

[Athena]

Le mag' **scientifique**

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

La mer du Nord
sous **haute surveillance**

Les **chemins**
de l'**oubli**



Édito



Ne te découvre pas d'un fil...

Texte: **Géraldine TRAN** • Rédac't'chef • Photo: **PhotoAlto** (titre)

Le Soleil printanier de ces dernières semaines, on l'attendait avec impatience... trop d'impatience ! Sentir la chaleur de ses rayons, prendre un bain de lumière, avoir bonne mine, ça fait du bien au moral mais malheureusement, rien qu'au moral. On a tendance à oublier, mode ou fausses croyances obligent, que le bronzage est une réaction de défense de la peau contre les agressions des UV. La preuve par les chiffres: en 1940, un Belge sur 1 500 risquait de développer un cancer de la peau. En 2012, ce risque est passé à 1 sur 75, soit une augmentation de 2 000% !!! Autrement dit, un Belge sur six va développer un cancer de la peau avant ses 85 ans. 37 000 personnes en meurent chaque année dans le monde...

2

Ce problème de santé publique est presque devenu un marronnier, appuyé aujourd'hui par une étude américaine dont les résultats sont sans appel: accroissement alarmant des cancers de la peau chez les moins de 40 ans. Le Dr Jerry Brewer et son équipe de la Mayo Clinic ont analysé les statistiques des patients âgés de 18 à 39 ans, diagnostiqués pour la première fois d'un mélanome entre 1970 et 2009. Durant cette période, l'incidence de ce cancer a été multipliée par huit chez les jeunes femmes et par quatre chez les hommes. Or, le risque est plus élevé chez les hommes que chez les femmes mais c'est l'opposé chez les jeunes adultes et adolescents. La cause potentielle ? Le solarium, davantage fréquenté par ces dames. La conséquence ? Les assidu(e)s des lampes bleues ont 74% plus de risque de développer un mélanome, une des formes les plus agressives des cancers de la peau.

Même si le taux de mortalité lié au mélanome a diminué, les campagnes de prévention sont encore plus que nécessaires. Plus il est détecté tôt, plus les chances de guérison sont grandes. Et si les plus de 50 ans présentent plus de risques d'être touchés, aucune tranche d'âge n'est épargnée. Les jeunes enfants non plus.

Début mai aura lieu la 13^e journée européenne du mélanome. Du 7 au 11 mai, 200 dermatologues pourront être consultés gratuitement (inscriptions via le site <http://www.euromelanoma.org>). Pour nous rappeler que le Soleil n'est pas qu'un ami... Bonne lecture ! ■



ATHENA 280 • Avril 2012

SPW | Éditions

Tirée à 15 500 exemplaires, Athena est une revue de vulgarisation scientifique du Service Public de Wallonie éditée par le Département du Développement technologique de la Direction générale opérationnelle Économie, Emploi et Recherche (DGO6).

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

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

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

Abonnement (gratuit)

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

• par courrier

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

• par téléphone

au 081/33.44.76

• par courriel à l'adresse

geraldine.tran@spw.wallonie.be



10

26



42

46



SOMMAIRE

Actualités	04
Actualités Comment ça vole un avion ?	10
Le Dossier Comment notre cerveau code l'espace autour de nous	12
L'ADN de ... Anne-Sophie LIBERT • Mathématicienne	16
Technologie L'EMRA : un large éventail d'expertise wallonne	18
Internet Google, l'ogre omnivore	22
Santé Les chemins de l'oubli	26
Biologie	30
Médecine Comme au jeu d'échecs	34
Environnement La mer du Nord sous haute surveillance	38
Physique	42
Astronomie	44
Espace	46
Agenda	50

3

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

Rédactrice en chef
Géraldine TRAN
Ligne directe: 081/33.44.76
geraldine.tran@spw.wallonie.be

Graphiste
Nathalie BODART
Ligne directe: 081/33.44.91
nathalie.bodart@spw.wallonie.be

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

Collaborateurs
Valérie Burguière
Jean-Michel Debry
Paul Devuyst
Henri Dupuis
Philippe Lambert
Jean-Luc Léonard
Théo Pirard
Jean-Claude Quintart

Christian Vanden Berghen

Dessinateurs
Olivier Saive
Vince

Comité de rédaction
Laurent Antoine
Michel Charlier

Couverture
Première
Crédit: REPORTERS
Quatrième
Crédit: NASA, JPL-Caltech





Baxter

Toujours plus **global**, toujours plus **wallon** !

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

4

Les multinationales adorent la Wallonie. Après *Johnson & Johnson*, *Caterpillar*, *Gsk* et d'autres encore, c'est *Baxter* qui, à Lessines, persiste et signe un investissement de quelque 50 millions d'euros dans une nouvelle unité de production d'un nouveau médicament. «*Nous sommes fiers de produire en Belgique, depuis 1954, des médicaments et d'y pratiquer depuis plus de trente ans de la R&D. L'investissement du jour est une nouvelle contribution stratégique aux biotechnologies en Wallonie et la confirmation du savoir-faire des collaborateurs wallons, en particulier dans le domaine de la purification du plasma*», déclare Damien Bailly, directeur général de *Baxter* Belgique.

La nouvelle unité, opérationnelle fin 2014, s'attachera à la production d'un médicament pour le traitement de l'emphysème dû à un déficit congénital en alpha-1-antitrypsine (AAT), une maladie héréditaire sous-diagnostiquée caractérisée par un faible niveau de protéine alpha 1 dans le sang. Un plus pour le site de Lessines qui, en 2009, avait déjà profité d'un investissement de 50 millions d'euros afin d'étendre son unité de production de médicaments dérivés du plasma humain pour soigner les déficits immunitaires. «*Avec ses sites de Lessines et de Braine-l'Alleud, Baxter s'inscrit parmi les dix principaux employeurs privés de Wallonie. Son implication dans les sciences du vivant constitue une force indéniable dans l'un des domaines sur lesquels la Wallonie entend bâtir son développement écono-*

mique, sa croissance et sa prospérité», précise Rudy Demotte, Ministre-Président de Wallonie.

Baxter, tout le monde connaît ! Enfin, croit connaître car derrière le cliché de la perfusion suspendue au bras du malade se cache un inventeur de génie, un créateur de médecine, un révolutionnaire de soins ! Basée à Deerfield (Illinois), la société a été fondée en 1931 par les docteurs *Baxter* et *Falk*. Deux ans plus tard, elle ouvrait sa première unité de production dans le showroom d'un concessionnaire automobile. Soigner sera alors une passion pour la vie. Plus de 80 ans après, *Baxter* collectionne les premières: 1^{er} solution intraveineuse; 1^{er} rein artificiel; 1^{er} poche plastique intraveineuse; 1^{er} poche de dialyse péritonéale ambulatoire; 1^{er} poche de nutrition tri-compartimentée... Au total: 15 premières et d'autres dans le *pipe* ! Hémophilie, oncologie, vaccination, thérapies rénales, nutrition parentérale, déficits immunitaires, interventions chirurgicales et soins intensifs sont les terrains d'action de *Baxter*, à l'origine de percées décisives.

Une roue de la fortune entraînée par un budget R&D de rêve. Sur base d'un plan quinquennal se terminant en 2014, *Baxter* investit près de 900 millions de dollars chaque année, soit 2,5 millions de dollars par jour ! De l'argent dépensé à

sauver et prolonger des vies en offrant à la communauté médicale des moyens plus performants. Une attaque de la maladie menée par des centres de R&D au Japon, en Autriche, aux États-Unis et en Belgique où, à Braine-l'Alleud, *Baxter* mitonne de nouvelles solutions pour les patients du monde entier, notamment en thérapies rénales et intraveineuses. Les missions assignées au centre sont multiples: sciences pharmaceutiques, technologie des matériaux, chimie analytique, microscopie électronique, ingénierie biomédicale et électrique, mécanique, etc. En point d'orgue des travaux, on note le développement de dispositifs jouant l'interface entre médicaments chimiques et biologiques. Notons encore le développement par le centre wallon de la première poche de nutrition parentérale à trois compartiments et sa coopération avec l'Université catholique de Louvain (UCL), l'Université libre de Bruxelles (ULB), l'Université de Gand et des organisations à Amsterdam et Paris. *Baxter* chez nous, c'est du solide puisque c'est depuis Bruxelles, en 1954, que l'américain a attaqué et gagné le marché européen. Aujourd'hui, c'est depuis la Wallonie que *Baxter* relève les défis santé de demain ! ■



<http://www.baxter.be>

Actus...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be • Photos: UCB (p.5), CEA Cadam (p.7),

Star-Apic (p.7), Semaco (p.8), L. AIKINS/Red Bull Photofiles (p.9)

Du chercheur au patient !

Ou du labo au business. Cinq ans déjà que BioWin cultive succès et projets. 510 membres dont 43 sociétés en 2005; 104 aujourd'hui dont 8 multinationales; 25 projets, dont 2 ont abouti; 206 chercheurs engagés; 16 brevets; 3 nouvelles entreprises; 6 nouveaux produits; 9 projets lancés dont 7 de dimension internationale. Tout va bien pour BioWin, pôle de compétitivité santé de Wallonie attaché au développement d'une culture de partenariats pour booster l'innovation, créer des plate-formes technologiques et des infrastructures collectives, former, attirer et fidéliser des experts et promouvoir les biotechnologies et les technologies wallonnes de la santé à travers le monde.

«Nous encourageons au quotidien les partenariats, l'innovation et l'excellence scientifique afin que les développements soient en adéquation avec les besoins du marché et créent de la valeur économique et des emplois», explique le professeur Jean-Luc Balligand, vice-président de BioWin. Stratégie à laquelle souscrivait la journée de partenariat du 23 mars dernier entre BioWin et Baxter pour renforcer les collaborations innovantes en R&D via l'association d'universitaires et d'industriels. «Grâce au soutien massif du Gouvernement wallon et au concept d'innovation ouverte, Baxter R&D Europe de Braine-l'Alleud est la cheville ouvrière du projet OVART de Biowin», note Jennifer Ikeda, vice-présidente de la stratégie R&D d'entreprise de Baxter, arrivée le matin de Chicago. Un projet dans l'esprit de BioWin car il s'agit ici de développer un ovaire artificiel pour préserver la fertilité des femmes ayant subi un traitement contre le cancer. Le pôle

fédère donc ici Baxter mais aussi la SMI et Centrexbel de l'Université catholique de Louvain (UCL) et de l'Université de Liège (ULg).

Représentant Jean-Marc Nollet, Ministre de la Recherche de Wallonie, retenu par le Conseil du Gouvernement, Claire Hugon note que «La place de la Wallonie dans les biotechnologies n'est plus à démontrer». Et précise que pour le patron de la recherche wallonne, «La santé ne peut plus être vue comme l'absence de maladie ou le traitement de la maladie mais bien comme la qualité de la vie. Elle doit donc être envisagée de manière holistique». Une vision qui explique l'importance qu'il accorde aux partenariats en R&D. Plus de 2% en R&D, nous faisons mieux que les autres ! Rappelons que l'objectif de l'Union européenne est de 3% du PIB. Nous y arriverons. «Investir en Recherche, c'est investir dans l'avenir, le redéploiement économique, réussir le changement de société», conclut Claire Hugon pour le Ministre. Et Romain Dumont d'enchaîner pour Jean-Claude Marcourt, Ministre de l'Économie du Gouvernement wallon, également empêché, que «L'innovation est essentielle au progrès, à la compétitivité, à l'essor économique. Elle est aussi le moteur de produits nouveaux et de nouveaux procédés pour in fine créer de la valeur ajoutée et des emplois». Voilà pourquoi la Wallonie ne lésine jamais lorsqu'il s'agit d'innover en programmes d'aides à la Recherche. ■

<http://www.biowin.org>



Un boss pour la médecine innovante

Administrateur-délégué d'UCB, Roch Doliveux a été nommé président du Conseil d'administration de l'Innovative Medicine Initiative (IMI), un partenariat privé-public entre l'Union européenne et l'European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations (EFPIA).

«L'IMI va profiter largement du charisme de Roch Doliveux et notamment de son approche centrée sur le patient. Comme président, il sera en mesure d'appliquer sa vision sur l'avenir du secteur pharmaceutique, basée sur l'innovation et la recherche précompétitive», explique Michel Goldman, directeur exécutif de l'IMI.

L'IMI finance quelque trente projets avec un budget de 600 millions d'euros, couvrant la sécurité des médicaments, la gestion des connaissances, la formation et l'éducation. Membre actif de l'IMI, UCB participe à une quinzaine de comités, apportant son expertise sur des sujets comme les maladies neuro-dégénératives, l'inflammation, la toxicologie, les biomarqueurs, etc. ■

<http://www.ucb.com>;

<http://www.efpia.org>

et <http://www.imi.europa.eu>



Bien vu !

Le cancer est terrible, tout autant lorsqu'il s'agit de l'œil. C'est donc avec fierté qu'*Eckert & Ziegler BEBIG*, de Seneffe, annonce la commercialisation sur le marché américain de ses plaques ophtalmiques de Ruthénium-106, permettant aux médecins de préserver la vue des patients atteints d'un cancer de l'œil. De manipulation facile, ces plaques se composent d'un mince film de Ru-106, un émetteur bêta, encapsulé dans des feuilles d'argent pur, d'une épaisseur totale d'à peine 1 mm ! Avec une longue durée de vie, grâce à une demi-vie de 374 jours, elles peuvent être utilisées maintes fois au cours d'une même année, per-

mettant d'obtenir des procédures rentables.

Mondialement connu pour ses traitements du cancer par brachythérapie, *Eckert & Ziegler BEBIG* est, avec ses plaques ophtalmiques Ru-106, le seul fabricant au monde à préserver la vue des patients souffrant d'un mélanome uvéal ou d'un rétinoblastome. Deux pathologies particulièrement mortelles si elles ne sont pas diagnostiquées et traitées le plus vite possible. Le rétinoblastome affecte surtout les jeunes enfants avec des taux de mortalité de 5 à 70%, selon la localisation géographique. Avec une mortalité à



Cancer, œil pour œil !

long terme dépassant légèrement les 50% dans tous les pays, c'est autour de l'âge de 55 ans que l'incidence du mélanome uvéal est la plus élevée. Quelque 15 000 tumeurs de l'œil sont diagnostiquées annuellement ! ■

<http://www.bebig.eu>

6

On est foutu, on mange trop

Chantait déjà Carlos en 1979 ! Aujourd'hui, Olivier Corneille remet le couvert en notant qu'en 50 ans, la taille de nos assiettes a triplé ! Professeur à l'*Institut de recherche en sciences psychologiques* de l'Université catholique de Louvain (UCL), Olivier Corneille sait de quoi il parle, lui dont les travaux portent sur l'influence de l'environnement quotidien (emballages, taille de la vaisselle, etc.) sur la consommation alimentaire des gens.

La quantité de nourriture servie influence-t-elle notre consommation ? Mangeons-nous plus à cause de la quantité ou de l'emballage ? Conjonction des deux ? Si chacun avait sa petite idée, différente de celle de son voisin, le chercheur montre, sans discussion possible, que nous alignons notre consommation sur la quantité qui nous est servie ainsi que sur la taille du contenant. «*Parce que lorsqu'on verse une quantité X dans un grand contenant, celle-ci paraît moindre que si elle était contenue dans un petit récipient. Du coup les gens consomment davantage*», explique le professeur, dont l'étude vient d'être publiée dans *Appetite*. Pour lutter contre la surconsommation, Olivier Corneille conseille de ne pas agir sur la volonté des gens, qui peut être faillible, mais plutôt sur l'environnement, notamment en présentant des contenants plus petits et remplis au maximum ! ■

<http://www.uclouvain.be>

et <http://www.journals.elsevier.com/appetite>



Tous pour un !

Tel est l'engagement pris par six centres de recherche de Wallonie pour mieux rencontrer les requêtes des entreprises, en particulier les petites et moyennes, dans les métiers liés aux nouveaux matériaux, à l'environnement et aux procédés industriels. Ont ainsi prêté serment: *Materia Nova*, le *CERTECH* (Centre de Ressources Technologiques en Chimie), le *Centre Terre & Pierre (CTP)*, *INISMa-CRIBC* (Centre de Recherche de l'Industrie Belge de la Céramique) et l'*INS* (Institut National des Silicates).

Communauté d'experts wallons, *EMRA* capitalise les savoirs et compétences de 280 scientifiques spécialisés en matériaux, procédés et environnement. «*EMRA, c'est notre choix, est une réponse souple, légère et volontaire, taillée pour optimiser les solutions aux défis auxquels sont confrontés plus de mille entreprises, tout en démultipliant les synergies entre partenaires. Si les centres restent des entités juridiques indépendantes, ils peuvent désormais réaliser des économies d'échelle grâce à des achats groupés et adopter des stratégies concertées lors d'achats importants ou d'appels à projets en R&D*», explique clairement Stéphane Neirynd, directeur du *CTP* et coordinateur d'*EMRA*. ■

<http://www.emra.eu>

À vos maths !



Les 23 et 24 mars 2000, le Conseil européen extraordinaire, réuni à Lisbonne, lançait l'Europe de l'Innovation et de la Connaissance. Depuis, les initiatives se multiplient tous azimuts, notamment en matière de calcul à haute performance, point sur lequel l'Union européenne ambitionne d'être leader mondial ! D'où *Curie*, supercalculateur conçu par *Bull*, capable d'effectuer 2 millions de milliards d'opérations à la seconde (2 Pflop/s) ou lire 2 milliards de livres en une seule seconde ! La force de l'esprit repose sur quelque 92 000 nœuds de calcul couplés à un système permettant de stocker l'équivalent de 7 600 ans de fichiers MP3 (15 Po) à une vitesse de 250 Go par seconde, soit 100 000 fois supérieure à celle d'une connexion ADSL très haut débit.

Développé pour accélérer la recherche européenne et exploité par le *Commis-*

sariat à l'Énergie Atomique (CEA), *Curie* modélisera le comportement de certains ions métalliques impliqués dans les processus chimiques à l'œuvre dans la dégénérescence neuronale de la maladie d'Alzheimer; aidera à comprendre l'évolution du *Big Bang* à nos jours sous l'influence de la matière noire grâce des simulations dix fois plus réalistes que celles obtenues actuellement; assistera les ingénieurs du domaine de la fusion dans le dimensionnement de l'*International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)*; participera à l'optimisation du processus de combustion dans les moteurs et turbines à pistons; et s'impliquera dans la modélisation multi-échelles du climat. ■

<http://www.bull.be>

Gérer au mieux

Installé au Liège Science Park et connu pour ses logiciels de gestion cartographique, *Star-Apic* dévoile *WEB ONE*, portail web basé sur les suites de management des centres de données, bâtiments, infrastructures physiques et réseaux télécoms *Datacenter One* et *Building One*.

Répondant déjà aux besoins des gestionnaires d'infrastructures immobilières grâce à ces deux outils logiciels; maîtrisant les équipements actifs depuis le simple connecteur, *Web One* étend l'offre à d'autres acteurs de l'entreprise.

Avec ce nouvel outil, l'utilisateur se connecte en mode «*user*» ou «*administrateur*», navigue dans les applications web, crée, modifie, supprime des comptes, gère les droits d'accès, édite des rapports, visualise, se promène dans les plans pouvant basculer du plan de salle (vue du dessus) à une vue des baies (vue de face), etc. Le tout avec une interface intuitive ! Bref, à tester si concerné ! ■

<http://www.star-apic.be>





Pour mes étudiants et les autres!

Ainsi enseigne Olivier Bonaventure, professeur à l'École polytechnique de l'Université catholique de Louvain (UCL). Aussi vient-il d'être mis à l'honneur par la prestigieuse *Saylor Foundation* de Washington DC, œuvrant pour l'accessibilité de l'enseignement supérieur à tous et ce, dans le monde entier, en incitant les professeurs à écrire et diffuser leurs cours en libre accès sur son site Internet. La seule manière de rendre l'enseignement accessible à tous et dans le monde entier, explique la Fondation.

Dans ce cadre, la Fondation a octroyé l'un de ses Prix à Olivier Bonaventure pour son livre *Computer Networking: Principles, Protocols and Practice*, utilisé déjà par de nombreuses universités dans le monde, dont l'UCL. Écrit à l'intention des étudiants en maîtrise, l'ouvrage, disponible à l'adresse <http://inl.info.ucl.ac.be/cnp3>, explique le fonctionnement de l'Internet.

«Grâce à l'open source, les professeurs utilisent, réutilisent, traduisent et améliorent l'ouvrage de manière à offrir une information toujours plus complète aux étudiants dont le libre accès aux cours incite à davantage de recherches», se plaît à souligner Olivier Bonaventure... qui versera l'intégralité de sa rétribution, soit 15 000 euros, à la *Fondation Louvain* de l'UCL pour le développement de cours en libre accès et inciter d'autres confrères à embrayer sur cette initiative. *The Saylor Foundation* a été créée par Michael J. Saylor, fondateur et administrateur-délégué de *MicroStrategy*, sur l'idée que l'éducation devrait être gratuite. ■

<http://www.saylor.org>

Le coup d'crayon

Illustrations: Vince - vince@cartoonbase.com



N'emprenez pas votre balance en vacances, vous risqueriez d'avoir des surprises ! Un nain de jardin nommé Kern a fait le tour du monde afin de démontrer que la gravité ne s'exerce pas de la même manière partout. À Bombay, il pesait 307,56 g tandis que la balance affichait 309,82 g en Antarctique. Pourquoi ? Ce phénomène est principalement dû à la forme de notre planète, qui n'est pas ronde mais patatoïde !

On y est, on y reste !

Géant de réputation mondiale, *Cockerill Maintenance & Ingénierie (CMI)* reste fidèle à sa ville natale de Seraing en développant son quartier général du Château Cockerill de Seraing, par un investissement de 15 millions d'euros pour transformer un hall industriel en centre administratif et technique. Ouverture prévue en juin 2013.

Baptisé *L'Orangerie*, l'immeuble entend évoquer ce qui fit la réputation, au 18^e siècle, du Château Cockerill. Serres, jardins et orangerie formaient alors l'un des plus beaux ensembles d'Europe. Ses fruits et légumes étaient à la Cour et sur les bonnes tables de Liège, Bonn et Arnsberg. Au total, Orangerie et Château Cockerill hébergeront 600 personnes pour environ 200 actuellement. ■

<http://www.cmigroupe.com>



FRESH!

Saviez-vous que 60% des jeunes diplômés universitaires le sont en sciences humaines ? Mais quelles sont les perspectives de carrière en terme de recherche fondamentale? Le 26 mars dernier, le Ministre de la Recherche scientifique de la Fédération Wallonie-Bruxelles, Jean-Marc Nollet, associé à Didiers Viviers, Président du FRS-FNRS présentaient le nouveau fonds FRESH (pour Fonds de Recherche en Sciences Humaines). Doté de plus de 5 millions d'euros, il sera destiné à des mandats de chercheurs et à la recherche collective (personnel, équipements et fonctionnement). Les candidatures seront examinées et sélectionnées par deux commissions - l'une pour les défis culturels et l'autre pour les défis sociétaux - sur base de leur dossier mais également d'une audition par un jury spécialisé, ce qui permettra de conserver un niveau de qualité élevé. Pas moins de 110 emplois seront subsidiés par an... et 110 cerveaux qui ne fuiront pas ailleurs ! Au-delà de cette création d'emplois non négligeable, c'est plus globalement une véritable reconnaissance sociétale des sciences humaines et de leurs enjeux. Un choix politique judicieux d'ailleurs soutenu par la Stratégie Recherche 2011-2015 du Ministre Nollet (Voir *Athena* n° 280, pp. 10 et 11) et totalement en phase avec les directives européennes. L'appel à candidatures pour la partie «projets» sera lancé début mai; fin juin pour ce qui est des mandats doctoraux et post-doc. ■

<http://frs-fnrs.be> ou <http://nollet.wallonie.be>



Le pharmacien: pilier de comptoir !

Apothicaire hier, conseiller aujourd'hui. De l'officine au comptoir, le pharmacien évolue, s'adapte. À côté des préparations et délivrance de médicaments, il est aussi prestataire de soins pharmaceutiques. Une nouvelle blouse à son arc pour laquelle l'Université libre de Bruxelles (ULB) organise, depuis février dernier, une formation à l'aide d'une officine pédagogique. Cette initiative entend pallier le fait qu'au-delà des cinq années

d'étude, conduisant au grade de pharmacien, être pharmacien d'officine n'exige aucune formation spécifique.

Grâce à une méthode anglo-saxonne, et à l'aide de jeux de rôles, une fausse officine - avec médicaments, notices, ouvrages de référence et ordinateurs avec logiciel officinal compris - permet à un groupe d'étudiants de se familiariser au face à face pharmacien/patient comme dans la vraie vie ! «Une réelle plus-value à notre cursus», estiment les étudiants. ■

<http://www.ulb.ac.be/dre/com/videos-Officine-Pharmacie.html>



Le chiffre

22

... **kilomètres** ! Sacrée hauteur pour un saut en parachute et coup d'essai réussi dans le ciel du Nouveau-Mexique pour l'Autrichien Félix Baumgartner, qui espère prochainement s'élaner de la frontière de l'espace (*Armstrong Line* pour l'astrophysicien) et devenir le premier homme à franchir le mur du son !

Une zone hostile pour notre espèce, où disparaissent les lois de la gravité, où les liquides deviennent vapeur et où la température est de - 60 °C. Ce saut, lors duquel il a atteint les 587 km/h, devait vérifier la fiabilité de la capsule et de la combinaison sans lesquelles Félix Baumgartner n'aurait aucune chance de survie. La mission est financée par *Red Bull*.

<http://www.redbullstratos.com>



Comment ça vole un avion ?



10

Texte: Paul DEVUYST

Photos: Woodleywonderworks/Flickr'r (p.10),
L. GILLIERON/SolarImpulse (p.11)

Le projet européen REStARTS a permis à quatre instituts de l'Union de développer du matériel didactique dans le passionnant domaine de l'aéronautique à l'intention des enseignants

Le septième programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'Union européenne prévoyait un projet appelé REStARTS, donnant à des jeunes la possibilité d'étudier les principes de la physique du vol des avions et de prendre connaissance des challenges actuels de l'aéronautique en matière d'environnement, de confort et de sécurité des passagers.

La motivation première de ce projet est de contribuer activement à renverser la

tendance actuelle du désintéressement croissant des jeunes vis-à-vis des sciences de l'aéronautique. Sous la coordination de l'*Institut von Karman de dynamique des fluides (VKI)*, trois autres instituts européens de recherche en aéronautique, le *National Institute for Aerospace Research (INCAS, Roumanie)*, le *Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V. (DLR, Allemagne)* et le *Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA, Italie)*, épaulés par le département didactique de l'Université de Leicester (Grande-Bretagne), ont donc développé du matériel didactique dans le domaine de l'aéronautique à destination des enseignants du primaire et du secondaire.

SOS Sciences

C'est une évidence: les jeunes enfants (entre 5 et 10 ans) aiment la science. Il suffit pour s'en convaincre de regarder le succès des musées et de leurs ateliers d'expérimentation, des activités

de découverte extra-scolaires et autres fêtes de la science. Après tout, jouer, expérimenter et découvrir sont leur mode même d'existence. Mais il s'avère que cet enthousiasme diminue au cours de la scolarisation. Pourquoi ? Que se passe-t-il donc ensuite ?

Tout d'abord, soyons honnêtes, l'école n'est pas seule en cause. Elle vit les conséquences d'un mouvement général: la perception de la science vit un retour de bâton. La méfiance est générale depuis les catastrophes de *Challenger*, Tchernobyl, la vache folle, Fukushima, etc. Il y a ensuite l'enseignement lui-même: les élèves trouvent la matière incompréhensible, l'enseignement trop formel, que leurs intérêts ne sont pas pris en compte et que finalement, le fossé entre la théorie et la vie se creuse. Ils estiment que l'école elle-même sous-estime leurs connaissances, leur expérience et leurs capacités en leur présentant les phénomènes hors des conditions réelles dans lesquelles ils se produisent. D'autre part, on s'intéresse plus à la note qu'au savoir.

Bref, un enseignement trop abstrait, une science coupée du réel, une priorité accordée à l'apprentissage de formules toutes faites au détriment de la réflexion personnelle ou de l'expérimentation.

Comment ça marche ?

Autrement dit, c'est le sens même des cours de sciences qui est en jeu. Le monde des scientifiques se décline en physique, chimie, biologie alors que celui des jeunes se partage plutôt entre environnement, pollution, conquête spatiale, histoire de l'Univers et des vivants, etc. Les jeunes ont-ils dès lors l'impression que les cours de sciences les aident à découvrir leur monde ou ont-ils le sentiment - à tort ou à raison - qu'on veut d'abord leur faire voir le monde à la manière des scientifiques sans que cela ne leur donne une vision sur leur monde à eux ?

Finalement, les jeunes qui, il faut bien l'avouer, ne deviendront pas tous des scientifiques, se demandent tout simplement «comment ça marche ?». Et c'est ici que le projet REStARTS prend toute son importance: il entend créer un lien entre la recherche et l'éducation en développant et en disséminant le concept de «*school-lab*».

Comment ? La démarche consiste, dans un premier temps, à créer un document à l'intention de l'enseignant (un livre ou une vidéo) qui sera le fil conducteur tout au long du programme. À concevoir ensuite des expériences avec du matériel simple à niveau du jeune et à tester celles-ci en classe, toujours après les heures normales de cours. Enfin, dernière étape, à plonger les jeunes dans l'atmosphère d'un laboratoire au sein de l'école.

Dans cette optique d'enseignement, Hannes Ross, ingénieur de l'équipe qui a travaillé à la mise au point de l'avion solaire *Solar Impulse* (voir <http://www.solarimpulse.be> et photo ci-contre) a brillamment expliqué comment de l'aile de l'oiseau est née l'aile du planeur, de l'avion, du *para-glider* et aujourd'hui du *hang-glider*; comment, du bois, les ingénieurs en sont arrivés à la fibre de carbone; comment est venue l'idée de recourir à l'énergie solaire pour faire voler un avion ultra-léger.

En Belgique

Dans notre pays, deux établissements ont décidé de répondre au projet européen. Il s'agit de l'école communale Clair Vivre à Bruxelles avec des enfants de 6 à 12 ans et l'Athénée royal d'Uccle pour des adolescents de 12 à 18 ans. Si pour les premiers, il s'agissait de la découverte de quelques principes élémentaires de physique relatifs à l'aéronautique comme par exemple «Qu'est-ce qui vole ?» «Pourquoi ?», «Comment ?», la notion de vent et de bruit ou la construction d'un avion en papier; pour les aînés REStARTS restera à jamais gravé dans leur mémoire.

En février 2011, ils ont pu découvrir les grands principes de construction et de vol d'un avion lors d'expériences réalisées à l'Athénée. Ils se sont ensuite, pendant les vacances, rendus en Allemagne dans des laboratoires de la DLR. C'est ainsi qu'à Göttingen, ils ont réalisé des expériences sur des maquettes d'avions leur permettant de comprendre le rôle et l'importance de la portance, de la traînée, des ailerons, des turbulences, etc. d'un avion. Lors de leur visite à Braunschweig, ils ont participé à des expériences sur la propagation du son et à des tests sur l'équilibre d'un avion. Ils ont pu construire, avec l'aide de personnes qualifiées, un anémomètre «*hot-wire*» (à fil chaud) et à le calibrer dans une soufflerie.

Évidemment, pour les petits comme pour les grands, il existe d'autres moyens de les intéresser à l'aéronautique: par exemple, réaliser des posters ou des avions en papier, en carton ou en balsa, regarder et commenter des vidéos, participer à des expositions de jeunes scientifiques, voir s'inscrire à un club d'aéromodélisme.

«*Il suffit d'être créatif*», conclut Patricia Corieri (VKI). Le projet REStART est un grand succès car il stimule la curiosité des jeunes et suscite un intérêt particulier chez les garçons et chez les filles pour la physique et l'aéronautique en particulier; il favorise les relations élèves-professeurs et augmente les performances de l'école. L'Europe a besoin de chercheurs et rien ne doit être négligé pour encourager les jeunes... et leurs professeurs. ■



Pour en savoir plus:

- Consultez le site: <http://www.fp7-restarts.eu>
- Von Karman Institut for fluid dynamics
Patricia Corieri
Chaussée de Waterloo 72,
à 1640 Rhode-Saint-Genèse,
Tél.: 02/359.96.55 ou
0486/980 336 ;
E-mail: corieri@vki.ac.be



Comment notre **cerveau** code **l'espace** autour de nous



Texte: Valérie BURGUIÈRE • valerie.burguiere@dbmail.com

Photos: Image Source/REPORTERS (p.12), V. BURGUIÈRE/Schéma (p.13), V. BURGUIÈRE (p.13), Breuer and al. PLoS Biol (p.15)

12

Afin de nous repérer dans le vaste monde qui est le nôtre, nous construisons des représentations mentales de l'espace qui nous entoure. Toutefois, notre cerveau ne code pas de la même façon l'espace proche autour de nous et l'espace plus lointain où se déroulent les événements

Nous percevons le monde qui nous entoure grâce à nos organes sensoriels. La vision, peut-être le plus aiguë de nos sens, nous permet de repérer le mouvement autour de nous et nous aide à nous situer dans l'espace environnant. Afin d'évoluer au mieux dans cet environnement, et d'y survivre, nous construisons une représentation mentale stable de l'espace qui nous entoure. Nos sens effectuent à cet effet une reconstruction du monde extérieur, réalisant de véritables cartes spatiales dans notre cerveau. Cette cartographie de l'espace nécessite le traitement de données sensorielles multiples qui doivent être intégrées ensemble pour nous donner la meilleure estimation possible du cadre externe et des événements qui s'y déroulent. La représentation mentale de notre propre corps dans ce cadre externe constitue le schéma corporel. La construction de celui-ci se bâtit sur l'intégration de données sensorielles visuelles et somesthésiques - ces dernières regroupant le

toucher et la proprioception (1) - essentielles à la constitution d'une représentation interne du corps dans l'espace. Toute carte nécessite un système de coordonnées. Deux types de référentiels sont possibles. Dans un système égo-centré, les objets sont localisés par rapport au corps. Lorsque les objets sont positionnés dans un cadre externe fixe, le référentiel est dit allocentrique. Ce système de coordonnées non centré sur le sujet est utilisé pour s'orienter notamment dans les déplacements.

Espaces proche et lointain

On distingue habituellement un espace proche et un espace plus lointain. Le premier correspond en fait à la distance où l'on peut atteindre ou attraper des objets et le second, la distance de marche ou de pointage avec le doigt ou distance de lancement d'un objet. Les expériences de laboratoire utilisent généralement

des tâches de pointage du doigt pour explorer les distances éloignées, plus faciles à réaliser qu'un lancé de poids en laboratoire. Cette distinction est due au fait que les deux territoires ne sont pas codés de la même façon au niveau central, dans notre cerveau, comme au niveau périphérique, ou sensoriel. La perception visuelle des objets se trouvant dans l'espace lointain s'effectue dans un système centré sur la rétine, plus particulièrement la fovéa, cette petite portion rétinienne où l'acuité visuelle est maximale.

Par contre, lorsque nous voulons attraper un objet - statique ou en mouvement - que nous pouvons atteindre, nous utilisons un second système de coordonnées centré sur nous-mêmes. Cet espace situé à portée de main est l'espace péri personnel, par opposition à l'espace extra personnel qui désigne l'environnement plus lointain. Pour toucher, prendre, attraper, ou même éviter des stimuli visuels à courte distance, le cerveau humain construit des cartes de l'environnement immédiat entourant chaque partie du corps. C'est notamment le cas pour le bras, la main, la face et la jambe.

Ces deux systèmes de coordonnées égo-centrées ont des fonctionnalités différentes. Les coordonnées rétinocentrées

sont particulièrement appropriées pour encoder la localisation des cibles, car elles donnent la distance et la direction entre la fovéa rétinienne et la localisation de la cible désirée. Les réponses centrées sur une partie du corps en particulier sont appropriées pour atteindre un objet, car elles donnent la différence entre la position actuelle d'un segment corporel, par exemple la main, et la position désirée de ce segment. Un cadre de coordonnées visuelles est donc fixé à chaque partie de la surface du corps dans le but d'atteindre, attraper, ou même éviter des stimuli visuels dans l'espace proche.

Quand la vision rencontre le toucher

L'espace péripersonnel visuel immédiatement adjacent à la surface de la peau et entourant chaque partie du corps est codé grâce à l'intégration d'informations sensorielles issues de différentes modalités. Cette intégration multimodale a été mise en évidence chez le singe par l'enregistrement électrophysiologique de neurones unitaires, une technique équivalente à l'électroencéphalographie mais affinée au point d'enregistrer une activité électrique au niveau du neurone seul. Dans le cortex prémoteur ventral (cPMv) du macaque (voir schéma), des neurones répondent plus spécifiquement aux stimuli visuels et tactiles. Ces cellules nerveuses répondant à deux modalités sensorielles à la fois sont dites bimodales. Leur particularité tient au fait que les champs récepteurs des deux modalités sensorielles se recoupent. En effet, le champ récepteur visuel s'étend dans l'espace adjacent au champ récepteur tactile sur la peau.

Dans la plupart des aires visuelles cérébrales, les champs récepteurs (CR) centrés sur la rétine se déplacent avec les yeux lorsque ceux-ci font des mouvements ou lors des déplacements de la tête. Les expériences chez le singe ont indiqué que pour la plupart des neurones bimodaux du cortex prémoteur ventral, la localisation du champ récepteur visuel est indépendante de la position ou des mouvements oculaires. Le CR reste dans la même région de l'espace, rivié au champ récepteur tactile contigu. Les neurones bimodaux du cortex prémoteur ventral répondent typiquement

au toucher léger sur la peau. Leurs champs récepteurs, définis comme la portion de l'espace où un stimulus est actif, sont localisés sur la face, le cou, le tronc et les bras. Les objets qui approchent constituent les stimuli visuels les plus efficaces. Ces champs récepteurs visuels se distinguent encore des CR rétinocentrés qui bougent avec l'œil, car ils bougent avec le segment corporel correspondant: si le bras fait des mouvements, les CR bougent avec le bras.

Cette information centrée sur des parties du corps, la main, le bras, etc..., pourrait constituer une aide supplémentaire pour guider les mouvements vers des stimuli visuels proches du corps. Une étude sur les champs récepteurs visuels de la face effectuée chez le singe lorsqu'il tourne la tête a montré que certains neurones bimodaux présentent une activité motrice sélective pour une direction donnée lors des mouvements de la tête et du cou. Les auteurs suggèrent que ces neurones pourraient guider les déplacements de la tête pour mordre par exemple, ou dans le cas des humains, quand il s'agit de donner un baiser.

Le cortex pariétal est une zone importante pour l'intégration sensorielle intermodale (entre les différentes modalités). La convergence initiale entre la vision et la somesthésie (2) semble se faire d'abord au niveau du lobe pariétal (voir schéma), plus précisément dans le fond du sillon intra-pariétal (aire VIP). L'aire VIP est en connexion avec l'aire pariétale 7b qui projette fortement sur le cortex prémoteur ventral. Ces connexions suggèrent que les réponses bimodales seraient générées dans l'aire VIP et l'aire 7b à partir d'entrées visuelles et somesthésiques convergentes. L'aire 7b pourrait alors transmettre ses propriétés bimodales au cortex prémoteur ventral, où un traitement plus poussé serait effectué.

Quand la vision annule le toucher

Des recherches menées sur des sujets atteints de lésions cérébrales droites et victimes d'une extinction tactile du côté opposé, donc gauche, ont apporté des résultats intéressants. Le terme d'extinction se définit comme suit. Lorsque l'on applique un stimulus, tactile dans le cas présent, sur un seul côté du

corps, le patient est capable de le détecter. Ceci est valable qu'il s'agisse du côté sain ou du côté atteint. En revanche, si l'on applique un stimulus des deux côtés à la fois, le patient ne peut discriminer la sensation du côté atteint, le côté sain «éteignant» en quelque sorte les sensations du côté malade. Il est à noter que ce phénomène d'extinction, très étudié au sein d'une modalité sensorielle (visuelle, tactile, auditive et olfactive), a également été observé entre modalités sensorielles différentes. Ainsi, chez des patients avec extinction tactile à gauche, la présentation d'un stimulus visuel près de la main droite saine produit une extinction très forte sur un stimulus tactile appliqué en même temps sur la main gauche. Par contre si le stimulus visuel est appliqué loin de la main saine, l'extinction est plus faible (3).

Un stimulus visuel présenté près des zones saines du corps activerait plus fortement la représentation somato-

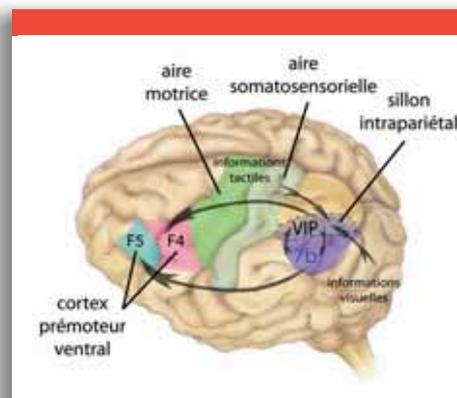


Schéma d'un cerveau de singe : La convergence entre les informations visuelles et somesthésiques (2) (petites flèches) s'effectue initialement au niveau du lobe pariétal, dans l'aire VIP située au fond du sillon intra-pariétal. L'aire VIP n'est pas visible sur une vue externe du cerveau et est représentée ici en pointillés. Elle est en connexion réciproque avec l'aire pariétale 7b (petites flèches), et les deux aires projettent fortement sur le cortex prémoteur ventral (grandes flèches). Ces connexions suggèrent que les réponses bimodales seraient générées dans l'aire VIP et l'aire 7b à partir d'entrées visuelles et tactiles convergentes. L'aire 7b et l'aire VIP transmettraient ensuite leurs propriétés bimodales au cortex prémoteur ventral, où un traitement plus poussé serait effectué.

- (1) La **proprioception** est définie comme le sens de position du corps, résultant de l'intégration de la position des articulations et de l'étirement des tendons ou du tonus musculaire. Il s'agit d'une sensibilité profonde, en grande partie inconsciente.
- (2) La **somesthésie** est la sensibilité générale du corps, somme des sensations tactiles au sens large (thermique, douloureuse, etc.), des sensations viscérales et de la proprioception.
- (3) di Pellegrino G., Làdavas E., & Farnè, A. (1997). *Seeing where your hands are*. *Nature*, 338, 730.
- (4) Graziano MSA, Yap GS. Gross CG. *Coding of visual space by premotor neurons*. *Science* 1994; 266: 1054-7.
- (5) M.S.A. Graziano, *Where is my arm? The relative role of vision and proprioception in the neuronal representation of limb position*, *Proc. Nat. Acad. Sci.* 96 (1999) 10418-10421.
- (6) Botvinick M., Cohen J., *Rubber hands "feel" touch that eyes see*. *Nature* 1998; 391:756.
- (7) Farnè A., Serino A. and Làdavas E.. *Dynamic size-change of peri-hand space following tool-use: determinants and spatial characteristics revealed through cross-modal extinction*. *Cortex* (2007) 43, 436-443.
- (8) Iriki A., Tanaka M. & Iwamura Y. (1996). *Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones*. *NeuroReport*, 7, 2325-2330.

sensorielle de son côté, provoquant ainsi l'annulation de la stimulation tactile du côté atteint. L'importance de l'extinction est dépendante de la distance du stimulus à la main saine. Faible loin du bras, à une trentaine de centimètres, elle est en revanche maximale près de la main, à environ 5 cm. À cette distance-ci, l'intensité de l'extinction est même égale à celle provoquée par une stimulation tactile de la main droite. De façon intéressante, si les mains du patient sont croisées, les stimuli tactiles sur la main gauche, se trouvant maintenant placée dans l'hémi-espace droit, sont toujours annulés par des stimuli visuels présentés près de la main droite, située dans l'hémi-espace gauche. Ceci montre que le phénomène d'extinction inter-modale reste effectivement ancré à la main qui a bougé, ainsi que décrit plus haut (3).

Proprioception ou vision ?

Des expériences sur des singes indiquent que certains neurones bimodaux répondent aussi aux stimuli visuels dans l'espace péripersonnel lorsque l'animal ne peut pas voir son bras (4). Cependant, si l'information sur la position du bras est uniquement d'ordre proprioceptif, la réponse des cellules bimodales aux stimuli visuels proches est considérablement réduite (5). Des chercheurs se sont même demandé si l'information visuelle sur la position de la main pouvait à elle seule médier le processus d'intégration visuo-tactile dans l'espace péripersonnel. Dans l'étude (5), un bras empaillé de la même espèce que le singe de laboratoire était placé de façon à recouvrir celui de l'animal testé. La réponse neuronale aux stimuli visuels proches de la main empaillée était influencée par la position de cette fausse main, lorsque les expérimentateurs en modifiaient l'orientation, sans toutefois que le vrai

bras de l'animal ne bouge. La condition nécessaire cependant était que la main soit placée en position physiologique pour l'animal. Les cellules bimodales du singe répondent donc aux stimuli visuels présentés près d'un faux bras qu'il interprète comme le sien tandis que l'animal est empêché de voir son propre membre supérieur. Le système de codage de l'espace péripersonnel peut donc être abusé par la présence d'une fausse main, dans la mesure où son apparence et sa position sont plausibles et congruentes avec celles du corps du sujet.

Chez les humains, la vision domine de nombreux aspects de la perception sensorielle, tandis que la proprioception semble moins saillante, passant au second plan lorsque des informations incompatibles sont en balance. Les mêmes expériences que celles effectuées chez le singe ont pu être réalisées chez l'homme, le bras empaillé étant toutefois remplacé par la main gantée d'un expérimentateur... Des sujets sains peuvent croire que cette fausse main est la leur si on les empêche de voir leur propre bras. Botvinick et Cohen (6) ont montré que si on caresse la main cachée de sujets avec un pinceau tandis qu'ils regardent une main gantée recevant la même caresse, ils expérimentaient l'illusion que les sensations tactiles venaient de la main gantée qu'ils ressentaient comme leur appartenant. Quand on leur demandait d'indiquer la position de leur main cachée, ils pointaient systématiquement vers la main gantée, montrant que cette illusion résultait d'une information proprioceptive erronée. Cet effet d'illusion disparaît si on place les mains gantées dans des positions non physiologiques, par exemple lorsqu'elles ne sont pas alignées avec les épaules des sujets qui font l'expérience. Ces découvertes suggèrent que la vision d'une main peut largement dominer sur la proprioception lorsque l'on construit une représentation de l'espace près du corps.



Prendre un râteau vous grandit

Des scientifiques (7) ne manquant pas d'imagination ont montré que l'espace entourant la main n'était pas fixé, statique, mais révélait au contraire des propriétés dynamiques dans certaines conditions. Ainsi, la distance d'exploration avec le bras et la main pourrait s'accroître lorsque nous utilisons un outil pour prendre des objets statiques ou attraper des choses en mouvement. Notre espace d'exploration serait donc extensible. Les chercheurs ont étudié le phénomène chez des patients présentant une extinction tactile au moyen d'un protocole d'extinction visuelle/tactile croisée telle que décrite plus haut. Les patients utilisaient un râteau dans l'expérience pour attraper des objets à bout de bras. L'intensité de l'extinction a été mesurée au bout du râteau tenu en main.

Pour rappel, le phénomène d'extinction est plus marqué près de la main et s'amenuise lorsque la distance s'accroît. Si l'outil est bien incorporé au bras tel que postulé par les chercheurs, l'extinction au bout du râteau devrait être maximale, de même intensité que près de la main, comme si le matériel accessoire était la main elle-même. C'est effectivement ce que les scientifiques ont mis en évidence et qu'indiquaient les résultats de leur étude. De plus, l'intensité de l'extinction diminuait avec la distance au-delà de l'extrémité du râteau, de la même façon que lorsque la main ne tient aucun instrument.

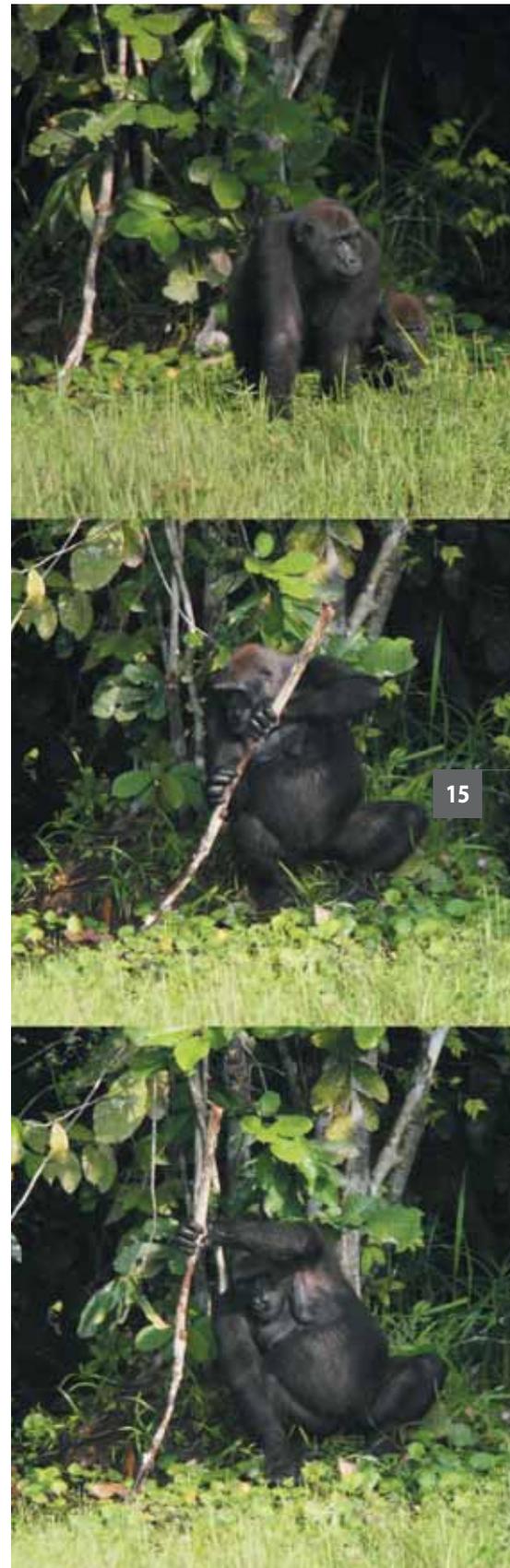
Ce phénomène durait quelques minutes dans le temps après l'utilisation de l'outil. En effet, l'extinction restait plus intense 5 min après que les sujets avaient déposé le râteau. Après une période supplémentaire de 5-10 min, soit un quart d'heure après la manipulation, l'extinction revenait à sa valeur initiale, avant le maniement du râteau, suggérant que le champ visuel/tactile était également contractile, se rétractant à son étendue initiale, avant l'utilisation de l'accessoire. Il est à noter dans l'expérience que les actions motrices effectuées sur un objet en l'absence de toute manipulation d'un instrument n'occasionnaient aucune modification

de l'étendue du champ récepteur visuel/tactile autour de la main. De la même façon, le fait de tenir passivement un outil en main ne provoquait aucune élongation du champ visuo-tactile, indiquant que l'instrument devait être utilisé pour être automatiquement intégré au corps du sujet.

Des expériences antérieures (8) réalisées avec des singes entraînés à récupérer de la nourriture placée hors de leur portée, à l'aide d'un râteau, avaient déjà établi que l'utilisation d'un outil pouvait induire une élongation transitoire de l'espace péripersonnel centré sur la main du primate. Cette élongation du champ visuo-tactile se produisait le long de l'axe du râteau, comme si l'instrument prolongeait en fait le bras et la main. Les auteurs en avaient conclu que l'outil était en quelque sorte incorporé au schéma corporel du primate. Ce phénomène restait à mettre en évidence chez les humains.

Couplage perception/action

L'intérêt de telles propriétés dynamiques serait d'ordre adaptatif. Il s'agirait de pouvoir atteindre avec plus d'efficacité des objets situés hors de portée du bras. Cette «élasticité» permettrait en effet d'adapter au mieux les entrées sensorielles visuo-tactiles aux actions dirigées vers un but à atteindre, avec plus de fluidité. Cela offrirait ainsi la possibilité de comparer à tout instant avec plus d'efficacité les entrées sensorielles aux sorties motrices, de façon automatique, afin de corriger toute erreur qui surviendrait au cours du geste. Au final, cette plasticité de l'espace autour de la main faciliterait l'atteinte et la manipulation des objets de la même façon que s'ils étaient accessibles directement à bout de bras. Une piste de recherche à suggérer aux scientifiques serait de déterminer pourquoi certains primates humains sont plus adroits que d'autres à manier l'outil ... ■



Les grands Singes sont naturellement capables d'utiliser un bâton comme outil pour chercher ou attraper de la nourriture dans leur milieu naturel.



Nom: LIBERT

Prénom: Anne-Sophie

Âge: 29 ans

État civil: mariée

Enfant(s) : 1

Profession:

Chargé de recherches F.R.S.-FNRS au Département de Mathématique des Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur.

Formation:

Études secondaires à l'Institut Saint-André d'Ixelles. Puis, études supérieures aux FUNDP à Namur.

Adresse(s) :

naXys (Namur Center for Complex Systems)
Département de Mathématique
Rempart de la Vierge, 8
à 5000 Namur

Tél.: 081/72.49.46



L'ADN de...

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

Photos: **BSIP/REPORTERS** (fond), **MAO/Vecteurs**

Côté pile

Mathématicienne, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?

Très jeune, j'étais fascinée par les chiffres. À l'école, j'ai constaté que rendre les mathématiques attractives était un véritable défi pédagogique, ce qui est paradoxal car elles ont tellement d'applications et d'utilité dans notre quotidien.

Comment devient-on chercheuse en mathématiques et en quoi cela consiste-t-il ?

Après des études secondaires en orientation latin-mathématiques, j'ai fait un master en Sciences mathématiques aux Facultés universitaires de Namur, durant lequel un solide bagage en programmation informatique m'a été enseigné. À Namur, la formation est axée sur les mathématiques appliquées, en particulier l'étude de systèmes complexes constitués d'un grand nombre de composantes en interaction dont une analyse individuelle ne permet pas d'identifier les comportements et les propriétés collectifs du système. Cela m'a tellement intéressée que j'ai réalisé une thèse de doctorat afin d'approfondir l'étude de tels systèmes.

Vos recherches portent actuellement sur des thématiques liées à l'astronomie, pourquoi ce secteur en particulier ? En quoi consiste votre job actuel ?

Je suis actuellement chargé de recherches F.R.S.-FNRS aux Facultés universitaires de Namur. Ma thématique de recherche de prédilection est la mécanique céleste, c'est-à-dire l'étude des mouvements des corps célestes. Parvenir à identifier le mouvement des planètes au moyen d'équations semble irréel. Depuis la découverte des systèmes extrasolaires (en révolution autour d'autres étoiles que le Soleil), un nouveau champ d'investigation s'ouvre aux scientifiques: étudier la

formation et l'évolution de ceux-ci pour mieux comprendre l'origine de la vie sur Terre. D'autres thématiques de recherche m'ont également intéressée, comme les algorithmes des moteurs de recherche sur Internet et la dynamique des populations. Être chercheur est un métier à la fois individuel et rempli de collaborations, d'échanges lors de conférences, d'interactions avec les étudiants.

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

J'ai eu la chance d'avoir eu, lors de mes études secondaires, des professeurs de mathématiques motivés qui m'ont transmis leur passion pour cette discipline. Pour moi, la science représente l'avenir. La compréhension du monde qui nous entoure est la base des innovations actuelles et futures.

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

Outre le nombre peu élevé de postes définitifs dans le monde de la recherche, ce métier nécessite d'effectuer des séjours à l'étranger de longue durée afin de collaborer avec différents laboratoires. J'ai pour ma part effectué des séjours post-doctoraux à l'Université de Thessalonique et à l'Institut de Mécanique Céleste de Lille. Ces expériences sont réellement enrichissantes mais difficilement compatibles avec une vie de mère de famille.

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

Certaines de mes recherches sont axées sur la formation et l'évolution de systèmes planétaires tridimensionnels dont les planètes ne partagent pas un même plan orbital, ce qui n'est pas le cas du système solaire. La découverte observationnelle, il y a deux ans, de l'existence d'un tel système a mis en valeur mes travaux.

Anne-Sophie LIBERT

Mathématicienne

Quel conseil donneriez-vous à un quelqu'un qui aurait envie de suivre vos traces ?

D'être persévérant et armé de patience. Le quotidien d'un chercheur est rythmé de périodes de doute, de découragement face à la peur de ne pas aboutir, mais aussi de grandes joies lorsqu'un résultat majeur est obtenu. C'est un métier de passion. ■

Côté face

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ?

Dans une autre vie, j'aurais aimé travailler dans le domaine médical pour prendre soin des gens et qui sait, découvrir de nouveaux traitements.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et pour quoi faire ?

Arrêter le temps pour profiter de mes proches parce que mener une vie professionnelle active et épanouie empiète souvent sur les soirées et les week-ends.

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ?

J'ai déjà la chance d'enseigner deux cours académiques aux FUNDP: un cours d'initiation à la démarche mathématique et un cours en lien avec la mécanique céleste. Si je devais en réaliser un autre, j'aimerais qu'il porte sur l'apport des mathématiques dans les nouvelles technologies tels Internet, le GPS...

Je vous offre un laboratoire, vous planchiez sur quoi ?

Une solution pour contenir le réchauffement climatique

et laisser à mes descendants une Terre propre et un environnement durable.

Je vous transforme en un objet, ce serait lequel ?

Un objet très ancien ayant traversé l'histoire, connu d'autres époques. Je pense que connaître son passé permet de mieux comprendre le présent et aborder l'avenir.

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ?

Un billet pour l'espace pour voir la sphère terrestre de mes propres yeux.

Je vous offre un face à face, qui rencontreriez-vous et pourquoi ?

Les grands scientifiques qui ont marqué l'histoire, non pas pour discuter de sciences, mais pour découvrir leur personnalité. ■



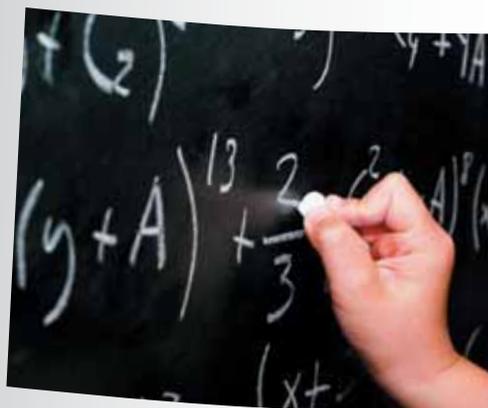
Plus d'infos:

<http://www.fundp.ac.be>

<http://www.frs-fnrs.be>

<http://www.naxys.be>

anne-sophie.libert@fundp.ac.be





L'EMRA : un large éventail d'expertise wallonne

18

Texte: Jean-Luc LÉONARD • jl.leonard@skynet.be

Photos: B. DEHENEFFE (p.20)

Pricipalement orientée vers les besoins des PME, le réseau réunit des compétences de pointe dans treize secteurs industriels où l'innovation est un souci permanent de développement de l'activité et de l'emploi: la chimie, le verre, la céramique, la cimenterie, le génie civil et la construction, les carrières, l'environnement, la biotechnologie, l'agro-alimentaire, le secteur médical, l'automobile, la construction aéronautique et le transport.

CRIBC. En 1973, dans un souci de diversification, l'*INS* s'entend avec la Faculté polytechnique de Mons, l'Université de Mons-Hainaut et l'intercommunale *IDEA* pour créer l'*Institut inter-universitaire des silicates, sols et matériaux (INISMa)* dont la vocation actuelle, très orientée vers les questions d'environnement, est d'étudier les matériaux inorganiques non métalliques: céramique, verre et ciment.

Toutefois, l'évolution des trois entités les a amenées à se confondre, d'autant qu'elles sont dirigées par le même

ton en association avec l'UCL, l'intercommunale *IDETA* et d'autres partenaires académiques et industriels, en Belgique et en France. Le *CTP*, dont les domaines de compétence sont la minéralurgie, l'environnement et les matériaux, est dirigé aujourd'hui par Stéphane Neiryck, qui cumule cette fonction avec la coordination d'*EMRA*.

- *Materia Nova*, financée aussi par l'Objectif 1, est née en 2001 au sein de l'Université de Mons Hainaut pour développer une expertise dans les matières plastiques, les biotechnologies blanches et les traitements de surface. Ce centre est dirigé par Luc Langer, un ingénieur civil en sciences des matériaux issu de l'UCL.

Six centres de recherche wallons se réunissent pour offrir à l'industrie un large éventail d'expertise et de services dans le domaine des matériaux et du développement durable. La nouvelle association, baptisée EMRA (Environment and Materials Research Association), n'est «ni une fusion, ni un organisme supplémentaire, seulement une association de gens qui veulent travailler ensemble plutôt que chacun de leur côté», assure d'emblée son coordinateur, Stéphane Neiryck, en présentant l'association, le 9 mars dernier, au château d'Enghien

Une histoire amorcée il y a 75 ans

Ce n'est pas un hasard si cette coalition de centres de recherche s'est construite en Hainaut, vieille terre d'industrie. L'origine lointaine de l'*EMRA*, c'est l'*Institut national des silicates (INS)*, un centre collectif de recherche fondé en 1938 par un groupement d'industriels céramistes soucieux de développement et d'innovation dans un secteur peuplé à l'époque d'innombrables petites entreprises, artisanales pour la plupart. Les silicates sont le nom générique de la plus importante famille de minéraux, puisqu'ils ne représentent pas moins de 97% de la croûte terrestre.

De l'*INS*, qui existe toujours sous ce nom, naîtront deux autres centres. Le *Centre de recherches de l'industrie belge de la céramique (CRIBC)* est créé au lendemain de la Seconde Guerre mondiale dans le cadre de la loi De Groote. D'abord confondu avec l'*INS*, il s'en différenciera au début des années 70. Recherches appliquées, guidance et veille technologique sont aujourd'hui les principales missions du

patron, le Dr Francis Cambier. Elles forment désormais un ensemble connu sous le nom de *Belgian Ceramic Research Center (BCRC)*. Ce dernier n'a d'autre statut juridique que celui d'une association de fait. Si l'*INS*, le *CRIBC* et l'*INISMa* n'ont pas fusionné purement et simplement, c'est parce qu'ils relèvent chacun d'un statut administratif différent et que la fusion s'annoncerait comme une course d'obstacles juridiques peu attrayante.

La même prudence administrative s'applique d'ailleurs, *a fortiori*, à la nouvelle association *EMRA*, qui réunit donc les trois membres du *BCRC* avec trois autres centres de recherche agréés:

- Le *Centre de Ressources Technologiques en Chimie (CERTECH)* situé à Senefte et créé en 1996 par l'Université catholique de Louvain avec le soutien de la Région wallonne dans le cadre du programme européen Objectif 1. Le directeur général du *CERTECH*, Henri May, a fait ses études à l'ULB.
- Le *Centre Terre et Pierre (CTP)* est né également en 1996, à Tournai, d'une initiative privée des *Ateliers Louis Car-*

Des regroupements naturels

L'*EMRA* a d'abord existé sous la forme d'une association de fait, créée en 2009 par le trio montois du *BCRC* et le *CTP* tournaisien, tous étant devenus entre-temps des centres de recherche agréés par le pouvoir régional. L'adhésion du *CERTCH* et de *Materia Nova* a donné, l'année dernière, son périmètre actuel à l'*EMRA*, qui reste d'ailleurs ouvert à d'autres adhésions. Les rapprochements sont encouragés par une asbl fondée en 2002 par l'ensemble des 22 centres collectifs de recherche wallons agréés.

Cette asbl, *ACCORD-Wallonie*, est présidée par Francis Cambier et a déjà stimulé, en dehors de l'*EMRA*, des associations dans les secteurs des technologies de l'information et de la communication, du développement durable et de l'ingénierie mécanique. D'autres rapprochements sont en cours et quand tous se seront concrétisés, on devrait arriver à structurer les 22 centres en 8 ou 9 ensembles, estime Francis Cambier.

Attention, l'objectif n'est pas de former une lourde structure bureaucratique qui rassemblerait tous les centres de recherche. Il s'agit, du point de vue des fondateurs de l'*EMRA*, de s'associer pour augmenter sa visibilité tout en gardant les avantages de flexibilité et de réactivité au service des entreprises et en évitant les problèmes administratifs que ne manqueraient pas de provoquer des velléités de fusion. Cette évolution



De gauche à droite:

Stéphane Neyrinck, directeur général du Centre Terre et Pierre (CTP),
Luc Langer, président du CA de Materia Nova,
Francis Cambier, président d'Accord,
Thierry Randoux, General Manager du Centre de Ressources Technologiques en Chimie (CERTECH),
Véronique Lardot, gestionnaire CT du Belgian Ceramic Research Center (BCRC)
 et **Michel Bodson**, administrateur et fondateur du Centre Terre et Pierre (CTP)

20

répond au vœu exprimé de longue date par le pouvoir régional, dans un double souci de simplification et de responsabilisation financière. Dans cette optique, les membres de l'EMRA entendent donner le bon exemple, en équilibrant leur budget entre les subventions publiques et les contrats d'expertise.

«Nous avons veillé à unir des centres au budget très sain», affirme avec conviction Michel Bodson, fondateur du CTP et initiateur de l'EMRA avec Francis Cambier. Il ajoute que s'il s'agit fondamentalement d'une association hennuyère, elle a aussi une dimension européenne, ne fût-ce que par les partenariats que le centre de recherche tournaisien a conclus avec des laboratoires universitaires français. Moralité: il vaut mieux laisser se construire lentement des collaborations spontanées qui s'enracinent des les complémentarités naturelles que de forcer des rapprochements artificiels et bureaucratiques qui brillent très souvent en fin de compte par leur raideur et leur inefficacité. Et auxquels la mentalité wallonne est du reste viscéralement hostile.

Quelques histoires à succès

Le large éventail d'expertise de l'EMRA vise en particulier à répondre aux besoins des petites et moyennes entreprises. Ainsi, par exemple, la société NEOCERAM, de Strépy-Bracquagnies,

est devenue leader mondial pour la fabrication de pompes de précision en céramique technique pour le dosage en atmosphère stérile, en particulier dans l'industrie pharmaceutique. «Le fort rapport de confiance et de collaboration avec l'INISMa et les autres centres de recherche wallons a sans aucun doute contribué à notre succès sur le marché», dit sa directrice générale, Cristina Scapparino.

Autre exemple: TECHNOCHIM, une PME de Ghislenghien créée il y a seulement cinq ans et spécialisée dans les procédés de nettoyage chimique destinés à l'industrie pharmaceutique et agro-alimentaire. Pour cette jeune société présente sur le marché international et dont le chiffre d'affaires approche les 2 millions d'euros, le besoin d'expertise portait sur la mise au point de tests spécifiques et sur l'interprétation de leurs résultats, ainsi que sur des questions de propriété intellectuelle. MATERIA NOVA s'est avéré être à cet égard «un partenaire de choix», explique Florence Bosco. Elle ajoute que «les résultats obtenus ont permis à Technochim d'étayer le texte d'une demande de brevet qui a pu être déposée dans les temps impartis» et qu'EMRA «assure aux centres qui en font partie une meilleure visibilité pour les PME.»

Mais il n'y a pas que les PME. Les grandes entreprises aussi ont abondamment recours aux compétences fédérées par l'EMRA. Marc Van Den Neste est vice-président et *Chief Technology Officer* (CTO en langage «business») d'AGC Glass Europe, filiale d'Asahi Glass, premier verrier mondial. Il a ainsi la haute main sur le centre R&D de Jumet, fleuron technologique de Glaverbel et aujourd'hui d'AGC Flat Glass, qui va bientôt déménager vers un nouveau site sur l'Aéropole de Gosselies, où travailleront, dès septembre 2013, quelque 300 personnes. Bien que cet effectif soit numériquement supérieur à celui de l'EMRA, AGC collabore depuis des années avec un réseau fourni de laboratoires, d'universités et d'entreprises, parmi lesquels plusieurs centres de recherche wallons.

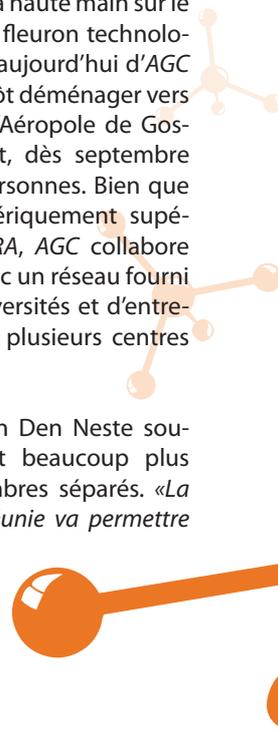
À cet égard, Marc Van Den Neste souligne que l'EMRA est beaucoup plus efficace que ses membres séparés. «La masse critique ainsi réunie va permettre d'avancer plus vite et plus loin dans l'innovation, qui est la clé du futur»,

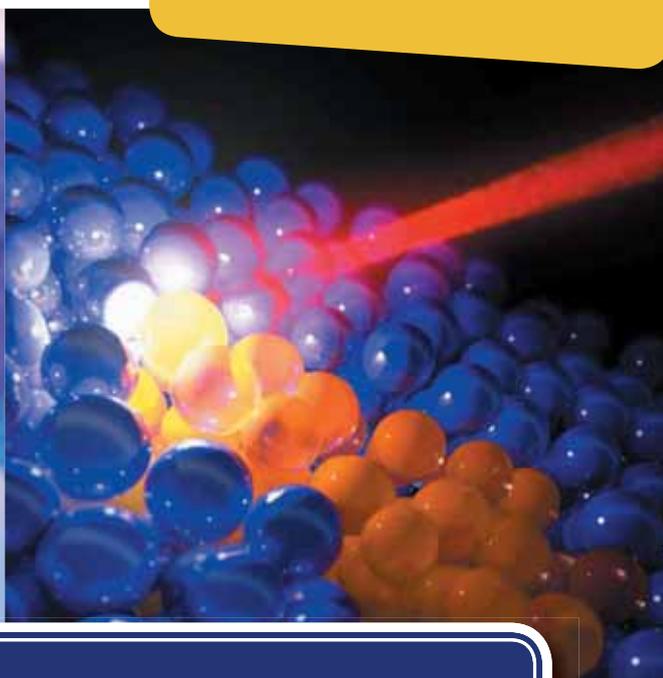


Pour en savoir plus:

Voir le site <http://www.emra.eu> (c'est un site en anglais, mais il propose les liens vers tous les partenaires du réseau).

D'autre part, un vaste panorama des centres de recherches wallons a été décrit il y a quelques années par Philippe Lambert dans les colonnes d'*Athena*. Ces articles sont répertoriés à l'adresse: <http://recherche-technologie.wallonie.be/fr/particulier/menu/revue-athena/par-themes/recherche-collective/index.html>





dit-il, précisant que, chez AGC, 70% de la recherche touche de près ou de loin à l'environnement, qui est l'un des axes majeurs de l'expertise d'EMRA. «Avoir un interlocuteur unique et un réseau d'experts dans ces domaines de l'environnement, des matériaux et des procédés est une solution gagnante pour l'avenir de la recherche en Wallonie. Dans le domaine du verre, des experts tels que Materia Nova ou INISMa, réunis dans une seule et même plate-forme, permettront certainement à AGC de progresser mieux et plus rapidement et de gagner des parts de marché dans un secteur hautement concurrentiel», conclut-il.

Six centres de recherche

Les six centres de recherche réunis dans EMRA sont (dans l'ordre de leur ancienneté): l'Institut National des Silicates (INS, Mons), le Centre de Recherche de l'Industrie Belge de la Céramique (CRIBC, Mons), l'Institut Inter-universitaire des Silicates, sols et Matériaux (INISMa, Mons et Bertrix), le Centre de Ressources Technologiques en Chimie (CERTECH, Seneffe), le Centre Terre et Pierre (CTP, Tournai) et enfin Materia Nova (Mons). ■

L'EMRA en quelques chiffres

- ✈ plus de 260 collaborateurs dont 75% de scientifiques, 16% de techniciens et 9% d'administratifs;
- ✈ un chiffre d'affaires annuel proche de 23 millions d'euros, en progression constante;
- ✈ des ressources dont l'origine se répartit à peu près à 50-50 entre les apports publics et les contrats privés;
- ✈ chaque année, plus de 4 000 contrats industriels sont conclus par les membres de l'EMRA avec plus de 1 000 entreprises de Wallonie et d'ailleurs.





22

Google, l'ogre omnivore

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

Illustrations: **O. SAIVE/ Cartoonbase**

Nous allons consacrer une série d'articles à une entreprise que tout le monde croit bien connaître: Google. Croit bien connaître parce que ce nom est omniprésent sur le Web. Et pourtant, le grand public n'utilise qu'une infime partie des 200 applications qu'il nous propose

Google est né en 1998. Et c'est beaucoup plus qu'un moteur de recherche, même s'il est surtout connu pour cela. Le moteur de recherche n'est plus aujourd'hui qu'un élément - important certes - de la stratégie de Google Inc., la société qui gère l'ensemble de la

galaxie, fondée le 27 septembre 1998 dans la Silicon Valley, en Californie, par Larry Page et Sergey Brin, créateurs du moteur de recherche Google, qui s'est donné comme mission «d'organiser l'information à l'échelle mondiale et de la rendre universellement accessible et utile».

Wikipedia (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Google>) présente Google comme ceci:

«Google est l'une des premières entreprises américaines et mondiales par sa valorisation. Début 2008, l'entreprise était cotée à 210 milliards de dollars à la Bourse de Wall Street. La société compte environ 20 000 employés, dont la plupart travaillent au siège mondial: le Googleplex, à Mountain View, en Californie. Google continue sa croissance, année après année, notamment grâce à une politique de concentration horizontale, visant aussi bien la start-up que de plus grandes compagnies.

Google est l'une des plus imposantes entreprises du marché d'Internet. En 2011,

le groupe possédait un parc de plus de 900 000 serveurs, contre 400 000 en 2006, ce qui en fait le parc de serveurs le plus important au monde (2% du nombre total de machines), avec des machines réparties sur 32 sites. (...) En octobre 2010, Google représente 6,4% du trafic Internet mondial et affiche une croissance supérieure à celle du web.»

Lors de sa naissance, le terrain de la recherche d'information était dominé par Yahoo! (un annuaire) et Altavista (un moteur de recherche). Ils ont été rapidement surclassés par Google.

Comprendre Google

» Un nom

Le nom de Google provient du terme mathématique «googol» ou gogol en

français. Il représente un nombre qui s'écrit 1 suivi de 100 zéros ou 10 exposant 100.

L'histoire raconte que le nom retenu au départ était «googolplex», mais que lors de l'enregistrement du nom de domaine «googol» finalement retenu, Sean Anderson se serait trompé et aurait tapé «google» sur son clavier. D'autres affirment que le nom de domaine n'était pas disponible car déjà attribué, et que, par conséquent, le nom fut modifié volontairement. Toujours est-il que *Google* est plus facile à mémoriser que *Googol*, ce qui n'est sans doute pas étranger à leur réussite commerciale.

» Une diversification

Si, pour la plupart des gens, *Google* est un moteur de recherche, l'entreprise *Google Inc.* est une énorme machine de guerre destinée à produire des dollars. Il ne se passe pas une semaine sans que les rumeurs annoncent l'arrivée d'un nouveau service. Certains sont créés, d'autres non, mais le buzz (ramdam) assure la visibilité de *Google*, qui propose aujourd'hui environ 200 services, dont le moteur de recherche, *Google Maps*, *Gmail*, *Google Earth*, etc.

» Une rentabilité

Beaucoup de gens se demandent d'où proviennent les revenus de *Google*. Ras-

surez-vous, pour le moment, les finances sont saines... Outre les revenus boursiers de son action GOOG cotée au NASDAQ, les sources de profits sont diverses (source: <http://goo.gl/TYULc>):

- *AdWords*: *Google* vend des mots clés aux enchères. Vous avez déjà remarqué que quand vous lancez une recherche, des publicités contextuelles apparaissent en haut et à droite des résultats. Ces liens dirigent vers des pages Web de ceux qui ont participé aux enchères. Chaque fois qu'une personne sélectionne un de ces liens, la société concernée doit verser une certaine somme à *Google*;
- *AdSense*: un site web peut accueillir les publicités *AdWords* sur ses pages grâce au système *AdSense*, *Google* reverse une partie de ses gains à ce site;
- Espace de stockage: *Google* propose à ses utilisateurs un espace généreux et gratuit de stockage pour enregistrer les documents sur les serveurs *Google* et y accéder depuis n'importe quel poste. Lorsqu'un utilisateur atteint la limite d'espace disque autorisé par utilisateur, il peut acheter de l'espace disque supplémentaire;

- *Google Apps*: *Google* propose une solution de collaboration qui réunit plusieurs outils bureautiques et de production: création et édition de documents Word, Excel, calendrier, gestionnaire de tâches... Une version gratuite de *Google Apps* est disponible à tout utilisateur, mais les organisations/entreprises désirant monter en puissance avec cette solution peuvent payer une mensualité (40 euros par utilisateur par an) pour bénéficier de services supplémentaires.

Quelques chiffres

On ne possède pas de chiffres très récents, mais voici la situation de *Google* telle qu'elle se présentait avec les dernières données disponibles. Avec un résultat net annuel de 6,5 milliards de dollars en 2009, *Google* pouvait se permettre de faire des acquisitions. Depuis la mi-2009, le moteur s'est fixé un rythme d'un rachat de start-up par mois. À la fin du premier semestre 2011, le groupe disposait en effet de 39,1 milliards de dollars de trésorerie, soit plus par exemple que le PIB de l'Éthiopie. *Google* disposait aussi de liquidités deux fois plus importantes que le PIB de l'Albanie.

En 2009, *Google* investissait 2,8 milliards de dollars en recherche et développement (R&D). Le moteur dispose d'une soixantaine de sites de R&D à travers le monde, dont une douzaine en Europe et au Moyen-Orient.

Les chiffres suivants sont issus d'un article publié en juillet 2011 par *WebRankInfo* (<http://goo.gl/Xx9w4>). Vous y trouverez toutes les sources de ces chiffres.





24

Si Google n'engage pas de serveurs, elle engage beaucoup partout dans le monde. Plusieurs fois élue meilleure entreprise pour y travailler, elle a réussi à développer une véritable culture d'entreprise et peut désormais se targuer d'une réputation plus que positive. Les employés y sont passionnés, soignés aux petits oignons, évoluant dans un espace de travail agréable où l'on peut allier travail et plaisir ! Un rêve apparemment...

Les produits de Google:

- ★ 2,5 milliards de requêtes par jour sur l'ensemble des sites de *Google* (chiffre de juillet 2009). L'interface de recherche de *Google* est disponible dans plus de 112 langues;
- ★ Plus de 1 milliard de visiteurs uniques mensuels sur l'ensemble des sites de *Google* (le milliard a été atteint pour la 1^{er} fois en mai 2011);
- ★ 2 milliards de vidéos vues chaque jour sur *YouTube* (chiffre de septembre 2010); 1 milliard en octobre 2009 et 100 millions en septembre 2007;
- ★ Environ 2 millions d'entreprises utilisent *Google Apps*, totalisant à peu près 20 millions d'utilisateurs actifs dans le monde (chiffres d'octobre 2009);
- ★ *Google News* génère 1 milliard de visites par mois vers les sites repris dans le moteur d'actualités ainsi que 3 milliards supplémentaires via la recherche web classique (chiffres de novembre 2009);
- ★ La régie *DoubleClick* de *Google* affiche 45 milliards de pubs par jour (chiffre de septembre 2010);

- ★ *Google Chrome* a 70 millions d'utilisateurs 2 ans après sa création (chiffre de septembre 2010).

Les employés de Google:

- ‡ 28 768 employés (au 30 juin 2011). Près de 40% des effectifs sont des ingénieurs;
- ‡ 1 200 employés millionnaires grâce aux stock-options dont 500 en dizaines de millions et 80 en centaines de millions;
- ‡ En 2006, plus de 3 500 CV ont été reçus et traités par jour par 400 cadres dédiés au recrutement;
- ‡ *Google* a développé un logiciel pour gérer tous ces CV;
- ‡ Il faut parler au moins 3 langues pour avoir une chance d'être engagé;
- ‡ En moyenne: 9 entretiens d'embauche avant l'obtention d'un poste, et jusqu'à 20 pour les postes sensibles.

L'infrastructure technique de Google:

- ★ *Google* posséderait environ 2 millions d'ordinateurs répartis dans plus de 60 data centers (fermes de serveurs) autour de la planète (personne ne connaît les chiffres exacts, cette estimation date de fin 2008). Il s'agit du plus gros réseau informatique mondial;
- ★ 850 téraoctets sont nécessaires pour stocker en cache toutes les pages web indexées par *Google* (septembre 2006);
- ★ Une puissance de calcul de 600 téra-flops: 10 fois plus que *Columbia*, l'ordinateur le plus puissant de la *NASA* (chiffres de 2006).

Critiques et controverses

Parvenu dans le monde entier en position de quasi monopole, *Google* suscite pas mal de critiques portant essentiellement sur sa gourmandise à accumuler les données personnelles.

Si vous utilisez un service de *Google*, vous devez forcément lui fournir quelques informations vous concernant, notamment le contenu de nos emails.

Et si vous utilisez plusieurs services, les données que vous y déposez sont bien évidemment croisées.

Google vient de modifier sa politique concernant la gestion et la confidentialité des données personnelles. Elles sont détaillées à l'adresse <http://www.google.com/intl/fr/policies/>. En voici un extrait: «Lors de la création d'un compte Google, nous vous demandons des informations personnelles. Dans un souci de convivialité et d'amélioration de la qualité de nos services, les informations de votre compte sont susceptibles d'être combinées avec celles issues d'autres services Google ou de tiers. Dans certains cas, nous vous donnons la possibilité de refuser que ces informations soient combinées».

On comprend ainsi que Google prévoit de stocker et croiser tout élément concernant ses utilisateurs: données personnelles telles que nom, adresse, numéro de téléphone, numéro de carte de paiement, données techniques sur les appareils connectés et leurs paramètres, journaux de consultation ou d'utilisation des outils Google.

Si vous utilisez un service de Google (par exemple Gmail), connectez-vous à l'adresse <http://goo.gl/TVkJc> pour vérifier les informations détenues à votre sujet par Google. C'est assez impressionnant pour ceux qui utilisent intensivement le Web...

Google a également été attaqué en Allemagne par l'équivalent allemand de la CNIL, car sa Google Car collectait toutes les informations sur les HotSpot

Wifi et leurs adresses MAC sur son passage. Google aurait depuis effacé toutes ces données... Mais qu'en est-il dans les autres pays ?

Deux services concentrent beaucoup de critiques: Google Latitude et Google Books.

→ **Google Latitude** (<http://www.google.com/latitude>) permet de localiser une personne (qui s'est connectée au système) à partir de son téléphone portable. Ce système est comparable à FourSquare (<https://foursquare.com/>) par exemple. Ce service est sujet à controverse: on peut voir en Latitude un outil permettant de tracer les personnes, la vie privée peut donc être atteinte mais Google répond que cet outil a été conçu dans une autre optique: il permet par exemple de localiser sur Google Maps ses enfants, ses amis ou ses collègues.

→ **Google Books** (<http://books.google.be/>). Ici le problème soulevé ne concerne pas le respect des données privées mais le fait que Google cherche à numériser le plus grand nombre possible de livres. Et dans ce cadre-là il semblerait que le droit sur la propriété intellectuelle ne soit pas toujours respecté.

Le futur de Google

Il est peu probable qu'un nouveau moteur de recherche vienne ébranler la

position dominante de Google. Chaque année, quelques «Google killers» voient le jour puis retombent dans l'anonymat ou sont rachetés par un des géants que Google accepte dans son orbite comme Bing (moteur de recherche de Microsoft) ou Yahoo!. Par contre, Google est beaucoup plus menacé par Facebook et Twitter que de plus en plus de gens utilisent pour leurs recherches. Google essaie d'ailleurs de les contrer en lançant de nouveaux outils.

Si la situation actuelle de Google (et des autres grands moteurs de recherche) semble relativement stable, un danger plus important se profile pourtant à l'horizon de 5 ans. C'est la recherche *peer-to-peer* (pair à pair, P2P). Vous vous souvenez de Napster ? Ce site invitait les internautes à télécharger des fichiers musicaux que chacun d'entre eux possédait sur son disque dur. Le site ne faisait que mettre en relation des internautes possédant de la musique, mais Napster lui-même ne détenait rien.

Cependant, le logiciel sera retiré en 2001, après 2 ans de procédure judiciaire aux États-Unis pour infraction à la législation sur le droit d'auteur.

Quand on y réfléchit, la manière dont fonctionnent les moteurs de recherche comme Google est peu pratique et très onéreuse puisqu'ils doivent trouver, copier et stocker des milliards de pages sur des serveurs. Pourquoi ne pas imaginer que les internautes aillent chercher directement les documents dont ils ont besoin sur le disque dur de leurs homologues. Cela pose évidemment quelques problèmes de sécurisation, mais pas des problèmes insurmontables. Ce serait l'application du P2P à tous les documents. Et dans ce cas-là, ce serait la fin des moteurs de recherche tels que nous les connaissons aujourd'hui. Une belle revanche pour Napster et ses clones.

Conclusion

Dans le prochain article, nous commencerons à étudier quelques-uns des 200 outils proposés par Google. Certains ont déjà été examinés dans la revue Athena, d'autres non. ■

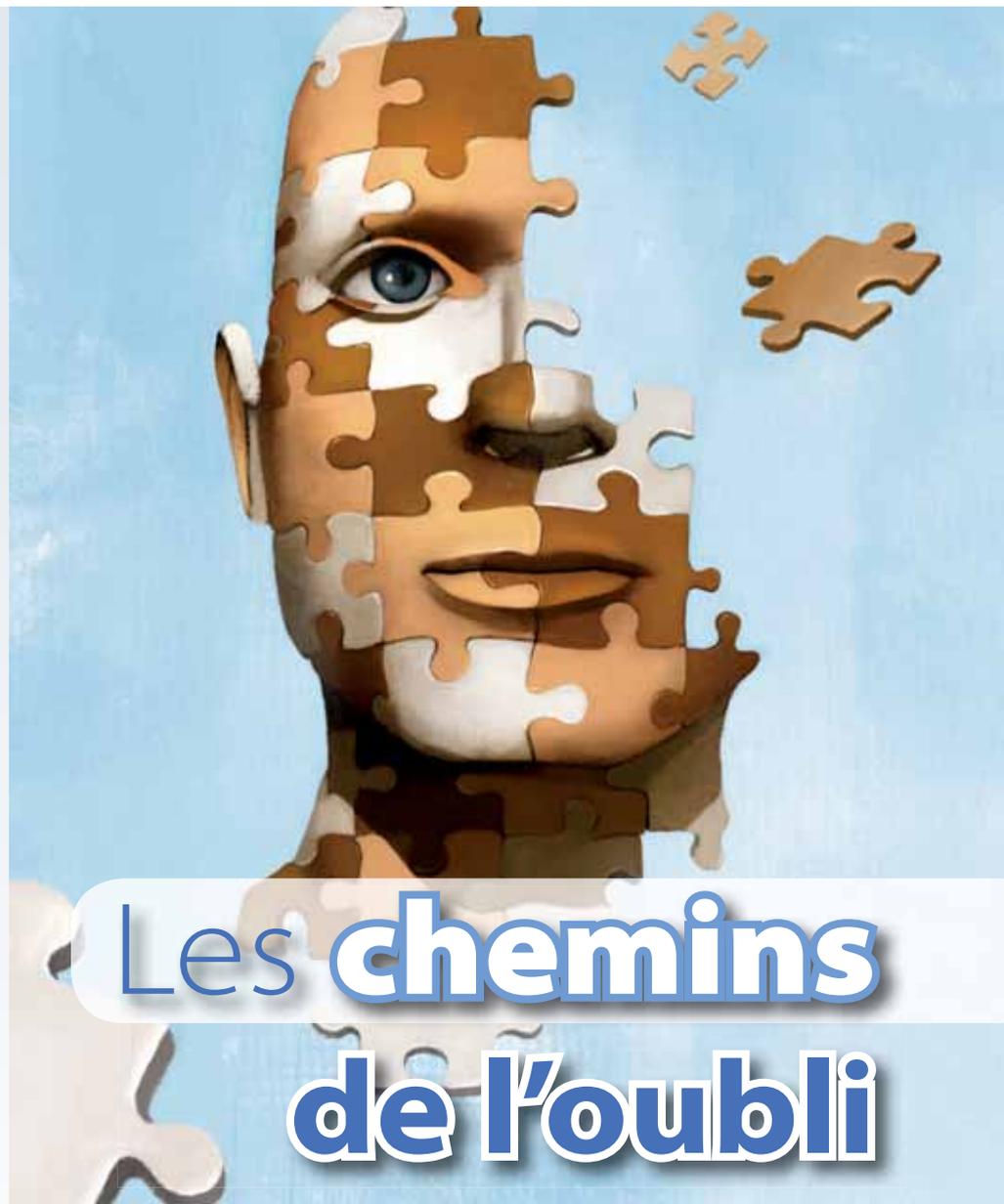


La mémoire épisodique, celle qui sert de support à notre histoire individuelle, possède une capacité potentiellement illimitée. Néanmoins, nous ne retenons pas tous les événements de notre vie ni tous les détails qui les ont entourés, loin s'en faut, sinon cette pléthore d'informations nuirait à la poursuite de nos objectifs. Parfois non intentionnel, l'oubli peut également répondre à une volonté. Que se passe-t-il alors dans notre cerveau ?

26

Texte : **Philippe LAMBERT**
ph.lambert.ph@skynet.be
 Photos : **REPORTERS / DPA** (p.26),
B. CAMPBELL (p.29)

Notre mémoire n'est pas une entité monolithique, mais un ensemble de systèmes et de sous-systèmes indépendants en interaction, chacun avec ses sous-basements cérébraux spécifiques. Retenir deux nombres quelques instants dans la perspective d'un calcul mental ne relève pas des mêmes processus que ceux qui nous permettent de nous souvenir que Buenos Aires est la capitale de l'Argentine ou encore que ceux qui sous-tendent le stockage et le rappel d'événements personnellement vécus, comme le fait d'avoir dîné la semaine précédente dans un nouveau restaurant italien avec deux collègues de travail. Si l'on se réfère au modèle proposé en 1995 par Endel Tulving, de l'Université de Toronto, le système de mémoire sollicité dans le premier cas est la mémoire de travail; dans le deuxième, la mémoire sémantique et dans le troisième, la mémoire épisodique.



Les chemins de l'oubli

Tulving, dont les travaux demeurent la référence, suggéra en fait l'existence de cinq systèmes de mémoire principaux: quatre relatifs à la mémorisation à long terme (les mémoires épisodique, sémantique et procédurale (1) ainsi que les systèmes de représentation perceptive (2)) et un centré sur le court terme, la mémoire de travail. Cette dernière, dont la mission est de maintenir temporairement une petite quantité d'informations sous une forme aisément accessible pendant le traitement de tâches cognitives diverses - calcul mental, composition d'un numéro de téléphone dont on vient de prendre connaissance dans l'annuaire... - a des ressources limitées puisque, chacun a pu l'expérimenter, nous sommes incapables de retenir simultanément de nombreuses informations destinées à un traitement immédiat.

«Par contre, la mémoire épisodique est potentiellement illimitée dans le sens où

tout événement vécu par l'individu est enregistré et traité par son cerveau et peut théoriquement être mémorisé», indique Christine Bastin, neuropsychologue post-doctorante et chercheuse au Centre de recherches du cyclotron (CRC) de l'Université de Liège (ULg). Elle ajoute néanmoins que la plupart des choses que nous vivons sont sans rapport avec nos buts essentiels, n'ont donc pas de signification profonde pour nous et, partant, vont être spontanément évacuées de notre mémoire.

Biais de positivité

Si la mémoire épisodique n'éliminait rien, si elle gardait trace d'éléments sans pertinence par rapport à nos buts, nos ressources cognitives seraient inutilement encombrées. Maître de recherches du FNRS au sein du CRC et du service de

neuropsychologie de l'ULg, Fabienne Collette estime que même nos relations sociales seraient perturbées si nous n'oublions pas nombre d'informations, finalement sans intérêt, issues de notre vécu. «Si, par exemple, le souvenir du moindre incident qui vous a opposé à une personne était susceptible d'investir votre esprit à chaque instant, vous pourriez difficilement entretenir une relation harmonieuse avec cette personne», dit-elle.

Quelques cas d'hypermnésie ont été décrits dans la littérature. Les individus concernés n'arrivent pas à oublier. À la moindre occasion, le souvenir d'événements négatifs, même mineurs, resurgit, de sorte que leur vie en devient insupportable et qu'ils se plaignent de cette mémoire qui les accable. «L'oubli est adaptatif», insiste Fabienne Collette.

Est-ce pour cela que, comme le montrent les études, nous avons généralement tendance à mieux nous rappeler les épisodes positifs de notre existence que les épisodes négatifs ? Les psychologues parlent d'ailleurs d'un «biais de positivité». «Si l'on interroge des gens qui ont été plongés dans des situations dramatiques, comme une guerre ou des difficultés économiques extrêmes, on est toujours surpris de leur propension à minimiser après coup les problèmes gravissimes auxquels ils ont été confrontés, commente la chercheuse du FNRS. Ils n'ont pas eu de quoi se chauffer en plein hiver, mais ils vous diront que finalement, il ne faisait pas si froid.»

Il faut distinguer l'oubli intentionnel, c'est-à-dire le résultat de la volonté de ne plus se rappeler certains éléments,

d'avec l'oubli non intentionnel, lié notamment à des phénomènes d'interférences ou d'effacement progressif des traces mnésiques (3) du fait que l'information n'est pas rafraîchie, qu'elle n'intègre pas régulièrement nos pensées. Sans doute ces deux processus interviennent-ils, à des degrés variables, dans le biais de positivité.

Ainsi que l'explique Christine Bastin, les souvenirs qui perdurent à long terme sont ceux qui ont une signification par rapport à nos objectifs personnels, que nous avons bien élaborés et que nous avons récupérés régulièrement, assurant de la sorte leur consolidation et leur pérennité. Ils ne sont cependant pas à l'abri de «distorsions» car, d'une certaine façon, nous «réinventons» sans cesse notre mémoire.

«Un événement auquel on a prêté grande attention à un moment donné n'en finira pas moins par être oublié si on ne le rappelle jamais en mémoire, précise encore Christine Bastin. En effet, au fil du temps, se manifeste un déclin de la trace mnésique, entre autres en raison des interférences découlant de l'émergence de nouvelles informations et de la compétition qui a lieu entre les différents souvenirs, surtout quand ils ont beaucoup de similarité entre eux.»

Oubli dirigé

Récemment, des chercheurs du CRC et du département de psychologie cognitive et comportementale de l'Université

de Liège se sont intéressés aux régions cérébrales impliquées dans l'oubli intentionnel. Ces travaux, qui ont fait l'objet d'une publication dans la revue *Plos One* (4) en janvier 2012, reposaient sur une tâche d'«oubli dirigé». En d'autres termes, il fut demandé à des volontaires d'oublier certaines informations qui leur avaient été communiquées.

Concrètement, 17 étudiants âgés de 20 à 32 ans (9 hommes et 8 femmes) se virent présenter, durant une phase d'apprentissage (encodage en mémoire), 100 mots de 6 lettres, lesquels apparaissaient durant une seconde sur un écran d'ordinateur. Chaque présentation de mot était suivie d'une instruction qui demeurait affichée durant 3 secondes. Quelle instruction ? Pour 50 mots: «À retenir», et pour les 50 autres: «À oublier»; l'ordre des mots étant fixé aléatoirement. Qu'était-il demandé aux participants ? D'abord, de lire mentalement chaque mot et de ne retenir que ceux qui étaient suivis de l'instruction «à retenir», donc d'oublier les autres. Par ailleurs, les expérimentateurs avaient précisé, pieux mensonge, que l'épreuve ultérieure serait un simple test de mémoire relatif aux mots à retenir.

Or en quoi consistait vraiment cette épreuve ? En une tâche de remémoration au cours de laquelle tant les mots à retenir que les mots à oublier furent présentés un par un, de façon dispersée et aléatoire, à partir d'un ensemble renfermant également 100 mots contrôles - des mots qui n'étaient pas apparus sur l'écran de l'ordinateur lors de la phase d'apprentissage. Les participants étaient invités à pousser sur un bouton lorsqu'ils reconnaissaient un mot, sans se soucier de l'instruction («à retenir» ou «à oublier») qui l'accompagnait lors de l'encodage. Ils devaient appuyer sur un



autre bouton s'ils estimaient que le mot présenté ne l'avait pas été auparavant. Leur activité cérébrale fut enregistrée à deux reprises en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf): lors de la phase d'encodage et lors de la phase de récupération (reconnaissance). «Le but était de déterminer si des régions cérébrales différentes étaient activées à l'occasion de ces deux phases selon que les mots étaient à retenir ou à oublier», rapporte Fabienne Collette.

Un filtre

Quels furent les résultats de l'étude ? Tout d'abord, les sujets reconnurent 83% des items à mémoriser et un peu plus de 50% des items à oublier. L'écart était significatif et montrait bien l'existence d'un «effet d'oubli dirigé». Mais le cœur de l'expérience avait trait, nous l'avons souligné, à la cartographie des activations cérébrales. Abordons d'abord le versant de l'encodage. On y relève deux résultats particulièrement intéressants. D'abord, la comparaison entre l'«encodage» de mots à oublier qui ne furent effectivement pas reconnus et celui de mots à retenir dont les sujets ne se souvinrent pas fait apparaître, dans le premier cas, une activation supérieure au niveau du gyrus frontal moyen droit, région associée à la fonction de sélection. Fabienne Collette: «Cette région interviendrait pour trier les items selon qu'ils doivent être stockés ou non en mémoire; elle se révèle plus active face aux items à oublier, un peu comme si elle avait pour mission de faire obstacle à leur traitement approfondi dans la mesure où ils ne doivent théoriquement pas entrer en mémoire.» Par ailleurs, l'activité du gyrus frontal médian droit est associée à celle d'une autre région, le cortex pariétal postérieur droit, impliqué dans le stockage en tant que tel de l'information. Que constate-t-on ? Que cette région est très active quand on présente aux sujets des mots à retenir et qu'ils les retiendront bien. Par contre, son activité est très faible pour les mots auxquels est associée une instruction d'oubli. «Cela signifie que le filtre opéré par le gyrus frontal moyen droit empêche le stockage des informations que les sujets ne doivent pas retenir», commente Fabienne Collette.

Second résultat important relatif à l'étape d'encodage: certaines régions cérébrales sont spécifiquement activées



quand une information à retenir est encodée avec succès, alors que ce pattern d'activations n'a pas cours quand l'encodage réussi a trait à un item que les sujets avaient instruction d'oublier. Les régions concernées sont le cortex entorhinal droit, qui fait partie du complexe hippocampique (5), structure clé de la mémoire associative, le cortex frontal antérieur médian et l'insula. «L'implication de l'hippocampe lors de l'encodage des mots à mémoriser qui le furent avec succès montre que les sujets ont essayé de créer des associations entre chacun de ces mots et d'autres mots de la liste ou avec des événements personnels, ce qui favorise un encodage assez profond, indique Christine Bastin. Ainsi, chez tel ou tel participant, le mot «voiture» a très bien pu être mis en rapport avec la nécessité de changer prochainement les pneus de son véhicule ou de procéder au paiement de son assurance auto.»

Richesse ou familiarité ?

Venons-en à présent au versant de la récupération. La reconnaissance de mots à retenir alla de pair avec une activation de l'hippocampe postérieur gauche, du precuneus droit, de régions pariétales inférieures gauches et du cortex cingulaire postérieur. «L'hippocampe, de nouveau, et les régions pariétales sont typiquement activés lorsque quelqu'un se souvient

d'un épisode dans toute sa richesse, c'est-à-dire avec les détails ayant présidé à son encodage, rappelle Christine Bastin. Autrement dit, ce dernier fut suffisamment profond pour garantir par la suite la récupération d'un souvenir riche en contenu.»

Quand des items à oublier sont malgré tout récupérés - cela se produit, nous l'avons vu, dans quelque 50% des cas -, les régions cérébrales activées sont très différentes. Il s'agit cette fois du thalamus dorsomédial gauche, du sulcus intrapariétal postérieur droit et du cortex cingulaire antérieur. La région thalamique impliquée appartient à un réseau de mémoire spécifiquement dédié à une forme de récupération que les neuroscientifiques appellent le sentiment de familiarité. C'est celui-ci que l'on éprouve quand, croisant une personne, on se dit qu'on l'a déjà vue, mais sans être capable de retrouver son nom et les circonstances dans lesquelles on l'a côtoyée précédemment. Bref, nous sommes ici au royaume des souvenirs relativement vagues. Par ailleurs, le cortex cingulaire antérieur est indissociable de la notion d'effort. «Son activation suggère que les sujets qui identifiaient des mots présentés lors de la phase d'encodage, mais auxquels avait été accolée l'instruction «à oublier», devaient fournir un plus grand effort pour les reconnaître, probablement parce qu'ils avaient davantage de doute sur le fait que ces items avaient ou non été présentés préalablement», fait remarquer la chercheuse post-doctorante du CRC.

Selon Fabienne Collette, une des conclusions de l'expérience menée à l'Université de Liège est que le phénomène de l'oubli dirigé est assez complexe, puisqu'il met en jeu des réseaux cérébraux particuliers. En outre, arriver à oublier volontairement une information n'est pas chose très aisée. Si elle a été traitée en profondeur au moment de l'encodage, elle a toutes les chances de réapparaître au sein de nos souvenirs. Ce sera alors en réponse au jeu de l'érosion et des interférences (oubli non intentionnel) qu'elle s'effacera peut-être un jour de notre mémoire.

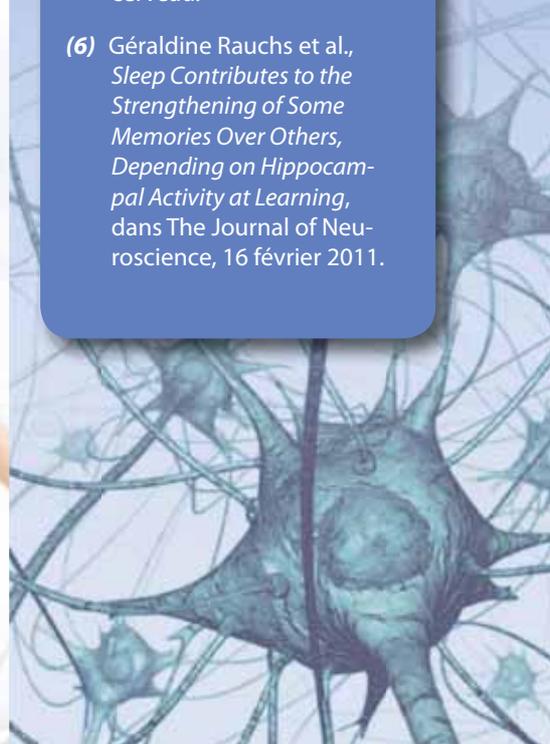
Activités nocturnes

En février 2011, une étude menée au CRC (publication dans *The Journal of Neuroscience* (6)) s'était penchée sur le possible rôle du sommeil dans l'opération de tri entre des informations importantes (à retenir) et des informations sans réelle pertinence (à oublier). Le protocole expérimental utilisé par les chercheurs préfigurait celui qui fut mis en œuvre pour les travaux publiés plus tard dans *Plos One*: des volontaires se voyaient présenter des mots qui devaient être retenus et d'autres, qui devaient être oubliés. Après avoir été confrontés à l'ensemble des items, la moitié des participants put dormir la nuit suivante tandis que l'autre moitié fut privée de sommeil. Trois jours

après l'apprentissage, les sujets furent conviés à un test de mémoire portant sur l'ensemble des mots présentés, lesquels cohabitaient avec un nombre équivalent de mots contrôles. Pourquoi ce délai de trois jours ? Pour éviter que la fatigue n'influe sur les performances et les activations cérébrales des participants restés en état d'éveil la nuit après l'apprentissage.

L'activité cérébrale des participants fut enregistrée par IRMf, en particulier lors de la phase d'encodage. Il apparut que, chez les sujets ayant dormi et uniquement chez eux, l'activité de l'hippocampe était prédictive du devenir des informations. Si l'hippocampe était plus actif lors de l'apprentissage des mots à retenir que lors de celui des mots à oublier, il manifestait également, au sein du seul groupe des « dormeurs », une activité plus intense pour les mots à retenir qui avaient effectivement été retenus que pour leurs homologues qui avaient été involontairement oubliés. Cette corrélation n'était pas observée chez les sujets ayant été privés de sommeil après la phase d'apprentissage, de sorte qu'on peut considérer que l'hippocampe consolide certaines informations durant le sommeil, spécialement celles qui sont importantes pour le sujet. Le sommeil s'avère donc capital dans la sélection et la mémorisation à long terme de telles informations. ■

- (1) La mémoire procédurale est impliquée dans l'apprentissage de nouvelles habiletés perceptives, motrices ou cognitives (jouer du piano, taper à la machine...). Difficilement accessibles à la verbalisation, les connaissances qui y sont stockées reposeraient sur des apprentissages ne pouvant s'acquérir que par l'action.
- (2) Les systèmes de représentation perceptive prennent en charge le stockage de la forme et de la structure des objets, des visages et des mots, à l'exclusion de leurs propriétés sémantiques (signification).
- (3) Les traces mnésiques (également appelées « engrammes »), désignent les substrats physiques des souvenirs dans le cerveau.
- (4) Christine Bastin et al., *The Neural Substrates of Memory Suppression: A fMRI Exploration of Directed Forgetting*, dans *Plos One*, janvier 2012.
- (5) L'hippocampe est situé dans le lobe temporal du cerveau.
- (6) Géraldine Rauchs et al., *Sleep Contributes to the Strengthening of Some Memories Over Others, Depending on Hippocampal Activity at Learning*, dans *The Journal of Neuroscience*, 16 février 2011.



Exotisme et cruauté

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

Photos: D. MONNIAUX (p.31), MII/Flickr (p.32), REPORTERS/BSIP (p.33)

Dans ce numéro, vous verrez que la médecine ayurvédique prend de l'ampleur et pas qu'en Orient; que la faim appelle parfois de noirs desseins; que les méduses se reproduisent très très rapidement; qu'un éléphant en Australie, ça pourrait arriver; qu'un lien entre cancer infantile et procréation médicalement assistée est plausible... Bonne lecture !

30

Ayurveda sous la loupe

La tendance affichée aujourd'hui par 50% des patients des pays développés de se tourner vers les médecines «parallèles» donne une seconde jeunesse à des pratiques traditionnelles d'ici et d'ailleurs. Celles qui ont un caractère «exotique» s'en sortent plutôt bien dans ce contexte: la Chine et l'Inde ont du reste bien compris l'intérêt de la chose et il suffit de quelques clics sur le net pour se rendre compte qu'un marché florissant de plantes aux mille vertus thérapeutiques est largement ouvert à la vente. Sans garanties, évidemment.

Cela ne signifie pas que les méthodes appliquées depuis des centaines voire des milliers d'années sont dénuées d'effets ou d'intérêt. La tradition a permis, par tâtonnements parfois, d'identifier des traitements efficaces et d'adapter des posologies. Il n'est pas inutile de rappeler non plus que dans nombre de pays émergents, ces médecines traditionnelles sont les seules qui soient accessibles.

L'Inde a également perçu qu'il «fallait faire quelque chose» pour sauvegarder la crédibilité de certaines préparations

et traitements qui ont une efficacité prouvée. Dans cette optique, un Institut Ayurveda vient de voir le jour, tandis que le Conseil indien pour la recherche scientifique et industrielle a dégagé des sommes importantes (l'équivalent de 25 millions de dollars américains) pour valider les méthodes thérapeutiques traditionnelles. Premier écueil: le «secret professionnel» défendu par les guérisseurs, lesquels entendent bien conserver leur propriété intellectuelle. Pas question, dès lors, qu'ils puissent céder leurs secrets sans contrepartie, notamment financière. Or, ce n'est qu'en connaissance exacte de cause que les méthodes pourront être proposées à une véritable recherche clinique digne de ce nom.

On a aussi constaté que certaines préparations contenaient quelques métaux lourds et autres éléments de sinistre réputation: plomb, mercure, arsenic. À éliminer en première intention. Mais on a aussi pu comparer l'efficacité de traitements séculaires à des médicaments rodés par notre médecine allopathique. Un exemple ? Celui qui combat l'arthrite rhumatoïde. Des patients concernés ont

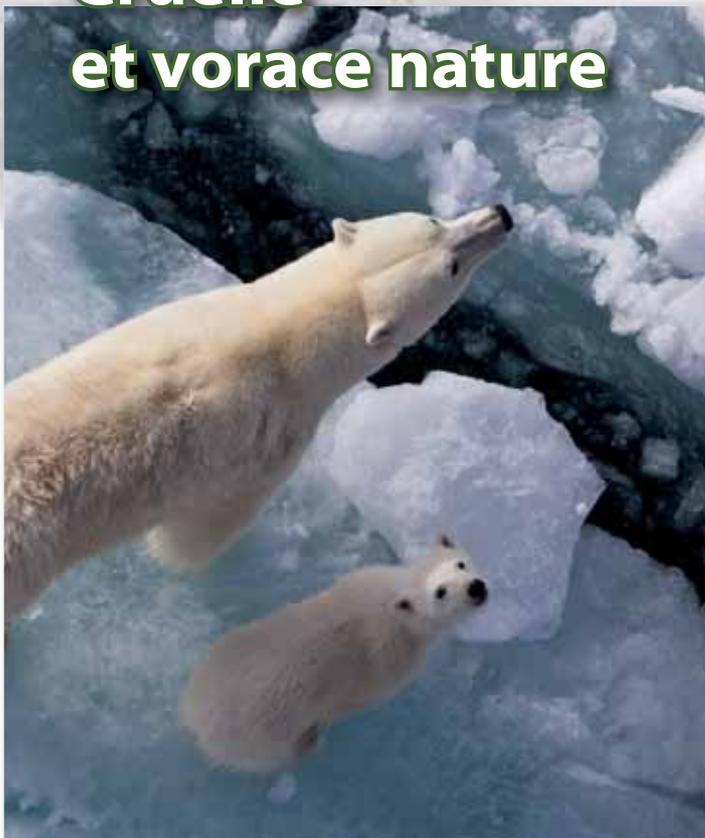
été traités par la méthode ayurvédique traditionnelle, par le méthotrexate de notre pharmacopée, par les deux ou par un placebo. Résultats: les trois traitements réels ont mené à des résultats identiques, le premier cité - contrairement aux autres - n'induisant que peu d'effets secondaires indésirables.

On a également découvert que des plantes utilisées dans la thérapeutique traditionnelle produisent l'une ou l'autre substance particulièrement active qui fait aujourd'hui, après purification, l'objet d'essais cliniques menés dans les formes. Ce serait notamment le cas d'une plante (*Argemone mexicana*) qui se montre particulièrement active contre le psoriasis.

Les méthodes thérapeutiques traditionnelles ont donc du bon. On le savait. Le tout est désormais de le valider dans le cadre d'essais comparatifs en double aveugle, chers à l'approche cartésienne. Les thérapies associées resteront-elles accessibles ensuite à leurs principaux - et souvent pauvres - destinataires ? C'est évidemment ce que les autorités auront à défendre. ■

Science 2011; 334: 1491

Cruelle et vorace nature



Les Inuits connaissaient, dit-on, la chose depuis longtemps mais l'information n'avait jusqu'ici été transmise que par voie orale. Or on sait à quel point parfois les «vérités» transmises de la sorte peuvent enfler dans le simple souci de lui donner une ampleur qu'elle n'a pas forcément. Mais cette fois, il y a des photos qui n'offrent plus de doute: les ours polaires savent, au besoin, s'alimenter aux dépens... de leurs propres petits. C'est cruel et, pour tout dire, assez difficile à imaginer pour des humains.

Ce sont les mâles, sans doute poussés par une faim tenace, qui sacrifient principalement à ce penchant. Les premières observations ont jadis été faites sur la terre ferme; elles le sont aujourd'hui sur la banquise dont on sait l'importance décroissante. Du coup, quelques-uns y voient aussi un effet supplémentaire et particulièrement pervers du réchauffement climatique. À confirmer toutefois. L'ours polaire serait donc cannibale. Mais la réalité est après tout peut-être d'une tout autre nature: la raréfaction de la nourriture aidant, des pères soucieux du bien-être de leurs rejetons qu'ils sentent compromis, ne veulent-ils pas simplement leur épargner un avenir où la nourriture sera rare et qui leur vaudrait une lente cachexie ?

Cette perception des choses est bien sûr teintée d'anthropomorphisme: c'est juste pour donner un semblant de morale à l'histoire. En dépit de leur livrée immaculée, ces «gros nounours» de la banquise sont d'abord et avant tout de redoutables prédateurs. Foi d'ourson. Et tant pis pour les proies: ventre affamé n'a pas d'oreilles. Ni de sens parental. ■

Science 2011 (334): 1479

31

Le mystère de la méduse...

Linformation refait régulièrement surface dans la presse: les méduses seraient de plus en plus abondantes dans les mers et océans, au point de devenir envahissantes. Ce n'est pas faux, bien que les spécialistes eux-mêmes entendent rester à des données chiffrées plus qu'à de simples observations locales. La méduse (*jellyfish* en anglais ou «poisson-gelée») affecte des formes et surtout des tailles diverses, du polype microscopique au mastodonte de plus de deux cents kilos, comme certaines *Nemopilema nomurai*. Ces animaux si particulier, au déplacement lent et harmonieux, ne pèchent pas par excès de sympathie aux yeux des humains, essentiellement en raison de leurs cellules urticantes et de l'envahissement des plages dont elles se rendent parfois coupables. «Parfois» et pas de façon continue; c'est ce qui pose question aux scientifiques; parce que le développement de ces Cnidaires passe par des cycles souvent complexes dont des étapes échappent à un examen immédiat; en raison de la profondeur où elles se passent, loin des yeux des plongeurs.

On a de bonnes raisons de penser que l'activité anthropique est pour quelque chose à l'apparente récurrence des invasions. La pression de la pêche réduit le nombre des plus gros poissons qui laissent par conséquent leur niche écologique plus libre pour ces autres prédateurs. Les rejets «polluants» dans les mers et océans peuvent eux aussi favoriser certains stades de développement de l'animal. Enfin, le réchauffement climatique annoncé pourrait favoriser certaines espèces qui y seraient davantage sensibles. Bref, il y a du grain à moudre de ce côté. On sait aussi que des systèmes de refroidissement usant d'eau de mer - pour des centrales, en particulier - ont dû être mis à l'arrêt en raison d'un colmatage de leurs conduits d'admission. Bref, il y a un «mystère de la méduse» à éclaircir. Des biologistes s'en chargent. En espérant que le dénouement soit moins dramatique que pour le radeau éponyme... ■

Nature 2112 (482): 20-21

La question du mois

La recherche britannique contre le cancer lui a réservé 0,24% de ses budgets seulement et, dans le même temps, la recherche américaine lui laissait 1% de ses moyens. De qui s'agit-il ?

Réponse: De la recherche en soins palliatifs.

On peut certes estimer qu'il n'y a plus de recherche à faire lorsque la vie est à son terme; pourtant, on sait la qualité qu'on peut lui concéder lorsque la douleur, souvent intense, peut être gérée pour rendre la vie finissant à une plus grande humanité. La recherche sur le cancer débutant, la lutte contre son développement coûtent-ils réellement si chers qu'il justifient l'écrasante majorité des crédits alloués, ou les artisans des soins palliatifs n'introduisent-ils tout simplement pas assez de thèmes de recherche, tout entiers engagés dans des soins permanents ?

La question reste ouverte, mais le bilan chiffré est sans appel... ■

32

Des vacances en Océanie

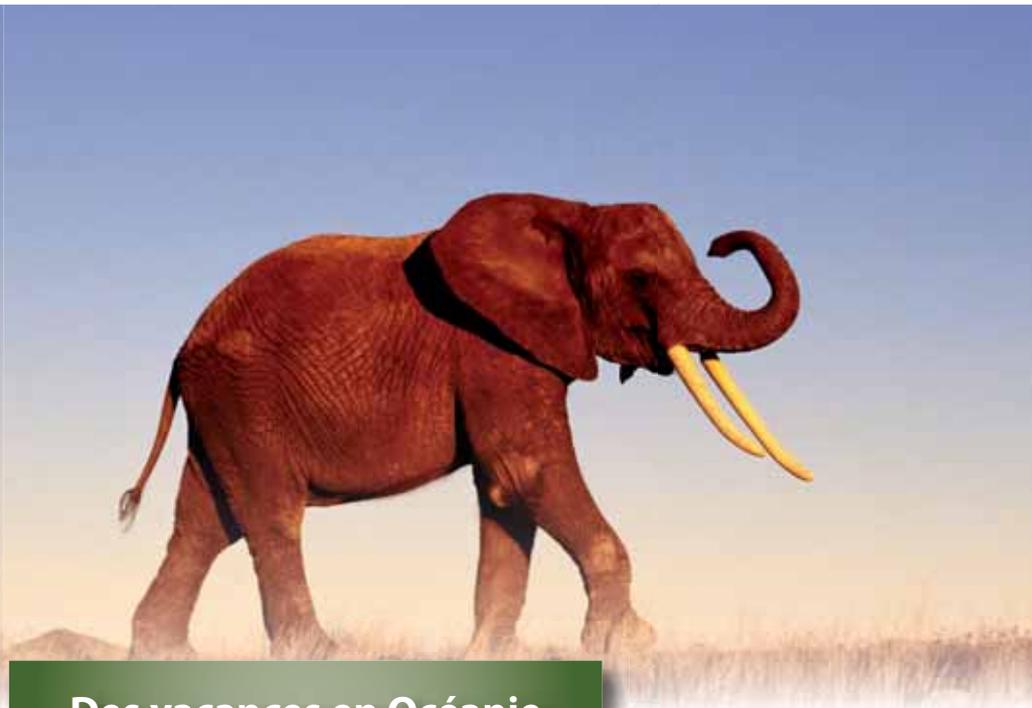
Pays-continent, l'Australie a connu, depuis l'arrivée de l'homme occidental il y a un peu plus d'un siècle et demi, de nombreux bouleversements de sa biocénose; simplement parce que cet humain-là, qui n'était pas habitué à ce milieu peuplé d'animaux bizarres, en a emmené avec lui quelques-uns qui lui étaient familiers, histoire d'assurer son quotidien à peu de frais. C'est vrai que les débuts de l'implantation d'Européens à la fin du 18^e siècle ont été pénibles et nombre d'entre eux sont tout simplement morts de faim. Les vagues suivantes d'immigrants - militaires et prisonniers, pour l'essentiel - ont donc emmené dans leur sillage un petit vivier sous la forme d'animaux qui leur étaient bien connus: porcs, chèvres, chevaux, dindes et lapins. On sait à quel point ces derniers, en particulier, ont profité du lieu en raison de leurs proliférations proverbiales jusqu'à devenir des ennemis à combattre. La myxomatose, une maladie qui leur est destinée, a tout simplement été introduite pour en réduire les populations.

Le problème majeur est qu'il n'y avait bien entendu pas de prédateurs naturels pour ces populations à croissance rapide; ce ne sont pas les dingos, importés eux aussi par l'homme - mais il y a 4 000 ans pense-t-on - qui ont pu apporter cette nécessaire régulation. Les grands prédateurs ont quant à eux disparu depuis longtemps; il y a 40 à 50 000 ans, suite à l'arrivée d'une première vague d'humains et de la glaciation de Würm.

Côté végétal, on a également réalisé des importations diverses, là aussi pour la bonne cause. Mais dans ce registre, on n'a pas non plus toujours eu la main heureuse; à tel point que certaines des plantes importées sont aujourd'hui devenues envahissantes, n'ont pas de consommateurs attirés et servent chaque année de substrat à quelques incendies de sinistre mémoire. D'où l'idée très sérieusement proposée par un professeur local d'introduire... l'éléphant ! L'idée paraît *a priori* séduisante: ces herbivores deviendraient notamment les consommateurs des grandes herbes de savane (*Andropogon gayanus*, l'herbe gamba) qui posent problème et viendraient de ce fait occuper une niche laissée vacante par les grands marsupiaux disparus. Seule contrainte: opérer une surveillance étroite pour que ces pachydermes n'ajoutent pas, au gré d'une démographie trop galopante, au déséquilibre faunique ambiant. À ce titre, les aborigènes pourraient être mis à contribution pour opérer le contrôle.

Des éléphants en Australie ? Pourquoi pas ! Ils ne seraient pas franchement dépaysés; en plus de la gamba qu'ils connaissent, ils y retrouveraient buffles et dromadaires, devenus depuis un certain temps déjà, des enfants du pays. Un coin d'Afrique, en somme, loin du territoire d'origine, mais grandeur nature. Pour l'heure, ce n'est toutefois encore qu'une idée parmi d'autres... ■

Nature 2012(482): 30



Des cancers de l'enfance

L'enfance est marquée par quelques maladies qui font partie de son décours; rougeole et quelques autres. En revanche, la survenue d'affections graves choque le sens commun, comme tout problème majeur de santé qui frappe les jeunes. Et c'est d'autant plus le cas lorsque la maladie concerne les plus petits, à peine passé le cap de la naissance, et qu'il s'agit d'un cancer... Or, cette réalité existe même si, heureusement, elle n'est pas fréquente. Plusieurs pathologies sont concernées et le rétinoblastome en fait partie. De quoi s'agit-il ? D'un cancer de la rétine qui survient le plus souvent au cours de la première année. Bien entendu, la tumeur peut être traitée et le mal éradiqué, encore que l'on sache qu'une rechute, même tardive, ne soit pas impossible. Il en va de même pour une autre tumeur, cérébrale cette fois: le médullosarcome. Ce type de dérive pathologique fait bien entendu l'objet de recherches intensives et quelques publications récentes tentent de leur apporter un éclairage nouveau.

On sait qu'en ce qui concerne la tumeur de la rétine, la mutation d'un gène - RB1 - est en cause; un gène muté qui doit se trouver en deux exemplaires pour voir la maladie se déclarer. C'est une réalité qui en explique la relative rareté. La protéine formée - forcément mutée, elle aussi - n'a plus la fonction attendue. Or, celle-ci a pour objet essentiel de maintenir la stabilité du génome. Sa perte de fonction mène alors logiquement à l'apparition de mutations géniques en cascade, comme dans les tumeurs de l'adulte ? Et bien non. Et c'est bien ce qui semble distinguer les tumeurs de la petite enfance et celles qui sont plus tardives. Si des mutations sont tout de même notées dans les dérives tumorales des tout jeunes, elles sont quinze fois moins fréquentes que dans celles qui émergent ensuite. La clé de cette différence ? La levée d'inhibition d'un gène qui code pour une enzyme - la protéine kinase SYK - qui est un oncogène potentiel. Son expression est en effet augmentée dans les rétinoblastomes, mais il n'est pas muté.

S'il n'y a pas d'atteinte du génome mais qu'il y a dérive tumorale, c'est donc que le dérèglement cellulaire réside ailleurs. Et on vient d'identifier son origine: elle est épigénétique. En d'autres termes, c'est l'expression des gènes - et non les gènes eux-mêmes - qui est altérée, une expression qui, comme on le sait, est modulée par la présence de petits radicaux qui viennent se fixer à des endroits clés des gènes ou des protéines qui les accompagnent; des radicaux méthyle, pour la plupart. Et, sans surprise, on a constaté que le gène muté RB1 est précisément un régulateur de la méthylation des gènes...

L'origine et les facteurs qui président au développement des tumeurs du tout jeune âge commencent à apparaître au grand jour, en offrant des pistes nouvelles de traitement. On a évoqué l'implication du gène SYK; on connaît ses inhibiteurs qui ont été mis en œuvre dans le cas de tests *in vitro*. Résultat: une régression et la disparition des cellules tumorales. Cette réalité épigénétique renvoie à une autre: l'accroissement de l'incidence du rétinoblastome chez des enfants conçus par procréation assistée (PMA); une incidence qui demeure heureusement très faible, mais néanmoins augmentée. Or, on sait que ces pratiques, incontournables en cas d'infertilité tenace, induisent des modifications précisément perceptibles au niveau épigénétique. Le lien est-il établi pour autant ? Pas forcément. Rien ne permet aujourd'hui de préciser si c'est la méthode de PMA ou l'infertilité (parfois très sévère) prise en compte qui induit la mutation originelle. La réponse viendra sans doute lorsque le nombre d'enfants conçus par ces méthodes sera plus étoffé. Dans l'intervalle, on aura aussi progressé dans les moyens de lutte - voire de prévention - contre le développement tumoral. ■

Nature 2012; 481: 329-333.





Comme au jeu d'échecs

34

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

Photos: **PhotoAlto/REPORTERS** (p.34),
M. BARTLETT/NHGRI (p.36),
Image Source/REPORTERS (p.37)

Depuis une trentaine d'années, la question de l'immunothérapie du cancer et de son corollaire, la vaccination thérapeutique contre les tumeurs malignes, est au cœur d'intenses recherches. Après d'autres de ses contributions majeures, la branche bruxelloise de l'Institut Ludwig vient de découvrir l'implication d'une enzyme (TDO2) dans la résistance de certains cancers à l'action du système immunitaire

En 1982, l'équipe du professeur Thierry Boon, alors directeur de l'unité bruxelloise du *Ludwig Institute for Cancer Research (LICR)*, fut la première à démontrer, chez la souris, la présence d'antigènes tumoraux à la surface des cellules cancéreuses. Reconnus par le système immunitaire, ceux-ci pouvaient potentiellement initier une réponse susceptible d'aboutir à la destruction desdites cellules par les lymphocytes T.

Cependant, il fallut attendre le début des années 1990 pour trancher une autre question, cruciale: existe-t-il des antigènes spécifiques sur les tumeurs humaines et, partant, les lymphocytes T de l'homme sont-ils capables d'opérer la distinction entre les cellules tumorales et les cellules normales? La lumière vint à nouveau de *l'Institut Ludwig*. En effet, Pierre van der Bruggen et Catia Traversari, de l'équipe de Thierry Boon, identifièrent en 1991, dans le mélanome, un premier antigène spécifique d'une tumeur cancéreuse humaine. Cette protéine fut baptisée MAGE-1. Depuis, quelques dizaines d'autres antigènes tumoraux furent mis en évidence, certains présentant des caractéristiques qui

en firent des candidats de choix pour le développement d'une thérapie fondée sur l'activation de lymphocytes T antitumoraux.

L'immunothérapie du cancer qui, via une vaccination thérapeutique, consiste à aider le système immunitaire à attaquer et à détruire les tumeurs, se trouvait ainsi sur les rails. Au cours d'un premier essai clinique, vingt-six patients souffrant d'un mélanome avec métastases et porteurs de l'antigène MAGE-3 à la surface de leurs cellules cancéreuses se virent administrer des injections du peptide MAGE-3, petit fragment de neuf acides aminés issu de la protéine du même nom. Résultats? Sept patients bénéficièrent d'une réduction tumorale significative, qui s'avéra même complète chez trois d'entre eux - disparition totale des métastases. En outre, élément primordial: le traitement se révéla indolore et dépourvu de toxicité.

La paralysie des lymphocytes

Dans la foulée de ce résultat encourageant, d'autres programmes de vaccina-

tion thérapeutique, basés sur diverses techniques, furent entrepris dans différents types de cancer - les antigènes de la famille MAGE notamment, d'autres aussi, découverts par la suite, sont exprimés dans de nombreuses tumeurs. Malheureusement, les succès restèrent circonscrits à un faible pourcentage de patients. Et l'on sait aujourd'hui que des mécanismes de résistance permettent fréquemment aux tumeurs de prévenir une attaque de la part du système immunitaire.

Devant la disparité de la réponse des patients, quelques-uns jouissant de régressions tumorales impressionnantes, les autres pas, les chercheurs s'attelèrent à comprendre les phénomènes impliqués. Par exemple, l'augmentation du nombre de lymphocytes à la suite de l'injection vaccinale d'antigènes pouvait-elle être plus prononcée chez certains patients que chez d'autres ? Non, l'induction de lymphocytes était aussi bonne chez les sujets répondant au traitement que chez ceux qui n'y répondaient pas. Autre interrogation: les lymphocytes accédaient-ils plus efficacement à la tumeur chez les «répondeurs» que chez les autres. Non, une fois encore: dans tous les cas, les lymphocytes infiltraient la tumeur. «Finalement, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il y avait, au niveau de la tumeur même, des mécanismes qui se mettaient en place et menaient à la "paralysie" des lymphocytes», explique Benoît Van den Eynde, professeur d'immunologie à la Faculté de médecine de l'Université catholique de Louvain (UCL) et actuel directeur de la branche bruxelloise de l'Institut Ludwig.

L'élucidation de ces mécanismes de résistance et la définition de moyens pour les combattre devinrent dès lors une priorité pour les chercheurs, nous allons y venir. Ce qui n'a pas empêché la poursuite d'essais cliniques à travers le monde, même si le LICR, entre autres, a ralenti les siens, soucieux avant tout de démêler l'écheveau des causes de l'efficacité limitée des vaccinations. Néanmoins, eu égard à l'innocuité de ces dernières, les essais cliniques ont pu être réorientés, s'extraire de la seule sphère des patients pour qui il n'y a plus d'alternative thérapeutique.

C'est ainsi que deux essais cliniques de phase 3 conduits par la firme pharma-

ceutique *GlaxoSmithKine Biologicals* sont actuellement en cours au sein d'une population de plusieurs milliers de patients se trouvant dans ce que les spécialistes appellent la situation adjuvante - la tumeur a été complètement réséquée, il n'y a pas de métastases détectables mais le risque d'en développer est élevé. Ces travaux, qui reposent sur un vaccin thérapeutique anti-MAGE-3, portent sur le mélanome et sur le cancer du poumon non à petites cellules. Leurs résultats seront connus respectivement au milieu de 2012 et au début de 2013. «La vaccination est appliquée dans le but de retarder, voire d'empêcher l'apparition ultérieure de métastases», indique Benoît Van den Eynde. *On part du principe que les chances de succès de l'immunothérapie sont plus grandes que lorsqu'on s'attaque à un cancer métastatique, dans la mesure où, dans ce dernier cas, le système immunitaire est confronté à un plus grand nombre de cellules cancéreuses qui, par ailleurs, ont déjà mis en œuvre des mécanismes de résistance.»*

Comme le fœtus

Revenons donc à l'élucidation de ces mécanismes. Au début des années 2000, le professeur Van den Eynde avait été frappé par les travaux du *Medical College of Georgia*, aux États-Unis. Ils soulignaient en effet l'importance d'une enzyme baptisée indoleamine 2,3-dioxygénase (IDO1) pour la tolérance immunitaire du fœtus par la mère durant la grossesse, les antigènes HLA (1) hérités du père étant considérés comme étrangers par le système immunitaire de la mère. Cette enzyme, qui a pour propriété de dégrader très rapidement un acide aminé appelé tryptophane, est présente dans les cellules du placenta, certaines cellules immunitaires et les cellules exposées à une inflammation. L'étude américaine

avait mis en évidence, chez la souris, que l'expression d'IDO1 dans le placenta était indispensable à la tolérance immunitaire du fœtus par la mère et que l'administration d'un inhibiteur de l'enzyme (le 1-méthyl-tryptophane) provoquait un avortement d'origine immunitaire. «On sait à présent que les lymphocytes sont extrêmement sensibles au manque de tryptophane, commente le directeur de la branche bruxelloise du LICR. Or l'expression de IDO1 dans le placenta y rend très basse la concentration en tryptophane. De la sorte, les lymphocytes se trouvent dans l'incapacité d'agir contre le fœtus.»

Fort de ces données, Benoît Van den Eynde a alors imaginé le scénario suivant: les cellules cancéreuses ne pourraient-elles pas recourir à ce mécanisme très simple pour paralyser les lymphocytes ? Dès lors, l'idée fut de déterminer s'il y avait expression d'IDO1 dans les tumeurs humaines, du moins dans certaines d'entre elles, et si cela ne pouvait pas expliquer pourquoi elles n'étaient pas rejetées par le système immunitaire. En octobre 2003, les chercheurs bruxellois du LICR montrèrent dans un article publié dans *Nature Medicine* que l'enzyme était non seulement présente, mais également active dans des tumeurs humaines. Cette activité s'avérait même parfois plus importante que celle observée dans le placenta.

Les réponses n'étaient cependant pas homogènes. Ainsi, dans les carcinomes de la prostate, 11 échantillons sur 11

L'expression de l'enzyme IDO1 dans le placenta est indispensable à la tolérance immunitaire du fœtus par la mère.



contenaient des cellules exprimant IDO1. Dans 7 d'entre eux, cette expression était très forte (plus de 50% des cellules); dans 3 autres, moyenne (entre 10 et 50%) et dans 1, très faible (moins de 10%). Dans le cancer du poumon non à petites cellules, où 9 tumeurs sur 11 étaient «IDO1 positives», l'expression enzymatique était très faible dans 7 échantillons, moyenne dans un autre et très élevée dans le dernier. Autre exemple: dans le cancer du rein, la moitié des tumeurs exprimaient IDO1, mais la proportion de cellules impliquées était généralement basse. En revanche, dans le cancer du pancréas, tous les échantillons (10/10) étaient «IDO1 positifs» et une grande proportion des cellules étaient concernées (plus de 50% dans 8 cas, entre 10 et 50% dans les 2 autres).

Inhibiteurs de IDO1

Évidemment, encore fallait-il prouver que l'analogie entre les tumeurs et le placenta était valide. Autrement dit, le fait de produire IDO1 permettait-il bien à la cellule tumorale de résister au rejet immunitaire ? S'agissant d'expériences à mener *in vivo*, les chercheurs se focalisèrent sur la souris. Ils disposaient déjà d'un modèle de tumeur (un mastocytome) appelé P815, dont ils avaient identifié un antigène (P1A) contre lequel ils pouvaient vacciner l'animal. «Après immunisation, toutes les souris rejetaient la tumeur implantée, indique le professeur Van den Eynde. Dans la tumeur P815, les cellules cancéreuses n'expriment pas naturellement IDO1. Par le biais d'une

transfection, nous les avons amenées à le faire. Après avoir vérifié qu'elles dégradent bien le tryptophane, nous avons immunisé les souris contre l'antigène P1A. Dans ce cas, les tumeurs n'étaient pas rejetées.»

L'étape suivante ? Trouver une parade à cette résistance immunitaire. L'administration aux souris d'un inhibiteur de IDO1 - le 1-méthyl-tryptophane utilisé par les chercheurs américains dans leurs expériences sur la tolérance immunitaire du fœtus par la mère - devait logiquement permettre de nouveau le rejet de la tumeur. C'est en effet ce qui se produisit.

IDO1 étant fréquemment exprimée dans les tumeurs humaines, beaucoup d'efforts sont déployés pour développer des inhibiteurs de l'enzyme utiles en thérapie anticancéreuse humaine. L'Institut Ludwig et les Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix (FUNDP), à Namur, y collaborent dans le cadre des financements *BioWin* de la Région wallonne; d'autres laboratoires académiques et des sociétés pharmaceutiques se sont également engagés dans cette voie. De premières évaluations cliniques de phase 1 (toxicité) avec de tels inhibiteurs ont été initiées par les firmes pharmaceutiques américaines *Incyte* et *NewLink Genetics*. De résultats préliminaires non encore publiés, il ressort que la toxicité de ces produits est très faible. «Par ailleurs, des souris knock-out (2) (voir photo ci-dessous) chez qui le gène codant pour IDO1 a été inactivé se portent parfaitement bien, précise Benoît Van den Eynde. Comme l'enzyme n'est exprimée que dans certaines cellules, on s'attendait aussi à ce que son inhibition chez l'être

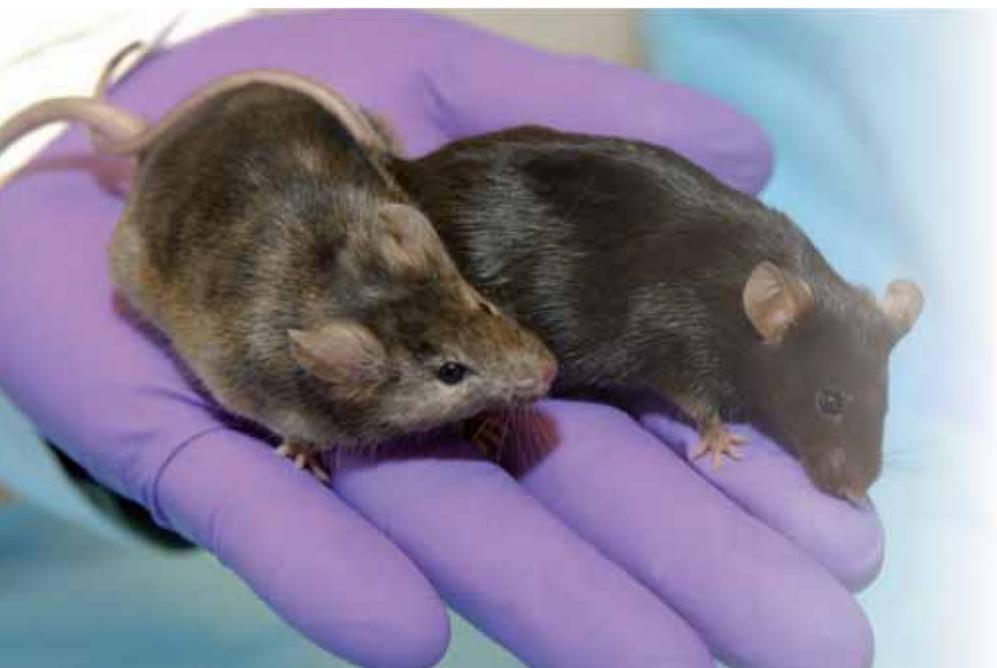
humain ne donne pas lieu à une toxicité majeure, si ce n'est chez la femme enceinte où elle pourrait provoquer un avortement d'origine immunitaire.»

L'heure de TDO2

IDO1 n'est pas présente dans toutes les tumeurs. Aussi notre interlocuteur a-t-il mis un autre fer au feu. S'intéressant aux cancers qui ne l'expriment pas, son équipe étudie les mécanismes de résistance qui pourraient y entraver le bon fonctionnement du système immunitaire et par là même, nuire à l'efficacité d'une vaccination thérapeutique. Dans le n° 254 d'*Athena* (3), nous avons décrit les travaux du professeur Pierre van der Bruggen sur la protéine galactine-3, qui contribue elle aussi, dans certains cancers, au phénomène dit d'anergie des lymphocytes. Il existe d'autres travaux. Ceux entrepris ces dernières années par l'équipe de Benoît Van den Eynde ont pour objectif de déterminer si, outre IDO1, d'autres enzymes à même de dégrader le tryptophane jouent un rôle dans la résistance des cellules cancéreuses à l'action du système immunitaire.

Il est connu depuis longtemps que, dans un contexte non pathologique, la tryptophane 2,3-dioxygénase (TDO2) est exprimée abondamment dans le foie et dans lui seul. Une manière pour ce dernier de «digérer» le tryptophane excédentaire issu de l'alimentation, de sorte que le taux sanguin de l'acide aminé reste constant. «Nous avons eu l'idée de regarder, au sein d'une vaste collection d'échantillons de tumeurs humaines, si TDO2 était exprimée, relate notre interlocuteur. C'était souvent le cas. Par exemple, 9 échantillons sur 22 exprimaient TDO2 dans le cancer de la vessie, 10 sur 20 dans le mélanome, 2 sur 7 dans le cancer colorectal ou encore 7 sur 7 dans le cancer du foie, ce qui est logique. Le foie est d'ailleurs un organe où les réponses immunitaires sont fortement atténuées et dont la greffe, particulièrement bien tolérée, ne réclame pratiquement pas de traitement immunosuppresseur.»

Les chercheurs du LICR ont également montré que TDO2 était active dans le milieu tumoral et, comme ils l'avaient fait précédemment pour IDO1, que des souris porteuses du modèle de tumeur





P815, qui n'exprime pas naturellement TDO2, rejetaient ladite tumeur après immunisation contre l'antigène P1A, mais qu'elles n'y parvenaient plus, malgré l'immunisation préalable, après injection de cellules tumorales exprimant TDO2.

La suite coulait de source: comment inhiber TDO2 ? Il y a une vingtaine d'années, une équipe anglaise avait décrit un inhibiteur que les scientifiques bruxellois firent synthétiser par des chimistes et pharmaciens des FUNDP. Malheureusement, ce composé s'avéra non biodisponible - il était éliminé directement après son administration -, donc inactif. Des modifications furent ensuite apportées à la molécule par les chercheurs namurois. Baptisé LM10, le composé actif ainsi développé permit de contourner l'écueil. *«Dans la foulée, nous avons clairement démontré que LM10 permettait de restaurer la capacité des souris de rejeter les tumeurs malgré la présence de TDO2 dans les cellules tumorales, souligne le professeur Van den Eynde. L'étape suivante consistera à transformer cet outil chimique en candidat médicament. Nous nous y attelons avec nos collègues de la branche de San Diego du LICR.»*

Cibles complémentaires

Une question brûle néanmoins les lèvres: TDO2 ayant un rôle physiologique au niveau du foie, peut-on l'inhiber sans

engendrer des problèmes majeurs de toxicité hépatique ? L'autopsie des souris traitées au moyen de LM10 n'a révélé aucune anomalie objective - ni hépatite ni cirrhose. Par ailleurs, d'autres équipes ont mis en évidence que des souris knock-out pour TDO2 se portent parfaitement bien malgré, chose attendue, des taux de tryptophane très élevés dans le sang. *«Elles semblent même de très bonne humeur, dit Benoît Van den Eynde. Rien d'étonnant: le tryptophane est un précurseur de la sérotonine, neurotransmetteur important dans la régulation de l'humeur. Les travaux de nos collègues anglais sur l'inhibition de TDO2 s'inscrivaient d'ailleurs dans le cadre du traitement de la dépression.»*

Les recherches de l'Institut Ludwig sur TDO2 ont fait l'objet d'une publication le 30 janvier 2012 sur le prestigieux site scientifique *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS - USA)*. Il apparaît en outre dans cet article que les chercheurs ont constaté, à travers l'étude de 104 lignées tumorales humaines de différents types, que 20 tumeurs exprimaient TDO2, 17 IDO1 et 16 les deux enzymes. Benoît Van den Eynde: *«IDO1 et TDO2 apparaissent donc comme des cibles complémentaires dans l'immunothérapie du cancer. Selon nos chiffres, elles pourraient servir de support à l'application de cette approche à 51% des tumeurs.»*

Les cancers opposant plusieurs mécanismes de résistance à l'action du système immunitaire, le directeur de la branche bruxelloise du LICR considère

Les chercheurs de l'Institut Ludwig ont montré que l'enzyme TDO2 était souvent exprimée au sein d'une vaste collection de tumeurs humaines.

que nous sommes plongés dans une sorte de jeu d'échecs. Il se veut plutôt optimiste. *«Aux échecs, l'adversaire a plusieurs lignes de défense, rappelle-t-il. Mais parfois, il suffit de réaliser une percée dans l'une d'elles pour remporter la partie. De surcroît, rien ne nous interdit ici de nous attaquer simultanément à plusieurs mécanismes de résistance.»* ■

(1) *Human Leucocyte Antigens.*

(2) Souris qui ont été génétiquement modifiées pour inactiver un ou plusieurs gènes dans les cellules souches embryonnaires dont elles sont issues.

(3) *La quête d'un vaccin thérapeutique, Athena n° 254 (octobre 2009), pp. 72-75.*

La mer du Nord

sous haute surveillance

La connaissance de la dynamique de ses masses d'eaux revêt un intérêt tout particulier pour l'évaluation de l'ampleur des conséquences en cas d'une pollution accidentelle et est tout à fait essentielle.

C'est une des préoccupations majeures de l'«Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la mer du Nord»

38

Texte : **Paul Devuyst**

Photos : **UGMM** (pp.38-39), **EPA** (p.40),
H. HILLEWAERT (p.40)

La mer du Nord est une mer aux trois quart fermée qui baigne les côtes des principaux pays industrialisés d'Europe et constitue un véritable exutoire pour toutes sortes d'effluents industriels et agricoles en provenance des grands fleuves et installations côtières. Concernée par le tiers du commerce maritime mondial, elle représente une ressource essentielle puisqu'elle abrite d'importants gisements de gaz et de pétrole *off-shore* avec une centaine de plates-formes en exploitation et que les activités de pêche et d'aquaculture y sont particulièrement développées. Sans

parler de l'attrait touristique qu'elle représente.

Onzième province belge

La mer du Nord est circonscrite par la Norvège, le Danemark, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Belgique, la France et la Grande-Bretagne. D'une superficie de 746 000 km² (estuaires et fjords compris), elle représente moins de 1/500^e des eaux de la planète. Sa profondeur moyenne varie de 150 à 500 m dans la

zone septentrionale, de 25 à 30 m dans la zone méridionale, mais elle est cependant de 700 m au large de la Norvège. Son volume d'eau est de 94 000 km³ et la durée moyenne de dégorgeement est de 500 jours.

Elle est l'une des mers les plus agitées qui soient: les tempêtes y atteignent rarement la force des ouragans (comme ce fut le cas fin janvier/début février 1953; un événement qui n'apparaît statistiquement que tous les 250 ans) mais sont néanmoins fréquentes et de longue durée, surtout d'octobre à avril, avec des coups de vent de 150 km/h et des vagues dépassant souvent 15 m de haut.

Baptisé en 1984, le navire océanographique *Belgica* bat pavillon de la Marine belge. Jaugeant 1 200 tonnes, son équipage est de 15 marins de la Force Navale.

La longueur du littoral belge est de 66 km mais la zone à protéger est bien plus grande, puisqu'au-delà de la «mer territoriale» (de 12 milles marins de largeur), il faut encore ajouter une «zone économique exclusive» d'une soixantaine de kilomètres de large. Plusieurs droits ont été concédés à la Belgique dans cette zone économique telles que l'exploration et l'exploitation (gravier, éoliennes), la gestion et conservation des ressources naturelles, etc.

Les voies maritimes tracées en mer du Nord sont parmi les plus fréquentées du monde puisque outre les navires approchant l'Escaut et les ports d'Anvers, d'Ostende et de Zeebrugge, s'y croisent le trafic maritime montant et descendant de Rotterdam et de la Baltique. C'est ainsi que chaque année, environ 150 000 navires passent au large de notre côte; trafic qui constitue une menace car, moins spectaculaires qu'un échouement ou une collision de navires, les vidanges en mer n'en sont pas moins sources d'importantes pollutions.

L'UGMM

Une compréhension scientifique et un contrôle rationnel et sévère de l'environnement étaient donc nécessaires: après des siècles d'exploitation venait enfin une saine gestion.

Ces objectifs ne pouvaient être atteints sans une reconversion des méthodes traditionnelles: l'approche descriptive des naturalistes devait faire place à la rigueur de l'analyse de systèmes tels que la mer, les fleuves ou les rivières décrits d'un point de vue physique, chimique et biologique par des variables d'état (en nombre tel qu'elles soient significatives à l'analyse) et gouvernés par un système complet d'équations d'évolution et assujettis à des conditions aux limites bien définies et continuellement relevées. C'est ce que les scientifiques appellent «un modèle mathématique» et qui peut se définir comme étant une traduction de la réalité pour pouvoir lui appliquer les outils, les techniques et les théories mathématiques, puis généralement, en sens inverse, la traduction des résultats mathématiques obtenus en prédictions ou opérations dans le monde réel.

Cette mission fut confiée, il y a une quarantaine d'années, à un département de l'*Institut royal des sciences naturelles de Belgique* (établissement de la Politique scientifique fédérale), l'*Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la mer du Nord (UGMM)*.

Le cas de la mer du Nord

«Le modèle mathématique de la mer du Nord utilisé par l'Unité de gestion peut être subdivisé en un ensemble de sous-modèles connectés les uns aux autres mais pouvant également être utilisés séparément en fonction des décisions à prendre», explique Valérie Dulière, docteur en Sciences.

Ainsi, l'on peut séparer les variables mécaniques - telles que la vitesse des courants, la vitesse du vent ou la hauteur de la colonne d'eau - des variables chimiques et biologiques. Pour les premières, les modèles hydrodynamiques non stationnaires permettent de simuler la circulation des marées. Si l'on ajoute l'effet de cisaillement du vent à l'interface air-mer, on peut représenter la circulation instantanée réelle. D'autre part, les modèles hydrodynamiques stationnaires, c'est-à-dire intégrés sur un temps suffisamment long pour annuler les effets transitoires des marées et du vent, fournissent une image de la circulation résiduelle responsable du transport à long terme des substances à travers la mer du Nord.

Ayant une bonne connaissance du champ de vitesse instantanée et résiduelle, on peut développer des modèles de dispersion à court et à long terme des variables chimiques et biologiques. De plus, l'analyse attentive de la circulation résiduelle permet d'identifier des zones (appelées «boîtes») dans lesquelles ces variables peuvent être considérées comme homogènes et où l'on peut développer des modèles décrivant l'évolution des nutriments dissous, du phytoplancton, du zooplancton, du stock de poissons, de la matière organique dissoute et particulaire dans la colonne d'eau et les sédiments.

«Le cas le plus important de marée noire que nous ayons connu est celle provoquée par le Tricolor, un navire norvégien transporteur de véhicules de 50 000 tonnes qui,

Bio express



Nom : DULIÈRE

Prénom : Valérie

État civil : mariée, 2 enfants

Formation:

Maîtrise en sciences physiques à l'Université catholique de Louvain (2002); docteur en sciences à l'UCL (2007)

Adresse:

Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la mer du Nord (UGMM), Gulledelle 100, à 1200 Bruxelles

Tél.: 02/773.21.07; fax : 02/770.69.72

E-mail: V.Duliere@mumm.ac.be

Actuellement, environ vingt cas de dégazage sont constatés par an dans la partie belge de la mer du Nord, soit une baisse de 50% en vingt ans. Seulement 5% des cas seront poursuivis en justice.



Le naufrage du Tricolor en 2002 fut l'une des plus grandes catastrophes écologiques, avec plus de 500 tonnes de fioul déversé et des milliers d'oiseaux et d'animaux mazoutés.

suite à un abordage, coula sur un haut fond du Pas-de-Calais le 14 décembre 2002. Le navire se coucha sur le flanc par 30 m de fond, une partie de la coque émergeant par marée basse. La nuit suivante, l'épave fut heurtée par un cargo allemand et le 1^{er} janvier 2003, un pétrolier turc, le Vicky, le heurta à son tour. La plupart du gazole des réservoirs du navire fut pompé peu de temps après le naufrage, mais durant ce dernier, environ 540 tonnes s'échappèrent et se répandirent dans la mer. Plus de 20 000 oiseaux, en pleine période d'hibernation, furent mazoutés», explique la scientifique.

«Depuis cet accident, nous avons développé une interface web disponible 24 h/24, 7 j/7 et accessible à toutes les équipes d'intervention. Ils introduisent l'endroit et le moment où une nappe de fioul a été observée et en moins d'une minute, ils disposent des prévisions. Évidemment, ils demandent de plus en plus de précisions sur les zones menacées, sur l'évolution de la nappe, etc. afin de prendre les dispositions qui s'imposent et limiter les effets négatifs de la catastrophe, comme par exemple sur l'utilisation d'agents chimiques. Pour répondre à toutes ces questions, nous développons depuis deux ans un modèle mathématique 3D, c'est-à-dire qui prévoit le comportement de la nappe en surface mais aussi dans la colonne d'eau. Ce nouvel outil devrait être terminé pour la fin de cette année», précise encore le docteur Dulière.

En pratique, les équipes d'intervention n'ont aucune idée de ce qu'est un modèle mathématique, mais souhaitent disposer à tout moment des informations les plus récentes possibles, généralement présentées sous forme de cartes. Et comme le modèle mathématique est constamment alimenté par les prévisions météorologiques disponibles (en provenance de Grande-Bretagne) et les derniers relevés sur les courants marins,

Le Belgica embarque chaque lundi jusqu'à 16 scientifiques (UGMM, universités, chercheurs) pendant cinq jours pour sillonner les eaux de la mer du Nord. Son remplacement a été envisagé.



les vagues, l'état de la mer, on peut dire que le modèle mathématique de la mer du Nord est «toujours prêt».

Impact d'une marée noire

«Contrairement à ce que l'on s'imagine généralement, une nappe de fioul ne reste pas forcément telle quelle en surface. Si l'on dépose une goutte d'huile sur la surface, elle va d'abord s'étaler comme une petite crêpe. Une petite partie de celle-ci va pouvoir s'évaporer. Une autre peut se fractionner en petites gouttelettes sous l'action des vagues et se mélanger avec l'eau de mer. Les hydrocarbures dans la colonne d'eau se déplacent principalement sous l'action des courants alors qu'en surface, le vent joue également un rôle important», poursuit la scientifique.

Les animaux, que ce soient des poissons, des oiseaux ou du plancton, qui traversent la nappe vont se trouver affectés par le fioul: si les mammifères et les poissons adultes peuvent généralement contourner une nappe, ce n'est pas le cas du plancton, des larves

ou même des poissons juvéniles qui, au contraire, s'engluent et meurent. En ce qui concerne les oiseaux, même de petites quantités de pétrole les irritent et réduisent l'imperméabilité de leurs plumes, ce qui les fait mourir de froid.

Lorsqu'une marée noire a pour origine une fuite sur une plate-forme de forage, on connaît la composition du fioul extrait, ce qui facilite l'intervention avec des produits chimiques. De plus, les particules qui se déposent dans les environs immédiats de la plate-forme sont plus facilement «digérées» par les bactéries présentes dans le sol que s'il s'agit d'un fioul étranger.

Quant à l'impact d'une marée noire sur la côte, il est bien connu: odeur désagréable et salissures sont les séquelles «normales» d'une telle catastrophe.

Moyens et applications

«L'UGMM compte une soixantaine de personnes et dispose, pour ses travaux de recherche en mer, du navire océanographique Belgica (ci-contre) qui opère depuis le port de Zeebrugge et d'un avion léger basé à Deurne (Anvers) qui permet de surveiller le déplacement des navires de jour comme de nuit», explique Sigrid Maebe, chargée de la communication à l'UGMM.

En 2011, l'UGMM a consacré 155:35 heures de vol à son programme de surveillance aérienne en mer du Nord dans le cadre de la Garde Côtière parmi lesquelles 110:50 heures de vol ont spécifiquement



ment été dédiées au contrôle de pollution en mer et le long de la côte belge.

Lors de ces missions, 25 pollutions ont été observées en mer. Celles-ci peuvent être réparties comme suit:

- 11 pollutions opérationnelles par hydrocarbures;
- 2 pollutions accidentelles par hydrocarbures suite à un incident impliquant un navire de pêche (Z700);
- 1 rejet probablement illicite de nature chimique;
- 8 nappes non identifiées dont 2 ont uniquement été détectées au radar dans de mauvaises conditions de visibilité, et 6 de nature inconnue mais probablement d'origine chimique ou végétale;
- 3 rejets licites dont deux concernent de l'huile végétale et 1 de l'huile de poisson.

Le lien entre une pollution illicite et un navire pollueur présumé a été établi dans deux cas. Le premier cas concernait un rejet de nature chimique, probablement illicite, dans les eaux britanniques par un pétrolier maltais. Les éléments de ce constat ont été immédiatement transmis aux autorités britanniques pour suite utile. Le deuxième cas concernait une pollution par hydrocarbures déversée par un navire de pêche belge dans les eaux belges. Pour celui-ci, l'UGMM a dressé un procès verbal qui a été transmis au Parquet compétent.

Enfin, lors des transits et des procédures de décollage et atterrissage, 7 pollutions opérationnelles par hydrocarbures ont été observées dans le port d'Anvers. Ces informations ont été aussitôt communiquées à la Police maritime.

Le champ des applications est largement en deçà du domaine des possibilités ouvertes par la modélisation mathématique et l'expérience de l'UGMM. Il s'enrichit sans cesse et touche aujourd'hui de nombreuses activités.

Parmi celles-ci, relevons :

- ⚓ La prévision des marées exceptionnelles et tempêtes, une information qui doit permettre aux responsables de déclencher des mécanismes d'alerte en cas de surélévation dangereuse de la mer;
- ⚓ La simulation dans le temps et dans l'espace de déversements de

La facture de grandes marées noires

- ✦ *Amoco Cadiz* (*Amoco/Standard Oil*) le 16 mars 1978: 227 000 tonnes, sur les côtes bretonnes, 1,25 milliard de francs français sur 2,5 réclamés;
- ✦ *Exxon Valdez* (*Exxon*) le 24 mars 1989: 38 500 tonnes sur les côtes de l'Alaska, 3,4 milliards de dollars pour les dommages et 500 millions de dommages «punitifs»;
- ✦ *Erica* (*Total*) le 12 décembre 1999: 20 000 tonnes sur les côtes bretonnes, 200 millions d'euros pour le nettoyage et 170 millions d'euros de dédommagement;
- ✦ *Prestige* (*Universe Maritime Ltd*) le 13 novembre 2002 sur les côtes françaises, espagnoles et portugaises: 1,05 milliard d'euros d'indemnisation;
- ✦ *Deepwater Horizon* (plate-forme de *BP* dans le golfe du Mexique) le 20 avril 2010, sur les côtes américaines (Louisiane, Floride, Alabama, Mississippi): la facture pourrait s'élever à une vingtaine de milliards de dollars.



déchets industriels compte tenu des courants, des vents et des interactions chimiques et biologiques;

⚓ Évidemment, prévoir la dérive des nappes d'hydrocarbures dans l'espace et dans le temps. Ceci permet d'optimiser la stratégie de lutte contre les pollutions accidentelles;

⚓ L'exploitation des sables et graviers marins: tant l'aspect écologique dû à l'élimination de la couche biologique du sédiment marin que l'impact physique dû à la modification de la distribution des énergies d'érosion au voisinage du fond marin;

⚓ L'impact des rejets des centrales nucléaires de Doel et La Hague (France) sur les eaux de la mer du Nord.

L'ensemble des recherches évoquées relève de plusieurs disciplines

et débouche sur la mise au point de modèles d'étude et de prévision. Ces modèles, il convient de le rappeler, sont indispensables à ceux qui ont la charge de prendre des décisions en matière de lutte contre les pollutions et de développement de la zone côtière. Ceci demande l'intégration d'informations scientifiques, socio-économique et politiques, le rôle des scientifiques étant d'aider à lever toutes les incertitudes par des efforts de recherche adaptés aux besoins. ■



Pour en savoir plus sur la mer du Nord:

<http://qsr2010.ospar.org/en/index.html>
et <http://www.mumm.ac.be/datacenter>

Une horloge atomique liégeoise

L'Europe voudrait devenir totalement autonome dans le secteur des horloges atomiques à haute performance du type «Maser à hydrogène», notamment pour répondre aux besoins de son système de géolocalisation Galileo. L'Université de Liège et la société Gillam-FEi ont relevé ce défi dans le cadre du «Plan Marshall»

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

Photos: **ULg** (p.43)

42

«**I**n fine, qu'est-ce qu'une horloge ?, s'interroge le professeur Thierry Bastin, directeur du service de spectroscopie atomique et physique des atomes froids de l'Université de Liège. Un système qui, au cours du temps, va osciller de façon régulière. Peu importe ce qui oscille, mais on veut que cela soit le plus régulier possible. Une horloge est dite atomique parce que son principe de fonctionnement se base sur les propriétés individuelles des atomes. Une horloge à balancier est basée sur les propriétés du balancier mais pas sur les propriétés individuelles des atomes qui composent le balancier. Par contre, dans une horloge atomique, on exploite les propriétés des atomes individuellement, même si, bien sûr, on va utiliser de nombreux atomes.»

⇒ **Comment fonctionnent ces horloges ?**

Ce sont en fait des systèmes à quartz améliorés. Elles comportent en effet un quartz... mais qui est en quelque sorte placé sous surveillance ! La compression d'un quartz engendre en effet à sa surface l'apparition de charges électriques oscillantes; c'est ainsi qu'on obtient un oscillateur (une horloge) électrique à une fréquence très stable... si les dimensions

du quartz ne se modifient pas. Comme ce pourrait être le cas, par exemple, sous l'effet de variations de température; ce qui sera cependant sans importance pour la plupart des applications.

Une seconde sur 30 millions d'années !

Mais on sait que sur le long terme, un quartz subira des modifications qui ne seront pas détectées. L'horloge va donc dériver sans que l'utilisateur s'en rende compte. Et pour certaines applications, notamment en recherche fondamentale ou dans les télécommunications à haut débit, de tels écarts sont intolérables. Les horloges atomiques vont permettre de - presque - supprimer ce défaut puisqu'elles détectent en temps réel les moindres variations de la fréquence du quartz: on peut donc «recadrer» celle-ci et la maintenir constamment à la valeur voulue.

⇒ **Comment les atomes peuvent-ils jouer ce rôle ?**

On sait qu'ils peuvent émettre ou absorber des rayonnements électromagnétiques. Mais seules certaines fréquences du rayonnement seront absorbées (ou

émises) par les atomes. Et bien entendu, chaque type d'atome émet (absorbe) dans des fréquences qui lui sont propres: un atome d'hydrogène et un atome de césium ne se comportent pas de la même manière à cet égard. Lorsque les atomes émettent (ou absorbent) un rayonnement, ils changent d'état (ils sont par exemple portés à un état excité) et il est possible de connaître à tout instant la probabilité qu'un atome se trouve dans tel ou tel état. Si la fréquence du rayonnement qui provoque ce changement d'état varie quelque peu, la probabilité de voir l'atome changer d'état diminue. Si on soumet non plus un atome mais un jet d'atomes à un rayonnement à une fréquence précise, on peut donc compter en temps réel combien d'atomes changent d'état. Le nombre est maximum pour la fréquence idoine; dès qu'on s'écarte un peu de celle-ci, le nombre d'atomes changeant d'état diminue. On a donc ainsi un moyen de réajuster constamment une fréquence, une oscillation... en l'occurrence celle du quartz qui fait partie de l'horloge atomique. «Comme les atomes sont très sensibles à la fréquence du rayonnement auquel on les soumet, précise Thierry Bastin, on peut dire qu'ils sont capables de mesurer cette fréquence avec une précision extraordinaire. Dès qu'une infime variation est détectée, le système

d'asservissement corrige la fréquence d'oscillation du quartz. On a donc un système oscillant - une horloge - d'une régularité phénoménale !».

Les horloges atomiques surpassent donc tous les autres systèmes d'oscillation par leur précision et leur stabilité. Une stabilité typique d'une horloge atomique est 10^{-15} sec par sec: sur une seconde, on s'attend à une fluctuation de temps d'au maximum un millionième de milliardième de seconde. Sur une journée, cela veut dire qu'elle aura une fluctuation maximale de 10^{-10} sec, soit un dixième de milliardième de seconde. Autrement dit, il faut attendre 30 millions d'années pour observer une dérive d'une seconde entre deux horloges... Et ces limites ne cessent de reculer: on atteint aujourd'hui 10^{-18} sec par sec !

L'horloge liégeoise

«En principe, tous les atomes peuvent être utilisés dans des horloges atomiques, précise Thierry Bastin, mais lorsqu'on a commencé à en construire, on a sélectionné des atomes (césium, rubidium et hydrogène) qui émettent dans une gamme de fréquences qu'on maîtrisait bien, à savoir les micro-ondes.» Si les atomes de césium ont été les premiers à être utilisés et restent sans doute les plus fréquents, les horloges à hydrogène (dites MASER à hydrogène pour *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), apparues au début des années 1960, offrent une plus grande stabilité. C'est à cette catégorie qu'appartient l'horloge mise au point à l'Université de Liège.

La première étape consiste à sélectionner des atomes d'hydrogène dans leur état d'émetteur. Cela fait, on envoie un jet de ces atomes vers une cavité appelée cavité de résonance. Ils y sont soumis à une onde électromagnétique de fréquence adéquate. Excités, les atomes

émettent un signal qui sera capté par un détecteur. Mais un atome est vite perturbé par un champ magnétique. Il faut donc éliminer tous les effets dus à des champs résiduels (le champ magnétique terrestre par exemple), ce qui nécessite d'entourer le système d'un blindage magnétique. Pour que les atomes d'hydrogène soient seuls dans la cavité, il faut y créer le vide, d'où la présence de pompes à vide. Comme la cavité ne peut emmagasiner qu'une onde à une fréquence particulière, sa grandeur dépend de la longueur de l'onde qui excite les atomes, donc du choix de ceux-ci. Pour l'hydrogène, il faut une cavité d'une vingtaine de centimètres de diamètre. Une taille qui ne pourra absolument pas varier, notamment sous l'effet de la température, sinon cela influencera la fréquence et perturbera le système. Il faut donc stabiliser l'ensemble au dix-millième de degré ! Sans compter, en amont, un système qui dissocie les molécules H_2 du gaz d'hydrogène en atomes H et en aval, toute l'électronique de détection des signaux. Bref, on l'aura compris: un MASER à hydrogène est un système relativement volumineux et lourd. Ce qui accroît d'autant la taille et le poids (donc le coût de lancement !) des satellites lorsqu'il faut les envoyer dans l'espace.

Miniaturiser

L'idée de Thierry Bastin et de Daniel Léonard, administrateur délégué de *Gillam-FEI*, est donc de miniaturiser une telle horloge. Il existe déjà des horloges

à hydrogène de tailles assez réduites mais leurs performances sont moindres. Le pari liégeois est de miniaturiser le système sans en diminuer la performance. «Nous avons introduit un projet dans le cadre du Plan Marshall en 2008, explique Thierry Bastin. L'objectif final est de réaliser un prototype à embarquer sur satellite. Mais nous démarrons de zéro, et nous avons donc choisi de commencer par construire une horloge atomique traditionnelle. C'est ce que nous avons fait et l'horloge fonctionne aujourd'hui à notre entière satisfaction. L'étape suivante est celle de la miniaturisation. Et là, nous n'en sommes qu'au début...». Car si le principe de base du MASER est connu depuis des décennies, la réalisation pratique est truffée de mille astuces. Et la miniaturisation se heurte à un problème de taille: la grandeur de la cavité n'est pas neutre mais est liée aux longueurs d'onde utilisées. Comment dès lors réduire cette cavité sans, en quelque sorte, que le système ne s'en aperçoive ? Un travail qui reste encore empirique à certains égards lorsqu'il s'agit d'optimiser les composantes. ■



Pour en savoir plus:

Vidéo ULg.TV:

<http://www.ulg.ac.be/webtv/maser>

Voici à quoi ressemble l'horloge atomique réalisée par Gillam-FEI et l'université de Liège dans le cadre du «Plan Marshall»



À la Une du Cosmos

Informations recueillies par **Nathalie BODART** • nathalie.bodart@spw.wallonie.be



Cette nébuleuse est aussi appelée Boucle du Cygne alias SNR G074,0-08,6 car il s'agit des rémanents de l'explosion d'une supernova survenue il y a au moins 5 000 à 8 000 ans.

L'explosion avait dû alors être visible à l'œil nu de la Terre car l'étoile morte se situait à 1 500 années lumière de nous dans la constellation du Cygne. Leur ampleur est importante puisqu'ils s'étendent sur l'équivalent de trois pleines lunes sur le ciel de nuit.

Les filaments de gaz et de poussières interstellaires, visibles ici dans l'ultraviolet par le télescope spatial GALEX de la NASA, ont été chauffés par l'onde de choc de la supernova qui continue de se propager vers l'extérieur de l'explosion initiale.

Photo: NASA, JPL-Caltech



44



Depuis la Terre, nous voyons la galaxie NGC2683 par la tranche. Elle est située à 16 millions d'années-lumière, dans la constellation du Lynx. Sa silhouette de soucoupe volante a inspiré les astronomes de l'Astronaut Memorial Planetarium Observatory, qui l'ont surnommée «la galaxie Ovní».

Cette configuration de profil permet d'observer les volutes poussiéreuses de ses bras spiraux, éclairées par l'intense lumière dorée du bulbe galactique. De plus, les amas d'étoiles jeunes et massives (donc très bleues) se révèlent, disséminés dans le disque. Ces taches bleutées permettent d'établir une cartographie des zones de formation stellaire.

Photo: ESA/Hubble & NASA

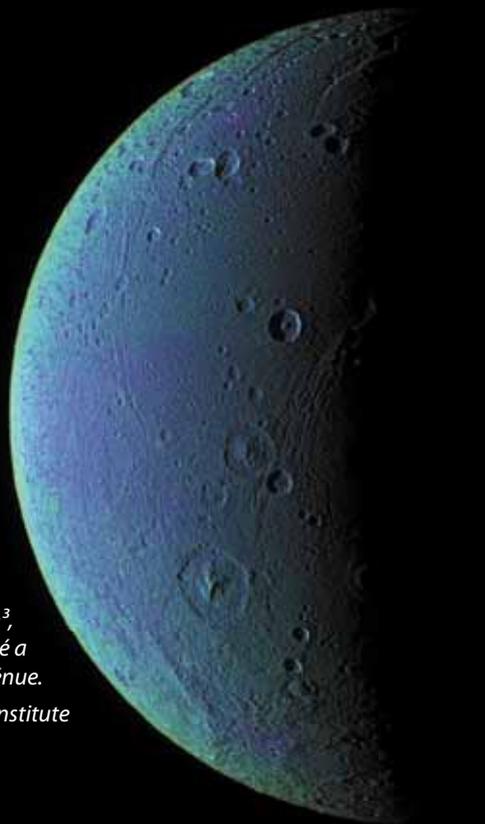
Texte: E. Martin (<http://www.cieletespace.fr>)



La sonde spatiale Cassini a, pour la première fois, «flairé» des ions d'oxygène moléculaire autour de la lune de Saturne Dioné, confirmant la présence d'une très fine atmosphère.

La rareté de ces ions (un pour 11 cm³, soit environ 90 000 par m³) montre que Dioné a une atmosphère neutre extrêmement ténue.

Photo: NASA/JPL/Space Science Institute



→ Une ancienne collision pourrait expliquer des champs magnétiques bizarres de la Lune. Une météorite qui a frappé la Lune il y a longtemps et créé le plus gros cratère d'impact du système solaire pourrait être à l'origine des champs magnétiques étonnamment forts qui émanent de la croûte lunaire selon des chercheurs. Ces anomalies magnétiques lunaires ont d'abord été découvertes dans les années 1960 par les missions Apollo mais les scientifiques ont eu du mal à les expliquer car les roches lunaires ne contiennent pas en général beaucoup d'ions métalliques, ce qui en fait de pauvres supports de signatures magnétiques.

Photo: NASA



De nouvelles observations effectuées avec le très grand télescope (VLT) de l'ESO apportent une contribution majeure à la compréhension de la croissance des jeunes galaxies. Suite à une étude approfondie, il est en effet apparu aux astronomes que les galaxies avaient changé leurs habitudes alimentaires au cours de leur adolescence. Au tout début de cette phase, de lents flux de gaz constituaient leur repas préféré, mais, plus tard, les galaxies grandirent principalement en cannibalisant d'autres galaxies, de plus petite taille.

Cette vue profonde d'un petit pan de ciel dans la constellation de la Baleine montre, sous la forme de croix rouges, quelques-unes des galaxies observées dans le cadre de l'étude des comportements alimentaires des jeunes galaxies, alors en pleine croissance au rythme du temps cosmique. Chacune des taches minuscules correspond à une galaxie telle qu'elle était entre 3 et 5 milliards d'années après le Big Bang.

Photo: ESO/CFHT

↘ Un nouveau résultat obtenu par l'instrument «chasseur de planètes» HARPS de l'ESO montre que les planètes un peu plus grosses que la Terre sont très communes dans la zone habitable autour d'étoiles rouges de faible luminosité. L'équipe internationale qui a conduit cette recherche estime qu'il y a des dizaines de milliards de planètes de ce type, rien que dans Voie Lactée et probablement une centaine dans le voisinage immédiat du Soleil. Il s'agit là de la première mesure directe de la fréquence des super-Terres autour des naines rouges, qui représentent 80% des étoiles de la Voie Lactée.

Cette vue d'artiste représente un coucher de Soleil vu depuis la super-Terre Gliese 667C. L'étoile la plus lumineuse dans le ciel est la naine rouge Gliese 667 C, qui fait partie d'un système d'étoiles triple. Les deux autres étoiles plus distantes, Gliese 667 A et B apparaissent également à droite dans le ciel. Les astronomes ont estimé qu'il y avait des dizaines de milliards de mondes rocheux tels que celui-ci en orbite autour de naines rouges peu brillantes, rien que dans la Voie Lactée.

Photo: ESO/L. Calçada





Texte: Théo PIRARD

Photo: ESA

Quel espace allons-nous laisser à nos enfants ? Tous les 5 jours, une fusée à plusieurs étages place un ou plusieurs satellites autour de la Terre... À chaque lancement, le dernier étage devient un débris orbital. On assiste à une hausse du nombre de pays qui ont accès à la dimension spatiale avec leurs satellites. Et quand l'un d'eux devient incontrôlable, il constitue une gêne pour les autres. Dès lors, que faire pour empêcher la pollution d'un environnement où évoluent des vaisseaux habités, des observatoires scientifiques, des satellites indispensables au fonctionnement de la société (télécommunications, télévision, navigation, météorologie, observations...) ? Le développement durable de l'environnement spatial était au cœur des présentations et débats du 16^e Symposium international annuel de l'Isu (International Space University), qui s'est tenu du 21 au 23 février à Strasbourg. La société Astrium, qui réalise et lance des satellites, y a fait le point sur les risques de la pollution spatiale et proposé la mise en œuvre de solutions. Un spécialiste de l'innovation et des concepts avancés chez Astrium nous éclaire sur l'urgence des mesures à prendre

Les États sont responsables des activités dans l'espace. Que leur proposez-vous pour résoudre ce problème des débris orbitaux ?

C'est en effet un phénomène qu'il est urgent de maîtriser. Dans l'approche technologique, on distingue quatre modes d'action:

❶ **la prévention** qui consiste à tout mettre en œuvre pour que l'espace reste propre. C'est vrai pour les satellites et pour les étages de fusées. Elle passe par l'obligation pour un opérateur, s'il veut obtenir sa licence, de démontrer sa capacité de débarrasser l'orbite, une fois terminée la mission du satellite ou du lanceur. Il faut pouvoir provoquer sa rentrée dans l'atmosphère ou l'expédier sur une orbite «parking» ou «cimetière». Ce n'est pas encore une obligation internationale au sens d'un Traité, mais cela va le devenir par le fait que plus de pays adoptent des règles qui exigent qu'un satellite ou un étage soit conçu et équipé pour être mis hors d'état de nuire à la fin de sa durée de vie.

❷ **la manœuvre d'évitement du débris**, décidée à la suite d'un message d'alerte émis par l'US Air Force. La prédiction d'une probabilité de collision doit être faite de façon précise. Et l'Europe a un rôle à jouer dans cette surveillance du trafic spatial. À présent, on recense plus de 16 000 objets d'au moins 10 cm - les 2/3 sont des débris de satellites - qui sont suivis par des télescopes et des radars

au sol. Les grands opérateurs que sont Intelsat, Ses, Eutelsat et Inmarsat organisent ensemble la Sda (Satellite Data Association) pour l'échange d'informations sur ce qui peut affecter le comportement des satellites en orbite géostationnaire.

❸ **la survie du satellite** en cas de collision avec de très petits débris, de l'ordre du centimètre. Indétectables et imprévisibles, ils peuvent endommager des systèmes d'un engin spatial. Ce qui suppose le développement de structures de protection et l'utilisation d'équipements redondants à bord des satellites.

❹ **la mise à l'écart définitive** du gros débris à haut risque. S'il devait entrer en collision avec un satellite ou une épave sur orbite, il provoquerait une importante pollution spatiale.

Peut-on raisonnablement envisager cette dernière piste qui passe par une opération acrobatique autour de la Terre ?

Ce qu'on redoute le plus est une nouvelle collision entre satellites, comme celle survenue le 10 février 2009 entre l'Iridium-33 américain et le Cosmos-2251 russe. Avec la maîtrise qu'on a des manœuvres de rendez-vous dans l'espace, il est techniquement possible d'agir sur l'orbite d'une épave. Une telle opération, qui reste à démontrer, doit empêcher le syndrome de Kessler, que la Nasa a imaginé dès 1978: c'est l'emballement de collisions, une réaction en chaîne dont le

résultat dramatique est de produire des milliers de petits débris. Or, les experts de la Nasa prédisent pareil accident tous les cinq ans ! La réduction du risque passe par l'enlèvement de débris avec la solution Adr (Active Debris Removal) dont les techniques sont étudiées chez Astrium.

L'Europe a-t-elle son propre projet d'opération Adr ?

Une proposition est en préparation pour le Conseil de l'Esa qui se tiendra en novembre prochain. Une mission probatoire pourrait avoir lieu vers 2020 pour résoudre la fin de vie de l'observatoire européen Envisat (plus de 8 t). L'objectif pour 200 à 300 millions d'euros, lancement compris, est de disposer d'un système Adr qui traiterait 10 à 15 débris par mission. Avec un coût n'excédant pas 20 millions pour chaque débris. ■



Prolifération des «navsats»

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

Photos: **OHB System (p.47), ESA (p.48)**

Galileo ne sera pas le seul système de navigation spatiale pour se positionner sur l'ensemble du globe. Ce premier programme-phare de l'Union européenne dans l'espace concerne le Gns (Global Navigation Satellite System) européen avec une constellation qui doit comprendre 30 satellites (dont 3 de rechange) sur 3 plans d'orbites moyennes à quelque 23 222 km d'altitude. Il lui faut trouver sa place aux côtés du Gps (Global Positioning System) américain, du Glonass (Global Navigation Satellite System) russe, et du Bns (Beidou Navigation System), alias Compass, de la Chine. À la différence de ses trois concurrents sous le contrôle d'instances militaires, Galileo est un système d'initiative civile. Réalisé par l'Esa (European Space Agency), c'est la propriété de la Commission européenne qui a délégué la gestion de ses services à la Gsa (European Gns Agency)

La 10^e édition du *Munich Satellite Navigation Summit*, qui s'est déroulée du 13 au 15 mars dans la capitale bavaroise, confirme l'intérêt en hausse et la montée en puissance des systèmes de navigation par satellites dans le monde. Les grands États y voient un outil, tant stratégique qu'économique, de sécurité et de développement. Au même titre que l'énergie électrique qui prit son essor lors de la révolution industrielle du 19^e siècle, la communication numérique via Internet ainsi que la géolocalisation au moyen d'horloges atomiques à bord des «navsats» deviennent des ressources indispensables à

la société de ce siècle. L'avenir est aux applications intégrées qui tirent parti de la synergie avec les images de télédétection spatiale pour la gestion des activités à l'échelle globale.

À l'horizon 2020, on dénombre au-dessus de nos têtes, quelque 120 satellites fournissant des références de temps précis pour nous positionner partout et en toute circonstance. Quatre systèmes de constellations auront à cohabiter pour être au service de tous à l'échelle globale:

- Le *Gps* américain, alias *Navstar*, est le mieux connu et le plus avancé car il fonctionne sans discontinuer depuis décembre 1993. Il compte 34 satel-

lites sur orbite, dont 31 en service. Il y en a 18 autres, ayant des performances accrues, à lancer dans les cinq années à venir.

- Le *Glonass* russe est déclaré pleinement opérationnel depuis le 8 décembre, même s'il présente encore quelques anomalies. On a une constellation de 24 satellites en service, avec 7 autres prêts à assurer une relève. Son financement a été approuvé par le Kremlin pour la période 2012-2020.
- Le *Beidou* chinois est considéré depuis le 21 décembre comme un système régional opérationnel pour la Chine et les pays limitrophes. Aux 5 satellites fixes et 5 inclinés sur orbite géostationnaire, le *China Satellite Navigation Office* doit ajouter 4 satellites sur orbite moyenne (*MEO*); ils seront lancés par paires cette année au moyen de deux *Longue Marche 3*. La constellation globale en 2020 comprendra 35 satellites, parmi lesquels 27 en orbite moyenne.
- *Galileo* en est à ses débuts puisque le déploiement de sa constellation a commencé le 21 octobre dernier avec les lancements des deux premiers satellites *Iov* (*In Orbit Validation*). Deux autres *Iov*, équipés pour la réception et la localisation des signaux de détresse, seront satellisés cet automne. Puis, à partir du printemps 2013, ce sera au tour

des satellites *Foc* (*Full Operational Capability* - voir photo p. 47) d'être lancés au rythme de deux chaque trimestre. À la fin de 2015, si les 5 lancements *Soyouz* et les 3 vols *Ariane 5* sont réussis depuis la Guyane, une constellation de 26 satellites offrira des services opérationnels. On sait que ces services auront une précision métrique, seront disponibles à l'intérieur des bâtiments et protégés des interférences pour les utilisateurs payants de signaux cryptés.

Par ailleurs, en Asie, deux autres pays veulent se doter de leurs systèmes à couverture régionale. Il s'agit du *Qzss* (*Quasi-Zenith Satellite System*) japonais, qui pourra compter jusqu'à 7 satellites sur des trajectoires géostationnaires incli-

nées, et de l'*Irns* (*Indian Regional Navigational Satellite System*) avec 7 satellites pour des services de navigation sur le sous-continent indien.

Le bon fonctionnement des satellites de navigation n'échappe pas aux risques de perturbations des fréquences à cause de l'activité solaire ou de brouillages pouvant être provoqués par des États. Il y a le problème d'interférences posé par les réseaux de télécommunications terrestres. Dès lors, la sécurisation des systèmes de navigation spatiale qui se multiplient dans le monde constitue une priorité d'ordre international.

L'encombrement de la bande L utilisée par les «*navsats*» (dans les 1,2-1,3 GHz, 1,5 GHz) constitue un défi techno-

logique pour les fabricants de composants qui doivent garantir, coûte que coûte, la bonne réception des signaux des horloges atomiques sur orbite destinées aux services de positionnement et de synchronisation sur l'ensemble du globe. Les autorités responsables des satellites de navigation doivent tout mettre en œuvre pour renforcer leur robustesse face aux interférences et aux brouillages. Il y va de l'avenir d'une ressource de plus en plus essentielle: on estime à plus d'un milliard le nombre de récepteurs *Gps* en service, y compris ceux intégrés dans les mobiles de dernière génération. ■

Rôle clé du centre Esa de Redu

48

La mise en œuvre du système *Galileo* implique l'Ardenne belge. La station, que l'Europe spatiale y a implantée près du village de Redu-Libin pour le suivi de plusieurs de ses satellites, vient d'être élevée au rang de centre *Esa*. Son infrastructure sécurisée, dont la logistique est assurée par l'entreprise *Rss* (*Redu Space Services*), ne cesse de grandir en pleine campagne et compte une cinquantaine de paraboles pointées vers le ciel. Servant de rechange au complexe de contrôle des satellites de *Ses* (*Société Européenne des Satellites*) à Betzdorf (Grand duché), elle est en outre partie prenante dans les deux programmes-phares de l'Union dans l'espace: *Galileo* pour les tests sur orbite des satellites de navigation et *Gmes* (*Global Monitoring for Environment & Security*) pour la collecte des données transmises par les satellites d'observation *Sentinel*. Un consortium dirigé par *Rss* - comprenant la société d'informatique spatiale *Spacebel* et *Ses Techcom* - a obtenu

le contrat du centre des opérations pour la mission *Edrs* (*European Data Relay System*) qui utilise deux relais géostationnaires à lancer en 2014 et en 2015.

Bons pour le service ! C'est à Redu que les satellites de la constellation *Galileo* obtiennent leur certificat pour être opérationnels. Plusieurs antennes - dont une parabole de 20 m de diamètre - sont employées pour la campagne d'essais sur orbite. Trois mois après leur mise sur orbite, les satellites *Galileo* sont soumis à des tests intensifs qui analysent le fonctionnement de leurs systèmes de bord. La campagne pour les *Iov-1* et *Iov-2* satellisés en octobre vient de s'achever. Elle permet d'apporter des retouches correctrices dans l'électronique à bord des 24 autres satellites à lancer entre octobre et mi-2015. Pendant les quatre années à venir, le centre de Redu sera fort occupé par le déploiement des «*navsats*» *Galileo*.



Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, C. GOLDBERG/Flickr, Belgacom/BSS

Un Carolo mis à l'honneur pour l'Iss. La ville industrielle de Charleroi a un double rôle dans l'exploration de l'infiniment grand. On y trouve la société *Thales Alenia Space Etca* qui a un savoir-faire reconnu globalement pour l'alimentation électrique des systèmes spatiaux. Comme spécialiste de l'électronique embarquée, elle est présente à bord des lanceurs d'*Arianespace* et sur la plupart des satellites «made in Europe».

Son autre gloire dans la connaissance de l'espace est une personnalité internationale de

la communauté scientifique: Georges Lemaître (1894-1966) est un enfant carolorégien devenu tour à tour mathématicien, prêtre, astronome et cosmologiste à l'Université catholique de Louvain. On doit à ce génie oublié la théorie du *Big Bang* pour expliquer la naissance et l'évolution de l'Univers. L'*Esa* a retenu la proposition faite par la délégation belge de baptiser Georges Lemaître le 5^e et dernier *Atv* (*Automated Transfer Vehicle*) qui ira ravitailler l'*Iss* (*International Space Station*) en 2014. Le cœur électrique de ce vaisseau automatique européen est fourni par *Thales Alenia Space Etca*. À noter que l'*Atv-4* de 2013 s'appellera Albert Einstein: l'illustre savant faisait partie du cercle d'amis savants de Monseigneur Lemaître. ■

Monaco sur orbite... via le Turkmenistan ! On l'appelle *Turkmensat* et *Monacosat*. L'ancienne république de l'Urss, en Asie centrale, a décidé de s'affranchir de la Russie pour son système de télécommunications et de télévision. Le Turkmenistan avait besoin d'une place et de fréquences sur l'anneau géostationnaire. Il a négocié avec la société monégasque *Space Systems International Monaco*

l'accès à la position de 52 degrés Est qu'avait réservée la Principauté comme État souverain. En échange, *Monte-Carlo Radiodiffusion* disposera de capacité sur le satellite pour communiquer et émettre sur l'Europe et autour de la Méditerranée. *Turkmensat/Monacosat* a été commandé à *Thales Alenia Space* (Cannes). Le satellite, dont le lancement avec une fusée *Longue Marche 3B* chinoise est prévu durant l'été 2014, aura une alimentation électrique avec des équipements réalisés par *Thales Alenia Space Etca* à Charleroi.

Téléport de Lessive: cap sur le continent africain. En 2007, Belgacom a vendu la station de Lessive (près de Rochefort) à *Bss* (*Belgium Satellite Services*), filiale belge du groupe indien *Org Informatics* (*Operations Research Group*). L'infrastructure faite de paraboles de 32 m, 30 m, 18 m et 14 m est exploitée par *Bss* comme téléport pour les communications intercontinentales, pour diffuser des programmes numériques et pour connecter les réseaux d'affaires.

Tout en assurant des services pour l'Inde, *Bss* joue sa carte de tête de pont en Europe pour prendre pied sur le continent africain. *Measat*, l'opérateur malais de satellites géostationnaires a signé avec la firme belge son premier contrat pour l'utilisation d'*Africasat-1a*, alias *Azerspace*, qui sera lancé à la fin de 2013 pour l'Azerbaïdjan. ■



À vos AGENDAS !

«Encadrer efficacement un projet doctoral ?» 16 mai 2012

À Bruxelles...



Comment établir une bonne relation de travail, recadrer le doctorant, l'aider à la rédaction d'article, le motiver et l'encourager, lui procurer un feedback positif ?

Comment sensibiliser son encadrant à l'importance, pour le doctorant,

d'acquérir et de développer des compétences transversales et d'intégrer le projet professionnel à la gestion du projet doctoral ?

Des outils et des bonnes pratiques relatives à ces questions seront abordés lors de l'évènement organisé par l'asbl *Objectif Recherche* en partenariat avec les Académies universitaires (Wallonie-Europe, Wallonie-Bruxelles et de Louvain) et le FRS-FNRS.

L'évènement bénéficiera de l'expertise française et anglaise sur ce concept: Matthieu Lafon pour *Adoc Talent Management* (France), Jean-Dominique Pollack, Directeur de *l'Institut de la Formation Doctorale* - Université Pierre et Marie Curie (France), François Baty-Sorel, animateur pôle doctoral de l'Université de Poitiers (France) et Alison Mitchell, *Deputy Director of Vitae* (Royaume-Uni).

Quand ? Le mercredi 16 mai 2012 (de 8H30 à 18H00)

Où ? Au Palais des Académies à Bruxelles Rue Ducale, 1 à 1000 Bruxelles

Pour qui ? Encadrants de thèse et doctorants

Tarif ? Entrée gratuite sur inscription (à partir du 6 avril sur <http://www.doctorat.be>)

Infos et inscriptions ?

Laurence Theunis (02/647.77.13 ou laurence@doctorat.be)

Site: <http://www.doctorat.be>



50

Dynamath Jusqu'au 30 novembre 2012

Les mathématiques... «Bête noire» pour nombre d'entre nous ! Mais, depuis notre plus jeune âge et dans divers domaines, souvent sans nous en rendre compte, nous utilisons les mathématiques. DynaMath vous fera découvrir les mathématiques comme vous ne les avez jamais vues.

Une variété de modules interactifs dans trois espaces - nombres & arithmétique, fonctions & symétries et formes & géométrie -, dévoileront les mathématiques dans l'Art, les Sports, les Sciences, l'Architecture, le Développement durable,...

Au fil de neuf espaces thématiques et d'expériences dynamiques et ludiques, venez-vous réconcilier avec les maths et découvrir leur importance.

En parallèle à l'exposition, le Centre de Culture Scientifique de Charleroi et la Maison de la Science de Liège ont mis sur pied 3 ateliers (**Atelier 1:** Plan · volume · espace · énigmes - **Atelier 2:** Rallye dans la ville - **Atelier 3:** Des blocs et des maths) approchant les mathématiques de façon concrète pour divers publics scolaires. Les élèves auront le loisir d'y exercer des compétences spécifiques afin de développer des aptitudes mathématiques utiles à tout citoyen.

Où ? Embarcadère du savoir
Quai Edouard van Beneden 22 I
à 4000 Liège

Quand ? Expo du 16/04 au 18/06/2012 et du 15/09 au 30/11/2012.
Ateliers jusqu'au 30/12/2012

Pour qui ? Tous publics

Tarif ? Gratuit

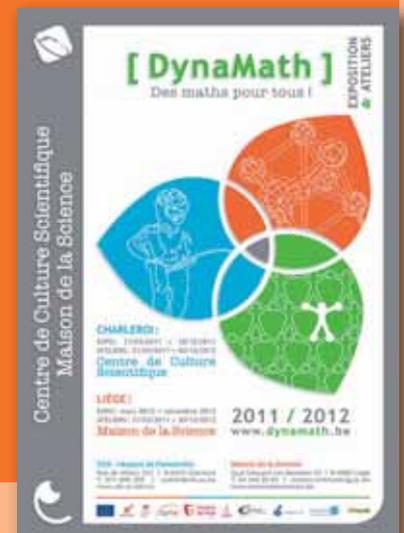
À Liège...

Infos & inscriptions ?

Tél.: 04/366.50.04

E-mail: maison.science@ulg.ac.be

Site: <http://www.maisondelascience.be>



L'Univers face A/face B

Du 2 mai au 26 octobre 2012

À Namur...

Cette exposition vous initie à la vision du monde proposée par la cosmologie moderne en une vingtaine de panneaux. En guise de face A, l'exposition vous emmène à la découverte de l'astronomie puis du modèle du *Big Bang* chaud et de ses succès. L'envers du décor, la face B en somme, abordera les grandes questions soulevées par le modèle: matière noire, énergie sombre et inflation mais aussi celle de sa portée philosophique, et de la nature de la réalité.

Elle présente trois niveaux de lecture: basique, intermédiaire et avancé. Elle est ponctuée d'expériences de physique et de présentations multimédias, ainsi que de superbes travaux d'astronomes amateurs, mis en scène pour vous faire découvrir autrement le monde de la nuit.

Le commissaire de cette exposition est André Füzfa, un jeune et dynamique

professeur du Département de mathématique. Il est membre du centre de recherche *naXys* et est le coordinateur d'un nouveau projet financé dans le cadre des *Actions de Recherche Concertées (ARC)* du *FNRS*: *ARCCOS*, mené en collaboration avec le professeur Christophe Ringeval, du *Center for Cosmology, Particle Physics and Phenomenology (CP3)* de l'UCL. Financé par le SPW, *ARCCOS* et *Sciences.be*, ce projet contribue à la compréhension fondamentale de notre Univers. Il aboutira, en outre, à la mise sur pied du premier pôle belge de recherche en cosmologie.



Où ? Bibliothèque universitaire Moretus Plantin (Université de Namur) 19, rue Grandgagnage à 5000 Namur

Pour qui ? Pour tous

Tarif ? Entrée libre (visites animées sur demande au prix de 4 euros/pers)

Infos ?

André Fuzfa et Marie Botman

Tél.: 081/72.55.64

E-mail: marie.botman@fundp.ac.be ou atoutsciences@fundp.ac.be

Site: <http://www.fundp.ac.be/sciences/esa/uas/>

Sorti de PRESSE

Cahier d'exploration du ciel
Réjouissances - Université de Liège

Yaël NAZÉ

Ce cahier vous emmène à la découverte de notre Univers. Vous y voyagez dans le temps et l'espace, comprendrez le pourquoi des saisons sur Terre et des phases de la Lune, explorerez notre système solaire et la voûte céleste constellée d'étoiles, et lancerez finalement des fusées !

Les notions astronomiques de base sont expliquées grâce à un texte clair, des images vivantes, et surtout, via une douzaine d'expériences réalisables avec du matériel facile à trouver (oranges, lampes de poche, carton,...). À la fin, divers exercices sont proposés pour récapituler les connaissances acquises: ils touchent tant aux compétences

en français qu'aux compétences en sciences ou en mathématiques.

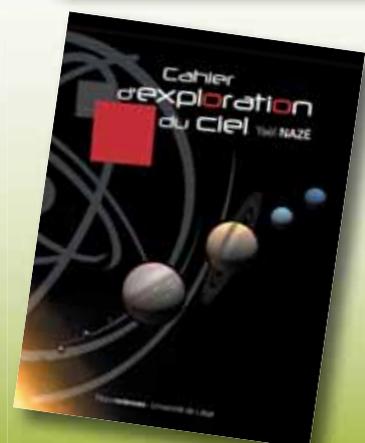
Ce cahier multidisciplinaire est accessible à tous et particulièrement destiné aux 10-15 ans et à leurs enseignants au prix de 7 euros.

Rien que la couverture vous donne envie de l'ouvrir. La mise en page de Michèle Housen est soignée, colorée et dynamique. Des infos, des expériences, des exercices, c'est un ouvrage de vulgarisation complet réalisé par Yaël Nazé, qui entre tout à fait dans la mission de diffusion des sciences de *Réjouissances*. À découvrir absolument ! ■

+

Pour en savoir plus:

Réjouissances: 04/366.96.96
<http://www.ulg.ac.be/sciences>





Visitez nos sites :

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



Service public
de **Wallonie**

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

