs !*» Notons le succès grandissant de la *Journée de l'entreprise* qui montre une certaine soif de connaissance, envers l'intra muros des sociétés. De la curiosité à la vocation, il n'y a qu'un pas.

Président administrateur délégué d'Alstom Belgique, Marcel Miller pense également qu'il faut expliquer les métiers. «*On comprend le travail du médecin et celui de l'avocat alors que le*

job de l'ingénieur reste flou dans l'esprit de bien des personnes. À force de vivre entouré d'objets issus des technologies, nous ne voyons plus les sciences qui se cachent derrière ceux-ci. Il faut donc montrer que techniques et technologies débouchent sur des métiers, des carrières valorisantes. Parler d'avenir sous forme d'équations et d'emplois a peu de signification à quinze ans !» Joignant l'acte à la parole, Marcel Miller joue le jeu à fond en accueillant en entreprise des jeunes du Collège Pie X de Châtelineau. «*Un projet d'enseignement en alternance vers le haut, au cours duquel le jeune en année terminale a l'occasion de se frotter à la réalité de l'entreprise, de toucher un salaire, d'obtenir, bien souvent, un contrat d'embauche et même de poursuivre des études supérieures !*», note Laurent Divers, directeur du Collège Pie X.

Partant du bien-fondé de ces réactions, l'Uwe considère: qu'il faut améliorer les performances de chaque enfant, en lecture, calcul, écriture, sciences, etc.; faire en sorte que davantage d'élèves respectent leur timing scolaire; intensifier l'enseignement des langues, l'éveil aux sciences et l'intérêt aux techniques et technologies. L'Uwe milite aussi pour que les professeurs travaillent au-delà des 55 ans, âge auquel ils peuvent partir en prépension, alors que l'enseignement n'est pas en restructuration.

D'où la question: en restant plus longtemps au travail, les professeurs ne pourraient-ils pas être plus utiles en prenant en charge une partie de la remédiation, alors qu'une des solutions prônées pour éviter le redoublement est justement, la remédiation ?

«Industriels et enseignants se connaissent mal. Très mal même ! L'entreprise n'est pas le lieu où l'homme est exploité et l'école celui où il devient citoyen par la générosité de l'éducation. Il faut en finir avec ce clivage, briser la glace et construire un partenariat... Car, nous avons un point commun: nos enfants ! Nous devons nous entraider pour que nos enfants soient heureux dans la vie et cesser de nous invectiver à propos de lacunes connues mais travailler ensemble au développement de bonnes pratiques éducatives. Le professeur doit protéger les enfants de l'avenir ce qui signifie bien les préparer en leur donnant les moyens de dominer les problèmes qu'ils rencontreront dans la vie. Le développement durable ne sera pas fait par les sociologues et les psychologues mais par des scientifiques et des techniciens: les héros de demain !», conclut Éric Domb.

Jean-Claude QUINTART
jc.quintart@skynet.be



Qui dit construction, pense emplois tant le succès d'un chantier passe par la collaboration étroite entre métiers aussi différents qu'architecte, maçon, charpentier, peintre, électricien, vitrier, chauffagiste, etc. Des métiers qui chez nous sont en pénurie de personnes qualifiées !

Les brèves... Les brèves...

Nouvelle fonctionnalité. *Ion Beam Application (Iba)* annonce être prêt à mettre en action son système de *Pencil Beam Scanning (Pbs)*, fruit d'un développement long et intensif par lequel la société wallonne confirme son leadership en matière de systèmes de protonthérapie. «Notre technologie Pbs traitera les patients cancéreux par une protonthérapie plus précise et plus efficace que jamais», déclare Pierre Mottet, administrateur délégué d'Iba. Qui ajoute: «Une fois en service, le Pbs sera l'un des quatre modes de traitement inclus dans la tête de traitement universelle d'Iba. Grâce à celle-ci, un département de protonthérapie pourra sélectionner facilement et automatiquement le mode de traitement, sans aucune intervention manuelle. Une telle flexibilité constitue la solution idéale pour les installations qui souhaitent exploiter leurs capacités au maximum. Ce qui explique pourquoi cette fonctionnalité est attendue depuis longtemps par la communauté médicale de la protonthérapie.» Pour rappel, la tête universelle d'Iba est conçue pour former et diriger le faisceau selon la simple diffusion; la double diffusion; le balayage uniforme et le Pbs, lorsque cette technique entrera en service. La société wallonne est aussi la seule entreprise à offrir ce type de système tout en un ! Infos: <http://www.iba-worldwide.com>

Maintenant, je sais ! Combien y a-t-il d'entreprises en Wallonie ? De quelle taille ? Dans quels secteurs ? Autant de questions que nous nous posons régulièrement, sans pourtant trouver de réponse ! Aussi, *Edipro* a-t-il eu l'idée de publier, en collaboration avec l'*Union wallonne des entreprises (Uwe)*, un livret basé sur les dix questions les plus fréquemment posées au sujet du paysage entrepreneurial wallon.

Intitulé *L'entreprise, je veux savoir*, cette publication de 32 pages s'adresse aux élèves du secondaire et aussi plus largement à celles et ceux qui désirent approfondir leurs connaissances quant au tissu économique de leur région. «La Wallonie compte près de 70 000 entreprises qui assurent 615 000 postes de travail, soit 64% de l'emploi salarié wallon. Toutefois, le monde des entreprises reste toujours mal connu du grand public. Cette collaboration avec Edipro

valorise les succès de nos entreprises et les retombées de l'activité entrepreneuriale sur la vie quotidienne», explique Vincent Reuter, administrateur délégué de l'*Union wallonne des entreprises*.

Vendu au prix de dix euros, ce livret est disponible via le site de l'éditeur: <http://www.edipro.info> ou par courriel à: cgaspari@edipro.info Il est offert par l'Uwe aux étudiants et enseignants qui en font la demande à: info@uwe.be. Enfin, le site <http://www.uwe.be/economie> permet aux lecteurs de poser d'autres questions, de trouver les liens utiles, des compléments et actualisations.

Elle est wallonne et la première au monde... Hier source de tracas, aujourd'hui source de richesse, les boues d'épuration sont plus que jamais à la Une ! De fait, entre valorisation agricole et énergétique, leurs débouchés intéressent tout le monde, à commencer par les chercheurs et les industriels ! Il est vrai que les quantités de matières sèches issues du traitement des boues d'épurations explosent ! En Europe, elles atteignent annuellement quelque huit millions de tonnes, soit environ 23 kg de matières sèches par citoyen !



Prix Roberval...

Rédigé par Peter Van Roy, professeur à l'Université catholique de Louvain (Ucl) et Seif Haridi, professeur au Royal Institute of Technology de Stockholm, l'ouvrage *Programmation* a été sélectionné pour le prix Roberval.

Destiné aux étudiants et élèves ingénieurs en informatique, ayant vécu une première expérience de la programmation, l'ouvrage explique les concepts majeurs de celle-ci avec une sémantique simple et complète, permettant de comprendre sans jamais sacrifier la rigueur. Le livre se complète d'un Labo interactif qui permet de compiler et exécuter tous les exemples et saisir ainsi par l'expérience le fonctionnement des programmes.

Créé en 1986, par l'Université de technologie de Compiègne, le Roberval entend mettre à la portée du grand public francophone l'actualité des technologies et promouvoir le recours du français dans la production et la diffusion des connaissances scientifiques. <http://prixroberval.utc.fr>

À côté de leur épandage agricole, la valorisation des boues d'épuration passe de plus en plus par leur incinération afin d'obtenir une matière sèche dont la qualité essentielle est d'être un combustible particulièrement performant pour la production d'électricité. Le pouvoir calorifique de cette matière étant intimement lié au taux de séchage, arriver à obtenir une matière la plus sèche possible est l'enjeu des travaux conduits aujourd'hui par les chercheurs et les industriels de la filière. De la déshydratation au séchage et à la valorisation, de nouvelles technologies sont étudiées et appliquées en vue d'accroître l'intérêt du matériau.



S'il est bon de déshydrater, il est encore mieux de sécher ! Aussi, Angélique Léonard axe-t-elle une partie de ses travaux de recherches, en matière de valorisation des boues d'épuration, sur le séchage convectif.

Chercheuse qualifiée au *Fonds national de la recherche scientifique (Fnrs)* et chargée de cours adjointe au *Laboratoire de Génie chimique* du professeur Michel Crine de l'Université de Liège (Ulg), Angélique Léonard cible une partie de ses recherches sur le séchage convectif (par circulation forcée d'air chaud) de boues d'épuration. Par des dispositifs de séchage convectifs, micro-sécheur et sécheur pilote, elle étudie les mécanismes physiques qui

animent le séchage en contrôlant simultanément: la température, la vitesse superficielle et l'humidité de l'air.

Angélique Léonard est la première chercheuse au monde à suivre l'évolution de la texture des boues d'épuration durant leur séchage par microtomographie à rayons X, technologie remarquable dans le suivi de la texture de matériaux déformables soumis à un séchage convectif. À l'échelle d'un extrudat et couplée à l'analyse d'images, cette approche permet de quantifier le retrait de l'échantillon, les fissures et les gradients d'humidité: trois données essentielles à la modélisation ou au contrôle de qualité du produit. Grâce aux résultats apportés par la microtomographie, on observe, par exemple, avec une précision jamais égalée l'influence du chaulage (ajout de quantités de matière sèche à des boues humides) sur la cinétique de séchage des boues.

a.lienard@ulg.ac.be

Projet accepté. Tout va bien pour le *Centre d'excellence en technologies de l'information et de la communication (Cetic)* qui se réjouit de voir le projet *C2A Interreg* accepté. Soumis dans le cadre du premier appel du programme *Interreg IV* d'un montant de 1 175 000 euros, *C2A* est un acte de R&D pour concevoir, développer et opérer un système intelligent d'interconnexion entre équipements embarqués hybrides pour le monde du transport et de la logistique. *C2A* entend aussi organiser une plateforme de sensibilisation et d'échange autour de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication dans les transports routiers.

Sur ce projet, le *Cetic* de Charleroi travaillera en collaboration avec l'*Infopôle* de Namur, l'*Agence Carinna* (Recherche et innovation en Champagne-Ardenne) et le *Centre de recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication (CReSTIC)*, département de l'Université de Reims Champagne-Ardenne (Urca).

Créé en 2001, à l'initiative de l'Université catholique de Louvain (Ucl), de la Faculté polytechnique de Mons (FpMs) et des Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (Fundp), le *Cetic* poursuit des recherches axées principalement sur le génie logiciel et le *Grid Computing* (Concept de grille de calcul), technologie qui rassemble les capacités d'un réseau en vue de former un supercalculateur virtuel.

<http://www.cetic.be>

Jean-Claude QUINTART
jc.quintart@skynet.be

Grandes cultures : moins de CO₂

C'est ce que révèle un travail mené par la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Fusag) et dont le but était d'étudier l'impact des surfaces consacrées à l'agriculture dans le bilan de CO₂ atmosphérique. Un appareillage sophistiqué a été installé au cœur d'un champ de 12 hectares en vue d'obtenir des informations micrométéorologiques, physiologiques, microbiologiques et phytotechniques.

La procédure exploitée pour relever les flux de dioxyde de carbone à l'échelle de la culture reposait sur des mesures à haute fréquence de la teneur de l'atmosphère en CO₂ et de la vitesse du vent. Au total, plus de 300 000 mesures instantanées étaient traitées afin d'obtenir chaque demi-heure, une mesure du flux échangé ! Ce qui a permis d'observer avec précision les prélèvements de CO₂ dus à la photosynthèse, les rejets de CO₂ dus à la respiration et l'évolution de ces flux au cours de la journée et de la saison avec leurs variations selon les conditions climatiques. Étaient également prises en compte, les émissions de CO₂ du sol dues à l'activité microbienne et à la respiration des racines.

Sans entrer dans le détail des chiffres, le résultat de ces analyses montrent que nos grandes cultures agricoles absorbent autant de CO₂ que nos forêts. À présent, les chercheurs tentent d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur ces flux. Quel est l'influence du mode de travail du sol ? Quid de la restitution des résidus de culture, comme la paille, par exemple ? Quid de l'incidence des autres gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote) ? Ce travail est financé par la Communauté française dans le cadre d'Action de recherche concertée et les données récoltées mises à disposition du réseau européen de mesure *Carboeurope*. Infos: Quanah Zimmerman au 081/62.22.66. Et <http://www.carboeurope.org>

Sciences, clés du futur

Notre société est en pleine ébullition. Les crises ne cessent de s'accumuler : énergie, transport, matières premières, agriculture, environnement, économie. Les défis à relever sont nombreux. Point commun : trouver des solutions passera notamment par les sciences et les techniques...

L'Université de Mons-Hainaut, via le Carré des sciences et l'extension UMH, a le plaisir de vous inviter aux conférences du cycle *Sciences, clés du futur*. Cinq personnalités de renommée aborderont des questions de sciences et de société, aussi diverses et importantes que l'avenir de la politique scientifique belge, les approches européennes et américaines en matière de recherche et d'innovation, la perception des sciences dans notre société, ou encore des

problématiques plus spécifiques comme les plastiques de demain ou la voiture du futur ! Le cycle «Sciences, clés du futur» est accessible à toutes et à tous et s'adresse aux personnes intéressées par les défis que nous allons devoir résoudre... La participation aux conférences est gratuite; il n'est pas nécessaire de réserver. Ces conférences auront lieu à la Salle académique de l'UMH, Place Warocqué, 17 à 7000 Mons.

→ **La politique scientifique belge a-t-elle un avenir ?**, par **Philippe Mettens**, neurophysiologiste, président de la *Politique scientifique fédérale*, le **jeudi 20 novembre 2008, à 20h**. Dans le cadre des conférences *Horizon*.

→ **Après le pétrole: quel avenir pour les matériaux plastiques ?** par **Philippe Dubois**, chimiste, professeur à l'Université de Mons-Hainaut, Centre d'Innovation et de recherche en matériaux polymères (CIRMAP), le **jeudi 11 décembre, à 20h**. Dans le cadre du projet *Techwal 2050 (1)*.

Pour apprécier l'importance des matières plastiques dans notre société, il suffit de regarder autour de soi et d'imaginer un monde en leur absence. Les «plastiques» trouvent en effet application dans tous les domaines, en passant de la conception d'un sac poubelle ou d'un ordinateur, à la production d'une simple seringue médicale ou encore la mise au point d'un cœur artificiel. La production mondiale des polymères s'élève actuellement à près de 240 millions de tonnes/an. Sachant que ces matériaux organiques sont pour l'essentiel issus de la pétrochimie, on peut s'interroger sur leur avenir au vu, d'une part de l'ascension vertigineuse du prix de l'or noir et, d'autre part, des inquiétudes d'approvisionnement à long terme. Face à ce constat, doit-on être inquiets ? Existe-t-il aujourd'hui des alternatives économiquement et écologiquement viables à ces ressources fossiles ? Le recyclage, oui mais pour combien de temps ? L'agrochimie représente-t-elle un élément de solution, en tout ou en partie ?

→ **Véhicules propres et mobilité durable: défis majeurs du XXI^e siècle pour les sciences et les technologies**, par **Pierre Duysinx**, professeur d'ingénierie des véhicules à l'Université de Liège, le **jeudi 22 janvier 2009, à 20h**. Dans le cadre du projet *Techwal 2050 (1)*.

En ce début de XXI^e siècle, la voiture, signe d'indépendance et de liberté individuelle, se trouve confrontée aux défis du changement climatique, de la raréfaction des ressources énergétiques, de la pollution, de la sécurité routière... Face aux mutations en cours, le séminaire fait le point sur les évolutions et les révolutions à venir pour la recherche et l'industrie automobile. On abordera le concept de motorisation propre (moteurs moins polluants, carburants alternatifs, voitures électriques, hybrides et piles à combustible) et ses perspectives à court, moyen et long termes. On terminera par une discussion sur l'évolution du concept même de véhicule et l'introduction des nouvelles technologies de l'information dans les moyens de transports intelligents.

→ **L'Europe devient-elle anti-sciences ?**, par **Michel Claessens**, chef d'unité adjoint à la Commission européenne, rédacteur en chef du magazine *research*eu*, le **jeudi 12 février 2009, à 20h**.

→ **Les nouvelles technologies: de la recherche à l'innovation**, par **Jean-Luc Brédas**, chimiste, professeur à l'Université de Mons-Hainaut et au Georgia Institute of Technology (Atlanta, États-Unis), lauréat du prix *Franqui* 1997, le **jeudi 19 mars 2009, à 20h**. Dans le cadre des conférences *Horizon*.

(1) «Techwal 2050» est un projet de vulgarisation scientifique bénéficiant du soutien financier du Département du développement technologique de la Région wallonne et portant sur des activités (cycle de séminaires, exposition itinérante) visant à présenter au public des images plausibles des technologies du futur et à conscientiser les citoyens aux problèmes qui vont se poser et aux solutions à imaginer.

Pour en savoir plus

Carré des sciences
de l'UMH, Université
de Mons-Hainaut,
à 7000 Mons.
Téléphone et
télécopie:
065/37.34.90.
<http://www.umh.ac.be/cds>

Et
Michel Wautelet,
professeur,
projet *Techwal 2050*,
Université de
Mons-Hainaut,
à 7000 Mons.
Téléphone:
065/37.33.25.
michel.wautelet@umh.ac.be

C'est notre Terre !



Le développement durable est davantage que la protection de la nature ou la lutte contre le réchauffement climatique. Il veut «répondre aux besoins des générations actuelles sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs», selon la définition du rapport Brundtland, Our Common future. C'est dans cette perspective qu'a été réalisée l'exposition «C'est notre Terre !», soutenue par la Région wallonne

Le développement durable est, comme son nom l'indique, une question de temps: des temps qui obéissent à des rythmes différents, qui ne cessent de se mêler, de s'opposer. C'est pourquoi le parcours de l'exposition «C'est notre Terre !» a été conçu comme une confrontation entre ces temps.

Le temps de la Terre. Après avoir forcé le visiteur à s'interroger sur la possibilité d'une Terre d'où l'Homme aurait disparu, c'est l'histoire de la Terre qui est racontée à travers un cheminement dans une immense bibliothèque composée de 4 568 volumes, chacun racontant un million

d'années de l'histoire de notre planète. Une vingtaine de ces volumes sont ouverts et le visiteur peut y lire le récit d'événements qui lui font comprendre les grands bouleversements qui ont émaillé l'histoire de la Terre: les continents ont mis du temps à prendre leur place actuelle; le climat a souvent été bien plus chaud ou plus froid qu'aujourd'hui; bien des espèces ont disparu. Et ces changements ont demandé un temps qui nous paraît infini. Des événements illustrés par des objets émouvants: des fossiles d'espèces disparues voici 250 millions d'années, les premières traces laissées par les premiers hommes sur le sol africain, les ossements de Lucy, qui a vécu voici 3,5 millions d'années, etc.



Ci-dessus: la mémoire de la Terre. Une bibliothèque où est racontée l'histoire de notre planète.

En haut à droite: la pharmacie de la Rue du temps suspendu où sont abordés les problèmes de la démographie et de la santé dans le monde.

Le temps des Hommes. Un temps bien lent, lui aussi, au début, mais qui s'est accéléré. La première rupture entre temps de la Terre et temps des Hommes s'est produite dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, avec la révolution industrielle: à partir de ce moment, les dégradations que l'homme (comme les autres espèces), fait subir à son environnement ne sont plus locales, mais globales. Et, depuis 1950, toutes les courbes s'affolent et semblent grimper vers l'infini. Aujourd'hui, temps de la Terre et temps des Hommes s'opposent. L'un est bien plus rapide que l'autre. Dans l'exposition, le temps des hommes est expliqué dans une rue et divers lieux de vie qui s'ouvrent sur celle-ci: un salon lavoir, un restaurant, une pharmacie, un tram. Autant d'occasions pour aborder des thèmes aussi cruciaux que l'eau, la nourriture, la démographie, la santé, le commerce. Mais chaque fois, cela est remis dans une perspective Nord-Sud. Le langage

muséographique est ici bien différent: ce sont les interactifs qui dominent. Savez-vous que faire venir d'Argentine par avion 250 gr de steak de bœuf provoque une émission de 2,3 kg de CO₂ ou que chaque feuille de papier A4 que nous utilisons a nécessité 10 litres d'eau ?

Le temps des écosystèmes. Nous perturbons leur équilibre de plus en plus vite, de plus en plus profondément. Mais un écosystème a besoin de temps pour retrouver son équilibre. Heureusement, des bio-indicateurs nous renseignent sur le temps qui reste avant d'avoir atteint les points de rupture. Quatre écosystèmes sont analysés dans l'exposition: les glaces, les eaux, les forêts et les sols. On y découvre leur état, les dangers qui les menacent, mais surtout comment les scientifiques les étudient et peuvent ainsi prévoir l'évolution de l'état de la planète. Le visiteur découvre ainsi comment les scientifiques «lisent» dans un grain de pollen, une diatomée, une carotte de glace ou une coupe dans un arbre.

Le temps des solutions. Pour de nombreux scientifiques, si notre impact sur la planète n'a pas été radicalement modifié d'ici à 2050, les générations futures devront sans doute faire face à des catastrophes dévastatrices pour beaucoup d'espèces vivantes, dont l'Homme lui-même. Il n'est donc pas - encore - trop tard, mais il est plus que temps de changer notre manière de vivre. Les solutions existent. Ce dernier espace veut forcer le visiteur à s'interroger avant de poser un acte, quel qu'il soit: se déplacer comme construire une maison ou acheter des aliments.

L'exposition *C'est notre Terre !* utilise des langages très divers. Mais il en est deux qui doivent être mis en évidence car ils forment à eux seuls deux parcours dans le parcours. Tout d'abord, une vingtaine d'œuvres d'art exceptionnelles, certaines réalisées pour l'exposition, traduisent le regard que des artistes contemporains posent sur le développement durable. Enfin, l'exposition est bâtie sur plusieurs niveaux de compréhension, dont l'un réservé aux jeunes enfants, les plus concernés, puisqu'ils devront vivre avec la Terre que nous leur laisserons. Ils devaient donc avoir «leur» exposition dans l'exposition. **H.D.**

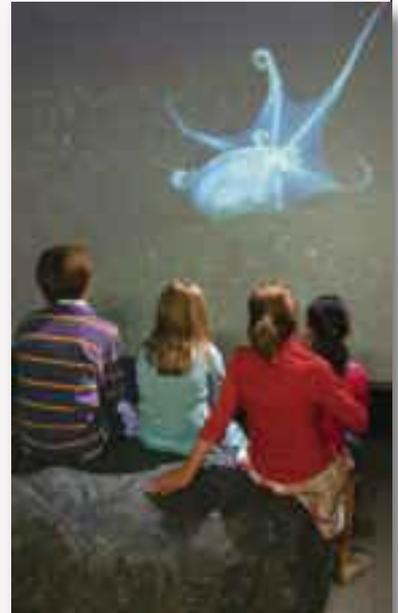
En pratique

Réalisée par *Tempora*, l'exposition est accessible tous les jours jusqu'au 26 avril 2009 sur le site de Tour et Taxis à Bruxelles. Plus d'informations: Téléphone: 02/549.60.49. <http://www.expo-terra.be>

La vie aux limites

Décidément en verve de nouveauté, le dynamique *Muséum des sciences naturelles de Bruxelles* propose une nouvelle exposition temporaire qui lui vaudra très probablement d'accueillir de nombreux jeunes visiteurs. «*Les survivants de l'X-TREME*» explorent les recoins les plus inhospitaliers de notre planète bleue: des coins très chauds, très froids, très profonds, très sombres, très secs ou... très pauvres en oxygène.

Et pourtant, il y a dans ces milieux des créatures animales ou végétales qui se sont adaptées aux circonstances. Le phoque résiste au froid par ses couches de graisse. L'oryx d'Arabie peut se passer de boire sans se déshydrater, mais le chameau est capable d'avalier 200 litres d'eau en 3 minutes après avoir passé quinze jours sans en absorber une goutte. Une espèce particulière d'oie survole l'Himalaya à 9 000 mètres d'altitude, où un humain pourrait étouffé. Dans le noir des abysses océaniques, un poisson lanterne attire ses proies en utilisant un dispositif lumineux qu'il porte sur le crâne. Et la grenouille des bois d'Amérique du Nord peut survivre à la congélation totale, grâce à des cellules gorgées de sucre qui protègent du gel ses organes vitaux. À découvrir sans modération jusqu'au 30 août 2009.



Les survivants de l'X-TREME est le fruit d'une coproduction entre le Centre de sciences Experimentarium (Copenhague- DK, le muséum Naturalis (Leyde - NL) et le Muséum des Sciences naturelles (Bruxelles - BE).

En pratique

Proche de la gare de Bruxelles - Luxembourg (accès par l'esplanade de l'Europe), le *Muséum des sciences naturelles* est situé au 29, rue Vautier. Il est accessible du **mardi au vendredi, de 9h30 à 16h45**; les **samedi, dimanche et en vacances scolaires hors juillet-août, de 10h à 18h**. Tarifs individuels de 2 euros (abonnés du Muséum) à 9 euros (visiteur adulte); tarifs groupes, à partir de 15 personnes: 5 euros pour les jeunes jusqu'à 26 ans et 8 euros pour les adultes. Gratuité le 1^{er} mercredi du mois à partir de 13h, sans réservation, pour les enfants de moins de 6 ans en famille et pour les enseignants munis d'un justificatif professionnel et les accompagnateurs des personnes handicapées. Renseignements complémentaires: contact info 24h/24: 02/627.42.38. et <http://www.sciencesnaturelles.be>.

Jean-Luc LÉONARD

Bon à savoir Bon à savoir

Une Europe de rêve a été décrite en quelques phrases par le commissaire à la recherche Janez Potočnik, à la fin de septembre, à Bruxelles, devant les industriels engagés dans la politique des *European Technology Platforms (Etp)*. Cette Europe idéale, le commissaire la voit empreinte d'un «*libre mouvement de la connaissance (...) avec des chercheurs circulant et interagissant librement à travers l'Europe; des universités et des organismes de recherche modernes, développant globalement leurs pôles de compétitivité et leurs réseaux pour produire une science et une technologie d'excellence; des conditions favorables pour tous les acteurs de la recherche et la possibilité pour le secteur privé, petites et moyennes entreprises incluses, d'accéder à des infrastructures de recherche de classe mondiale; et enfin, pour l'ensemble des Européens, le bénéfice des efforts menés pour résoudre les grands défis du futur; comme l'approvisionnement en énergie, la sûreté et la sécurité alimentaires et le changement climatique.*» Il est bon parfois de se laisser aller à voir la vie en rose...

Pour ramener son auditoire les pieds sur terre, le commissaire a évoqué les résultats de la première étude d'impact des *Etp*. L'évaluation est en effet une étape capitale des processus d'in-

novation. C'est la confrontation du rêve aux dures réalités. Pour ce qui concerne les *Plate-formes technologiques européennes*, cette évaluation peut être consultée (en français) à l'adresse suivante: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/technology-platforms/docs/tp_leaflet_fr.pdf

Les risques de leucémie ne sont pas significativement différents pour les enfants qui vivent à proximité de puissants émetteurs de radio et de télévision. C'est le principal résultat d'une étude épidémiologique conduite par l'*Institut de biométrie médicale, d'épidémiologie et d'informatique* de l'Université Johannes Gutenberg de Mayence (Allemagne) à la demande du *Bureau fédéral allemand de radio-protection*. L'étude a analysé 1959 cas de leucémie infantile (survenue avant l'âge de 14 ans) diagnostiqués entre 1984 et 2004 à proximité d'émetteurs en ondes moyennes ou en fréquence modulée. Elle ne révèle aucune variation significative du nombre de cas en fonction de cette proximité, ni en fonction du type de champs électromagnétiques impliqués (AM ou FM), ni en prenant en compte l'exposition supplémentaire aux ondes électromagnétiques occasionnée, après 1992, par la généralisation des téléphones portables. Encore une pièce à verser à un dossier très générateur de fantasmes et dont on peut supposer qu'il ne sera jamais clos. L'étude peut être consultée (en langue allemande) à l'adresse http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/epidemiologie/epidemiologie_abges/epi_015.html

Une «*erreur de 50 milliards d'euros*»: c'est en ces termes que le ministre italien du développement économique, parlant à une réunion de l'*Ocde* à Paris le 20 octobre dernier, a évoqué la fermeture des centrales nucléaires italiennes dans la foulée du référendum de 1987. Le ministre, Claudio Scajola, a confirmé que cette erreur allait être tardivement réparée par la construction d'une nouvelle unité nucléaire qui devrait commencer en 2013, le temps de mettre en place les dispositions légales, réglementaires et techniques adéquates. En attendant, a précisé le ministre, l'Italie qui produit son électricité à 60% au départ d'un gaz naturel principalement importé, pra-



tique des prix supérieurs d'un tiers à la moyenne européenne. À long terme, soit à l'horizon 2030, le pays natal d'Enrico Fermi entend rééquilibrer sa production d'électricité en l'assurant à hauteur d'un quart par l'énergie nucléaire et d'un quart par les renouvelables, laissant la moitié restante aux sources fossiles classiques.

Le vin rouge dont la consommation (modérée s'entend) est déjà liée à de multiples bienfaits, s'est vu attribuer une nouvelle vertu assez inattendue. Certains de ses composés pourraient protéger les cellules vivantes contre les dommages résultants de radiations. Une équipe de l'École de médecine de l'Université américaine de Pittsburgh (Pennsylvanie) a découvert les propriétés anti-radiations du resveratrol, cette fameuse substance anti-oxydante que l'on retrouve dans le vin rouge... et dans une série de végétaux dont on parle curieusement beaucoup moins.

Un multitest capable de détecter d'un seul coup de nombreuses sources possibles de contamination alimentaire: c'est ce qu'ambitionnent de développer les 17 partenaires (dont trois wallons) du projet de recherche européen *CONFfIDENCE*. Coordonné depuis l'Institut de sécurité alimentaire (Rikilt) de Wageningen (Pays-Bas), ce projet financé pour quatre ans vise à fournir une solution simple, rapide et bon marché pour détecter en parallèle autant de contaminants chimiques qu'il est possible dans une vaste palette de produits alimentaires. Ces substances toxiques ou suspectées de l'être comprennent bien entendu les pesticides et les polluants organiques persistants, mais aussi les médicaments vétérinaires (antibiotiques), les métaux lourds, les toxines et les mycotoxines. Les tests serviront aussi à surveiller l'alimentation animale et contrôler le transfert éventuel de contaminants nuisibles vers les œufs et la viande.

Les trois acteurs wallons impliqués dans cette ambitieuse recherche sont la firme liégeoise d'ingénierie *Unisensor*, le *Centre wallon de recherches agronomiques* de Gembloux (*Cra-W*) et le *Centre d'économie rurale* de Marloie (*Cer Groupe*). Le *Cra-W* apportera son expertise dans le développement d'une méthode de détection de l'ergot du seigle. Ce redoutable champignon toxique qui provoque la contraction des muscles et la constriction des vaisseaux sanguins et dont on dit qu'il a joué un grand rôle dans l'éclatement de la Révolution française, se retrouve de façon croissante depuis quelques années dans des échantillons de céréales ou d'aliments composés.

<http://www.confidence.eu>



Des faisceaux d'électrons peuvent se substituer aux traitements chimiques des semences agricoles pour les débarrasser des spores et virus malfaisants qui menaceront les futures récoltes. Le succès croissant des produits de l'agriculture biologique pose en effet un problème sanitaire: comment les protéger de leurs ennemis naturels sans recours à la chimie? L'institut Fraunhofer *Fep* pour les faisceaux électroniques et les plasmas, à Dresde, a conçu et développé un traitement propre à débarrasser les semences de divers parasites ordinairement combattus par des agents chimiques.

L'action des électrons sur ces micro-organismes est comparable à celle de la cuisson, qui les fait littéralement exploser, avec la différence notable que cet effet est obtenu ici sans augmentation de chaleur, ce qui préserve le pouvoir germinatif de la graine. Les chercheurs ont toutefois dû ajuster très précisément l'énergie des électrons utilisés pour ce bombardement microscopique. Le traitement est rapide: 200 000 graines nettoyées par seconde, soit 30 tonnes à l'heure, dans la station mobile (*la photo ci-dessus*) à travers laquelle cette innovation est mise à la disposition des utilisateurs. Elle peut aussi servir à stériliser les épices, les emballages ou les déchets de plastique. Adresse utile: <http://www.e-ventus.de>

Les nitrates dont on a dit pis que pendre pourraient contribuer grandement à la prévention des ulcères gastriques. C'est ce qui ressort de la thèse doctorale d'un jeune chercheur de l'université d'Uppsala. Joël Petersson a démontré, à la fois par la théorie et des expériences animales, que les nitrates, transformés partiellement en nitrites par l'action des bactéries de la bouche, ont pour effet indirect de stimuler les défenses naturelles contre l'ulcère de l'estomac. Cette

BEinGRID

Business Experiments in GRID est le plus grand projet de recherche mis sur pied en Europe pour exploiter les possibilités des technologies Grid, qui permettent d'accéder à des sources de traitement informatique de haute performance aussi facilement qu'on se branche sur le courant électrique. Une série d'applications pilotes, Better Business Using Grid Solutions, est disponible sur www.beingrid.eu/media.html ou via le site <http://www.gridipedia.eu>

action passe par la formation d'oxyde nitrique, qui augmente le flux sanguin et amplifie le renouvellement permanent de la muqueuse gastrique. Elle est particulièrement efficace pour contrer les effets négatifs bien connus sur l'estomac de la prise de médicaments anti-inflammatoires.

Les travaux du docteur Petersson réhabilitent donc les nitrates, dont la présence dans l'alimentation était erronément liée à un risque accru de cancer. Les expériences suédoises ont par ailleurs mis en évidence le danger d'un usage excessif des sprays antibactériens buccaux qui risquent, en altérant la flore digestive, de neutraliser l'action préventive des nitrates. Pour en savoir plus: l'étude complète peut être acquise (moyennant paiement) via le site <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1862237>

Le secret des racines a été percé par une équipe de recherche du Vib (Vlaams Instituut voor Biotechnologie) à l'Université de Gand. Cette équipe composée d'Ive De Smet et Valya Vasileva et placée sous la responsabilité de Tom Beeckman, a découvert la substance qui gouverne la formation des racines secondaires, lesquelles permettent aux végétaux de mieux se développer. Cette substance est une protéine appelée *AGR4* qui, en réaction à des signaux

reçus de l'environnement, déclenche le processus de formation des racines secondaires.

Cette découverte ouvre bien sûr la perspective d'un meilleur contrôle de la croissance des plantes. Ainsi, en amplifiant la production de radicelles, les plantes peuvent croître davantage en exploitant mieux les nutriments du sol, ce qui peut se traduire par une économie d'engrais. Elles peuvent aussi mieux résister à des conditions de sécheresse et, par un enracinement meilleur, résister à l'érosion. *A contrario*, la limitation des racines secondaires est un avantage indéniable dans la culture des plantes tubéreuses, comme la betterave sucrière ou la pomme de terre et facilite aussi les opérations d'arrachage.

Mais au-delà de cet intérêt agronomique, la découverte des chercheurs gantois met le doigt sur un mécanisme fondamental de la réplication cellulaire. Car la formation de radicelles suppose une division cellulaire asymétrique, semblable à celle qui est à l'œuvre dans les cellules souches mais aussi dans les cellules en voie de cancérisation. Des leçons pourraient donc être tirées de cette recherche au bénéfice de la santé humaine. Adresse utile (site bilingue néerlandais-anglais): <http://www.vib.be>

Les Scandinaves sont moins égaux devant la santé que les habitants de France, de Suisse, d'Allemagne ou du Benelux. Bien que les pays nordiques disposent des services de santé et de sécurité sociale les plus élaborés et les plus onéreux pour les finances publiques, ils restent marqués par des disparités plus grandes qu'ailleurs dans le domaine de la santé. C'est ce qui ressort d'une thèse doctorale défendue au *Sintef*, qui est un organisme norvégien indépendant de recherche. L'auteur de la thèse, le docteur Eikemo, attribue cette situation paradoxale à différents facteurs culturels, sociaux et historiques qui font que le système de sécurité sociale, si efficace soit-il, ne peut remédier à toutes les inégalités. Adresse utile :

<http://www.sintef.no>

Le Sahara était vert durant trois périodes distinctes des 120 derniers millénaires. Ces périodes correspondent à des changements dans l'axe de rotation de la Terre, qui ont intensifié le flux solaire sur la zone tropicale de l'Atlantique et décalé la mousson africaine vers le Nord, ce qui a augmenté les précipitations sur le grand désert, expliquent des chercheurs allemands. Adresse utile (en langue allemande): <http://www.uni-kiel.de/aktuell/pm/2008/2008-088-klima-sahara.shtml>

Jean-Luc LÉONARD
jl.leonard@skynet.be

À découvrir

Près de 150 sites archéologiques ont été sondés dans le sillage de la ligne Tgv qui traverse la Wallonie. Deux campagnes de fouilles ont été menées, l'une entre la frontière française et Tubize, l'autre sur les tronçons Hélecine-Ans et Soumagne-Raeren. C'est le fruit de cette dernière opération archéologique qui est exposé jusqu'au 17 décembre, à l'Université libre de Bruxelles (Ulb), à Bruxelles, après l'avoir été à Hélecine, Liège et Eupen. «*Les traverses du temps*», exposition ouverte du **lundi au samedi (11h-16h) à la salle Allende, campus du Solbosch (bâtiment F1), 22-24, avenue Paul Héger, Ixelles**. Entrée libre. Visites guidées sur réservation au 02/650.37.65. Adresse utile: <http://www.ulb.ac.be/philos/crea/>

Ce gobelet orné d'une scène de chasse provient du site gallo-romain des Quatre Abias à Waremme, et date du I^{er} siècle de notre ère. (Photo G. Hardy © Mrw).



Pollutions insidieuses :

des solutions sont possibles

«**C**hangeons de comportement». Ce slogan fait son chemin, réchauffement climatique oblige. Le faire pour cette raison est déjà une noble cause. Si, en plus, cela permet d'espérer vivre plus sainement, c'est encore mieux. Notre Terre est soumise à de nombreuses pollutions plus ou moins insidieuses. Certaines sont flagrantes et provoquent des catastrophes ponctuelles, comme les échouages de pétroliers (*Erika* en 1999, *Amoco Cadiz* en 1978, *Torrey Canyon* en 1967), ou les accidents majeurs, comme Bhopal en 1984, Seveso en 1976 ou Toulouse en 2001.

Mais beaucoup sont invisibles et d'autant plus pernicieuses. Elles peuvent s'installer et s'accumuler lentement mais durablement dans les organismes vivants et les écosystèmes, au point de les modifier et les perturber de façon irréversible. C'est leur lenteur à avoir des effets néfastes (parfois plusieurs dizaines d'années, ou même seulement chez les descendants) qui fait notre malheur. Cette lenteur tend à annihiler la notion de valeur seuil, c'est-à-dire la dose en dessous de laquelle une substance n'aurait pas d'effet. Elle empêche aussi les preuves irréfutables d'effets toxiques à long terme. Or, l'absence de celles-ci est assimilée par certains à une absence de risque ! Heureusement, scientifiques, médecins, travailleurs, autorités et même industriels ont peu à peu pris conscience des problèmes et tentent d'instaurer des solutions.

Dispersion des polluants

Frédéric Denhez dresse un tableau des pollutions innombrables qui empoisonnent lentement la vie. Avant de passer en revue différents types de polluants (métaux lourds, solvants, polluants organiques persistants, perturbateurs endocriniens), il définit les notions de toxicités aiguë et chronique, de valeurs limites d'exposition, de bioaccumulation. Il explique, schémas à l'appui, les mécanismes physiques et climatiques par lesquels de telles substances se répandent partout sur la planète, souvent pour longtemps et bien loin de leur point de départ. On les retrouve dès lors dans le sol, l'eau, la glace, la

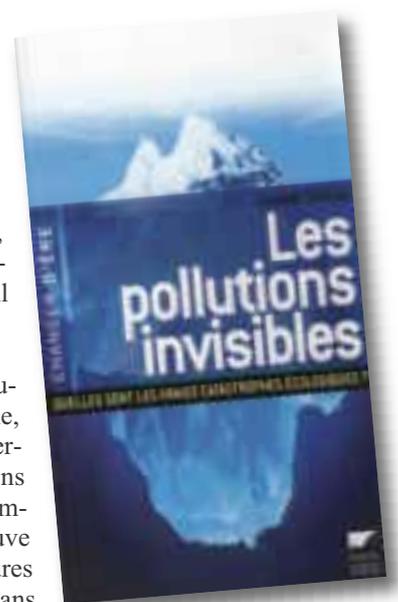
neige, les nappes phréatiques, l'air, les nuages, et finalement les produits alimentaires, les vêtements et les produits ménagers. Les courants marins, les vents, la pluie et les chaînes alimentaires répandent en effet tout, partout sur la Terre, jusque dans notre propre organisme. Nous sommes bel et bien tous embarqués à bord d'un même bateau...

Substances très préoccupantes

- Les **métaux lourds**, comme le plomb ou le mercure, sont tous toxiques. Ils sont cependant depuis toujours dans les roches à l'état naturel, et donc à la base d'une contamination naturelle causée par l'érosion et les éruptions volcaniques. Mais ces produits deviennent des facteurs de pollution et d'intoxication quand l'homme se met à en libérer de plus en plus, au point qu'ils ne peuvent plus être recyclés ou résorbés par l'écosystème naturel. Ils s'accumulent alors dans l'eau, l'air, le sol et les organismes et y resteront longtemps. Rappelons-nous la pollution par le mercure de la baie de Minamata, au Japon, au cours des années 1950. Dans une usine de fabrication d'éthanol, le mercure était utilisé comme catalyseur, puis rejeté à l'eau ! Les problèmes, des encéphalopathies (troubles cérébraux) gravissimes, ont commencé au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Les poissons étaient contaminés par le méthylmercure. Des personnes en meurent encore aujourd'hui, alors que le gouvernement japonais a interdit le rejet du mercure en mer... en 1966, il y a donc plus de quarante ans !

Les métaux lourds sont une quinzaine: aluminium, argent, arsenic, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, étain, fer, manganèse, mercure, plomb, nickel, zinc... Nous n'allons pas les passer tous en revue. Signalons simplement, à titre d'exemple, que l'on trouve toujours du plomb dans les vieilles peintures et les canalisations d'eau; du cadmium dans les piles, miroirs, plastiques, pneus, engrais, peintures, boues des stations d'épuration, fumées de cigarette; de l'étain dans les peintu-

Les pollutions invisibles, par Frédéric Denhez, Delachaux et Niestlé, Paris, 2007, 256 pages, 19 euros. L'auteur, titulaire d'un DESS en ingénierie de l'environnement, est journaliste et conseiller scientifique.



res pour coques de navires, etc. Or, ils sont (potentiellement) cancérogènes et/ou mutagènes et/ou reprotoxiques. L'Union européenne et le *Centre international de recherche sur le cancer* (CIRC/IARC) les appellent et les classent CMR: cancérogènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction.

• **Les solvants.** Avec le temps, il est apparu que certains produits - banalement utilisés à la maison et au travail - pouvaient être la cause de graves contaminations et intoxications: les solvants et autres composés organiques volatiles (COV), y compris de catégorie CMR, comme par exemple les éthers de glycol, le trichloréthylène ou le formol.

Ces produits sont plus ou moins biodégradables et leur demi-vie est faible. Il ne peut donc être

question de pollution que suite à un contact répété. Mais ils sont produits en grande quantité, vu leur facilité de fabrication et d'utilisation dans de multiples secteurs de l'industrie: la métallurgie, la chimie, l'informatique, la fabrication de peintures et vernis, la teinturerie, le nettoyage et la chaussure en sont quelques exemples. On les retrouve aussi dans nombre de produits domestiques: diluants de vernis à ongles, teintures capillaires, colles, encres, peintures, vernis, désodorisants d'intérieur, bois agglomérés, produits d'entretien, etc.

Autant dire qu'il y en a partout sur la planète: en Polynésie, dans tous les océans, dans l'air (où ils détruisent la couche d'ozone stratosphérique, qui nous protège des rayons UV), dans les chaînes alimentaires. Or, leur toxicité aiguë et chronique est aujourd'hui avérée: ils sont potentiellement CMR. Ils altèrent le système nerveux central et/ou périphérique et provoquent à la longue le syndrome psycho-organique pouvant conduire à la démence !

• **Les polluants organiques persistants** ou **POP**. Un des plus graves problèmes sanitaires auxquels l'homme est confronté réside, selon l'auteur, dans les POP. Les pesticides organochlorés comme le DDT, les PCB, l'agent orange - mélange de dérivés chlorés contenant des dioxines -, le gaz moutarde - ypérite ou dérivé de chlore et de soufre -, le sarin - dérivé fluorophosphoré - sont tous des exemples de polluants organiques persistants !

Pourquoi sont-ils si redoutables ? Ils sont, pour la plupart, constitués de molécules organochlorées fabriquées par l'homme à partir de carbone et de chlore. Ils sont très toxiques: même à doses minimes, ils perturbent la physiologie des êtres vivants, notamment les systèmes endocrinien et immunitaire et dérèglent le fonctionnement des biotopes. Ils sont quasi indestructibles et par conséquent très difficilement biodégradables. Ils sont volatiles et solubles et se répandent donc partout, y compris aux pôles. Ils s'accumulent particulièrement dans les graisses animales et humaines, au point d'atteindre des taux de concentration extrêmement élevés chez les animaux en fin de chaîne alimentaire, comme les ours blancs et les bélugas. Dans les années 1990, le gouvernement québécois a dès lors décidé de classer les cadavres des bélugas dans la catégorie des déchets toxiques ! Mentionnons encore les femmes inuits, vivant au-delà du cercle polaire arctique, à des milliers de kilomètres des sites industriels américains et européens. Leur lait maternel présente un taux de PCB cinq fois plus élevé que dans ces sites, dans une région *a priori* très peu polluée. Elles consomment en fait des poissons et des mammifères marins qui accumulent les polluants dans leur graisse !

Effets (éco)toxiques

Même si Frédéric Denhez étudie les effets chroniques, donc à long terme, il ne faut pas négliger les effets aigus, à court terme, comme, par exemple, les maux de tête, vertiges, nausées, irritations cutanées, allergies, oedèmes pulmonaires, voire décès.

D'autre part, remarquons que les produits issus de l'industrie chimique ne sont pas les seuls en cause. Des produits naturels peuvent aussi provoquer des cancers: les poussières de bois (sinus) et l'amiante (poumons) notamment, pour n'en citer que quelques-uns. Signalons aussi les gaz d'échappement des véhicules diesel, qui émettent des particules ultrafines (suies) plus ou moins retenues par les filtres: elles sont cancérigènes, car elles contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Mais ce qui intéresse l'auteur, ce sont surtout les effets à très long terme des produits issus de l'activité humaine. Les scientifiques ont eu l'attention attirée par des phénomènes anormaux apparus peu à peu, à première vue sans raison. Pensons aux coquilles d'oiseaux qui se fragilisent, aux organes sexuels des alligators de Floride qui s'atrophient, aux dauphins et cétacés qui s'échouent sur les côtes, aux loutrés qui disparaissent.



Pilote de détoxification biotechnologique de boues de peinture, procédé BPSD. (Photo: Ruhr-Universität Bochum).

À Seveso, personne n'est mort d'une intoxication aiguë à la dioxine: tout au plus les victimes ont-elles été exposées à des doses moyennes. Mais à long terme, la concentration de dioxines dans leur corps a des effets plus ou moins graves (malformations, cancers...), car les graisses continuent de libérer leurs dioxines dans le sang.

En France, le *Comité de la prévention et de la précaution (CPP)* estime que 1 800 à 5 200 cancers seraient (en partie) dus à la dioxine. Les effets des produits incriminés sont multiples: attaque du système nerveux (par les solvants, les métaux lourds), saturnisme (intoxication due au plomb), hydrargyrisme (intoxication due au mercure), atteinte du rein (par le cadmium), action sur le système de reproduction (par les reprotoxiques, comme les éthers de glycol), perturbation du système endocrinien (par les POP comme le DDT, la dieldrine, les phtalates présents dans les emballages plastiques ou les PCB), cancers, mutations génétiques (par les mutagènes, comme l'oxyde d'éthylène, stérilisant hospitalier), allergies, asthme, affections des voies respiratoires, etc.

Il est souvent difficile d'établir les causes directes et d'incriminer tel ou tel produit précis dans les atteintes à long terme: les doses sont souvent très faibles, au point d'être parfois difficilement mesurables. De plus, dans la vie quotidienne, nous sommes confrontés à des polluants divers qui interagissent pour générer d'autres polluants parfois plus dangereux encore. C'est bien là le problème des polluants invisibles: ils n'agissent pas à découvert, mais sabotent l'édifice.

Était-ce inévitable ?

Oui, du moins en partie. La pollution est une conséquence de notre mode de vie, qui tend vers toujours plus de confort, de facilité, de «progress». C'est la logique du productivisme: il faut toujours produire plus, plus vite et moins cher, pour gagner plus d'argent. Les détergents ont été accueillis comme des libérateurs des corvées domestiques, mais certains génèrent des dermatoses et des phosphates.

Les matières synthétiques (tissus, plastiques, caoutchoucs) rendent la vie plus facile et plus attrayante, mais ils sont à l'origine de sous-produits néfastes (et brûlent en émettant des toxiques). Les véhicules ont ouvert de nouveaux horizons, mais sont en partie responsables de l'effet de serre (CO₂), et aussi de maladies respiratoires, voire de cancers, à cause des fines particules riches en HAP émises par les gaz d'échappement diesel au ras du sol.

De A à Z...

Bioaccumulation: capacité d'un organisme à accumuler un composé à partir de l'environnement par tous les moyens possibles.

Biodégradation: dégradation d'une substance par des organismes vivants, souvent des micro-organismes.

Danger: propriété intrinsèque d'un agent chimique susceptible d'avoir un effet nuisible.

Demi-vie: temps nécessaire pour que la moitié d'un polluant disparaisse de l'organisme qu'il contamine.

Écotoxicité: toxicité potentielle d'une substance sur un écosystème ou une population naturelle de l'environnement.

Mutagène: provoque des mutations génétiques ou modifications sur des gènes ou des chromosomes.

Perturbateur endocrinien: substance qui perturbe le système hormonal d'un organisme animal ou humain.

Principe de précaution: principe selon lequel l'absence de certitude ne doit pas retarder l'adoption de mesures visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles.

Reprotoxique: toxique pour la reproduction.

Risque: probabilité de produire un effet dommageable dans des conditions déterminées (*voir encadré ci-dessous*).

Toxicité: capacité inhérente à un produit chimique d'exercer une action nuisible sur un organisme vivant. On parle de toxicité aiguë, à forte dose, responsable d'effets immédiats, et de toxicité chronique, c'est-à-dire à long terme et à dose trop faible pour avoir des effets immédiats.

Valeur limite d'exposition: concentration d'une substance chimique à laquelle la plupart des personnes peuvent être exposées sans subir d'effets nuisibles (pas les hypersensibles ou allergiques).

Composantes du risque chimique

Le risque d'un produit chimique (toxique) est déterminé entre autres par:

- sa nature: danger inhérent, par exemple, la toxicité;
- son état d'agrégation (solide, liquide, gaz) et, pour un solide, son état de division;
- ses propriétés de surface, formes cristallographiques, solubilités dans l'eau et les fluides biologiques et autres propriétés physico-chimiques;
- sa concentration (dose, avec distribution temporelle et spatiale);
- les circonstances d'emploi (fréquence et durée d'utilisation, conditions d'application, t°..., comportement de l'utilisateur, équipements et matériel utilisés et avoisinants, processus industriels employés) etc.

Le risque toxique d'un produit déterminé ne dépend donc pas seulement de sa toxicité inhérente (ou danger), mais aussi d'autres facteurs. Exemple: un solvant représente un risque (nettement) plus grand à l'état gazeux (vapeurs inhalables toxiques, voire en plus inflammables et/ou explosibles) qu'à l'état liquide (attention toutefois à la toxicité percutanée ou même par ingestion, suite à un accident, un manque d'hygiène !).

Pour en savoir plus

Willy De Craecker, *Glossaire des produits dangereux. Terminologie des fiches et banques de données de sécurité-hygiène, toxicologie et environnement*, Anpat-Prevent, Bruxelles, 1990, 64 pages, *Isbn 2-87112-015-3*;

Robert R. Lauwerys, *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*, 5^e édition, Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, 2007, 1252 pages, *Isbn 978-2-294-01418-5*;

François Ramade, *Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Les polluants: de l'environnement à l'homme*, Paris, Ediscience, 2000, 690 pages, *Isbn 2-84074-165-2*;

François Testud, *Pathologie toxique professionnelle & environnementale*, 3^e édition, Eska, Paris, 2005, 672 pages, *Isbn 2-7472-0757-9*;

Alain Viala et Alain Botta, *Toxicologie*, 2^e édition, Lavoisier, Paris, 2005, 1096 pages, *Isbn 2-7430-0678-1*;

Région wallonne - Dgrne: <http://mrw.wallonie.be/dgrne>

Centres for Disease Control & Prevention (US-CDC-IPCS):
<http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html>

Centre international de recherche sur le cancer - Monographies (CIRC/IARC): <http://www.iarc.fr>

Institut national de recherche et de sécurité (INRS) - Bases de données:
<http://www.inrs.fr>



Épurateur belge total d'eau souterraine polluée. (Photo: Greensan).

Le DDT a supprimé les criquets dans plusieurs pays. Il a débarrassé des régions entières des moustiques et de la malaria (ou paludisme) et donc sauvé des milliers de vies. Mais il intoxique gravement, se répand sur toute la Terre et s'accumule dans les organismes. De plus, les moustiques en question s'y sont accumulés, ce qui a pour effet d'annihiler son efficacité biocide ! On pensait que le développement technologique permettrait de contrer les effets néfastes éventuels... On est pourtant arrivé à un point de rupture entre les polluants générés par nos activités et la capacité qu'a la nature de les recycler ou les résorber.

Les scientifiques admettent de plus en plus que certains polluants agissent sur les organismes vivants, même à dose infime et parfois à très

long terme. Ils prennent en compte les notions de leur biopersistence ou persistance dans l'environnement, de leur concentration dans les tissus vivants et de leur bio-accumulation ou amplification dans les chaînes alimentaires. Les études (éco)toxicologiques se multiplient donc, les informations circulent de plus en plus. Certains industriels ont d'ailleurs déjà réagi. Citons, par exemple, le cas d'IBM, qui a banni dès 1995 l'utilisation des éthers de glycol, solvants reprotoxiques (CMR).

À l'avenir : quelles solutions ?

À leur tour, les pouvoirs publics et les organismes internationaux réagissent sous la pression des spécialistes, d'organisations diverses (écologistes, syndicales) et même de citoyens. Pensons à l'interdiction de certains produits (comme l'amiante ou le DDT), au remplacement de produits dangereux par d'autres qui le sont moins (comme dans l'essence et les peintures sans plomb), à l'instauration et au respect de normes et de valeurs limites d'exposition, aux mesures de prévention, fiches de données de sécurité, tri et recyclage des déchets, filtres et autres épurateurs, voire à l'application du principe de précaution.

Enfin, le règlement européen *Reach* (*Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals*) vise à nous protéger des risques dus aux produits dangereux, tout en assurant l'avenir technologique de l'industrie chimique européenne. Il oblige d'évaluer en détail les risques des substances avant leur mise sur le marché, selon un plan par étape. La recherche scientifique pourrait donc avoir de beaux jours devant elle pour l'évaluation toxicologique et aussi la mise au point de nouvelles méthodes d'épuration et de molécules moins délétères. Ce pourrait être une révolution dans la lutte contre les polluants. *Reach* tient compte de leur persistance dans l'environnement, de leur bio-accumulation et de l'effet des doses très faibles. Ce vaste programme coûte cher aux entreprises et à la société, mais il a le mérite de s'insérer dans la nécessité de devoir changer de mentalité, pour vivre en meilleure santé.

En conclusion, la solution à des problèmes aussi complexes ne peut pas être simple. Cet ouvrage est toutefois un bon outil d'analyse et d'amélioration de l'efficacité des interventions possibles, à condition toutefois de le compléter à l'aide d'ouvrages et sites de référence, comme ceux mentionnés dans l'encadré.

Christiane
DE CRAECKER-DUSSART
c.decraecker@skynet.be

Blanche ou brune ?



Pour chacun d'entre nous, la graisse est blanche. Enfin, presque. Et dans tous les cas, cette graisse-là a plutôt mauvaise presse pour l'humain dans un contexte de plus en plus accentué de surpoids et d'obésité. Elle est stockée dans des cellules spécialisées, les adipocytes, dont 80% sont situées sous la peau.

Cette graisse-là est une réserve d'énergie dont l'objectif est essentiellement salubre: elle permettrait de résister à des conditions de privation énergétique. Problème: ces conditions n'ayant plus réellement cours depuis longtemps dans nos pays occidentaux, l'accumulation tend à devenir de plus en plus évidente.

Ce qu'on ignore souvent, c'est qu'il y a une «autre» graisse. Celle-là est brune et est connue depuis longtemps. Au XVI^e siècle déjà, le naturaliste suisse Konrad Gessner identifiait un tissu gras brun, disant de lui qu'il n'était pas vraiment de la graisse et pas vraiment du muscle non plus. Visionnaire, Gessner ? Presque; il anticipait par cette simple observation des découvertes récemment faites par des chercheurs très contemporains.

Si les cellules qui contiennent de la graisse blanche sont hautement énergétiques, les autres - brunes - ont en revanche une tendance très nette à dissiper l'énergie, essentiellement sous forme de chaleur. Les fonctions respectives de ces deux types cellulaires sont par conséquent pratiquement opposées. Mais ce n'est pas tout: on vient de mettre en évidence une origine embryonnaire commune entre ces cellules à graisse brune et les myocytes qui composent les muscles ! L'observation anatomique de Gessner était donc tout à fait pertinente.

On vient également d'identifier le facteur qui permet au précurseur embryonnaire commun de devenir tantôt une cellule brune, tantôt une cellule musculaire: c'est un facteur de transcription génétique appelé *PRDM16*. Inhibé, il favo-

rise l'apparition du muscle; dans l'alternative, il devient une cellule qui dissipe l'énergie. Le lien est donc particulièrement étroit.

S'il n'existe en revanche pas d'origine commune entre les cellules à graisse blanche et à graisse brune, il est apparemment possible de passer des unes aux autres; des observations du fonctionnement métabolique ont permis de s'en rendre compte. On n'en connaît pas encore le mécanisme exact, mais il paraît évident que des chercheurs vont s'appliquer à l'identifier. Car on tient peut-être, avec ces agents de transformation encore à identifier, la possibilité de faire «brûler» les graisses blanches en excès. C'est une solution potentielle - fut-elle partielle - à quelques excès pondéraux et à quelques pathologies associées, comme le diabète ou quelques altérations cardiovasculaires. On n'en n'est pas encore là, on s'en rend compte, mais une piste d'exploration et de traitement semble identifiée. On verra bien assez tôt quel crédit lui donner. **Nature 454: 948-949 et 961-964.**



Des poumons de Frédéric Chopin

Frédéric Chopin (1810-1849) avait tout d'un romantique, jusque dans sa mort à la fleur de l'âge, à moins de 40 ans. Conformément à ses souhaits, son cœur a été rapatrié de Paris à Varsovie, dans sa Pologne natale. Dans un bocal rempli de cognac, pour la conservation et pour l'anecdote.

Pour l'histoire officielle, il est mort de tuberculose, ce qui est également bien dans l'esprit de l'époque. Mais à l'examen rétrospectif de ce qu'on connaît du personnage, des pathologistes contemporains mettent en doute cette réalité et penchent plutôt pour une forme génétiquement

atténuée de mucoviscidose. Petit par la taille et de stature frêle, le génial compositeur et interprète présente en effet des signes qui pourraient correspondre à une maladie bien connue, y compris sur le plan génétique.

C'est précisément de génétique dont il est question aujourd'hui à propos de Chopin. Puisque son cœur est conservé dans un bon état apparent, l'idée est d'en prélever un tout petit fragment pour en étudier l'ADN. Le gène responsa-

ble de la mucoviscidose est connu depuis plus de 20 ans; les spécialistes n'auraient donc aucun mal à confirmer ou exclure cette pathologie chez le musicien. Cela ne changera rien pour l'intéressé, évidemment, mais cela pourrait être une information à annoncer à tous les mélomanes en 2010, année du bicentenaire de la naissance de l'artiste. Une façon de faire rimer, en un commun accord, génétique et (polonaise) héroïque. **Science 321: 181.**

o o o

Embryon gourmand



On considère généralement que la vie commence à la conception et qu'elle se termine avec la mort. Ce n'est conceptuellement pas faux, encore que sur le plan biologique, il y a bien entendu «quelque chose» de bien vivant avant la conception: l'ovule et le spermatozoïde, notamment. Or, ce n'est pas anodin sur le plan métabolique puisque ces cellules sont issues d'organismes qui diffèrent à de nombreux titres, et que l'ovule doit soutenir le développement du tout jeune embryon, avant que celui-ci ne se prenne lui-même en charge.

Ce dernier ne gère en effet pas sa propre vie autonome dès la fécondation, mais bien un peu plus tard. Ce qui concerne les processus liés à la fécondation, à la fusion des deux

noyaux, à la première division n'est en effet possible que parce que le métabolisme de l'ovule - guidé par la seule génétique de la future mère - l'a rendu possible. Ce n'est d'ailleurs pas pour rien que, plus grosse cellule du corps humain, l'ovule est riche de nombreux constituants «utilisables». Ce n'est qu'ensuite que l'embryon nouvellement formé, et doté d'un génome qui lui est propre, peut prendre en charge sa propre destinée métabolique.

Ce qui paraît si simple à dire est beaucoup moins simple à gérer pour la cellule primordiale et ses filles immédiates puisque deux ensembles de protéines d'origines génétiques différentes risquent de cohabiter un moment pour guider les mêmes fonctions; des protéines, mais aussi les ARN qui permettent leur transcription. La cellule doit donc composer avec cette «anomalie» et elle le fait en éliminant, passé un certain cap, tout ce qui est encore d'origine strictement «maternelle».

Comment le fait-elle? Par autophagie; un processus qui permet à la cellule d'éliminer de façon sélective une partie d'elle-même; en l'occurrence toutes les protéines d'origine ovulaire et donc maternelle; et dans la foulée, les ARN qui permettent leur transcription. Cette autophagie procède d'un processus complexe mais bien rodé: une (grande) vacuole - l'autophagosome - se forme dans la cellule concernée; les substances à éliminer y sont déversées et les lysosomes, ces petits sacs d'enzymes de dégradation, y apportent alors leur propre contenu enzymatique. Résultat: protéines et ARN sont dégradés et recyclés.

Le problème est que ce qui paraît simple en théorie l'est beaucoup moins en pratique et cette étape délicate de transition peut poser problème. Elle mène parfois à un arrêt total du développement vers le quatrième jour chez l'embryon humain, deux jours plus tôt chez la souris comme en a apporté la preuve une recherche récente. Ce «passage de témoin» est évidemment sous contrôle génique et en particulier sous celui du gène *atg5*. Il apparaît notamment que si ce processus d'autophagie ne se produit pas (car expérimentalement supprimé), l'embryon ne peut tout simplement pas progresser au-delà de la seconde division.

Mais il y a plus: depuis l'ovulation jusqu'à l'implantation du blastocyste dans l'utérus, tout ce qui est nécessaire au développement du tout jeune embryon doit être contenu dans l'ovule originel. Il n'y a en effet aucune «alimentation»

extérieure pendant ce temps. Le recyclage de ce qui n'est pas indispensable au fonctionnement cellulaire doit donc idéalement être rigoureusement opéré. Et c'est exactement ce qui se passe: puisque les molécules maternelles deviennent gênantes, elles sont lysées puis leurs produits de dégradation servent à recomposer d'autres protéines notamment. C'est aussi simple.

Cela signifie en particulier qu'un jeune produit de conception qui se développe et qui passe le cap des premiers jours de vie autonome, a vraisemblablement bien éliminé les protéines codées par les gènes maternels. Ce qu'on sait, toutefois,

c'est que c'est la fécondation elle-même - la pénétration du spermatozoïde dans l'ovule, donc - qui induit le processus. Qu'en est-il de l'insémination assistée ou *ICSI (1)* si souvent pratiquée aujourd'hui en matière de PMA ? Puisque des enfants naissent et semblent en tous points normaux, on peut raisonnablement penser qu'aucune altération du processus ne soit induite lorsque la chaîne de réactions biochimiques «naturelles» est remplacée par le franchissement membranaire d'une pipette de verre effilée. Mais une fois encore, on ne le découvre qu'*a posteriori*... **Science 321: 117-120.**

(1) Pour rappel, l'ICSI est cette méthode qui consiste à introduire mécaniquement un spermatozoïde au sein même de l'ovule à féconder.

Ne leur manque que la **parole**, vraiment ?

L'humain a un peu vite tendance à penser qu'il est le seul à parler. C'est vrai pour ce qui est du langage articulé, mais beaucoup moins pour ce qui concerne l'expression, faite d'un ensemble de cris, de sons plus ou moins modulés. Ces moyens de communication intra- et interspécifiques se perdent dans la profondeur des voies évolutives, si on s'en tient aux vertébrés en tout cas.

Si les primates ont un «langage», c'est aussi le fait des oiseaux, des mammifères - terrestres et marins, comme les cétacés - mais aussi des poissons. Le type de «langage» de ces derniers ne repose pas sur une modulation de sons par le larynx ou le syrinx - ce dernier étant propre aux oiseaux - mais bien par un mécanisme plus profond. Certains poissons disposent en effet d'un organe interne, la vessie natatoire, qui leur permet notamment de se maintenir à un niveau de profondeur qui convient à leur vie optimale. Cette poche d'air est dotée de muscles capables de vibrer à très haute fréquence; il s'agit même des seuls muscles connus chez les vertébrés capables d'atteindre 200 Hertz, soit 200 contractions/décontractions à chaque seconde. Résultat: les vibrations générées sont transmises à la vessie qui fait office de caisse de résonance; le tam-tam dans des profondeurs en quelque sorte.

Des chercheurs ont tenté de savoir si les modes d'«expression» propres aux vertébrés avaient une origine évolutive commune. Il semble bien que oui et celle-ci se situerait il y a plus de 400 millions d'années. Le centre de la «vocalisation» serait même situé, pour tous les ani-

maux qui communiquent, dans la même partie du cerveau postérieur et de la moelle épinière, un élément qui semble confirmer l'origine commune de ces modes d'expression, lesquels se sont ensuite spécialisés. On note d'ailleurs que ce ne sont pas les mêmes nerfs qui permettent une transmission de l'influx neuronal vers les muscles responsables de la vocalisation: nerf occipital pour les poissons, hypoglosse pour les oiseaux et vague pour les batraciens et les mammifères. L'adaptation évolutive est évidemment passée par là.



Si on croit savoir aujourd'hui que l'acquisition d'un centre nerveux propre à l'expression est antérieure à 400 millions d'années, n'est-elle pas en réalité plus ancienne encore, sans qu'il n'y ait eu pendant longtemps de manifestation sonore directement associée ? En d'autres termes, la question qui se pose est de savoir comment la fonction a été acquise. Dans un premier temps, les poissons osseux (squales, raies, etc.), plus archaïques que ceux qui disposent de la vessie natatoire évoquée, vont être mis à contribution. On cherchera aussi à comprendre pourquoi certaines espèces - telle que la nôtre - n'acquiescent pas d'office leur mode d'expression, mais doivent passer par une phase préalable d'apprentissage. Bref, il y a encore quelques belles heures de recherche en perspective pour les spécialistes du sujet. **Science 321: 347-348.**

L'expression intelligente du dauphin a surtout été popularisée par les séries télévisées et notamment par le mythique Flipper, cher à une génération de téléphiles.

Du nez des oiseaux

Que les oiseaux aient un sens olfactif n'est pas douteux. En revanche, on pensait jusqu'ici que ce sens-là n'était pas fondamentalement développé, par comparaison notamment avec la vue.

Il faut revoir, là encore, la conception en la matière. Une étude menée chez une perruche, le kakapo (*Strigops habroptilus* - la photo) rapporte que 82% des gènes qui codent pour des récepteurs olfactifs sont fonctionnels, preuve sans aucun doute du fonctionnement des récepteurs en question. Jusqu'ici, on évaluait à 15% seulement la proportion des gènes activés.



Si de neuf espèces étudiées de ce point de vue, c'est le kakapo qui semble avoir le plus fin nez, les autres font eux aussi état de scores élevés. Quelles odeurs perçoivent-ils en priorité ? Ça, ça reste encore à identifier. **Nature 454: 370.**

Sus aux castors !



Dégâts causés par les castors, en Argentine, près de la ville d'Ushuaïa.

Le castor est un animal peureux, qui vit à l'écart des humains et qui est plutôt besogneux. C'est précisément cette dernière caractéristique - est-ce une qualité ? - qui le rend parfois désagréable aux yeux des humains. Il ronge, abat des arbres, construit des barrages sur des cours d'eau en tous genres, bref, il influe sur l'environnement d'autant plus qu'il n'y a pas de frein réel pour endiguer son action.

Et c'est précisément ce qui arrive en Terre de Feu, la partie la plus australe de l'Amérique latine. Importés du nord du continent en 1940 pour initier en Argentine une industrie de la fourrure, une cinquantaine de ces animaux (*Castor canadensis*) se sont rapidement implantés dans cet environnement nouveau qui, selon toute vraisemblance, répondait parfaitement à leurs exigences. Sans réel prédateur local, ils se sont multipliés à un point tel qu'aujourd'hui, il faut penser à les éradiquer. Totalemment. Les 16 millions

d'hectares de forêt qu'ils ont investis (plus de cinq fois la surface de la Belgique) ont été transformés, disent les spécialistes, en un véritable champ de bataille. Les arbres sont abattus en très grand nombre - la plupart ne repoussant pas par la racine - et le réseau hydrographique est massivement modifié dans sa topographie par l'érection de digues et barrages. La situation actuelle apparaît clairement comme un désastre écologique auquel il faut apporter un remède radical.

Une campagne d'éradication est donc programmée et elle suscite débat. Pas vraiment parce que des défenseurs du rongeur veulent s'y opposer, mais plutôt parce que des spécialistes pensent qu'il est impossible de mener cette campagne de destruction à son point ultime. Or, laisser un seul couple de castor suffit bien entendu à faire renaître le problème. Est-ce possible ? Les autorités politiques le pensent en tout cas et une chasse très orientée va être initiée. Elle a des précédents; on vient en effet d'éradiquer les populations dévastatrices de chèvres sur l'archipel des Galapagos. Or elles étaient 140 000 alors que la population des castors argentins est estimée à 100 000. La logique des chiffres n'est toutefois pas la seule à prendre en compte: débusquer le timide rongeur, souvent enfoui dans des nids calfeutrés est autre chose que retrouver une chèvre qui cherche peu à se cacher. Un avenir proche devrait nous confirmer si oui - ou non - la mission a été menée à bien.

Le monde est ainsi fait que ce qui pose problème aux uns est vivement recherché par d'autres. Un exemple vient d'un de nos proches voisins. L'Écosse est en effet sur le point d'importer du continent européen les castors qui ont quitté son territoire il y a quatre siècles: des castors qui habitaient depuis toujours cette terre dont ils ont disparu sous la pression d'une chasse sans contrôle. Même exterminés dans le grand sud américain, le castor n'est donc pas à ranger parmi les animaux en voie d'extinction. **Nature 453: 968.**



Suicide domestique

L'autorisation du port d'armes à feu est constitutionnel aux États-Unis, atavisme séculaire d'une colonisation souvent gagnée à la faveur de la violence. Un ménage américain sur trois possède par conséquent aujourd'hui une arme au moins. Cela pourrait n'être qu'un moyen de sécurité latent, accessible «au cas où». On sait toutefois, à la simple lecture des faits divers, que les occasions de s'en servir se trouvent dès qu'on les cherche et n'ont parfois qu'un lointain rapport avec l'autodéfense.

Le suicide fait partie de ces occasions. Des études ont en effet montré que la moitié de ceux qui sont perpétrés par des Américains le sont

avec une arme à feu; et compte-tenu de l'efficacité du procédé, ces suicides-là sont le plus souvent réussis. Chez les plus jeunes, âgés de 40 ans et moins, le suicide représente même la seconde cause de mortalité.

On pourra objecter que celui qui cherche à mourir y arrive qu'il ait une arme à feu ou non. Ce n'est qu'à moitié vrai. D'abord parce que, comme des études l'ont montré, le risque de suicide est 2 à 10 fois plus élevé lorsque les individus savent une arme à proximité. Ensuite, on sait aussi, grâce au témoignage de ceux qui se sont «ratés», que 30 à 80% des suicides répondent à un geste impulsif.

Avoir une arme à feu à disposition permet une mise en application immédiate et généralement définitive. En contrepartie, se jeter du haut d'une tour ou sous le train demande une démarche plus longue et structurée qui peut mener l'une ou l'autre à renoncer ou postposer son geste. Enfin, si les tentatives de suicide sont moins nombreuses chez l'homme que chez la femme, elles sont généralement plus abouties. C'est vrai que la tradition du port d'arme - même au-delà des militaires - est surtout une affaire de mecs. Un signe de virilité, vraiment ? *N Engl J Med* 359 (10): 989-991.

Un foie, deux reins...

Notre système organique est par essence fondamentalement intégré et, lorsqu'un organe dysfonctionne, d'autres qui n'ont *a priori* pas de liens immédiats, peuvent eux aussi voir leur propre fonction altérée.

C'est une réalité qui est connue depuis longtemps entre foie et reins; une altération grave du foie peut entraîner une complication annexe de la fonction rénale, notamment via une augmentation de l'hormone antidiurétique. C'est ce qui explique la présence d'ascite - une rétention de fluide extracellulaire - chez des personnes atteintes de cirrhose à un stade avancé.

Lorsqu'un foie est sévèrement endommagé, la solution thérapeutique tient le plus souvent à la greffe d'organe. Dans ce cas et sous réserve d'une amélioration du contexte métabolique général, le problème se trouve en principe solutionné. Mais ce n'est pas si simple: l'offre (d'organes) est considérablement inférieure à la demande, ce qui crée des listes d'attente parfois importantes. On estime par exemple aux États-Unis à 16 000 le nombre de malades en attente

de greffe de foie, quand 6 000 greffes seulement sont possibles chaque année.

Non seulement il existe donc de longues listes d'attente, mais on a logiquement établi des règles de priorité basées sur des scores métaboliques précis qui tiennent compte de la concentration sanguine en certains «marqueurs» de l'activité hépatique tels que la bilirubine, la créatinine et la prothrombine; les plus mauvais scores étant évidemment aussi ceux qui correspondent à l'espérance de vie la plus courte et par conséquent à l'urgence la plus grande pour la greffe.

Des auteurs tendent aujourd'hui à ajouter à ce score exclusivement hépatique un élément plutôt lié à la fonction altérée du rein: l'hyponatrémie, la trop faible concentration sanguine en ion sodium (Na^+). Ce lien est évident et connu des internistes. On sait aussi qu'un mauvais score l'est d'autant plus en matière de gravité quand la teneur en sodium est inférieure à 125 millimoles par litre de sérum. Le problème est que, malheureusement, ce dernier élément est aussi de mauvais pronostic en cas de greffe, avec une mortalité plus rapide ou la survenue de complications post-opératoires.

Un choix pratiquement cornélien s'impose par conséquent face à l'état d'un patient qui espère une greffe. Compte tenu de l'attente imposée par la pénurie chronique d'organes disponibles, c'est une mort prématurée qui règle parfois simplement le problème... *N Engl J Med* 359 (10): 1060-1061.

Jean-Michel DEBRY
j.m.debry@skynet.be

Une ferme, des labos et des projets . . .

Créer des emplois toujours plus qualifiés et améliorer la qualité de vie grâce à une nouvelle gestion des ressources du monde agricole et de ses industries en amont comme en aval. À la grosse louche, telles sont les ambitions du Centre pour l'agronomie et l'agro-industrie de la province de Hainaut, en abrégé Carah



Il n'y a qu'ici qu'un tel Centre pouvait être créé: au cœur du Pays vert et à l'initiative de la province de Hainaut, la première province agricole du pays ! Thudinie, Botte, Pays des Collines, Pays vert, des terroirs qui fleurissent la passion des bonnes choses de la vie, le savoir élever aux champs, celui de produire à la ferme ou dans une industrie agroalimentaire de qualité supérieure.



L'analyse des ARN messagers doit permettre de distinguer les différents cultivars de blé.

Des traditions garantes aujourd'hui d'une technologie pensée par des femmes et des hommes qui ont la fibre agricole ou l'agriculture et l'horticulture dans leurs gènes ! Bref, du grain à moudre pour un centre comme le Carah ainsi que pour la Haute-école provinciale du Hainaut occidental (Hepho) à laquelle il est attaché. «*Si nous sommes le centre agronomique de recherche appliquée de la Haute-école, nos laboratoires sont également au service du monde rural, des agro-industries, de l'industrie agro-alimentaire, des particuliers et des pouvoirs publics. Les laboratoires du Carah sont par ailleurs l'un des services agricoles de la province de Hainaut. Encouragés par la Haute-école, les travaux du Carah permettent aux professeurs de rester à la pointe des sciences et des technologies, ce qui les aide à former des étudiants dont la valeur du diplôme garantit une brillante carrière tout en assurant l'aura de notre école*», explique Michel Van Koninckxloo, directeur-président de la Hepho.

Aura et matières se rejoignent d'ailleurs pour offrir aux étudiants un choix en adéquation avec les besoins actuels et prévisibles du marché de l'emploi. On peut ainsi sortir de la Hepho avec le titre de bachelier en agronomie dans une des finalités suivantes: techniques et gestion agricoles ou horticoles; environnement; agronomie des

régions chaudes; forêt et nature; agro-industries et biotechnologies ou encore avec le diplôme de bachelier en chimie avec éventuellement une spécialisation en biochimie ou biotechnologie. Enfin, depuis cette rentrée académique, la Hepho a ouvert une formation en biotechnique dans la finalité biomécanique et biomatériaux. La Haute-école forme également des masters en sciences de l'ingénieur industriel en agronomie dans les finalités agro-industrie; agronomie et gestion du territoire ou encore en horticulture.

Une aubaine scientifique

Les fondations du Carah sont donc solides ! Elles supportent d'ailleurs plusieurs projets dans le cadre des *First HE* et *First entreprises* de la Région wallonne. À chaque fois, le projet gravite autour d'un besoin régional dont la réponse s'ouvre sur des perspectives internationales.

Le blé, céréale largement cultivée dans le monde, en Europe et en particulier dans nos provinces wallonnes, est souvent associé dans l'inconscient collectif à la prospérité, sans doute parce qu'il est à la base de notre alimentation. La protection de cette culture contre les maladies fongiques et les ravageurs en général constitue un des soucis majeurs des agriculteurs. Les sociétés semencières travaillent en priorité à la création de variétés toujours plus performantes afin d'accroître la productivité, la résistance aux pathogènes et dans le but d'obtenir la meilleure adaptation possible aux conditions pédo-climatiques.

Dans ce contexte, une caractérisation précise des variétés est indispensable pour l'inscription des nouveaux cultivars dans les catalogues nationaux et internationaux ainsi que pour assu-

rer leur traçabilité. Actuellement, l'identification des variétés repose essentiellement sur un descriptif de caractères phénotypiques. Le recours aux marqueurs génétiques (marqueurs situés sur l'ADN des plantes) offrirait des critères d'identification variétale plus stables et certainement plus fiables. Cependant, peu de données génétiques sont disponibles à ce jour, en raison de l'extrême complexité du génome du blé. Avec l'aide de la Région wallonne et d'un partenaire industriel, la société *Jorion sa*, le *Carah* a lancé le projet *Wheatex* qui vise à comparer l'expression des gènes à partir de l'analyse des populations des ARN messagers pour différents cultivars de blé, adaptés à des conditions pédo-climatiques très différentes. Ne nécessitant aucune donnée préalable sur des séquences de gènes spécifiques, c'est tout naturellement vers la technique *cDNA-AFLP* que s'est tourné le centre pour lancer cette initiative dont la réponse intéresse au premier chef les producteurs de semences.

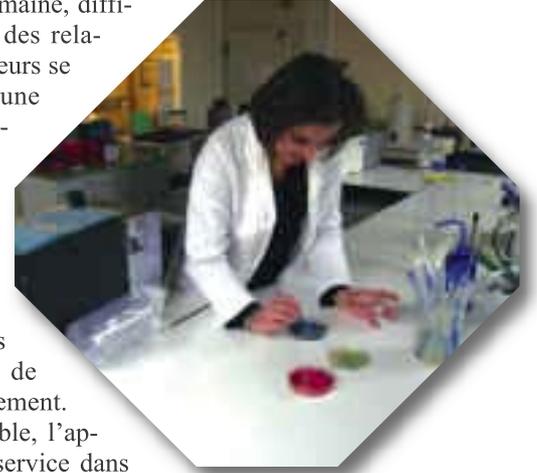
Une alimentation équilibrée

Chacun sait que nous mangeons autant avec nos yeux qu'avec notre palais. Aussi, aimons-nous nos frites bien dorées ! C'est-à-dire, ni trop pâles, ni trop foncées ! Question de dextérité en cuisine ! Pas si évident. Donner la frite à nos frites est d'ailleurs le casse-tête de tous nos industriels de l'agroalimentaire ! S'il y a à traiter l'aspect organoleptique, il y a aussi l'aspect toxicologique. En effet, le passage en friture de la pomme de terre génère une molécule potentiellement toxique: l'acrylamide formée essentiellement au départ du glucose accumulé lors de mauvaise condition de stockage et dont les sucres provoquent des réactions responsables de la coloration de la friture. En d'autres termes, le brunissement de nos frites est intimement lié à leur teneur en acrymalide.

D'où l'idée du *Carah*, d'initier un *First Haute-école*, avec *RoviTech*, comme partenaire industriel et l'Université catholique de Louvain (Ucl) comme partenaire scientifique. Appelé à juste raison *Acrytox*, ce projet a permis le développement d'un appareillage d'imagerie neuronale pour la mesure de la qualité organoleptique et toxicologique des pommes de terre frites. Son but est de pallier un test douteux basé sur la cuisson de 20 frites prélevées au centre de 20 pommes de terre pour un contrôle de coloration visuel dont la fragilité est d'être liée à la subjectivité d'un opérateur et à des problèmes de reproductibilité des résultats pour un même opérateur !

C'est donc à ce niveau que se portèrent essentiellement les efforts des partenaires du projet

Acrytox. Ils ont développé un programme informatique d'intelligence artificielle particulièrement innovant qui allie analyse d'images et réseaux neuronaux artificiels afin de remplacer cette étape humaine du protocole d'analyse. Si la technologie pouvait répondre aisément à cette issue, restait toutefois la complexité de l'évaluation visuelle humaine, difficilement modélisable par des relations linéaires. Les promoteurs se sont donc dirigés vers une solution d'évaluation intégrant des réseaux neuronaux artificiels, réputés pour leurs performances en environnements complexes non linéaires et leurs capacités à donner des résultats corrects lors de situations différentes de celles utilisées à l'entraînement. Maintenant commercialisable, l'appareil devrait prendre du service dans les lignes de fabrication de frites des géants de l'industrie de la pomme de terre.



Le Carah est accrédité ISO 17025 pour les analyses bactériologiques et chimiques.

Trop riche et parfois déséquilibrée entre les sucres, les graisses et les protéines, notre alimentation est sous les feux d'une certaine critique depuis plusieurs années déjà. Il est intéressant de constater que c'est finalement le monde agroalimentaire qui, prenant le taureau par les cornes, entend prévenir nos maux par des aliments encore plus sains et mieux équilibrés.

Activités tous azimuts

Lancé par le *Carah* avec comme partenaires industriels les *Établissements Sibille* et *CoPro-Sain*, le projet *Megalap* s'intéresse aux acides gras polyinsaturés en production animale. Plus concrètement, il planche sur des acides linoléiques conjugués formant un mélange d'isomères géométriques présentant des actions cellulaires et physiologiques bénéfiques sur notre santé en inhibant la progression et la pathogénie de l'athérosclérose avec même un effet anti-carcinogène à forte dose ! Ainsi, l'objectif de *Megalap* est d'arriver à développer les savoirs utiles à la production d'une viande de qualité riche en ces isomères, par l'étude des effets de régimes alimentaires enrichis de ces molécules sur les aspects zootechniques de production et les caractéristiques technologiques et organoleptiques de leurs viandes.

Avec le projet *Vegeled*, le *Carah* envisage l'optimisation de l'éclairage des cultures sous serres par des diodes électroluminescentes (Led). Pour l'*Afsca*, il participe à un programme fédéral d'évaluation de la présence de nématodes

de la pomme de terre susceptibles d'entraver sa culture et sa commercialisation internationale. Les projets se suivent, compétences et savoir-faire s'additionnent. On peut donc dire que le Carah s'active tous azimuts et bien au-delà des First. «Nous donnons des conseils aux agriculteurs en matière de fertilisation de leurs terres et d'utilisation des pesticides. Nous accueillons en stage d'agronomie les bio-ingénieurs de l'Université libre de Bruxelles (Ulb) ainsi que des doctorants étrangers venant d'Ukraine, d'Espagne et du Portugal, participons à des projets de coopération au Congo et au Burkina Faso,



aidons les entreprises dans leurs démarches de qualité, assistons techniquement et technologiquement les producteurs laitiers, etc. Et si, comme on le voit, nos activités sont axées principalement sur les agro-industries et l'agroalimentaire, elles se développent également et de plus en plus dans les niches environnementales. Je me dois encore de citer les cours de formation continue donnés aux agriculteurs et qui complètent

de manière judicieuse l'apport de notre structure à l'essor de la ruralité. Au total, notre Centre vit donc des synergies qu'il stimule, entre les activités d'enseignement de la Haute-école et ses travaux de recherche et de services à la collectivité et au monde rural», conclut Michel Van Koninckxloo.

Connaître la terre

Lovée au cœur d'un domaine de 70 hectares en plein Pays vert, la Ferme expérimentale et pédagogique donne au Carah une dimension particulière. Animée par des spécialistes, elle est à la fois lieu de découverte de la vie rurale et terrain d'action pour la recherche appliquée. Plus en détail, ses buts visent à :

- mettre à la disposition des étudiants de la Haute-école un champ et du matériel performant;
- poursuivre des travaux de recherche en agronomie et élevage;
- servir de site de démonstration aux agriculteurs;
- montrer, enfin, la ferme avec ses cultures et ses animaux aux citadins.

Pour mener à bonne fortune ses missions, la ferme compte un troupeau de quelque 40 vaches laitières de race Holstein et plus ou moins 25 chèvres et autant de chevrettes. S'ajoutent une fromagerie et un gîte pouvant héberger 32 personnes.

La qualité des analyses de ses laboratoires fait aussi la réputation du Carah. Les prestations visent le secteur Horeca, l'agronomie, l'industrie et l'environnement. Spécialisés dans les questions de sécurité alimentaire en restaurant et mess de collectivité, les laboratoires du Carah analysent la potabilité des eaux de consommation, contrôlent la qualité des graisses et des huiles de friture, la sécurité sanitaire des aliments, l'efficacité du nettoyage et de la désinfection. Le fonds de commerce comprend des restaurants, snack-bars, boucheries, boulangeries, fromageries, friteries, etc. À destination des industriels de l'agro, les laboratoires du Carah proposent des analyses de qualité des engrais, caractérisation des déchets, contamination des eaux et caractérisation des biocarburants.

Les laboratoires, dont l'expertise en matière d'agronomie remonte aux années 50, s'intéressent à l'amélioration des plantes par le déploiement de technologies telles que la culture *in vitro* et la génétique moléculaire. Les travaux portent sur l'analyse du sol et les conseils de fumure, la qualité des engrais, la qualité des aliments pour animaux, le contrôle sanitaire du petit élevage, l'amélioration des plantes cultivées *in vitro*, la caractérisation variétale des plantes cultivées par marqueurs génétiques, les maladies et parasites des végétaux, etc. Les clients vont de l'agriculteur au particulier en passant par les intercommunales, horticulteurs, éleveurs, sylviculteurs et négociants.

En plein essor, les activités des laboratoires du Carah dans le domaine de l'environnement, touchent à la caractérisation des déchets, la pollution des sols, la qualité des eaux de surface, des eaux piscicoles et la contamination des eaux de rejet. Entreprises, services publics, intercommunales, associations, agriculteurs, pisciculteurs et particuliers forment le marché de référence.

Ce rapide survol des activités du Carah confirme la vitalité d'un centre voué à l'excellence par l'expérience. À côté de la qualité des recherches, il convient aussi de rappeler que le Carah est accrédité ISO 17025 pour les analyses bactériologiques et chimiques, agréé par la Région wallonne pour l'analyse des eaux et des déchets et agréé par la Région flamande pour l'analyse des sols. Une centaine de personnes, des milliers d'analyses et des projets toujours plus ambitieux, le Carah n'a pas fini de nous étonner !

Jean-Claude QUINTART
jc.quintart@skynet.be

Plus d'infos

Carah,
Rue Paul Pastur, 11
à 7800 Ath
Téléphone:
068/26.46.50.
Courriel:
info@carah.be
Internet:
http://www.
carah.be
et http://www.
hepho.be

Une **source** inépuisable de **neurones**

Comment produire in vitro des neurones du cortex cérébral à partir de cellules souches embryonnaires ? La solution, une équipe de chercheurs européens l'a trouvée récemment. S'ouvrent ainsi de nouvelles perspectives pour la compréhension et la modélisation des maladies neurologiques et psychiatriques, ainsi que pour le criblage de molécules à visée thérapeutique

Des biologistes sont parvenus à transformer *in vitro* des cellules souches embryonnaires de souris en neurones spécifiques du cortex cérébral. Cette première, qui constitue une avancée importante dans la sphère des neurosciences, fit l'objet d'une publication dans la revue *Nature* le 17 août 2008 (1). Elle est le fruit des travaux d'une équipe européenne dirigée par Pierre Vanderhaeghen (2), maître de recherches au *Fonds national de la recherche scientifique (Fnr)* travaillant au sein de l'*Institut de recherche interdisciplinaire en biologie humaine et moléculaire (IRIBHM)* - Faculté de médecine de l'Université libre de Bruxelles (Ulb).

Ce laboratoire s'intéresse aux mécanismes du développement du cerveau, en particulier du cortex cérébral, siège des fonctions cognitives supérieures, tels le contrôle des émotions, la mémoire ou le langage. Pour étudier sur le plan mécanistique le cheminement qui conduit d'une petite population de cellules indifférenciées à la formation de cette structure éminemment complexe qu'est le cortex, le meilleur modèle expérimental était la souris. Solution coûteuse et dévoreuse de temps, cependant. D'où la question que se sont posée les chercheurs de l'*IRIBHM*: ne pourrait-on élaborer dans une boîte de culture cellulaire (boîte de Pétri) un modèle réductionniste du développement cortical ? Ou en tout cas y générer des neurones similaires à ceux du cortex cérébral ?

Le tube neural est l'«organe primitif», l'ébauche tissulaire, d'où émergeront au cours du développement embryonnaire le cerveau et la moelle épinière. Il comprend une partie antérieure et une partie postérieure. Depuis de nombreuses années déjà, l'embryologie a montré que son identité

première était antérieure. En effet, sa partie antérieure apparaît par défaut, sans intervention de morphogènes (3), tandis que sa partie postérieure n'acquiert son statut qu'en présence de tels signaux, qui lui confèrent son orientation. Autrement dit, les cellules embryonnaires dont la différenciation «donnera naissance» aux progéniteurs neuronaux qui formeront la partie antérieure du tube neural ont une tendance intrinsèque, spontanée, à s'engager dans cette voie de différenciation, et ce destin ne pourra être modifié que par l'intervention d'agents extérieurs.

Pierre Vanderhaeghen explique comment son équipe a voulu tirer parti de cette situation: «*Notre raisonnement fut le suivant: en partant de cellules embryonnaires souches, qui sont les cellules multipotentes les mieux caractérisées actuellement, et en leur permettant de se différencier dans un milieu dépourvu de sérum et de substances morphogènes, hormis celles qu'elles produisent elles-mêmes et qui leur servent de canaux de communication entre elles, ne pourrait-on obtenir en bout de course des neurones corticaux ?*» C'est effectivement ce qui se produisit.

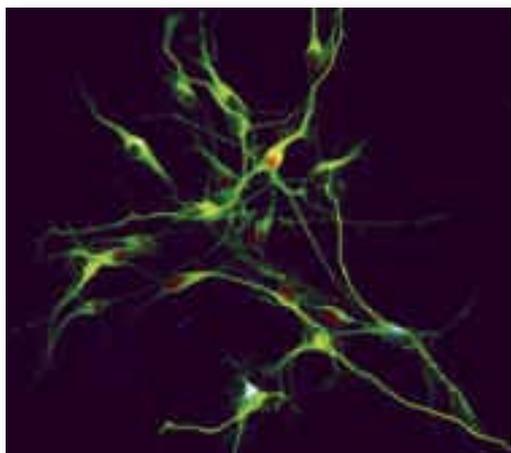
Sonic le hérisson

En soi, l'obtention de cellules neurales dans la boîte de Pétri n'aurait rien eu d'étonnant, car d'autres équipes étaient arrivées à ce résultat. Néanmoins, jusqu'ici, aucune n'avait spécifié l'identité des cellules ainsi générées. Franchissant un pas

Pierre Vanderhaeghen
Courriel:
pierre.vanderhaeghen
@ulb.ac.be



supplémentaire, les chercheurs de l'IRIBHM démontrèrent que la plupart de celles que leur expérience avait «engendrées» étaient similaires à des cellules du cerveau antérieur. Mais lesquelles ? Très rapidement, ils se rendirent compte qu'ils se trouvaient devant une population assez hétérogène de neurones, les uns excitateurs, glutamatergiques (4), les autres inhibiteurs, gabaergiques (5). Comme nous allons le voir, il s'agissait là d'un résultat logique.



Groupe de neurones pyramidaux corticaux générés à partir de cellules souches embryonnaires de souris dans une boîte de Pétri.

De la partie antérieure du tube neural naîtra le cerveau antérieur, lequel est composé du cortex cérébral, des noyaux gris de la base (6), du thalamus et de l'hypothalamus. On sait par ailleurs que le cortex est constitué de 85% de neurones pyramidaux (excitateurs) et de 15% de neurones inhibiteurs appelés interneurons inhibiteurs. À un stade très précoce de la neuroembryogenèse, un facteur protéique baptisé *Sonic Hedgehog* (en français, *Sonic le hérisson*) est produit par certaines cellules du tube neural ventral. Les progéniteurs neuronaux qui y seront abondamment exposés hériteront d'une identité de progéniteurs ventraux, tandis que les autres seront des progéniteurs dorsaux. «Les noyaux gris de la base et les 15% de neurones inhibiteurs qui peuplent le cortex sont générés par les progéniteurs ventraux, tandis que les 85% de neurones pyramidaux dudit cortex émanent des progéniteurs dorsaux», indique Pierre Vanderhaeghen.

L'objectif poursuivi par les neurobiologistes étant de produire en culture des neurones corticaux, l'idée leur vint dans un deuxième temps d'inhiber la protéine *Sonic Hedgehog*. Pour ce faire, ils eurent recours à une molécule, la cyclopamine, qui en est un inhibiteur à la fois très puissant et très spécifique. De la sorte, la plupart des progéniteurs neuronaux - 70 à 80% - furent enserrés dans le carcan d'un destin dorsal. Dans ces conditions, la grande majorité des cellules neurales produites dans la boîte de Pétri revêtirent le profil attendu, celui de neurones pyramidaux. Preuve en fut donnée par un batterie très complète de tests mettant en jeu l'expression génique, la morphologie, l'activité électrophysiologique ou encore la neurotransmission. Sans compter des greffes chez l'animal, dont nous allons reparler.

Les neurones pyramidaux ne sont pas tous semblables. Selon la couche - il y en a six - du cortex cérébral dans laquelle ils sont logés, ils se

distinguent par certaines particularités morphologiques, par l'expression de gènes différents et surtout par les connexions qu'ils entretiennent avec les autres régions du cerveau. Ceux de la couche IV, par exemple, sont principalement spécialisés dans la réception des informations en provenance de l'extérieur du cortex, notamment du thalamus, tandis que les couches II et III sont au cœur de processus fins de traitement de l'information. Quoi qu'il en soit, les couches corticales sont générées à des moments différents au cours de l'embryogenèse, la plus profonde (couche VI) d'abord, la plus superficielle (couche II) pour finir. En d'autres termes, les neurones constitutifs de chacune de ces couches apparaissent de façon échelonnée dans le temps et avec des spécificités morphologiques et fonctionnelles propres à leur couche d'appartenance.

Les chercheurs de l'IRIBHM pouvaient donc légitimement se demander quels types de neurones pyramidaux étaient «nés» dans leur boîte de culture. Des études d'expression génique leur apprirent qu'ils généraient en fait une collection de neurones pyramidaux représentatifs des diverses couches du cortex cérébral. «Le facteur temps est complètement récapitulé dans la boîte de Pétri, souligne Pierre Vanderhaeghen. Tout se passe comme s'il existait une horloge biologique qui régule la façon dont les cellules se différencient. Nous nous attelons actuellement à étudier quelle en est la nature moléculaire.»

Identité particulière

Autre point: afin de tester de manière aussi sévère que possible l'identité des différents neurones produits *in vitro*, des greffes neuronales furent effectuées chez la souris nouveau-née par l'IRIBHM en collaboration avec le docteur Afsaneh Gaillard, chercheur du *Centre national de la recherche scientifique (Cnrs)* à l'Université de Poitiers. Non seulement les cellules greffées se révélèrent capables de se connecter avec le cerveau hôte, mais elles le firent selon un schéma mimant presque parfaitement ce qui se produit durant la neuroembryogenèse. Un mois après la greffe, les chercheurs observèrent en effet que la plupart des neurones implantés s'étaient connectés avec les régions cérébrales (thalamus, striatum, mésencéphale) ciblées par les neurones du cortex lors du «câblage naturel» du cerveau. Mieux encore: l'horloge biologique avait à nouveau battu la mesure car, en fonction du moment de leur «éclosion» en culture, les neurones greffés se connectaient préférentiellement avec certaines zones du cerveau plutôt qu'avec d'autres, reproduisant ainsi la séquence temporelle, sorte de valse à six temps, qui met en scène les six couches du cortex.

(1) An intrinsic mechanism of corticogenesis from embryonic stem cells, par Nicolas Gaspard, Tristan Bouschet, Raphaël Hourez, Jordane Dimidschstein, Gilles Naeije, Jelle van den Aemele, Ira Espuny-Camacho, Adèle Herpoel, Lara Passante, Serge N. Schiffmann, Afsaneh Gaillard et Pierre Vanderhaeghen, dans Nature, 17 août 2008.

Constat très surprenant, il apparut que les neurones greffés se projetaient dans le cerveau néonatal essentiellement comme s'ils appartenait à deux régions corticales bien définies: les aires visuelles et les aires limbiques, ces dernières étant considérées un peu prosaïquement comme le «cerveau des émotions». *«Il y a peut-être un neurone pyramidal primitif qui correspond à ces aires et qui est aussi celui que l'on génère au cours de nos expériences, dit notre interlocuteur. En tout cas, il est intrigant de constater que le programme intrinsèque, c'est-à-dire sans intervention de morphogènes, que nous avons mis en évidence conduit à du cortex visuel et du cortex limbique, précisément les premiers qui sont apparus au cours de l'évolution.»*

Depuis longtemps déjà, nombre de laboratoires s'interrogent sur la spécialisation des aires corticales. De fait, pourquoi une aire visuelle est-elle visuelle et une aire motrice, motrice, par exemple ? On estime généralement que la différenciation finale de ces aires est fonction des afférences (visuelles à partir de l'œil, motrices à partir des muscles, etc.) qu'elles reçoivent. Pour Pierre Vanderhaeghen, ce raisonnement a ses limites. Le neurobiologiste argue du fait que dans la boîte de Pétri, en l'absence de toute afférence, les cellules générées adoptent une identité particulière, portent la signature d'une aire corticale bien précise, soit visuelle, soit limbique. Autre élément: lorsque les chercheurs greffent dans le cortex moteur de souris nouveau-nées des cellules produites *in vitro*, analogues à celles du cortex visuel ou à celles du cortex limbique, elles ne changent pas de statut. *«Cela signifie qu'il faut compter avec des mécanismes intrinsèques inhérents aux programmes développementaux, fait remarquer Pierre Vanderhaeghen. Autrement dit, sans intervention très précoce de signaux extérieurs - à un stade où les neurones ne sont pas encore connectés entre eux, voire au stade des progéniteurs neuraux -, le destin de la cellule est fixé de façon irréversible. En l'occurrence, un "destin visuel ou limbique".»*

Machinerie principale

Les biologistes de l'IRIBHM ont actuellement plusieurs fers au feu. Ainsi, ils mènent sur des cellules souches embryonnaires humaines des travaux similaires à ceux qui leur ont permis d'engendrer du cortex cérébral de souris. Certains ajustements s'avéreront nécessaires, mais l'équipe de l'UIB est optimiste quant à la réalisation de l'objectif poursuivi.

Au départ de cellules souches embryonnaires de rongeur, la plupart des types de neurones pyramidaux propres à chacune des couches du cor-

tex sont générés expérimentalement dans la boîte de Pétri. Toutefois, le rapport entre le nombre de neurones des couches superficielles et le nombre de leurs homologues des couches profondes est inférieur à ce que l'on rencontre *in vivo*. Que faut-il en déduire ? Que la cause en serait la non-intervention, en culture, de certains facteurs extérieurs agissant sur le cerveau ? C'est une hypothèse. En outre, cette problématique en allume une autre, probablement connexe. En effet, la proportion de neurones des couches superficielles varie beaucoup selon les espèces. Elle a explosé au cours de l'évolution avec l'émergence des primates et, surtout, de l'Homme. Ce sont elles, rappelons-le, qui se chargent des traitements les plus élaborés de l'information. Y aurait-il, inscrit dans le code génétique de la cellule souche, un programme qui déterminerait, pour chaque espèce, le nombre de neurones des couches superficielles ? Bref, se peut-il que nous soyons sur la piste de programmes ancestraux qui généreraient le développement cortical des mammifères supérieurs ? Au contraire, jusqu'à quel point faudrait-il voir dans les différences interspèces l'empreinte de signaux extérieurs ? Les chercheurs de l'IRIBHM espèrent démêler l'écheveau.

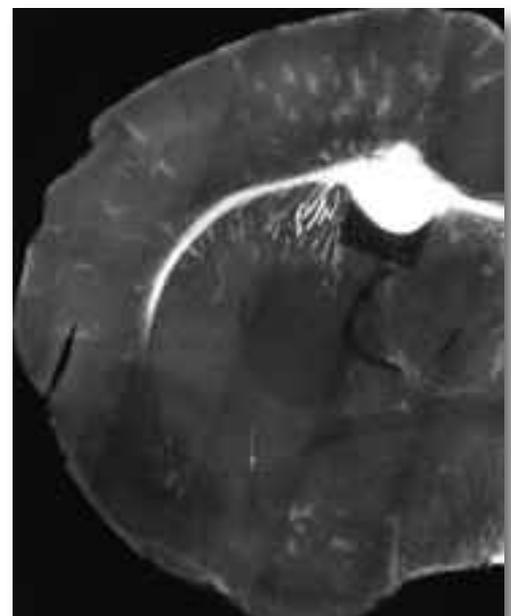
Comme le souligne un communiqué de presse émanant de l'UIB, la «corticogenèse» *in vitro* née de leurs travaux constitue un outil novateur pour la recherche pharmaceutique et médicale. Pour la première fois, accès est donné à une source illimitée et hautement fiable de neurones spécifiques du cortex qui peuvent être utilisés pour modéliser les maladies neurologiques et tester de nouveaux médicaments.

Les neurones pyramidaux revêtent un intérêt particulier. Pourquoi ? D'abord, *in vivo*, les neurones de ce type sont de loin les plus nombreux au niveau cortical (85%). Ensuite, ce sont eux qui reçoivent la plupart des projections aboutissant au cortex et eux aussi qui envoient l'ensemble des projections entre les aires corticales ou sortant du cortex à destination du striatum, du thalamus, du mésencéphale ou de la moelle épinière, par exemple. *«Même si les interneurons inhibiteurs jouent un rôle majeur dans la modulation de l'activité cérébrale, les neurones pyramidaux peuvent être assimilés à la machinerie principale du "processeur cortical"»,* commente Pierre Vanderhaeghen.

(2) Ces travaux ont bénéficié du soutien du Fmrs, de la Fondation médicale Reine Élisabeth, de la Région wallonne et des Services fédéraux belges de la recherche.

(3) Les morphogènes déterminent la forme, la structure des organismes vivants.

(4) Producteurs de glutamate, un neurotransmetteur du cerveau.



Un greffon et ses projections dans le cerveau de la souris un mois après la greffe.

(5) Producteurs de l'acide gamma-aminobutyrique (ou GABA), un neurotransmetteur du cerveau.

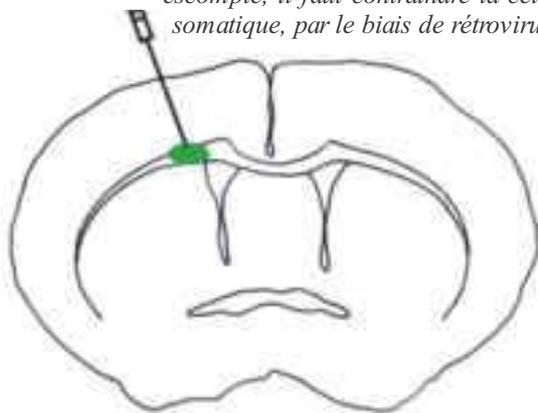
(6) À l'échelon du cerveau antérieur, les neurones (substance grise) se regroupent au niveau du cortex cérébral, donc à la surface du cerveau, mais aussi en profondeur, au niveau des noyaux gris de la base ou ganglions de la base.

(7) Cellules du corps à l'exclusion des cellules germinales et des cellules de l'embryon aux premiers stades du développement.

Enfin, troisième élément, la grande majorité des affections neurologiques, abstraction faite du parkinson, touchent d'une manière ou d'une autre les cellules pyramidales du cortex: maladies d'Huntington et d'Alzheimer, accidents vasculaires cérébraux, maladies neurodéveloppementales débouchant sur des épilepsies, des retards mentaux ou des maladies neuropsychiatriques apparentées à l'autisme... Actuellement, les recherches sur l'étiologie et les traitements de ces affections sont régulièrement freinées par de légitimes réserves éthiques, car elles doivent s'effectuer sur des malades ou sur l'animal. Grâce à la mise à disposition de «neurones de remplacement», actuellement issus d'embryons de souris, bientôt sans doute aussi d'embryons humains, cet écueil pourra être partiellement contourné, la «corticogenèse» *in vitro* représentant une alternative à certaines expérimentations animales ou humaines.

Nouveaux tournants ?

Il demeure cependant que le recours à des embryons humains continue à soulever des questions de deux ordres: technique et éthique. Aussi l'équipe dirigée par Pierre Vanderhaeghen s'intéresse-t-elle de près à la technologie des «cellules pluripotentes induites» (IPS), développée récemment par un groupe de chercheurs japonais et, à sa suite, par plusieurs groupes américains. Grâce à cette méthode, sont générées *in vitro*, au départ de cellules «somatiques» (7) adultes (par exemple, des fibroblastes de la peau), des cellules possédant toutes les propriétés de cellules souches embryonnaires. Ce résultat semble aller à l'encontre de l'idée d'un destin irréversible dicté aux cellules par la flèche du temps, sous l'impact d'une horloge biologique. «Oui et non», explique Pierre Vanderhaeghen. *Pour arriver au résultat escompté, il faut contraindre la cellule somatique, par le biais de rétrovirus, à*



Les chercheurs ont effectué des greffes de cellules neuronales dérivées de cellules souches embryonnaires dans le cortex de souris nouveau-nées.

Non seulement ces neurones se révélèrent capables de se connecter avec le cerveau hôte, mais ils le firent selon un schéma mimant presque parfaitement ce qui se produit au cours de la neuroembryogenèse.

surexprimer quatre facteurs de transcription: MYC, KLF4, SOX2 et OCT4. Malheureusement, ceux-ci ont des propriétés oncogéniques, à telle enseigne que, en cas de greffe cellulaire chez un patient, ils pourraient induire des tératomes malins, tumeurs composées de tissus multiples étrangers à la région qui les entoure. De nombreuses équipes travaillent actuellement à l'obtention d'IPS par des méthodes de culture où n'intervient aucun rétrovirus.»

Dans le cadre qui les occupe, les biologistes de l'IRIBHM voudraient transformer des cellules pluripotentes induites en neurones. À l'instar de ceux qu'ils ont générés à partir de cellules souches embryonnaires de souris, ces neurones pourraient notamment être utilisés par l'industrie pharmaceutique dans des plates-formes de criblage. Dans le domaine de la recherche fondamentale, un des objectifs poursuivis à moyen terme est chevillé au prélèvement de cellules somatiques (de la peau, par exemple) chez des patients souffrant de maladies neurologiques associées à une anomalie du développement du cortex cérébral - épilepsies, retards mentaux, démences neurodégénératives, etc. Via la technologie des IPS, il s'agirait alors de produire des neurones et d'essayer de récapituler ensuite le processus morbide dans une boîte de Pétri. «Il serait possible de tester une série d'hypothèses relatives aux mécanismes intimes de ces maladies», indique notre interlocuteur. *À l'heure actuelle, nous ne disposons d'aucun modèle physiopathologique pour le faire, notamment en raison des contraintes éthiques que nous nous devons d'observer.»*

Et les voies du futur sur le plan thérapeutique ? Aujourd'hui, il s'avère impossible de régénérer du cortex cérébral à partir de cellules souches endogènes. Y parviendra-t-on dans un futur à long terme ? On l'ignore. En revanche, les neurones produits artificiellement dans des boîtes de culture pourraient être employés dans des thérapies de remplacement cellulaire par greffes intracérébrales. Encore faudrait-il que le cerveau, une fois adulte, soit réceptif à la greffe, autorise le développement d'un réseau neuronal fonctionnel. Car une question clé demeure: comment rendre le cerveau adulte suffisamment permissif pour que les neurones greffés soient à même d'établir les connexions voulues ? Il y a un élément encourageant: rappelons-le, les cellules implantées chez la souris nouveau-née lors des expériences de l'IRIBHM réalisées en collaboration avec le docteur Afsaneh Gaillard ne se projettent pas de façon anarchique dans le cerveau, mais plutôt vers des cibles attendues.

Philippe LAMBERT
ph.lambert.ph@skynet.be

CRR : sur les routes du futur

Encore sur la route, toujours sur la route... Créé en 1952, le Centre de recherches routières (CRR) s'intéresse à tout ce qui touche aux infrastructures routières, mais aussi à des problématiques qui occupent une place grandissante dans les esprits : la mobilité, la sécurité et la sauvegarde de l'environnement. Il déploie une importante activité de recherche à différents niveaux et assiste les entreprises des secteurs concernés

En 1947, Paul de Groote, ministre du Rééquipement national, dépose un arrêté-loi fixant les conditions de création de centres collectifs de recherche ayant pour vocation de contribuer à la relance économique du pays au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Le 5 mai 1952, c'est dans ce contexte que, à la requête de la *Fédération des entrepreneurs belges de voirie*, est tenu sur les fonds baptismaux le *Centre de recherches routières (CRR)* avec le statut d'institut de recherche d'utilité publique né d'une initiative privée.

À ses débuts, le Centre a focalisé ses activités sur les problématiques de la conception, la construction et l'entretien des infrastructures routières, mettant ainsi l'accent sur la structure même des chaussées - sol, sous-fondations, fondations, revêtement... S'il continue à s'intéresser de près à ces questions, il a su se diversifier au fil du temps pour répondre également à des préoccupations plus récentes, telles la sauvegarde de l'environnement, la sécurité et la mobilité.

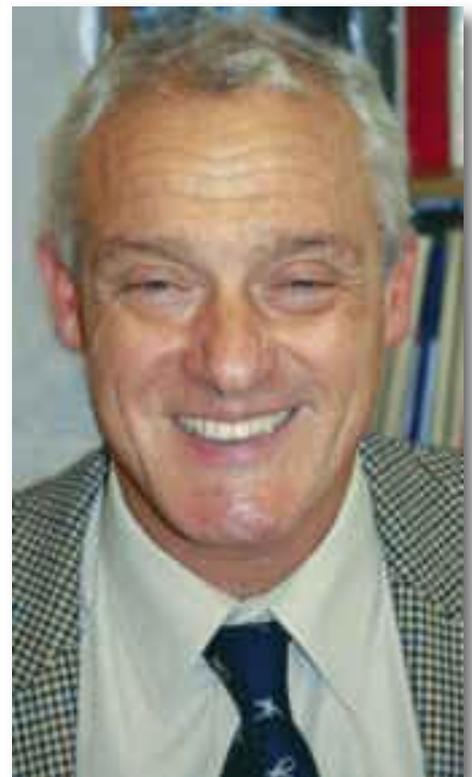
Stimuler le dialogue

Les activités du *CRR* s'articulent autour de deux grands axes: d'une part, la recherche, le développement et l'application au profit des entreprises de construction routière et des administrations gestionnaires du réseau; d'autre part, comme le mentionne son site Internet (www.crr.be), l'assistance aux entreprises, aux administrations compétentes fédérales, régionales et locales, aux fournisseurs de produits et de matériel, aux instituts de contrôle, de certification et de normalisation, à l'enseignement sous toutes ses formes et à tous les niveaux, aux bureaux d'études et aux concepteurs, aux laboratoires de contrôle et d'essais. Pour mener

à bien ses missions, le Centre peut compter actuellement sur une centaine de collaborateurs, dont 38% de chercheurs, 47% de techniciens et 15% de personnes affectées aux services administratifs.

«Parmi nos chercheurs, on recense des ingénieurs civils, des licenciés et docteurs en physique et chimie, des économistes, des experts environnementaux ou encore des ingénieurs du trafic, précise Bertrand Guelton, chef du service «information, informatique». La diversité de ces formations nous permet la constitution d'équipes multidisciplinaires pour une approche intégrale des projets que nous prenons en charge.»

Le *CRR* est tricéphale. En effet, il possède trois sièges. Leurs attributions respectives, qui sont distinctes, revêtent une dimension nationale, voire internationale. Le siège social de l'institut est établi à Woluwe, où travaillent une vingtaine de personnes. C'est là qu'ont élu domicile la direction générale du Centre, ses services administratifs et financiers, ainsi que la division «mobilité». À Sterrebeek, où sont employées une soixantaine de personnes, sont implantées deux autres divisions techniques. La première est intitulée «Chaussées asphaltiques, applications bitumeuses et chimie»; la seconde, «Environnement, routes en béton, géotechnique et caractéristiques de surface». Le troisième siège se situe à Wavre, emploie une vingtaine de personnes et abrite la division «Sécurité et gestion de la route».



Bertrand Guelton
chef du service
«information,
informatique»
Courriel:
b.guelton@brrc.be

*Dans le titre:
bâtiment du CRR
à Sterrebeek.*



Essai d'orniérage sur enrobés bitumeux.

(1) Les entrepreneurs ressortissants sont des personnes physiques ou morales dont l'activité principale ou accessoire consiste dans l'entreprise de la construction, de la réfection ou de l'entretien des routes, rues, places, ponts, pistes aéroportuaires, en ce compris tous les travaux connexes tels que travaux de signalisation et de balisage, d'égouts, de trottoirs et pistes cyclables, ainsi que de petits ouvrages d'art. (Source: CRR).

Le CRR s'est donc doté de quatre divisions techniques. Elles sont les «bras armés» d'une structure placée sous l'égide d'un conseil général de 28 membres, qui désigne le directeur général chargé de la gestion journalière. Comparable à l'assemblée générale d'une société, cet organe rassemble des représentants de toutes les parties concernées par la construction routière (entrepreneurs, administrations). Le comité permanent, dont les sept membres sont généralement issus du conseil général, est assimilable, lui, à un conseil d'administration. Il est conseillé par un comité du programme dont la mission principale est de lui proposer des orientations tant dans le domaine «recherche, développement, application» que dans le domaine «assistance», et ce pour le futur à court, moyen et long termes. En outre, depuis une dizaine d'années, le CRR a incorporé dans sa structure sept comités techniques pour stimuler le dialogue avec les différents interlocuteurs du secteur routier et, partant, aider le comité du programme. «Les comités techniques sont composés de spécialistes issus non seulement du CRR, mais surtout de la communauté routière belge dans son ensemble, dit Bertrand Guelton. Y figurent dès lors des représentants des entrepreneurs, de l'administration, du monde académique, des bureaux d'études, des producteurs de matériaux... Ces comités se veulent à l'écoute de la profession: ils émettent des avis relatifs aux besoins actuels du secteur et en informent le comité du programme.»

Quels sont ces comités techniques ? Ils ont pour noms «mobilité», «trafic et sécurité», «environnement», «chaussées en béton et pavages», «chaussées asphaltiques et autres applications bitumeuses», «gestion du patrimoine routier», «géotechnique et fondations». Les quatre divisions techniques précédemment évoquées couvrent les domaines d'activité prioritaires pour lesquels ils proposent des programmes de recherche et d'assistance en adéquation avec les besoins de la clientèle du Centre.

À cette arborescence se greffent également trois services transversaux qui «travaillent pour l'ensemble de la maison» et pour l'extérieur, sans lien privilégié avec une division technique particulière: les services «information, informatique», «quality management, normalisation, certification» et «gestion administrative et financière». Ainsi, le premier gère le réseau informatique du Centre et, dans sa composante information, axe ses prestations sur la production des publications de celui-ci, la gestion de sa documentation, la recherche documentaire ou encore les données diffusées vers l'extérieur sur son site Internet ou, en interne, sur son site Intranet.

Les voies de l'innovation

Les rentrées financières du CRR se sont élevées à 9 916 000 euros en 2007. «Un chiffre assez constant depuis une dizaine d'années», commente Bertrand Guelton. Conformément à la législation portant sur ce qu'il est convenu d'appeler les centres De Groote, tous les entrepreneurs ressortissants (1) belges ou étrangers (environ 700) doivent payer au CRR une redevance fixée à 0,8% du montant global des travaux qu'ils exécutent en Belgique. Là réside la source financière principale à laquelle s'abreuve le Centre, puisque ces cotisations représentaient 74% de son budget en 2007. Qu'ils émanent des autorités fédérales ou régionales, voire de l'Union européenne, les subsides de recherche constituent une autre ressource importante - 11,5% des rentrées en 2007. Le solde (14,5%) provient d'origines diverses, dont essentiellement des prestations de services (stages, journées d'étude, essais, études spécifiques, analyses, assistances), ainsi que des royalties, la vente de publications et les cotisations des membres adhérents.

Qui sont ces derniers ? «Des bureaux d'études, des bureaux d'architectes, le monde académique...», indique Bertrand Guelton. Moyennant une cotisation annuelle modique, ils reçoivent nos publications, ont droit à une assistance technique gratuite et à une assistance documentaire.» Le Centre peut en effet s'enorgueillir d'une bibliothèque riche de dizaines de milliers d'ouvrages sur la route. De surcroît, il est abonné à plus de 200 périodiques.

Systématiquement envoyées aux entrepreneurs ressortissants et aux membres adhérents, les publications éditées par le CRR lui-même sont assez nombreuses. Les plus attendues sont sans doute les comptes rendus de recherche et les codes de bonne pratique. Codes de bonne pratique pour la fabrication des enrobés bitumeux (2), pour le traitement des sols à la chaux et/ou au ciment, pour l'exécution des routes en béton,

pour l'exécution des marquages routiers, etc. À ces brochures, s'ajoutent des publications de synthèse, les modes opératoires et le bulletin trimestriel du CRR. Tous ces documents sont disponibles en français et en néerlandais.

Soucieux de pousser les entreprises belges du secteur routier - spécialement les Pme - sur les voies de l'innovation, le CRR a incorporé dans ses divisions techniques plusieurs services de guidance technologique. Ils concernent notamment les techniques de pose, d'entretien et de rénovation des systèmes d'égouttage, les revêtements et étanchéités de ponts et de parkings sur toiture, les technologies durables et innovantes pour les revêtements routiers, la valorisation de déchets et sous-produits pour l'infrastructure routière. «Notre démarche est surtout proactive, explique notre interlocuteur. L'objectif de nos guideurs est de sensibiliser les entreprises aux innovations technologiques et de favoriser le transfert de technologies. Pour ce faire, ils sont attentifs à tout ce qui se passe dans le secteur routier, tant en Belgique qu'à l'étranger.»

La guidance s'opère sous plusieurs formes. Les contacts directs avec les entreprises, mais aussi l'organisation de journées d'étude et de cycles de formation. Ainsi, celui qui se déroulera cet hiver aura trait aux routes, à la mobilité et à la sécurité durables. Autre exemple, plus ponctuel: sous l'impulsion du comité technique «chaussées en béton et pavages», une recherche a été menée sur de nouveaux types de pavages permettant le stockage provisoire des eaux de précipitation et leur infiltration dans le sol pour décharger les réseaux d'égouttage. Cette étude fait actuellement l'objet d'une guidance technologique.

Liens internationaux

Les guidances technologiques jouissent de l'appui financier des Régions. Est également soutenue par les pouvoirs publics, l'«antenne normes» à laquelle le CRR a donné vie en novembre 2004 afin de mettre à la disposition des Pme toutes les informations utiles en matière de normalisation dans le domaine de la construction routière. Par ailleurs, le Centre s'investit beaucoup, au profit des entreprises, dans la certification et le management de la qualité. Et comme on n'est jamais si bien servi que par soi-même, il n'a de cesse d'améliorer la qualité des prestations de ses propres laboratoires. Pour l'heure, il est agréé pour plus de 200 essais et accrédité ISO 17025 pour une trentaine.

Comme on peut le lire sur son site Internet, les thèmes de ses différents projets «se rapportent à l'ensemble des aspects de la construction de routes, ponts et pistes aéroportuaires, depuis la

conception du réseau routier et la fixation de critères de qualité (y compris en matière de mobilité, de sécurité et de respect de l'environnement), jusqu'à la construction proprement dite et, dans une phase ultérieure, l'inspection et l'entretien. Les sujets de certains projets peuvent couvrir plusieurs aspects et être traités par différentes divisions.»

Le Centre de recherches routières pratique résolument le principe de l'ouverture vers l'extérieur. Selon Claude Van Rooten, son directeur général, sa survie passe par son intégration dans un réseau regroupant les instituts similaires des autres États européens. «Seuls la spécialisation et l'échange accru d'informations entre les instituts permettent de maintenir le niveau requis tant pour la recherche que pour les services à la profession», estime-t-il.

Aussi le CRR est-il un membre très actif du Forum des laboratoires européens de recherche routière (FEHRL) (2), créé en 1989. Cet organisme, dont le champ d'action englobe toutes les préoccupations relatives à la route, vise à la mise en commun des ressources de l'ensemble des centres nationaux de recherches routières afin de mieux orienter leurs travaux et de favoriser le dépôt de projets de recherche auprès de l'Union européenne.

C'est ainsi que le CRR participe à un programme portant sur les divers aspects de ce que l'on appelle les «routes intelligentes» et les «systèmes de transport intelligents». Thème très vaste s'il en est, où il est notamment question de conduite assistée. D'où un vif intérêt pour le développement d'appareillages permettant aux gestionnaires routiers de détecter des dégradations de la chaussée et aux usagers d'être avertis de la présence d'un accident, de travaux ou d'engorgements, d'être prévenus en cas de dépassement de la vitesse autorisée, de se voir propo-

(2) En anglais, Forum of European National Highway Research Laboratories.

L'odoligraphe du CRR précédé du camion citerne chargé d'arroser la chaussée: un ensemble permettant le contrôle de la glissance des revêtements au moyen d'une cinquième roue intégrée dans le châssis de la voiture.



ser des itinéraires de déviation, etc. À la croisée de la sécurité et de la mobilité, cette recherche européenne met en exergue la complémentarité des divisions du CRR.

(3) On parle communément d'asphaltes.

Le Centre est partie prenante à d'autres projets similaires, dont un concerne la modélisation du transport de marchandises dans les villes et un autre la réduction des nuisances sonores liées à la circulation routière. Un troisième, baptisé *New Road Construction Concepts (NR2C)*, emprunte les chemins de l'innovation pour penser la route du futur.

Le CRR entretient par ailleurs une collaboration étroite avec le *Comité européen de normalisation (CEN)* et, au niveau mondial, avec l'*Association mondiale de la route (AIPCR)*, l'*International Organization for Standardization (ISO)* et l'*Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)*. Cette énumération n'est pas exhaustive, loin s'en faut, car l'institut mise beaucoup sur ses contacts internationaux. À l'échelon belge, il travaille régulièrement en partenariat avec d'autres centres collectifs de recherche, en particulier le *Centre scientifique et technique de la construction (CSTC)*.

Développement durable

Les quatre divisions du CRR sont actives dans de nombreux projets de recherche, dont nous ne pourrions qu'effleurer quelques exemples. Ainsi, dans le domaine de la mobilité, un groupe de travail mène une étude relative à la viabilité, sur le réseau belge, de véhicules plus longs et plus lourds. De quoi s'agit-il ? De camions dont la longueur peut atteindre 25,25 mètres et le poids total en charge, 60 tonnes. «*Plusieurs études préliminaires belges et étrangères ont montré que leur utilisation devrait se traduire par des économies d'énergie, puisque l'on transporterait davantage de marchandises en une fois, que les autoroutes et les grands axes où ils sont censés circuler ne devraient pas souffrir de leur passage, de même que les ouvrages d'art, que leur présence sur les routes ne devrait pas engendrer des files, qu'il n'existe pas de preuve d'un risque accru d'accidents...*», explique Bertrand Guelton. *Dans ces conditions, une expérimentation en vraie grandeur pourrait être lancée à l'avenir en Belgique. Le CRR participerait au suivi de ces tests aux niveaux mobilité, sécurité et incidence écologique.*»

Dans le domaine du transport de marchandises, le Centre se penche aussi sur la problématique de l'intermodalité (route, train, navigation fluviale), tandis qu'il aide des communes - Namur, Tournai... - à la mise en place de plans de mobilité.

Autre pôle d'intérêt: les chaussées produisant peu de bruit de roulement. Tout le monde connaît les enrobés (3) drainants. Employés pour éviter l'aquaplanage et les projections d'eau, ceux-ci ont pour propriété secondaire d'absorber le bruit des véhicules. De nouveaux types de revêtements peu bruyants sont à l'étude. Très attractif également: le recyclage de déchets et matériaux. De fait, ne peut-on intégrer dans la construction des routes des débris de béton ou d'asphalte concassés, des scories d'aciérie, des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères...? Tout un programme qui, par ses retombées économiques et environnementales, mérite qu'on s'y attarde.

Nous avons déjà parlé des pavages drainants. Une autre étude porte sur des pavés en béton photocatalytiques (recouverts de dioxyde de titane), qui possèdent des propriétés autonettoyantes et dépolluantes. Dans un autre registre, l'accent est placé sur la conception de bétons à durcissement ultrarapide (quelques heures au lieu d'une quinzaine de jours), d'enrobés à haute résistance afin de réduire l'orniérage des chaussées ou d'enrobés produits à basse température. Et l'on pourrait multiplier les exemples...

La gestion du patrimoine routier est confiée à la division du CRR implantée à Wavre. Elle dispose de plusieurs véhicules spécialisés qui lui permettent d'étudier, entre autres, la portance (rigidité) et l'adhérence (résistance au dérapage) des routes. Principalement au service des administrations locales gestionnaires du réseau routier, cette division effectue néanmoins des travaux de recherche. Citons un projet d'optimisation de l'entretien et du système de gestion des routes, mais aussi la réalisation d'un «*odoligraphe*» de nouvelle génération, camion citerne muni d'une cinquième roue dont on peut faire varier l'inclinaison et la charge appliquée. Regroupant en un seul véhicule les systèmes complémentaires précédemment installés dans deux véhicules distincts, il a pour mission le relevé de la glissance des revêtements routiers.

En conclusion, un élément doit être mis en exergue: le développement durable devient le leitmotiv du CRR. «*La route de demain devra être respectueuse de l'environnement et de la société en général*», insiste Bertrand Guelton. *Elle sera soucieuse des usagers faibles, émettra peu de CO₂, produira peu de bruit et occasionnera peu de désagréments aux usagers et aux riverains.*»

Philippe LAMBERT
ph.lambert.ph@skynet.be



Caméra pour l'inspection des égouts.

Des astuces pour mieux surfer

Quelle différence y a-t-il entre un professionnel de la recherche et quelqu'un qui utilise Internet couramment mais dont ce n'est pas le métier ?

Le professionnel a une vue d'ensemble de l'Internet. Il sait par exemple que *Google* ne représente même pas 1% de l'ensemble des pages disponibles et n'est donc que rarement l'outil de recherche le plus adapté. Le professionnel a également étudié une méthode lui permettant de poser les bonnes questions. Parce que dans son métier, la valeur de l'information est directement liée à la vitesse avec laquelle il la déniche, le professionnel ne peut pas se permettre de perdre du temps. Il a donc appris à s'orienter directement vers les bonnes sources. Il sait par exemple qu'il existe des outils de recherche spécialisés dans tous les domaines du savoir.

Le professionnel de la recherche connaît la géographie de l'Internet et en particulier de ses régions rarement explorées parce que inaccessibles par les moteurs de recherche - ce que nous appelons le Web profond ou invisible - et surtout, il applique une méthode de recherche non empirique, en commençant par consacrer suffisamment de temps à définir ce qu'il cherche exactement avant même de toucher son clavier. Il sait également qu'il ne faut pas confondre «*trouver sur Internet*» et «*trouver gratuitement sur Internet*».

Il existe toutes sortes de recherches:

- **des recherches faciles:** trouver la photo d'Einstein, trouver un itinéraire, des recettes de cuisine, de la musique, acheter un billet d'avion à prix réduit, commander des livres;
- **des recherches plus complexes:** trouver une thèse sur la pollution des eaux de mer par le mercure ayant moins d'un an, suivre l'évolution de l'impact sur l'opinion publique du rachat d'*Electrabel* par *Suez*, dresser un tableau de la concurrence pour une entreprise wallonne décidant de lancer un nouveau produit dans un département français;

- **des recherches très complexes, voire impossibles:** trouver un tableau comparant les brevets déposés par l'Université de Liège, une université libanaise et une université canadienne sur telle ou telle recherche.

Pourquoi est-ce si difficile à trouver ? Parce qu'il s'agit d'une recherche à plusieurs paliers: rechercher les brevets déposés par chacune des universités dans ce domaine précis, créer un tableau et lui appliquer une analyse. En admettant qu'un tel travail ait été effectué, il serait de toute façon très peu probable que son propriétaire le mette gratuitement en ligne. Il aurait éventuellement été commandé et acheté par une des trois universités ou par une entreprise.

Ceci ne signifie évidemment pas qu'il ne soit pas possible de créer un tel tableau à partir d'éléments recueillis sur Internet, mais cela demandera alors un travail considérable de collecte et d'analyse et le résultat ne serait pas gratuit...

Enfin, la méthode ne serait rien sans deux autres éléments: l'intuition, le flair du professionnel et des astuces inventées, glanées ou partagées au fil des rencontres et des recherches.

Dans cette série de deux articles, nous vous proposons de découvrir certaines astuces permettant de mieux chercher, mais aussi de vivre plus agréablement sur le Web.

Équipez-vous du matériel adéquat

On ne pêche pas l'espadon avec une ligne à goujons. On n'utilise plus une machine à écrire pour rédiger un mémoire. Pour être efficace sur Internet, il faut également utiliser un matériel adapté à ce travail. Nous invitons donc le lecteur désireux d'appliquer ces astuces et de se perfectionner dans la recherche d'information à utiliser le navigateur *Firefox*. Ce n'est pas une question de philosophie, c'est d'abord une question d'efficacité. *Firefox* est un navigateur conçu pour nous aider à évoluer sur Internet en toute sécurité et sans entrave.



Ce programme est gratuit, sûr et respectueux de notre vie privée. Il se télécharge et s'installe en quelques minutes à partir du site de la fondation *Mozilla* (<http://www.mozilla-europe.org/fr/firefox/>). Il suffit de se rendre sur ce site, de télécharger l'application et de suivre les instructions d'installation. *Firefox* vous proposera une installation standard, d'importer vos favoris (qu'il appelle *Marque-pages*) et de devenir votre navigateur par défaut. N'hésitez pas à accepter ces trois propositions !

Firefox vous proposera en outre régulièrement de se mettre à jour chaque fois qu'une nouvelle version sera disponible. Actuellement, la version disponible est la 3 avec déjà deux remises à jour.

Rendez-vous la vie sur le Web plus agréable

Firefox peut être totalement paramétré, tant au niveau de son aspect que de ses fonctionnalités. Et c'est tant mieux car bientôt le navigateur sera en effet devenu un espace de travail privilégié puisque toutes les applications sont déjà disponibles en ligne. *Google* propose par exemple un traitement de texte, un tableur et un outil de présentation gratuits en ligne. Plus besoin d'acheter des programmes, tout est gratuit et accessible (protégé par *login* et mot de passe) à partir de n'importe quel ordinateur. Il suffit pour cela de créer un compte *Gmail* (<http://www.gmail.com/>). Ainsi, nos applications et nos documents seront-ils bientôt «rangés» ailleurs que sur notre disque dur, nous permettant de devenir des travailleurs nomades, capables d'accéder à nos informations loin de notre lieu de travail.

C'est ce qu'on appelle le *Web 2.0*. Peut-être certains ne mesurent-ils pas encore l'ampleur de la révolution que cela va permettre et considèrent-ils ces innovations comme des gadgets. Et pourtant, il suffit d'estimer les secousses subies par les systèmes économiques, écologiques et énergétiques mondiaux durant ces dernières semaines pour comprendre qu'il ne sera bientôt plus envisageable de demander à tous les employés de consacrer parfois plusieurs heures quotidiennement à se déplacer de leur domicile vers leur lieu de travail. Ceci n'est qu'un exemple.

Les outils du *Web 2.0* vont profondément modifier nos manières de vivre et de travailler. Nous allons devoir transformer radicalement nos modes de fonctionnement si nous ne voulons pas disparaître avec les systèmes économiques et industriels issus du XIX^e siècle. Nous avons le choix entre le faire de gré maintenant ou de force dans une poignée d'années. Ces modes de fonctionnements sont déjà enseignés dans de nouvelles écoles de commerce.

Firefox propose deux types de paramétrages, tous les deux accessibles à partir du menu *Outils*, puis *Modules complémentaires*:

- les *Thèmes* permettent de personnaliser l'aspect des boutons, des menus, des barres d'outils;
- les *Modules complémentaires* sont des petits programmes créés par les utilisateurs pour faciliter la vie des utilisateurs. Il en sera abondamment question par la suite.

Pourquoi *Firefox* est-il totalement paramétrable ? Parce qu'il appartient à un mouvement appelé *logiciels libres* ou *Open Source*. La philosophie du logiciel libre s'oppose à celle des programmes propriétaires.

Les programmes propriétaires sont ceux que produisent des entreprises comme *Microsoft*, *Apple*, etc. Les utilisateurs peuvent les acheter, travailler dessus, mais ils ne peuvent pas agir pour modifier leur fonctionnement ni y ajouter des fonctionnalités. Le danger pour l'utilisateur est que le programme évolue et qu'il soit obligé de suivre en achetant la nouvelle version sous peine de produire des documents qui ne seraient plus compatibles avec ceux produits par cette version. Dans cette philosophie, le propriétaire ne fournit pas les sources de ses programmes.

À l'inverse, comme son nom l'indique, le mouvement *Open Source* les ouvre. Cela ne signifie pas que ces programmes sont *ipso facto* gratuits, mais beaucoup le sont. L'avantage de cette formule est que de très nombreux informaticiens participent à l'amélioration des programmes en mettant leur savoir faire à disposition de la communauté.

Beaucoup d'entreprises et d'institutions internationales ont rapidement saisi l'intérêt pour elles de passer aux logiciels libres: produits de meilleure qualité, assistance grâce aux milliers d'adeptes, applications le plus souvent gratuites et surtout fin de la dépendance risquée au logiciel propriétaire.

Quelques exemples: *Linux* vs. *Windows*; *Open Office* vs. *Microsoft Office*; *Firefox* vs. *Internet Explorer*; *Thunderbird* vs. *Outlook*; *Gimp* vs. *PhotoShop*. Pour découvrir des centaines de programmes, tous gratuits: *FramaSoft* (<http://www.framasoft.net/>).

Commençons par installer une première extension qui va nous permettre de distinguer plus facilement les différents onglets dans lesquels nous allons travailler. Il s'agit de *ColorfulTabs* qui, comme son nom le suggère, ajoute des couleurs aux différents onglets.

Il s'installe à partir de la page (<https://addons.mozilla.org/fr/firefox/>) sur laquelle sont regroupées les différentes extensions disponibles (plusieurs milliers probablement). Tapez le mot *ColorfulTabs* dans le champ de recherche. Cliquez ensuite sur *Ajouter à Firefox* et suivez les instructions. Le système vous demandera d'éteindre et de relancer *Firefox* pour terminer l'installation. Quand *Firefox* aura redémarré, les onglets seront en couleur. L'installation de toutes les extensions suit ce processus.

Astuces

Utilisez vos moteurs favoris. En haut, à droite, de *Firefox*, vous trouverez un champ de recherche et un petit menu déroulant. Il permet de sélectionner un moteur, une encyclopédie, un annuaire et d'y lancer une recherche sans même devoir vous rendre sur leur page de démarrage.

Vous pouvez évidemment modifier la liste des moteurs en cliquant sur la dernière option *Gérer les moteurs de recherche* et en choisissant dans la série proposée. Mais il existe une autre méthode, très pratique et utilisant une fonctionnalité méconnue de *Firefox*:

- rendez-vous sur un moteur de recherche, par exemple *Exalead* (<http://www.exalead.com/>);
- dans le champ de recherche, cliquez sur le bouton droit de la souris et choisissez *Ajouter un mot-clé pour cette recherche*;
- donnez un nom au marque-page, dans ce cas-ci *Exalead*;



- puis indiquez à *Firefox* quel mot-clé caractérise ce marque-page. Il est préférable de le prendre le plus court possible, par exemple «e» pour *Exalead*;
- ensuite, il est possible de lancer une recherche directement dans le champ d'adresse de *Firefox* en tapant par exemple *e géologie*.



Firefox lancera directement une recherche dans *Exalead* sur le mot *géologie*.

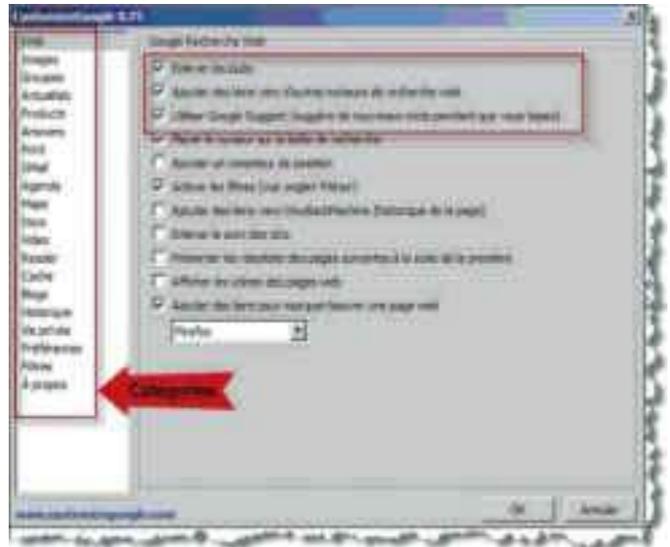
La même opération peut évidemment se faire pour tous les sites proposant un champ de recherche, y compris *BrainsFeed* (<http://www.brainsfeed.com/>) si vous souhaitez découvrir régulièrement de nouvelles astuces.

Google à votre main

Il est possible de paramétrer totalement *Google*, par exemple, en éliminant la publicité. Nous vous recommandons *Customize Google* (<http://www.customizegoogle.com/fr-FR/>) qui transformera réellement votre expérience de recherche.

Une fois installée, cette extension doit être paramétrée. Pour cela, il faut aller dans le menu *Outils* de *Firefox*, puis dans *Modules complémentaires* et chercher *Customize Google* dans la liste. Cliquez sur *Options*.

Il est également possible d'accéder directement à ces options dans le menu *Outils*, sans passer par les modules complémentaires.



À gauche, les différentes catégories, à droite les cases à cocher.

Dans la catégorie *Web* par exemple, il est recommandé de cocher les cases *Enlever les pubs* et *Ajouter des liens vers d'autres moteurs de recherche Web*.

Voici ce que donne cette dernière fonction:



On voit que *Firefox* a ajouté des liens permettant de lancer la même recherche dans une liste d'autres moteurs de recherche. Cette même extension agit également sur la manière dont d'autres services de *Google* fonctionnent: *Gmail*, groupes, documents, etc.

Approfondissez vos recherches

SurfCanyon (<http://www.surfcanyon.com/>) est une extension pour *Firefox* (et pour *Internet Explorer*) qui permet de partir des résultats d'une recherche pour creuser plus profondément. C'est tout simple ! On lance une recherche dans *Google*, dans *Yahoo!* ou dans *MSN LiveSearch*, et à droite du titre des pages trouvées s'affiche une petite icône (par-

fois il est nécessaire d'attendre quelques secondes). Si on clique dessus, on voit apparaître des suggestions.



À tester car les pages recommandées sont parfois surprenantes de pertinence.

J'ai fermé un onglet par erreur !

La fermeture intempestive et/ou accidentelle d'un onglet dans *Firefox* est très facile à corriger. Il existe trois méthodes pour rouvrir un onglet récemment fermé :

- **CTRL+SHIFT+T**
- cliquer sur n'importe quel en-tête d'onglet ouvert avec le bouton droit et choisir *Annuler la fermeture de l'onglet*
- aller dans le Menu *Historique* et tout en bas, choisir *Onglets récemment fermés*.

Définir un mot, une expression

La fonction *define* de *Google* permet, bien évidemment, de lui demander des définitions de mots. Cela fonctionne même si les mots sont dans une autre langue que l'anglais. Mais cette fonction permet aussi d'obtenir des définitions

- d'acronyme *define:rdf*;
- de concepts *define:web 2.0*;
- de termes en langage Sms *define:lol*.

Attention:

- pas d'espace, ni avant ni après les deux points;
- *define* s'écrit en minuscules.

Demander l'avis des autres

Avez-vous déjà pensé que beaucoup de gens donnent leur avis sur des produits, du matériel, etc. ? Dans ce cas, pourquoi ne pas essayer, dans les moteurs, des recherches de type :

- *better than* exemple: *better than winamp*;
- *similar to* exemple: *similar to ipod*.

N'imprimez que ce qui vous intéresse

Pour éviter d'imprimer un tas de choses inutiles sur une page Web (publicité, *blogroll*, etc.), il existe maintenant

une solution simple et gratuite. Il s'agit d'une petite extension, *Nuke Anything Enhanced*, à installer dans *Firefox*. Elle est disponible à la page

<https://addons.mozilla.org/fr/firefox/addon/951>.

Après avoir sélectionné les éléments superflus, il suffit de cliquer avec le bouton droit de la souris et de choisir entre deux options apparues dans le menu contextuel: *Effacer tout sauf cette sélection*; *Effacer cette sélection*.

Exploitez vos trouvailles plus tard

Vous venez de trouver plusieurs pages intéressantes, mais n'avez pas le temps de les exploiter immédiatement. Que faire ? La première solution est de les conserver dans les marque-pages: elle n'est pas très pratique parce que ces pages à consulter vont rapidement se mélanger aux vrais favoris ou seront tout simplement oubliées. Une solution bancale consisterait à les placer plus tard dans un dossier spécial dans les marque-pages.

Mais *Firefox* nous offre une solution bien plus pratique sous la forme d'une extension portant le nom explicite de *ReadItLater* (<http://readitlaterlist.com/>).

Une fois installé, *ReadItLater* ajoute plusieurs éléments à *Firefox 3.0*, à commencer par une icône à droite de l'adresse de la page. Il suffit de cliquer sur l'espèce de «V» à droite pour enregistrer la page dans *ReadItLater*.

Vous souhaitez sauver plusieurs pages d'un coup, par exemple à partir d'une page de résultats de *Google* ? Il suffit alors de cliquer sur la même icône, mais située près de l'horloge (en bas à droite de l'écran). Cela active *ReadItLater*, ensuite cliquer sur les liens à conserver (les pages ne s'ouvriront pas, mais un «V» rouge apparaîtra brièvement sur chaque lien sauvé).

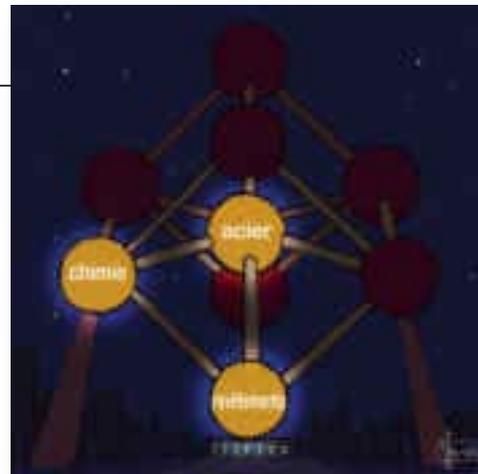
Comment lire les liens sauvés ? En cliquant sur l'icône située en haut tout à droite de la page (en jaune). Pour supprimer des liens de la liste, il suffira de cliquer dessus.

ReadItLater vous permet même de synchroniser les pages sauvées entre plusieurs ordinateurs. Idéal pour le travail nomade !

Ces astuces ne doivent évidemment pas être toutes utilisées quotidiennement, mais certaines d'entre elles changent vraiment la vie car elles évitent les pertes de temps. Le but de ce type d'article est d'aider le lecteur à découvrir la richesse d'Internet, de l'inciter à explorer des espaces nouveaux et à exploiter des ressources moins apparentes, mais combien plus riches.

Christian VANDEN BERGHEN
cvb@brainsfeed.com
<http://www.brainsfeed.com/>

Quand le fer s'allie au verre



L'acier et le verre : voilà bien deux matériaux que tout sépare. L'acier est ductile, opaque et sensible à la corrosion alors que le verre est dur et fragile, transparent et inerte. Il est pourtant possible de les combiner pour donner lieu à un matériau aux propriétés remarquables et aux applications multiples : c'est l'acier émaillé

L'émail est un revêtement obtenu par la fusion d'une poudre de verre sur divers substrats tels que la céramique, le verre et de nombreux métaux. Dans le cas qui nous occupe, l'émaillage consiste à déposer sur un objet en acier, de qualité adéquate et dont la surface aura été préalablement préparée, une ou plusieurs couches d'émail. L'objet est ensuite passé au four à 800 °C environ, ce qui provoque la fusion de la poudre d'émail. Le verre fondu s'étale sur le support et forme après refroidissement une couche lisse, dure, colorée et très résistante aux assauts du temps.

L'émaillage est une très vieille technique déjà connue du temps des Égyptiens qui l'ont appliquée sur des céramiques. Les applications sur métaux (cuivre notamment) remontent aux anciens Grecs. Depuis le Moyen-Âge, de très nombreux objets d'art, bijoux et bibelots ont été produits. Plus près de nous, les artistes de l'Art Nouveau ont également beaucoup utilisé l'émaillage.

Tout commence avec des frites...

Les premiers ustensiles en fonte émaillée apparaissent au XVIII^e siècle en Allemagne. Au cours de la révolution industrielle du XIX^e siècle, la fonte puis l'acier commencent à être produits en masse et l'émaillage de ces supports se développe tout naturellement. Aujourd'hui, l'acier émaillé est un matériau produit industriellement à grande échelle. Ses caractéristiques résultent de la combinaison favorable des propriétés des deux matériaux qui le constituent, l'acier et l'émail. L'acier apporte sa résistance mécanique et ses qualités de mise en forme, alors que l'émail apporte l'inaltérabilité et donne tout son éclat à la surface de la pièce.

Les deux matériaux doivent évidemment être parfaitement adaptés l'un à l'autre afin que l'opération d'émaillage réussisse. Cette opération nécessite donc l'intervention de trois acteurs: le fournisseur d'acier, le fournisseur d'émail et l'émailleur.



Coupe du revêtement d'une tôle émaillée - l'acier se trouve sous la zone d'interdiffusion.

L'émail est un verre dont le constituant principal est la silice SiO₂ que l'on trouve dans la nature principalement sous la forme de cristaux de quartz. La silice n'est cependant pas apte à l'émaillage car sa température de fusion est trop élevée et son adhérence sur l'acier est nulle. Il est donc nécessaire de lui ajouter différents constituants pour obtenir l'émail proprement dit.

Quatre types d'adjuvants sont nécessaires:

- les fondants dont la fonction principale est d'abaisser le point de fusion et qui comprennent notamment le borax (tétraborate de sodium) et les oxydes d'alcalins (sodium, potassium);
- les réfractaires, comme l'alumine (Al₂O₃) et les oxydes de calcium (CaO) et de magnésium (MgO), qui rendent la silice amorphe et améliorent notamment la résistance mécanique;
- les agents d'adhérence qui sont des oxydes métalliques de nickel, cobalt, cuivre, manganèse. Ces oxydes interviennent dans les réactions chimiques d'oxydoréduction qui permettent l'adhérence de l'émail sur l'acier;

Quelques émailleurs

<http://www.emailleriebelge.com/home.html>

http://www.mtsgroup.com/Belgium/ariston/azienda/index_FRB.cfm

<http://www.bretagneemailage.com/htfr/frameset03.htm>

<http://www.polyvision.com/belgium/infrastructure-panels.asp>

Tôle de 100 x 150 mm² produite pour le concours «L'Odyssée de l'Objet». Le logo est obtenu par sérigraphie à partir de suspensions aqueuses de poudres d'émaux. Les différentes couleurs sont obtenues par mélange de différents émaux (de la même façon que l'on mélange des peintures). La sérigraphie est appliquée sur la tôle préalablement émaillée en blanc. Une ou plusieurs cuissons supplémentaires sont nécessaires pour fixer le logo.



- les opacifiants et les colorants qui apportent au revêtement ses qualités visuelles.

Le verre de base (sans les colorants) est tout d'abord fondu pour rendre le mélange bien homogène, avant d'être rapidement solidifié et concassé. Cette «fritte» d'émail est ensuite mélangée aux colorants avant d'être finement broyée. Vient ensuite l'application sur l'acier. L'émail peut être appliqué au pistolet sous forme d'une suspension aqueuse ou sous forme sèche (poudrage électrostatique). La pièce ainsi revêtue est cuite au four à une température de l'ordre de 800 à 850 °C pendant quelques minutes. Le plus souvent on applique d'abord une première couche d'accrochage qui va fortement réagir avec le métal si bien que le verre et l'acier vont s'interpénétrer. Les couches suivantes permettront d'ajuster la teinte et les propriétés finales du produit. En général, seule la première couche, de couleur foncée (à cause des oxydes métalliques), est appliquée sur les deux faces. Sur la face visible, l'épaisseur totale du revêtement après cuisson est de 150 à 250 µm.

... qui deviennent des friteuses

L'adhérence est obtenue au travers de réactions chimiques se déroulant pendant la cuisson et le refroidissement. Au début du chauffage, l'humidité et l'oxygène de l'air pénètrent dans l'émail poreux et oxydent le fer en surface de l'acier. La décomposition de l'eau produit de l'hydrogène qui diffuse dans le métal. À partir de 550 °C, l'oxyde de fer présent à l'interface émail/acier est dissous par l'émail. Au-delà de 800 °C, le carbone contenu dans l'acier réduit les oxydes de fer provenant de l'acier et les oxydes métalliques contenus dans l'émail. Le fer métallique réduit également les oxydes métalliques ce qui donne lieu à la précipitation d'alliages Fe-Ni-Co... à l'interface émail/acier qui sont à l'origine de l'adhérence du revêtement. L'oxygène dissous se recombine aussi avec le carbone contenu dans l'acier ce qui génère des dégagements gazeux supplémentaires (CO/CO₂) qui doivent être contrôlés pour éviter les porosités.

Lors du refroidissement, la solidification de l'émail rend celui-ci tout à fait étanche aux gaz. L'hydrogène dont la solubilité dans l'acier décroît avec la température, se retrouve en sur-saturation. Il est donc important que l'acier contienne des pièges à hydrogène pour éviter que celui-ci vienne s'accumuler sous la couche d'émail où la pression peut atteindre des centaines de bars. L'émail peut alors éclater: c'est le défaut appelé «coup d'ongle» redouté par tous les émailleurs ! Les pièges les plus efficaces sont des précipités qui, suivant le type d'acier, peuvent être constitués de cémentite (carbure de fer - Fe₃C), de sulfure de manganèse (MnS), ou de sulfure de titane (TiS). La métallurgie de l'acier doit donc être adaptée afin de garantir son émaillabilité.

Les avantages de l'acier émaillé sont multiples :

- résistance à l'abrasion et aux griffes;
- résistance aux produits chimiques comme les acides et les détergents;
- résistance au vieillissement (couleurs inaltérables);
- résistance aux hautes températures (jusqu'à 500 °C) et au feu;
- supporte les chocs thermiques;
- esthétique (large gamme de coloris, de textures, sérigraphie, anti-graffiti);
- hygiène (inerte, anti-bactérien, sans odeur, facile à nettoyer);
- parfait isolant électrique.

Il n'est donc pas surprenant de retrouver le produit dans de nombreuses applications.

- **dans la maison:** citons les fours et cuisinières, les casseroles et friteuses, les baignoires et bacs de douche, les cuves de chauffe-eau;
- **dans l'industrie:** les cuves de silo, citernes, réacteurs chimiques, réservoirs de stations d'épuration, corps de chaudières, échangeurs thermiques, tuyaux de cheminée;
- **dans la construction:** habillage de façades de bâtiment et des tunnels, la décoration intérieure (stations de métro);
- **et encore** les plaques de rue, de métro, enseignes publicitaires, tableaux blancs et écrans de projection, décors polychromes, fresques...

«C'est dans les vieilles casseroles que l'on fait la meilleure soupe !» Le proverbe se vérifie à nouveau avec ce produit issu du XIX^e siècle et dont certaines propriétés sont à ce jour inégalées ! Ainsi, une tôle d'acier émaillée produite aujourd'hui, a-t-elle toutes les chances d'atteindre, intacte, le XXII^e siècle...

Roger HUBERT
roger.hubert@scarlet.be

Producteurs d'émail

<http://www.pemco-intl.com/>

<http://www.ferro.com/Our+Products/ Porcelain+Enamel/>

Plus d'informations

http://en.wikipedia.org/wiki/Vitreous_enamel
(en anglais)

http://www.arcelormittal.com/fce/repositoy/transfer/Enamel_UM_7_081205.pdf

Supraconducteurs : un nouvel espoir ?

La supraconductivité à température ambiante fait partie de ces Graal après lesquels courent les physiciens. De même que la révolution de l'électronique qui devrait s'en suivre. Mais les années passent et les espoirs tardent à devenir réalité. Une nouvelle voie est explorée aujourd'hui : les supraconducteurs nanométriques

La revue *Nature* publie dans son édition du 9 octobre dernier un article (1) d'un groupe de chercheurs mené par Ivan Bozovic du *Brookhaven National Laboratory*, qui relance quelque peu l'intérêt pour les supraconducteurs. Du moins l'intérêt grand public car les chercheurs, eux, n'ont jamais cessé de publier des centaines ou milliers d'articles sur le sujet. Mais l'équipe du *Brookhaven* est sans aucun doute à la pointe dans ce domaine et les résultats de ses travaux attendus. Leur intérêt vient du recours à la technique de construction de matériaux nouveaux nanométriques appliquée aux supraconducteurs. Bozovic et son équipe ont en effet construit leurs nouveaux supraconducteurs, couche atomique après couche atomique, ou mieux, atome par atome, ouvrant, peut-être, ainsi la voie vers une technologie nouvelle, la supraconductivité nanométrique.

Trop froid

Avant de voir en quoi consiste ce mariage entre ces deux technologies, rappelons les défis que la supraconductivité n'a cessé de lancer à la communauté des chercheurs.

La supraconductivité des métaux est connue depuis près d'un siècle: c'est en effet en 1911 que le physicien néerlandais Kamerlingh Onnes observe un phénomène curieux: lorsqu'il refroidit du mercure sous la barre de 4 K (-269 °C), celui-ci perd toute résistance électrique. Dès ce moment, la

(1) *High-temperature interface superconductivity between metallic and insulating copper oxides.*



Ces deux caractéristiques des supraconducteurs ont vite fait rêver les chercheurs et bien plus encore les industriels: on allait pouvoir concevoir des engins qui se déplaceraient par lévitation magnétique et transporter le courant sans aucune perte d'énergie. Rappelons en effet qu'un courant qui

Lévitation d'un aimant au dessus d'un matériau supraconducteur. La force magnétique induite compense la force de pesanteur.

supraconductivité - comme on a appelé cette manifestation - ne cesse d'intriguer les chercheurs: les physiciens se lancent - très empiriquement au début - dans la recherche d'autres matériaux ou alliages qui auraient les mêmes propriétés. Les exemples se multiplient bientôt, mais il y a une condition qui doit toujours être remplie: le phénomène ne se produit qu'à des températures très basses, proches du zéro absolu !

Une nouvelle caractéristique, encore plus extraordinaire, est découverte en 1933: les supraconducteurs expulsent le champ magnétique. C'est l'effet Meissner. En effet, si on applique un champ magnétique (en approchant un aimant par exemple) à un supraconducteur, on voit apparaître un courant de surface sur celui-ci; ce courant produit un contre-champ magnétique qui annule très précisément le champ dans lequel le matériau est plongé. Le résultat est connu de tous grâce à une expérience très simple, réalisée lors de tous les cours de physique du monde entier: la lévitation d'un aimant au-dessus d'une pastille supraconductrice refroidie à l'azote liquide. La force magnétique induite compense en effet la force de pesanteur et l'aimant lévite.

circule correspond à un déplacement d'électrons. Cette propagation s'accompagne de chocs qui sont non élastiques et entraînent donc une perte d'énergie sous forme de chaleur: c'est le bon vieux effet Joule. L'ennui, c'est qu'il existait toujours la barrière de la température. Travailler près du zéro absolu, cela signifie travailler avec de l'hélium, ce qui est très difficile et très coûteux: les ingénieurs du *Lhc* (grand collisionneur de hadron) du *Cern* (*Organisation européenne pour la recherche nucléaire*) en savent quelque chose, eux dont tous les aimants supraconducteurs doivent être refroidis à 2 K !

De nombreux laboratoires à travers le monde se sont donc attelés à la recherche de matériaux ou alliages supraconducteurs à «haute» température, l'idéal étant évidemment d'atteindre la température ambiante.

Quand les électrons vont par paires

Pour y parvenir, il fallait mieux comprendre les mécanismes physiques à l'œuvre dans le phénomène de supraconductivité. Et c'est ici que les choses cessent d'être simples puisqu'il faut bien aborder la physique quantique.

C'est en 1957 que John Bardeen, Leon N. Cooper et John Robert Schrieffer décrivent la supraconductivité comme un phénomène quantique (théorie *BCS*). Imaginons un électron qui parcourt un solide, un cristal. Sa charge négative va attirer les noyaux chargés positivement; il déforme donc le réseau cristallin et laisse derrière lui un «canal» avec un excès de charge positive. Vu l'inertie du cristal, ce canal persiste alors que l'électron est passé. C'est la voie ouverte pour qu'un autre électron s'y engouffre. Il se forme ainsi des paires d'électrons (dites paires de Cooper), des appariements entre électrons, malgré la loi qui prévoit que deux particules de même charge se repoussent.

En dessous d'une température critique, les paires de Cooper sont soumises à la condensation de Bose-Einstein. C'est un état très particulier de la matière caractérisé par le fait que les particules (du moins certaines) peuvent occuper en nombre illimité le même état d'énergie, le plus bas.



Le professeur Ivan Bozovic dans son laboratoire du Brookhaven National Laboratory (États-Unis).

On dit qu'elles occupent toutes le même état quantique. Dans cet état, elles peuvent traverser un réseau sans rencontrer d'obstacle. C'est ce qui permet aux paires de Cooper de circuler dans le matériau sans rencontrer de résistance, d'où la supraconductivité. L'agitation thermique (augmentation de la température) détruit cet équilibre, d'où le fait que le phénomène se produit à basse température, chaque métal ou alliage possédant une température critique au-delà de laquelle le phénomène n'est plus possible.

L'obstacle des basses températures n'a pas empêché les premières applications: train japonais dont la lévitation et la propulsion sont assurés par des aimants supraconducteurs embarqués, bobines pour appareil d'imageries médicales et bien sûr les accélérateurs de particules. Mais ces appareils requièrent des techniques cryogéniques lourdes à base d'hélium liquide, donc très coûteuses. Et totalement inenvisageables pour une électronique quotidienne comme celle à l'œuvre dans nos PC ou pour le transport du courant électrique.

L'arrivée des nanotechnologies

La bonne surprise s'est produite en 1987 lorsque des chercheurs découvrent la supraconductivité d'une céramique à 34 K. La céramique était constituée de lanthane, baryum, cuivre et oxygène. Il s'agit là d'une famille d'oxydes de cuivre, les cuprates, dont les performances vont rapidement croître puisque un alliage allait se révéler supraconducteur à 160 K (-113 °C), un record. Des valeurs d'autant plus intéressantes qu'on franchit la barre des 77 K, valeur de l'azote liquide, agent refroidisseur moins coûteux et plus facile à manipuler que l'hélium liquide. Tous les problèmes allaient être résolus ? Et non: les obstacles tant pratiques que théoriques n'ont pas manqué de se multiplier. La théorie *BCS* s'applique en effet mal à cette nouvelle classe de supraconducteurs. Et la découverte d'autres types de matériaux piétine elle aussi.

Pour tenter de faire progresser la recherche de nouveaux supraconducteurs, Bozovic et ses collègues ont utilisé la technique de l'épîtaxie par jets moléculaires. Autrement dit, constituer des matériaux avec des propriétés données, couche atomique par couche atomique: la technique du sandwich mais à l'échelle atomique. L'idée leur en était venue en observant que la température critique de deux couches de supraconducteurs différents pouvait être augmentée de 25% lorsqu'on les rapprochait. Les chercheurs ont donc utilisé la technique des jets moléculaires pour constituer deux couches de matériaux dont l'interface serait supraconductrice sur une épaisseur de quelques nanomètres. Ils y sont arrivés et, surtout, la phase supraconductrice s'est manifestée à 50 K. De quoi redonner espoir en une nouvelle électronique plus performante et moins consommatrice d'énergie.

Henri DUPUIS
Dupuis.h@belgacom.net

Quel est le vrai visage de notre planète ?



Vide et sans forme ? Creuse ou pleine ? Plate ou sphérique ? Un ellipsoïde aplati ? Une pomme, un œuf, un melon ou une orange ? Laquelle de ces représentations est la bonne ? La question peut paraître puérile à l'heure où les satellites nous inondent d'images d'une planète bleue presque parfaitement ronde se détachant sur le noir des profondeurs cosmiques. Pour les Anciens qui vivaient sur les bords de la Méditerranée, l'horizon semblait autrement plat mais déjà ils s'interrogeaient sur la forme et l'étendue de leur promontoire.

Elle devient ronde...

Il est vrai que jusqu'à l'Antiquité, ils s'imaginaient la Terre en forme d'un disque disposé sur un océan sans limite et entouré par un ciel qui offrait le spectacle d'une coupole hémisphérique vue de l'intérieur, vision du monde qui apparaît plus de 3 000 ans avant J.-C. à Sumer, en Mésopotamie. Certains la voyaient soutenue par un pilier, d'autres planant sur de l'eau ou sur de l'air.

Au VI^e siècle avant J.-C., le philosophe grec Anaximandre rejette ces explications mythologiques et conçoit une colonne de pierre dont la surface plane supérieure est occupée par le monde habitable. Ce cylindre a l'avantage de pouvoir laisser passer les astres en dessous et d'expliquer ainsi l'alternance des jours et des nuits. Malheureusement, cette théorie n'explique pas pourquoi, lorsqu'un navire s'éloigne, c'est toujours le mât qui disparaît le dernier de l'horizon. Autre incohérence: lors des éclipses de Lune, l'ombre portée de la Terre est toujours circulaire.

Au V^e siècle avant J.-C., une des étapes qui ont conduit la vision du monde mythologique ou philosophique à sa vision scientifique fut la découverte de la sphéricité de la Terre et le calcul de sa circonférence. Elle devient sphérique grâce au philosophe grec Parménide et à d'autres penseurs de l'école pythagoricienne, théorie d'autant plus séduisante qu'elle inscrit parfaitement notre planète au centre d'un univers symétrique et qui fut reprise dans les œuvres de Socrate et Platon.

Vers 230 avant J.-C., la polémique est définitivement close grâce au calcul relativement exact de la circonférence terrestre fourni par le directeur de la bibliothèque d'Alexandrie, le mathématicien et astronome grec Ératosthène (Cyrène vers 284 - Alexandrie vers 192 avant J.-C.). La base de son calcul fut la découverte d'un certain trajet Nord-Sud correspondant à la différence de l'angle d'incidence des rayons solaires. Ératosthène savait qu'au solstice d'été à Syène (Assouan) le Soleil éclaire le fond d'un puits à midi, qu'il est donc au zénith. Il lui «suffisait» de déterminer au même moment la hauteur du Soleil à Alexandrie en mesurant l'angle d'une ombre portée par un bâton vertical.

... ou presque ronde

Ce que l'on ignore en revanche, c'est que les Égyptiens étaient probablement déjà parvenus au même résultat (environ) plus de mille ans avant Ératosthène. Il semblerait qu'un des textes mythologiques, l'*Amdouat* qui décrit le voyage de douze heures du dieu Soleil (Rê) dans le monde inférieur, depuis son coucher à l'Ouest jusqu'à son lever à l'Est, mentionne la dimension exacte du trajet parcouru au cours de la seconde, la troisième (et éventuellement aussi la première) heure de la nuit: à chaque fois, 309 lieues égyptiennes de 10,46 kilomètres chacune qui, multiplié par 12, donne 38 785,68 km. Il n'est pas exclu que la grande bibliothèque d'Alexandrie avait un département égyptien et

*Quelle est belle
la Terre, vue
de loin !
(Photo Nasa).*



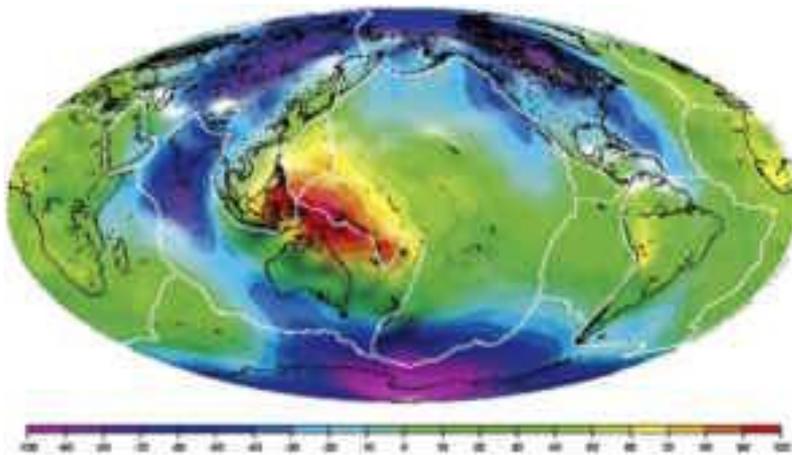
Les forces en présence

Depuis Isaac Newton (photo ci-dessus), on sait que la Terre est soumise à l'action de deux forces. La principale est la gravité, cette attraction exercée par la Terre sur tous les objets qui la composent et l'entourent, et dirigée à peu près vers le centre de la planète. La seconde, beaucoup moins importante, est la force centrifuge due à la rotation de la Terre. La résultante de ces deux forces est la pesanteur, cette accélération qui agit en tout point de la planète, toujours le long de la verticale.

Isaac Newton, astronome, mathématicien et physicien anglais, (1642-1727) connu surtout pour sa théorie de la gravitation universelle.

qu'Ératosthène a pu avoir connaissance des calculs égyptiens de la circonférence de la Terre.

L'idée que la Terre soit sphérique fut adoptée par tous les astronomes, mathématiciens et géographes au Moyen-Âge et Christophe Colomb fut probablement l'un des seuls à penser que le voyage vers les Indes pourrait être plus court. Copernic et Galilée ne furent d'ailleurs aucunement opposés à l'Église pour la représentation sphérique de la Terre mais seulement parce qu'ils lui retireraient sa position centrale dans l'Univers. Il faudra cependant attendre la circumnavigation de Magellan (1519-1522) et le passage des détroits pour voir définitivement admise la nouvelle image du monde.



Hauteurs de géoïde (en mètres) par rapport à un ellipsoïde de référence. (Illustration Nasa).

Le premier à tirer la leçon scientifique de l'expérience des marins semble être l'humaniste et réformateur suisse Joachim de Watt, dit Vadianus (1483-1551). Il formule en effet le concept de globe terraqué (exprimé seulement au XVII^e siècle), selon lequel terres et océans, les premières émergeant des seconds, appartiennent à la même sphère. Ce qui nous paraît évident aujourd'hui a été en fait un énorme progrès conceptuel.

Dans son ouvrage *Principia* publié en 1687, Newton explique que si la Terre n'avait pas eu de rotation sur elle-même, elle aurait dû être parfaitement sphérique par symétrie et à cause de l'égalité de gravité de ses parties mais que la force centrifuge qui est maximale à l'équateur et nulle aux pôles, cherchait selon lui à renfler les régions de basses latitudes aux dépens des régions polaires. Il en conclut que la Terre ne devait pas être parfaitement ronde mais avoir la forme d'un ellipsoïde aplati aux pôles d'une valeur théorique égale à 1/230.

Deux ans après la publication des *Principia*, l'astronome hollandais Christian Huygens (1629-1695) proposa dans son essai *Discours sur la cause de la pesanteur* une autre méthode de calcul de cet aplatissement et arrivait au

résultat de 1/576. Enfin, en 1743, dans son ouvrage *Théorie de la figure de la Terre*, l'astronome et mathématicien français Alexis Clairaut démontrait que les deux aplatissements n'étaient que les cas extrêmes d'une même théorie: celui de Newton correspondant à une Terre homogène et celui de Huygens au cas où toute la densité était concentrée au centre de la planète. Autrement dit, la figure de la Terre ne dépendait pas seulement de sa vitesse de rotation mais aussi de la manière dont se répartissait la densité à l'intérieur de la planète.

De l'oxygène au carbone

Mais la Terre n'a rien d'homogène. Sans parler de sa surface, l'intérieur même de la planète est un méli-mélo de matières plus ou moins lourdes: du cœur au manteau supérieur, sa densité passe de 12,5 à 3 environ. Cette matière compte 92 éléments chimiques naturels. Une trentaine sont très répandus et une demi-douzaine sont réellement indispensables à la vie. Le plus abondant est l'oxygène avec près de 47% de la croûte terrestre, le second étant le silicium avec 28%. Viennent ensuite l'aluminium (8,1%), le fer (5%), le calcium (3,6%), le sodium (2,8%), le potassium (2,6%) et le magnésium (2,1%). Ces huit éléments constituent ainsi à eux seuls 98,5% de l'écorce terrestre, ce qui revient à dire que les autres éléments chimiques naturels ne représentent que 1,5% de la Terre.

Il y a dans cette liste des absents de marque. Ainsi en est-il du carbone - l'une des briques essentielles de la vie - présent à raison de 0,048% de la croûte terrestre et qui arrive ainsi en quinzième position des éléments les plus abondants et, aussi très importants pour la vie, l'azote. Présent à raison de 0,03% dans le sol, il représente cependant 78% de l'air que nous respirons.

Il y a également ce que l'on pourrait appeler des «intrus». Le néodyme est totalement inconnu alors qu'il rend de nombreux services, comme la coloration des lunettes solaires, des céramiques ou entre dans la composition des têtes de lecture des disques durs des ordinateurs. Le rubidium est 15 fois plus présent que le plomb et le gadolinium (dont nous n'avons jamais entendu parler) est lui aussi mieux représenté que l'étain. L'uranium, avec 2,5 % de la croûte terrestre est plus connu que le bore (8%), utilisé dans les fibres de verre et pour la sécurité des réacteurs nucléaires ! Il y a aussi des métaux rares et même très rares. L'homme ne s'est pas trompé en élevant l'or au rang de métal le plus précieux si l'on tient compte de son aspect, de sa facilité de façonnage et... de sa rareté. Il n'est présent, estime-t-on, qu'à 0,003 % de la croûte terrestre contre 0,05 % pour l'argent et 0,005 % pour le platine.

Mais l'or n'est pas l'élément le plus rare. Il faut aller voir du côté du francium et de l'astate. Ce sont eux les plus rares. Et pour cause, ce sont des éléments radioactifs, c'est-à-dire instables. Ils naissent de la cassure d'un élément *père* et donneront eux-mêmes naissance à des éléments *filis*. Le francium fut d'ailleurs le dernier élément chimique naturel à être découvert et s'il est si rare, c'est qu'il se casse très rapidement. Sa demi-vie, c'est-à-dire le temps qu'il faut pour qu'une certaine masse de francium soit réduite de moitié, est de moins de 22 minutes. Par comparaison, le second élément le moins abondant, l'astate, a une demi-vie de 8,5 heures.

Géoïde cabossé

Durant plus de deux siècles, il restera admis que la Terre a *grosso modo* la forme d'un ellipsoïde dont le rayon équatorial est de 6 378,160 km et le rayon polaire de l'ordre de 6 357 km, soit un l'aplatissement de 1/298,247, le rayon équatorial dépassant le rayon polaire de 21 km environ ou encore une déviation de 0,3% de la rotondité parfaite. La véritable appellation de la forme de la Terre deviendra ainsi le *géoïde* et pour le définir le plus exactement possible les géophysiciens mettront tous leurs espoirs dans l'étude du champ de la pesanteur terrestre et définiront la surface du géoïde comme *l'équipotentielle du champ de gravité terrestre* ou plus simplement la forme qu'aurait notre planète si elle était entièrement recouverte d'eau ! Pour connaître dans ses moindres détails l'anatomie de géoïde on en revient à traquer le champ de pesanteur terrestre (la résultante des forces de gravité et centrifuge), lequel est totalement inféodé à la gravité. Celle-ci cultive d'étroites relations avec l'anatomie interne et externe de la planète: un creux est beaucoup moins attirant qu'une rondeur, c'est-à-dire que les fosses attirent moins que les montagnes. De même, il est influencé par la répartition des masses au sein du manteau terrestre.

Les chercheurs pressentaient que la surface de ce géoïde ne devait s'écarter de celle de l'ellipsoïde que de quelques dizaines, voir une ou deux centaines de mètres maximum et, c'est en étudiant depuis une quarantaine d'années les trajectoires irrégulières des satellites artificiels directement contrôlées par les humeurs de la pesanteur, qu'ils reconstituèrent le champ de pesanteur terrestre. Une fois celui-ci connu, il ne leur restait plus qu'à l'appliquer au géoïde pour connaître la forme exacte de la Terre. Mis à part l'aplatissement polaire, notre globe s'est ainsi avéré bien cabossé: le sud de l'Inde est dans un creux d'une centaine de mètres alors que l'Islande se retrouve surélevée de 90 mètres. Depuis cinq ans, deux satellites germano-américains *Grace* (pour *Gravity Recovery and Climate Experiment*)

chamboulent une nouvelle fois notre vision simpliste du globe en montrant que sa forme change très rapidement, bien plus vite que la dérive des continents par exemple.

La Terre ne peut avoir de *poids* au vrai sens du terme puisque c'est elle qui, par l'attraction qu'elle exerce sur les corps à sa surface, est la cause de la pesanteur et par conséquent du poids des objets. Mais on peut évaluer sa masse, c'est-à-dire la quantité de matière qu'elle contient. Pour un astronome, *peser la Terre* c'est donc comparer sa masse à celle du Soleil ou de la Lune alors que pour le profane c'est évaluer la masse de la Terre en tonnes ou plutôt en milliards de tonnes...

Comment peut-on mesurer la masse terrestre ? Tout simplement en faisant des expériences qui font appel une nouvelle fois à la loi de Newton relative à l'attraction terrestre et on obtient (je vous fais grâce des calculs et des approximations indispensables) que notre planète pèse 5 980 milliards de milliards de tonnes (5,98 suivi de 21 zéros).

Mais comme la masse de la Terre et celle d'une tonne ne sont pas compatibles en mots de tous les jours, les astronomes l'expriment par rapport au Soleil (333 000 fois la Terre) ou à la Lune (1/81 de la Terre). D'autres calculs nous apprennent que les océans et les glaces polaires ne représentent que 0,0023% de la masse totale et l'atmosphère seulement... 0,0001%.

La planète bleue est donc légèrement aplatie aux pôles et renflée à l'équateur. Ce qui revient à dire que l'on est 21 km plus près du centre de la Terre aux pôles qu'à l'équateur et que la gravité - celle qui attire la pomme de Newton - y est légèrement plus importante: si elle est à Bruxelles de 9,81 m/s, à l'équateur elle est de 9,78 et aux pôles de 9,83. C'est pour cela, qu'à l'équateur l'on *maigrit* de quelques centaines de grammes.

Pour déterminer précisément cette perte de poids, il faut tenir compte de la rotation de notre planète, de la pression atmosphérique, de la température, de l'humidité de l'air. La rotation de la Terre autour d'un axe qui passe par les deux pôles est cependant l'élément le plus important: lorsque l'on s'y trouve, on tourne sur place alors que lorsqu'on est à l'équateur, on se déplace (sans s'en rendre compte) à la vitesse de 1 670 km/h (l'équateur mesure 40 070 km et un tour est effectué en 24 heures).



Comme
Harold Lloyd,
dans le film
«Monte là-dessus»,
les gardiens
du temps
sont tenus
à quelques...
acrobaties.
(Image Bitmap).

Le temps d'une seconde

La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

L'échelle de temps qui en découle est le Temps Atomique International (TAI). Ce Temps est la coordonnée de repérage temporel établie par le Bureau international des poids et mesures sur la base des indications d'horloges atomiques fonctionnant dans divers établissements conformément à la définition de la seconde, unité de temps du Système international d'unités. Le TAI est maintenant la référence officielle pour dater les événements.

Se pose alors la question de savoir pourquoi nous gardons les pieds sur terre ? Tout simplement parce que la force gravitationnelle est supérieure à la force centrifuge mais elle diminue néanmoins d'environ trois dixièmes de pour cent notre poids en même temps qu'elle contribue à renfler quelque peu l'équateur terrestre. Il faut également tenir compte du fait que l'on s'allège en s'élevant: au sommet de l'Everest nous pesons 200 grammes de moins qu'au pied du géant de l'Himalaya mais, plus surprenant, on s'allège également en descendant sous terre pour la simple raison que plus on descend, plus la masse de la Terre - créatrice de la gravité - diminue: à quinze km de profondeur, la diminution est de sept dixièmes de pour cent.

Et ailleurs ?

Comme la loi de la gravitation universelle est proportionnelle au produit des masses et inversement proportionnelle au carré de la distance, plus un objet est gros, plus il produit une attraction forte et cette force diminue rapidement lorsque l'on s'éloigne de ce corps. Son paradoxe est qu'il s'agit d'une force extrêmement faible, la plus faible des quatre forces fondamentales de la physique. Comme tout corps déclenche une attraction gravitationnelle, deux personnes de 80 kg situées à un mètre de distance l'une de l'autre créent des champs gravitationnels: ils s'attirent avec une force équivalente au poids d'un objet de 0,00004 g. Autant dire qu'on peut toujours attendre pour ressentir cette attirance !

La Terre, et tout corps céleste, se comporte donc un peu comme un aimant. Si l'on disposait d'un gros aimant en forme de boule, toute épingle posée à sa surface par la tête tiendra droite quel que soit l'endroit où on la place. Mais la comparaison avec le magnétisme s'arrête là. Car contrairement aux forces magnétiques, la gravitation est toujours attractive et jamais répulsive. C'est là l'un des nombreux mystères de la gravitation. Bien que la loi de la gravitation universelle de Newton soit toujours applicable, qu'elle ait été étendue à l'ensemble de l'Univers par Albert Einstein avec la théorie de la relativité générale, la gravitation reste en grande partie «magique».

Si ses effets sont parfaitement décrits, mis en équations, calculés, nul ne sait expliquer réellement comment elle marche. Comment naît-elle ? Y a-t-il un vecteur physique qui «transporte» la gravitation ? Pourquoi agit-elle même sur des particules sans masse comme les photons, ces petits «grains» de la lumière ? Est-elle éternelle ? Et sur une autre planète ? On sait cependant que sur la Lune, une personne de 70 kg ne pèse plus que 11,3 kg; sur Mars, elle pèserait 26,6 kg tandis que sur Jupiter son poids serait de 177,1 kg.

Non seulement notre bonne vieille Terre n'est pas parfaitement ronde mais elle ne tourne plus rond ! Les calculs montrent qu'en moyenne notre planète ralentit d'une milliseconde par siècle, si bien que nos journées de 24 heures n'en comptaient que 22 il y a 400 millions d'années et qu'au rythme où vont les choses, une journée durera 26 heures dans 200 millions d'années. Dès le XVIII^e siècle, les astronomes avaient réalisés que le mouvement de rotation de la Terre n'était pas uniforme, une réalité mesurée avec précision au XX^e siècle et qui a permis de constater que si, sur le long terme, la rotation de la Terre a bien tendance à ralentir, cela ne se fait pas de manière constante et donne même parfois l'impression d'accélérer !

Cette perte de vitesse a plusieurs causes dont la principale réside dans le fait que la Lune échappe peu à peu à l'attraction de la Terre et qu'elle s'en éloigne de quelques centimètres par an. Son action sur la formation des marées s'affaiblit et l'on sait que le frottement des marées sur l'écorce terrestre est un facteur important pour la rotation de la Terre. Il existe encore d'autres raisons telles que les variations saisonnières, les tremblements de terre ou d'éventuels mouvements de matière dans le noyau terrestre, mais dont l'influence n'est pas évidente.

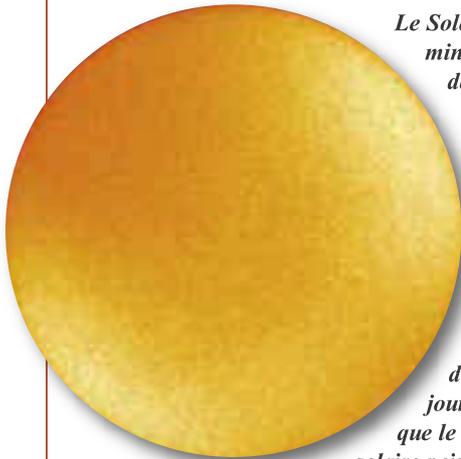
Or aujourd'hui, à l'époque du Gps, on ne pouvait pas admettre que midi se retrouve un jour ou l'autre à minuit alors que le temps de référence est un temps atomique international basé sur une seconde qui n'est plus en rapport direct avec le temps solaire. En 1967, lors de la 13^e Conférence générale des poids et mesures, une nouvelle mesure de la seconde fut adoptée. (Voir *Athena* n° 216, décembre 2005). C'est la plus précise de toutes les unités de mesures, au point qu'elle est, en quelque sorte, déconnectée du temps réel basé, lui, sur la rotation variable de la Terre autour de son axe. La Terre ralentissant, même imperceptiblement, l'ajout de secondes devient nécessaire pour que midi ne se retrouve pas, un jour ou l'autre, à minuit.

Et voilà pourquoi l'année 2008 sera plus longue d'une seconde que la précédente: sans que personne ne s'en rende compte, une seconde supplémentaire sera ajoutée dans toutes les horloges de référence au cours de la nuit du 31 décembre 2008 au 1^{er} janvier 2009, très précisément à 0 h 59 min 59 s, mais elle comptera pour 2008 !

Depuis le début des années 1970, trente-trois secondes ont déjà été ainsi injectés dans nos horloges... et il y a beaucoup à penser que cette année ne sera pas la dernière.

Paul DEVUYST

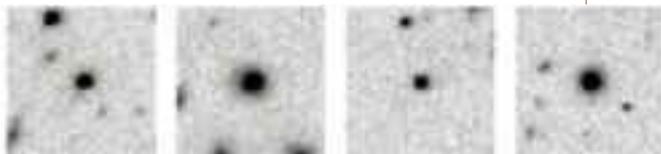
À la Une du... Cosmos



Le Soleil a atteint un minimum historique: depuis le début de l'ère spatiale, on n'a jamais enregistré vent solaire si faible. En plus, il y a déjà eu en 2008 plus de 200 jours sans la moindre tache à la surface de notre astre du jour ! Il semblerait que le nouveau cycle solaire peine à se mettre en route... (Photo Soho).



Les tardigrades ou «oursons» d'eau, de petits organismes d'un millimètre de long, sont les premiers animaux à prouver leur résistance au vide et aux radiations de l'espace. La découverte suit l'envoi dans l'espace, pour une mission de 12 jours, de 3 000 tardigrades par une biologiste suédoise. Il semblerait même que si certains «oursons» ont eu leur ADN endommagé, ils auraient réussi à le réparer ! (Photo Waterbear).



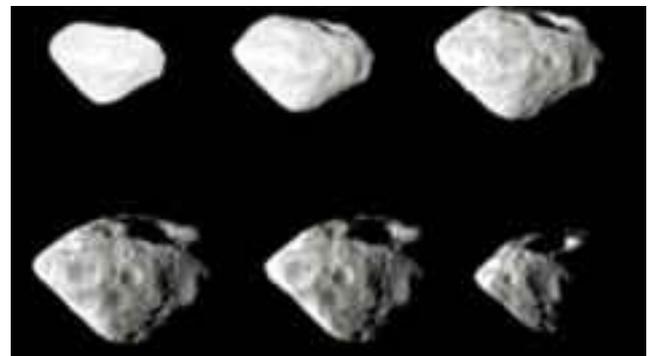
Au tout début de l'Univers existait un type de galaxie très particulier, dont on vient seulement de faire la découverte. Ces galaxies, très denses et très compactes (leur taille atteint un dixième de celle de notre Galaxie, pour une masse similaire), ont disparu ensuite: ont-elles grossi par un mécanisme inconnu pour donner naissance aux galaxies actuelles ? (Photo Damjanov & Ap.J).



Des simulations numériques tentant de reproduire la formation des planètes montrent le chaos et la violence du processus. Les résultats expliquent la diversité des systèmes exoplanétaires observés: beaucoup de gaz, au départ, et l'on obtient des jupiters chauds; peu de gaz, et l'on se retrouve avec des planètes rocheuses - seule la situation intermédiaire donne naissance à un mélange de planètes géantes et rocheuses, comme notre Système solaire - la Terre et ses copines semblent l'exception plutôt que la règle... ce qui ne veut pas dire que nous sommes uniques.



Un mystère entoure les météorites et les astéroïdes: la plupart des astéroïdes qui frôlent la Terre n'ont pas la même composition que la grande majorité des météorites - or les météorites sont des morceaux d'astéroïdes qui tombent sur Terre... Il semblerait que cette différence s'explique par le fait que les météorites seraient des morceaux d'astéroïdes provenant de la ceinture entre Mars et Jupiter et non des morceaux des dangereux «frôleurs», les NEA. (Photo: JPL).



La sonde européenne Rosetta a survolé le 6 septembre dernier l'astéroïde Steins. En forme de diamant, il présente de nombreux cratères, certains alignés en chapelets et d'autres très grands, qui suggèrent un âge vénérable.

Yaël NAZÉ
naze@astro.ulg.ac.be



«Échapper à la pesanteur, nous l'avons tous éprouvé dans nos rêves et ceci peut nous rappeler l'origine de la vie dans les océans. Mais cela peut nous faire pressentir un avenir plus long dans l'espace.»
Arthur C. Clarke (1917-2008), le «père» de l'orbite géostationnaire et l'auteur de «2001, l'odyssée de l'espace».

Pour connaître cet état permanent de «chute libre» qu'on appelle impesanteur, il faut se mettre en orbite. C'est une opération technique qui n'est pas à la portée de tous. À ce jour, seuls une demi-douzaine d'États et, depuis peu, une société privée américaine - Space-X à sa quatrième tentative - sont capables de placer des satellites autour de la Terre. La Corée du Nord, le Brésil et l'Iran ont jusqu'ici échoué

Pourquoi le lancement d'un satellite est-il si difficile à réussir ? On est face à un problème de vitesse. Atteindre une vitesse très élevée suppose beaucoup d'énergie à maîtriser. Or, pour qu'un satellite tourne au-dessus de nos têtes, on doit lui communiquer une vitesse d'au moins 7,8 km à la seconde. Soit près de 28 000 km à l'heure... Et cette vitesse est acquise en moins de dix minutes !

L'énergie qu'il faut déployer ne peut être fournie par un seul système de propulsion. Elle se trouve répartie sur différents étages équipés de propulseurs, l'ensemble constituant un lanceur de satellite(s). Une fois vidés de leurs carburants, ces étages se détachent, au fur et à mesure de la montée vers l'espace, de manière à gagner du poids. L'opération se déroule de façon automatique et se révèle fort complexe: ils doivent se séparer correctement et fonctionner avec la poussée et suivant la trajectoire prévue. Leurs accélérations successives s'additionnent afin d'arriver à la vitesse critique de mise sur orbite.

Qu'est-ce qu'une mise en orbite ? Lâchez une balle: elle tombe à la verticale, attirée par le centre de la Terre. Lancez-la devant vous, de toutes vos forces: elle décrira une courbe avant de tomber à une certaine distance... Plus vous la jetterez avec énergie, plus elle ira loin. Imaginez qu'avec beaucoup d'énergie, la balle soit

projetée à une vitesse très élevée et monte jusqu'à 200 km d'altitude. Elle disparaît à l'horizon, fait un tour du globe, puis revient, une heure et demie plus tard, presque au-dessus de l'endroit d'où elle a été tirée. Sur sa lancée, elle repart faire un autre tour du monde, et ainsi de suite. La balle se trouve mise en orbite. Et à l'instar de la Lune, elle reste prisonnière de la gravité terrestre et décrit des orbites autour de la Terre. Presque indéfiniment, si elle est placée à plus de 1 000 km.

Placer un kilo en orbite n'est donc pas bon marché ? Tout dépend de l'orbite sur laquelle vous voulez placer un satellite. Plus cette orbite est élevée, plus vous avez besoin d'énergie. Vous consommez davantage: c'est donc plus coûteux. Et la différence de prix peut par ailleurs s'expliquer par les coûts de production du lanceur - il faut au moins deux ans pour le fabriquer -, lesquels sont différents en Europe, en Russie, en Chine. Comme références, on prendra deux types d'orbite. Le kilo sur orbite basse - jusqu'à 500 kg - coûte au moins 10 000 euros par lancement. Le kilo sur l'orbite de transfert géostationnaire, entre 200 et 36 000 km - celle qui donne accès à l'orbite dite de 24 heures - coûte environ 15 000 euros. Il ne faut pas perdre de vue que le lanceur spatial - à l'exception de la navette et de ses propulseurs d'appoint qui peuvent être réutilisés - ne sert qu'une fois !

Les lancements sont-ils assurés ? Une société de transport de satellites, comme *Arianespace*, doit être assurée pour les chutes des étages et les risques de pollution. Seuls les satellites à usage commercial sont l'objet d'assurances. La prime est de l'ordre de 15% de la valeur combinée du satellite et de son lancement.

Théo PIRARD
 theopirard@hotmail.com

Depuis l'atoll de Kwajalein (Pacifique), le quatrième exemplaire du petit lanceur Falcon-1 a, le 28 septembre, permis l'accès privé à l'orbite. (Photo Space-X).

L'Europe dans l'ère *Kopernikus*

De notre envoyé spécial à Lille

Après le système *Galileo* qui servira en 2014 à la navigation globale au moyen d'une constellation de 30 satellites, l'Union européenne se lance dans la mise en œuvre de *Kopernikus*. Il s'agit d'un système de systèmes destiné à l'observation continue, dès 2013, de l'environnement terrestre, tant avec des senseurs dans l'espace qu'avec des instruments de mesures *in situ*. C'est l'autre étendard spatial de l'Union européenne en vue de l'Objectif Lisbonne qui est de la placer en tête de la société et de l'économie de la connaissance dans le monde.

Le lancement officiel de *Kopernikus* - alias *Gmes* (*Global Monitoring for Environment & Security*) - a eu lieu les 16 et 17 septembre au grand palais de Lille, sous l'impulsion de la présidence française de l'Union. L'Europe, qui se positionne comme leader mondial des activités de surveillance du globe, entend jouer pleinement son rôle au service du développement durable et d'une meilleure sécurité. *Kopernikus* représente sa contribution à l'initiative *Geoss* (*Global Earth Observation System of Systems*) dont le programme fut adopté à Bruxelles en février 2005 par les délégations de 61 États et de 40 organisations internationales (voir *Athena* n° 209, mars 2005, pp. 326-327).

L'Europe des citoyens

Philippe Busquin, député européen et précédent Commissaire de la Recherche, affichait à Lille un grand bonheur en voyant se concrétiser le processus *Gmes* qui avait été initié dix ans plus tôt: «*Kopernikus, c'est vraiment l'Europe des citoyens. Le défi de ce programme est de garantir une large diversité d'actions qui répondent directement aux problèmes globaux de la société. Si l'Europe a une politique spatiale qui la rend autonome en matière d'observations depuis l'espace, il faut davantage de cohérence entre les stratégies des différents États membres concernant le changement climatique, le développement durable, les ressources en eau, la gestion des risques... À cet égard, la présidence fran-*



çaise a fait du beau travail. Nous allons avoir une infrastructure qui sera à la pointe au niveau mondial. Le parlement, aux côtés du Conseil et de la Commission, veut Kopernikus, au même titre qu'elle a soutenu Galileo.»

Aux côtés de *Galileo*, *Kopernikus* constitue le deuxième programme européen d'une infrastructure publique de l'espace, qui représente une réponse aux besoins d'utilisateurs nombreux et variés en matière d'environnement et de sécurité. Le forum *Gmes* de Lille a mis en évidence l'énorme potentiel que l'on attend de *Kopernikus* comme fournisseur de produits et services à long terme. Ces produits et services, basés sur l'observation de la Terre, sont poussés par la demande, à condition que leurs utilisateurs y voient des réponses à leurs besoins. Mais on est en présence d'un ensemble d'une grande complexité, qui met en jeu une multitude d'acteurs dans la surveillance des terres, des mers, des glaces et de l'atmosphère. D'où la nécessité d'une gouvernance efficace: «*Si on dispose déjà de beaucoup d'éléments, il reste à régler sa mise en place*», note Jean-Jacques Dordain, directeur général de l'Esa.

Kopernikus est un programme ambitieux d'une criante nécessité, vu le changement climatique qui, avec le réchauffement, entraîne la fonte des glaces, la montée des eaux, le recul des côtes, la

Une constellation de satellites d'observation, réalisés par l'industrie européenne, va surveiller le globe pour l'environnement et la sécurité. À l'instar de ces cinq RapidEye qui ont été satellisés d'un seul coup le 29 août depuis le cosmodrome de Baïkonour. (Photo Sstl).

recrudescence de catastrophes météorologiques... Sa continuité à long terme dépend de ressources financières stables, comme l'a souligné Valérie Pécresse, ministre française de l'enseignement supérieur et de la recherche. «*C'est l'Union européenne qui, au-delà des contributions des fédérations d'utilisateurs comme Eumetsat, garantira le financement sur le long terme des infrastructures et des systèmes.*» Le bureau Gmes, en place jusqu'en mai 2009 au sein de la commission *Entreprise & Industrie* à Bruxelles, est chargé de définir l'architecture entre fournisseurs et utilisateurs des produits et services *Kopernikus*.

**Objectif Terre !
Kopernikus veut
remettre au cœur
de nos
préoccupations
l'état de notre
planète, qui reste
la seule à avoir
accueilli des espèces
vivantes et des êtres
intelligents.
(Document Esa).**

Un effort de quatre milliards

En donnant le coup d'envoi à la mise en œuvre opérationnelle de *Kopernikus*, Günter Verheugen, vice-président de la Commission, en charge de la *DG Entreprise & Industrie*, a rappelé: «*Ce système autonome et efficace, piloté par la communauté des utilisateurs, est un bien public de l'Union et cette initiative n'est pas une affaire de business.*» Il excluait tout partenariat public-privé pour financer la pérennité des services et produits: «*Nous n'allons pas refaire l'erreur de Galileo.*» Au sujet de l'utilisation de *Kopernikus* par les instances militaires: «*Je souhaite qu'il serve à leurs besoins. Il s'agit d'une infrastructure d'informations à usage dual.*» Il comptait publier fin de l'année une communication sur la stratégie *Kopernikus* et sur la structure de gouvernance.

Une proposition prévue en 2008 sur le budget du système opérationnel doit préparer la place de *Kopernikus* dans les perspectives financières de l'Union après 2013. Une estimation des coûts est en cours à la Commission, avec l'*Esa* (*European Space Agency*) responsable du segment spatial et l'*EEA* (*European Environment Agency*) chargée des mesures *in situ*. D'ores et déjà, il est question d'un investissement de 4 milliards d'euros afin que *Kopernikus* soit opérationnel en 2014. Selon Günter Verheugen, il y aura alors une constellation d'une quarantaine de satellites d'observation, réalisés par l'*Esa*, *Eumetsat*, les agences spatiales nationales, des coopérations internationales. Elle se trouvera combinée à un réseau européen, organisé par *EEA*, pour la collecte d'informations à la surface terrestre.

Le Conseil *Esa* qui se réunira au niveau ministériel de La Haye, les 25 et 26 novembre, aura à prendre des décisions cruciales en ce qui concerne les priorités quant à l'observation de la Terre. Mais Völker Liebig, directeur de ces programmes à l'*Esa*, se veut optimiste, alors que les États membres sont confrontés à des mesures de rigueur budgétaire, suite à la crise financière. Il lui faut trouver 987 millions d'euros pour financer la seconde paire de trois premiers satellites opérationnels *Sentinel*. De son côté, la Commission prévoit d'investir 500 à 600 millions d'euros destinés aux services opérationnels de collecte et traitement des mesures *in situ*. Il est prévu d'équiper les *Sentinel* de terminaux laser pour la collecte des hauts débits d'information via le satellite géostationnaire *Edrs* (*European Data Relay Satellite*) que l'*Esa* veut réaliser dans le cadre d'un partenariat public-privé.

Paul Weissenberg, directeur, Industrie aérospatiale, sécurité et défense, *DG Entreprise & industrie* de la Commission, a présenté les trois principes de la phase de réalisation de *Kopernikus*: c'est un chantier de capacités autonomes et opérationnelles lié à l'identité de l'Europe et qui a une envergure politique, un service dont l'utilisation publique et privée doit être au centre des préoccupations, un partenariat qui intègre les capacités existantes nationales, intergouvernementales et communautaires. «*Nous allons proposer un programme européen sous forme législative avec des conséquences institutionnelles et financières.*»

Au sujet de l'infrastructure, il précisait qu'un consensus a pu être dégagé, même au niveau ministériel entre les acteurs suivants:

- l'*Esa* comme l'agence de développement et d'approvisionnement, chargée de la coordination du segment spatial;
- *Eumetsat* à ses côtés comme l'opérateur de référence, notamment pour les observations de l'atmosphère et des océans (*Sentinel-4/MTG*, *Sentinel-5/Metop*, observations marines de *Sentinel-3*);
- l'*Eea* bien placée pour coordonner les différents partenaires de la composante *in situ*.

Reste à trouver avant la fin 2009 - précédent la mise en place de la prochaine Commission, qui sera garante de la pérennité - une gouvernance efficace et un financement stable: «*L'Union européenne a été mandatée pour faire avancer Kopernikus. Nous allons par conséquent proposer que la Commission continue et renforce la coordination des différents acteurs, qu'elle organise le partenariat.*»

Théo PIRARD
theopirard@hotmail.com



**Le compte-rendu
du Forum de Lille sur
<http://ec.europa.eu/kopernikus/>**

La Terre et Mars dans X années ?

C'est bien connu: la vérité sort de la bouche des enfants. En imaginant notre planète et Mars comme elles pourraient devenir dans le futur, Sophie Lox, de Lambermont-Verviers, est la lauréate belge dans la catégorie «enfants» du concours *Europlanet 2007* (voir *Athena* n° 233, septembre 2007, p. 12). Elève de 6^e année primaire, elle a fait preuve de talent et de créativité en dessinant d'un côté une Terre qui s'est muée en un globe désert avec de rares points d'eau, de l'autre une planète rouge qui s'est mise au bleu avec d'importantes calottes polaires.

Manifestement, les deux voisines dans le système solaire ont connu des sorts différents... Mais comment situer dans le temps le portrait imaginé par Sophie Lox ? «Dans 10 000, 100 000 ou 1 million d'années. Difficile de prévoir: tout dépendra du côté raisonnable

des générations à venir», précise l'auteur du dessin, qui se préoccupe beaucoup de la protection de l'environnement terrestre. Elle a de qui tenir, puisque son papa, André, est impliqué dans la politique wallonne d'assainissement des anciens sites industriels.

Sophie Lox, qui se dit plus artiste que scientifique, a reçu comme prix un télescope *Meade (Nomikos)* qui lui permet de se rapprocher *de visu* de la Lune et... de Mars. Elle a eu l'occasion de visiter, avec son jeune frère Damien et ses parents, plusieurs installations qui lui ont permis d'aborder le spatial sous plusieurs angles: le *Planétarium* à Bruxelles, l'*Euro Space Center* de Transinne-Libin, les moyens d'essais du centre européen de recherche et technologie *Estec* à Noordwijk (Pays-Bas), ainsi que l'entreprise *Verhaert Space* à Kruikebeke, près d'Anvers. Là, dans une salle blanche, elle a pu découvrir le prochain satellite «made in Belgium»,

Proba-2 qui sera lancé durant l'été 2009 pour mesurer les effets du Soleil sur notre environnement. «J'ai été surprise par la petitesse de cette technologie par rapport aux services qu'on en attend. L'évolution des systèmes dans l'espace m'intéresse, mais je ne suis pas du tout candidate pour aller vivre dans une station spatiale... où tout me paraît si étroit et si renfermé. Je préfère l'environnement naturel de notre Terre.»

<http://europlanet.cesr.fr/>



À lire... À lire...

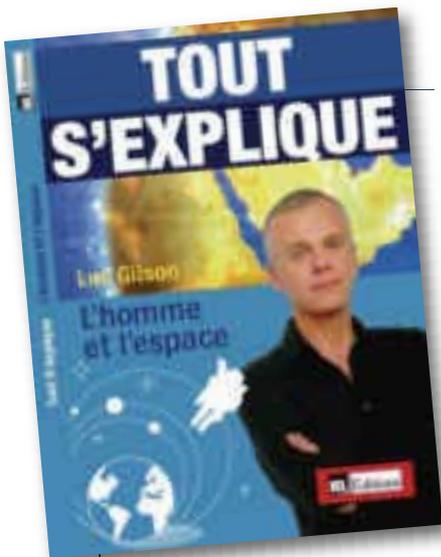
L'Homme & l'Espace, Collection Tout s'explique de Luc Gilson, Éditions Rtl & Luc Pire, Bruxelles. Textes de Théo Pirard.

Cet ouvrage en format de poche, de 160 pages, s'efforce de répondre à une centaine de questions que chacun se pose sur l'odyssée spatiale, ses défis, ses applications, ses perspectives. Il a été présenté lors des journées *L'espace, j'en rêve*, à l'*Euro Space Center* et durant *Space Days 2008*.

L'originalité réside dans les dessins, subtils et savoureux, qui font sourire, interpellent, ne laissent personne indifférent. Une manière gentille de (re)découvrir les activités de l'espace qui sont bien plus diversifiées qu'on ne le croit. Les textes ont été rédigés par un certain... Théo Pirard. Fidèle à son habitude, il y a apporté un maximum d'informa-

tions, sous la forme d'explications simplifiées, d'anecdotes peu connues. L'illustration très originale, donne une note d'humour à la réponse de chaque question, a été réalisée par le subtil dessinateur Joël Peeters.

Un livre à la portée des jeunes et moins jeunes. Sa lecture n'est point fastidieuse puisque son contenu peut se lire en commençant à n'importe quelle page, suivant l'humeur du moment.



En bref... En bref...

*Après Proba
Végétation pour
un état permanent
de l'occupation
des sols, voici Proba
Altius pour l'analyse
chimique des
polluants
de l'atmosphère.*

<http://www.altius.oma.be/>

Belgospac a publié son rapport d'activités 2007. Il passe en revue les activités en cours et en projet de ses membres qui sont des ténors du spatial belge: *Cegelec, Gillam-Fei, Newtec, Sabca, Sonaca, Space Applications Services, Spacebel, Techspace Aero, Thales Alenia Space Antwerp, Thales Alenia Space Etca, Verhaert Space, l'École royale militaire*. Le directeur de Belgospac, Dany Van de Ven, souhaite élargir aux centres universitaires, instituts de recherche, à de nouveaux industriels, la composition de cette association qui dépend d'Agoria, la fédération de l'industrie technologique. Cette année, ce document revêt un intérêt particulier, vu le Conseil Esa au niveau ministériel qui va se dérouler à La Haye les 25 et 26 novembre, sous présidence italienne. On peut télécharger ce document de référence sur le site:

<http://www.agoria.be/belgospac/>

La Société européenne des satellites (Esa), le plus grand des opérateurs commerciaux de systèmes spatiaux, avec un chiffre d'affaires de plus d'1,6 milliard d'euros en 2007 devrait faire aussi bien cette année. L'entreprises à succès du grand-duché de Luxembourg, qui a son siège au Château de Betzdorf comprend: *Ses Astra* (Europe), *Ses Americom* (Amérique du Nord), *Ses New Skies* (Pays-Bas), *Ses Sirius* (Suède), *Ciel Satellite* (Canada) et *Quetzsat* (Mexique).

À la date du 1^{er} août, elle exploitait, sur l'anneau de l'orbite géostationnaire, une flotte de 38 satel-



lites. Elle a passé commande de dix satellites pour réaliser des lancements jusqu'en 2011. Romain Bausch, président et directeur général de *Ses*, voit sa société en expansion: «*Nous comptons poursuivre notre stratégie de croissance externe en restant activement à l'affût d'acquisitions ciblées ou d'actifs susceptibles de renforcer notre couverture dans les zones où elle peut encore être améliorée.*»

Un autre *Proba*: le micro-satellite *Altius*. *Envisat*, l'observatoire européen de l'environnement, autour de la Terre depuis mars 2002, assure une surveillance efficace globale. Les dix instruments de ce satellite de 8 tonnes continuent de produire des données sur l'atmosphère, les mers, les glaces, les aspects géologiques, le couvert végétal... Il est question de prolonger sa durée de vie jusqu'en 2013 en économisant les ergols de son contrôle d'attitude. Il faut d'ores et déjà penser à la continuité des données. Notamment pour *Sciamachy*, son principal instrument optique, qui donne d'excellents résultats dans l'identification des polluants de l'atmosphère et dans la localisation des pollueurs.

La Belgique envisage, dans le cadre du programme européen *Kopernikus*, le développement du micro-satellite de télédétection *Altius* (*Atmospheric Limb Tracker for Investigation of the Upcoming Stratosphere*). Basé sur la plateforme *Proba* «made in Belgium», l'*Altius*, d'à peine 100 kg, devrait être lancé en 2012 à l'initiative de l'*Iasb* (*Institut d'aéronomie spatiale de Belgique*) qui en poursuit l'étude avec l'industrie belge

Astrium, leader européen de la télédétection spatiale. La division *Observation de la Terre* d'*Astrium Services* vient de prendre une participation majoritaire dans la société *Spot Image*, spécialisée dans l'imagerie multispectrale à haute résolution depuis l'espace pour les systèmes d'information géographique. Elle a sa filiale *Infoterra* qui développe et exploite des satellites radar de grande précision (jusqu'à 1 m au sol). En combinant l'expertise de *Spot Image* et d'*Infoterra*, *Astrium* (branche spatiale du groupe européen *Eads*) se dote d'une filière qui dispose de la géo-information afin d'assurer le suivi et la gestion des ressources de notre planète. Par ailleurs, elle a fourni à la Thaïlande *Theos* (*Thailand Earth Observation System*) qui, lancé ce 1^{er} octobre, sera exploité sur la même orbite que *Spot-5/Végétation-2*.

Théo PIRARD
theopirard@hotmail.com

Schleichende Verschmutzungen, für die es Lösungen gibt. Die schlimmsten Verschmutzungen sind oft nicht mit dem Auge erkennbar und um so schwerwiegender, da sie nicht leicht zu bekämpfen sind. **Christiane De Craecker-Dussart** stellt die Arbeit von Frédéric Denhez über diese unsichtbaren, schleichenden Verschmutzungen vor. Die Lage ist ernst, doch der Autor gibt zugleich Lösungsansätze an die Hand, für die der Artikel zuverlässige Referenzen anführt. Hierzu bedarf es wissenschaftlicher Forschung, Prävention, Substitution, Information und Regelung (*REACH*).

Ein Bauernhof inmitten von Laboren und Projekten. Der Versuchs- und Lehrbauernhof liegt in einem 70 Hektar großen Park der Provinz Hennegau und verleiht dem Carah das gewisse Etwas. Auf dem von Spezialisten animierten Hof können die Besucher sowohl das Landleben entdecken als auch angewandte Forschungstätigkeiten beobachten, die darauf abzielen, neue Arbeitsplätze mit immer höheren Qualifikationsanforderungen zu schaffen und die Lebensqualität durch eine neue Form der Bewirtschaftung von Ressourcen aus Landwirtschaft und Industrie zu verbessern. Mit Erläuterungen von **Jean-Claude Quintart**.

Eine unerschöpfliche Neuronenquelle. Ein europäisches Forscherteam hat soeben entdeckt, wie sich Hirnrindenneuronen in vitro aus Embryonen-Stammzellen züchten lassen. Diese Entdeckung eröffnet neue Perspektiven für das Verständnis und die Modellisierung neurologischer und psychischer Krankheiten sowie die Gewinnung therapeutisch nutzbarer Moleküle. Mit Erläuterungen von **Philippe Lambert**.

CRR: on the road again. Das *Zentrum für Straßenbauforschung CRR* (Centre de recherches routières) wurde 1952 gegründet. Es befasst sich mit allen Aspekten des Straßenbaus, doch auch mit Problemen, die in den letzten Jahren an Brisanz gewonnen haben, wie Mobilität, Sicherheit und Umweltschutz. Das CRR betreibt zahlreiche Forschungen in verschiedenen Bereichen und unterstützt nicht zuletzt Unternehmen in den betroffenen Wirtschaftszweigen. Ein Beitrag **Philippe Lambert**.

Tipps für die Internet-Suche. **Christian Vanden Berghen** führt den User in die hohe Kunst der Internet-Recherche ein, von einfachen Suchen bis hin zu höchst komplexen, teilweise „unmöglichen Missionen“. Dabei greift er auf konkrete Beispiele zurück, mit denen der User den ganzen Reichtum des Internets entdeckt und dazu angeregt wird, neue Möglichkeiten und auch weniger naheliegende Ressourcen zu nutzen, die dafür umso aufschlussreicher sind.

Wenn sich Eisen und Glas vereinen ... Stahl und Glas sind zwei Werkstoffe, wie sie unterschiedlicher nicht sein könnten. Dennoch lassen sie sich zu einem Material mit bemerkenswerten Eigenschaften und vielfältigen Anwendungen kombinieren, wie **Roger Hubert** vor Augen führt. Gemeint ist emaillierter Stahl, der im 19. Jahrhundert erfunden wurde und bis heute in mancherlei Hinsicht unübertroffen ist.

Supraleiter: eine neue Hoffnung? Die Supraleitfähigkeit bei Umgebungstemperatur ist einer dieser heiligen Grale, nach denen die Physiker suchen. Die Entdeckung könnte eine Revolution in der Elektronik auslösen. Die Suche dauert aber bereits viele Jahre an, und die Hoffnungen schwinden. Jetzt aber forscht man auf neuen Wegen: nach nanometrischen Supraleitern. Ein Artikel von **Henri Dupuis**.

Wie sieht unser Planet in Wirklichkeit aus ? Leer oder formlos? Flach oder rund? Eine Ellipse oder gewölbte Scheibe? **Paul Devuyt** lässt die verschiedenen Vorstellungen des Menschen Revue passieren, von der Antike über Isaac Newton bis hin zu Albert Einstein. Sie alle haben das Antlitz unseres Planeten Erde ein Stück weit enthüllt.

Europa im Kopernikus-Zeitalter. Nach dem Galileo-System setzt die Europäische Union nun auf *Kopernikus*, ein vernetztes System, das aus mehreren Teilsystemen zur Beobachtung der Umwelt auf dem Planeten Erde besteht. Dabei kommen sowohl Weltraumsonden als auch Messinstrumente vor Ort zum Einsatz.

Weitere lesenswerte Rubriken:

News, von **Jean-Claude Quintart**, S. 107-110.

Es ist unsere Erde!, von **Henri Dupuis**, S. 112-113.

Europa, von **Jean-Luc Léonard**, S. 114-116;

Info-Bio, von **Jean-Michel Debry**, S. 119-125.

Astronomie, von **Yaël Nazé**, S. 149 und **Raum**, von **Théo Pirard**, S. 150-154.

Athena n° 245

Novembre 2008

Ce mensuel d'information, tiré à 13 000 exemplaires, est édité par le

**Département
du développement
technologique,**

Avenue Prince de Liège, 7
à 5100 Jambes.

Téléphone vert:

0800/11 901 (appel gratuit)

Télécopie: 081/30.66.00.

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

Editeur responsable:

Michel CHARLIER,

Ir. Inspecteur général

Ligne directe: 081/33.56.45.

michel.charlier@mrw.wallonie.be

Assistante de rédaction et mise en page:

Marie-Claude SOUPART

Ligne directe: 081/33.56.02.

mc.soupart@mrw.wallonie.be

Impression:

Imprimerie Bietlot

Rue du Rond-Point, 185 à 6060 Gilly.

Routage Barbier

Les Isnes à 5302 Gembloux.

ISSN 0772 - 4683

Ont collaboré à ce numéro:

Jean-Michel Debry;

Christiane De Craecker-Dussart;

Henri Dupuis; Paul Devuyt;

Philippe Lambert;

Jean-Luc Léonard; Théo Pirard;

Jean-Claude Quintart;

Christian Vanden Berghen et

Michel Wautelet.

Traduction: Europaco.

Dessinateurs:

Olivier Saive et Vince.

Comité de rédaction:

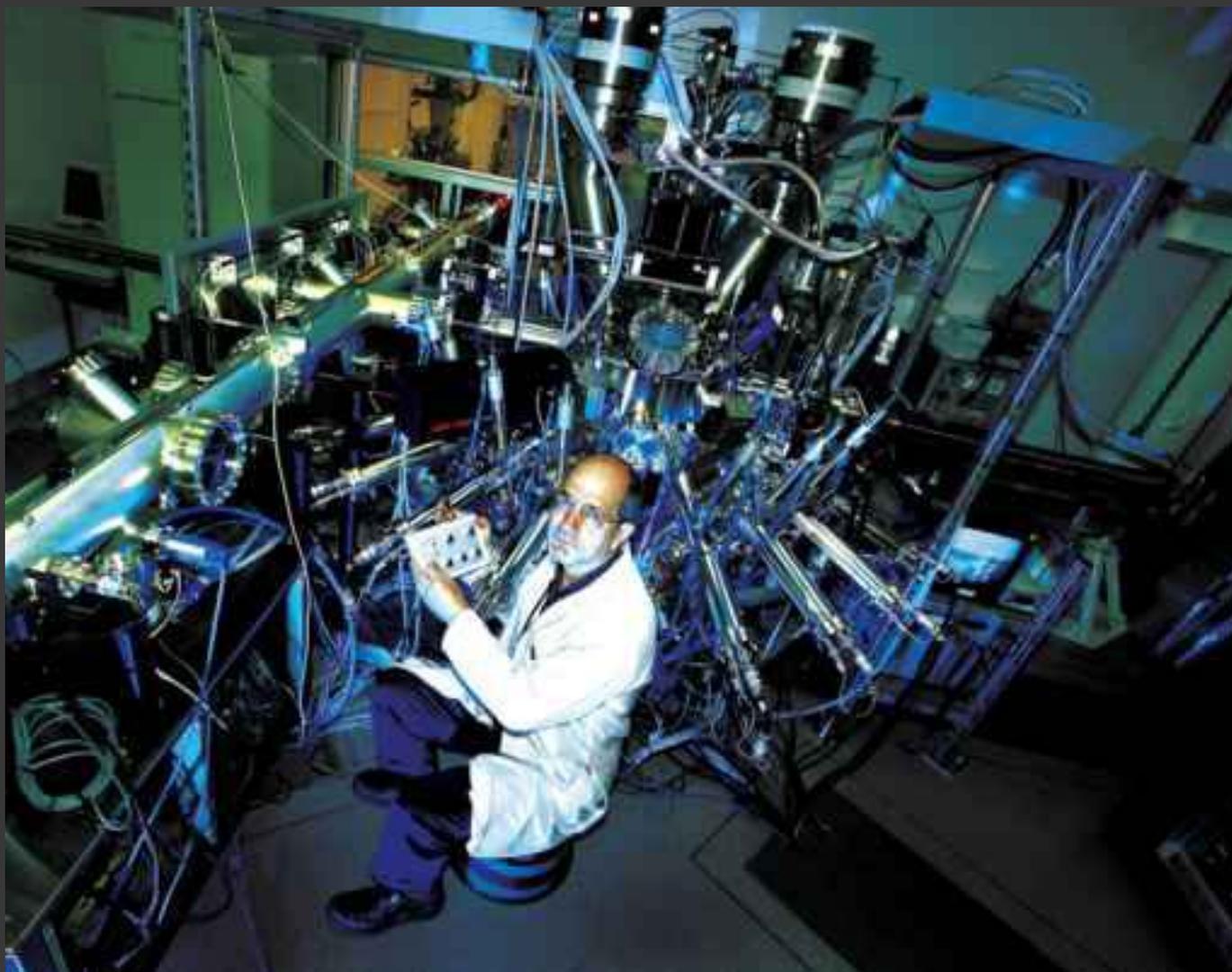
Michel Charlier; Marc Debruxelles;

Michel Grégoire; Jacques Moisse;

Jacques Quivy;

Marie-Claude Soupart et

Michel Van Cromphaut.



Visitez nos sites:

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

<http://energie.wallonie.be>



Ministère de la Région wallonne

Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie
Avenue Prince de Liège 7, à 5100 Jambes • Tél.: 081 33 56 02 • Fax: 081 30 66 00