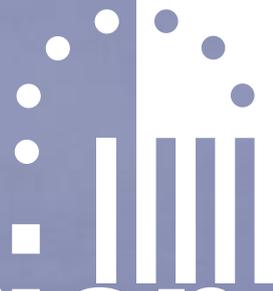


# Science

# 10 connection



Space Connection 53:  
**GALILEO et GMES**

Les papillons du MRAC:  
**un ensemble somptueux, un outil  
scientifique incontournable**



# sommaire

## Éditorial

## Entomologie

p.2 *Les papillons du MRAC: un ensemble somptueux, un outil scientifique incontournable*

## Énergie

p.7 *Quand l'éolien prend le large*

## Expo

p.13 *Van Rysselberghe s'expose au Palais des beaux-arts de Bruxelles*

## Musique

p.16 *Les Concerts Astoria ont 30 ans !*

## Ailleurs

p.17 *Les musées du bout du monde : Lyon*

## Aéronomie

p.18 *Traquer les étoiles pour en créer de nouvelles*

## Métrologie

p.22 *Va-t-on perdre le kilo ?*

## Droit

p.26 *L'histoire du contentieux administratif en Belgique*

## Objectif 3%

p.22

## Web

p.36

## News et agenda

p.38



Les papillons du MRAC

2



Va-t-on perdre le kilo?

22



La délicate histoire du contentieux administratif en Belgique

26



De l'art rupestre en Syrie !

32

## Space Connection



GALILEO et GMES

## Les Pôles d'attraction interuniversitaires : fleuron de la Politique scientifique fédérale

Après accord du gouvernement fédéral, tous les ministres compétents en Belgique en matière de recherche se réuniront au sein de la Conférence interministérielle de la Politique scientifique pour approuver la sixième phase du programme Pôles d'attraction interuniversitaires (PAI).

Ce programme, dont la première phase a été lancée en 1987 par Guy Verhofstadt, alors vice-premier ministre et ministre du Budget, de la Politique scientifique et du Plan, vise à promouvoir des collaborations entre les universités du nord et du sud du pays (et même, depuis la dernière législature, entre nos universités et celles d'autres États européens) dans tous les domaines de la recherche fondamentale : nanomatériaux, photonique, robotique, chimie supramoléculaire, neuroscience, ingénierie des protéines, mais aussi recherche contre le cancer ou le diabète, archéologie, histoire médiévale, macroéconomie, droit des enfants, ...

Depuis 1987, le programme a pris de l'ampleur. Il conduit aujourd'hui à plus de 2.000 publications par an et finance le travail de 261 équipes de chercheurs réparties en 36 réseaux. La sixième phase (2007 - 2011) devrait être dotée d'un budget de 146 millions d'euros, soit trois fois plus que la première phase qui finançait quatorze réseaux. Cette somme sera répartie entre des équipes sélectionnées selon

des critères très stricts par des experts étrangers.

Le succès des Pôles d'attraction interuniversitaires prouve l'importance de développer une politique scientifique au niveau fédéral. En encourageant les synergies entre des équipes issues de toute la Belgique et parfois de toute l'Europe qui travaillent sur des thématiques communes, ils génèrent les économies d'échelle et les effets de seuil nécessaires à la maximalisation de notre potentiel scientifique et favorisent l'insertion des équipes belges dans les réseaux internationaux et notamment européens. En cela, les PAI sont une spectaculaire illustration de cet Espace belge de la recherche que nous nous efforçons de promouvoir.

La Politique scientifique fédérale, vous le savez maintenant, développe bien d'autres activités, via ses Établissements scientifiques ou grâce aux nombreux programmes de recherche qu'elle met en œuvre. Ce dixième numéro de votre revue met à nouveau en lumière certaines de ces activités. Je vous en souhaite une très agréable lecture.



Dr Philippe METTENS  
Président du Comité de Direction



Dr. Philippe Mettens

Le Musée royal de  
l'Afrique centrale sort de  
sa réserve

# Les papillons du MRAC:

un ensemble somptueux,  
un outil scientifique  
incontournable

Le Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC) jouit d'une renommée internationale dans le monde scientifique notamment en raison du caractère exceptionnel des collections qu'il conserve. Ceci tant par la multiplicité des domaines qu'elles concernent – qui relèvent de des sciences naturelles et des sciences humaines – que par le nombre impressionnant d'objets et de spécimens qu'elles contiennent. Mais les pièces exposées dans les salles représentent moins de cinq pourcents du patrimoine. Aussi, le Musée souhaite aujourd'hui dévoiler au public ces collections conservées loin du regard du visiteur et accessibles aux seuls chercheurs. « Collections du MRAC » est une série d'expositions et de publications qui présentent chacune un ensemble de pièces de collection et livrent un aperçu des travaux de conservation et de recherche qui y ont trait.

La première exposition de la série « Collections du MRAC » dévoile un ensemble aux formes et aux couleurs somptueuses, puisqu'il s'agit de la collection de papillons d'Afrique subsaharienne.

Abritée dans l'aile nord du Palais des colonies, la collection d'entomologie du MRAC contient environ six millions de spécimens. Au sein de celle-ci, la collection de lépidoptères compte 500.000 spécimens, dont 1.800 holotypes et 10.000 préparations de *genitalia* (organes génitaux). Elle est rangée dans un peu plus de 4.000 boîtes en limba ou autre bois précieux, elles-mêmes classées dans 197 armoires en chêne massif. Tous les spécimens proviennent de l'Afrique subsaharienne et des îles environnantes (principalement de Madagascar et des Comores).

On divise généralement les lépidoptères en deux grands groupes. Les rhopalocères, appelés aussi papillons de jour, se distinguent par leurs antennes terminées en massue (rhopalo- = massue; -cère = corne); ils sont répartis en cinq familles. Les hétérocères présentent quant à eux des antennes de morphologies diverses (hétéro- = autre), souvent filiformes ou à l'aspect de plumet. Ce sont les papillons de nuit, même si certains d'entre eux sont plutôt actifs le jour. Le groupe comprend 102 familles. Parmi les hétérocères, la majorité des espèces sont de très petite taille et présentent des caractères leur donnant une position primitive dans le système phylogénétique de l'ordre des lépidoptères. Les entomologistes sont convenus de les regrouper sous le terme de « microlépidoptères », même si au fil du temps d'autres groupes y ont été englobés malgré la taille résolument grande de leurs représentants. Les microlépidoptères les plus connus sont sans doute les mites de nos maisons.

On connaît à ce jour plus de 150.000 espèces de lépidoptères de par le monde. Parmi elles, 41.500 sont présentes

en Afrique subsaharienne – environ 4.000 rhopalocères et 37.500 hétérocères – mais de nombreuses espèces sont encore à découvrir. On répertorie dix nouvelles espèces de rhopalocères chaque année, et plus encore pour les hétérocères. Le continent africain reste peu exploré. On ignore, par exemple, le nombre approximatif de microlépidoptères de la région tropicale africaine.

Du fait de la dégradation et de la déforestation de nombreuses régions naturelles, particulièrement en Afrique centrale, de nombreuses espèces de microlépidoptères seront éteintes avant même d'avoir été découvertes et nommées.

### Les papillons du MRAC : une longue tradition

Contrairement à la plupart des instituts de sciences naturelles belges, le MRAC connaît une tradition d'étude des lépidoptères depuis ses premiers jours. En effet, dès les débuts de l'histoire coloniale, nombre de Belges séjournant au Congo se sont laissés fasciner et passionner par les papillons africains, et les spécimens qu'ils ont récoltés constituent la base de la collection actuelle. Aujourd'hui encore, de nombreux papillons peu communs sont donnés au Musée par des amateurs avertis.

Mais si les rhopalocères et les grands hétérocères figurent parmi les insectes les plus familiers et, sans aucun doute, les plus appréciés des amoureux de la nature et des voyageurs, les microlépidoptères, en revanche, ne bénéficient généralement pas de beaucoup d'attention

**Du fait de la dégradation et de la déforestation de nombreuses régions naturelles, particulièrement en Afrique centrale, de nombreuses espèces de microlépidoptères seront éteintes avant même d'avoir été découvertes et nommées.**

*Rhopalocère :  
Nymphalidae – Charaxes  
cynthia Butler. Envergure  
66 mm. Spécimen récolté  
par la reine Élisabeth.  
Photo : Jean-Marc  
Vandyck © MRAC*



Rhopalocère : Pieridae  
– *Belenois creona severina*  
f. *subalba* (Hulstaert).  
Envergure 48 mm.  
Spécimen le plus ancien  
de la collection, récolté  
en 1879.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



Rhopalocère : Lycaenidae  
– *Pentila hewitsoni* (Grose-  
Smith & Kirby).  
Envergure 32 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



Rhopalocère : Lycaenidae  
– *Hypolycaena antifaunus*  
(Westwood).  
Envergure 28 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



de la part du public et du naturaliste traditionnel. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, cependant, des études consacrées aux « microlépidoptères » et auxquelles a collaboré le MRAC ont incité des entomologistes belges à se lancer dans la collection de microlépidoptères en Afrique centrale, et à étudier ce groupe d'insectes particulièrement vaste et diversifié.

### Identification et « utilisation » de la collection

Les tables dichotomiques permettent de déterminer la famille à laquelle appartient le spécimen étudié. La façon la plus rapide de trouver le genre d'un papillon de jour est de feuilleter des livres illustrés. Pour déterminer l'espèce, par contre, il est préférable de se reporter à des spécimens conservés dans des collections de référence. Là, l'observation des caractères morphologiques est plus aisée et on peut également se référer aux organes génitaux.

Contrairement aux rhopalocères pour lesquels existent des manuels de détermination, les papillons de nuit africains comptent parmi les insectes les plus difficiles à identifier au monde. La seule façon d'identifier un papillon de nuit africain est de se baser sur une collection. Seules trois collections permettent l'identification des papillons de nuit tropicaux africains : *The Natural History Museum* (Londres), *Museum für Naturkunde der Humbolt-Universität zu Berlin* (Berlin) et le MRAC.

Les microlépidoptères exigent quant à eux une approche particulière. Outre leur petite taille, leurs structures morphologiques sont d'une extrême diversité. Aussi, pour leur identification, faut-il être familiarisé avec de nombreuses caractéristiques et la terminologie utilisée pour leur description. Certaines de ces caractéristiques ne peuvent être observées qu'au moyen d'appareils optiques de pointe, au microscope électronique à balayage, ou après préparation des structures morphologiques internes selon des traitements chimiques appliqués sous conditions strictes de protocoles de travail de laboratoire. L'identification des espèces actuelles et les étu-

## L'exposition « Papillons » du MRAC : esthétique et sciences réunies

À travers de magnifiques vitrines traversées de papillons que l'on croirait en vol et une sélection de dizaines de boîtes de spécimens, l'exposition propose au visiteur un aperçu de l'ampleur de la collection de lépidoptères du MRAC, mais l'invite aussi à s'initier à l'étude de ces insectes : par un exercice d'identification, un film sur la préparation des individus récoltés, un autre sur la diversité des écailles vues au travers d'un microscope à balayage électronique, des panneaux de second niveau adaptés aux jeunes...

Une exposition de toute beauté qui séduira aussi bien les connaisseurs que les passionnés d'entomologie, les amoureux de la nature, les amateurs des collections du Musée et les familles.



Hétérocère : Chrysopolomidae – *Chrysopoloma varia* Distant.  
Envergure 42 mm. Photo : Jean-Marc Vandyck © MRAC



Hétérocère : Arctiidae – *Agaltara nebulosa* Toulgoët.  
Envergure 54 mm. Photo : Jean-Marc Vandyck © MRAC

des phylogénétiques des groupes comprennent en outre la recherche sur ADN.

### Nouvelles espèces, holotypes et mise à jour

Les holotypes sont les spécimens qui ont servi à la description – la « définition », en quelque sorte – d'une espèce. Si un entomologiste pense avoir découvert une nouvelle espèce, il s'en assure en comparant ses spécimens aux « holotypes » de toutes les espèces voisines, et désigne celui qu'il utilise pour sa nouvelle espèce.

Pièces les plus précieuses d'une collection, les holotypes sont donc aussi les spécimens les plus manipulés et les plus photographiés. La collection de lépidoptères du Musée en compte aujourd'hui environ 1.800. Afin de prévenir les dommages que peuvent occasionner les nombreuses manipulations qu'ils ont à subir, le Musée a procédé à leur digitalisation. Une banque de données photographiques de la collection des holotypes est publiée sur le web ([www.metafro.be](http://www.metafro.be) / voir *Science Connection* # 10, p 36).

Outre l'introduction de nouvelles espèces, d'autres peuvent être mises en synonymie, changer de genre ou même, fait beaucoup plus rare, changer de famille. L'ensemble doit être corrigé dans la collection, famille par famille.

### Les actions scientifiques : pour un développement durable

Développer et conserver une collection la plus complète possible et sans cesse actualisée est capital pour la recherche scientifique et pour la préservation du milieu naturel. Ainsi, les quelque 80.000 spécimens de microlépidoptères contenus dans la collection du MRAC constituent aujourd'hui une base solide pour les chercheurs du monde entier tant en taxonomie, faunistique, évolution, changements climatiques, lutte contre les fléaux qu'en gestion forestière. Dans cette optique, le MRAC développe actuellement une base de données extrêmement complète, à laquelle on accède en scannant les petits « codes-barres » fixés à l'épingle de chaque spécimen. Il s'agit de la façon la plus moderne de gérer une collection connue actuellement. Cet outil s'avère parti-

culièrement utile dans le cadre du développement durable et de la préservation de la biodiversité, puisque les microlépidoptères sont abondants dans pratiquement tous les écosystèmes y compris ceux qui résultent de l'action humaine, tels les agro-écosystèmes où de nombreuses espèces parasitent les plantes agricoles ou ornementales.

### Les papillons de nuit, des indicateurs de la biodiversité

La région des Taita Hills (sud du Kenya) connaît, de par son climat tempéré et sain, une démographie galopante, cause d'un déboisement important. Aujourd'hui, seuls de petits lambeaux de forêt primaire subsistent aux sommets des plus hautes collines. Quatre institutions (Université Kenyatta-Nairobi, Université d'Anvers, *National Museums of Kenya* et MRAC) se sont regroupées en un projet multidisciplinaire pour étudier la valeur biologique de ces vestiges de forêt primaire. L'analyse de la population de papillons nocturnes, capturés au piège lumineux, a donné un résultat impressionnant. Le site semble avoir conservé une biodiversité prodigieuse. Dans la seule famille des *Noctuidae*, 82 espèces ont été identifiées, dont quatorze sont nouvelles pour la science et endémiques à la région. Les restes de forêt des Taita Hills renferment donc une faune très riche et méritent d'être conservés.

### Vers une exploitation durable de la forêt

Dans l'Ouest africain en général, et en Côte d'Ivoire en particulier, la disparition des forêts tropicales au profit de l'agriculture a alerté tant les autorités locales que des organismes internationaux. Dans une forêt pilote, la forêt classée de la Bossematié, une recherche approfondie a été effectuée sur sa composition non seulement en vertébrés et en plantes, mais aussi en papillons de jour. L'étude des prélèvements a montré que certaines parcelles de forêt étaient de très bonne qualité, alors que d'autres avaient souffert d'un déboisement trop intensif. Ces informations ont permis d'organiser un calendrier très strict de la coupe des arbres, en vue d'une exploitation de la forêt préservant sa richesse biologique.

### Rapatrier les données

En raison de leur passé colonial, nombre d'institutions

La grande menace qui pèse sur les populations de papillons est la destruction de leur habitat. Les prélèvements effectués par les amateurs et les scientifiques dans les milieux naturels sont opérés de manière sélective et visent à construire un outil de toute première utilité pour les actions lancées dans l'optique du développement durable et de la préservation de la biodiversité.

Rhopalocère : *Papilionidae*  
– *Graphium tynderaeus*  
(Fabricius).  
Envergure 72 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



Rhopalocère : *Papilionidae*  
– *Papilio rex mimeticus*  
Rothschild.  
Envergure 107 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



Rhopalocère : *Nymphalidae*  
– *Charaxes pollux* (Cramer).  
Envergure 69 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



Rhopalocère :  
*Nymphalidae* – *Charaxes*  
*hadrianus* Ward.  
Envergure 84 mm.  
Photo : Jean-Marc Vandyck  
© MRAC



européennes possèdent une abondance d'informations sur la biodiversité d'autres continents. Le *European Network of Biodiversity Information*, subventionné par l'Union européenne, rassemble vingt institutions européennes et vise notamment à rapatrier des données sur la biodiversité vers les pays d'origine. Ainsi, le MRAC, l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique et le Jardin botanique national ont numérisé, pour leurs collections respectives, les données relatives à quatre groupes cibles : les poissons, les oiseaux, les papillons et le café. Il s'agit de toute une quantité d'informations auxquelles on ne pouvait accéder qu'en se rendant physiquement dans ces institutions. Placées sur internet, ces données seront disponibles aux chercheurs du monde entier, et à toute personne intéressée.

En ce qui concerne les lépidoptères plus particulièrement une banque de données a été constituée pour deux familles de papillons diurnes de la région du Rift albertin : les *Papilionidae* et les *Charaxinae*. Le Rift albertin comprend les régions montagneuses situées à l'est de la République démocratique du Congo et englobe également le Rwanda, le Burundi et une partie de l'Ouganda et de la Tanzanie. Afin d'élargir l'intérêt de la banque de données, le Kenya a été ajouté à la région étudiée, prolongeant celle-ci jusqu'à l'Océan Indien. Sur demande de chercheurs congolais, une version de cette banque de données leur a été transmise, leur fournissant ainsi des arguments pour établir un programme de protection de la région.

**Ugo Dall Asta et Jurate de Prins**



Ce sont des moulins d'un nouveau genre. Avec leurs longues pales effilées et leur mince ossature lancée vers le ciel, ils n'ont plus rien à voir avec leurs lointains ancêtres: ces tourelles massives et trapues dotées de larges ailes qui ponctuaient naguère nos campagnes.

Aujourd'hui, ils ne servent d'ailleurs plus à moudre le grain ni à pomper l'eau des champs. Les moulins qui poussent actuellement en Belgique ont une autre mission : produire de l'électricité.

# Quand l'Éole prend le large

Le développement de l'énergie éolienne est en progression constante. Tant au nord qu'au sud du pays, de nouveaux projets voient chaque année le jour. Les études d'incidence bouclées et les autorisations diverses que ce genre de projets nécessite une fois acquises, ces « parcs » d'un type nouveau fleurissent aux quatre coins du pays.

La première ferme éolienne en mer est en effet en passe de voir le jour sur notre plateau continental. Il s'agit du projet C-Power, du nom de l'entreprise belge du même nom responsable du développement et de la réalisation de cette centrale énergétique *offshore*. Ce parc éolien devrait sortir des flots dès 2007 sur un banc de sable situé à une trentaine de kilomètres de la côte et plus ou moins parallèle à celle-ci, au lieu-dit Thorntonbank.

Ce parc devrait être doté de soixante éoliennes. Chaque élément affichera une puissance comprise entre 3,6 et 5 mégawatts. Le but poursuivi est d'assurer une capacité de production de 216 MW à 300 MW, soit sur une année, la production de 710 GWh à 1.000 GWh, de quoi alimenter en électricité de 200.000 à 300.000 foyers selon C-Power qui estime donc que son projet au Thorntonbank pourrait fournir de l'électricité à tous les foyers de Belgique pendant trois semaines par an.

Dans un premier temps, il est question de construire six éoliennes, un mât de mesures et de relier cet embryon de parc éolien au réseau électrique belge.

En 2008, dix-huit éoliennes supplémentaires devraient être érigées. En 2010 enfin, le reste du parc sortirait de l'eau avec 36 turbines supplémentaires et divers autres aménagements techniques, dont la pose d'un second câble de raccordement au réseau électrique terrestre.

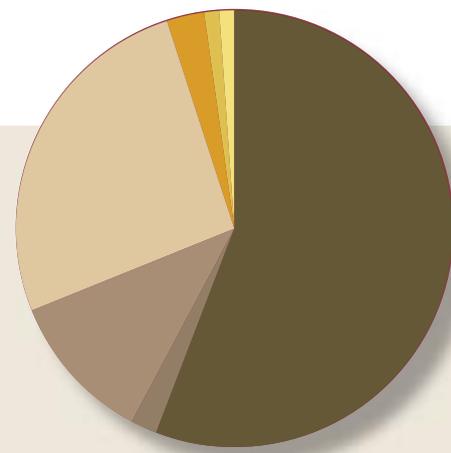
Vue aérienne des éoliennes situées sur le môle est de l'avant port de Zeebruges  
© UGMM / BMM



Vue des éoliennes de Zeebruges depuis la plage de Heist  
© UGMM / BMM



Le parc d'éoliennes sur le Thorntonbank (simulation)



Production d'énergie électrique, en 2004, par source d'énergie

- 55,1% ■ Combustible nucléaire
- 1,9% ■ Combustibles liquides
- 10,7% ■ Combustibles solides
- 25,8% ■ Gaz naturel
- 0,2% □ Biogaz
- 2,8% ■ Gaz divers (y compris gaz de haut fourneau, de coke de raffinerie)
- 1,5% ■ Déchets, vapeur de récupération
- 0,4% □ Lac et fil de l'eau
- 1,5% ■ Accumulation par pompage
- 0,2% □ Eolienne

Source : Fédération professionnelle du secteur de l'électricité en Belgique ([www.bfe-fpe.be](http://www.bfe-fpe.be))

## Trois questions à Noémie Laumont (Unité de gestion du modèle mathématique de la mer de Nord, UGMM) :

**Science Connection** – Vous revenez d'une mission exploratoire vers le banc de sable « Thornton » à bord du *Belgica*, le navire océanographique de la Politique scientifique fédérale. Quel est le but d'une telle mission ?

**Noémie Laumont** – La campagne de septembre avait pour but de réaliser les premières mesures de bruit sous-marin sur le site prévu pour l'installation des éoliennes et de tester des appareils de *remote sensing* qui nous seront peut-être utiles pour réaliser le suivi de la faune benthique et du relief du sol. Les campagnes de 2005 ont eu pour but de relever « l'état initial » de l'environnement avant la construction des éoliennes. C'est ce qu'on appelle les *baseline studies* ou les études de « l'année zéro ». En plus des campagnes dédiées au bruit, il y a eu aussi plusieurs campagnes de pêche (étude des poissons et du benthos) et des comptages mensuels d'oiseaux.

**S.C.** – L'éolien ne représente que 0,13 % des énergies renouvelables. Tout ça pour ça, serait-on tenté de dire.

**N.L.** – Il faut un début à tout ! Je crois qu'énormément de

projets sont en cours de réalisation, ou tout récemment réalisés, et que ces statistiques vont rapidement évoluer. Il ne faut pas non plus que le développement des énergies renouvelables se fasse au détriment de l'environnement, même si un certain « coût environnemental » est inévitable. Le rôle de l'UGMM est de défendre l'environnement en mer du Nord, et de s'assurer que les projets de parcs éoliens se réalisent dans les meilleures conditions possibles. Si le projet de C-Power voit le jour, il produira à lui seul plus de 1 % de la production totale annuelle belge, soit à lui seul environ 15% des objectifs de la Belgique pour 2010, ce qui n'est pas négligeable. Et d'autres projets de même ampleur sont à l'étude...

**S.C.** – À l'image des capteurs solaires, ne devrait-on pas simplifier le parcours administratif d'une demande de construction de parc éolien ?

**N.L.** – Il y a une différence d'échelle entre un capteur solaire qu'on place sur le toit d'une maison et un parc de 60 éoliennes de plus de 100 m de haut construit à 30 Km de la côte dans des conditions maritimes assez violentes... Les effets environnementaux potentiels et les risques techniques (et financiers) ne sont plus du tout



© Science Connection

négligeables dans le deuxième cas !

Maintenant, je ne dis pas que le parcours administratif ne pourrait pas être un peu simplifié ou harmonisé car il est vrai que c'est un parcours du combattant entre les autorités fédérales, régionales, voire communales... À chacune sa procédure. Pour défendre ma paroisse, je soulignerais que notre législation environnementale en mer (la loi sur la protection du milieu marin de 1999) est l'une des plus innovantes d'Europe. Le projet de C-Power sur le Thorntonbank dispose maintenant de toutes les autorisations nécessaires pour pouvoir entamer la construction d'ici 2007. C'est le premier projet de cette envergure en mer du Nord.

propos recueillis par P.D.



Les pages « parcs à éoliennes » du site de l'UGMM : [www.mumm.ac.be](http://www.mumm.ac.be) > Management > Activités en mer > Parcs à éoliennes



Noémie Laumont est licenciée en biologie de l'Université de Liège et travaille depuis cinq ans à l'Unité de gestion du modèle mathématique de la mer du Nord où elle est chargée de réaliser les évaluations d'incidence des projets de construction et d'exploitation de parcs éoliens en mer du Nord.

## La Politique scientifique fédérale hume l'air du large

La Politique scientifique fédérale joue également un rôle actif dans le cadre du développement des énergies douces et en particulier des énergies éoliennes dans le pays. Elle soutient trois projets de recherches concernant à la fois l'éolien marin et terrestre.

« C'est dans le cadre du volet « énergie » de son deuxième Plan d'appui scientifique au développement durable (PADD2) que notre administration est impliquée dans ce domaine », explique Anne Fierens, qui gère ces dossiers rue de la Science.

De 2001 à 2003, un premier budget a été consacré à l'éolien *offshore*. Il s'agissait d'un projet coordonné par le bureau 3E (Bruxelles) et qui impliquait des équipes issues des universités de Louvain et de Gand. Son objectif : évaluer les ressources éoliennes de notre plateau continental en y analysant le potentiel géologique et géotechnique, les zones d'exclusion (navigation, usage socio-économique, restrictions environnementales ...) ainsi qu'en dressant un cadastre des régimes des vents. Un autre volet de ce projet portait sur la capacité du réseau à haute tension belge d'absorber la production d'électricité d'un parc d'éoliennes *offshore*.

Le second projet soutenu par la Politique scientifique fédérale a démarré en 2003. Il vient de se clôturer (fin 2005). Toujours coordonné par 3E, il a été mené en partenariat avec l'Institut flamand pour la recherche technologique (le VITO à Mol), l'Université catholique de Louvain et l'Institut royal météorologique.

« Ce projet visait à améliorer les modèles de prédiction des vents disponibles en faisant l'analyse des données à notre disposition, par exemple celles collectées depuis des décennies par l'IRM, mais aussi en tenant compte de paramètres jouant un rôle sur les vents à terre, comme le relief, la rugosité du terrain ... Ce projet concerne autant l'éolien en mer qu'à l'intérieur du pays », ajoute Anne Fierens.

## Ambitions (industrielles) européennes

L'Association européenne pour l'énergie éolienne (European Wind Energy Association, EWEA) regroupe principalement les industriels du secteur mais aussi des instituts de recherches et des associations.

Elle a une vision globale de la situation de l'éolien en Europe. Dans son dernier essai de prospective, l'EWEA affiche des objectifs industriels ambitieux. D'ici 2010, l'association estime réaliste l'installation d'une capacité de production électrique de 75.000 MW en Europe, dont 10.000 MW en mer. Et d'ici 2020, ce seraient pas moins de 180.000 MW qui pourraient être installés, dont 70.000 *offshore*... et tout ce que cela suppose comme bénéfices pour l'environnement et l'économie. Tendre vers de tels objectifs, jugés réalistes par l'EWEA, revient à découpler le potentiel industriel actuel, y compris en matière d'emplois.



L'EWEA:  
[www.ewea.org](http://www.ewea.org)

## La Wallonie « turbine »

*Les parcs éoliens ne sont pas une exclusivité du nord du pays. Au sud aussi le vent séduit.*

*La Wallonie produit déjà de l'électricité à partir du vent comme en témoignent les nombreux parcs éoliens déjà installés. Et ce n'est pas terminé !*

*Fin 2005, l'Administration wallonne a donné son feu vert à un nouveau projet qui sera localisé à Warsage (Dalhem), en province de Liège. Le permis unique porte sur l'installation de quatre éoliennes de 2 MW. Alors que la demande initiale portait sur cinq pieds éoliens, elle a été ramenée à quatre afin tenir compte des remarques et observations de l'administration et de certains riverains.*

*À Villers-la-Ville, un parc d'une puissance de 16 MW (huit éoliennes de 2 MW chacune) sera opérationnel en octobre de cette année et devrait fournir de l'électricité à 10.000 ménages. Ce sera par ailleurs le plus grand parc de ce type en Wallonie qui poursuit son programme éolien mis en place sous la législature précédente : des 23 MW installés en juin 2004, on compte dorénavant un total de 150 MW autorisés (soit la couverture de la consommation de 92.000 ménages).*

*L'objectif de la Région wallonne est d'atteindre une production d'électricité de 370 GWh (environ 150 éoliennes) en 2010, à partir d'éoliennes installées sur son territoire.*

*C'est sans doute honorable mais encore bien en deçà du potentiel total en Wallonie tel que formulé dans le « Memorandum pour les énergies renouvelables 2004 - 2009 » proposé par l'APERRE, une association indépendante qui œuvre au développement des énergies renouvelables.*

*Selon ses calculs, la Wallonie pourrait accueillir d'ici 2020 quelque 1.500 MW en harmonie avec les critères d'aménagement du territoire. Soit une production de 3.000 GWh.*

*Des chiffres à mettre en relation avec le projet offshore du Thorntonbank. Une fois construite, la ferme éolienne en mer produira de 710 GWh à 1.000 GWh. Selon les estimations de ce même mémorandum, le potentiel éolien en mer du Nord, dans nos eaux territoriales, serait de quelque 24.000 GWh.*



*L'APERRE :*

*[www.apere.org](http://www.apere.org)*

*L'Administration de l'énergie de la Région wallonne : [energie.wallonie.be](http://energie.wallonie.be)*



## Écologie marine

Enfin, le troisième projet de recherche, issu du volet « mer du Nord » du PADD2 concerne aussi l'éolien marin, même s'il est quelque peu périphérique à la problématique de la production d'électricité.

« Il est toutefois d'un grand intérêt en ce qui concerne une autre facette du « développement durable » puisqu'il s'agit d'évaluer indirectement l'impact d'un parc d'éoliennes en mer sur la biodiversité », précise notre interlocutrice.

Ce projet est diligenté par l'Université catholique de Louvain (Unité de biologie animale / département de biologie) et il implique des équipes de l'Institut royal des sciences naturelles (département des vertébrés), de la section de biologie marine de l'Université de Gand, de l'Institut flamand pour la mer (VLIZ) et l'Unité de gestion du modèle mathématique de la mer du Nord.

Ce projet, qui s'achèvera cette année, étudie la faune et la flore établies près de cinq épaves immergées au large

de nos côtes. Globalement, nos fonds marins sont plutôt sableux. Et la faune qui y vit est bien connue de nos chercheurs. Il n'en va pas de même pour les zones à épaves (voir *Science Connection* # 02, p 15). Les épaves, ou toute autre structure solide reposant sur les fonds marins, offrent un environnement complexe à la faune et à la flore marine. Ces îlots hébergent une faune bien différente de ce que nous rencontrons sur les fonds sédimentaires. Mieux connaître leur impact sur la biodiversité est donc important. Par extension, ces connaissances nous indiqueront aussi l'impact que pourront avoir les parcs *offshore* sur la biodiversité.

## Un rendez-vous à ne pas manquer

Dans le secteur de l'énergie éolienne, l'avenir se dessine déjà à la Politique scientifique. Dès ce mois de février, un nouvel appel à projets « Énergie » va être lancé dans le cadre du plan d'appui scientifique au développement durable. Il permettra de financer des projets de recherches s'étendant sur deux et/ou quatre ans.

Christian Du Brulle

## L'énergie éolienne ? Mais c'est du « solaire » voyons !

Générer de l'électricité au départ de l'énergie éolienne, c'est avant tout une histoire de... Soleil ! Aussi surprenant que cela puisse paraître, c'est bien de notre étoile que provient l'essentiel de toute l'énergie disponible sur Terre. L'éolien n'échappe pas à la règle, comme nous le rappelle Windpower, l'association danoise de l'industrie éolienne qui promeut ce type d'énergie renouvelable, notamment via un site internet particulièrement didactique ainsi que multilingue (en danois bien sûr, mais aussi en anglais en français et en espagnol) sur le sujet.

Le soleil émet chaque heure quelque 174.423.000.000.000 kilowatts d'énergie en direction de notre planète. Environ un à deux pourcents de l'énergie émise par le Soleil est convertie en énergie éolienne.

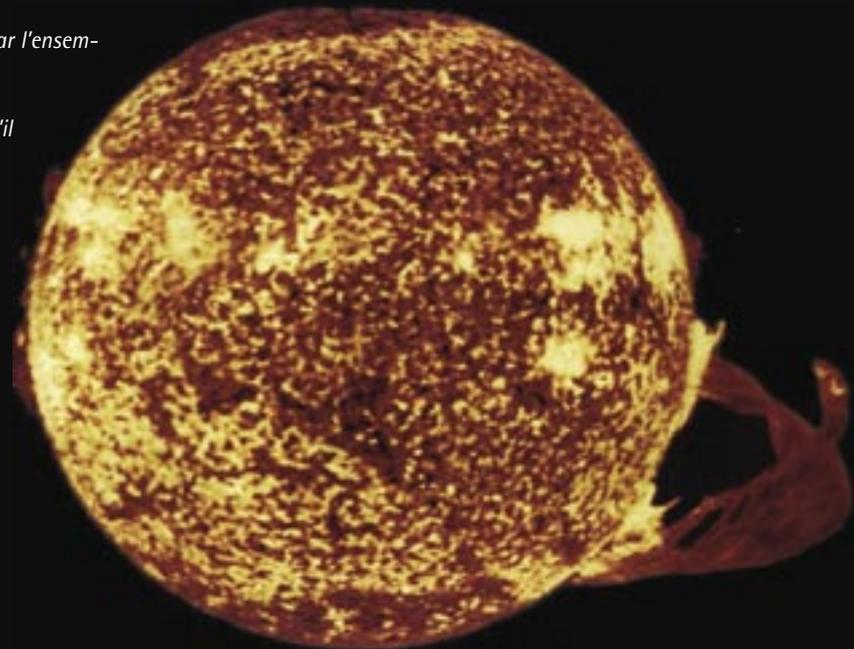
C'est entre 50 et 100 fois plus que l'énergie transformée en biomasse par l'ensemble des végétaux de notre planète !

Le soleil réchauffe les régions situées autour de l'équateur bien plus qu'il ne réchauffe les autres parties du globe.

Avec une densité plus faible que l'air froid, l'air chaud s'élève jusqu'à une altitude d'environ 10 Km. Ensuite il s'étend vers le nord et le sud. Si la Terre ne tournait pas, les courants d'air iraient jusqu'aux pôles avant de redescendre (suite au refroidissement) et de retourner à l'équateur.



Windpower :  
[www.windpower.org](http://www.windpower.org)



Brabant wallon • Bruxelles • Hainaut • Liège - Luxembourg • Namur

# SCIENCES EN TÊTE

**Du 13 au 19 mars 2006**



Bientôt le printemps. Et voilà déjà le retour du *Printemps des Sciences* avec ses animations, ses expériences, ses expositions interactives. Le Printemps des Sciences, c'est la fête des sciences, une occasion unique de susciter des vocations chez les jeunes ou d'expliquer le monde et la vie au grand public. Le thème de l'année se rapporte au cerveau, un voyage passionnant au cœur de la pensée, de l'intelligence et de la créativité. Le Printemps des Sciences, c'est avec la participation des universités et des hautes écoles de la Communauté française. Toutes les activités sont gratuites. Programme complet, inscriptions et infos pratiques sur : **[www.printempsdessciences.be](http://www.printempsdessciences.be)**

**printemps des sciences**

Avec le soutien de la Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique



# Van Rysselberghe

## s'expose au Palais des beaux-arts de Bruxelles

Fidèle à la tradition de ses grandes expositions monographiques, le Palais des beaux-arts présente près de 200 œuvres du peintre belge Théo Van Rysselberghe (1862 – 1926), chef de file, avec Seurat et Signac, du mouvement néo-impressionniste.

La rétrospective *Théo Van Rysselberghe* mêle aux icônes du peintre (*La Fantasia*, portraits de Maus et de Verhaeren, *Barques sur l'Escaut* ...) ses œuvres moins connues, inédites ou que l'on croyait perdues. L'exposition devrait s'ouvrir ainsi sur les deux tableaux que Van Rysselberghe avait présentés au premier salon des XX et dont un pendait tout bonnement dans la bibliothèque des sciences humaines de l'ULB! Le commissaire de l'exposition, Olivier Bertrand, nous le confirme : « *L'enjeu, c'est de présenter le peintre sous son meilleur jour et sous un jour nouveau* ». À cette occasion, l'artiste se dévoilera sous toutes ses facettes – peintre, aquafortiste, illustrateur, sculpteur, voire créateur de meubles – et sera confronté à ses contemporains, comme Seurat, Signac ou Khnopff.

### Théo Van Rysselberghe vivait dans la clarté

Sublime exemple de néo-impressionnisme, la facture des toiles de Théo Van Rysselberghe a parfois pâti de son « modernisme académique ». Un paradoxe pour celui qui gravitait autour du Groupe des XX et de l'avant-garde.

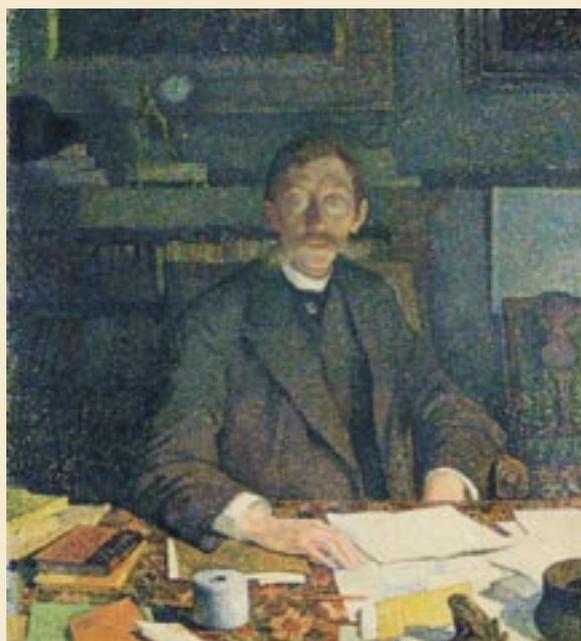
On peut comprendre l'attachement de Gand à célébrer, en 1962 et 1993, l'enfant du pays. Mais pourquoi Bruxelles n'avait-elle consacré jusqu'à ce jour de rétrospective à Théo Van Rysselberghe ? Après tout, la beauté de ses couleurs, la sûreté de la touche et le miroitement de sa lumière rayonnent dans l'histoire du néo-impressionnisme. Déjà à l'époque, son ami Émile Verhaeren voyait en lui le chef de file de ce mouvement pictural après la mort de Seurat. N'empêche, le peintre s'impose peut-être avec moins d'évidence qu'Ensor, Khnopff ou même Rik Wouters qu'Olivier Bertrand avait d'abord choisi d'exposer.

Robert Hoozee, qui signe le catalogue de la dernière rétrospective Théo Van Rysselberghe à Gand, en cherche la cause dans le « modernisme académique » qui voilerait l'exceptionnelle façon du peintre. « *On ne*

*décèle dans son œuvre aucune trace de marginalité et la réalité sociale n'y apparaît que rarement* », écrit-il. « *Van Rysselberghe peignait une image distanciée et respectueuse d'une certaine élite sociale, milieu dans lequel il vivait lui-même et auquel appartenaient également ses amis artistes. (...) La retenue presque aristocratique et l'étiquette de classicisme de l'art de Van Rysselberghe constituent en eux-même un phénomène remarquable et quelque peu énigmatique* ».

### « Mais la couleur, mon bon, la couleur que ça a ! »

Robert Hoozee met le doigt sur le paradoxe d'un artiste qui semble perpétuer le classicisme figuratif alors même qu'il gravite autour des artistes de l'avant-garde dès qu'il quitte l'Académie de Bruxelles. L'exposition s'ouvrira sur les deux tableaux que Van Rysselberghe avait présentés au premier salon du Groupe des XX, en 1884, devant une bourgeoisie choquée par les traits impressionnistes de Monet et de Renoir. « *Il n'hésite pas non plus, dès 1882 et à trois reprises, à partir au Maroc, à une époque où cela représente une véritable expédition* », explique Olivier Bertrand. Sa correspondance trahit une propension à l'autocritique, à l'ironie, au manque de confiance en soi ; voire une certaine impuissance à maîtriser des sensations



*Emile Verhaeren dans son cabinet (rue du Moulin), 1892.  
Huile sur toile 85 x 75 cm  
© Bibliothèque royale de Belgique*

visuelles débordantes. Aussi, la découverte à Paris de la technique pointilliste de Seurat s'impose-t-elle à lui, à la fin des années 1880. « *La division des couleurs locales en taches de couleurs pures, la technique du pointillé et surtout la rigueur de la technique de composition qu'imposait le classicisme de Seurat avait atteint Van Rysselberghe au plus profond de son besoin d'ordre et de stabilité* », écrit encore Robert Hoozee, citant l'enthousiasme du peintre, en 1888, dans une lettre à Verhaeren : « *Mais la couleur, mon bon, la couleur que ça a ! De la boue multicolore séchée au soleil – des blancs sales, des excréments variés au possible – et de ci de là, (et combien à propos !) une belle tache bleu outremer, rouge écarlate, violet doré, bleu fin ; quelques éclats de bronze et de vert vif, et voilà – Mais si compliqué qu'il ne faut pas songer à la rendre* ».

### « Il vivait dans la clarté »

Pour Hoozee, ses marines et ses paysages se résument à des images typiques de la nature ; la figure humaine est dans son oeuvre ramenée à un type. Après sa période pointilliste, qui culmine avec *La Promenade* (1901), *La Lecture* d'Émile Verhaeren (1903) ou *Le Thé au jardin* (1904), Théo Van Rysselberghe en revient à

un impressionnisme plus traditionnel, non exempt d'influences fauves. « *Il est lui-même devenu bourgeois* », dira Olivier Bertrand. Mais que l'on ne se méprenne pas : la force de la lumière et de la couleur qu'il a recherchée toute sa vie transcende ses toiles jusque dans sa dernière retraite, à Saint-Clair, dans le sud de la France, où il s'éteint en 1926. Vingt ans plus tard, sa femme dira de lui : « *Peu enclin aux retours sur soi, ne recelant du reste aucun fonds ténébreux, aucun repli secret, il vivait dans la clarté* ».

Xavier Flament



La rétrospective Théo Van Rysselberghe :  
[www.bozar.be](http://www.bozar.be)



Robert Hoozee et Helke Lauwaert, *Théo Van Rysselberghe néo-impressionniste, catalogue de l'exposition du Musée des Beaux-arts de Gand, Pandora, 1993.*

## La Fantasia dans les mains de l'IRPA

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Bruxelles apparaît comme un carrefour de cultures. Les mouvements artistiques avant-gardistes s'implantent dans la capitale. 1880. Théo Van Rysselberghe, jeune peintre appartenant à une famille intellectuelle et aisée de la bourgeoisie francophone de Gand, débarque à Bruxelles afin de poursuivre sa formation artistique à l'Académie des beaux-arts (où il s'inscrit immédiatement après Van Gogh) tout en se plongeant au cœur de cette ville bouillonnante. En 1883, lors d'une exposition consécutive à son premier voyage en Afrique du Nord, il fait la rencontre d'Émile Verhaeren qui le met en contact avec tout ceux qui comptent alors au sein des cercles de l'avant-garde bruxelloise. La même année, de concert avec Octave Maus, Van Rysselberghe est à l'origine de la création d'un groupe artistique au rayonnement international, Les XX (1884 – 1894), auquel succéda La Libre Esthétique, dissoute en 1914. Van Rysselberghe joue un rôle important dans l'un et l'autre groupe, en raison de ses multiples contacts avec des artistes étrangers. C'est ainsi qu'il fait venir Toulouse-Lautrec à Bruxelles en 1902, pour une exposition, après lui en avoir organisé une autre à Paris. Au cours de ses voyages, il tisse des liens à travers toute l'Europe. Il adhéra, par exemple, à la Sécession viennoise. Dès 1887, il réalise ses premières œuvres « divisionnistes ». Ce style s'appuie sur une des méthodes scientifiques, nées au XX<sup>e</sup> siècle, pour rendre les couleurs : des points de couleur placés les uns à côté des autres mènent à la perception d'autres teintes. Van Rysselberghe est généralement considéré comme un portraitiste exceptionnellement talentueux dans ce style pointilliste, expression souvent assez rigide, dans lequel il réalisa également une série de paysages et, finalement, son chef

d'œuvre, Une lecture. Une des raisons pour lesquelles ses peintures paraissent moins sévères tient au recours à des points de tailles variées, contrairement à un Seurat. À partir de 1908, il travaille d'une manière plus libre et, même si l'on peut toujours y voir les touches, sa peinture évolue vers une sorte de réalisme moderne, essentiellement axée sur la couleur et la lumière. Entre-temps, en 1898, il s'est installé à Paris. En 1911, son frère Octave lui construisit une maison à Saint-Clair, dans la région du Lavandou. C'est là qu'il mourra, en 1926, à l'âge de 64 ans, peignant jusqu'à ses derniers jours.

Van Rysselberghe a réalisé plusieurs grandes compositions, de « grandes machines » comme il les appelle, cette *Fantasia* étant la première du genre. La fantasia, le « Laab el-baroud » ou « jeu de la poudre », est une fête équestre populaire, en particulier au Maroc. Dans une lettre à Verhaeren du 15 mai 1884, Van Rysselberghe décrit son travail : « J'ai une soif dévorante de faire "quelque chose", je me sens un courage du diable – aussi je tanne ferme sur ma toile de la *Fantasia*. Je crois que cela marche. Mais je suis si peu certain de ce que je fais, que par moments je me demande si ce que je peins n'est pas absurde. [...] Ainsi dans ma *Fantasia*, je cherche un éclat de lumière et de couleur. Je voudrais qu'on sente dans ma toile qu'il fait chaud et qu'on est en fête »<sup>1</sup>.

Au revers de la toile, se répète une inscription en arabe, qui se traduit par « jeux de la poudre ».

Les autres « grandes machines » sont *L'heure embrasée* (1898, maintenant au musée de Weimar), *La lecture au jar-*

1 R. Feltkamp, *Théo Van Rysselberghe, 1862-1926, Bruxelles, 2003*, p. 32.



din (1902, Hôtel Solvay, Bruxelles) et Une lecture (Museum voor Schone Kunsten, Gand), œuvre-clé de Van Rysselberghe mais aussi profil de l'intelligentsia francophone au tournant du siècle.

En 1987, la Fantasia a été confiée à l'Institut royal du patrimoine artistique (IRPA) par les Musées royaux des beaux-arts de Belgique. Il s'agit d'une peinture à l'huile sur toile de lin (170 x 300 cm). Le support est tendu sur un châssis à clés agrémenté de deux traverses verticales et d'une horizontale. La toile de lin est enduite d'une préparation de ton légèrement grisâtre. La présence de dessin sous-jacent n'a pas été remarquée. La couche picturale est relativement épaisse, largement exécutée. Les empâtements et les coups de pinceaux-brosses visibles sont présents sur la quasi-totalité de la surface, quelques parties plus lisses ayant été appliquées au couteau à palette. Nous avons pu observer cette technique d'exécution sur d'autres œuvres du même artiste qui nous avaient été confiées, ainsi un Potier arabe et un Portrait d'Octave Maus (1885). Traité en 1984 à l'Institut, un Portrait de fillette (Musée d'art moderne et d'art contemporain, Liège), peint à l'huile sur toile de lin et daté à peu près de la même époque que les œuvres précitées, se différencie par une technique picturale plus légère et vive dans son application, utilisant le fond.

Le tableau présentait des dégâts sous forme d'incisions en forme de croix au niveau de la couche picturale et d'une petite déchirure d'environ 2 x 1,5 cm, située au milieu de la composition, lesquelles ont entraîné une perte de matière picturale et de petites déformations au niveau de la toile.

Localement, étaient visibles des soulèvements et écaillages de peinture. L'œuvre était recouverte d'une couche de crasse.

Le traitement a consisté à conserver les zones picturales fragilisées, ensuite à supprimer les petites déformations et coller fil-à-fil la déchirure. La couche picturale a été dégrossie et le revers du support dépoussiéré. Les lacunes locales ont été mastiquées et retouchées.

Erik Buelinckx / Dominique Verloo

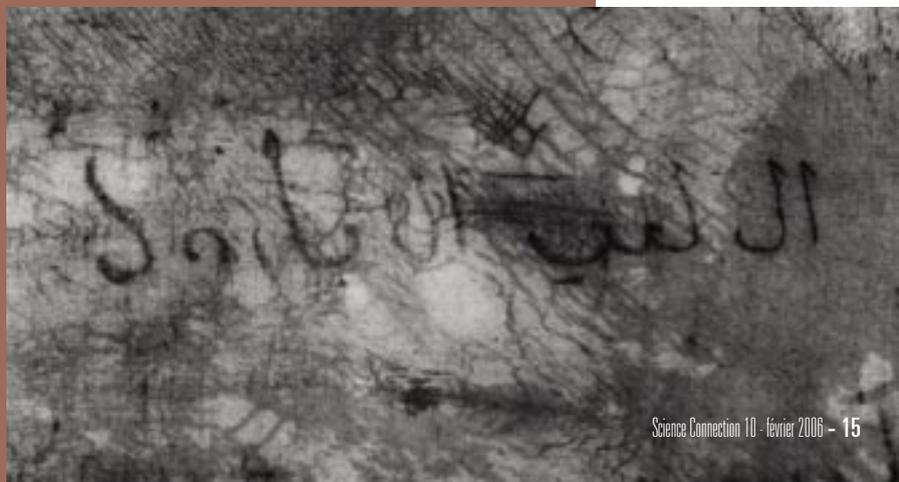


R. Feltkamp, Théo Van Rysselberghe, 1862-1926, Bruxelles, 2003.

R. Feltkamp, Théo Van Rysselberghe, 1862-1926. Catalogue raisonné, Bruxelles-Paris, 2003.

Théo Van Rysselberghe, Fantasia – Jeux de la poudre, signé et daté en bas à droite : Théo Van Rysselberghe Tanger 84. Huile sur toile, 170 x 300 cm (h x l), Bruxelles, Musées royaux des beaux-arts de Belgique, inv. 4139. © MRBAB / KMSKB

Revers : une des inscriptions arabes © IRPA / KIK



# Les Concerts Astoria ont 30 ans !

Le 20 octobre 2005, un splendide et émouvant concert de gala réunissait une vingtaine de musiciens venus fêter les 30 ans des Concerts Astoria et en particulier rendre hommage à leur ami Jerrold Rubenstein, un des fondateurs.

Au début de l'année 1975, Jerrold Rubenstein, jeune et talentueux violoniste américain installé en Belgique, organise un concert de musique de chambre dans les salons de l'hôtel Astoria. Animé de cet esprit enthousiaste, dynamique et entreprenant qui lui est propre et soutenu par le directeur de l'hôtel, il imagine une suite régulière à ce concert. Le succès est tel qu'avec l'aide de quelques mélomanes convaincus, l'asbl « Concerts Astoria Concerten » naît le 27 novembre de la même année. Achille Samoy, rédacteur au journal *Het Volk* en fut le premier président, le chevalier Jacques Leduc lui a succédé et Jerrold Rubenstein en est toujours le directeur artistique.

Grâce aux relations d'amitiés qu'il s'est construites tout au long de sa brillante carrière internationale, Jerrold Rubenstein a réuni, à l'occasion de plus de 1.200 concerts Astoria, de tout grands virtuoses belges et étrangers ainsi que de nombreux jeunes musiciens plein d'avenir, tels plusieurs lauréats du Concours Reine Elisabeth. On se souviendra par exemple du séjour d'Aram Katchatourian au cours duquel les trois dernières sonates qu'il écrivit avant sa mort furent créées en Belgique. Parmi celles-ci, la *Sonate pour alto solo* était une première mondiale hors URSS.

Depuis 30 ans donc, tous les dimanches à 11 heures, des concerts de musique de chambre de toute première qualité sont donnés dans le cadre exceptionnel de l'hôtel Astoria.

Très « Belle époque », fournisseur breveté de la Cour de Belgique, l'hôtel Astoria fait partie des plus anciens et des plus prestigieux hôtels de Bruxelles. Joëlle Goossens Bara - Devillers, l'actuelle propriétaire de l'hôtel, rappelle qu'à l'instigation de Léopold II qui souhaitait un palace sur la route de Laeken, et dans la perspective de l'Exposition universelle de 1910, son aïeul confia la transformation de

l'« hôtel Mengelle » à l'architecte H. Van Dievoet qui s'est inspiré du style « Beaux-arts ».

Dans le cadre de crédits culturels bi-communautaires qu'elle gère, la Politique scientifique fédérale soutient ponctuellement les Concerts Astoria dans la réalisation de ses objectifs. Il s'agit de promouvoir la musique classique et plus particulièrement la musique de chambre, d'assurer la promotion des jeunes artistes belges et étrangers prometteurs et de permettre la diffusion d'oeuvres de compositeurs belges.

Dans ce même cadre de la promotion de la musique, une intervention dans le cachet des artistes est également accordée à diverses associations ou manifestations comme la Semaine internationale de l'orgue, le Festival de musique belge contemporaine en la présence des compositeurs, ou encore les Concerts de midi.

Les « Concerts de midi », fondés par Sara Huysmans le 14 janvier 1948, ont pour ambition de mettre l'art musical à la portée de tous et de donner un aperçu historique du répertoire de musique de chambre, de la période baroque à la musique contemporaine avec une attention particulière aux œuvres de compositeurs belges.

En 1953, Sara Huysmans invita Dora van Creveld à siéger au conseil d'administration et lui en confia la présidence en 1955. Elle l'assura jusqu'en 1999. Ludo De Bie prit le relais durant deux ans pour le passer ensuite à Berthe Ingber. La direction artistique est assumée depuis 1990 par le pianiste Jozef De Beenhouwer. De nombreux artistes belges et étrangers contribuent tous les mercredis au succès des Concerts de midi à l'auditorium Carel et Dora van Creveld au Musée d'art ancien. Les lauréats du Concours Reine Elisabeth s'y produisent régulièrement.

**Francis Swennen**



Les Concerts Astoria :  
[www.astoria-concerts.be](http://www.astoria-concerts.be)

Les Concerts de midi :  
[www.concertsdemidi.be](http://www.concertsdemidi.be)

Le festival [Emergence] de musique belge contemporaine :  
[users.skynet.be/DANIELLE.BAAS/festival\\_2006\\_emergence\\_tt.htm](http://users.skynet.be/DANIELLE.BAAS/festival_2006_emergence_tt.htm)



# Les musées du bout du monde

Suite de notre nouvelle rubrique sur « nos homologues à l'étranger ». Nous nous rapprochons de Bruxelles pour nous rendre à Lyon, chef-lieu du département du Rhône.

Lyon, dont la naissance remonte au premier siècle avant J.-C, ancienne capitale des Gaules, attire, dès la fin des années 1600, de grandes foires et le développement de la banque y draine les commerçants de l'Europe entière. Puis l'élite mondaine, intellectuelle et artistique s'y installe.

L'expansion perdure aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, la soierie lyonnaise habille les belles et décore les riches intérieurs du monde entier.

Célèbre pour ses traboules (des passages secrets entre immeubles) et son tunnel routier généralement encombré lors des départs – et retours – en vacances, aujourd'hui Lyon est une métropole (elle fut la première ville à accueillir une gare TGV) dont les travaux d'urbanisme lui confèrent un cachet à la fois moderne, dynamique et respectueux du passé.

Pas moins de trente musées sont situés sur le territoire de l'agglomération, dont :

- Le Musée des beaux-arts occupe une ancienne abbaye (celle des Dames de Saint-Pierre) reconstruite au XVII<sup>e</sup> siècle avec un itinéraire de 70 salles, sur près de 7.000 m<sup>2</sup>, qui va de l'Égypte pharaonique à Francis Bacon ;
- Le Musée d'art contemporain, créé en 1995 sur le site de la Cité internationale, se répand tous les deux ans sur la ville en une biennale d'art contemporain ;

*Le Musée des tissus et des arts décoratifs.*  
© Musée des tissus et des arts décoratifs



*La maquette du futur Musée des confluences.*  
© Armin Hess – COOP HIMMELB(L)AU

- Le Musée d'histoire de Lyon et le Musée international de la marionnette (dit le Musée Gadagne), actuellement en rénovation (la réouverture est prévue en 2007). Une part de l'âme lyonnaise se concentre dans ce magnifique bâtiment Renaissance qui a abrité la famille Gadagnacci, célèbres banquiers florentins ;
- Le Musée des tissus et des arts décoratifs est, lui, exclusivement consacré aux tissus et à la mode. Le jouxtant, le Musée des arts décoratifs est un des rares musées « d'ambiance » en France : les objets et meubles présentés s'accordent au cadre et au plan d'un noble hôtel typique de l'âge classique ;
- Le Museum, dont l'origine remonte à 1772, dispose de nombreuses collections d'Afrique, d'Asie et d'Océanie et est situé boulevard des ... Belges. Partiellement fermé, il rouvrira en 2007 sous la dénomination de Musée des confluences : celles des sciences et des sociétés ;
- L'Institut Lumière, installé au cœur du quartier de Monplaisir, lieu historique où les frères Lumière ont inventé le cinématographe. À la fois salle de cinéma, bibliothèque et musée, l'Institut programme des séances de cinéma quotidiennes, des projections hors les murs et édite des livres de cinéma chez *Actes Sud*.



*Les musées de Lyon :*  
[www.lyon.fr](http://www.lyon.fr) > culture > musées



*Le jardin du Musée des beaux-arts.*

# Traquer les étoiles pour

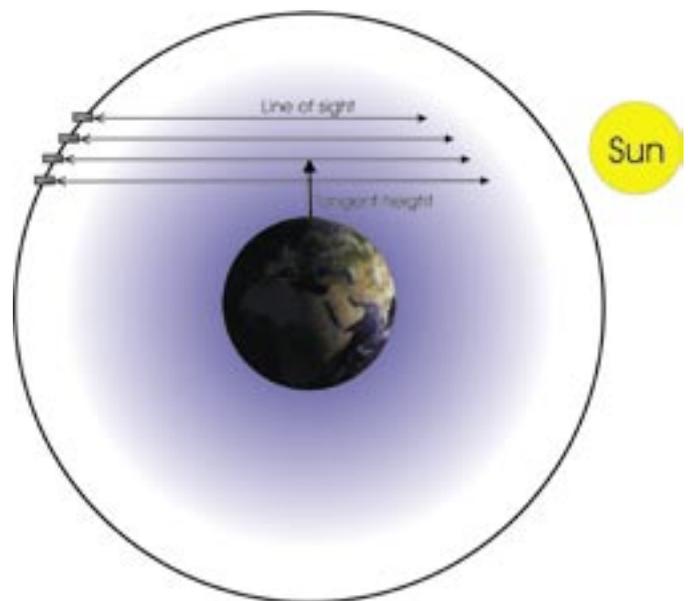
**N**ous avons tous une idée intuitive de ce qu'est notre atmosphère. Une mince pellicule gazeuse et ténue, dont la densité décroît avec l'altitude d'un facteur 5 tous les 10 Km. Ce fluide que nous respirons est très largement constitué d'azote et d'oxygène. S'y ajoute une famille de gaz en trace qui, bien que présents en quantités infinitésimales, peuvent interagir fortement avec le rayonnement solaire. L'ozone stratosphérique (15-45 Km d'altitude) en est le représentant le plus célèbre et son action de filtrage dans l'ultraviolet est indispensable pour la préservation de l'intégrité du patrimoine génétique des êtres vivants. Une question bien naturelle vient à l'esprit : comment mesurer ces gaz en trace ? Si on souhaite obtenir assez rapidement une telle mesure sur une échelle mondiale, il faudra la réaliser depuis l'espace. Parmi différentes techniques d'observation disponibles, celle du télé-sondage par occultation d'un astre est sans doute la plus élégante.

Il ne faut pas s'effrayer de ce concept car il est vraiment simple ! Et tout un chacun peut en saisir le principe rapidement. A midi, impossible de regarder le soleil à l'œil nu. Or, quelques heures plus tard, nous pouvons admirer un coucher de soleil rougeoyant... Ceci nous mène à deux conclusions directes :

- L'intensité apparente est plus faible en soirée et on peut le comprendre en imaginant que la lumière est plus atténuée qu'à midi puisqu'elle a parcouru un plus long chemin en oblique au travers des couches de l'atmosphère. Donc, la mesure de la variation de l'intensité lorsque le soleil se couche nous fournit déjà une information sur la colonne de gaz absorbateur et son augmentation apparente quand l'astre s'approche de l'horizon.
- Une deuxième observation s'impose : le soleil couchant est rouge et non plus jaune comme lors de son passage au méridien ! Cela est dû au fait que la diffusion de la lumière par de petites particules (ici en l'occurrence, les molécules d'air) est plus efficace dans la partie bleue que dans la partie rouge du spectre solaire. Résultat : la colonne de gaz supprime progressivement les composantes bleue, verte, jaune du rayonnement incident et seule la composante rougeâtre du spectre solaire parvient à notre œil. Ainsi la simple observation du déclin de l'astre nous renseigne déjà sur la nature et l'épaisseur de l'atmosphère !

Par ailleurs, l'efficacité de la suppression de la lumière selon la variation de la longueur d'onde (couleur) du rayon-

nement n'est pas toujours progressive. Certaines molécules absorbent le rayonnement dans une région étroite autour d'une longueur d'onde : on parle alors d'une raie d'absorption et son importance caractérisera la quantité de gaz présente entre notre œil et les confins de l'atmosphère. Le produit de cette quantité de gaz par son efficacité à absorber la lumière (mesurée en laboratoire) constitue l'épaisseur optique à la longueur d'onde considérée.



*Durant l'occultation, plusieurs mesures sont prises à différentes hauteurs tangentielles et permettent de retrouver la composition atmosphérique selon la verticale.*

Nous voici prêts pour appliquer la méthode depuis l'espace. Il suffit d'observer le Soleil en orbite à l'aide d'un spectromètre, instrument capable de mesurer l'intensité lumineuse à différentes longueurs d'onde utiles. Au fur et à mesure que l'instrument s'approche de l'éclipse, partie du globe où il fait nuit, sa ligne de visée qui définit la hauteur tangente rase de plus en plus près la surface terrestre : on observe en quelque sorte un coucher de soleil orbital également appelé occultation. D'un point de vue technique la méthode possède un avantage inestimable. En effet les instruments sont soumis à rude épreuve dans l'environnement spatial : les détecteurs vieillissent, l'optique s'opacifie, le bruit de fond devient capricieux... Et il est très difficile de réaliser une comparaison par rapport à une source lumineuse d'intensité connue. Heureusement, la méthode en occultation est auto-calibrante. Il suffit d'observer le Soleil hors atmosphère et d'y référer les mesures suivantes lorsque la hauteur tangente décroît : le rapport de ces intensités constitue la transmittance atmosphérique et donne un

# en créer de nouvelles !

accès direct à l'épaisseur optique recherchée. Evidemment, si on n'effectue qu'une seule mesure à une altitude tangente particulière, seule l'épaisseur optique obtenue le long de ce trajet optique est connue. Il suffit de répéter la mesure à maintes reprises lors de l'occultation pour obtenir les épaisseurs optiques à d'autres hauteurs tangentes. Celles-ci correspondent à des trajets optiques différents mais qui coupent les mêmes couches atmosphériques sous des angles variables. Un peu de traitement numérique des mesures permet de retrouver, par un processus mathématique appelé inversion, la quantité de gaz associée à chaque couche.

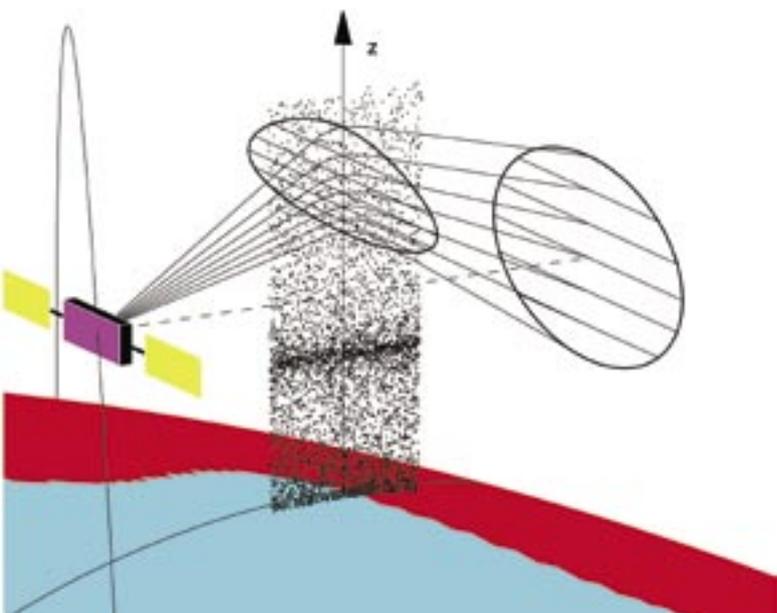
En 1992, l'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique (IASB) a embarqué sur le satellite européen EURECA le spectromètre ORA qui a mesuré plus de 6.000 occultations solaires pendant neuf mois. Quoique le processus

tels que l'ozone, le dioxyde d'azote, la vapeur d'eau ... L'IASB est reconnu pour son expertise en ce domaine et à ce titre, il est membre du *Solar Occultation Science Team* de la NASA.

Cependant la technique de l'occultation solaire a aussi ses limites ! En effet, à 800 Km d'altitude, la période de l'orbite est d'environ 100 minutes et ne permet donc qu'une trentaine d'occultations (levers et couchers) journalières. Et comme d'une révolution à l'autre, le Soleil a peu bougé, la latitude du point tangent reste presque constante tandis que sa longitude s'est déplacée d'environ 25 degrés. Selon l'inclinaison du plan orbital, il faut au moins deux mois pour assurer une couverture plus ou moins globale de la Terre, une fenêtre de temps peu compatible avec la résolution temporelle des modèles de transport chimique.

Que faire pour améliorer la fréquence d'échantillonnage de l'atmosphère terrestre ? On pourrait espérer un gain mineur en observant la Lune et les planètes. Mais à l'évidence, les étoiles et leur ubiquité céleste se révèlent les meilleures candidates. A tout moment de l'orbite, il y a des dizaines d'étoiles brillantes à observer : c'est la technique de l'occultation stellaire !

En 1988, l'Agence spatiale européenne (ESA) lança un appel à propositions pour développer un spectromètre à placer sur le satellite géant ENVISAT, la plus lourde plate-forme scientifique jamais lancée par elle. En compagnie de ses partenaires français du Service d'aéronomie du CNRS (Centre national de la recherche scientifique) et finlandais du *Finnish Meteorological Institute*, l'IASB se lança dans le projet ambitieux d'un spectromètre stellaire susceptible de mesurer l'évolution temporelle de la couche d'ozone à l'échelle mondiale. En anglais, le projet fut baptisé « *Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars* » : GOMOS était né !



*L'expérience ORA observait la totalité du disque solaire, déplacé et comprimé par la réfraction atmosphérique.*

d'inversion fût compliqué par le mélange de différentes hauteurs tangentes dans l'observation de tout le disque solaire, ORA s'avéra un réel succès couronné par de nombreuses publications scientifiques : il rendit possible la mesure unique des aérosols volcaniques dus à l'éruption du Pinatubo ainsi que la première climatologie du second maximum d'ozone dans la mésosphère à environ 90 Km d'altitude.

Au niveau international, une dizaine d'instruments fonctionnant en occultation solaire ont permis semblablement de suivre l'évolution d'importants gaz en trace



*L'instrument GOMOS et son miroir principal d'entrée.*

*Le doublet du sodium mésosphérique  
mesuré pour la première fois en occultation.  
Notez la petitesse de l'épaisseur optique  
(0.003).*

Suivirent de très longues années de préparation et de réflexion sur les meilleures algorithmes d'inversion capables d'extraire l'information géophysique de l'occultation d'étoiles omniprésentes, à la parfaite résolution verticale le long de la ligne de visée mais aussi bien moins brillantes et difficiles à détecter.

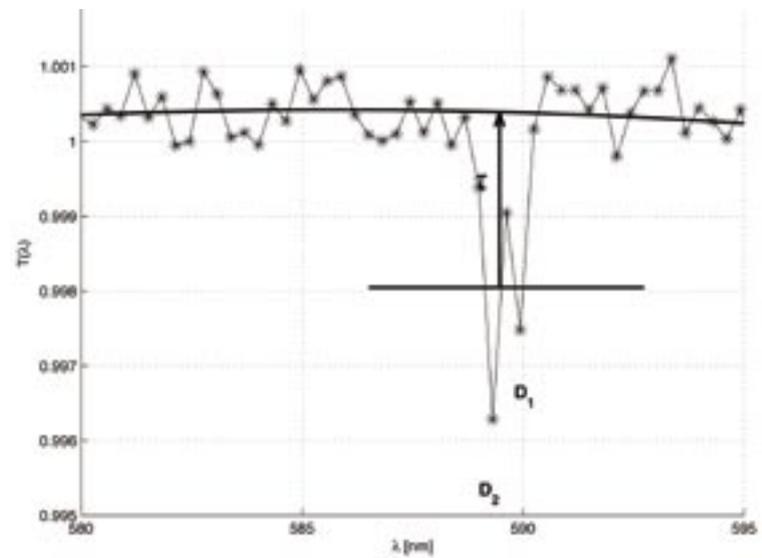
Il fallut aussi s'armer de patience devant le retard encouru par le lancement d'ENVISAT et de son lanceur ARIANE 5. Enfin, le 1<sup>er</sup> mars 2002, 14 ans après le démarrage du projet, GOMOS se retrouva prêt à fonctionner tandis qu'une tâche colossale l'attendait : environ un million d'occultations stellaires à mesurer durant les quatre années prévues de son espérance de vie.

Il y eut les avatars fréquents des expériences spatiales : des détecteurs moins sensibles qu'escomptés, l'usure prématurée du mécanisme de pointage nécessitant la commutation périlleuse vers le dispositif de secours... et d'autres incidents. Récemment encore, on crut GOMOS défunt au mois de janvier 2005, incapable de se tourner vers les étoiles choisies. L'acharnement des ingénieurs eut le dessus : au mois d'août, une correction logicielle ressuscita l'instrument !

Depuis quatre ans, notre équipe est engagée dans un travail considérable : analyser, valider, améliorer et interpréter toutes ces mesures en collaboration avec nos partenaires de Paris et d'Helsinki. Déjà de nombreuses publications dans les meilleures revues internationales ont vu le jour : elles concernent l'ozone bien sûr mais aussi les di- et tri- oxydes d'azote, les aérosols stratosphériques, les nuages polaires responsable du trou d'ozone et d'autres encore que nous ne pouvons énumérer ici.

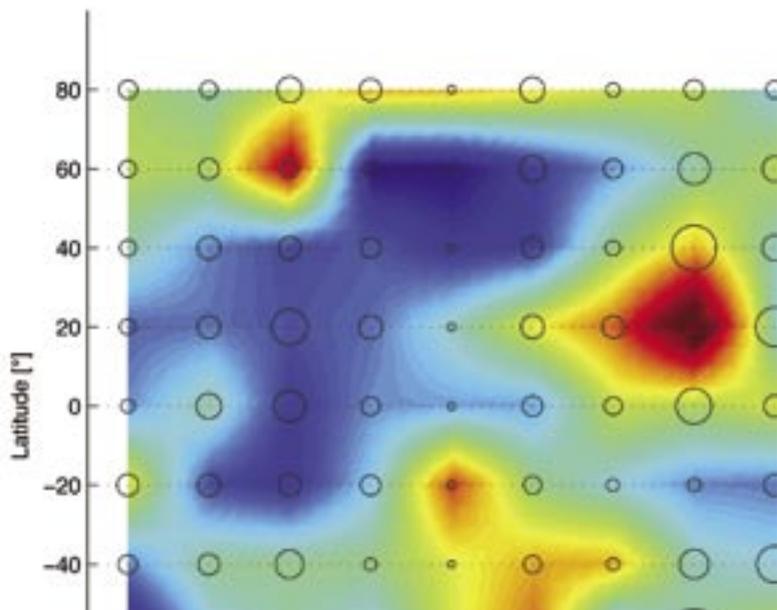
Si une expérience de l'envergure de GOMOS (200.000.000 d'euros !) ne s'improvise pas, il faut savoir qu'une partie de la recherche scientifique est par essence imprévue. En voici un bel exemple avec notre instrument ...

Il est du sens commun que les étoiles scintillent lorsque nous les observons depuis le sol. Cette scintillation est en fait un micro-déplacement rapide des rayons stellaires, aléatoirement distribué autour d'une position moyenne. C'est la turbulence atmosphérique qui est responsable de ce phénomène à l'instar de l'image trouble que l'on observe au-dessus d'une flamme. GOMOS possède un photomètre rapide pour suivre ces variations apparentes de l'intensité de l'étoile afin d'en corriger l'effet sur la transmittance mesurée. Cette correction est, dans certaines géométries d'observation, imparfaite. Notre groupe eut l'idée simple d'ajouter un grand nombre de spectres mesurés à l'intérieur de fenêtres de temps et de latitude : le bénéfice recherché était l'augmentation du signal par rapport au bruit et la disparition de la scintillation résiduelle, phénomène stochasti-



que de moyenne nulle. Surprise: deux infimes raies d'absorption étaient tout à fait visibles vers 590 nanomètres dans une couche atmosphérique de la mésosphère (environ 85 Km d'altitude). L'identification fut cependant aisée : il s'agissait d'une absorption par des atomes de sodium, à une longueur d'onde parfaitement identique à celle qui caractérise le rayonnement orange issu des lampes au sodium le long de nos autoroutes...

Qu'est-ce que cette couche de sodium mésosphérique ? La preuve éclatante que notre Terre est bombardée quotidiennement par des dizaines de tonnes de météorites, riches en ce métal, et qui finissent vaporisées en étoiles filantes. Cette strate atmosphérique assez lointaine semblerait n'être qu'une curiosité réservée à un cercle restreint de chercheurs en géochimie du système solaire. Ce sont nos collègues astronomes qui ont donné une valeur inattendue à la couche de sodium, au départ de leur difficulté à résoudre la séparation angulaire entre de très lointains et pâles objets de l'univers. La turbulence atmosphérique est un problème majeur pour les grands télescopes terrestres : l'augmentation du diamètre du télescope n'y fait rien, le front d'onde du rayonnement incident arrive tout bosselé alors qu'il devrait être plan. Cependant, on peut analyser à grande vitesse ce front d'onde dans le télescope et corriger efficacement l'effet de scintillation par l'entremise d'une informatique puissante et du pilotage de déformations instantanées d'un miroir : c'est l'optique adaptative. Mais évidemment, les objets lointains ne nous envoient pas assez de photons pour réaliser cette correction. Il faut donc une étoile brillante de référence à côté de l'objet à observer. On analysera la scintillation de celle-là et on appliquera la même correction à l'objet lointain. Malheureusement le ciel est vaste et il y a finalement peu d'étoiles assez brillantes pour servir de référence. Une élégante idée pour contourner le problème est de créer... une étoile artificielle ! Pour ce faire, un faisceau laser accordé sur la longueur d'onde de la transition du sodium envoie une impulsion puissante vers le zénith. À 85 Km d'altitude, les photons sont absorbés par les atomes et réémis vers le bas, comme issus d'une tache ponctuelle. L'analyse du front d'onde perturbé par la turbulence est donc possible en tout point de ciel et la correction d'optique adaptative applicable. Quelques laboratoires dispersés seulement avaient été capables de



La première carte mondiale jamais réalisée de la colonne de sodium mésosphérique (exprimée en atomes par  $\text{cm}^2$  vers le zénith).

mesurer la densité de la couche de sodium. Grâce aux résultats de GOMOS, notre équipe a récemment publié la première carte mondiale de la couche de sodium mésosphérique, sympathique mariage de la recherche pure sur la composition de la mésosphère et de la recherche appliquée qui se sert des étoiles pour en créer d'autres...

**Didier Fussen**



La mission GOMOS

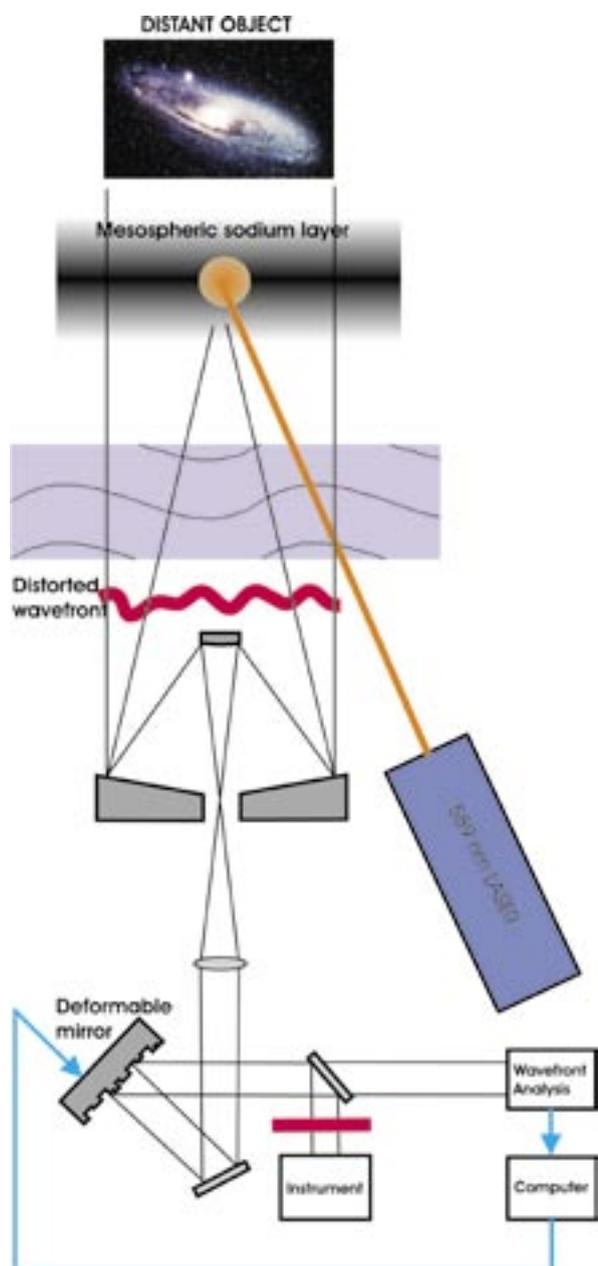
[envisat.esa.int/instruments/tour-index/gomos/](http://envisat.esa.int/instruments/tour-index/gomos/)

D.Fussen et al., *Global measurement of the mesospheric sodium layer by the star occultation instrument GOMOS*, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L24110, doi:10.1029/2004GL021618, 2004



1983 doctorat en physique des collisions atomiques (Université catholique de Louvain)

1988 Institut d'aéronomie spatiale de Belgique. Chef de travaux agrégé depuis 1998 et chargé de cours invité à l'UCL



En créant une source ponctuelle de lumière dans la mésosphère, on peut l'utiliser comme étoile virtuelle afin de corriger la turbulence atmosphérique qui perturbe l'observation fine d'objets lointains.



L'équipe GOMOS (de g. à dr.) : Filip Vanhellemont, Nina Mateshvili, Jan Dodion, Christine Bingen et Didier Fussen



Poids de gage en fonte (v. 1600)

# Va-t-on perdre le kilo?

Les premiers poids et mesures ont été utilisés dès l'Antiquité à des fins commerciales. À cette époque, il n'était pas question d'uniformité puisque chaque région possédait ses propres unités. Et quand bien même elles portaient un nom identique, elles différaient par leur masse. Ainsi, la livre de Venise valait-elle 9.216 grains alors que celle de Paris en valait 9.456. Pourquoi ? Simplement parce que dans la cité des doges, le référent est le froment alors qu'à Paris, il s'agit de l'orge, plus lourd. Chez nous, dans ses *Tables à l'usage des ingénieurs, pour abrégé et faciliter les calculs*, E. Girard, note, en 1841, que si 16 onces valent 467,7 grammes à Bruxelles et à Nivelles, elles en valent 470,2 à Anvers et à Liège ; 467,1 à Charleroy (sic) et à Liège ; 430,6 à Tournai mais plus que 430 à Dixmude.

Mieux, des différences apparaissaient aussi en fonction des corporations et de l'objet à peser.

Cette multiplicité engendrait de nombreuses difficultés, notamment en matière administrative ou dans le domaine scientifique. Diverses tentatives d'uniformisation, que l'on devine complexes, sont menées. Ainsi, en l'an

789, Charlemagne crée un étalon de masse qui sera identique à celui de la monnaie puisqu'on pesait celle-ci (d'où l'expression « monnaie sonnante (à cause du cliquetis dans la bourse) et trébuchante (le trébuchet étant une petite balance portable)). Il s'agit de la pile de Charlemagne.

Une copie de la pile, qui date de 1668, est toujours conservée au Musée national des techniques du Conservatoire national des arts et métiers, à Paris. En laiton, elle comporte un boîtier de 20 marcs (un marc équivaut à une demi-livre ou à huit onces) puis onze godets s'emboîtant les uns dans les autres dont les poids, en décroissant, sont de 14, 8, 4, 2 et 1 marc, puis de 4, 2 et 1 once, et enfin de 4, 2 et 1 gros (un gros représente un huitième d'once), et en dernier lieu, un poids plein de un gros. L'ensemble représente une masse totale de 50 marcs ou 25 livres, permettant de réaliser toutes les comparaisons de poids entre un gros et 50 marcs.

« C'est la Révolution française qui imprime les premiers pas de l'uniformisation », rappelle Jacques Nicolas, directeur du service Étalonnage du SPF « Économie ». En effet, en



Le vérificateur  
des poids et mesures

1793, le grave (du latin « *gravis* », qui signifie lourd) est défini comme étant la masse d'un décimètre cube d'eau distillée à la température de la glace fondante. Encore fallait-il pouvoir quantifier précisément ce volume... Ses dérivés sont le bar ou millier (1.000 kilogrammes), le décibar (100 kilogrammes), le centibar (10 kilogrammes), le décigrave (100 grammes), le centigrave (10 grammes), le gravet (1 gramme), le décigravet, le centigravet et le milligravet.

Six ans plus tard, en 1799, le grave est remplacé par le kilogramme alors que l'expression « glace fondante » fait place à « 4 degrés centigrade », soit le maximum de la masse volumique de ce liquide.

A l'occasion d'expositions universelles, comme Londres en 1851, Paris en 1855 et 1867, les avantages du système métrique commencent à être appréciés à l'étranger. L'usage d'étalons définis avec soin, universels et invariables s'impose au cours de cette fin de XIX<sup>e</sup> siècle. C'est ainsi que, le 20 mai 1875, dix-sept Etats – dont la Belgique – signent, à Paris, la Convention du mètre. Cette dernière confère à la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), au Comité international des poids et mesures et au Bureau international des poids et mesures l'autorité pour agir dans le domaine de la métrologie mondiale et pour apporter la preuve de l'équivalence entre les étalons des différents pays.

En septembre 1889, lors de la première Conférence générale des poids et mesures, les prototypes internationaux sont placés dans le célèbre pavillon de Breteuil, à Sèvres, ... où ils demeurent toujours, conservés dans un caveau à plusieurs mètres sous terre, dans une atmosphère pratiquement invariable, à l'abri des poussières. La masse des étalons n'a probablement pas beaucoup varié en plus d'un siècle. Les seules manipulations qu'ils subissent – une fois tous les trente ans, environ – sont celles réalisées pour les étalonnages.

Chaque pays adhérent à la CGPM a reçu au moins une copie. « *La Belgique en possède deux, conservées dans un coffre* », confie Gérard Bairy, au même service Étalonnage.

Désormais, le kilogramme se définit comme étant la masse d'un cylindre de platine iridié (90 % de platine

## Masse ou poids ?

*La confusion est fréquente. Quelle est la différence entre la masse et le poids ?*

*La masse d'un objet mesure la quantité de matière qui constitue cet objet. Quel que soit l'endroit où il se trouve dans l'univers, la masse de l'objet est invariable. L'unité de masse est le kilogramme.*

*Le poids mesure, lui, la force d'attraction qu'exerce un astre sur un objet. Cette force d'attraction sera d'autant plus grande que l'astre aura une masse élevée. Ce qui signifie que le poids d'un objet varie donc dans l'univers et dépend de l'astre où il se trouve. Le poids s'exprime en Newton (N).*

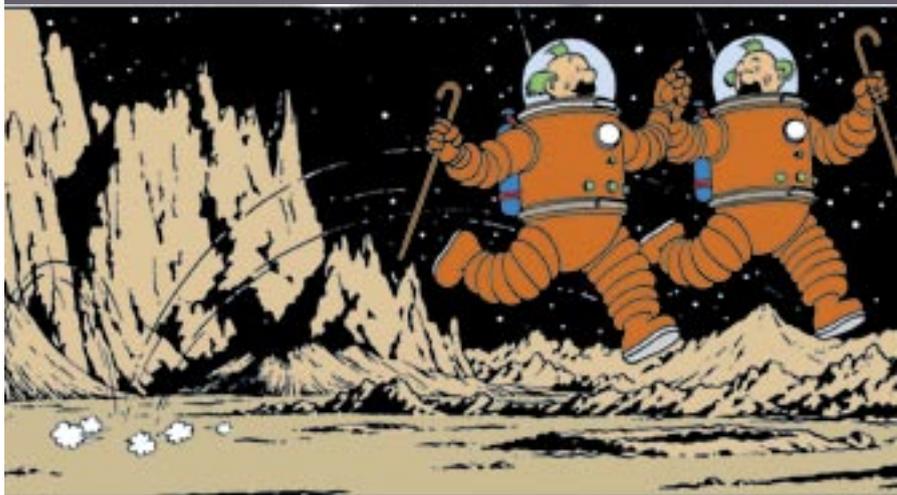
*Masse et poids, grandeurs différentes, sont cependant reliées par la formule suivante : poids = masse x g, où g, égal à  $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$  sur la Terre, représente l'intensité de la pesanteur.*

*A la question « Combien pesez-vous ? », il faudrait donc répondre : « Mon poids, sur Terre, est de 686,7 newtons et ma masse est de 70 kilogrammes ».*



Espace d'expériences, Elke et Wim Delvoey, Manuel Paiva, Politique scientifique fédérale, 2004 (un livret et un cédérom)

*g étant environ six fois inférieure sur la Lune (1,67 N/kg) que sur la Terre, le poids des Dupont et Dupond est donc divisé par six sur l'astre lunaire (mais leur masse reste inchangée ...).*



© Hergé / Moulinsart 2006



La masse se mesure grâce à une balance

niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Des recherches sont donc en cours afin de « dématérialiser » l'étalon de masse. « On constate une certaine émulation entre pays, en particulier l'Allemagne, l'Angleterre, les États-Unis, la France, l'Italie, le Japon et la Suisse », note Jacques Nicolas, « et c'est à qui parviendra à réaliser sa définition du kilogramme ». « D'ailleurs », poursuit-il, « la métrologie, actuellement, embrasse bien plus que les mesures physiques classiques: elle s'étend à des domaines liés à la santé publique, aux nanotechnologies, à l'environnement, ... Elle participe réellement des besoins techniques et industriels d'un pays ». Les opérations liées aux mesures représentent de 4 à 6 % du PIB dans les pays industrialisés de l'Union européenne. Des études économiques ont été menées dans différents pays notamment au Royaume-Uni et au Canada. Le facteur d'amplification a été estimé à 130 pour 1 chez le premier et le retour sur investissement à environ 13 pour 1 chez le second.

pour 10 % d'iridium) de hauteur égale au diamètre, soit 39 mm, afin de minimiser sa surface et donc les risques d'altération.

En 1901, la définition du kilogramme, vieille déjà de dix-sept ans, est confirmée en tant qu'unité de masse et non de poids. Cette définition est d'ailleurs reprise à l'article 3 de la loi du 16 juin 1970 sur les unités, étalons et instruments de mesure.

Naguère, la vingtième CGPM a invité les différents laboratoires nationaux à réfléchir à une nouvelle définition de l'unité de masse fondée désormais sur des constantes fondamentales ou atomiques.

En effet, aujourd'hui, le kilogramme est la seule grandeur toujours représentée par un étalon matériel, alors que le mètre est égal au trajet parcouru par la lumière en  $1/299.792.458^{\circ}$  de seconde, elle-même définie, depuis 1967, comme la durée de 9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux

Parmi les recherches, citons en trois. La première, dite « balance du watt », consiste à effectuer la comparaison d'une puissance mécanique à une puissance électromagnétique.

La deuxième méthode se base sur la constante d'Avogadro et tente de compter le nombre d'atomes contenus dans une sphère de silicium. « Nous ne participons pas à ces travaux », se désole Gérard Bairy, « car nous n'avons pas les moyens humains nécessaires ; en outre, on n'enseigne pratiquement nulle part dans ce pays la métrologie ... ».

Enfin, la troisième voie vise à faire correspondre le kilogramme à la masse une quantité déterminée d'atomes de l'un ou l'autre élément, accumulés sur un collecteur au moyen d'un faisceau d'ions de cet élément. Au stade actuel, cette méthode est la moins précise des trois.

## Dans la grande famille des unités ...

Bien que le kilogramme soit l'unité légale de référence, d'autres, n'appartenant pas au système international, sont encore légalement utilisées dans des secteurs spécifiques comme celui de la joaillerie (le carat (métrique) = 0,2 gramme et dont l'abréviation légale est Kt ou ct).

Sans oublier les degrés Celsius et Fahrenheit ; le litre, le gallon (anglais = 3,78 litres ; américain = 4,55 litres) et le baril (36 gallons anglais et 42 gallons américains) ; le mètre, le mille (1.852 mètres), l'encablure (= 120 brasses = 196 mètres), le pied (0,3048 mètre) et le pouce (2,54 centimètres).

Du côté des volumes, le mètre cube côtoie le stère (du grec « στερεος », qui signifie solide), expression utilisée uniquement pour le bois de chauffage empilé et la charpente.

Les agents de change jonglent, eux, avec les \$, £, € et autres ¥ ... alors que les calendriers sont grégoriens, romains, liturgiques, orthodoxes, juliens, chinois, solaires, lunaires ou luni-solaires ...

Le kilogramme alors défini avec une précision supérieure, serait reproductible en tous lieux sans passer par la comparaison avec l'étalon que les manipulations et les réactions physico-chimiques en surface avec l'air ambiant, certes peu nombreuses, altèrent probablement avec le temps. Une détermination plus précise de ces variations aura certainement lieu dans les prochaines années « *mais ce n'est pas dans l'immédiat* ».

**Pierre Demoitié**



*Le Service de métrologie en Belgique :  
[www.mineco.fgov.be](http://www.mineco.fgov.be) > régulation du marché > métrologie*

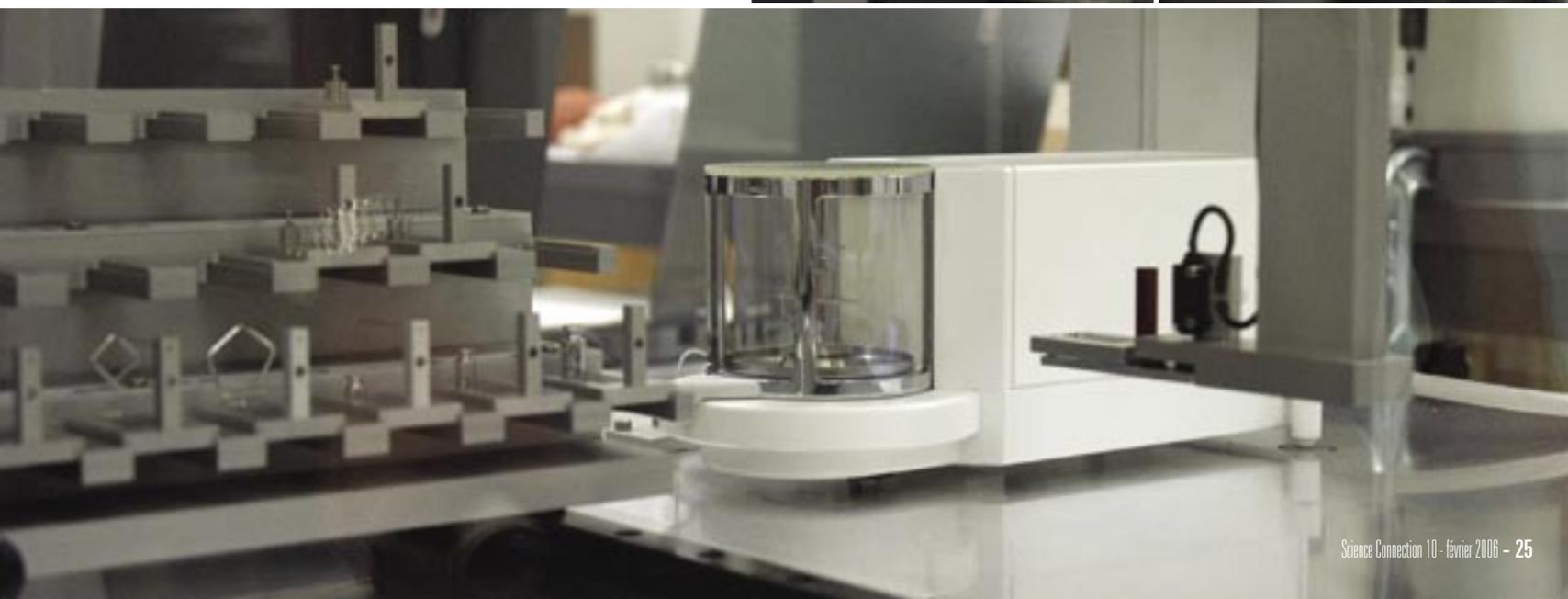
*L'Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM):  
[www.irmm.jrc.be](http://www.irmm.jrc.be)*

*Le Bureau international des poids et mesures :  
[www.bipm.fr](http://www.bipm.fr)*

*L'Organisation internationale de métrologie légale :  
[www.oiml.org](http://www.oiml.org)*

*Euromet (European collaboration in measurements standards):  
[www.euromet.org](http://www.euromet.org)*

*Le laboratoire d'étalonnage du SPF « Économie, PME,  
Classes moyennes et Énergie »  
© Science Connection*





# Le citoyen contre l'administration La délicate histoire du contentieux administratif en Belgique

*Tribunal des dommages  
de guerre de Bruxelles  
- recueils de jugements  
de 1919  
© AGR*

**O**utre leur mission principale de conservation documentaire, les Archives de l'État mènent depuis de nombreuses années des recherches en histoire institutionnelle, tant sur les institutions nationales, que régionales ou locales, d'Ancien Régime ou d'époque contemporaine. Ces études ont souvent reçu le soutien financier de la Politique scientifique fédérale, notamment dans le cadre du Programme pluriannuel d'impulsion à la recherche dans les établissements scientifiques fédéraux. L'occasion nous est ici offerte de présenter un projet de recherche relatif aux juridictions administratives belges depuis 1795.

## Des objectifs scientifiques au service des citoyens

Ce projet a débuté en janvier 2002 et s'est terminé en décembre 2005. Deux historiens, Isabelle Sirjacobs et Hans Vanden Bosch, travaillant sous la direction de Rolande Depoortere, chef de travaux aux Archives de l'État à Anderlecht, ont eu pour objectif principal de recenser toutes les juridictions administratives créées dans notre pays

depuis la fin de l'Ancien Régime, et d'en retracer l'histoire, l'organisation et le mode de fonctionnement.

La tâche n'était pas aisée car il est parfois difficile de distinguer une simple commission administrative d'un organe doté d'un véritable pouvoir juridictionnel, dans la mesure où les textes fondateurs (lois, arrêtés royaux, décrets régionaux) ne sont pas toujours suffisamment explicites. Seules la jurisprudence ou la confrontation des textes et des pratiques à une palette de critères établie par les juristes permettent de trancher. Le nombre élevé de juridictions administratives œuvrant dans des domaines très variés du droit (du droit fiscal à celui qui régit la réparation des dommages de guerre, en passant par la législation sur les pensions de vieillesse et d'invalidité, ou sur l'octroi de bourses d'étude) ainsi que les multiples formes que prennent ces juridictions (du comité restreint siégeant quelques séances dans l'année à l'organe permanent, assisté d'un secrétariat ou d'un greffe, et jugeant des milliers de cas annuels) expliquent en partie combien ces institutions sont mal connues

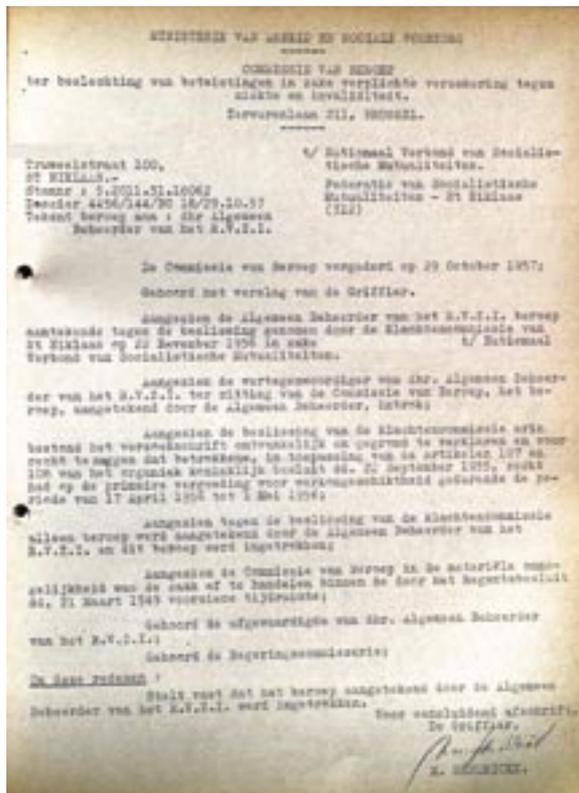
du public, et suscitent, dès lors, sa méfiance ou sa crainte, comme tout ce qui évoque dans un certain imaginaire collectif l'État tentaculaire et protéiforme.

C'est pourquoi l'identification et le recensement des juridictions administratives, et leur présentation systématique dans un guide pratique destiné à la fois à un large public et à la communauté scientifique, répondent à une préoccupation réelle des citoyens. Les Archives de l'État montrent ainsi le caractère résolument actuel de leurs missions et affichent leur ambition en tant que centre de conservation de la mémoire des autorités publiques au service des citoyens. Le répertoire historique des juridictions administratives, panorama d'hier et d'aujourd'hui, n'occulte pas les polémiques qui ont régulièrement secoué les cénacles politiques et opposé les juristes quant à la suppression d'une cohorte de juridictions diverses et leur remplacement par de véritables tribunaux administratifs.

Le projet a également une vocation documentaire qui s'inscrit immédiatement dans les missions fondamentales des Archives de l'État. Il s'agit de dresser l'inventaire et d'identifier le lieu de conservation des archives produites par les juridictions administratives, tant celles qui ont disparu que celles qui sont encore en activité. Cette « cartographie » des sources documentaires permettra aux historiens de préparer leurs programmes de recherches, aux citoyens de repérer à quels organismes ils doivent s'adresser pour consulter les informations qui les intéressent, et aux archivistes de l'État de planifier les inspections qu'ils effectuent dans le cadre de leur mission de surveillance des archives publiques. Les archivistes de l'État s'appuieront sur les résultats du projet pour aider les juridictions administratives en activité à dresser des plans de classement de leurs archives et à en améliorer, si nécessaire, les conditions de conservation. Ils établiront en outre des tableaux de sélection pour ces documents, afin de déterminer lesquels doivent être conservés de manière pérenne, en raison de leur valeur juridique et/ou historique. Il est en effet primordial de développer une gestion prévisionnelle des transferts de ces documents aux Archives de l'État car le contentieux administratif et, en corollaire, le volume des archives qui y sont liées, ont crû de façon exponentielle au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. A titre indicatif, le Conseil d'État a prononcé un peu plus de 11.000 arrêts entre 1948, date de sa création, et 1965, et plus de 100.000 arrêts depuis 1966. Quelque 3 Km linéaires de dossiers, répertoires et fichiers sont actuellement conservés au greffe de la Section Administration du Conseil, en attente d'un éventuel transfert aux Archives de l'État.

### Une minutieuse et patiente recherche

Une bibliographie d'environ 1.300 livres et articles juridiques a été consultée. Si la très riche bibliothèque d'histoire administrative que possèdent les Archives générales du



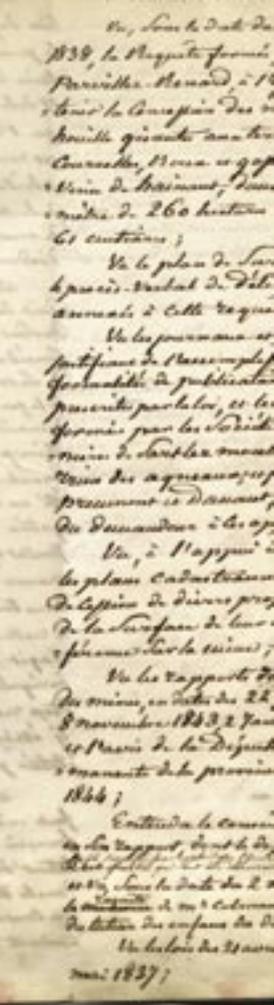
*Commission d'appel en matière d'assurance maladie-invalidité – arrêt du 29 octobre 1957. Le nom de l'intéressé est rendu illisible en raison de la protection des données à caractère personnel ©AGR*

Royaume a fourni la plupart des ouvrages, les chercheurs ont également exploité les ressources des bibliothèques universitaires spécialisées. Tous deux membre du comité d'accompagnement du projet, Marnix Van Damme, Conseiller d'État et professeur à la *Vrije Universiteit Brussel*, a prodigué des conseils en matière juridique, tandis que Jean-Pierre Nandrin, professeur aux Facultés universitaires Saint-Louis, apportait son expertise en histoire du droit et de la sécurité sociale.

L'enquête archivistique, qui avait pour but de repérer où sont conservées les archives des juridictions administratives, a été menée en partie au sein des Archives générales du Royaume et des Archives de l'État dans les provinces. En ce qui concerne les juridictions administratives encore en activité, l'enquête s'est poursuivie au sein même des juridictions qui ont répondu à une enquête écrite relative à la nature, à l'ampleur et aux conditions de conservation de leurs archives.

### Le répertoire

Conformément aux objectifs annoncés, le répertoire historique des juridictions administratives belges, sous presse au moment d'écrire ces lignes, ne présente pas moins de 191 institutions dans des notices qui replacent la création et l'évolution de chaque juridiction dans le contexte historique et politique, décrivent ses compétences, son ressort, son organisation interne, la procédure en vigueur, renseignent la nature et le lieu de conservation des archives, proposent une liste bibliographique sélective ainsi que les coordonnées des bureaux pour les juridictions en activité. Les notices sont groupées en sections, couvrant chacune une période particulière ou une catégorie de contentieux. Une section est ainsi consacrée aux organes instaurés au XIX<sup>e</sup> siècle (Cour des comptes, Conseil des mines, Commissaire des monnaies ou commission administrative du banc d'épreuve des armes à feu, pour ne citer que ceux-là), une deuxième section porte sur le contentieux de la milice et de l'objection de conscien-



Conseil des mines - arrêt  
du 15 janvier 1847  
© AGR

Conseil des mines - arrêt  
du 15 janvier 1847  
A.G.R.

ce, une troisième sur le contentieux fiscal et électoral. Des sections traitent le vaste contentieux de la sécurité sociale, celui des hôpitaux, ou les compétences juridictionnelles des ordres professionnels. Les anciens conseils de prud'hommes, ancêtres des tribunaux du travail, les juridictions instaurées pendant et après les deux guerres mondiales, celles qui l'ont été à la suite de l'indépendance du Congo, les juridictions régionalisées, font aussi l'objet de chapitres distincts.

La structure de l'ouvrage autorise plusieurs niveaux de lecture, de la notice individuelle pour une consultation rapide et ponctuelle, à la lecture exhaustive. Le livre ne se contente toutefois pas d'être un répertoire, il propose aussi dans son introduction une synthèse historique et une réflexion sur la manière dont l'État s'efforce depuis deux siècles de garantir aux citoyens le traitement égal, impartial et humain auquel ils ont droit dans leurs rapports avec l'administration. À cet égard, les solutions adoptées, les débats qui ont animé et animent encore le monde politique et judiciaire, sont un fidèle reflet de la société belge d'hier et d'aujourd'hui.

**Rolande Depoortere / Isabelle Sirjacobs /  
Hans Vanden Bosch**



Isabelle Sirjacobs et Hans Vanden Bosch  
© AGR



Isabelle Sirjacobs et Hans Vanden Bosch, Rolande Depoortere (dir.), *Les juridictions administratives en Belgique depuis 1795. De administratieve rechtscolleges in België sinds 1795*, 2 vol., Archives générales du Royaume, Bruxelles, 2006, 1.198 p.

L'ouvrage est sous presse et pourra être commandé aux AGR.



**Rolande Depoortere**

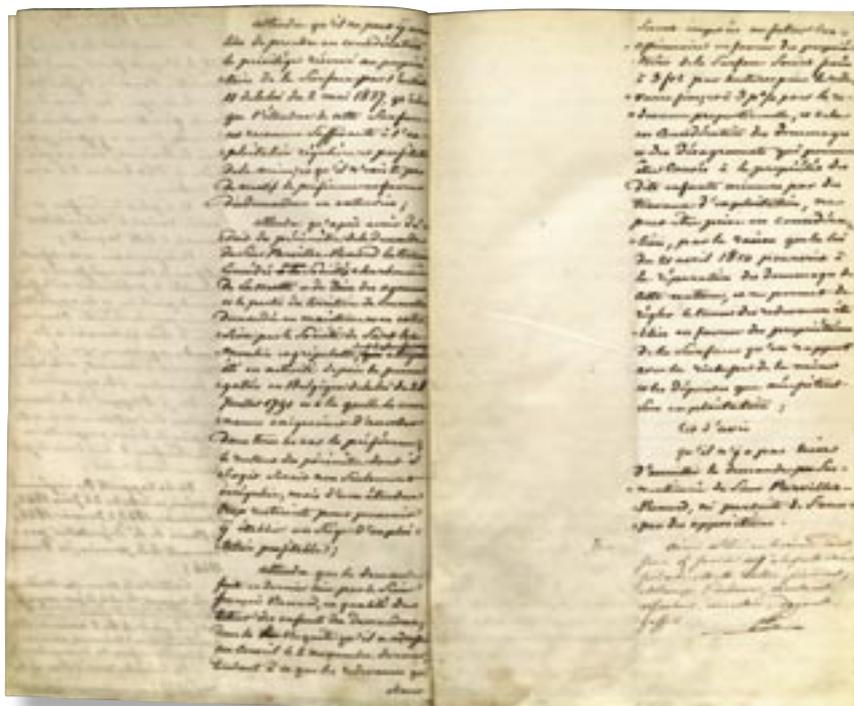
- 1994 docteur en histoire de l'Université libre de Bruxelles; entre aux Archives générales du Royaume (AGR)
- 1996 chargée des archives judiciaires contemporaines aux AGR
- 2000 membre du comité des Affaires juridiques du Conseil international des Archives
- 2001 chargée de l'organisation et de la direction du dépôt des Archives de l'État à Anderlecht

**Isabelle Sirjacobs**

- 1991 licence en histoire à l'Université libre de Bruxelles
- 1996 – 2001 assistante à l'ULB
- 2006 inventorie des fonds d'archives contemporaines aux AGR

**Hans Vanden Bosch**

- 1999 licence en histoire à la Katholieke Universiteit Leuven
- 2001 diplôme de l'Interuniversitaire Gespecialiseerde Studie in Archivistiek en Hedendaags Documentbeheer (Vrije Universiteit Brussel/Universiteit Gent/ Katholieke Universiteit Leuven)
- 2006 membre du projet de recherche sur le guide des sources d'archives relatives à l'histoire de la première guerre mondiale en Belgique et au Congo belge (AGR)





# Mobilité des chercheurs : obstacles levés

**V**oici six ans, en 2000, la Commission européenne, sous l'impulsion de son commissaire chargé de la Recherche, Philippe Busquin, jetait les bases de l'Espace européen de la recherche. Dans le même temps, le Conseil européen, réuni à Lisbonne, fixait à l'Europe l'objectif de devenir, à l'horizon 2010, l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde.

Comme on le sait, la mondialisation de l'économie appelle davantage de mobilité pour les chercheurs dont le nombre, en Europe, devra croître de 700.000 unités pour répondre à l'objectif de 3% du PIB (Produit intérieur brut) à investir dans la recherche, objectif fixé à Barcelone en mars 2002 (voir nos articles « Objectif 3% » dans les numéros précédents du *Science Connection*).

Pour atteindre ce nombre, l'Union européenne vient de mettre sur pied une série d'instruments pour stimuler l'attractivité de la carrière de chercheur au sein des Vingt-cinq. Quels sont-ils ? Citons : (1) des textes réglementaires, (2) une charte européenne du chercheur et un code de conduite pour leur recrutement et, enfin, (3) un réseau européen de centres de mobilité.

## Les textes

Chaque État membre est invité à favoriser l'accès des chercheurs au territoire national en levant toute une série de barrières administratives. Ainsi, faciliter la délivrance d'un visa de court séjour pour les chercheurs venant assister, par exemple, à une conférence<sup>1</sup> ; supprimer le permis de travail pour certaines catégories de chercheurs<sup>2</sup> ou simplifier la procédure d'admission de chercheurs de pays tiers<sup>3</sup> sont trois actions à mener sans délai par chaque État membre.

Concrètement, la directive établit une procédure spécifique pour l'entrée et le séjour des ressortissants de pays tiers qui viennent réaliser dans la Communauté européenne un projet de recherche pendant plus de trois mois. L'objectif est de faciliter l'admission et la mobilité des cher-

cheurs en allégeant la tâche des autorités des États membres compétentes en matière d'immigration, de vérifier si le projet de recherche est crédible et si le chercheur possède de les qualités nécessaires pour mener ce projet à bien.

Toutefois, la directive ne s'applique pas aux demandeurs d'asile ou dans un cadre de protection temporaire. Les doctorants, lorsqu'ils effectuent les recherches relatives à leur thèse en tant qu'étudiants, sont également exclus du champ d'application de ce texte car ils sont couverts par une autre directive<sup>4</sup>.

L'organisme de recherche qui souhaite accueillir un chercheur signe avec lui une « convention d'accueil », c'est-à-dire un acte juridique de nature contractuelle par lequel le chercheur s'engage à accomplir le projet de recherche et l'organisme à le recevoir sous réserve de la délivrance du titre de séjour.

La liste de ces organismes n'est pas encore arrêtée. Elle s'inspirera, évidemment, de celle qui reprend les centres de recherches exonérés du précompte professionnel à l'embauche de chercheur (voir *Science Connection* #06, p 47).

## La charte et le code

La charte européenne du chercheur collige les principes généraux et les conditions de base qui spécifient les rôles, les responsabilités et les prérogatives des chercheurs et des employeurs et/ou bailleurs de fonds. Elle a pour double objectif d'assurer que les relations entre les chercheurs et les employeurs ou bailleurs de fonds soient de nature à favoriser :

- la réussite en termes de production, de transfert, de partage et de diffusion des connaissances et du développement technologique, et
- le développement de la carrière des chercheurs.

La charte reconnaît également la valeur de toutes les formes de mobilité comme moyen d'améliorer le développement professionnel des chercheurs.

<sup>2</sup> Recommandation du Parlement du 28 septembre 2005 visant à faciliter la délivrance par les États membres de visas uniformes de court séjour pour les chercheurs ressortissants de pays tiers se déplaçant aux fins de recherche scientifique dans la Communauté.

<sup>3</sup> Recommandation du Conseil du 12 octobre 2005 visant à faciliter l'admission des ressortissants de pays tiers aux fins de recherche scientifique dans la Communauté européenne.

<sup>4</sup> Directive 2005/71 du Conseil du 12 octobre 2005 relative à une procédure d'admission spécifique des ressortissants des pays tiers aux fins de recherche scientifique.

<sup>5</sup> Directive 2004/114 du Conseil du 13 décembre 2004 relative aux conditions d'entrée et de séjour des ressortissants de pays tiers aux fins d'études, de formation professionnelle ou de volontariat.

Mercator (1512 – 1594), de son vrai nom Gerhard Kremer, commence ses études à l'Université de Louvain en 1530 sous la direction de l'astronome Frisius qui l'initie à la construction et à la représentation du globe. À partir de 1552, il travaille à l'élaboration d'une projection de la Terre qui le conduit à publier, en 1569, les 18 feuilles de « La projection de Mercator » qui fournit enfin aux navigateurs une réelle description des contours des terres.



Quant au code de conduite pour le recrutement des chercheurs, il rassemble des dispositions qui devraient être appliquées par les employeurs et/ou bailleurs de fonds lorsqu'ils nomment ou recrutent des chercheurs. Ces dispositions devraient garantir le respect de valeurs telles que la transparence du processus de recrutement et l'égalité de traitement de tous les candidats, notamment dans la perspective de l'établissement d'un marché européen du travail attractif, ouvert et durable pour les chercheurs. Elles sont complémentaires aux principes et conditions de base décrits dans la charte européenne du chercheur. Les institutions et les employeurs adhérant au code de conduite

témoigneront ouvertement de leur engagement à agir d'une manière responsable et respectable et à fournir des conditions-cadres équitables aux chercheurs, dans l'intention manifeste de contribuer au progrès de l'Espace européen de la recherche.

### Le réseau

Le réseau européen de centres de mobilité, appelé ERA MORE (pour *European Research Area MOBILE REsearchers*), compte à ce jour pas moins de 200 centres de mobilité, répartis dans 33 pays.

Ces centres (19 en Belgique) offrent une assistance personnalisée au chercheur.

Afin d'assister la Commission européenne à établir ce réseau européen, les pays participants ont été invités à identifier des « têtes de pont » (ou « *bridgeheads* ») responsables de l'organisation et de la coordination des centres de mobilité nationaux.

En Belgique, quatre « *bridgeheads* » constituent « *Mercator* », en hommage au géographe qui, au XVI<sup>e</sup> siècle, donna son nom à la fameuse projection plaçant – fort à propos, dans ce cas – l'Europe au centre de la mappemonde.

Ces « *bridgeheads* » sont le Fonds national de la recherche scientifique, le ministère de la Communauté flamande (*Administratie Wetenschap en Innovatie*), BRAINS (*Brussels*)

## Trois questions à Didier Flagothier, en charge des questions relatives à la mobilité des chercheurs

**Science Connection – Vous êtes une des quatre « têtes de pont » du réseau « Mercator ». Que cela signifie-t-il concrètement ?**

**Didier Flagothier** – Les « *bridgeheads* » sont chargés de l'organisation des réseaux nationaux de centre de mobilité, baptisés « *Mercator* » pour la Belgique. Les tâches de chacun d'entre nous sont réparties en fonction de nos compétences et détaillées dans un contrat avec la Commission européenne qui, pour ce faire, nous a octroyé un budget de 200.000 euros sur une période de trois ans. Les tâches ainsi définies sont, pour le Fédéral, la coordination générale du réseau, la communication externe, ce qui inclut la réalisation de brochures, la maintenance du portail, ...

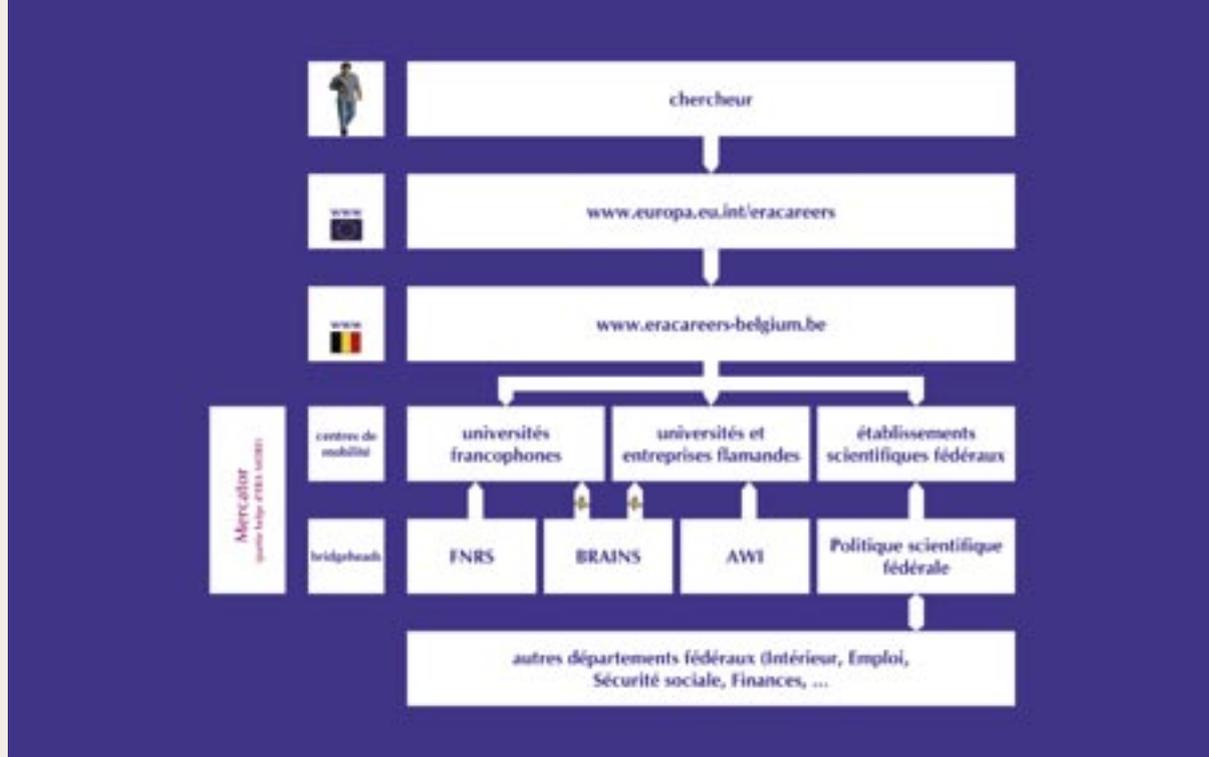
**S.C. – Quelles sont les difficultés de mise en œuvre d'une telle initiative, en particulier au niveau belge, où les intervenants sont très nombreux ?**

**D.F.** – Le plus difficile a été de préparer le projet que nous

devions remettre à la Commission européenne car il fallait, en même temps, répondre aux exigences de celle-ci de limiter le nombre d'intermédiaires en créant un guichet unique et tenir compte de la réalité institutionnelle du pays. En tant que coordinateur du projet, la Politique scientifique fédérale était chargée de la préparation du projet, mais aussi de la négociation avec la Commission.

Pendant près d'un an, nous avons été en contact permanent avec l'administration européenne pour peaufiner la structure du réseau. Nous en sommes arrivés à ce guichet unique qui est le portail belge pour la mobilité des chercheurs.

Derrière ce guichet unique, les quatre « *bridgeheads* » jouissent d'une certaine latitude, dans le respect des compétences des uns et des autres. Un « canevas » assure une certaine homogénéité dans le contenu et la présentation des pages internet des centres de mobilité de tout le pays. Quant aux services fournis par les centres de mobilité, ils sont également clairement définis.



*Relocation and Interfacing Network for Scientists*) et la Politique scientifique fédérale. Cette dernière est chargée de la coordination générale du réseau belge.

Pour faciliter les choses : un seul point d'entrée pour le réseau, à savoir le portail national pour la mobilité des chercheurs (voir *Science Connection* #02, p 38).

Ce portail, comme l'indique le schéma, est directement lié à son homologue européen et fournit diverses informations pratiques (bourses et financements, offres d'emploi, législation nationale, ...).

**Didier Flagothier**



Le portail pour la mobilité des chercheurs :  
[www.europa.eu.int/eracareers/](http://www.europa.eu.int/eracareers/)

Le portail belge pour la mobilité des chercheurs :  
[www.eracareers-belgium.be](http://www.eracareers-belgium.be)

La charte européenne du chercheur :  
[www.europa.eu.int/eracareers/europeancharter](http://www.europa.eu.int/eracareers/europeancharter)

Bien entendu, des réunions régulières sont organisées lors desquelles chacun s'exprime. C'était (et c'est toujours) le cas lors de la directive relative au visa scientifique.

Au printemps prochain, la Politique scientifique fédérale invitera les trois autres « *bridgeheads* » et les 19 centres de mobilité à un workshop avec, à l'ordre du jour notamment, la présentation du « *Guide for Mobile Researchers* » que nous réalisons avec la *Katholieke Universiteit Leuven*, l'état d'avancement de la transposition de la directive « visa scientifique » et les nouvelles mesures relatives au permis de travail.

### S.C. – 700.000 chercheurs en Europe dans quatre ans : rêve ou réalité ?

D.F. – J'ai toujours été un peu sceptique par rapport à ce chiffre. Pour y arriver, il convient préalablement de créer autant de postes vacants et pour cela nous devons atteindre la moyenne européenne des 3% du PIB investis dans la recherche. Si, pour la Belgique, on peut être plutôt optimiste, c'est loin d'être le cas pour bon nombre d'États membres ; exception faite des pays scandinaves, dont les 4% ne suffiront pas à tirer la moyenne européenne vers le haut. Ajoutons que les dernières discus-

sions sur le budget européen et le 7<sup>e</sup> Programme-cadre en particulier ne laissent pas présager une augmentation spectaculaire des dépenses de R&D en Europe.

Quoi qu'il en soit, il faut rester optimiste et se dire que Lisbonne et l'objectif des 3% encouragent de toutes façons la recherche, et nous indiquent une voie à suivre.

De plus, il faut garder à l'esprit que l'Europe forme plus de chercheurs que les États-Unis mais en garde moins ! Si on accepte ce chiffre de 700.000 nouveaux chercheurs, plusieurs pistes sont à explorer : rapatrier ceux qui se sont envolés vers d'autres cieux (par l'intermédiaire, par exemple, des mandats de retour de la Politique scientifique) ; augmenter l'attrait des carrières scientifiques ; attirer des chercheurs de pays tiers ou encore faciliter la carrière scientifique des chercheuses mères de famille.

propos recueillis par P.D.



# De l'art rupestre

Les nombreuses vallées qui entaillent le Hemma, un plateau basaltique de plus de 500 Km<sup>2</sup> dans le nord-est de la Syrie, furent intensément occupées au cours des quatre derniers millénaires précédant notre ère. En témoignent les vestiges de centaines de constructions en pierre et des milliers de gravures rupestres. Vers le levant, ce plateau domine la plaine alluviale du wadi Aweidj, également parsemé de vestiges du passé. Mais là, ce sont des tells, collines consécutives à l'accumulation des générations, qui marquent le paysage et qui racontent encore plusieurs étapes de l'histoire.

D'ordinaire, les tells forment le centre d'intérêt de l'archéologie régionale. Aussi, l'exploration du plateau du Hemma, sujet inédit jusqu'il y a peu, rapporte-t-elle quantité de nouveautés, dont l'essentiel est sans doute la démonstration de grands habitats en pierre dans de petites vallées et la présence d'un art rupestre abondant. De nombreuses concentrations de gravures sur roche sont connues depuis une trentaine d'années dans l'ensemble du Proche-Orient, de l'Arménie au Yémen, aux Émirats Arabes Unis et à la vallée du Nil. Pourtant, en Syrie, rien de comparable avant les découvertes du Hemma.

*Des détails concernant l'état de conservation, les dimensions des roches gravées ainsi que d'autres observations sont notées.*

Lors de différentes prospections, menées dans le cadre de la mission belgo-syrienne dirigée par Paul-Louis van Berg

(Université libre de Bruxelles), plusieurs concentrations de roches ornées furent repérées sur les contours du plateau, notamment à Khishâm et à Kefra, où plus de 2.000 blocs gravés ont déjà été comptabilisés. Depuis 2004, l'étude de Kefra est prise en charge par les Musées royaux d'art et d'histoire de Bruxelles, dans le cadre d'un projet de recherche financé par la Politique scientifique fédérale.

## Histoire d'une découverte

En 1995, les premières surfaces gravées de Khishâm furent découvertes fortuitement par des membres de la mission de Tell Beydar, site archéologique majeur de la région, exploré par une équipe européenne. Au fil du temps, les trouvailles se succèdent, mais à un tel rythme qu'en 1998, Paul-Louis van Berg, alors membre de la mission de Tell Beydar, informe la Direction générale des antiquités et des musées, à Damas, de la présence de gravures rupestres dans la région. En même temps, il réalise les premiers relevés et photographies du site. Les vestiges de diverses structures d'habitat sont également observés en bordure du plateau et sur les pentes.

L'année suivante, une première campagne de prospection et de relevé systématique est menée. Devant l'étendue des vestiges découverts, la mission belgo-syrienne de Khishâm est créée en



# en Syrie!

2001. Outre la réalisation de sondages archéologiques, le relevé cartographique et géomorphologique du plateau (menés par l'Université de Gand) et de plusieurs dizaines de roches ornées, quelques journées de prospection permettent de découvrir d'autres gisements archéologiques et rupestres sur l'ensemble du plateau du Hemma, dont l'importante concentration de roches gravées de Kefra.

## Patines et lichens

Partout les blocs gravés sont concentrés dans les éboulis de pente, entre la bordure du plateau et de la plaine. Les structures archéologiques en pierre occupent à peu près la même position, mais débordent parfois de part et d'autre. Les gravures occupent les surfaces les plus lisses des blocs de basalte; elles se répartissent sur toute la hauteur des éboulis, soit une dénivellation d'une vingtaine de mètres.

Sur les blocs de basalte, les faces orientées vers le sud et l'est sont souvent couvertes d'une patine noire uniforme dite « vernis du désert », tandis que les autres côtés sont envahis par les lichens. Les graveurs se sont évidemment intéressés aux surfaces patinées. Leur travail se détache visuellement de la patine noire par l'aspect plus clair, brun ou orangé des traits. Les dessins les plus récents, noms et dates en caractères arabes pour l'essentiel, apparaissent en gris clair ou en blanc.

Comme pour les autres sites d'art rupestre connus dans le monde, des facteurs naturels et humains sont à l'origine de dégradations. L'érosion et la fracturation dues à de fortes variations thermiques, ainsi que le travail du vent et la croissance des lichens participent activement à la destruction des roches. L'extension des cultures contemporaines, accompagnée d'épierrages, le vandalisme et le passage intensif des moutons et des chèvres contribuent encore à la disparition des vestiges archéologiques.

## Kefra : une concentration remarquable de roches gravées

Le site de Kefra s'étend dans une zone où le plateau basaltique du Hemma forme un vaste cirque d'un diamètre de près de 3 Km. La plaine et le plateau, aujourd'hui propices à la culture des céréales et du coton, sont largement exploités, mettant ainsi à mal les nombreuses structures archéologiques présentes de part et d'autre des éboulis de pente. Le travail de relevé a donc aussi valeur de conservation et de sauvegarde d'un patrimoine menacé.



Kefra, pour la facilité de l'étude, a été divisé en 10 secteurs (A à J), départagés par les trois lits de torrent, asséchés une grande partie de l'année, ainsi que par des routes et dégagements anciens. Lors de la première prospection, environ 700 roches gravées y avaient été repérées. Après un examen et une prospection approfondie des divers secteurs, on en dénombre, à présent, près d'un millier. Le projet de recherche vise à relever et à analyser ce gisement, dans le but d'en comprendre l'utilisation et d'en tirer les enseignements quant au mode de vie ou à la spiritualité des populations qui fréquentaient jadis ce plateau. Prochainement, des fouilles archéologiques seront également entreprises, afin d'estimer la nature et la chronologie des vestiges qui gisent partiellement enfouis aux pieds des roches gravées. Il s'agira aussi de déterminer la nature des rapports qu'entretiennent gravures et architectures.

## Bestiaire et divinités

Presque toutes les gravures anciennes sont piquetées au percuteur de pierre. Aucune trace révélant une mise en place ou une esquisse antérieure n'a été observée. Les figures, généralement rendues par des surfaces entièrement bouchardées formant des silhouettes dépourvues de détails internes, excèdent rarement les 30 cm de longueur et leur mode de représentation est



*Wadi principal de Kefra qui sépare le secteur A du secteur B. On voit à l'avant-plan des roches gravées et à l'arrière-plan des structures circulaires.*

*Gravure piquetée représentant un chasseur enfonçant sa lance dans la gueule d'un lion. Sur la même roche apparaît, en filiforme, une divinité sur le dos d'un animal.*





Roche où un taureau a été gravé. Les bords naturels de la roche ont servi de cadre au graveur.



Gravure rupestre représentant une gazelle.



toujours schématique. À Kefra, contrairement aux autres sites du plateau du Hemma, il existe un grand nombre de gravures qui ont été réalisées selon deux autres techniques : le rainurage et le raclage. La première consiste à inciser la roche au moyen d'un outil tranchant (lame en pierre ou en métal), la deuxième est obtenue par le frottement au moyen d'une autre roche, afin de faire apparaître la patine originelle plus claire. Il n'est pas rare de rencontrer ces différentes techniques combinées sur un même bloc.

Sur les surfaces, verticales ou obliques, les sujets figurés sont généralement disposés, conformément à leur position naturelle : tête vers le haut, pattes ou jambes vers le bas. C'est essentiellement sur les surfaces proches de l'horizontale, permettant une approche de divers côtés, qu'on observe une mise en place multidirectionnelle.

L'iconographie comprend des figures anthropomorphes et zoomorphes, ainsi que des scènes de chasse, des animaux mythiques ou des divinités. Les animaux sont disposés en files, en séries verticales, en petits groupes ou isolés; ils constituent la partie la plus saillante de l'ensemble. La faune sauvage domine l'inventaire avec essentiellement des représentations de gazelles, de caprinés indéterminés (chèvre, bouquetin, ibex), de lions, d'équidés et de cervidés; la faune domestique comprend surtout des bovinés, des chiens, des ânes et des chevaux, montés ou non. Les personnages sont le plus souvent debout, de face ou de profil, jambes écartées et bras levés dans

la position dite de « l'orant ». On rencontre encore un grand nombre d'individus aux bras tendus vers le mufler d'un animal ou impliqués dans le maniement d'une arme de chasse ou de guerre.

Le vêtement n'est que rarement figuré. Les figures anthropomorphes et zoomorphes sont souvent isolées mais peuvent aussi se côtoyer dans des compositions, avec ou sans indices d'interaction entre les figures. Dans ce dernier cas, les relations homme-animal semblent avoir été un des principaux centres d'intérêt des graveurs. Personnages et animaux ne sont jamais insérés dans un décor (sol, paysage, ...). Enfin, on peut observer des formes géométriques, voire des symboles de divinités ou des représentations d'architecture, dont de nombreux *desert-kites*, grands pièges de chasse constitués d'un enclos et de murs formant un entonnoir, afin de piéger les animaux rabattus et dont des exemples réels existent dans la région.

### Plusieurs millénaires de gravures

La datation est un des problèmes les plus difficiles posés par l'art rupestre. Rarement, en effet, les gravures sont retrouvées dans un contexte permettant d'en apprécier l'ancienneté, tandis que la datation directe par l'analyse des patines en est encore à ses balbutiements. Dans le cas du plateau du Hemma, nous disposons cependant de quelques indices chronologiques dans la mesure où cet art peut être comparé à l'iconographie mésopotamienne connue par l'archéologie traditionnelle et à l'imagerie rupestre des régions voisines. Des comparaisons avec les sceaux-cylindres et autres cachets mésopotamiens et l'analyse stylistique montrent que ces gravures ont été réalisées dès le troisième millénaire et jusqu'à l'époque néo-assyrienne (premier millénaire avant notre ère).

Dans plusieurs pays et régions du Proche-Orient (Arménie, Anatolie orientale, Jordanie, ainsi que dans les déserts du Néguev et du Sinaï, en Arabie Saoudite et au Yémen), des gravures schématiques représentant des humains et des animaux, éventuellement des scènes de chasse, ont déjà été découvertes dans des styles proches de ceux du Hemma. Ces gravures représentent donc la facette syrienne d'un vaste courant qui traverse le Proche-Orient du nord au sud.

### Des images sur les rochers : pour quoi faire ?

La faune sauvage figurée, les multiples scènes de chasse, les *desert-kites* réels ou leurs représentations montrent qu'il fut une époque où le Hemma était en relation étroite avec des

Le site de Kefra se trouve sur le plateau du Hemma dans le nord-est de la Syrie.



Relevé d'une roche présentant un lion  
faisant face à une gazelle.  
Le félin est lui-même attaqué par un  
homme muni d'une lance.

pratiques de chasse et de piégeage du gibier. Mais pourquoi avoir représenté tout cela ? Le plateau du Hemma était-il un lieu de pèlerinage, de passage obligé ou de rassemblement ? Venait-on y figurer la chasse heureuse obtenue ailleurs ou offrir une image aux dieux ?

Les représentations de divinités et de leurs symboles suggèrent qu'une partie au moins des gravures avaient une vocation religieuse. Dans les sociétés du Proche-Orient, la représentation n'est jamais innocente. Toutes ces figurations d'animaux, répétées jusqu'à satiété sans autre but apparent que leur seule présence, sont loin d'évoquer une représentation anecdotique. Il y a donc tout lieu de penser que ces gravures sont la marque d'une offrande propitiatoire, d'un remerciement à la divinité, voire d'une pratique s'attachant à s'attirer la protection du dieu. Rappelons, par ailleurs, qu'en Mésopotamie historique, il existe un lien étroit entre l'image et ce qu'elle représente. Les gravures rupestres d'êtres surnaturels peuvent donc avoir leur efficacité propre. Enfin, l'analyse spatiale du site de Kefra montre la présence de grandes concentrations de roches ornées, caractérisées par l'existence d'une ou deux roches de grandes dimensions, portant de nombreuses figures indépendantes ou une scène complexe – le plus souvent une scène de chasse (un chasseur et sa proie ou encore des lions ou des canidés poursuivant un capriné); dans leur voisinage immédiat, on rencontre des roches plus petites, ne comportant généralement qu'une ou deux figures de capriné ou d'orant, formant de véritables petits ensembles qui pouvaient focaliser l'attention d'un nouveau graveur ou la pratique de rites.

## Et demain ?

Depuis cinq ans, l'exploration du plateau basaltique révèle l'existence d'une immense réserve d'imagerie couvrant une période qui s'étend sur quatre millénaires et complète largement l'iconographie traditionnelle de la haute Mésopotamie urbaine connue par les cachets, les sceaux-cylindres, les peintures murales et les figurines. Au même titre, ces gravures rupestres sont susceptibles de nous apporter des éléments de compréhension des sociétés qui les ont produites. Les sites d'art rupestre découverts jusqu'à présent ne sont vraisemblablement que les premiers d'une longue série.

Quant aux sites d'habitat, localisés sur les pentes, quelle qu'en soit la datation, ils ouvrent également un nouveau chapitre de l'archéologie dans cette région où les tells ont retenu jusqu'ici toute l'attention.

Serge Lemaitre

### Repères

1994 *licencié en histoire de l'art et archéologie de l'Université libre de Bruxelles*

2004 *doctorat en histoire de l'art et archéologie (ULB) : « Les peintures rupestres de l'est du Bouclier canadien » ; assistant aux Musées royaux d'art et d'histoire de Bruxelles*

### Plus

*Archéologie et art rupestre du Hemma : [www.espasoc.org/2005/he5\\_1acc.html](http://www.espasoc.org/2005/he5_1acc.html)*

*Vue de l'ensemble du site de Kefra.*

*Les blocs gravés sont concentrés dans les éboulis de pente, entre la bordure du plateau et la plaine.*





### Info-durable mandaté par le SPP « Développement durable »

*Info durable* remplace l'ancien site de vulgarisation sur le développement durable, Billy-globe ([www.billy-globe.org/](http://www.billy-globe.org/)). C'est une véritable mine d'informations sur le développement durable (DD) : des actualités, des articles, des projets, des liens, énormément de liens, notamment vers les centres de recherches et entreprises concernées et un agenda des événements qui touchent ce thème. Un menu à gauche vous permet d'afficher le contenu du site en rapport avec des thématiques plus précises du DD, tandis que l'information peut également être filtrée en fonction du public cible : grand public, jeunes, professionnels. Aussi remarquable sur ce site, la rubrique « Agir », sur le DD au quotidien. Enfin, on consultera avec intérêt le glossaire, la bibliothèque et le guide des formations. Le site dispose d'un moteur de recherche, et il est possible de s'y inscrire pour recevoir le bulletin d'information. Le tout est présenté de manière très attractive.

Langues : français, néerlandais

[www.info-durable.be](http://www.info-durable.be)

### Metafro Infosys par le Musée royal d'Afrique centrale (MRAC)

*Metafro Infosys* (Metadata African Organization - Information System) est un catalogue de données et de sources relatives à l'Afrique Centrale, y compris l'Angola, le Burundi et le Rwanda. Ce système d'information est le résultat d'un programme de recherche lancé en 1998 avec le soutien la Politique scientifique fédérale dans le cadre de la première phase du Plan d'appui scientifique à une politique de développement durable.

Les données collectées portent sur des personnes (des chercheurs), des projets, des organisations, des résultats (publications, brevets et produits, des infrastructures (laboratoires et bibliothèques), des équipements. Tout ceci couvre des domaines aussi variés que l'économie, la politique, l'agriculture, la zoologie, la géologie, .... En tout, 1.500 documents sont accessibles (articles, livres, rapports...). Le patrimoine et l'activité du musée sont abondamment décrits : quatre catalogues de bibliothèques, six collections en ligne, des informations sur les projets de recherche et les institutions partenaires.

Langue : anglais.

[www.metafro.be](http://www.metafro.be)



### Greefacts.org par GreenFacts a.s.b.l.

GreenFacts est une association sans but lucratif indépendante basée à Bruxelles. Elle publie des résumés fidèles de rapports scientifiques de consensus sur des questions de santé et d'environnement. Ces rapports font l'état actuel de la science sur les sujets traités ; ils sont publiés par de grands panels sous l'égide d'organisations internationales telles que l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la *Food and Agriculture Organization* (FAO) ou la Commission européenne.

Les publications de GreenFacts sont écrites dans un langage pour non-spécialiste et présentées dans une structure conviviale à trois niveaux de détails croissants (où le troisième niveau est le rapport de consensus lui-même). La qualité et l'impartialité des publications est assurée par des procédures éditoriales strictes, comprenant une relecture par des experts indépendants et l'approbation finale du comité scientifique de GreenFacts.



L'objectif avoué de GreenFacts est de remplir le vide communicationnel existant entre les scientifiques et l'opinion publique et de contribuer à rendre le débat plus serein et les décisions plus rationnelles sur ces questions importantes mais souvent émotionnelles de santé et d'environnement.

Langues : Site : allemand, anglais, espagnol, français et néerlandais. Dossiers : tous existent en anglais, traduits selon les cas en allemand, espagnol, et/ou français.

[www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org)

### Space Pole (Destination espace) par la Politique scientifique fédérale

Site du Pôle Espace de la Politique scientifique fédérale. Le pôle regroupe les établissements scientifiques suivants : Institut d'aéronomie spatiale de Belgique, Institut royal météorologique de Belgique, Observatoire royal de Belgique. Le Planétarium en est la vitrine.

Ce site contient des ressources diverses de vulgarisation sur le thème de l'espace : les métiers qui lui sont liés, l'histoire du spatial en Belgique, quatre dossiers illustrés d'images et de séquences animées, d'une ligne du temps retraçant l'histoire de la recherche spatiale en Belgique, et également un forum de discussion.

Langues : anglais, français, néerlandais.

[www.spacepole.be](http://www.spacepole.be)



## Mais aussi...

### Développement durable

par le SPP « Développement durable »

Site portail du développement durable. Nouvelles, documents et appels à projets.

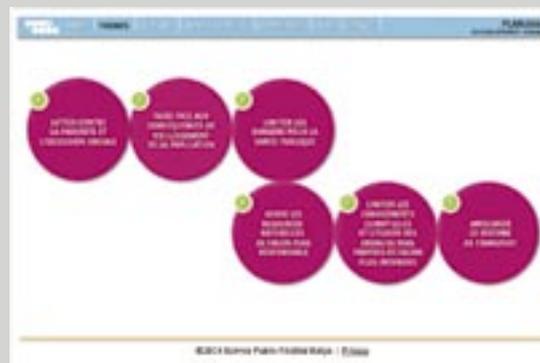
[www.developpementdurable.be](http://www.developpementdurable.be)

### Plan 2004

par le SPP « Développement durable »

Site du deuxième Plan fédéral de développement durable (2004-2008).

[www.plan2004.be](http://www.plan2004.be)



### Catalogue commun des bibliothèques des Services publics fédéraux

par le SPF « Personnel et Organisation »

Catalogue et réservation en ligne d'articles, d'ouvrages et de périodiques dans les bibliothèques des services publics fédéraux.

[www.bib.belgium.be](http://www.bib.belgium.be)

Denis Renard

# Concours

Les gagnants du concours proposé dans le *Science Connection* de décembre sont Anna Bruelmans (1785 – Brussegem) et Marcel Verheyleweghen (1030 – Bruxelles).

La bonne réponse était « **Le cimetière de Bruxelles, à Evere** ». Le cimetière de Bruxelles s'étend sur 38 ha, à Evere. Créé en 1877, il abrite notamment les sépultures de P.T. Verhaegen (le fondateur de l'Université libre de Bruxelles), des anciens bourgmestres de la capitale (Max, Buls, Anspach, De Brouckère, De Mot) ainsi que celles de F. Van Campenhout (compositeur de la Brabançonne) et du peintre Louis David.

Pour ce numéro de février, nous vous proposons de gagner « Cent trésors de la Bibliothèque royale de Belgique », publié par le Fonds Mercator (240 pages – 59 euros) à l'occasion du 175<sup>e</sup> anniversaire de la Belgique.

Pour ce faire, il suffit de répondre correctement à la question suivante :

**À Canton (Guangzhou), le Belge Jules Van Aalst travaillait pour la douane impériale chinoise. C'est grâce à lui que le premier conservateur du Musée des instruments de musique (MIM) a pu acquérir un instrument relativement rare au point que l'on considère que le MIM serait le seul musée occidental à en détenir un. Quel est le nom de cet instrument ?**

Envoyez un e-mail à [scienceconnection@belspo.be](mailto:scienceconnection@belspo.be) ou une carte postale jusqu'au 25 mars 2006 avec la réponse en précisant vos nom et adresse. Dix gagnants seront tirés au sort parmi les bonnes réponses.



# Navire

A la mi-décembre 2005, le conseil des ministres a marqué son accord sur le lancement d'une étude de faisabilité portant sur les options d'achat d'un nouveau navire de recherche océanographique, destiné à remplacer ou moderniser le *Belgica*. © Science Connection

Le *Belgica* a été mis en service en octobre 1984 pour des missions de service public, de recherche scientifique et de développement technologique. Ce navire assure la surveillance de la qualité du milieu marin ainsi que de nombreuses campagnes de recherches scientifiques.

Le *Belgica* est la propriété de l'Etat belge et dépend de la Politique scientifique fédérale. Il preste environ 3.250 heures effectives en mer, ce qui représente une activité totale d'environ 35.000 heures/hommes pour les scientifiques à bord. Chaque année, environ 210 chercheurs, dont 50 chercheurs étrangers, participent à une ou à plusieurs campagnes de recherche du *Belgica*.

Étant donnée l'âge du navire, le nombre de missions en mer diminuera progressivement. Les appareils scientifiques et techniques vieillissent également. Selon les estimations, le navire pourra encore être opérationnel au maximum jusqu'en 2014. Le navire doit donc être modernisé ou remplacé. La Politique scientifique fédérale, en collaboration avec l'Unité de gestion du modèle mathématique de la mer du Nord (UGMM) lancera dès lors une étude de faisabilité. L'analyse coûtera environ 70.000 euros.

Enfin, signalons que le *Belgica* sera amarré au port de Bruxelles ces 20 et 21 mars et que des journées portes ouvertes seront organisées à Zeebruges les 8 et 9 juillet.

# Conseil

Lors de sa séance du 23 décembre, le conseil des ministres a désigné les membres du Conseil fédéral de la Politique scientifique (CFPS).

Pour rappel, le CFPS a été créé par arrêté royal du 8 août 1997.

Il est composé de 33 membres désignés par les communautés et régions. Seize d'entre eux sont désignés par le ministre de la Politique scientifique.



Le CFPS : [www.belspo.be/council](http://www.belspo.be/council)

# Musées



© Belpress

Deux nouvelles vitrines de nos musées fédéraux devraient voir le jour prochainement. Dans l'immédiat, le 21 mars, l'ouverture du Musée d'art japonais à Laeken inaugurera le printemps. L'ancien garage à carrosses est en effet devenu le lieu idéal pour exposer les armures, les paravents, les peintures sur rouleaux, les céramiques, les estampes et autres sculptures nippones.

Plus tard, en 2007, le Musée Magritte devrait ouvrir ses portes : il s'installera dans le musée d'art moderne actuel, à l'Altenloh. Les collections du XIX<sup>e</sup> siècle devraient déménager, peut-être vers la rue de l'Ecuyer qui accueille actuellement l'exposition « Made in Belgium ».



Quelques expositions actuellement en cours, conférences à venir organisées par ou avec le soutien de la Politique scientifique ou auxquelles la Politique scientifique participe ou est associée, journées portes ouvertes.

Les manifestations organisées à l'occasion du 175<sup>e</sup> anniversaire de la Belgique sont suivies du symbole



## Conférences, colloques et activités diverses

9 et 10 mars 2006

### **SOS Invasions !**

Planétarium de l'Observatoire royal de Belgique et Institut royal des sciences naturelles de Belgique,  
(Plus : [www.biodiversity.be](http://www.biodiversity.be))

16 et 17 mars 2006

### **4<sup>th</sup> European Business Summit. Building a Europe of Excellence : Turning knowledge into growth**

Site de Tour et Taxis,  
(Plus : [www.ebsummit.org](http://www.ebsummit.org))

13 au 19 mars 2006

### **Printemps des sciences**

dans les universités francophones,  
(Plus : [www.printempsdessciences.be](http://www.printempsdessciences.be))

25 mars 2006

### **Atelier Be Pole**

Institut royal des sciences naturelles de Belgique,  
(Plus : Maaïke Van Cauwenberghe ; [research@belspo.be](mailto:research@belspo.be); [www.belspo.be/antar](http://www.belspo.be/antar))

30, 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2006

### **Campin in Context**

Maison de la culture, Tournai,  
(Plus : Dominique Vanwijnsberghe ; [dvw@kikirpa.be](mailto:dvw@kikirpa.be))

27 au 29 avril 2006

### **WetenschapsEXPOsciences**

Site du Heysel,  
(Plus : [www.jsb.be](http://www.jsb.be))

16 au 19 mai 2006

### **Fifth International Symposium on Hormone and Veterinary Drug Residue Analysis**

Huis Provincie Antwerpen, Anvers,  
(Plus : [www.vdra.ugent.be](http://www.vdra.ugent.be))

## Expositions

### **Bibliothèque royale de Belgique**

> 26 février 2006



### **Cent trésors de la Bibliothèque royale de Belgique**

### **Institut royal du patrimoine artistique**

> 10 mars 2006

### **Les clichés allemands de l'IRPA (1917 – 1918)**

### **Jardin botanique national**

du 12 mai au 3 septembre 2006

### **Bruegel Revisited**

## Découvrez les pôles lors de l'atelier Be Pole

Etes-vous tenté par une aventure scientifique au pôle Sud et au pôle Nord ? Voulez-vous découvrir pourquoi nos scientifiques surmontent le froid et conduisent leurs recherches aux pôles ? Etes-vous intéressé par la découverte scientifique des relations entre régions polaires et changements climatiques ?

Passez nous voir à l'atelier Be Pole, ce 25 mars 2006, à l'Institut royal des sciences naturelles.

La recherche polaire belge est peu connue en dehors de la communauté scientifique. Néanmoins, elle permet de comprendre bien des aspects des crises environnementales du XXI<sup>e</sup> siècle. Pour cette raison, une communication efficace de la communauté scientifique vers le grand public est nécessaire.

C'est précisément à ce souci que répond Be Pole, un groupement de scientifiques polaires belges visant à mettre davantage en lumière la recherche en milieu polaire. À travers cette journée, les diverses présentations vous plongeront dans un mélange d'aventures, d'atmosphères et de recherches polaires.

Le symposium ouvre ses portes à 10h15. Il y aura 10 présentations d'une demi-heure chacune. La fin du symposium est prévue à 17h30. La participation est gratuite et vous permet de participer à n'importe quelle session de l'atelier.



Il bat en moyenne 37.000.000 de fois par an. Comment fonctionne-t-il ? Qu'est-ce que la presse sanguine ? Que se passe-t-il lors d'un infarctus, d'une hémorragie ou de tout autre trouble cardiaque ? C'est à ces questions que le Muséum des sciences naturelles entend répondre au travers de l'exposition « Coup de cœur » inaugurée le 14 décembre dernier par la princesse Astrid, guidée par Pierre Coulon, chef du service éducatif du Muséum.

## Musée royal de l'Afrique centrale

> 31 août 2006

### Congo. Nature & Culture

(Plus : [www.congo2005.be](http://www.congo2005.be))

> 15 octobre 2006

### Papillons. Collections du Musée royal de l'Afrique centrale

## Musées royaux d'art et d'histoire

21 mars 2006

### Réouverture du musée d'art japonais et des musées d'Extrême-Orient

> 30 avril 2006

### Il était une fois ... les contes en images (Porte de Hal)

> 28 mai 2006

### Peuples du monde

du 29 mars au 27 août 2006

### Art du Tibet.

La collection Léon Verbert

> 29 octobre 2006

### Art nouveau – art déco (Musée pour aveugles)

## Muséum des sciences naturelles

> 20 et 21 mars 2006

### Le Belgica au port de Bruxelles

> 30 juin 2006

### Moules nature

> 8 et 9 juillet 2006

### Journées portes ouvertes à bord du Belgica (Zeebruges)

> 5 novembre 2006

### Coup de cœur

## Palais des beaux-arts

> 21 mai 2006

### Théo van Rysselberghe

> 28 mai 2006

### Le désir de la beauté.

La Wiener Werkstätte et le Palais Stoclet

du 16 mars au 23 juillet 2006

### Siegfried Bing



© Th. Hubin IRScNB / KBIN



*Papilio zalmoxis (mâle recto)*  
© MRAC



*Le Petit Chaperon rouge, conte illustré édité par « Nos loisirs », Belgique, XXe siècle*  
© MRAH

## Site de Tour & Taxis, à Bruxelles

> 1<sup>er</sup> mai 2006

### Einstein, l'autre regard

(Plus : [www.alberteinstein.be](http://www.alberteinstein.be))

## Musée d'art wallon (salle Saint-Georges), à Liège

du 21 avril au 6 août 2006

### Lambert Lombard, peintre de la Renaissance

(Plus : [www.liege.be/musees](http://www.liege.be/musees))

(Voir *Science Connection* #09, p 47)



La Politique scientifique fédérale, outre les directions générales « Programmes de recherche et Spatial », « Coordination et information scientifique » et « Valorisation et communication », ce sont dix Etablissements scientifiques et trois Services de l'Etat à gestion séparée :

	<b>Les Archives générales du Royaume et Archives de l'Etat dans les provinces</b> www.arch.be + (32) (0)2 513 76 80
	<b>Belnet</b> www.belnet.be + (32) (0)2 790 33 33
	<b>La Bibliothèque royale de Belgique</b> www.kbr.be + (32) (0)2 519 53 11
	<b>Le Centre d'études et de documentation « Guerre et Sociétés contemporaines »</b> www.cegesoma.be + (32) (0)2 556 92 11
	<b>L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique</b> www.aeronomie.be + (32) (0)2 373 04 04
	<b>L'Institut royal des sciences naturelles de Belgique / Museum des sciences naturelles</b> www.sciencesnaturelles.be + (32) (0)2 647 22 11
	<b>L'Institut royal du patrimoine artistique</b> www.kikirpa.be + (32) (0)2 739 67 11
	<b>L'Institut royal météorologique de Belgique</b> www.meteo.be + (32) (0)2 373 05 08
	<b>Le Musée royal de l'Afrique centrale</b> www.africamuseum.be + (32) (0)2 769 52 11
	<b>Les Musées royaux d'art et d'histoire</b> www.kmkg-mrah.be + (32) (0)2 741 72 11
	<b>Les Musées royaux des beaux-arts de Belgique</b> www.fine-arts-museum.be + (32) (0)2 508 32 11
	<b>L'Observatoire royal de Belgique</b> www.observatoire.be + (32) (0)2 373 02 11
	<b>Le Palais des Congrès de Bruxelles</b> www.palcobru.be + (32) (0)2 515 13 11
	<b>Le Service d'information scientifique et technique</b> www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40
<b>Etablissements scientifiques et culturels fédéraux partenaires :</b>	
	<b>L'Euro Space Center de Redu</b> www.eurospacecenter.be + (32) (0)61 65 64 65
	<b>Le Jardin botanique national</b> www.br.fgov.be + (32) (0)2 260 09 20
	<b>The Royal Academies for Science and the Arts of Belgium</b> www.cfwb.be/arb et www.kvab.be + (32) (0)2 550 22 11 / 23 23
	<b>L'Académie royale des sciences d'outre-mer</b> users.skynet.be/kaowarsom + (32) (0)2 538 02 11
	<b>La Fondation universitaire</b> www.fondationuniversitaire.be + (32) (0)2 545 04 00
	<b>Le Palais des beaux-arts</b> www.bozar.be + (32) (0)2 507 84 44
	<b>La Cinémathèque royale de Belgique</b> www.cinematheque.be + (32) (0)2 507 83 70
	<b>L'Academia Belgica</b> www.academiabelgica.it + (39) (06) 320 18 89
	<b>La fondation Biermans-Lapôte</b> + (33) (01) 40 78 72 00

*Science Connection* est un magazine de la Politique scientifique fédérale.

#### Editeur responsable :

Dr Philippe METTENS,  
Rue de la Science, 8  
à B-1000 - Bruxelles

#### Coordination :

Pierre DEMOITIE (F) et Patrick RIBOUVILLE (N)

+ (32) (0)2 238 34 11

scienceconnection@belspo.be  
www.scienceconnection.be

#### Rédaction :

Benny Audenaert, Ana Maria BENGOTXEA (Université libre de Bruxelles), Erik Buelinckx (Institut royal du patrimoine artistique), Ana Maria CEBOLLA (Université libre de Bruxelles), Guy CHERON (Université libre de Bruxelles), Ugo DALL ASTA (Musée royal de l'Afrique centrale), Pierre DEMOITIE (Politique scientifique fédérale), Jurate DE PRINS (Musée royal de l'Afrique centrale), Caty DE SAEDELEER (Université libre de Bruxelles), Christian DU BRULLE, Didier FLAGOTHIER (Politique scientifique fédérale), Xavier Flament (Palais des beaux-arts), Didier FUSSEN (Institut d'aéronomie spatiale de Belgique), Alain JORISSEN (Université libre de Bruxelles), Axelle LEROY (Université libre de Bruxelles), M. LIPSHIT, J. MCINTYRE, Théo PIRARD, Dimitri POURBAIX (Université libre de Bruxelles), Denis RENARD (Service d'information scientifique et technique), Patrick RIBOUVILLE (Politique scientifique fédérale), Francis SWENNEN (Politique scientifique fédérale), Kris VANDERHAUWAERT (Politique scientifique fédérale) et Dominique Verloo (Institut royal du patrimoine artistique)

#### Remerciements :

Gérard BAIRY et Jacques NICOLAS (SPF Économie, PME, Classes moyennes et Énergie), Benoît BERNARD (Université libre de Bruxelles)

#### Abonnement :

abo.scienceconnection@belspo.be  
www.scienceconnection.be

Tous les numéros sont disponibles au format PDF.

Une erreur à votre patronyme ?

Une adresse incomplète ? Un code postal erroné ? N'hésitez pas à nous le faire savoir par retour de courrier électronique ou en nous renvoyant l'étiquette collée sur l'enveloppe contenant votre magazine corrigée.

#### Mise en page et impression :

www.gevaertgraphics.be

Le prochain numéro sortira en avril 2006

La mission de la Politique scientifique fédérale est la maximalisation du potentiel scientifique et culturel de la Belgique au service des décideurs politiques, du secteur industriel et des citoyens : « une politique pour et par la science ». Pour autant qu'elle ne poursuive aucun but commercial et qu'elle s'inscrive dans les missions de la Politique scientifique fédérale, la reproduction par extraits de cette publication est autorisée. L'Etat belge ne peut être tenu responsable des éventuels dommages résultant de l'utilisation de données figurant dans cette publication.

La Politique scientifique fédérale ni aucune personne agissant en son nom n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication ou des erreurs éventuelles qui, malgré le soin apporté à la préparation des textes, pourraient y subsister.

La Politique scientifique fédérale s'est efforcée de respecter les prescriptions légales relatives au droit d'auteur et de contacter les ayants droits. Toute personne qui se sentirait lésée et qui souhaiterait faire valoir ses droits est priée de se faire connaître.

*Science Connection* est membre de l'Association des revues scientifiques et culturelles (www.arsc.be) et de l'Union des éditeurs de la presse périodique (www.upp.be)

© Politique scientifique fédérale 2006.

Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

Interdit à la vente

# EXPO EINSTEIN

## L'AUTRE REGARD



TOUR & TAXIS 15.12.2005 - 01.05.2006  
[www.alberteinstein.be](http://www.alberteinstein.be) info: 02 549.60.49



# 53 *Space* connection



**GALILEO  
et GMES:**

des applications globales pour l'Europe

# GALILEO et GMES: des applications globales pour l'Europe

2 Plus d'espace pour plus d'Europe

3 Cap sur une autre ESA ?

4 L'Europe dans l'espace à moyen et long terme

6 «Premières» et défis du système Galileo

- Un programme en trois temps
- Un marché d'applications qui explose sur la planète
- Se repérer dans l'espace-temps grâce à des horloges atomiques en orbite
- Service mondial « cinq étoiles »

9 EGNOS, le précurseur de Galileo

9 Septentrio : les récepteurs Galileo

10 Interview de Rainer Grohe, Directeur Général de la Galileo Joint Undertaking

12 L'élément GMES dans le puzzle GEOSS : du global au local, de l'espace à notre planète

14 GMES Service elements (GSE) : l'espace au service de l'environnement

15 La place de la Belgique avec Végétation et STEREO

16 Un numéro d'appel unique en cas de catastrophes

18 Interview de Dr. Volker Liebig, Directeur ESA pour les Programmes d'Observation de la Terre

20 Eumetsat, acteur potentiel dans GMES

22 Les nouveaux observatoires européens de notre planète (2006-2010)

24 Actualités

- « Découvertes et compétitivité » au menu des Ministres européens du spatial à Berlin
- Les neurosciences spatiales : l'électro-encéphalographie dans la navigation virtuelle
- L'astrométrie spatiale au service de l'exobiologie : le cas des exoplanètes
- Un Belge à la tête de l'International Astronautical Federation
- Démarrage de BELISSIMA, projet de recherche spatiale de l'ESA

Photo couverture:

GIOVE, le premier satellite d'essai du système Galileo  
© ESA



Meteosat-8 (MSG-1) détecte les tempêtes dès qu'elles se prennent forme : les taches jaunes – grâce à la vision multispectrale – montrent leurs manifestations sur l'Espagne et le Maroc.  
© Eumetsat

## Plus d'espace pour plus d'Europe

Trois grands programmes font collaborer l'ESA et la Commission européenne (par le biais d'un accord-cadre), les organisations et agences spatiales, les industriels et opérateurs de systèmes spatiaux: le programme Galileo (système civil de navigation par satellites), le système GMES de surveillance pour l'environnement et la sécurité, les réseaux d'information et de communication à haut débit dans les régions isolées et pour les pays en développement. Toutes ces initiatives en matière d'applications globales ne peuvent laisser les instances militaires indifférentes en ce qui concerne leurs positions stratégiques. Trente ans après sa création, l'ESA tourne une page dans son évolution. Elle n'est plus seule avec les agences spatiales nationales. Elle a contribué à mettre en place des exploitants de systèmes spatiaux qui sont des références de portée mondiale: Arianespace (transport spatial), Eumetsat (Darmstadt) est l'exploitant des satellites météorologiques européens; Inmarsat (Londres), Eutelsat (Paris), Hellas-sat (Nicosie & Athènes), Hispasat (Madrid), SES Astra (Betzdorf, Luxembourg), SES Sirius (Stockholm), Telenor Satellite (Oslo), et Türksat (Ankara) sont des opérateurs de satellites de télécommunications et de télévision; l'opérateur du système Galileo sera officialisé en 2007. Elle aura à collaborer, autour des technologies à usage dual (civil et militaire), avec la European Defence Agency, l'agence européenne de défense que l'Union Européenne (UE) est en train de mettre en place.

# Cap sur une autre ESA ?

A Berlin, les 5 et 6 décembre, s'est tenu le premier Conseil ministériel d'une Agence spatiale européenne qui fonctionne d'après l'accord-cadre avec l'Union Européenne (UE) et dans le contexte du Conseil européen de l'espace. «*On n'a pas la capacité de lancer de nouveaux programmes à cette Ministérielle. Cette capacité sera retrouvée en 2008*», annonçait Stéphane Janichewski, Directeur au CNES de la Prospective, de la Stratégie, des Programmes, de la Valorisation et des Relations Internationales. C'était en septembre 2005 à l'occasion du séminaire que Prospace et i-space, filiales du CNES français (Centre National d'Etudes Spatiales) organisaient en septembre sur le thème «*Les marchés spatiaux institutionnels en soutien des marchés commerciaux : une nécessité ou un plus ?*». Il faisait état des problèmes prioritaires que l'Europe avait à résoudre:

- la position européenne en ce qui concerne la construction et l'exploitation de l'ISS (*International Space Station*);
- la stratégie des membres de l'UE par rapport aux lanceurs européens de 2008 qui seront *Ariane 5*, *Vega* et *Soyouz*;
- la première tranche d'activités GMES (*Global Monitoring for Environment & Security*) au niveau de l'ESA, c'est-à-dire pour le segment spatial. «*GMES va constituer un cas test en ce qui concerne le développement de satellites opérationnels pour répondre aux besoins du marché institutionnel. Dans ce programme, le pilote est l'UE européenne qui doit structurer ses besoins. Quand on aura réussi à structurer la demande pour GMES, on pourra structurer d'autres marchés institutionnels. On pourra alors sortir de la phase d'incertitude dans laquelle on se trouve.*» Et de conclure: «*Il y a un nouveau cadre à définir pour que le spatial aille vers le développement d'applications.*»

De son côté, Michel Courtois, Directeur de l'ESTEC, le Centre européen de recherche et technologie spatiales, évoquait le plan de travail du Conseil ministériel de l'ESA (le premier avec 17 Etats membres). «*Il s'agit d'un plan axé sur la découverte et la compétitivité. [...] On discute avec la Commission le problème du juste retour, mais on n'a pas trouvé mieux. Surtout, il ne faut pas arrêter d'investir dans le spatial. Si on met ensemble les participations en hausse de la Belgique, de l'Espagne et de la Suisse, ce groupe des trois se positionne derrière l'Allemagne et la France !*»

Outre ce problème de l'organisation industrielle entre les Etats membres, l'ESA doit du côté de la Commission tenir compte du manque de décisions quant à sa part de financement du programme spatial, suite aux retards pris pour définir les perspectives financières 2007-2013 de l'UE. Le 7ème programme-cadre de recherche et de technologie prévoit un volet «*Espace & Sécurité*». «*Les instances de l'UE ont une autre vision de l'activité spatiale: on se moque de la manière dont on fait les satellites, on veut des systèmes qui rendent des services plus efficaces, qui répondent aux besoins immédiats*». Il insistait sur le développement technologique basé sur des démonstrateurs qui doivent viser un caractère plus proche des applications: «*Dans ces démonstrateurs, il s'agit d'être plus systématique pour le transfert des technologies, en misant sur le «spin-in» [transfert dans les systèmes spatiaux des technologies issues d'autres secteurs d'activités industrielles, comme l'aéronautique, l'automobile, l'informatique...]. Il faut identifier les technologies clés dans le prolongement de GMES et de Galileo.*»

Au sujet du nouveau cadre à envisager pour l'Europe spatiale: «*Le plus urgent est de trouver de l'argent, mais on doit réduire les coûts en établissant des partenariats avec les laboratoires des différents pays. Une mécanique se met en place pour mieux partager les moyens, mais la réalisation d'un réseau de centres tarde à se concrétiser. Une nouvelle dynamique est recherchée.*»

Comment voit-il l'avenir de l'ESA au sein de l'UE ? «*Cette machine a réalisé beaucoup de «premières», mais il faut la relancer avec de nouvelles «premières» et la réorganiser au mieux dans le contexte européen. Il y aura des événements déclenchants et tout le monde s'y prépare. En tout cas, ça phosphore, ça bouillonne d'idées. La réflexion est en cours et on a beaucoup d'échanges. Ce qui va arriver, nul ne peut le prédire. En tout cas, on est en train de vivre des moments excitants.*»

(Pour le Conseil Ministériel de Berlin, lire aussi la rubrique 'Actualités'.)

*L'activité spatiale de l'UE est définie au Conseil européen de l'Espace. Le premier s'est tenu à Bruxelles en novembre 2004.  
© ESA*



# L'Europe dans l'espace

Les décisions débattues aux Conseils ministériels de l'ESA – notamment celui qu'on prévoit en 2008 aux Pays-Bas – auront un impact sur la capacité de l'Europe spatiale à tenir les échéances à moyen et long terme, telles qu'elles sont définies aujourd'hui. En plus de la coopération internationale qui a fait ses preuves au cours de trois décennies d'ESA, la dimension globale des programmes de l'Europe dans l'espace doit trouver sa pleine expression à l'heure de l'UE élargie à 25 (bientôt à 27).

En définissant la vision de l'ESA lors du 56ème Congrès international d'astronautique au Japon, Jean-Jacques Dordain, le Directeur Général de l'ESA, s'est référé aux trois acquis de la présence européenne dans la dimension spatiale :

- les trente années de succès scientifiques et technologiques;
- la vie des citoyens européens qui dépend désormais des systèmes spatiaux;
- la maîtrise des atouts et des risques des programmes de coopération.

A l'avenir, il fait de cette coopération la base même de trois piliers, sur lesquels doit reposer la vision de l'Europe pour sa stratégie dans l'espace. Tout en précisant que ces trois piliers ne font qu'un tout indissociable:

- coopérer non seulement au sein de l'ESA, mais également entre les Etats membres de l'UE;
- coopérer entre l'UE et les puissances spatiales dans le monde;
- coopérer entre les générations pour la communication du savoir et la transmission du savoir-faire.

*L'Europe spatiale est la seule, avec sa sonde Ulysses – en orbite solaire depuis 15 ans –, à explorer l'environnement au-dessus des pôles du Soleil.*  
© ESA

C'est le rapprochement entre l'ESA (monde de l'espace) et la Communauté européenne (monde du citoyen) que le Directeur Général de l'ESA voit dans l'initiative conjointe GMES : «L'Agence a eu trop tendance à s'auto-définir la demande. Il est important d'établir un dialogue entre le fournisseur et le demandeur des systèmes spatiaux. Ce dialogue est nécessaire pour voir si la solution est faisable techniquement et abordable financièrement. Il s'agit de mettre en oeuvre un Plan d'action non seulement pour les citoyens de l'Europe, mais pour les citoyens du monde. GMES doit être le moteur européen de la coopération mondiale entre ceux qui ont les moyens et ceux qui ont les besoins». C'est cette nouvelle dimension de l'Europe spatiale que met en évidence le Conseil européen de l'espace, qui réunit au niveau ministériel les Etats membres de l'UE et de l'ESA (en tout, les 25 qui adhèrent à l'UE plus la Norvège et la Suisse qui sont membres de l'ESA).



ESA :

[www.esa.int](http://www.esa.int)

European Space Policy :

[europa.eu.int/comm/space/](http://europa.eu.int/comm/space/)

## Abréviations:

- ACEP : Ariane 5 Consolidation and Evolution Preparation  
ARTA : Accompagnement en Recherches et Technologies d'Ariane 5  
ARTES : Advanced Research in Telecommunications Systems  
CSG : Centre Spatial Guyanais  
ELIPS : European Programme for Life and Physical sciences and applications utilising the International Space Station.  
EOEP : Earth Observation Envelope Programme  
EPS : Eumetsat Polar System (satellites météo en orbite polaire)  
FLPP : Future Launchers Preparatory Programme (lanceurs de nouvelle génération)  
GMES : Global Monitoring for Environment & Security (coopération avec l'UE européenne)  
ISS : International Space Station  
JWST : James Webb Space Telescope  
LISA : Laser Interferometer Space Antenna  
MTG : Meteosat Third Generation (satellites météo en orbite géostationnaire)  
VERTA : Vega Research & Technology Accompaniment

# à moyen et long terme

	Conseil Ministériel 2005	Conseil Ministériel 2008	Vision 2015
Activités obligatoires ■ Science spatiale ■ Activités de base	Niveau des ressources 2006-2010	Niveau des ressources 2009-2013	Cosmic Vision en voie d'achèvement: missions Bepi Colombo, LISA, GAIA, JWST, Solar Orbiter lancées Démarrage du programme Cosmic Vision 2025
Exploration	Décision sur la mission ExoMars et sur les activités préparatoires pour une participation de l'Europe aux futures missions internationales d'exploration lunaire	Décision sur la mission Mars Sample Return (MSR) Participation au développement d'un véhicule d'exploration dans le cadre de la coopération internationale Participation à des missions lunaires	Mission Mars Sample Return (MSR) Démonstration d'un véhicule de transport habité pour des missions d'exploration Participation à des missions automatiques et habitées sur la Lune
ISS	2ème phase des programmes d'exploitation de l'ISS et d'ELIPS (pour 2006-2007)	Confirmation pour l'exploitation de l'ISS & pour la continuation d'ELIPS	Opérations et utilisation ISS qui s'achèvent
Navigation		Phase de définition pour la 2ème génération Galileo	1 <sup>ère</sup> constellation Galileo opérationnelle à partir de 2010 Maintenance des satellites en cours (terminée en 2017) 2 <sup>ème</sup> génération en cours de conception.
Télécommunications	Extension du programme ARTES Missions de démonstration de télécommunications, notamment pour la plate-forme lourde Alphasat	Mise en oeuvre avec le partenariat des opérateurs/fournisseurs de services de missions pour des applications innovantes, pour le développement des technologies qui sont associées	Soutien au déploiement d'applications avancées dans les multimédia par satellites, prenant en compte les développements à la pointe de la technologie qui sont destinés à accroître l'interactivité croissante entre mobiles, avec des terminaux plus petits fonctionnant à des fréquences plus élevées.
Accès à l'espace	Programme ACEP Extension du programme Ariane 5/ARTA (2007-2010) Résolution sur l'infrastructure CSG 2006-2008 Programme VERTA Programme FLPP 2006-2009	Décisions sur le scénario futur d'accès à l'espace et sur des programmes de développement et de fabrication qui y sont associés	Développement en cours du Next Generation Launcher (décision à prendre en 2008)
Observation de la Terre ■ Sciences de la Terre/ Eumetsat  ■ GMES	■ Programme EOEP-3 ■ Décision d'études de définition sur les satellites météo de la prochaine décennie  ■ Premier segment de la composante spatiale du programme GMES (GMES-1)	■ D'EOEP-3 à EOEP-4 ■ Décision de développement pour les satellites Eumetsat (post-EPS et MTG)  ■ Décision sur les satellites destinés à GMES, liée à la confirmation par l'UE de sa contribution au programme. Premiers services opérationnels GMES	■ Programme EOEP-4 en cours ■ Développement Post-EPS et MTG (3 <sup>ème</sup> génération) en voie d'achèvement  ■ GMES opérationnel: services disponibles pour la sécurité Conception de la prochaine génération de satellites
Technologie	Activités préparatoires: ■ pour des démonstrations technologiques en orbite, notamment le vol en formation ■ pour un Nouveau Programme de non dépendance, de transfert spin-ins et des technologies à usage dual	Développement de démonstrateurs identifiés Poursuite de l'évolution liée au financement de l'UE Définition d'un programme technologique sur la sécurité	Développements technologiques décidés en 2005/08 devant être arrivés à maturité Nouveaux services et nouvelles applications en cours des systèmes spatiaux
Eléments stratégiques hors programmation	Organisation interne et politique industrielle Approche d'une nouvelle gouvernance et d'une stratégie d'élargissement	Nouvelle relation ESA-UE qui dépasse l'actuel accord-cadre; évolution et réforme financière de l'ESA	Nouvelle ESA dans le cadre des institutions de l'UE européenne

(d'après un tableau établi par le Groupe de Travail pour le Conseil ministériel de l'ESA)

# "Premières" et défis du système Galileo

T'es branché Galileo ? Dans dix ans, Galileo devrait être entré dans les mœurs, comme le *GPS (Global Positioning System)*. Cette abréviation dont la plupart ne connaissent pas la signification fait désormais partie du langage commun de la société mondiale.

Si le programme Galileo de satellites civils de navigation suscite beaucoup d'intérêt dans le monde, les pays européens ont eu des difficultés à dépasser leurs différends en ce qui concerne la défense de leurs intérêts nationaux et industriels. Quant au financement du programme, le développement du système risquait d'être sérieusement retardé. Sa mise en oeuvre pouvait dès lors se trouver compromise face à son concurrent américain, le GPS 3, qui devrait être opérationnel en 2014. Jacques Barrot, vice-président de la Commission européenne en charge du transport et de l'énergie et responsable du programme a confié à l'ancien commissaire européen Karel Van Miert une mission de médiation. Celle-ci a abouti, le 5 décembre 2005, à une répartition des responsabilités entre les cinq plus grands pays contributeur au programme (Allemagne, France, Royaume-Uni, Italie, Espagne).

Deux satellites d'essais (*GIOVE* ou *Galileo In Orbit Validation Element*) serviront tant à préserver les fréquences qu'à éprouver des technologies clés (générateurs de signaux, antennes à dipôles performantes, horloges atomiques embarquées). *GIOVE-A* a été réalisé par l'Université britannique de Surrey. Après avoir été testé à l'ESTEC, il a été lancé le 28 décembre depuis Baïkonour avec une fusée Soyouz ; il faisait découvrir à l'Europe l'environnement de l'orbite circulaire à 23.616 km d'altitude sur laquelle évolueront les satellites Galileo.

Le second satellite, *GIOVE-B*, est construit sous la responsabilité de la société Galileo Industries. Il sera prêt pour un lancement, durant ce printemps, avec une autre fusée Soyouz. La station ESA de Redu est en train de s'équiper pour participer aux tests Galileo dans l'espace. Quatre satellites destinés à valider et à tester les performances du sys-



tème en orbite ont été commandés par l'ESA à Galileo Industries. Ils seront lancés en 2008 par deux fusées Soyouz afin de démarrer des services préopérationnels. Mais cette phase se révèle plus coûteuse que prévu initialement. Certains gouvernements rechignent à investir davantage pour régler ce supplément, ce qui a retardé la signature du contrat définitif. Il est aujourd'hui admis que la constellation Galileo ne sera complète, pour des services à l'échelle globale, qu'en 2012.

*GIOVE-A est le premier satellite qui doit tester le système Galileo. Il a été réalisé sous la maîtrise d'œuvre de l'Université de Surrey.*  
© ESA

## Un marché d'applications qui explose sur la planète

Les études de marché sur les applications des satellites de navigation montrent que l'industrie des produits et services est au début d'une ère d'expansion. On estimait que pour 2004 le chiffre d'affaires ; avec les seuls *GPS* américains, dépassait les 30 milliards d'euros (23 pour les produits, 7 pour les services). On prévoit que ce marché va croître pour atteindre en 2020 les 276 milliards d'euros (178 pour les produits, 98 pour les services). Il y a de quoi donner le tournis aux milieux d'affaires et aux politiciens pour la création d'emplois nouveaux. Surtout que ce sont tous les domaines d'activités qui vont être touchés :

- la localisation personnelle se trouvera intégrée à la mobilophonie et on ne pourra même plus se perdre dans les grandes infrastructures.
- le secteur routier s'en servira pour la gestion des infrastructures (autoroutes, ponts, tunnels à péage), la surveillance du trafic, le suivi des transports, les services d'urgence...
- le contrôle aérien sera à même de faire face en toute sécurité à l'augmentation des vols hors des corridors actuels, de faciliter les manœuvres de décollage et d'atterrissage partout sur le globe.
- la navigation sur mer pourra compter sur une amélioration des voies maritimes, sur des secours plus efficaces

## Un programme en trois temps

Avec la mise en orbite de GIOVE-A qui servira aux premiers tests de signaux de navigation, le système Galileo entre dans sa phase de réalisation. Deux autres étapes doivent mener vers une constellation opérationnelle de 30 satellites. L'ensemble aura nécessité un investissement total de quelque 3,8 milliards d'euros sur une période de 10 ans.

2005-2007 : deux satellites précurseurs GIOVE-A et GIOVE-B pour tester et valider les fréquences en bande L (1,2 et 1,6 GHz) et valider des technologies critiques, comme de nouvelles horloges atomiques. Contrat de la concession (partenariat public-privé) et mise en place de l'Autorité de Surveillance.

2008-2010 : quatre satellites pré-opérationnels pour la validation en orbite du système Galileo. Démarrage de services opérationnels avec le Concessionnaire. Le coût de la phase IOV (In Orbit Validation) qui est gérée par l'ESA pour l'Entreprise Commune GJU (Galileo Joint Undertaking) est estimé à 1,3 milliards d'euros, dont la moitié prise en charge par l'ESA (\*).

2010-2012 : déploiement, sous la responsabilité du Concessionnaire, des 26 satellites opérationnels de la constellation Galileo qui comprendra un total de 27 en service et de 3 en réserve (9 + 1 par plan d'orbite). Cette phase va coûter 2,5 milliards d'euros au partenariat public-privé (1/3 + 2/3).

(\*) L'Etat belge, via la Politique scientifique fédérale, a décidé de participer pour 4,79 %, soit 26,5 millions d'euros. Ce qui permet à l'industrie belge de participer à l'expérimentation du système Galileo et à la démonstration de ses services : Septentrio (pour les récepteurs), Alcatel Alenia Space ETCA et Antwerp, VitroCiset EPB, Space Applications Services, Trasy Space sont concernés. D'autres contrats restent à attribuer.

### Les particularités de Galileo :

- le premier grand projet industriel mené par l'UE dans un secteur de pointe particulièrement porteur
- le premier système civil de radionavigation par satellite, aux côtés des constellations GPS américaine et GLONASS (Global Navigation Satellite System) russes, qui sont conçues dans une optique militaire et appartiennent à des infrastructures de défense
- le premier projet de l'UE faisant l'objet d'un partenariat public-privé
- la première infrastructure stratégique appartenant à l'UE et placée sous son contrôle. L'UE va pour la première fois détenir une grande infrastructure publique particulièrement sensible en terme de sécurité et de sûreté, dont la dimension stratégique n'échappe par ailleurs à personne.
- un puissant vecteur de coopération internationale

lors de naufrages, de collisions...

- le développement ferroviaire aura besoin du positionnement par satellites pour gérer les flottes de trains et convois à grande vitesse.
- l'exploitation des ressources énergétiques deviendra plus efficace, donc rentable grâce à une prospection plus précise, au moyen d'infrastructures mieux sécurisées...
- l'agriculture, la pêche, la distribution d'électricité, la protection des personnes, l'industrie des loisirs se trouveront influencées par l'emploi des récepteurs GPS et Galileo.

## Se repérer dans l'espace-temps grâce à des horloges atomiques en orbite

La navigation par satellites définit votre position à la surface terrestre en mesurant les distances entre quatre satellites en orbite et votre récepteur-calculateur GPS, demain Galileo. Cette mesure se fait grâce aux signaux qui donnent le temps ultra-précis d'horloges atomiques à bord des satellites. Ces horloges sont en permanence calibrées sur d'autres à la surface terrestre, de manière à ce qu'elles se réfèrent toutes à la même donne chronométrée. Le récepteur calcule la localisation en mesurant le temps en nanosecondes pour capter les signaux qui proviennent de quatre satellites repérés dans le ciel. Plus l'horloge de chaque satellite transmet une mesure de temps avec beaucoup de précision et de stabilité, plus le positionnement obtenu est d'une finesse élevée.

Atouts du système civil Galileo qui sera interopérable, donc complémentaire du GPS militaire, pour faire éclore de nouvelles applications :

- deux horloges au rubidium qui offrent une stabilité de 10 nanosecondes sur 24 heures se trouvent jumelées avec deux horloges maser passif à hydrogène qui garantissent une stabilité de 1 nanoseconde et dont ce sera la première utilisation dans l'espace. Une localisation à 1 m près sera possible, ce qui permettra de préciser sur quel axe d'autoroute se trouve un véhicule...
- le signal généré par chaque satellite Galileo et émis dans dix canaux de fréquences en bande L - 1,2 et 1,6 GHz (\*) - sera plus puissant. Les utilisateurs puissent se servir du récepteur Galileo à l'intérieur des bâtiments et sur des sites accidentés !
- un message d'intégrité certifiera que les satellites-repères, utilisés pour le positionnement, fonctionnent de façon fiable. Cette certification est essentielle pour le trafic aérien, pour la sécurité des transports, pour des activités à hauts risques, pour les compagnies d'assurance...

*Evoluant lentement au-dessus de nos têtes, les trente satellites de la constellation Galileo constitueront des repères radio pour se localiser sur terre, en mer, dans les airs.*  
© ESA





Le système Galileo devrait améliorer les performances du GPS pour la gestion des terres agricoles et pour le trafic sur les routes.  
© Alcatel Alenia Space

Par ailleurs, le satellite Galileo sera équipé pour capter et localiser les signaux de détresse, dans le cadre du service humanitaire de recherche et sauvetage *Cospas-Sarsat*. Ce système mondial, mis en place par la France, le Canada, la Russie et les Etats-Unis, a permis de sauver près de 20.000 personnes victimes d'accidents et dans des situations périlleuses ([www.cospas-sarsat.org](http://www.cospas-sarsat.org)).

*(\*) Pour préserver ses droits sur les fréquences de navigation, qui lui ont été accordées par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) après d'âpres négociations au niveau international, le système européen Galileo devait disposer d'un premier satellite expérimental à la mi-2006 !*

## Service mondial « cinq étoiles »

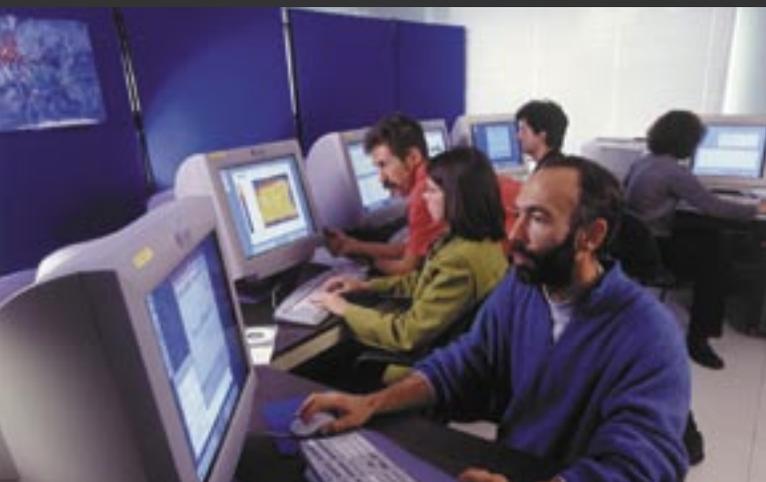
Le système civil Galileo, une fois opérationnel, pourra tenir la dragée haute à son homologue militaire américain, le GPS. Il offrira un service mondial « cinq étoiles », qui est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Les « étoiles » du service	Caractéristiques et performances
<b>NAVIGATION</b>	
1. Service ouvert (libre service)	Accès gratuit pour tout récepteur GPS/Galileo – localisation de l'ordre du mètre.
2. Service commercial (payant)	Signaux cryptés et protégés, avec message d'intégrité – positionnement avec une précision de quelques centimètres – service garanti à tous les fournisseurs d'accès payant.
3. Service Sécurité de la vie (libre)	Mêmes performances que le Service ouvert, avec des récepteurs certifiés double fréquence – niveau d'intégrité élevé pour des applications de sauvegarde dans les transports.
4. Service Public Réglementé (payant et sécurisé)	Garantie d'un service continu, avec des signaux fiables et confidentiels, pour les services gouvernementaux de police, de douane, d'incendie, les opérations militaires et humanitaires, la gestion de crises.
<b>RECHERCHE &amp; SAUVETAGE</b>	
5. Service humanitaire SAR/Search & Rescue (gratuit)	Participation au système international SARsat de collecte – quasi instantanée – de messages de détresse, avec positionnement précis des alertes

# EGNOS, le précurseur de Galileo

L'Europe propose déjà des services opérationnels de navigation spatiale sur son territoire, de l'Atlantique à la Méditerranée. Son système EGNOS (*European Geostationary Overlay Service*) qui prépare les terminaux Galileo de localisation ultra-précise, vient d'être mis en service. Développé par Alcatel Space pour l'ESA dans le cadre d'un programme avec la Commission européenne et Eurocontrol, EGNOS consiste à améliorer les signaux existants des GPS américains et GLONASS russes en les relayant via trois satellites géostationnaires de télécommunications (dont ARTEMIS) et en se référant à un réseau de stations au sol.

Les mesures de temps sont diffusées avec des corrections à large champ sur l'état de l'ionosphère (qui peut perturber les communications), ainsi qu'avec des données pour des messages d'intégrité (qui garantissent la localisation obtenue). On obtient surtout une qualité des données de synchronisation, qui permet un positionnement avec une précision de 1 à 2 m. D'où l'intérêt que lui portent les responsables du contrôle aérien et de la sécurité des transports. L'opérateur d'EGNOS est ESSP (*European Satellite Services Provider*), une entreprise qui a été créée par six fournisseurs de services de navigation aérienne et qui est basée à Bruxelles. Au cours de la phase initiale, la responsabilité de la fourniture des signaux EGNOS va être transférée de l'ESA à ESSP, qui est chargée de qualifier et d'optimiser les opérations EGNOS. Le «service ouvert» d'EGNOS, d'un accès gratuit pour les utilisateurs, est disponible au début de cette année ([www.essp.be](http://www.essp.be)).



C'est depuis Toulouse qu'est contrôlé EGNOS pour améliorer les performances GPS et GLONASS.  
© Alcatel Alenia Space

# Septentrio les récepteurs Galileo

En obtenant le contrat de développement des récepteurs Galileo – qui doivent être compatibles avec GPS et GLONASS –, la société Septentrio Satellite Navigation de Louvain est entrée dans la cour des grands du spatial européen. A la tête d'un consortium international qui comprend QinetiQ au Royaume-Uni, Delft University of Technology (DUT) et Ursa Major aux Pays-Bas, Orban Microwave Products (OMP) en Belgique, Deimos Space en Espagne, et Skysoft au Portugal, cette spin-off des laboratoires IMEC (Interuniversity Micro-Electronics Centre) va valoriser son savoir-faire avec la commercialisation de composants high-tech pour la navigation par satellite. Le pionnier belge Septentrio se situe bel et bien dans la courant historique comme successeur du mathématicien et géographe Gerardus Mercator (1512-1594), mathématicien et géographe dont les cartes ont permis aux navigateurs de se positionner sur le globe.

L'ESA a confié au consortium Septentrio les activités de développer et produire les récepteurs du système Galileo. Les équipements qui sont testés depuis 2004 – le premier récepteur fonctionnant dans les fréquences Galileo a été livré en septembre 2004 - ont démontré leurs bonnes performances. Le contrat de l'ESA pour la phase de validation en orbite du système Galileo (2006-2010) confirme et conforte l'avance technologique de Septentrio et de ses partenaires dans l'utilisation des signaux des satellites de navigation. Avec la satellisation du premier GIOVE (*Galileo In Orbit Validation Element*), Septentrio peut évaluer l'emploi des signaux Galileo et concrétiser son expertise technologique dans la mise en œuvre des récepteurs. Cet élément essentiel est le plus visible, puisqu'il sera le trait d'union entre l'utilisateur au sol et le système dans l'espace. Ses performances sont aussi importantes que les horloges atomiques et le générateur de signaux à bord de chacun des trente satellites de la constellation.

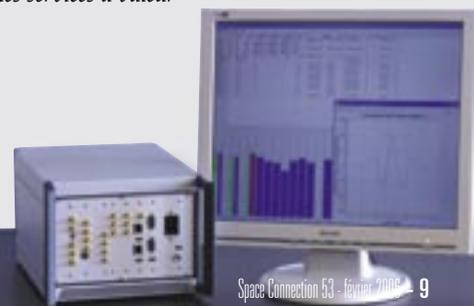
Peter Grogard, le Directeur de Septentrio, insiste sur le rôle de premier plan de son entreprise qui emploie 40 ingénieurs et techniciens, et ce, dès le démarrage du programme Galileo : « Nous sommes des pionniers de la réception des signaux GPS et GLONASS, puisque nous avons réalisé en Europe le premier récepteur qui soit inter-opérable américano-russe. Cette performance de l'inter-opérabilité recourt à une technologie que nous maîtrisons. Le fait de disposer dès les débuts de récepteurs Galileo est crucial pour une percée réussie de l'Europe sur le marché des services à valeur ajoutée de son système de navigation. »

 Plus  
[www.septentrio.com](http://www.septentrio.com)



Peter Grogard dirige l'équipe Septentrio.  
© Septentrio

Septentrio (Louvain) a développé et est en train de tester le premier récepteur du système Galileo (à gauche).  
© Septentrio



# Rainer Grohe

## Directeur général de la Galileo Joint Undertaking:

«Le système civil Galileo sera déployé avant le GPS 3 américain pour offrir des services plus fiables et plus précis d'envergure globale.»



© Th.P./SIC

La Galileo Joint Undertaking (GJU) ou l'Entreprise Commune Galileo constitue l'actuel maître d'œuvre du système Galileo pour son développement et sa validation en orbite. A ce titre, elle est responsable, pour le Conseil européen et pour la Commission (Direction générale Transport & Energie), de la bonne exécution du programme qui implique les six premiers satellites Galileo. La GJU s'appuie sur les compétences techniques de l'ESA pour la réalisation du segment spatial (GalileoSat) et de l'infrastructure terrestre qui lui est associée. Elle s'assure que cette réalisation soit menée à bien avec les performances requises du système et endéans les conditions financières qui ont été fixées. Parallèlement, elle est chargée de négocier le contrat de concession avec l'opérateur du système.

Depuis 2003, Rainer Grohe est le Directeur Général de la GJU. Cet ingénieur allemand est le chef d'orchestre du système Galileo, jusqu'à ce que son déploiement et son exploitation soient confiés à un concessionnaire public-privé<sup>(\*)</sup>.

**Space Connection – Vous êtes responsable de la gestion du système Galileo pour sa phase de développement. Le programme progresse-t-il comme prévu ?**

**Rainer Grohe** – La Galileo Joint Undertaking que je dirige est une palette efficace de talents enthousiastes d'Europe, de la Chine et d'Israël. Toutes les tâches dont elle a le contrôle progressent comme prévu, même mieux. Vous devez comprendre que ce programme est très ambitieux. Nous n'avons pas de précurseur, qui soit une entreprise d'une telle complexité en Europe.

**SC – Cette position clef de la GJU n'est-elle pas particulièrement délicate, puisqu'elle est au croisement de l'ESA, de l'UE, de l'industrie européenne et de partenaires internationaux ?**

**RG** – Quand on m'a contacté pour la responsabilité de Directeur, j'étais fasciné par les aspects du défi global de Galileo pour l'avenir de l'Europe. Ce défi, c'est de marier politique, industrie et recherche, avec un nombre des partenaires qui va grandissant. D'un côté, vous avez les Etats membres de l'ESA et de l'UE, de l'autre la Chine et Israël qui ont accepté de s'impliquer dans le financement et dans la

réalisation du système. Puis vous avez l'industrie européenne avec son histoire et ses caractéristiques propres.

**SC – Dans les mois à venir, trois acteurs seront en scène aux côtés de l'ESA pour le programme Galileo: la GJU déjà en place, le Concessionnaire et l'Autorité de Surveillance de la gestion. Comment organiser ces acteurs entre eux ?**

**RG** – Cette Autorité a la propriété du système, y compris les droits intellectuels liés aux activités de développement. Le concept de base qui a été accepté par les Etats membres de l'UE et de l'ESA est de construire un système civil dans un partenariat public-privé. La GJU est responsable de la gestion de la phase de développement jusqu'au terme de la validation en orbite du système, phase qui utilisera deux satellites-tests et quatre satellites préopérationnels. Une fois cette phase terminée, il appartiendra au Concessionnaire, la *Galileo Operating Company* (GOC), de déployer et d'opérer le système. Alors, c'est-à-dire au cours de 2008, la GJU cédera le relais et cessera d'exister. Le Conseil des Transports a décidé en juin 2004 de mettre en place l'Agence pour la Surveillance de la gestion – la Galileo Supervisory Authority –, qui sera l'autorité régulatrice du système et de ses utilisations.

**SC – L'Europe vient de mettre en service l'exploitation d'EGNOS qui préfigure les services Galileo. Comment va se faire la transition d'EGNOS à Galileo ?**

**RG** – EGNOS qui utilise les signaux GPS et GLONASS a son opérateur commercial. Celui-ci n'a pas à contribuer au financement puisque le système est déjà payé. Il a juste le droit de l'exploiter. A la différence du concessionnaire Galileo qui doit co-financer le déploiement de la constellation et est responsable de sa mise en oeuvre. L'idée est que EGNOS et Galileo sont des systèmes indépendants qui progressent en parallèle. Mais une fois que la constellation Galileo sera déployée, EGNOS y sera intégré.

**SC – L'Europe n'est pas au bout de ses peines en ce qui concerne la maîtrise de la technologie des horloges atomiques qui sont le coeur de chaque satellite et qui doivent fonctionner**

## dans un environnement orbital de radiations élevées. Qu'en est-il de la technologie européenne ?

RG – L'Europe est en mesure de maîtriser le bon fonctionnement des horloges atomiques, de les produire avec les critères prévus de précision et de fiabilité élevées. Certes, il n'y a qu'un fournisseur, qui se trouve en Suisse qui a la compétence technique pour la maîtrise des horloges atomiques. C'est vrai qu'il y a une part de risques, notamment en ce qui concerne la résistance de ces horloges aux fortes radiations. Avec un système aussi ambitieux que Galileo, vous devez prendre des risques. Je suis confiant que nous aurons des horloges performantes et efficaces à bord de chaque satellite de la constellation Galileo.

## SC – Galileo pourra-t-il vraiment rivaliser avec le GPS qui offre déjà des services gratuitement ?

RG – Je suis pleinement confiant dans la réussite commerciale de Galileo. Les Américains, jusqu'à présent, n'ont pas l'intention d'opérer GPS à des fins commerciales, puisqu'il est financé par le budget du Département de la Défense. Galileo par rapport à GPS garantira la disponibilité, la fiabilité et l'intégrité de ses signaux à l'échelle du globe. En fait, nous n'allons pas concurrencer le GPS américain. Nous avons décidé de coopérer sur le signal ouvert dont l'utilisation est gratuite, et ce, avec un récepteur qui sera compatible tant pour Galileo que pour GPS (\*\*). Les deux systèmes se compléteront donc pour plus d'efficacité et une fiabilité accrue.

## SC – Pour vous, Galileo va nous faire entrer dans une nouvelle ère ?

Exactement! Si on prend en compte le haut degré d'exactitude des mesures du temps données par Galileo, on aura droit à une avalanche d'innovations, non seulement pour la navigation, mais aussi pour la synchronisation et d'autres applications. L'ère Galileo nous fera découvrir des possibilités qui sont encore insoupçonnées et incroyables.



### Galileo sur Internet:

EGNOS : [www.esa.int/esaNA/egnos](http://www.esa.int/esaNA/egnos)

Galileo : [europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/galileo/](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/)

Galileo Industries : [www.galileo-industries.net](http://www.galileo-industries.net)

Galileo Joint Undertaking: [www.galileoju.com](http://www.galileoju.com)

GLONASS : [www.glonass-center.ru](http://www.glonass-center.ru)

GPS : [gps.faa.gov/](http://gps.faa.gov/)

Les satellites Galileo contiendront des horloges atomiques au rubidium et maser passif à hydrogène qui donne des références de temps avec une grande précision.  
© ESA

(\*) Le Concessionnaire Galileo constituera le plus important partenariat public-privé en Europe. Les actionnaires-fondateurs du groupement qui négocie le contrat de Concession avec la GJU sont : AENA ET Hispasat (Espagne), Alcatel et Thales (France), EADS et TeleOp (Allemagne), Finmeccanica (Italie), Inmarsat (Royaume-Uni). Le contrat doit être finalisé au cours de cette année.

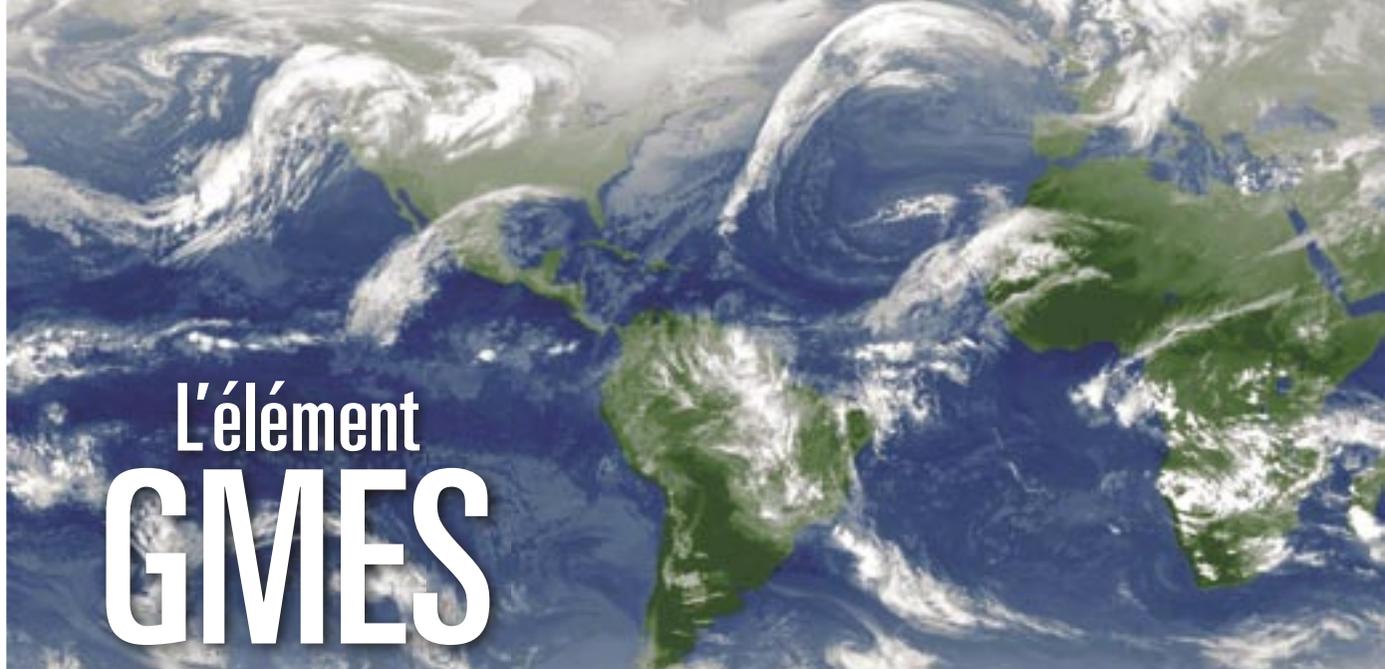
(\*\*) Le GPS est une constellation de 24 satellites (répartis sur six plans d'orbite à 20.200 km d'altitude) développée depuis 1978 pour les besoins du Département américain de la Défense. Elle compte aujourd'hui 30 satellites en service, dont le premier Block-IIR modernisé, plus performant, qui fut lancé en septembre 2005.

## Des applications dont on ne peut plus déjà se passer

La navigation par satellite est déjà considérée comme l'une des ressources qui conditionnent notre vie de tous les jours. Au même titre que l'électricité, la téléphonie, la télévision. Ainsi la localisation grâce à des signaux de temps émis depuis l'espace permet à un gestionnaire de connaître à tout moment la position d'un camion ou d'un train, à un navire de suivre son cap et à un automobiliste de trouver son chemin dans une ville inconnue. Mais elle rend aussi possible de retrouver un conteneur égaré, de repérer une voiture volée, d'évaluer le temps restant avant le passage d'un bus, de suivre les déplacements d'un délinquant grâce un bracelet électronique, de surveiller à distance des enfants en vacances, de secourir un randonneur perdu en montagne... On peut ainsi multiplier les applications presque à l'infini !

De nombreux produits et services du positionnement par satellite sont devenus indispensables, voire incontournables, dans les activités pour lesquelles est nécessaire une topographie extrêmement précise : l'exploration minière et pétrolière, l'installation d'oléoducs, l'électrification en zone rurale, le placement de relais de télécommunications, la gestion des sols cultivés, l'exploitation des autoroutes, l'intervention plus efficace, grâce à la précision, des secours, etc. Toutes ces applications sont déjà offertes par le GPS américain, mais elles se trouveront fort améliorées – plus précises, mieux sécurisées – grâce à l'avènement du système européen Galileo.

Grâce aux satellites météorologiques on peut avoir une vision globale de l'activité atmosphérique. Cette vue panoramique nous montre l'état de l'atmosphère le 18 janvier 2005.  
© Eumetsat



# L'élément GMES

## dans le puzzle GEOSS: du global au local, de l'espace à notre planète

Comprendre l'environnement, prévoir ses caprices et sautes d'humeur, veiller à ce que notre monde puisse être le mieux sécurisé : ces grands défis du XXIème siècle mettent la communauté mondiale aux prises avec un système fort complexe de phénomènes variés: les cycles de l'air, de l'eau et du carbone, le taux d'humidité et l'importance des glaces, les pollutions naturelles et les activités humaines, la réflexion des sols et des mers, les mouvements de l'écorce terrestre, les influences du rayonnement solaire et de l'environnement spatial, les effets de la déforestation et de la désertification...

Face à cette complexité en changement et à l'échelle globale, l'objectif est de mobiliser une vaste panoplie de disciplines scientifiques, de susciter la synergie de tous les systèmes d'observation, de détection, d'analyse... Tel est le sens de *GEOSS (Global Earth Observation System of Systems)* dont un plan pour 10 ans a été adopté en février 2005, lors du Sommet planétaire de Bruxelles. L'harmonisation des activités est orchestrée par l'organisme intergouvernemental *GEO (Group on Earth Observations)* qui se trouve à Genève au siège de l'Organisation Météorologique Mondiale; depuis le 1er septem-

## Chaîne d'essais Galileo avec un maillon belge à Redu

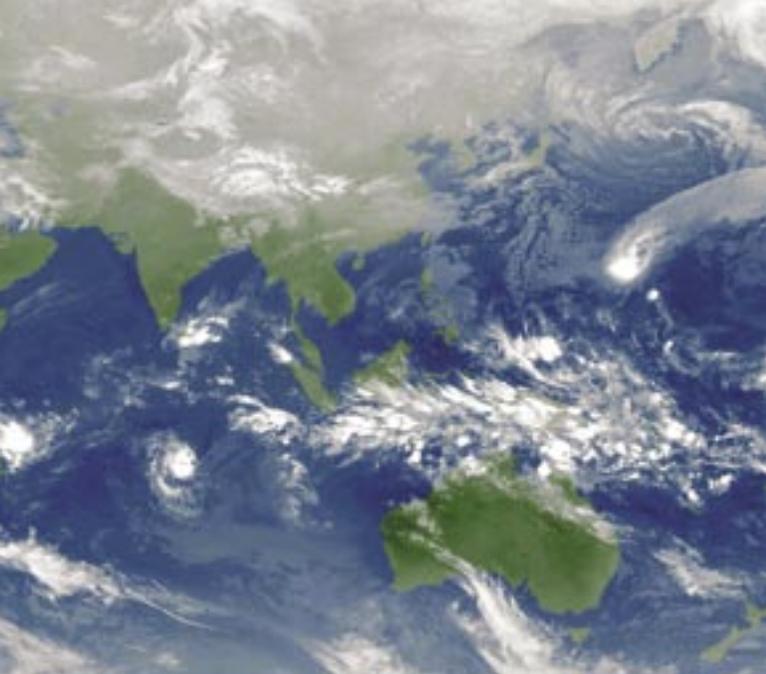
Cette année est marquée par le démarrage de la phase de tests en orbite des premiers satellites Galileo et par la signature de la concession. L'ESA et l'industrie européenne ont mis en place une infrastructure au sol pour éprouver et valider les technologies clés qui équiperont les 4 satellites pré-opérationnels (phase de développement et de qualification), puis les 26 autres de la constellation (phase de déploiement et d'exploitation) pour des services opérationnels.

L'ESA possède à Redu (Province de Luxembourg) une station de poursuite et de tests en orbite de satellites d'applications ainsi qu'un centre de contrôle pour le satellite belge PROBA-1 qui observe la surface terrestre. Redu fait partie du réseau mondial de stations qui sont équipées pour assurer le suivi des deux satellites GIOVE et mettre à l'épreuve leurs systèmes de bord. Ils utilisent les bandes de fréquences en bande L grâce à leur nouvelle technologie de générateurs de signaux. GIOVE-A doit expérimenter une horloge atomique au rubidium qui a été développée en Europe. GIOVE-B, qui sera testé en orbite depuis Redu, utilisera pour la première fois une horloge maser passif à hydrogène aux performances inégalées.

D'ores et déjà, la station ESA de Redu est assurée d'un bel avenir pour le système Galileo. Un consortium belge, dirigé par VitroCiset EPB et comprenant Trasy Space et Space Applications Services, a obtenu le contrat pour l'ingénierie de la logistique intégrée du segment terrestre en vue de la phase de développement de la constellation qui comprendra 30 satellites.

Sous ce dôme, la station ESA de Redu a l'antenne en bande L qui a permis dès le 12 janvier de capter les premiers signaux Galileo.  
© VitroCiset/ESA





bre 2005, le géophysicien français José Achache en est le premier directeur. Celui-ci fut le promoteur du concept *GMES (Global Monitoring for Environment and Security)* quand il était responsable à l'ESA du Programme d'Observations de la Terre. Récemment, il constatait non sans quelque appréhension: «*L'Europe, avec GMES, a pris une petite avance, mais si nous ne faisons pas attention, nous allons être rattrapés et perdre le bénéfice de cette avance.*»

GMES, qui doit offrir des services opérationnels dès 2008, sera la contribution européenne au Plan GEOSS. A ce titre, l'Europe fait œuvre de pionnier. Après une période initiale (2001-2003) qui a fait l'analyse des moyens en place et des besoins à couvrir, GMES a démarré la mise en œuvre de services opérationnels (2004-2008) avec des projets financés par le 6ème Programme-cadre (100 millions d'euros) et par l'ESA (83 millions d'euros). Il s'agit de contribuer aux politiques-clefs de l'UE (Union Européenne), telles que le 6ème Plan d'Action Environnementale, la Stratégie pour le Développement durable, la Politique Etrangère et Sécurité Commune. Le Conseil européen de l'Espace (novembre 2005) et le Conseil ministériel de l'ESA à Berlin (décembre) ont confirmé l'importance de GMES pour le rôle de l'Europe dans le monde.

Le plan d'action GEOSS signifie la mobilisation coordonnée des systèmes qui permettent de comprendre une planète qui change, de maîtriser la métamorphose en cours, de s'adapter à une situation qui évolue. Elle encourage la mise en place d'une infrastructure globale efficace, l'intégration de sites d'observation in situ et depuis l'espace, la mise en réseaux des moyens nationaux et régionaux. Elle compte sur la mise en commun et l'interopérabilité des systèmes, la solution des problèmes de transfert technologique et de propriété intellectuelle pour les produits et services.

Le programme GMES sera au service de l'UE en l'aidant à conserver son autonomie et son indépendance politique dans la prise de décision au niveau mondial. Il doit favoriser l'emploi de l'information géo-spatiale dans une

diversité de politiques communautaires: agriculture, pêche, relations extérieures, risques naturels, protection de l'environnement, développement durable, sécurité alimentaire... Il doit faciliter la création de services à valeur ajoutée qui sont innovants. Il a d'ailleurs été sélectionné comme «projet à démarrage rapide» dans le cadre de l'initiative européenne pour la croissance.

Un premier ensemble de services doit être opérationnel dès 2008: il garantira la continuité dans les données, impliquera les utilisateurs dans son offre de services et produits, intégrera les technologies de télédétection et d'observations in situ. Trois services-pilotes ont été identifiés pour bénéficier du traitement «accéléré» :

- les interventions d'urgence, en renforçant la capacité européenne à réagir aux crises et urgences qui sont associées à des désastres naturels ou d'origine humaine;
- la surveillance de l'utilisation et de l'occupation des sols, dans le cadre de politiques de développement durable, avec l'établissement de cartes détaillées et de systèmes d'information géographique;
- les produits d'information et les indicateurs sur le milieu marin, dans le contexte de la mise en œuvre d'une stratégie thématique visant à protéger, à comprendre et à conserver l'environnement des mers, océans, côtes.



*Le petit satellite belge PROBA-1 réalise une mission de télédétection spatiale. Il peut suivre l'activité volcanique depuis l'espace, comme celle de l'Etna en Sicile.*  
© ESA-ESRIN-Redu



Depuis mars 2002, le satellite européen Envisat de 8 tonnes est dans l'espace l'observatoire le plus complexe de l'environnement.  
© Alcatel Alenia Space

## GMES Service Elements (GSE): l'espace au service de l'environnement

«En 2020, chaque citoyen devrait être capable de connaître, via Internet, l'état de son environnement personnel, tant à l'échelle globale qu'au milieu de son village». Ainsi Josef Aschbacher, coordinateur des programmes à Direction de l'Observation de la Terre à l'ESA, définit-il l'ambitieux défi de GMES. En vue de l'objectif 2008, l'ESA a déjà entrepris GMES sous la forme des GSE ou GMES Service Elements dans le cadre du programme Earthwatch. Ces GSE sur des thèmes spécifiques sont en cours de mise en œuvre, afin de faire éclore des synergies opérationnelles entre les centres et laboratoires dans les différents pays de l'UE. Ils montrent la grande diversité des applications qui vont voir le jour dans le cadre du programme GMES (maître d'œuvre/pays et partenaires belges) :

### Première série de GSE se trouvant en Phase 2

#### GUS (GMES Urban Services)

La cartographie urbaine pour suivre l'expansion des villes et l'occupation des sols (Indra/Espagne, partenaires belges : Eurosense, ControlWare).(a)

#### GSE Forest Monitoring

Suivi du couvert forestier pour déterminer les variations en cours (GAF/Allemagne).

#### SAGE (Service for the provision of Advanced Geo-information on Environment pressure and state)

Centré sur La gestion des ressources en eau et sur la protection des sols (InfoTerra/Allemagne).(a)

#### Risk-EOS (Earth Observation Services)

Destiné à l'évaluation des risques liés aux inondations et aux incendies de forêts (Astrium/France, partenaire belge: Eurosense)

#### TerraFirma

Pour recueillir, par interférométrie radar, toutes les données sur les déplacements du sol dans les grandes villes, lors de travaux publics d'aménagement (NPA Satellite Mapping/Royaume-Uni).

#### GMFS (Global Monitoring for Food Security)

Ensemble de services pour faciliter la connexion entre les ressources agricoles et les problèmes alimentaires, notamment en Afrique (VITO/Belgique, autres partenaires belges : GIM, Trasys).

#### CoastWatch

Service d'information globale (terre/mer) pour l'environnement côtier en Europe (EADS/France, partenaire belge : GIM). (a)(b)

#### ROSES (Real-Time Ocean Services for Environment and Security)

Chaîne de services multiples d'océanographie opérationnelle, notamment pour le contrôle en temps réel de la qualité des eaux, des nappes de pétrole sur les mers (Alcatel/France). (b)

#### Icemon

Système d'océanographie pour le suivi des glaces sur les mers dans les régions polaires (Centre Nansen et Met Norway/Norvège, partenaire belge : ControlWare). (c)

#### Northern View

Pour la collecte de données sur les icebergs, les glaciers, les rivières et lacs de glaces, l'utilisation des sols dans le Cercle Arctique (C-Core/Canada avec l'Agence Spatiale Canadienne). (c)

(a) Dans la Phase 2, ces projets ont été intégrés dans le projet Land Information Services (pour CoastWatch le volet « terre »).

(b) Dans la Phase 2, ces projets ont été intégrés dans le projet Marine and Coastal Services (pour CoastWatch, le volet « mer »). L'Unité de gestion de la mer du Nord participera également à ce projet

(c) Dans la Phase 2, ces projets ont été intégrés dans le projet Polar Information Services)

### Deuxième série de projets passant actuellement en Phase 2

#### Respond

Pour une réponse rapide aux besoins en cartes, images satellitaires et informations géographiques lors d'interventions d'organisations humanitaires (InfoTerra/Royaume-Uni, partenaire belge : Keyobs).

#### PROMOTE (Protocol Monitoring for the GMES Service Element)

Centré sur les problèmes de l'atmosphère (KNMI/Pays-Bas, partenaires belges : Institut d'Aéronomie spatiale de Belgique, ControlWare).

### Nouveau projet en Phase 1

#### GMES Maritime Security

Ce service vise à fournir une image maritime (juridiquement) admise qui permettra une plus grande efficacité dans l'identification des navires qui ont impliqués dans des activités de trafic illégal (Telespazio/Italie).

## Projet sud-africain de constellation pour l'Afrique

L'Université de Stellenbosch (Afrique du Sud) s'est lancée dans le développement de petits satellites pour l'étude des sols et la gestion des ressources. C'est la famille des ZASat qui seront mis en orbite à partir de 2006 : ils sont réalisés et commercialisés par la « spin-off » Sun Space & Information Systems Ltd. L'objectif est de mettre en œuvre une constellation africaine de mini-observatoires de télédétection, en coopération avec le Nigéria, l'Algérie et le Kenya dans le cadre d'un transfert de technologie. La Flandre se trouve associée au développement d'un instrument hyperspectral (plus de 200 canaux d'observation, de l'extrême ultraviolet au proche infrarouge) pour le programme ARMC (*African Resource Management Constellation*). Le Département de Géomatique et de Gestion forestière de la KUL (Katholieke Universiteit Leuven) et la société OIP Sensor Systems d'Oudenaarde participent au projet sud-africain, respectivement pour le traitement des données et pour la réalisation du système optique. ([www.sunspace.co.za](http://www.sunspace.co.za))



© Zosat

## PEGASUS, le complément dans les airs du satellite de télédétection

Le VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek), à Mol, a entrepris l'ambitieux programme PEGASUS (Policy support for European Governments by Acquisition of Information from Satellite and UAV borne Sensors), qui fonctionnera en soutien à l'initiative européenne GMES. Il s'agit de mettre au point un Mercator des airs, avec Verhaert Space, filiale de la société britannique QinetiQ : il s'agit d'un robot ultra-léger de type UAV (Unmanned Aerial Vehicle) qui se maintient pendant des mois en vol à quelque 20 km d'altitude pour des observations à très haute résolution de la surface terrestre. Mercator-1 doit effectuer ses essais durant l'été 2006 : cet HALE-UAV (High Altitude Long Endurance) qui a une envergure de 16 m et qui pèse environ 30 kg, sera équipé d'un détecteur multi-spectral (10 canaux) qui pourra identifier des détails de 20 cm au sol ! HALE-UAV a été financé par la Région flamande. Il est d'ores et déjà envisagé de développer et d'intégrer une caméra optique grâce à un financement de la Politique scientifique fédérale. Au cours de la prochaine décennie, PEGASUS projette de déployer une vingtaine d'« avions sans pilote » Mercator pour compléter les observations de l'Europe par satellites. ([www.pegasus4europe.com](http://www.pegasus4europe.com))



Tous les deux jours, l'instrument Végétation - qu'on trouve à bord des SPOT-4 et SPOT-5 - donne une vue globale du couvert végétal et de phénomènes géologiques. Comme le volcan Etna en Sicile et sa pollution...  
© VGT-VITO

## La place de la Belgique avec Végétation et STEREO

La Belgique développe sous les noms de Telsat puis de STEREO et VEGETATION des programmes nationaux d'exploitation de l'imagerie prise par les satellites d'observation de la Terre depuis 1986. Ces programmes viennent en support et complètent l'initiative européenne GMES. 14 millions d'euros ont été alloués aux programmes STEREO et VEGETATION pour la période 2001-2006. Ce budget sert à financer:

- le programme VEGETATION qui encourage l'exploitation scientifique des données VEGETATION acquises par les instruments Végétation-1 et Végétation-2, respectivement à bord des satellites d'observation SPOT-4 et SPOT-5;
- le programme STEREO (*Support to the Exploitation and Research of Earth Observation*) qui soutient les équipes de recherche dans les centres universitaires et les institutions scientifiques pour qu'elles utilisent les données des satellites de télédétection en vue de recherches et d'applications originales pour la gestion de l'environnement.

Ces programmes financent 45 projets, présentés sur <http://telsat.belspo.be>.

Par ailleurs, la Politique scientifique fédérale belge, dans le cadre des accords bilatéraux avec la France concernant le programme SPOT-VEGETATION, a chargé le VITO (*Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek* à Mol) de développer un Centre de Traitement d'Images VEGETATION (CTIV, 1998-2008, [www.vgt.vito.be](http://www.vgt.vito.be)) pour pré-traiter, corriger, géo-référencier, archiver et distribuer les images prises par les deux instruments Végétation-1 et Végétation-2 à toute la communauté internationale en Observation de la Terre.

Enfin, l'année 2006 verra se concrétiser une nouvelle action nationale pour l'observation de la Terre avec le démarrage d'un nouveau programme de recherche STEREO II (2006-2013, 25,85 millions d'euros).

A satellite image showing a large, swirling typhoon over the ocean. The eye of the storm is visible in the lower right quadrant, surrounded by dense, white cloud bands. The surrounding ocean is dark, and some landmasses are visible in the upper left.

# Un numéro

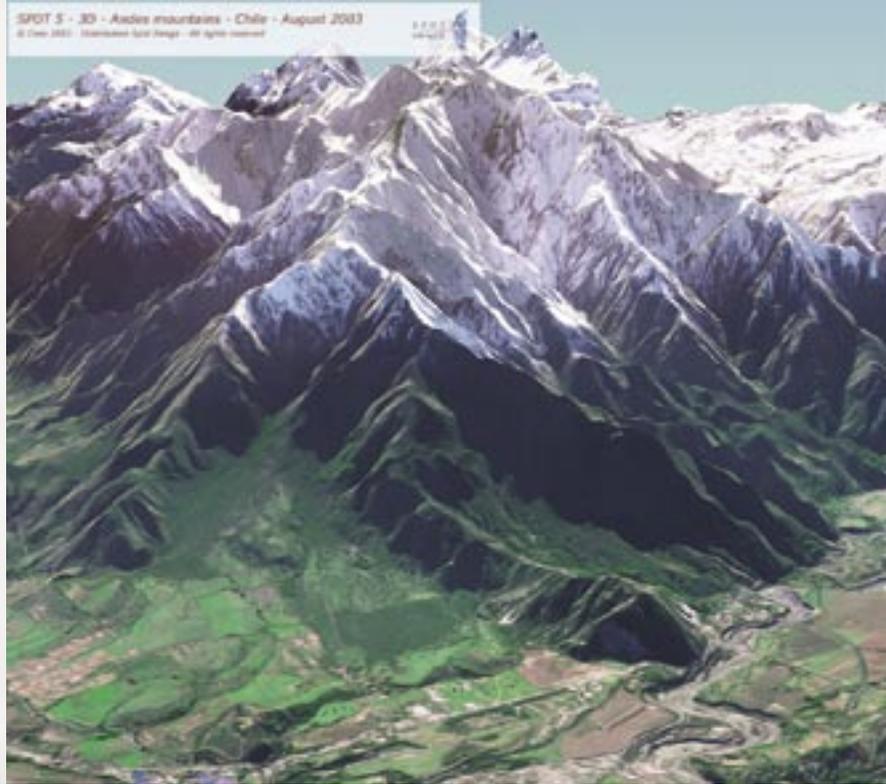
Le typhon Kiragi au sud du Japon,  
observé par le satellite Envisat.  
© ESA

# d'appel unique en cas de catastrophes

Une application méconnue des satellites d'observation de notre planète est en train d'acquiescer une dimension opérationnelle à l'échelle globale: c'est la Charte internationale «Espace et Catastrophes majeures». Il s'agit d'une initiative humanitaire de portée globale, qui résulte d'un engagement volontariste pris par l'ESA et le CNES lors de la conférence Unispace III qui s'est tenue en juillet 1999 à Vienne. Elle est une réalité opérationnelle depuis juin 2000. *«Quatre ans après sa mise en oeuvre, c'est la réussite au-delà de ce qu'on pouvait escompter. Il est impressionnant de voir durant cette période l'évolution et la disponibilité des moyens spatiaux»*, constatait-on lors d'un Colloque qui s'est tenu en juillet dernier à l'UNESCO, Paris.

La Charte vise à promouvoir la coopération des systèmes spatiaux au moment de catastrophes majeures. Elle fournit un cadre souple qui facilite l'accès aux données d'une grande variété de satellites d'observation. Dans un court laps de temps, les informations, qui sont recueillies depuis l'espace, viennent compléter la collecte au sol de données et les moyens de télédétection aérienne. Un numéro international d'appel unique, confidentiel, est à disposition pour les pays victimes d'un désastre naturel ou d'un accident technologique majeur pour qu'on puisse employer au plus vite les satellites des partenaires de la Charte. Des utilisateurs autorisés dans les pays peuvent, dès le déclenchement d'un séisme ou d'un accident de grande ampleur, appeler l'opérateur de l'ESRIN à Frascati (près de Rome). Celui-ci sera chargé de contacter l'ingénieur de veille dans les organismes spatiaux impliquées pour que leurs systèmes satellitaires soient en urgence mis au service de l'Etat

*Cette vue en 3D permet de se rendre compte de l'ampleur du phénomène géologique de la Cordillère des Andes. Elle a été obtenue par traitement des données que SPOT-5 a obtenues, avec une résolution de 5 m, de la région de Santiago (Chili).*  
© SPOT Image



touché par la catastrophe. En plus des satellites d'observation, sont activés des moyens de télémédecine et de navigation par satellites, ainsi que des systèmes au sol de réception, de traitement et d'archivage. Pendant ses cinq années de fonctionnement, la Charte a été activée à plus de 80 reprises lors de désastres atmosphériques, de sinistres géologiques ou d'accidents technologiques. On s'est ainsi rendu compte de la nécessité d'avoir, dans de brefs délais, des observations radar et optiques de bonne résolution et de façon répétitive, ainsi que l'assistance de groupes d'experts.

Parmi les organismes spatiaux qui sont déjà membres de la Charte, on a le CNES, l'ESA, la NOAA américaine, l'Agence Spatiale Canadienne, l'ISRO (Inde) et la CONAE (Argentine). La JAXA (Japon) a demandé de s'y associer. Ces partenaires acceptent de mettre leurs satellites d'observation à disposition dans des cas d'urgence, dès la prise de contact avec l'opérateur de veille à Frascati (siège de l'ESRIN). La Russie, la Chine et le Brésil ont manifesté leur intérêt à faire partie de la Charte. On dispose des satellites Proba, SPOT, ERS-2 et Envisat européens, des satellites météo de la NOAA, des IRS indiens, du SAC-C argentin et du Radarsat-1 canadien. Cette flotte a été rejointe le 15 novembre 2005 par la Disaster Monitoring Constellation (DMC) de micro-satellites qui sont réalisés avec le soutien technologique de l'Université britannique de Surrey et qui appartiennent à l'Algé-

rie, au Nigéria, au Royaume-Uni, à la Turquie et à la Chine. Se référant à la Charte, il est de plus en plus question de créer, sous l'égide de l'ONU, une DMISCO (Disaster Management and Space Coordination Organisation) qui disposera de ressources stables et d'un accès aux systèmes spatiaux pour une gestion coordonnée des catastrophes.



[www.disasterscharter.org](http://www.disasterscharter.org)



*Le passage ravageur du tsunami sur la côte indonésienne. On peut se rendre compte de l'ampleur des dégâts à Banda Aceh en comparant deux images SPOT-5 prises à une année d'intervalle. A gauche, le 8 décembre 2004. A droite, le 29 décembre 2005.*  
© Spot Image

# Dr. Volker Liebig

## Directeur ESA pour les Programmes d'Observation de la Terre



© Th.P./SIC

« Notre souci premier, avec GMES, est de ne pas dupliquer ce qui se fait déjà, mais plutôt de combler les lacunes dans l'information sur l'environnement et pour la sécurité »

Depuis octobre 2004, Dr. Volker Liebig dirige à l'ESA les programmes d'Observation de la Terre, ainsi que le Centre ESRIN à Frascati qui est chargé du traitement et de l'archivage des données. Ce géophysicien allemand s'est spécialisé dans l'étude du géomagnétisme dans les régions polaires. Ce qui l'a amené à participer à une expédition scientifique en Antarctique. Après un passage dans l'industrie des systèmes spatiaux, il a pris en charge la division des observations de la Terre du programme allemand d'aéronautique. Ce spécialiste des problèmes de l'environnement terrestre nous précise l'importance pour l'Europe du Programme GMES.

**Space Connection – GMES est une entreprise conjointe entre l'ESA et la Commission. Quel rôle spécifique a l'Agence dans cette initiative ?**

**VL** – Il s'agit d'un système européen de surveillance environnementale et sécuritaire, tant avec des moyens spatiaux qu'avec des équipements en l'air et in situ. L'ESA est chargée de la mise en oeuvre de la composante spatiale avec son segment terrestre pour la collecte et le traitement des données. Nous avons investi dans des activités pour préparer l'élément des services GMES, étudier les missions Sentinel dans l'espace.

**SC – Ce programme GMES va devenir le principal axe de travail pour votre Direction ?**

La Direction des Programmes d'Observation de la Terre est axée sur deux grands volets d'activités. Le premier volet vise la continuité des missions *Earth Explorer* à caractère scientifique, qui constituent la clef de voûte de la stratégie *Living Planet* de l'ESA. L'objectif est de déve-

lopper les nouvelles technologies qui sont destinées aux applications futures de télédétection spatiale. Nous prévoyons de réaliser une mission *Earth Explorer* tous les deux ans sur des thématiques choisies par la communauté des chercheurs. Le deuxième volet est de porter ces missions technologiques à maturité pour qu'elles s'inscrivent dans des activités à caractère opérationnel et qu'elles répondent aux besoins de la Communauté européenne. Il y a les missions qui sont mises en oeuvre par l'organisation Eumetsat pour la météorologie, la climatologie et, à l'avenir, l'océanographie. Et il y a le Programme GMES, qui doit devenir l'élément le plus important de notre Direction.

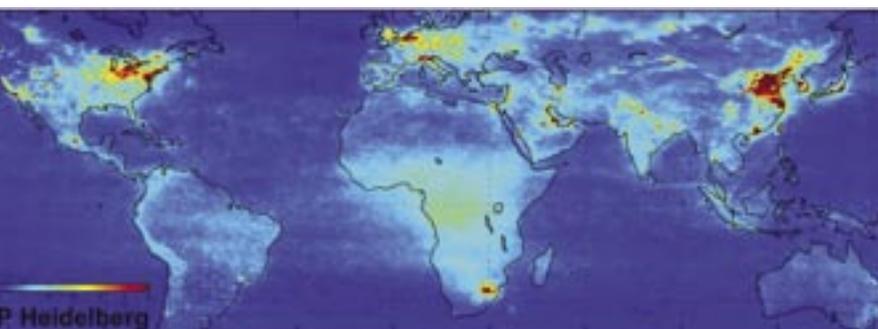
**SC – La première mission *Earth Explorer* n'a pu démarrer comme prévu. Le satellite *Cryosat* était perdu le 8 octobre lors de son lancement par une fusée russe *Rokot*, considérée comme fiable. Quel impact a cet échec sur le programme d'Observation de la Terre ?**

**VL** – C'est une grande perte, car *Cryosat* devait, en mesurant de façon précise et régulière l'épaisseur de la banquise aux pôles, nous renseigner de façon objective sur le réchauffement du climat. Cet échec intervient après une longue suite de succès pour la télédétection spatiale en Europe: les *Meteosat*, les deux satellites radar *ERS*, *Envisat* et *PROBA-1*. Il ne remet point en cause la stratégie de l'ESA, puisque trois autres missions sont en développement pour des lancements jusqu'à la fin de cette décennie. On envisage de refaire un *Cryosat* pour un lancement dans trois ans.

**SC – Dans le cadre des opérations GMES, vous proposez le développement de missions Sentinel par satellites ?**

**VL** – Le souci premier de l'ESA est de ne pas dupliquer ce qui se fait déjà, mais plutôt de combler les lacunes dans l'information sur l'environnement et pour la sécurité. Ces lacunes ont été identifiées dans un effort conjoint par l'ESA et par la Commission. Dans le programme GMES, ESA propose un système opérationnel d'observations, baptisé Sentinel. Nous envisageons quatre à cinq

Les mesures prises par l'observatoire spatial *Envisat* permettent de bien localiser les sites de pollutions sur notre planète. On les trouve surtout dans le Nord Est des USA, dans le Bénélux et le Nord de la France, la Chine, la Corée, l'Afrique du Sud.  
© Envisat





types de missions Sentinel afin de répondre aux besoins que l'ESA et la Commission ont ensemble définis. L'idée à la base de GMES est la même que celle qui justifie le système global Galileo de navigation par satellites. C'est l'indépendance de l'Europe qui doit pouvoir compter sur ses propres sources d'information globale. Aujourd'hui, nous dépendons de la disponibilité, dans le cadre international, des données qui proviennent de sources américaines. Le système GMES mettra la capacité européenne d'observations au service de GEOSS, dans le but de créer, ce qui est demandé depuis des années, un ensemble global de surveillance de l'environnement.

**SC – GMES qui doit démarrer des services dès 2008 est un investissement conjoint de la Commission européenne et l'ESA. Quelle sera la participation de Commission, vu que les perspectives financières 2007-2013 ne permettent pas encore de clarifier son 7ème Programme-cadre de recherche et technologie qui prévoit un important volet pour GMES ?**

**VL** – La Commission considère la mise en place de GMES comme une grande priorité pour l'Europe. Mais elle n'a pu encore déterminer son budget. L'ESA a décidé d'aller de l'avant afin d'assurer la continuité des données que nous obtenons avec Envisat, l'observatoire européen de l'environnement terrestre. Nous comptons bien qu'en 2007, la situation sera débloquée du côté de l'UE pour le financement du programme GMES.

**SC – Quel sera l'opérateur du système GMES ? Faudra-t-il mettre en place une autorité d'exploitation ?**

Je prendrais comme élément de référence ce qui se fait en météorologie. Avec le succès que l'on sait, Eumetsat exploite les satellites météorologiques que l'ESA a conçus et développés avec l'industrie européenne. On a les *Meteosat* en orbite géostationnaire et on aura les *METOP* en orbite polaire. Ce modèle de l'organisation Eumetsat, pour la distribution et l'utilisation des données sur le temps et le climat, démontre l'efficacité de la répartition des rôles entre l'ESA qui est l'agence d'exécution et Eumetsat qui est l'organe d'exploitation. Eumetsat pourrait jouer ce rôle d'opérateur pour au moins deux familles *Sentinel*, celles qui concernent l'atmosphère et l'océanographie. Il y a un vide à combler pour ce qui est des applications terrestres. C'est le chaînon manquant en Europe. Peut-être que dans le contexte de GMES, une activité de la Commission serait de mettre en place une agence opérationnelle pour les applications terrestres. L'ESA est prête à assurer ce rôle pour une période intérimaire.

**SC – Quel est, pour vous, le principal défi du programme GMES ?**

Son financement mis à part, le principal obstacle est qu'on a affaire à une communauté très diversifiée d'utilisateurs. L'éventail des applications de GMES concerne les spécialistes de l'environnement atmosphérique, les services chargés de la sécurité, les responsables de la gestion des catastrophes naturelles, les planificateurs de l'aménagement du territoire... Le système GMES qui combine les systèmes spatiaux et les moyens terrestres pour des services d'observation sera un succès s'il est reconnu comme un outil polyvalent qui offre un potentiel élevé de produits. Le défi est donc de rencontrer la majeure partie des besoins avec beaucoup d'efficacité.

*Le programme GMES doit servir à prévenir les accidents environnementaux et à s'organiser lorsqu'ils surviennent.*  
© Alcatel Alenia Space

### GMES sur Internet

- BASCOE : [bascoe.oma.be](http://bascoe.oma.be)
- DMC International Imaging : [www.dmcii.com](http://www.dmcii.com)
- Earth Explorer/Living Planet : [www.esa.int/esaLP/](http://www.esa.int/esaLP/)
- Earth Observations : [www.eoportal.org](http://www.eoportal.org)
- EU Satellite Centre : [www.eusc.org](http://www.eusc.org)
- GEO : [earthobservations.org/](http://earthobservations.org/)
- GEOSUCCESS : [www.geosuccess.net](http://www.geosuccess.net)
- GMES : [www.gmes.info](http://www.gmes.info)
- Le site belge de GMES : [telsat.belspo.be/gmes/](http://telsat.belspo.be/gmes/)
- GEOSS : [www.epa.gov/geoss/](http://www.epa.gov/geoss/)
- InfoTerra : [www.infoterra-global.com](http://www.infoterra-global.com)
- RapidEye : [www.rapideye.de](http://www.rapideye.de)
- SPOT Image : [www.spotimage.fr](http://www.spotimage.fr)
- Végétation : [www.vgt.vito.be](http://www.vgt.vito.be)

*Le satellite GOCE fait partie de la famille des Earth Explorer de l'ESA : il doit cartographier le champ de gravité terrestre avec une grande précision.*  
© EADS Astrium





*L'imposant observatoire météo METOP durant ses essais à Toulouse. Satellisé sur une orbite quasi polaire en juin prochain, il servira à sonder l'atmosphère, à comprendre son fonctionnement, à analyser ses constituants.*  
© EADS Astrium

*«Pendant le premier quart du XXIème siècle, Eumetsat (Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques) s'appuiera sur sa capacité et son expérience de météorologie opérationnelle, avec l'objectif de devenir une agence européenne de référence grâce à des satellites opérationnels d'observation de la terre, dans les domaines de la météorologie, de la climatologie et des activités connexes de surveillance de l'environnement. Dans ce contexte, les compétences relatives à l'environnement englobent les océans, l'atmosphère, la biosphère et les catastrophes naturelles, dans la mesure où elles ont des interactions avec la météo et le climat.»*

Ainsi Eumetsat définit-elle sa stratégie pour les vingt prochaines années. Implantée à Darmstadt, cette organisation intergouvernementale compte 18 Etats membres et 10 Etats coopérants et le système Meteosat de satellites météorologiques. Peu connue, Eumetsat fait pourtant partie de notre quotidien. Les téléspectateurs ont pris l'habitude de voir, grâce aux images Meteosat, comment évoluent les masses nuageuses au-dessus de l'Europe. Eumetsat fait bien plus : les services météorologiques ont accès en temps réel aux observations et mesures prises depuis l'espace sur l'environnement atmosphérique et les conditions climatiques au-dessus des continents et des océans.

Alors que l'UE Européenne et l'Agence Spatiale Européenne sont en train de renforcer leur capacité de surveillance du globe pour l'environnement et la sécurité avec le programme conjoint GMES, Eumetsat se positionne comme une agence opérationnelle d'observation de l'atmosphère, de l'océan et du milieu naturel au moyen des satellites. Elle a l'expérience de plusieurs années de veille météorologique globale, avec une chaîne de services et produits, et sa nouvelle Convention, adoptée en 1996, a ouvert la voie à l'étude des changements climatiques. Le Danois Lars Prahm qui dirige Eumetsat depuis août 2004, entend bien que son organisation ait un rôle de premier plan dans le système

# Eumetsat,

# acteur potentiel dans *GMES*

GMES. « L'initiative GMES est d'une importance stratégique pour Eumetsat. Son objectif d'en faire une réalité pour l'Europe doit finalement l'impliquer de façon active au développement de nombreuses initiatives d'envergure globale », a-t-il déclaré.

A l'heure actuelle, le système Meteosat comprend quatre satellites en service: *Meteosat-5* (depuis 1991) qui se trouve au-dessus de l'Océan Indien, *Meteosat-6* (depuis 1993) et *Meteosat-7* (depuis 1997) sur le méridien de Greenwich, ainsi que *Meteosat-8* ou MSG-1 (*Meteosat Second Generation* (lancé en 2002, opérationnel depuis janvier 2004). Trois autres MSG ont été commandés à l'industrie spatiale européenne pour être lancés dans les dix années à venir et assurer des services jusqu'en 2020. Le 21 décembre 2005, *Meteosat-9* ou MSG-2 a déjà été mis en orbite pour assurer la continuation des services avec MSG-1 (les plus anciens *Meteosat* vont être mis en retraite). Tous les quarts d'heure, chaque MSG effectue des prises de vues dans douze bandes spectrales et avec l'instrument *GERB* (*Geostationary Earth Radiation Budget*) qui dresse le bilan radiatif terrestre (détermination et suivi du rayonnement réfléchi et émis par notre planète). L'Institut Royal Météorologique de Belgique a constitué une équipe pour le traitement des données de *GERB* et la mise à disposition de produits d'information en temps quasi réel.

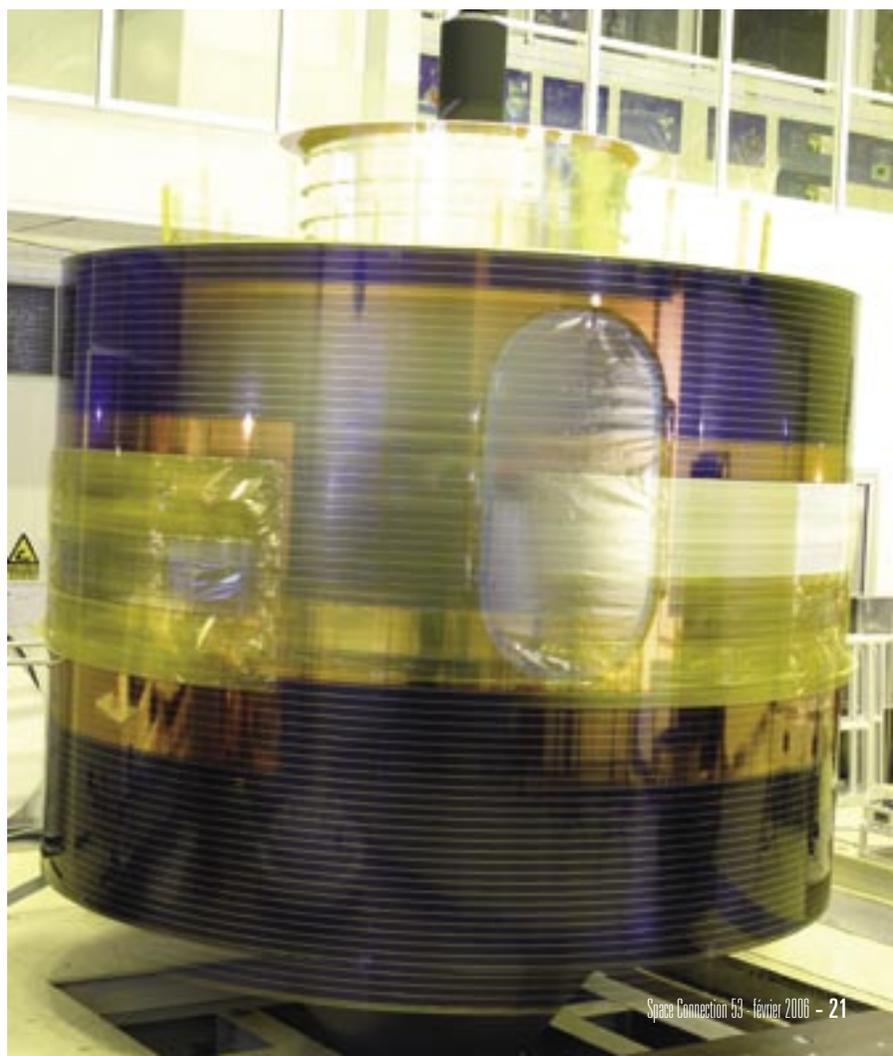
Eumetsat prépare, avec l'ESA et l'industrie européenne, le système *EPS* (*Eumetsat Polar System*) qui utilisera les satellites *METOP* de 4,2 tonnes en orbite quasi polaire à 800 km d'altitude. Trois *METOP*, qui seront lancés par des fusées *Soyouz* depuis Baïkonour – le lancement du premier est prévu en juin prochain -, seront exploités en concertation avec les prochains satellites polaires de la *NOAA* (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) américaine. Les *METOP* d'Eumetsat effectueront le survol de l'avant-midi, tandis que les satellites de la *NOAA* feront leurs observations en début d'après-midi.

Parallèlement à la mise en oeuvre des nouveaux satellites *Meteosat* et *METOP*, *Eumetsat* s'efforce d'améliorer la diffusion de ses produits et de faciliter l'exploitation de ses données. Son système de transmission *Eumetcast* utilise de la capacité de diffusion à haut débit sur des satellites de télécommunications de la société *Eutelsat*. L'accès des pays africains aux données *Meteosat* et *Végétation* se trouve facilité grâce à une cinquantaine de stations de réception: celles-ci ont été développées et installées par *Alcatel Alenia Space* dans le cadre du projet *PUMA* (*Préparation à l'Utilisation de MSG en Afrique*) qui est co-financé par *Eumetsat*, la Commission européenne et l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale). Il est question de développer un service *Eumetcast* pour couvrir l'Amérique latine.

Avec les *Satellite Application Facilities* (*SAF*) ou Centres d'Applications Satellitaires, *Eumetsat* met en place un réseau décentralisé qui tire parti des compétences des institutions météorologiques nationales et d'autres partenaires. Chacun de ces centres d'excellence spécialisés - huit sont actuellement planifiés - a cinq années pour faire naître des applications spécifiques qui sont mises à la disposition d'*Eumetsat* et de ses utilisateurs. En s'appuyant sur l'action des *SAF*, *Eumetsat* compte proposer quelque 150 produits qui serviront au programme *GMES*. Ils concernent la météorologie (prévisions, modélisation), la climatologie (couches nuageuses, échanges thermiques), l'océanographie (courants, vents, glaces), les sciences de la Terre (éruptions volcaniques), la surveillance de l'environnement (état de la végétation, pollutions, inondations, ozone...), la gestion de l'économie (pêches, forêts, ressources en eau, production agricole...). L'Institut Royal Météorologique est partie prenante de quatre *SAF* (surveillance du climat, surveillance de l'ozone, analyse des terres émergées, hydrologie opérationnelle et gestion des ressources en eau).

  
www.eumetsat.int

*Le satellite Meteosat Second Generation, placé à quelque 35.800 km au-dessus de l'équateur, tourne comme une toupie tout en photographiant tout un hémisphère terrestre. Le voici testé à Cannes. © Alcatel Alenia Space*



# Les nouveaux observatoires européens de notre planète (2006-2010)

Dans les cinq prochaines années, l'Europe mettra en orbite une trentaine de satellites pour regarder la Terre sous toutes les coutures. Cette prolifération exprime la créativité et la volonté des chercheurs et industriels dans l'amélioration de la connaissance des facteurs qui agissent sur notre planète et démontre l'expertise européenne dans cette matière.

L'ESA exploite toujours le second *ERS* et l'unique *Envisat* mais envisage leur remplacement avec des satellites moins coûteux et plus spécialisés. Dans le cadre de son programme de satellites *Earth Explorer*, elle va réaliser des missions technologiques pour mettre au point de nouveaux instruments pour une analyse détaillée des phénomènes qui influencent l'environnement terrestre. Des satellites d'observation à vocation commerciale et à usage dual (civil et militaire) vont être déployés sous forme de constellations pour garantir une régularité dans les prises de vues et la collecte de données.

L'Europe se mobilise pour définir des outils spatiaux économiques dans le cadre du programme GMES de

l'UE et de l'ESA. Le DLR (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*) et l'industrie allemande, le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) et l'industrie française travaillent sur des propositions de petits satellites et de nouveaux instruments qui répondent, de manière efficace et pour la fin de cette décennie, aux besoins de GMES dans le contrôle de l'environnement et de la sécurité. Des concepts de constellations en orbite et de vol en formation de satellites d'observation sont à l'étude. Le bel exemple d'une constellation est donné par les microsats de la *Disaster Monitoring Constellation (DMC)* qui est réalisée par le Surrey Space Centre ([www.dmci.com](http://www.dmci.com) et [www.sstl.co.uk](http://www.sstl.co.uk)).

Pour mieux connaître les missions et performances des satellites d'observation qui sont en service et en développement dans le monde, consultez les catalogues des données de [www.eohandbook.com](http://www.eohandbook.com) et de [www.eoportal.org](http://www.eoportal.org)

Dans les années à venir, ce seront des trains de satellites, certains volant en formation, qui observeront en permanence notre vaisseau avec des systèmes optiques et radar.  
© ESA



Année de lancement: NOM	Senseurs principaux (meilleure résolution)	Caractéristiques de la mission [masse au lancement] (pays)
2002-2005: DMC/DISASTER MONITORING CONSTELLATION 1 <sup>ère</sup> génération	Détecteur multispectral (32 m, 4 m pour China-DMC)	Constellation multinationale de petits satellites pour la surveillance des catastrophes et des zones à risques [100 kg] (Surrey Space Center, avec l'Algérie, le Nigéria, le Royaume-Uni, la Turquie, la Chine)
2003-2012: MSG/METEOSAT SECOND GENERATION	Détecteur multispectral (1 km)	Satellites météorologiques placés en orbite géostationnaire à quelque 35.800 km [2,1 t] (ESA/Eumetsat)
2005: EARTH EXPLORER CRYOSAT (échec du lancement, le 8 octobre 2005)	<i>Synthetic Aperture Interferometric Radar Altimeter</i> (mesures de l'ordre du cm)	Première mission <i>Earth Explorer</i> pour l'évaluation des couvertures glaciaires aux pôles [711 kg] (ESA). Projet <i>Cryosat-R</i> de satellite de remplacement, a lancer en 2009.
2005: TOPSAT	Détecteur multispectral à haute résolution (2,5 m)	Satellite d'observation à usage dual sur orbite à 800 km d'altitude [100 kg] (Royaume-Uni)
2006-2007: SAR-LUPE	<i>Synthetic Aperture Radar</i> en bande X (moins d'1 m)	Constellation de 5 satellites militaires à 500 km d'altitude [770 kg] (Allemagne)
2006-2012: METOP/EPS	Radiomètre, sondeurs micro-ondes scattéromètres [100 m]	Trois satellites polaires de météorologie, dérivés d'Envisat et combinés avec les satellites météo de la NOAA américaine (ESA/Eumetsat)
2006: TERRASAR-X	<i>Synthetic Aperture Radar</i> en bande X (moins d'1 m)	Satellite commercial d'observation radar à 600 km d'altitude [1,3 t] (Allemagne)
2007: EARTH EXPLORER GOCE	<i>Electrostatic Gravity Gradiometer</i>	<i>Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer</i> ou satellite géophysique pour la modélisation du champ de gravité terrestre avec une très haute précision [1,2 t] (ESA)
2007-2008 : COSMO-SKYMED	<i>Synthetic Aperture Radar</i> en bande X (5 m)	Constellation de 4 satellites radar à usage dual, employés avec les satellites français <i>Pleiades</i> dans le cadre d' <i>ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation)</i> [1,7 t] (Italie)
2007: EARTH EXPLORER SMOS	<i>Microwave Imaging Radiometer Aperture Synthesis</i> [50 km]	<i>Soil Moisture and Ocean Salinity</i> ou mesure de l'humidité des sols et de la salinité des océans [600 kg] (ESA)
2007: RAPIDEYE	Détecteur multispectral (6,5 m)	Constellation de 5 satellites commerciaux à 620 km d'altitude [150 kg pour chaque satellite] (Allemagne)
2008: EARTH EXPLORER AEOLUS	<i>Atmospheric Laser Doppler Instrument</i> [1 km]	<i>Atmospheric Dynamics Mission</i> pour la modélisation 3D des mouvements dans l'atmosphère (ESA)
2008-2009: PLEIADES	Détecteur multispectral haute résolution (1 m)	Remplacement des satellites <i>SPOT</i> par une paire de satellites à usage dual à 830 km d'altitude [1 t] (France)
2008 ou 2009 JASON-2	Altimètre radar [jusqu'à 20 cm de précision]	Satellite opérationnel d'océanographie, destiné à établir la topographie des océans [553 kg] (France/Eumetsat)

(c) Space Information Center/Belgium



Les délégués belges au  
Conseil ministériel de  
l'ESA à Berlin.  
© A. Heynen

## «Découvertes et compétitivité» au menu des Ministres européens du spatial à Berlin

Les Ministres en charge de l'espace des 17 Etats membres de l'ESA ont décidé, à l'issue d'une session de deux jours du Conseil de l'ESA à Berlin, les 5 et 6 décembre dernier, de doter l'Europe spatiale d'une vision axée sur les découvertes et la compétitivité. La Belgique y était représentée par le Ministre de l'Economie, de l'Energie, du Commerce Extérieur et de la Politique Scientifique, M. Marc Verwilghen, assisté par son administration de la Politique scientifique fédérale.

Les Ministres ont approuvé la poursuite d'une série de programmes en cours et se sont mis d'accord pour lancer de nouvelles initiatives majeures afin que l'Europe dispose d'une stratégie et de moyens tangibles pour développer ses activités d'exploration et d'exploitation de l'espace. Ils ont souligné la nécessité pour l'Europe de conserver un secteur spatial compétitif.

Les Ministres ont réaffirmé l'importance stratégique pour l'Europe d'améliorer sans cesse ses capacités scientifiques, technologiques et industrielles dans le domaine spatial afin de mieux répondre aux attentes de ses citoyens concernant l'environnement, la qualité de vie et la sécurité.

Les Ministres ont décidé qu'il était essentiel de continuer à renforcer la coopération européenne dans le domaine spatial en poursuivant l'élaboration d'une Politique spatiale européenne intégrant les programmes de l'ESA et de l'UE, ainsi que les programmes nationaux et industriels afin d'atteindre la masse critique nécessaire pour affronter la concurrence mondiale.

### Position de la Belgique

Voici un extrait de l'intervention du Ministre Marc Verwilghen concernant la position de la Belgique sur les résolutions et les programmes présentés aux Ministres lors de la réunion du Conseil ministériel de l'ESA :

[...]

- *Nous pouvons rejoindre les propositions du Directeur Général en ce qui concerne le niveau des ressources 2006-2010. Nous regrettons néanmoins que davantage de soutien ne puisse être octroyé au programme scientifique, qui est l'un des piliers de l'Agence et qui a perdu 20% de pouvoir d'achat en 10 ans.*
- *En ce qui concerne la Station spatiale internationale, si nous appelons de nos vœux le lancement du laboratoire Columbus le plus tôt possible, il est néanmoins essentiel à mes yeux que des garanties sérieuses soient apportées par notre partenaire américain préalablement au déblocage des fonds.*
- *Quant aux lanceurs, nous soutenons le projet de résolution qui a été proposé et nous soutenons d'autant plus le principe selon lequel c'est la gamme des lanceurs développés dans le cadre ou avec la coopération de l'ESA qui doit être utilisée pour les missions de l'Agence. A l'instar de ce qui se passe aux Etats-Unis, ceci permettrait d'accroître grandement la viabilité de nos lanceurs au plan international. Ceci rejoint le souci plus large de l'usage préférentiel à accorder par l'ESA aux technologies développées dans ses autres programmes.*
- *En ce qui concerne nos souscriptions aux nouveaux programmes optionnels [...] nous poursuivrons nos investissements dans les lan-*

### Principales décisions relatives aux programmes et aux activités

En résumé, on peut considérer les résultats du Conseil ministériel ESA de Berlin comme positifs, dans la mesure où il y a eu consensus pour conforter les bases de l'Europe spatiale:

- même si les réflexes nationaux ont la vie dure, on peut noter une prise de conscience de la nécessité de renforcer notre unité face à la montée en force des nouvelles puissances spatiales (Chine, Inde...);
- la préférence a été donnée aux lanceurs de l'Europe pour les satellites ESA et, dans une moindre mesure, gouvernementaux;
- le programme scientifique de l'ESA a, pour la première fois depuis longtemps, l'assurance de maintenir son « pouvoir d'achat »;
- les Etats se sont mis d'accord pour le démarrage – certes à un rythme plus modéré que celui espéré par une partie de l'industrie européenne – d'un certain nombre de nouvelles activités, ce qui devrait contribuer au maintien des capacités essentielles de notre industrie;
- enfin – et ceci était notamment porté par la Belgique – il y a eu réaffirmation de la place essentielle dans le volet programmatique de l'ESA des programmes de soutien scientifique et d'accompagnement technologique.

ceurs actuels et futurs au même niveau que précédemment et nous continuerons à mettre un accent renforcé sur les programmes technologiques et de soutien scientifique.

Pour mémoire, la contribution d'un pays aux activités de l'ESA consiste en une intervention dans les programmes obligatoires (calculée sur la base du Produit Intérieur Brut) et des participations aux programmes optionnels de l'Agence. Pour la période 2006-2010, et dans le cadre d'une enveloppe spatiale constante en volume (quelque 180 millions d'euros), la Belgique investira un montant d'environ 430 millions d'euros dans les nouveaux programmes qui ont été décidés à Berlin. Ce montant vient s'ajouter aux engagements déjà consentis dans le passé (lors de Conseils ministériels de l'ESA à Edinbourg, en 2001 et à Paris, en 2003).

Parmi les engagements importants pris par le Ministre Verwilghen à Berlin, il est à noter la contribution substantielle

additionnelle apportée aux programmes technologiques (GSTP et ARTES) et le programme PRODEX de soutien scientifique, des programmes particulièrement cruciaux pour permettre aux industriels et scientifiques belges de maintenir et développer une expertise de pointe dans le domaine spatial. Le programme d'exploration spatiale (AURORA) et la recherche en microgravité (ELIPS) sont aussi des thèmes qui tiennent à cœur notre pays. Pour ce dernier le Ministre Verwilghen s'est engagé pour un montant de 25,6 millions d'euros (ou 8%) classant ainsi la Belgique dans le top 3 des contributeurs ...

**Kris Vanderhauwaert**



[www.bhrs.be/docum\\_fr.stm](http://www.bhrs.be/docum_fr.stm)

## Les neurosciences spatiales : l'électroencéphalographie dans la navigation virtuelle

par G. Cheron, A. Leroy, A. Bengoetxea, C. De Saedeleer, A. Cebolla, M. Lipshit, J. McIntyre  
Laboratoire de Neurophysiologie et de Biomécanique du Mouvement, Université Libre de Bruxelles

### Une meilleure compréhension des mécanismes régissant l'équilibre passe par les études de l'homme en apesanteur

De retour sur terre après un séjour dans l'espace, les cosmonautes se trouvent confrontés à une sensation complexe de déséquilibre ou de vertige. Un faible mouvement de la tête entraîne une sensation de mouvement du corps exagérée, de telle sorte qu'une légère avancée de la tête produit une sensation de chute vers l'avant. De la même manière, une inclinaison faible de la tête d'un côté est perçue comme une déviation importante du corps. De ce fait, les activités journalières habituellement automatiques telles que la marche nécessitent durant cette période de réadaptation une concentration importante. Cet état fragile a été produit par la privation de la force de gravité lors du séjour dans l'espace et s'explique par une altération du système d'équilibre organisé à partir des récepteurs vestibulaires de l'oreille interne. Cet exemple nous montre en guise d'introduction combien notre système nerveux est à la fois sensible aux variations environnementales et robuste dans ses capacités adaptatives.

### Des capteurs périphériques au cortex

Les signaux en provenance des canaux semi-circulaires, des yeux et de l'oreille interne sont intégrés au sein de groupes de neurones du cerveau appelés noyaux vestibulaires situés au niveau du tronc cérébral, prolongement de la moelle épinière qui sert de support aux deux hémisphères. A partir de ces noyaux l'information est notamment transmise vers le cervelet (la partie à l'arrière

du tronc cérébral et du cerveau) qui est impliquée dans la planification, la coordination ainsi que dans le contrôle de la posture. Différentes zones du cortex cérébral reçoivent également les signaux vestibulaires.

### Référentiel spatial et image dynamique du corps

Les systèmes neuronaux contribuent à produire un référentiel spatial à notre corps. Ce référentiel est essentiel pour le maintien d'une image corporelle dynamique au sein des structures cérébrales. Cette image dynamique se rapporte au concept du schéma corporel mais elle sous-tend l'idée que plusieurs régions du cerveau sont simultanément actives pour assurer une représentation dynamique de la position du corps à partir de laquelle les prises de décision et les actions pourront être accomplies.

Dans ce contexte, l'information relative à la gravité est essentielle et une altération de ces processus neuronaux complexes peut induire des troubles de l'équilibre plus ou moins importants.

Ces troubles de l'équilibre représentent une partie importante des consultations ORL et augmentent avec l'âge du patient.

*L'équipe du Professeur Cheron. De gauche à droite: Caty De Saedeleer, Axelle Leroy, Guy Cheron, Ana Bengoetxea, Erwan Busoni, Ana Maria Cebolla, Jaap Spek et Marie-Aurélië Bruno. © P.D.*

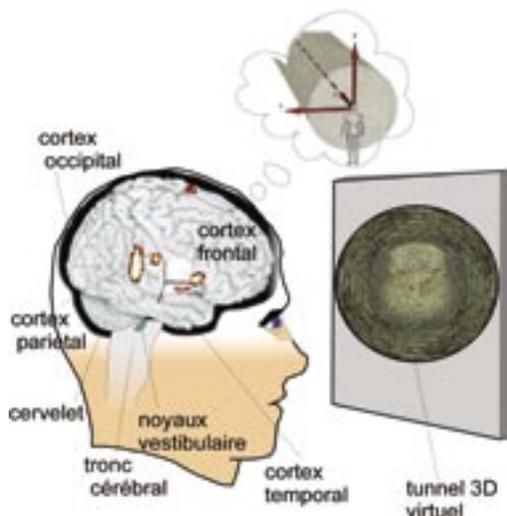


Pour mieux comprendre ces désordres, la Science doit pouvoir disposer d'un modèle expérimental où l'on perturbe de façon réversible le système de l'équilibre. A cet égard les expériences en apesanteur offrent un modèle idéal justifié à la fois par le syndrome de l'adaptation à l'espace rencontré par les cosmonautes et par les troubles divers de l'équilibre dont se plaignent de nombreux patients sur la terre. Des études entreprises dans le cadre de la mission Spacelab (STS-90) (1998) ont notamment permis de mettre en évidence chez les rats des processus de plasticité neuronale au niveau du cortex cérébelleux induit par l'absence de gravité. Cette plasticité neuronale qui permet aux cosmonautes de s'adapter à l'apesanteur se traduit par les modifications structurales des neurones du cervelet qui reçoivent les afférences sensorielles véhiculant les signaux relatifs à la gravité (Holstein et al., 2002). Les principaux neurones du cervelet ont présenté après 16 jours d'apesanteur des modifications structurales significatives ainsi que des signes de dégénérescences importantes.

Ces altérations cérébelleuses peuvent s'expliquer par une excitation trop forte des neurones qui conduit à des mécanismes en cascade pouvant induire des modifications cellulaires, la formation de nouvelles synapses et ou la dégénérescence d'embranchements dendritiques. La plupart de ces modifications sont réversibles et ne sont plus visibles quelques jours après le retour sur terre. Malgré cette réversibilité salutaire, ces altérations cérébelleuses soulèvent le problème des vols de très longue durée. Le cervelet étant de plus en plus considéré comme un organe de coordination majeur non seulement dans le domaine de la motricité mais aussi dans celui du traitement des informations sensorielles et dans la cognition en général.

Les exemples précédents nous montrent que notre équilibre est profondément perturbé lorsque le référentiel gravitaire est modifié et que cette perturbation est non seulement fonctionnelle mais qu'elle se traduit également par des modifications ultra-structurales faisant appel à la machinerie génétique des neurones concernés (Pompiano, 2002).

*Illustration très schématisée du cerveau où sont représentées les différentes structures cérébrales impliquées dans l'équilibre et la navigation. L'image du cerveau résulte d'une analyse par résonance magnétique fonctionnelle (Indovina et al 2005) montrant les zones actives (surfaces colorées) lors d'une perception visuelle liée à la gravité. Un réseau complexe incluant différentes zones du cerveau (aire pariétale, temporale, préfrontale et frontale). Le tunnel virtuel utilisé lors des missions Neurocog est représenté en face du sujet évoquant chez celui-ci une sensation réelle de navigation.*



## De l'équilibre à la cognition : l'émergence des mémoires dynamiques

Si l'exemple de la perturbation du sens de l'équilibre peut paraître évident, on conçoit plus difficilement que l'information gravitationnelle puisse avoir des répercussions sur des fonctions cérébrales plus complexes impliquant des opérations cognitives.

Pourtant, la plupart de nos actions journalières sont planifiées, organisées et contrôlées selon un cadre de référence où la gravité joue un rôle central. L'information gravitationnelle est permanente et elle s'intègre aux autres sources d'informations sensorielles telles que la vision, l'audition et la proprioception. Notre cerveau combine l'ensemble de ces sensations selon des modèles internes réalisés par un véritable encartage dynamique de l'interaction entre notre corps agissant et l'environnement. Grâce à ce système complexe notre cerveau est capable de prédire les événements futurs afin de pouvoir y réagir de façon optimale. Quoique dispersées dans de nombreuses aires neuronales, ces mémoires dynamiques sont en interrelation permanente avec les informations sensorielles. Il s'agit là d'une véritable communication à double sens, les ordres élaborés grâce aux modèles internes dictent à la fois la qualité perceptive nécessaire à l'action et l'action elle-même. Si le concept de modèle interne a été au début élaboré dans le cadre de l'étude de la motricité, il est aujourd'hui applicable à un cadre plus général du fonctionnement cérébral comprenant à la fois la cognition et l'affectivité.

## La navigation spatiale en réalité virtuelle

Un des domaines particulièrement propice à l'étude des relations entre action motrice, intégration sensorielle et cognition est celui de la navigation spatiale du corps humain (Berthoz, 2002). Par exemple, lorsque nous nous déplaçons dans une ville inconnue nous pouvons utiliser différentes stratégies pour retrouver notre chemin. Il est possible d'utiliser à la fois des repères géographiques et architecturaux (stratégie de navigation selon les repères), ou utiliser l'information vestibulaire, le sens de position, retenir le nombre et la direction des tournants ou les distances parcourues. Il s'agit là, alors, d'une stratégie d'intégration des chemins.

L'hippocampe, un noyau du cerveau, joue un rôle prédominant dans cette habilité à utiliser ces différentes stratégies de navigation. Cette zone spécialisée du cerveau est également celle qui nous permet de consolider de nouveaux souvenirs (O'Keefe and Nackel, 1978).

Sans cette structure nous devenons incapables de mémoriser de nouveaux événements. Cette zone du cerveau contient des neurones qui ne s'activent que lorsqu'on se trouve dans un endroit bien spécifique (*place cells*). Ces neurones font donc partie d'une véritable carte mentale qui nous permet de naviguer dans notre environnement terrestre.

Un exemple tragique du rôle de l'hippocampe nous est donné chez les patients souffrant de la maladie d'Alzheimer et qui pré-

sentent des dommages importants au niveau du cortex hippocampique. On les voit ainsi souvent au début de la maladie sonner à la porte de leur voisin croyant avec certitude s'adresser à leur propre domicile. Les troubles majeurs de la mémoire spatiale font qu'il n'est pas rare de les voir accomplir des tâches automatisées en des endroits inappropriés (se raser à table lors du déjeuner, par exemple). D'autres types de neurones situés dans le thalamus et le cortex limbique interviennent également dans l'orientation spatiale, ce sont notamment les neurones codant la direction de la tête (Taube, 1998). Ces neurones présentent une préférence pour une orientation horizontale de la tête et joueraient de ce fait le rôle d'« orthogonalisateur » vis-à-vis des « place cells » de l'hippocampe.

### L'électroencéphalographie lors de la navigation virtuelle

L'évaluation via l'imagerie fonctionnelle des structures impliquées dans l'adaptation du cerveau en condition d'apesanteur est difficilement envisageable à moyen terme, compte tenu de la masse et du volume que représente une installation d'imagerie fonctionnelle.

La seule voie possible que l'on peut raisonnablement entreprendre chez l'homme réside donc dans l'enregistrement de l'activité électroencéphalographique (EEG) multiple au cours de tâches de navigation virtuelle. C'est ce que nous avons entrepris depuis la mission *Odissea* du vol de Frank De Winne financé par la Politique scientifique fédérale et poursuivis au travers des missions *Cervantes*, *Increment 9*, *10* et *11*. De quoi s'agit-il exactement ? Pour aborder notre expérience, il nous faut d'abord comprendre qu'elle est l'origine de cette activité EEG.

Cette dernière correspond à l'activité électrique du cerveau que l'on peut enregistrer à l'aide d'électrodes de surface placées sur le cuir chevelu. Le signal EEG qui en découle est considéré comme la somme de potentiels électriques produit au voisinage des neurones. Ces courants sont induits par l'activation synaptique des dendrites de nombreux neurones pyramidaux du cortex cérébral. Les neurones du cortex sont le siège d'une activité spontanée placée sous le contrôle de structures plus profondes dont le thalamus qui joue le rôle de véritable chef d'orchestre. Le premier rythme EEG décrit chez l'homme a été le rythme alpha (8-12 Hz) (Berger, 1929). Celui-ci prédomine dans les régions pariéto-occipitales et est surtout présent lorsque le sujet est au repos les yeux fermés. H. Berger fut le premier à montrer que l'ouverture des yeux à elle seule est capable de désynchroniser le rythme alpha. La désynchronisation est le nom donné à l'atténuation d'amplitude ou au blocage des composantes rythmiques de l'EEG. Ce rythme de repos est donc fortement influencé par les influx visuels.

Cette simple constatation a ouvert la porte à l'analyse des interactions entre activités corticales spontanées et activités induites par les fibres afférentes véhiculant vers le cortex des informations d'origines diverses.



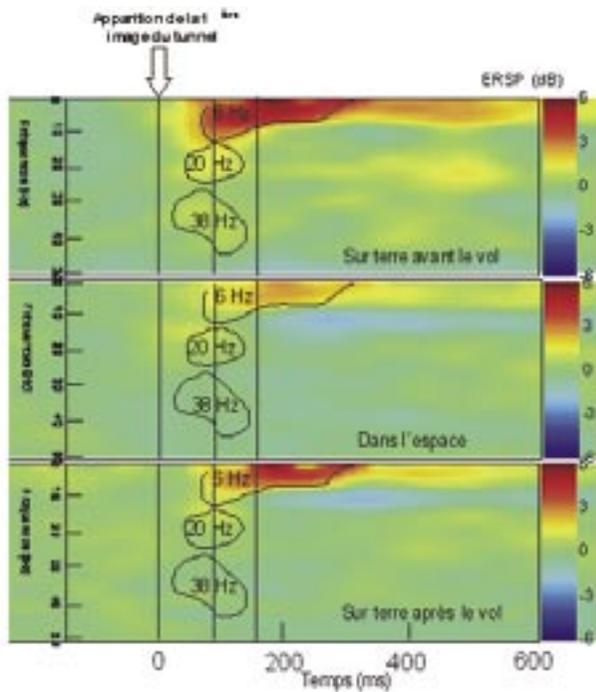
Cependant, le domaine de l'EEG quoique intensément utilisé en neurologie et en psychiatrie est resté longtemps en léthargie en ce qui concerne son utilisation dans les sciences cognitives et comportementales. Cela résultait du fait que les ondes aisément reconnaissables n'apparaissaient qu'au repos (onde alpha) ou durant le sommeil (onde delta) et que lors de l'éveil ces ondes faisaient place à une activité de faible amplitude et désynchronisée.

L'apparence d'une relation inverse entre une activité consciente ou cognitive et l'amplitude des rythmes cérébraux a été renforcée par la prédominance de certaines oscillations dans l'épilepsie et l'anesthésie, deux états associés à la perte de conscience (Stéride, 2001).

La résurgence récente de l'intérêt porté aux ondes EEG et aux oscillations cérébrales en général s'explique par le développement des connaissances fondamentales en neurosciences. Les ondes recueillies à la surface du cerveau sont non seulement décrites comme par le passé mais elles peuvent être aujourd'hui quantifiées et interprétées sur la base de l'enregistrement des différents types de populations neuronales sous-jacentes (Whittington and Traub, 2003). On a pu démontrer par exemple que les activités oscillantes des assemblées neuronales impliquées dans le sommeil pouvaient être dépendantes des expériences vécues durant l'état d'éveil (Wilson and Mc Naughton, 1994). L'activité synchrone de réseaux de neurones oscillants est aujourd'hui considérée comme une étape fondamentale reliant l'activité des neurones isolés au comportement global de l'individu. Le nouveau champ émergent des oscillations neuronales a véritablement créé une plateforme multidisciplinaire incluant la psychophysique, la psychologie cognitive, la biophysique, les neurosciences, la modélisation, la physique, les mathématiques et la philosophie (Buzaki and Draguhn, 2004).

L'élément clé des oscillations cérébrales réside dans le processus de synchronie. Les neurones en interaction par l'intermédiaire des connexions synaptiques ajustent la fréquence de leur battements pour être en phase les uns avec les autres. Différents types de circuits neuronaux sont prédisposés pour générer une activité rythmique. Dans une tâche de navigation plusieurs types d'information doivent s'intégrer pour permettre une perception, une anticipation et une action optimale. Chaque étape dans le processus de navigation devrait en toute logique s'accompagner d'activités neuronales synchrones oscillant à des fréquences

*Cette photo représente Frank De Winne réalisant la tâche de navigation virtuelle, il est en position de vol libre dans l'ISS et le cosmonaute russe Sergei Zalotine surveille le déroulement de l'expérience.*



Analyse spectrale de l'EEG

tion de rythme plus rapide de type *gamma* au niveau des régions frontales. Les oscillations EEG peuvent donc en fonction des événements augmenter ou diminuer leur puissance spectrale mais elles peuvent aussi se resynchroniser par rapport à ces mêmes événements.

L'originalité de notre approche de l'activité EEG en relation à la navigation virtuelle, qui a débuté par le vol de Frank De Winne, consiste à enregistrer ces ondes cérébrales durant différentes tâches de navigation. Le cosmonaute perçoit, au travers d'un masque cylindrique adapté à l'écran d'un ordinateur portable et fixé à sa tête, une série d'images animées mimant une navigation dans un tunnel tridimensionnel et décrivant des virages de différents angles allant vers le haut, le bas, la gauche et la droite.

A la fin de chaque navigation le sujet doit reconstruire le plus fidèlement possible sur une maquette le trajet parcouru. Une analyse psychophysique de la tâche de navigation mise au point au Collège de France à Paris (Professeur A. Berthoz) et à l'Académie des Sciences de Moscou (Dr M. Lipshitz) permet d'élaborer un score de reproductibilité du trajet tenant compte des erreurs de retranscription des angles de rotation perçus lors de la navigation virtuelle.

Une des premières analyses concerne l'étude de l'EEG à la présentation de la première image du tunnel. Les résultats abordés dans la figure 3 montrent une diminution nette de l'amplitude à certaines fréquences notamment au niveau des oscillations *théta* (3-7 Hz). Sur terre, dès la perception de l'image du tunnel virtuel, la puissance spectrale du rythme *théta* augmente pour atteindre sa valeur maximale autour de 100 à 170 ms. Par contre, en apesanteur cette augmentation est fortement diminuée, ce qui indique l'existence d'une perturbation cérébrale liée à la perception visuelle de l'environnement.

spécifiques. Nous pensons que cette véritable synchronie est influencée par la loi de gravitation devenue celle de la pesanteur. C'est en effet cette loi qui sur le plan macroscopique retient autour de la planète l'air que nous respirons. Elle s'insinue dans l'intimité de nos cellules et elle influence fort probablement le fonctionnement de notre cerveau.

Aborder cette problématique par l'analyse des oscillations cérébrales nous semble judicieux car ces ondes peuvent être influencées à la fois par les mécanismes neuronaux intrinsèques et par les mécanismes de réseaux eux-mêmes dépendants de la biochimie du cerveau.

Si chaque état cérébral s'accompagne d'activités oscillantes spécifiques, les événements particuliers tels qu'une stimulation visuelle, une tâche de mémorisation ou de navigation induisent des activités oscillantes transitoires.

La survenue de ces événements peut supprimer ou désynchroniser une activité oscillante de repos tel que le rythme *mu* enregistré sur le cortex sensori-moteur et déclencher l'appari-

Gaia devrait être lancé en 2011 par une fusée Soyuz Fregat, et tout au long de sa mission de 5 ans, observera une centaine de fois chacune parmi le milliard d'étoiles qu'il cartographiera. Il en résultera une estimation de la distance et du mouvement de l'étoile, ainsi que de son éclat. Il devrait permettre de découvrir des milliers de nouvelles exoplanètes et naines brunes.  
© ESA, Medialab



Pour que l'homme puisse réaliser dans un futur proche des vols de longue durée comme vers la planète Mars, par exemple, il sera indispensable de mieux comprendre l'influence de l'apesanteur sur le cerveau en général et sur les fonctions cognitives en particulier. Comme nous venons de le voir, les neurosciences cognitives disposent aujourd'hui de nouveaux outils d'investigation et de bases théoriques fondamentales pour espérer

déchiffrer dans les oscillations cérébrales de l'EEG l'influence de la pesanteur sur les fonctions cognitives humaines.

L'absence de pesanteur représente donc un cas unique où l'on peut comprendre comment une force de contrainte fondamentale de la vie sur terre est intégrée dans l'ensemble du fonctionnement cérébral.

## L'astrométrie spatiale au service de l'exobiologie : le cas des exoplanètes

par A. Jorissen (ajoriss@ulb.ac.be) et D. Pourbaix (dpourbai@ulb.ac.be)  
FNRS, Université Libre de Bruxelles

En science, les sentiers de la découverte sont rarement rectilignes. Mayor et Queloz, qui découvrirent la première exoplanète en octobre 1995, traquaient en fait les naines brunes. Bradley découvrit en 1729 l'aberration annuelle alors qu'il traquait les parallaxes stellaires annuelles. Le satellite Gaia, pierre angulaire du programme astronomique de l'Agence Spatiale Européenne (lancement prévu en 2011), traquera les mouvements stellaires dans la Galaxie, afin de mieux comprendre la dynamique qui anime celle-ci, mais Gaia récoltera vraisemblablement une imposante moisson d'exoplanètes. L'Institut d'Astronomie et d'Astrophysique de l'ULB (IAA-ULB) jouera un rôle essentiel dans la préparation de cette moisson, puisque D. Pourbaix se trouve à la tête de l'Unité de Coordination 4 du Consortium Gaia de traitement de données et d'analyse. Cette Unité est chargée de modéliser les observations astrométriques, photométriques et spectroscopiques de tout objet non simple, et en particulier de fournir les éléments orbitaux de systèmes binaires ou multiples.

Gaia offrira des potentialités inégalées en termes d'étude statistique des propriétés des exoplanètes : parmi les étoiles de type solaire à moins de 200 pc du Soleil, Gaia devrait détecter plus de 2000 exoplanètes de type Jupiter, avec des séparations orbitales comprises entre 0.1 et 10 unités astronomiques, et leur déterminer une orbite astrométrique fiable. Des planètes de la masse d'Uranus seront détectables à condition qu'elles orbitent entre 2 et une centaine d'unités astronomiques de leur étoile-hôte. Le recensement des exoplanètes autour des étoiles proches effectué par Gaia pavera de surcroît la route de la sélection des cibles pour la mission DARWIN, à la recherche de planètes telluriques présentant la signature spectrale de photosynthèse végétale à travers de bandes d'ozone. De telles exoplanètes devraient en effet être recherchées autour d'étoiles de type solaire possédant des planètes géantes orbitant à plus de 3 unités astronomiques, protégeant ainsi les planètes telluriques d'impacts cométaires déstabilisant l'évolution des espèces vivantes. La détection de systèmes à plusieurs planètes est également importante dans ce

contexte, puisqu'elle permet de se livrer à une analyse de la zone de stabilité des planètes telluriques dans de tels systèmes. En outre, les propriétés des systèmes multi-planétaires permettront de répondre à la très ancienne question de l'origine de la relation de Titius-Bode, qui met en évidence une régularité dans les rayons orbitaux des différentes planètes du système solaire : faut-il y voir le simple fait du hasard, ou cache-t-elle un processus physique sous-jacent?

Par ailleurs, les capacités photométriques de Gaia permettront de caractériser la métallicité des étoiles abritant des exoplanètes, et par conséquent de préciser la relation qui semble exister entre celle-ci et la probabilité de présence d'une exoplanète.

Les propriétés statistiques des orbites, et en particulier la distribution des masses des exoplanètes, pourront donc être analysées sur l'échantillon très vaste fourni par Gaia. Environ 170 exoplanètes sont connues à ce jour, avec des masses (minimales) de l'ordre de 0.05 à 10 fois la masse de Jupiter. Les propriétés de ces objets ont soulevé de nouvelles interrogations, puisque plusieurs de ces objets (les « Jupiters chauds », en orbite très rapprochée autour de l'étoile-hôte) ne cadrent pas dans les théories traditionnelles de



*Mouvement apparent sur le ciel d'une étoile de la masse du Soleil située à 50 parsecs (soit environ 160 années-lumière), possédant un mouvement propre de 50 millièmes de secondes d'arc par an, et entourée d'une planète de 15 fois la masse de Jupiter séparée de son étoile par une distance de 0.6 unité astronomique. Le trait vert représente l'effet parallactique causé par le mouvement orbital de la Terre autour du Soleil. Le trait rouge représente le mouvement apparent global, y compris l'effet de la perturbation planétaire, grossie 30 fois. La photographie du fond de ciel (Crédit: European Southern Observatory) n'est pas à la même échelle.*

formation des systèmes planétaires, qui supposent que les planètes géantes se forment sur des orbites circulaires à plusieurs unités astronomiques de leur étoile-hôte (l'unité astronomique est la distance moyenne entre la Terre et le Soleil).

Les compagnons substellaires peuvent être divisés en deux classes, à savoir planètes et naines brunes, ces dernières étant des corps exclusivement gazeux. Mais la frontière reste floue entre ces deux types d'objets en termes de propriétés orbitales et masses, et l'apport espéré de Gaia dans ce domaine est de fournir des indices permettant de mieux comprendre les processus de formation de ces deux types d'objets, par une comparaison de leurs différentes propriétés (taille et forme des orbites, distribution de masse...).

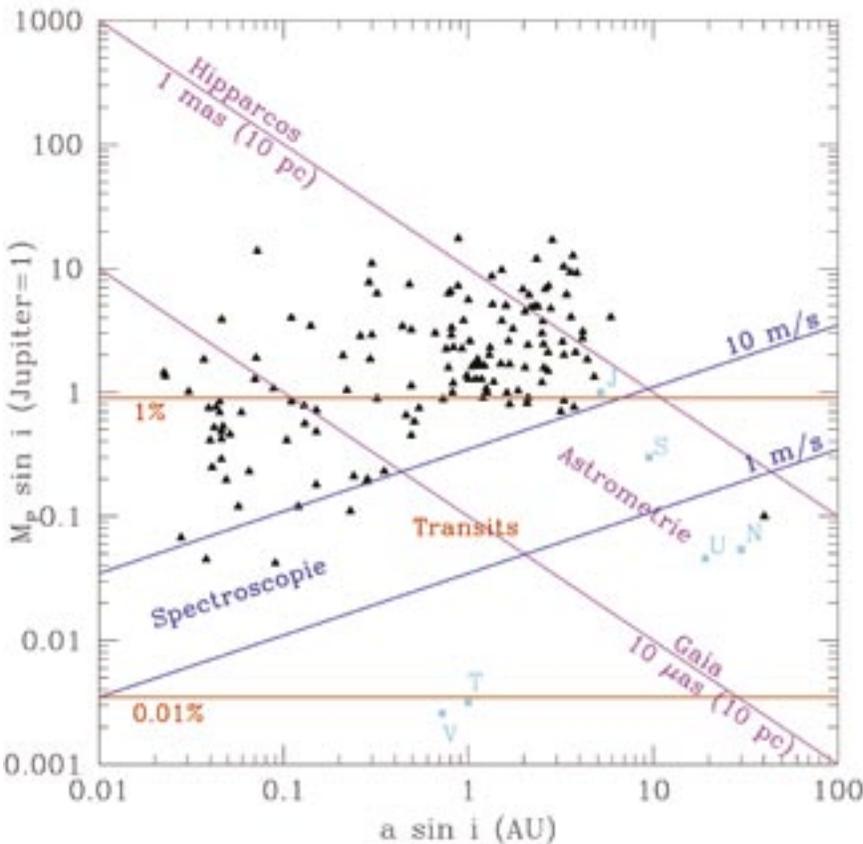
Une meilleure compréhension des conditions sous lesquelles se forment les systèmes planétaires nécessite la détection de planètes moins massives que Jupiter, une meilleure caractérisation des objets connus (en termes de masse et d'éléments orbitaux), et enfin la détection d'échantillon complets, jusqu'à des rayons orbi-

taux élevés. Des mesures astrométriques avec une précision de l'ordre de 20 microsecondes d'arc, comme ce sera le cas pour Gaia, contribueront efficacement à atteindre ces objectifs.

Ces études futures constituent le prolongement naturel de travaux menés jusqu'ici à l'IAA-ULB, dans le cadre de l'analyse des données recueillies par le satellite Hipparcos, prédécesseur de Gaia. En présence d'un compagnon planétaire ou stellaire peu lumineux, la trajectoire de l'étoile visible est perturbée. Lorsque cette perturbation est significative vis-à-vis de la précision des mesures, les observations d'Hipparcos permettent, seules, la détermination de l'orbite astrométrique, donc de l'inclinaison du plan orbital sur le ciel. Cette inclinaison permet alors, moyennant sa combinaison avec les éléments de l'orbite spectroscopique obtenue depuis le sol et une simple hypothèse sur la masse de l'étoile visible, de déterminer la masse du compagnon.

En l'absence de données astrométriques, seule une borne inférieure pouvait être déterminée pour la masse, ce qui donna lieu, dans le passé, à une violente controverse quant à la nature réellement planétaire de certains compagnons détectés par la méthode de spectroscopie Doppler. Nous avons montré que les données astrométriques confirmaient sans ambiguïté le caractère planétaire de la plupart des compagnons incriminés. Depuis ce moment, l'expertise de l'IAA-ULB a fréquemment été mise à profit afin d'établir la nature planétaire de compagnons récemment découverts, par exemple autour de l'étoile 55 Cancr.

Le traitement des centaines de milliers d'étoiles autour desquelles une exoplanète sera recherchée demandera une puissance de calcul considérable. Les codes développés à l'IAA-ULB seront exécutés sur les calculateurs du CNES à Toulouse. La définition de tests de fiabilité des orbites astrométriques constitue un ingrédient essentiel de ces codes, dans la mesure où les orbites d'exoplanètes découvertes par Gaia seront caractérisées par un faible rapport signal sur bruit et que, dans la plupart des cas, vu le faible éclat des étoiles concernées, ces orbites ne pourront être corroborées par des orbites spectroscopiques obtenues depuis le sol.



Capacité des différentes méthodes à détecter des exoplanètes dans le plan rayon orbital-masse. Les triangles correspondent aux exoplanètes connues en 2005, et obtenues par la méthode de spectroscopie Doppler.

## Un Belge à la tête de l'IAF

Depuis le 1er septembre, Philippe Willekens, après 18 ans de missions à l'ESA pour promouvoir le spatial, est propulsé sur l'orbite de l'*International Astronautical Federation*. Créée en 1950, cette fédération est la plus ancienne association internationale de recherche et technologie spatiales. La Belgique n'y compte qu'un membre: le Centre spatial de Liège. L'IAF s'illustre chaque année en réunissant dans une grande ville, pendant cinq jours de conférences et d'exposition, la famille mondiale des responsables, chercheurs, industriels, entrepreneurs, juristes, acteurs des programmes spatiaux.



Philippe Willekens  
© Th.P./SIC

*"L'objectif est de rapprocher l'utilisateur du produit. Le produit, c'est l'espace avec ses multiples facettes. L'utilisateur, c'est la génération des jeunes qui doivent prendre la relève. Mon énergie, c'est la passion pour l'activité spatiale"*, explique Philippe Willekens. Il utilise ses dons d'animateur pour sensibiliser les enfants de 6 à 10 ans, les jeunes dans l'enseignement secondaire, les étudiants à l'université, comme le grand public (lors des Salons du Bourget). Responsable des projets éducatifs à l'ESA, il a sans relâche suscité des projets d'envergure européenne - dont le programme SSETI (*Student Space & Technology Initiative*) avec des systèmes spatiaux d'étudiants - qui mobilisent les jeunes générations afin qu'elles vivent ensemble une activité dans l'espace ([www.iafaastro.com](http://www.iafaastro.com)).

## Démarrage de BELISSIMA, projet de recherche spatiale de l'ESA

Le 16 septembre 2005, le projet spatial BELISSIMA de l'ESA a démarré au VITO à Mol. Le projet se centre sur un système fermé de recyclage des déchets et de l'eau, de purification de l'air et de production de nourriture dans les vols spatiaux habités de longue durée. Il étudie plus particulièrement le comportement et les effets des médicaments, des substances qui perturbent les mécanismes endocriniens et d'autres composants (micropolluants potentiels d'origine chimique ou biologique) sur ces systèmes fermés de recyclage. Les résultats de ces recherches seront utiles non seulement pour les vols spatiaux, mais aussi pour tous les systèmes clos de recyclage des déchets sur la terre.



L'astronote suédois Christer Fuglesang étudie le réacteur BIORAT (EPAS) dans lequel est cultivé l'*Arthrospira sp.*  
© ESA

Pendant les missions spatiales habitées telles que le voyage sur Mars ou le séjour dans une station planétaire (la Lune ou Mars), il sera impossible de compter sur un approvisionnement permanent en eau, gaz vitaux ou nourriture en provenance de la Terre. A l'opposé des systèmes physico-chimiques de purification, les systèmes de support de vie biorégénératifs offrent la possibilité de produire de la biomasse comestible à partir des déchets y compris métaboliques. Ceci permet d'effectuer à la fois la produc-

tion de nourriture et la récupération des déchets et la production de nourriture: deux aspects essentiels de la technologie du support de vie spatial. Dans cette perspective, les chercheurs européens ont développé un système de support de vie biorégénératif qui s'appelle MELISSA. MELISSA est l'acronyme de *Micro-Ecological Life Support System Alternative* et correspond à une boucle fermée basée sur l'activité de microorganismes et de plantes (notamment des légumes). Le concept est de produire nourriture, oxygène et eau potable à partir des déchets organiques de l'équipage. La boucle MELISSA s'inspire des transformations biologiques qui s'opèrent dans un lac. Pour plus de détails, on peut se référer au site [www.Estec.esa.int/ecls/](http://www.Estec.esa.int/ecls/).



Via les déchets produits, des micropolluants comme les métaux lourds, hormones, produits de transformation de médicaments, micro-organismes pathogènes ou leurs gènes de virulence peuvent être introduits dans la boucle de recyclage. Aujourd'hui, les connaissances sur le comportement et les effets de ces composants dans les écosystèmes naturels et les boucles fermées sont très limitées. L'étude du comportement de ces micropolluants dans les conditions contrôlées de la boucle MELISSA est le but essentiel du projet BELISSIMA.

Filament d'*Arthrospira sp.* PCC 8005 observé au microscope à contraste de phase (grossissement 1000x)  
© SCK-CEN

BELISSIMA est financée par l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et la Politique scientifique fédérale belge. La coordination de ce projet est assurée par le VITO. Le Centre d'Etudes de l'Energie Nucléaire (SCK/CEN) à Mol, le Laboratoire d'Ecologie Microbienne de l'Université de Gand, la firme EPAS à Nazareth en sont les partenaires les plus importants. Ils travaillent en étroite collaboration avec les autres partenaires de MELISSA, en particulier l'université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand. Il est prévu que la recherche BELISSIMA forme le noyau d'une activité de longue durée pour mieux comprendre et gérer les boucles fermées de recyclage et de fournir ainsi une contribution à la diffusion de

systèmes de réutilisation de l'eau et de divers scénarios de recyclage de déchets. Avec ce nouveau projet, les centres de recherche du VITO et du SCK/CEN veulent renforcer le site de Mol comme pôle de technologie spatiale incluant aussi d'autres activités liées au Support de Vie, aux matériaux innovants, à la télédétection et à l'observation de la terre ainsi qu'à la dosimétrie des radiations et à l'écologie des milieux extrêmes.

(communiqué du VITO-Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek)

