

# Science

# 11

# connection



Arts roman et mosan:  
nouvel écrivain

Stimuler les biotechnologies industrielles  
par la concertation

# sommaire

## Histoire

p.2 *Le secteur diamantaire belge durant le régime nazi*

## Météorologie

p.7 *Les familles de perturbations sous la loupe : en Europe, une tempête peut en cacher une autre*

## géologie

p.10 *Forages océaniques: la navigation spatiale sur notre planète*

## Art

p.14 *Un nouvel écrin pour la collection « Arts roman et mosan »*

## Pôle

p.18 *La nouvelle base belge de recherche en Antarctique : un concept durable et écologique*

## Séismologie

p.23 *Les tremblements de terre dans les régions « stables » d'Europe : une bombe à retardement ?*

## Peinture

p.28 *Restauration et mécénat*

## Passion scientifique

p.30 *« Mes voyages ? Mes livres et la télévision ... »*

## Ailleurs

p.32 *Les musées du bout du monde: Kyoto*

## Biotechnologie

p.34 *Stimuler les biotechnologies industrielles par la concertation*

## Archéologie

p.35 *L'Homme de Spy en 3D*

## Nucléaire

p.40 *Au cœur de l'atome*  
p.42 *Le réacteur BR2*  
p.44 *Le SCK•CEN*  
p.46 *des déchets radioactifs*

## Web

p.48 *Focus sur sites*

## News et agenda

p.50



*La Belgique, les Juifs et le diamant pendant la Seconde Guerre mondiale*

2



*La navigation spatiale sur notre planète*

10



*Un concept durable et écologique*

18



*Restauration et mécénat*

32

## Space Connection



*Dossier: les satellites de météorologie*

La dation permet aux héritiers d'un collectionneur de payer les droits de succession sous forme d'œuvres d'art. C'est à ce mécanisme que les grands musées français, par exemple, doivent une grande partie de leur richesse.

En théorie, cette possibilité est également offerte par la loi belge. C'est ainsi que deux familles de collectionneurs, la famille Janssen (à la tête d'une superbe collection d'art précolumbien constituée par Dora Janssen, la veuve de Paul Janssen) et la famille Gillion-Crowet (qui possède une fabuleuse collection de tableaux et d'objets Art Nouveau) souhaitent céder leur trésor respectivement aux Musées royaux d'art et d'histoire et aux Musées royaux des beaux-arts.

Quand on sait que ces collections valent chacune autour de 30 millions d'euros, et que l'on compare cette somme aux quelque 200.000 euros annuels (auxquels peuvent éventuellement s'ajouter les bénéfices générés par les entrées à des grandes expositions) dont dispose pour ses acquisitions chacun des deux musées précités, on comprend l'opportunité formidable que constituent ces dations.

Mais si notre pays brille par le goût de ses collectionneurs privés, il ne brille pas par la simplicité de son organisation institutionnelle. Les musées qui pourraient recevoir ces pièces sont fédéraux et les droits de succession sont dus aux Régions : Région flamande dans le cas de la dation Janssen et Région bruxelloise pour Gillion-Crowet. Chaque dation au Fédéral représente donc un manque à gagner pour une Région.

Quant à la loi, elle a été aménagée afin qu'un représentant par Région puisse siéger dans la Commission chargée de remettre

un avis au ministre des Finances sur la recevabilité et la valeur des dations. Cependant, la Région flamande, qui a introduit un recours devant la Cour d'arbitrage contre deux de ses articles, n'a pas encore nommé son représentant. La situation est donc bloquée.

Le ministre des Finances a fait récemment une proposition de déblocage : la Commission pourrait fonctionner en l'état pour les dossiers wallons et bruxellois. Le ministre-président de la Région bruxelloise étant prêt à renoncer aux droits de succession dus à la Région, le dossier Gillion-Crowet pourrait aboutir. Pour la dation Janssen, en revanche, les pistes avancées semblent moins bien accueillies.

Je voudrais plaider ici pour que tous les acteurs fassent preuve d'autant de pragmatisme que MM. Reynders et Picqué afin que nos concitoyens puissent admirer, en Belgique, les pièces exceptionnelles réunies par nos grands collectionneurs.

Vous le verrez à nouveau tout au long de ce numéro de *Science Connection*, les collections de nos musées sont très riches. Nous ne pouvons toutefois manquer, pour des raisons institutionnelles, des opportunités de les compléter.

Bonne lecture !



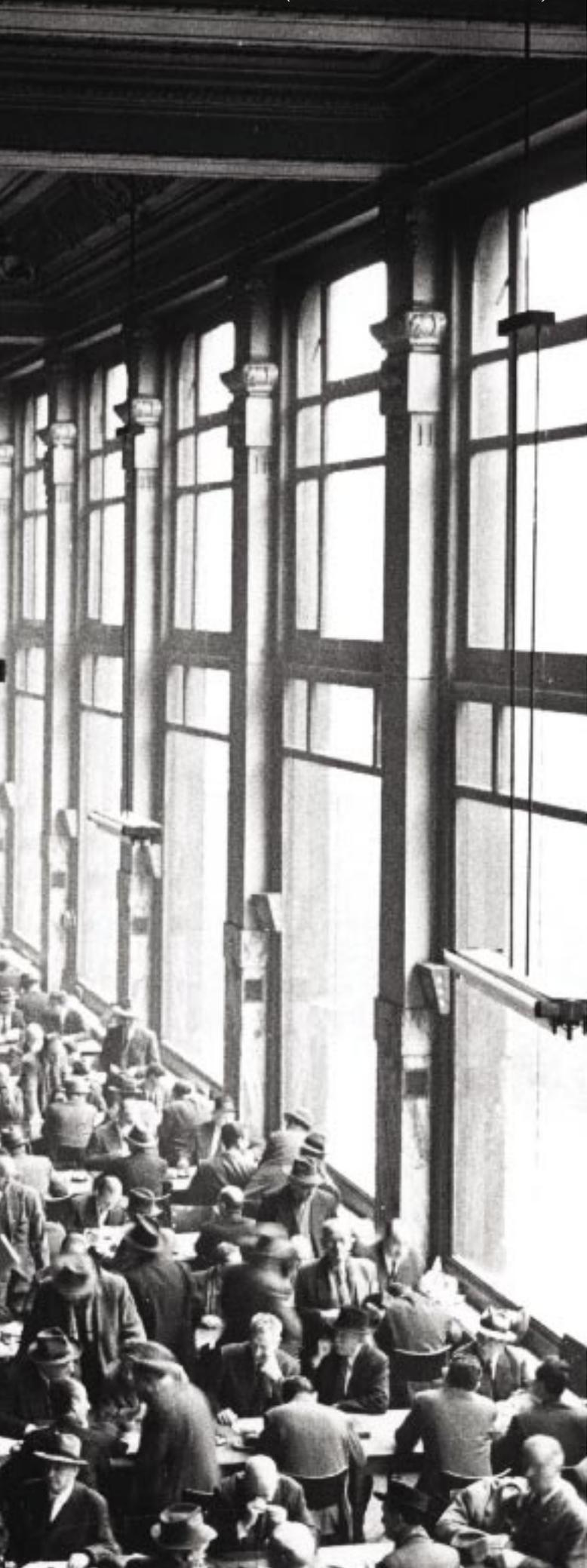
Philippe METTENS  
Président du Comité de Direction



# Le secteur diamantaire belge durant le régime nazi

La Belgique, et plus particulièrement le quartier diamantaire anversois appelé également *square mile*, est depuis plus de cent ans la plaque tournante mondiale du commerce et de la taille du diamant.

Grande salle de la Bourse du commerce diamantaire  
(Photo Bourse du commerce diamantaire)



Diamantaires dans la salle  
de bourse  
(Photo Provinciaal Diamant-  
museum Antwerpen)

C'est là que furent créées les grandes bourses diamantaires, celles-là même qui génèrent encore aujourd'hui 7% des exportations belges. Ces derniers mois pourtant, les échos de la presse se font bien sombres. La concurrence des pays à bas salaires et l'internationalisation du commerce semblent porter atteinte à la prédominance de la place anversoise. L'avenir nous dira si les cris d'alarme étaient justifiés. Par le passé, d'autres situations critiques se sont déjà présentées. Mais chaque fois le secteur diamantaire belge a pu puiser en lui l'énergie nécessaire pour défendre ses intérêts de manière efficace.

De 2000 à 2004, Eric Laureys, historien et chercheur au Centre d'études et de documentation « Guerre et Sociétés contemporaines » (CEGES) a exploré les raisons qui ont permis à l'industrie diamantaire belge de survivre à la Seconde Guerre mondiale, alors que ses principaux acteurs, les immigrés juifs, avaient été exclus, persécutés et déportés ; que ceux d'entre eux en fuite à l'étranger avaient créé de nouveaux centres diamantaires concurrents ; que l'occupant allemand réorganisait le secteur et surtout que les centres diamantaires allemands et américains tentaient de supplanter Anvers pour des raisons stratégico-économiques. Tous ces coups portèrent préjudice à l'équilibre existant avant-guerre dans ce secteur. Après la Libération, des mesures exceptionnelles durent être prises pour que l'activité reprenne. Il est rapidement devenu évident que cette étude essentiellement politique et économique était indissociable de son contexte social et culturel. Il s'agit donc d'un travail portant sur les immigrés juifs, les tailleurs de diamant flamands, la haute finance belge, les groupes coloniaux, la collaboration, la résistance, l'antisémitisme et les agents secrets allemands.

### Le commerce diamantaire, les Juifs et Anvers

Quelle était l'importance du diamant en 1933, à la veille de l'avènement du régime nazi ? Pour mieux comprendre l'évolution du secteur diamantaire, il faut d'abord faire la différence entre trois catégories de diamants. Le plus connu est évidemment le diamant taillé destiné à la joaillerie. Une des qualités essentielles de ce diamant est qu'il

**On peut parler d'une connexion judéo-socialiste au sein de l'industrie diamantaire anversoise.**

garde sa valeur, ce qui fait de lui en période de guerre un placement et une monnaie d'échange internationale fort prisés. Il y a par ailleurs le diamant industriel dont la dureté permet un forage, un polissage et une découpe de qualité supérieure. C'est grâce au diamant industriel que l'industrie de la fin des années trente a évolué vers une production de masse standardisée de produits en acier. Et enfin, il y a le diamant brut. C'est la matière première qui sert à produire les deux autres. Quand un diamant brut est de qualité supérieure, il est destiné à la taille. De telles pierres étaient jadis surtout extraites en Afrique du Sud. Un diamant brut de qualité moindre est destiné à l'industrie. Quatre-vingt pourcents de ces pierres de qualité plus médiocre provenaient, elles, du Congo belge. Tout diamant brut était, à l'époque traditionnellement commercialisé à Londres, siège du cartel international constitué par les exploitations minières sud-africaines et par les distributeurs de brut londoniens dirigés par Ernest Oppenheimer (1880 – 1956), sujet britannique d'origine juive. Quatre-vingt pourcents de ces diamants bruts étaient achetés à Londres par des commerçants anversois, principalement juifs, appelés *sightholders*, qui les acheminaient vers Anvers pour leur taille et leur commercialisation. La majeure partie de ce qui restait était destinée à Amsterdam. Cela signifie que la quasi-totalité du commerce diamantaire mondial était

contrôlée par des juifs londoniens, anversois et dans une moindre mesure amstellodamois. Cette situation ne résulte en rien d'une stratégie délibérée émanant d'un quelconque groupe d'intérêt juif, mais découle plutôt

Façade du Diamantclub van Antwerpen dans la rue du Pélican (Photo MRAC)



Collaborateur et officier allemand dans une taillerie (Photo Strijd)



des liens familiaux et socioculturels étroits qui unissent la communauté juive mondiale.

### Ce qui liait le secteur diamantaire à la Belgique

Par son volume réduit et sa valeur intrinsèque, le diamant représentait un produit idéal pour la contrebande. Point besoin de moyen de transport spécifique pour déplacer rapidement et discrètement des fortunes en diamants. En d'autres mots, le secteur diamantaire était un secteur « volatile ». Cette caractéristique était encore accentuée par la mainmise d'une communauté juive particulièrement cosmopolite dont l'attachement à Londres ou la Belgique était loin d'être garantie. Il est donc indubitable que la peur de la perte de ce secteur était justifiée. Cette crainte s'était déjà clairement fait jour après la Première Guerre mondiale, quand des mesures exceptionnelles durent être prises pour persuader les diamantaires juifs de revenir à Anvers.

Heureusement, Anvers n'était pas dépourvue d'atouts importants pour séduire ces diamantaires juifs. Tout d'abord, ils y disposaient de travailleurs du diamant non juifs hautement spécialisés, pour la plupart membres de l'*Algemene Diamantbewerkerbond* (l'ADB), syndicat d'inspiration socialiste. Ils pouvaient également compter sur des ouvriers moins spécialisés mais meilleur marché issus principalement de la campagne campinoise. Ceux-ci étaient généralement catholiques. Les diamantaires juifs avaient des liens privilégiés avec l'ADB. Ses membres étaient toujours prioritairement approvisionnés en diamant brut par les commerçants juifs. En contrepartie, le syndicat garantissait la paix sociale. Cette forme de concertation sociale avant la lettre reçut le soutien actif de Camille Huysmans, alors bourgmestre socialiste d'Anvers. Voilà pourquoi on peut parler d'une connexion entre juifs et socialistes au sein de l'industrie diamantaire anversoise. Cette connexion pouvait également compter sur le soutien du cartel monopolistique londonien du brut d'Oppenheimer qui préférait négocier avec ses interlocuteurs traditionnels, les *sightholders* juifs, plutôt qu'avec une multitude d'acheteurs moins professionnels et moins familiers. C'était le deuxième grand atout d'Anvers. Le dernier atout



Le scieur au travail  
(Photo SBD)

a trait à la production diamantaire congolaise. Cette production était d'une telle ampleur qu'elle représentait une menace pour le monopole d'Oppenheimer. Afin de placer la société d'extraction congolaise, la *Forminière*, sous le contrôle de son cartel, Oppenheimer dû promettre aux Belges d'approvisionner en priorité la place diamantaire anversoise. Un accord conclu en ce sens en 1926, fit émerger une deuxième connexion, internationale cette fois : Congo – Londres – Anvers.

### Coups portés à l'ordre établi

L'équilibre d'avant-guerre, qui reposait donc sur cette double connexion, fut compromis par la menace nazie entre 1933 et 1944.

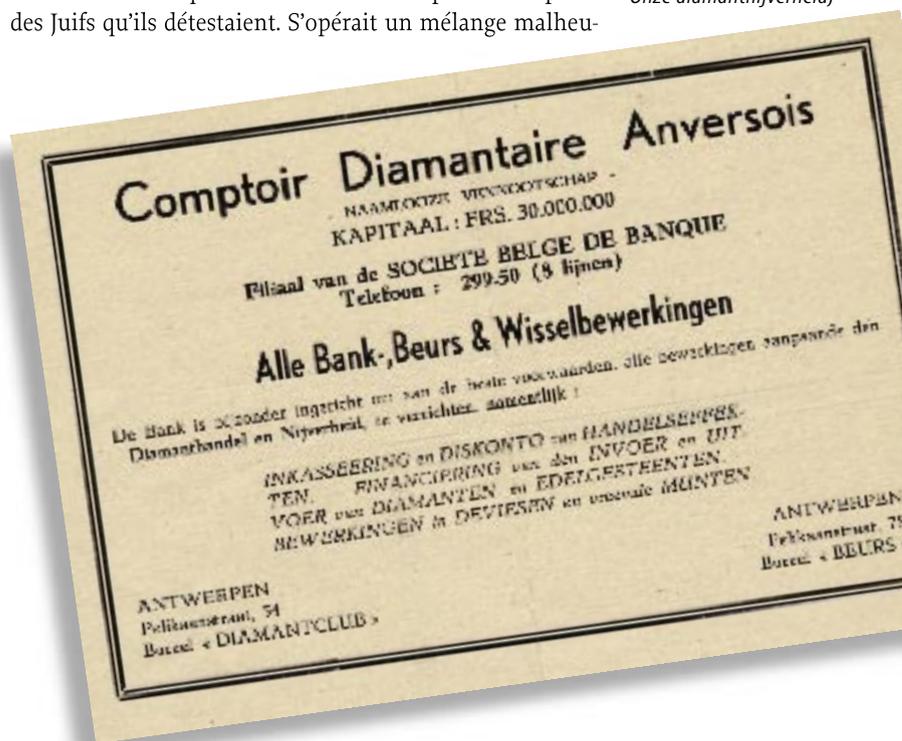
À cause de l'augmentation de la demande en diamant industriel – conséquence de la course aux armements – le pouvoir des fournisseurs de diamant brut comme Oppenheimer et la *Forminière* augmenta. Ce pouvoir se manifesta notamment en 1939, lorsque ces derniers obtinrent des mandats officiels pour mettre en œuvre l'embargo britannique contre le continent menacé par Hitler. Après l'invasion allemande, la *Forminière* réussit à entraîner les diamantaires juifs en France plutôt qu'à Londres, et ce contre leur gré. Cependant, comme les dispositions nécessaires n'avaient pas été prises à Cognac, les diamantaires juifs quittèrent le pays. Dès lors, et comme lors de la Première Guerre mondiale, une seconde diaspora diamantaire se produisit. L'ancrage anversois de la taille et du commerce diamantaires était menacé. Pendant la guerre, ces réfugiés contribuèrent au développement d'autres centres diamantaires qui menacèrent la primauté d'Anvers. L'axe Congo – Londres – Anvers fut brisé.

Une autre atteinte importante portée à l'ordre d'avant-guerre dans le centre diamantaire anversois fut évidemment l'occupation allemande. Les Allemands voulurent remplacer le monopole de la distribution du brut britannique d'Oppenheimer par une version continentale sous leur propre contrôle. Dans l'espoir d'obtenir du diamant brut en provenance du Congo, ils voulurent associer la *Forminière* à leurs projets. Conformément à la politique belge du moindre mal, la *Forminière* accepta l'offre alle-

mande, mais redoubla ensuite d'efforts pour mettre les stocks de diamant découverts par les Allemands à la disposition des tailleurs anversois. Cette politique était tolérée par l'administration militaire allemande qui avait besoin de la *Forminière* pour ses projets futurs. Certains Allemands avaient même compris que les diamantaires juifs étaient incontournables pour ériger un centre diamantaire viable. Ils tentèrent de mener une politique favorable aux Belges et aux Juifs malgré les pressions exercées par certaines institutions nazies. Le maintien de cette politique ne fut néanmoins plus tenable à partir de décembre 1941 et les derniers diamantaires juifs furent mis hors jeu, spoliés, persécutés et déportés. Ce sont principalement les petits diamantaires flamands parmi lesquels de nombreux Campinois, qui les remplacèrent. Avant la guerre, ils avaient été délaissés par les commerçants juifs au profit des travailleurs du diamant socialistes de la ville.

À présent, les diamantaires campinois groupés au sein du *Vereniging der Belgische Diamantnijverheid* (VBD) saisisaient la chance qui leur était offerte de prendre la place des Juifs qu'ils détestaient. S'opérait un mélange malheu-

La banque diamantaire  
« Comptoir Diamantaire  
Anversois »  
(Photo  
Onze diamantnijverheid)





Romi Goldmuntz  
(Photo Beurs voor Diamanthatel)

reux de collaboration, d'opportunisme économique, de nationalisme flamand et d'antisémitisme. La connexion entre juifs et socialistes était remplacée par une nouvelle : *Forminière* – Campine.

### La défense des intérêts du secteur

La réaction à toutes ces attaques ne se fit pas attendre. Des tentatives pour sauver ces connexions furent surtout menées par le trio Huysmans, Goldmuntz et Shamisso (deux diamantaires en vue), réfugiés tous les trois à Londres. Ensemble, ils fondèrent le *Correspondence Office for Diamond Industry* (COFDI). Pendant toute la guerre, le COFDI allait tenter de persuader les autorités belges et alliées à Londres de prendre à cœur les intérêts du secteur diamantaire belge. Selon le COFDI, les diamantaires juifs, éléments clés pour la réhabilitation d'Anvers, ne rentre- raient que si un certain nombre de conditions étaient remplies.

Grâce au soutien des Britanniques dont les intérêts étaient intimement liés à ceux d'Oppenheimer, le COFDI réussit plutôt bien son opération. Des contacts furent établis avec la diaspora diamantaire; la promesse d'Oppenheimer d'ap- provisionner prioritairement Anvers fut aussi honorée après la guerre; un stock de brut spécial fut créé pour per- mettre aux tailleurs anversoïses de se mettre à l'œuvre immédiatement après la Libération et surtout l'approvi- sionnement des nouveaux centres diamantaires établis pendant la guerre fut interrompu. Après la Libération, l'axe Congo – Londres – Anvers fut rapidement restauré. Le plus grand défi consista à rétablir la connexion entre juifs et socialistes. Il fallut persuader la diaspora diamantaire de rentrer chez elle. Pour cela, il fut nécessaire d'éra- diquer l'antisémitisme par la répression de la collabora- tion, de remettre à disposition les habitations et les locaux des bourses qui avaient été saisis, de restituer les diamants spoliés et de prendre des mesures d'exception sur le plan fiscal. Il fallut pourtant attendre jusqu'en 1950 pour voir le retour définitif de la diaspora diamantaire. La guerre de Corée poussa les États-Unis à commander de grandes quantités de diamant industriel à la Belgique, ce qui améliora nettement la situation d'Anvers et permit d'achever le retour des diamantaires juifs.

En résumé, on peut dire qu'entre 1944 et 1950, la plupart des conditions furent remplies pour permettre la restaura- tion de l'industrie diamantaire belge. Ceci ne fut possible que parce que le COFDI réussit à faire comprendre au gou- vernement que l'industrie et le commerce diamantaires étaient d'une importance capitale pour le pays. Un autre facteur fondamental fut la peur d'Oppenheimer que la *Forminière* ne revienne sur son monopole s'il mettait en danger la position privilégiée du centre diamantaire belge. En outre, les Allemands causèrent relativement peu de dégâts au secteur. L'élément central dans toute cette pro-

blématique fut l'importance stratégique de la production diamantifère congolaise, qui servit de levier pour la restaura- tion de l'axe Congo –Londres – Anvers et de la con- nexion juifs / socialistes. Les diamantaires juifs avaient pris parti pour le gouvernement belge en exil à Londres alors que les travailleurs du diamant campinois avaient plutôt opté pour la défense de leurs intérêts par le biais de structures antisémites et nationalistes flamandes comme le *Vereniging der Belgische Diamantnijverheid*. Cela eut natu- rellement d'importantes conséquences sur leurs positions de force respectives après la guerre. Il n'est donc pas éton- nant que les élites juives traditionnelles aient pu réinvestir la position qu'elles occupaient avant-guerre.

Eric Laureys

### A lire

Eric Laureys, *Meesters van het Diamant. De Belgische diamantsector tijdens het nazibewind*, Tielt, Editions Lannoo, 2005.

### Repères

- 1995 – 1996 *Chargé de cours à la Faculté de religions comparées Wilrijk-Anvers*
- 1996 – 2006 *Chercheur sur projet au CEGES*
- 1998 – 1999 *Chercheur détaché auprès de la Commission d'étude sur le sort des biens des membres de la Communauté juive de Belgique spoliés ou délaissés pendant la guerre 1940-1945*
- 2004 *Thèse de doctorat en histoire contemporaine (Vrije Universiteit Brussel)*

La guerre de Corée poussa les États-Unis à commander de grandes quantités de diamant industriel à la Belgique, ce qui améliora nettement la situation d'Anvers et permit d'achever le retour des diamantaires juifs.



Diamantaires négociants (Photo SBD)



# Les familles de perturbations sous la loupe : en Europe, une tempête peut en cacher une autre

Grâce à sa position géographique, l'Europe reste à l'abri d'ouragans dévastateurs tels que Katrina ou Wilma. Mais, à nos latitudes, la répétition parfois rapide des tempêtes peut donner lieu à des pertes économiques comparables aux dommages causés par un cyclone tropical, et les assureurs qui paient les pots cassés s'inquiètent des tendances récentes. Par exemple, en décembre 1999, une série de tempêtes catastrophiques laissèrent dans leur sillage une facture estimée à 18,5 milliards d'euros et au moins 160 morts. Deux de ces tempêtes (baptisées Lothar et Martin) sont responsables de plus de 80% des dégâts en moins de deux jours ! Dix ans auparavant, au cours de l'hiver 1989 – 1990, huit tempêtes consécutives avaient infligé des pertes similaires en Europe. Ces deux exemples sont bien sûr des cas extrêmes, mais il n'est guère difficile de trouver d'autres situations semblables, comme les séries de tempêtes qui ont donné des sueurs froides aux assureurs britanniques en octobre 2000 et 2002. Les dommages proviennent aussi bien des vents violents que des inondations que causent des périodes répétées de pluie intensive.

Il est étonnant que, malgré l'ampleur des dégâts qu'elles peuvent occasionner, ces attaques de tempêtes n'ont suscité jusqu'à présent qu'un intérêt scientifique limité. Les séries de tempêtes furent reconnues pour la première fois au lendemain de la Première Guerre mondiale par Jakob Bjerknes et une équipe de météorologistes scandinaves basés en Norvège : la fameuse *École de Bergen*. Ils découvrirent que les dépressions des latitudes tempérées sont généralement engendrées le long d'une zone étendue qui traverse l'Océan nord-atlantique et où des masses d'air froid et d'air chaud s'affrontent de manière quasi permanente. Utilisant le jargon militaire de l'époque, ils appelèrent cette zone le *front polaire* (maintenant, les météorologues préfèrent souvent parler de *rail de dépressions*). Ils proposèrent également qu'au lieu d'être solitaires, ces dépressions se déplacent le long du front polaire en groupes qu'ils nommèrent *familles de perturbations*. Depuis lors, l'état de nos connaissances sur les perturbations des latitudes tempérées a fait pas mal de chemin grâce à des années de recherche intensive. Cependant, les familles de perturbations ne



© Belpress

**Dans ce but, il est nécessaire de pouvoir répondre à trois questions fondamentales : les tempêtes seront-elles plus ou moins intenses ? Seront-elles plus ou moins fréquentes ? Et finalement, seront-elles plus ou moins grégaires ?**

reçurent que peu d'attention... jusqu'au jour où elles ressurgirent dans les statistiques des assureurs !

« *Le premier objectif de ma recherche a été de déterminer objectivement si les séries de tempêtes tant craintes par les assureurs ont des causes bien précises, ou si elles sont tout simplement produites par hasard. Si celui-ci est insuffisant pour expliquer ces groupements, alors il est très probable qu'un grand nombre de modèles utilisés dans l'industrie sous-estiment les risques associés aux tempêtes* ». En guise d'illustration, si le nombre de tempêtes est de deux par mois en moyenne, la probabilité d'en essuyer au moins cinq en un mois est nettement plus élevée si ces tempêtes se manifestent en groupes que dans le cas où elles se produisent une par une, de manière purement aléatoire. Avant la catastrophe de Lothar et Martin (26 et 27 décembre 1999), les assureurs considéraient les dégâts subis en moins de 72 heures comme un seul événement. Ainsi, les sinistres occasionnés en Allemagne par les tempêtes Vivian (25 – 27 février 1990) et Wiebke (28 février – 1er mars 1990) et ceux causés par les tempêtes du 24 et 25 décembre 1997 au Royaume-Uni furent à chaque fois considérés par les assureurs comme deux événements sans égard au nombre de perturbations atmosphériques responsables des dégâts. Ces tempêtes « jumelles » ne sont pourtant guère exceptionnelles et suivent typiquement des chemins parallèles, étendant ainsi les zones de dévastation. En outre, lorsque les tempêtes se succèdent rapidement, les sinistres ne s'accroissent pas de façon linéaire. Chaque tempête affaiblit

en effet les défenses et rend la suivante plus dangereuse. Par exemple, une dépression accompagnée de pluies diluviennes sera nettement plus destructrice si, deux jours auparavant, un grand nombre de toits ont perdu leurs tuiles au cours d'une violente tempête. En outre, une série d'événements pluvieux n'a pas les mêmes répercussions hydrologiques lorsque ceux-ci sont très rapprochés dans le temps. Les inondations catastrophiques que nous connaissons en Europe sont typiquement l'épilogue de périodes prolongées de pluies intensives et successives.

« *J'ai, tout d'abord, compilé une base de données contenant plus d'un demi-siècle de trajectoires de cyclones sur tout l'hémisphère nord. Par cyclones, je veux dire ici les vastes tourbillons d'air qui sont typiquement associés aux dépressions* ». En général, les météorologues regardent les tempêtes comme de grandes ondes de pression qui se déplacent horizontalement dans les couches inférieures de l'atmosphère. Mais on peut également concevoir les tempêtes comme de gigantesques particules tourbillonnantes qui contiennent dans leur rotation rapide d'énormes quantités d'énergie prêtes à se dissiper avec les effets parfois dévastateurs que nous connaissons. Cette dualité onde-particule est particulièrement utile et mieux connue dans une autre branche de la physique. Pour expliquer les propriétés de la lumière, on peut en effet la concevoir tantôt comme des oscillations du champ électromagnétique, tantôt comme un flux de particules appelées *photons*. Le diamètre de ces tourbillons varie de quelques centaines à plus de 2.000 kilomètres. Cette définition générale des cyclones inclut les cyclones tropicaux (ouragans, typhons), les dépressions frontales des latitudes tempérées et les dépressions polaires. La technique de détection basée sur la localisation des mouvements tourbillonnaires est plus efficace et fiable que celle basée simplement sur la localisation des centres de basse pression. La procédure de localisation des cyclones et le calcul de leurs trajectoires est objective et entièrement automatisée.

« *Puis, j'ai concentré mon attention sur les deux principaux rails des dépressions des latitudes tempérées – le rail nord-atlantique et le rail nord-pacifique* ». On peut considérer ces rails comme des « autoroutes » à sens unique empruntées par les dépressions des latitudes tempérées (pas par les cyclones tropicaux !) lorsque celles-ci traversent les océans d'ouest en est. « *J'ai alors examiné le « trafic » de tempêtes le long des rails d'une manière en principe semblable à ce que l'on fait pour mesurer l'intensité de la circulation routière, sauf qu'au lieu d'étendre des câbles en travers de la route, j'ai utilisé un ordinateur et la mathématique pour faire le travail* ». L'analyse des données recueillies révèle des comportements différents en ce qui concerne la fréquence des tempêtes. À l'ouest du bassin nord-atlantique, au large des côtes nord-américaines, le trafic

des dépressions est très dense, mais régulier. Une structure analogue s'observe sur les routes quand la circulation s'intensifie: les véhicules se rapprochent les uns des autres tout en préservant une distance minimum de freinage et les intervalles de temps entre passages deviennent relativement réguliers. Dans cette région du rail nord-atlantique, des dépressions sont littéralement créées « à la chaîne ». En hiver, le nord-est du continent nord-américain est au plus froid tandis qu'au large des côtes les eaux relativement chaudes du *Gulf Stream* apportent chaleur et humidité. Ce contraste prononcé et permanent fournit l'énergie qui alimente la production quasi ininterrompue des dépressions. Les choses sont très différentes à l'autre bout du rail des dépressions : du côté européen, les dépressions sont groupées de manière significative. En Europe, nous percevons ceci comme des périodes d'intempéries qui peuvent durer de quelques jours à plus d'un mois. Ces périodes prolongées de mauvais temps où les tempêtes se succèdent rapidement ont depuis longtemps été associées à un phénomène de grande échelle appelé *l'oscillation nord-atlantique* ou NAO (pour *North Atlantic Oscillation*), un phénomène qui module l'intensité et la position du rail des dépressions nord-atlantique. « *Cependant, mes résultats indiquent que la NAO ne constitue en fait qu'une partie de l'histoire et que le groupement des tempêtes peut être le résultat de mécanismes distincts et indépendants. Par exemple, une succession de dépressions qui se déplacent très rapidement peut donner lieu à des tempêtes rapprochées dans le temps, même si ces dépressions sont très éloignées l'une de l'autre dans l'espace et ne font pas partie d'une même famille* ». Ce fut notamment le cas de Lothar et Martin en décembre 1999. Ce type de *sérialité* est étroitement lié avec la NAO. Des trains de tempêtes peuvent aussi être générés lors de relaxations soudaines du courant atmosphérique au sein du rail des dépressions. Des quantités énormes d'énergie potentielle sont alors converties rapidement en énergie cinétique par la formation de petites dépressions successives dites « secondaires ». Cette forme de *sérialité* est analogue à la famille de perturbations de l'École norvégienne. En outre, les conditions de circulation le long du rail des dépressions varient dans le temps. Par exemple, des anticyclones peuvent se développer dans le chemin des dépressions, les ralentir et les dévier de leur route « normale ». Ces détournements amènent des périodes de temps calme là où les anticyclones se développent et peuvent provoquer ailleurs un accroissement de la fréquence des intempéries.

« *Après avoir étendu mon analyse sur tout l'hémisphère nord, il apparaît clairement que l'Europe se démarque largement s'agissant du comportement grégaire des tempêtes* ». Sous forme quantifiée, cette précieuse information permet une estimation plus réaliste des risques de pertes économi-

ques associées aux tempêtes. Mais ce n'est pas suffisant. Pour arriver à une évaluation fiable des risques à long terme, il faut en outre tenir compte du changement probable du climat au cours des prochaines décennies. Dans ce but, il est nécessaire de pouvoir répondre à trois questions fondamentales : les tempêtes seront-elles plus ou moins intenses ? Seront-elles plus ou moins fréquentes ? Et finalement, seront-elles plus ou moins grégaires ? La seconde phase de ma recherche a pour but d'étudier comment cette dernière propriété des tempêtes des régions tempérées va évoluer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. « *Pour ce faire, je suis en train d'examiner divers scénarios de changement climatique produits par différent modèles de simulation numérique... en espérant n'y trouver rien d'inquiétant !* »

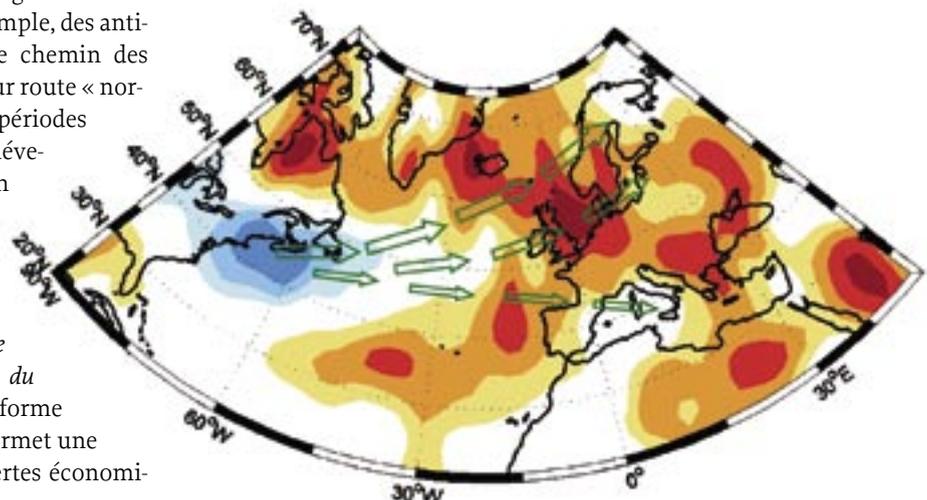
Pascal Mailier

## Repères

Pascal Mailier est un expert technique de l'Institut royal météorologique de Belgique (actuellement en interruption de carrière). De 1993 à 2001, il a travaillé au Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme, le leader mondial en matière de prévision numérique du temps situé à Reading au Royaume-Uni. Depuis 2002, il a gagné une réputation internationale comme consultant météorologue pour le secteur de l'énergie et la réassurance. Il possède une maîtrise en météorologie (spécialisation en modélisation du temps et du climat) et termine une thèse de doctorat sur la *sérialité des tempêtes dans le département de météorologie de l'Université de Reading, un centre de recherche météorologique et climatique de renommée mondiale.*

*Ce projet est financé par le NERC (Natural Environment Research Council, Royaume-Uni), le CGAM (Centre for Global Atmospheric Modelling, Royaume-Uni) et le RPI consortium (Risk Prediction Initiative, Bermuda).*

Le rail des dépressions nord-atlantique. Les flèches vertes indiquent les chemins typiquement suivis par les dépressions des latitudes tempérées lorsque celles-ci traversent l'Atlantique nord. Les régions en bleu indiquent des passages à intervalles réguliers tandis que les régions en rouge indiquent des passages groupés.



Le Chikyu (« Terre »), nouveau navire amiral du Integrated Ocean Drilling Program.  
© IODP

# la navigation spatiale

## Forages océaniques:

Le ciel est gris, un vent de force 6 souffle sur le port de Dublin. Nous sommes le 28 avril 2005 ; il est 19 heures 42. Les dernières amarres sont larguées, le *Joides Resolution* s'éloigne lentement de l'embarcadère. Les remorqueurs s'affairent autour du géant de l'océan qu'ils guident en toute sécurité du dock vers *River Liffey*. Du pont du navire foreur légendaire, les scientifiques saluent avec enthousiasme les personnes restées à quai : pour Anneleen, Ben et Veerle, la grande aventure commence. Le contingent européen implacablement limité à neuf participants ne contient pas moins d'un tiers de jeunes Belges : du jamais vu ! Ben, parti comme chercheur postdoctoral à Barcelone, s'était hissé au sommet du con-

cours de sélection espagnol. Veerle, chercheur postdoctoral au *Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek* (FWO / Fonds pour la recherche scientifique en Flandre), avait joué la carte tactique et était partie à temps pour Southampton avec une bourse Marie Curie afin de se hisser à bord en tant que *first lady* britannique. Anneleen, en pleine activité doctorale sur « son » *Mont Challenger*, l'objectif de cette campagne de forage, avait réussi, grâce à un appui éclair du FWO, à harponner une couchette du contingent français – la courtoisie française ne connaissant pas de limite. Avec six autres Européens, huit Américains et sept Japonais, ils vont tenter de découvrir les secrets des Monts Belgica. Sept ans plus tôt, le *Renard Centre of Marine Geology* (RCMG) de l'Université de Gand avait relaté dans le magazine *Nature* la découverte de ces récifs de corail profond, situés à 900 mètres de profondeur dans la Baie de Porcupine à l'ouest de l'Irlande. L'expédition 307 du *Integrated Ocean Drilling Program* (IODP) couronne des années d'efforts européens et nationaux dans des projets au sein desquels les équipes belges ont pris l'initiative.

### Du Mohole à l'IODP

La grande aventure des forages océaniques a été lancée en même temps que la navigation spatiale habitée. Il y a 45 ans, très exactement le 1<sup>er</sup> avril 1961, lorsque la première carotte de forage profond percée depuis la plate-forme de forage Cuss I, au large des côtes californiennes, fit surface, Willard Bascom, directeur du projet Mohole, a formulé avec beaucoup d'à-propos : « *Mohole, c'est la course à l'espace avec les Russes, mais en sens inverse* ». L'objectif est de percer



*Mont Challenger* donné au récif profond n'est pas totalement innocent. Après le DSDP et le *Glomar Challenger*, tous les livres de géologie ont dû être réécrits, et les bases d'une nouvelle discipline furent jetées: la géologie marine.

*Briefing avant le départ: tous les nerfs sont tendus.*  
© J.P. Henriët, Renard Centre of Marine Geology, Universiteit Gent

En 1985, le DSDP s'est internationalisé et est devenu l'*Ocean Drilling Program* (ODP). Un nouveau navire foreur fut lancé : le *Joides Resolution*, véritable université flottante avec des étages entiers équipés de laboratoires abritant des instruments d'analyse modernes. Sous les auspices de la *European Science Foundation*, les pays européens plus petits, dont la Belgique, se sont regroupés en un consortium : le *European Consortium for Ocean Drilling* (ECOD). La recherche sur la tectonique des plaques se doubla d'un intérêt croissant pour le changement global, qui induit des recherches paléocéanographiques et paléoclimatologiques. Les chercheurs européens ont eu de merveilleuses opportunités au sein de l'ODP, mais, à quelques exceptions près, ils ont souvent éprouvé des difficultés à se positionner parmi les ténors américains.

# sur notre planète

les secrets du manteau sous la croûte terrestre, directement au travers de la discontinuité de Mohorovicic (abrégié : Moho). Les résultats ne furent pas très spectaculaires.

Cependant, la théorie des plaques tectoniques s'élabora à la fin des années 60 et une vérification s'imposa : seuls des forages sous le plancher marin pouvaient permettre de contrôler la dynamique des rides océaniques et des zones de subduction. Quelques instituts américains collaborèrent au sein du *Deep Sea Drilling Program* (DSDP, 1968 – 1983) et, au fil des années, effectuèrent des forages dans tous les océans du monde, avec un premier navire qui entra dans la légende : le *Glomar Challenger*. Le nom de

Au sein de l'Union européenne, la recherche marine a toutefois reçu une impulsion particulière, principalement sous l'influence des programmes *Marine Science and Technology* (MAST) de la Commission européenne. Ceux-ci n'ont pas seulement entraîné des percées scientifiques au niveau de l'étude des marges continentales européennes, mais ils ont engendré une révolution de la culture océanographique européenne. Alors que les navires océanographiques britanniques étaient auparavant occupés par des scientifiques britanniques, les navires français par des Français, les allemands par des Allemands, cet état de fait a été mis à mal par le programme MAST et chacun s'est vite rendu compte de la plus-value apportée par des

Localisation des Monts Belgica à l'ouest de l'Irlande, but de l'expédition 307.  
© J.P. Henriët, Renard  
Centre of Marine Geology,  
Universiteit Gent



équipes multinationales. L'océanographie européenne, la biologie marine et la géologie marine ont aussitôt connu une floraison jusqu'alors inconnue et ont affiché une *force de proposition* (en français dans le texte) imposante au sein des programmes internationaux. Les nouvelles découvertes nécessitaient une vérification par des forages océanographiques. Des actions concertées européennes, comme CORSAIRES et JEODI, ont planifié la voie de l'utilisation de navires foreurs géotechniques ou d'autres plate-formes destinées à des objectifs spécifiques, à côté des capacités de forage classiques du Joides Resolution.

### BELCORD: Belgian Consortium for Ocean Research Drilling

L'initiative européenne a pris forme au sein du nouvel *Integrated Ocean Drilling Program* (IODP, début 2002), où le rôle d'opérateur des plate-formes destinées à des objectifs spécifiques (Mission-specific Platforms ou MSP) a été attribué à l'Europe. Le Japon y joue également un rôle de premier plan, entre autres par le lancement récent d'un nouveau géant de l'océan pour des forages scientifiques, le *Chikyu* (ou « Terre »). Celui-ci contient de nombreux systèmes technologiques de pointe, destinés par exemple

à pouvoir effectuer des forages profonds dans les larges zones de subduction situées devant le Japon, afin d'y installer des puits équipés d'instruments destinés à prédire les tremblements de terre dévastateurs.

Un nouveau consortium européen, le *European Consortium for Ocean Research Drilling* (ECORD), a été créé afin de fédérer les moyens IODP européens. En 2004, l'Europe a frappé très fort lorsque, dans le cadre du projet ACEX (*Arctic Coring Expedition*), trois brise-glaces costauds se sont rendus au Pôle nord pour en ramener les premières carottes océaniques. Depuis lors, une foule d'équipes de recherche se mobilisent en Belgique, principalement dans le domaine de la paléocéanographie, afin de pouvoir développer une force de frappe nationale plus importante pour l'IODP : le réseau BELCORD prend forme (*Belgian Consortium for Ocean Research Drilling*).

### Geosphere-Biosphere Coupling Processes : en route vers l'astrobiologie

La découverte des grandes provinces de monts carbonatés, ces gratte-ciel des fonds abyssaux pouvant rivaliser en hauteur avec la tour Eiffel et abritant de riches écosystèmes de corail profond vivant dans les eaux froides, a fait surgir des questions sur les flux d'énergie responsables de ces excès architectoniques abyssaux. Les flux de nutriments océaniques sont-ils les seuls responsables de l'apparition et de la croissance de ces échafaudages ? Ou la présence systématique de ces provinces géantes au bord des bassins riches en hydrocarbures indique-t-elle une relation avec les flux de méthane, une source d'énergie souterraine ? Là où s'élèvent les monts carbonatés, les champs de pockmark, imputés aux phénomènes de dégazage du sol marin, ou même les volcans de boue, ne sont jamais bien loin.

Ces monts carbonatés sont également une très vieille stratégie du Vivant. Une stratégie qui s'est développée

Mission accomplie:  
le Joides sort du port de Ponta Delgada aux Açores, l'expédition 307 ayant été menée à bonne fin.  
© A. Foubert, Renard  
Centre of Marine Geology,  
Universiteit Gent





La richesse des écosystèmes coralliens des mers profondes peut rivaliser avec celle des récifs tropicaux. Le Mont Challenger, par contre, semble mort.  
© IFREMER

dans les temps lointains du Précambrien, alors que les bactéries photosynthétiques les plus primitives ont dû céder la place à de nouveaux arrivants, les cyanobactéries, qui ont acculé leurs rivaux à la retraite en fabriquant le premier gaz toxique de l'histoire du monde : l'oxygène. L'oxygène que nous respirons aujourd'hui provient en majeure partie de cette guerre chimique primitive. En guise de témoins silencieux, nous retrouvons dans différentes formations géologiques très anciennes des ensembles énormes de carbonates stratifiés : les stromatolites. Même nos récifs dévoniens, qui affleurent abondamment entre Chimay et Rochefort, et qui ont fourni le « marbre rouge » belge si recherché de la Russie à l'Italie pour la décoration des palais, trouvent leur origine dans la compétition et/ou la coopération de groupements divers et variés de populations métazoaires et microbiennes. Le scénario semble être le même au travers des temps géologiques ; seuls les acteurs se relayent, acte par acte.

Tout comme les astronautes américains qui, peu avant leur départ pour la Lune, se sont rendus dans le sud de l'Allemagne, dans le cratère du Ries, afin de se familiariser avec les roches dues à l'impact de météorites, peu avant leur embarquement, en avril 2005, les « océanographes » de l'expédition 307 ont arpenté avec empressement la région de Philippeville et de Couvin, afin de se familiariser avec les différents aspects des récifs profonds fossiles et des monts de boue carbonatée.

En plus, la découverte d'une biosphère microbienne profonde dans l'océan, située à des centaines de mètres en dessous du plancher marin, où des fronts de méthane se figent en hydrates de gaz, attire de plus en plus l'attention sur les processus fondamentaux de couplage entre la géosphère et la biosphère, peut-être la piste la plus prometteuse dans l'étude de l'apparition et de l'évolution première de la vie.

En 2004, à l'initiative de chercheurs belges, l'*Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) de l'UNESCO a lancé un vaste nouveau programme de recherche : *Geosphere-Biosphere Coupling Processes* (GBCP). La Communauté flamande a tracé la piste en finançant un premier projet de *capacity building* avec l'Afrique sur ce thème. Celui-ci doit permettre aux communautés locales de cueillir les fruits de l'activité scientifique concentrée

actuellement sur les marges continentales du continent africain, du Maroc au Congo. La science n'est pas le Paris-Dakar. Après la nouvelle découverte, en 2002, de récifs profonds et de volcans de boue gigantesques devant la côte atlantique marocaine par le navire océanographique Belgica, cet endroit bourdonne à présent d'activités scientifiques internationales.

De nouveaux projets de forage, toujours sous impulsion belge, sont maintenant également en chantier : le projet préliminaire 673, un forage des récifs profonds énigmatiques, situés entre les volcans de boue du *Renard Ridge* devant la côte marocaine, a reçu le feu vert de l'IODP début 2006 pour la rédaction d'une proposition détaillée. Une nouvelle proposition de projet centrée sur un volcan de boue énorme, le Mercator, vient d'être déposée. Elle suscite l'intérêt de partenaires provenant des plus grands instituts d'océanographie et de microbiologie marine d'Europe, d'Amérique et du Japon, y compris des centres de recherche de géologie planétaire et d'astrobiologie. Une motivation supplémentaire pour les équipes belges impliquées dans ces recherches passionnantes.

**Jean-Pierre Henriët**



Le *Renard Centre of Marine Geology* de l'Université de Gand : [www.rcmg.ugent.be/](http://www.rcmg.ugent.be/)

Mai 2005 : rendez-vous du navire océanographique Belgica et du Pelagia (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Pays Bas) au large du Maroc.  
© Marine Nationale



# Un nouvel écrin pour la collection « Arts roman et mosan »

Les Musées royaux d'art et d'histoire, situés au cœur du parc du Cinquantenaire, abritent des collections étonnantes. S'ils permettent d'évoquer les différentes cultures et civilisations de par le monde, ils gardent jalousement des témoins extraordinaires de la richesse artistique de nos régions. Retables flamands et brabançons des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles et tapisseries chatoyantes évoquent la production de villes comme Anvers, Bruxelles, Malines, Audenaerde ... Plus de quinze salles présentent ces pièces majeures et conduisent le visiteur dans un parcours chronologique du gothique au baroque, en passant par la Renaissance. Ces salles ont connu une rénovation fondamentale en 2001, avec l'aide de la Régie des bâtiments. Suite à ces travaux et dans un souci d'améliorer la présentation des œuvres au profit du grand public, il nous a paru utile de repenser l'ensemble d'une des salles les plus prestigieuses du musée, abritant le fleuron de nos collections. Le mot « fleuron » prend ici toute son importance : les pièces rassemblées sont exceptionnelles à plusieurs égards. Elles sont l'œuvre d'émailleurs et d'orfèvres hors pair qui font preuve d'une technique époustouflante pour traduire l'expression de la foi profonde qui a animé tout le



*Tête-reliquaire du pape Alexandre, atelier mosan, vers 1145, tête : argent repoussé, ciselé et doré; base : âme de bois, émail champlevé, laiton coulé et doré, cabochons et perles d'argent; provenance : abbaye Saint-Remacle de Stavelot, inv. 1031.*

Moyen Âge. Elles sont, de plus, spécifiques au bassin de la Meuse, donc à nos régions. Si ces pièces sont présentées au public dans cette salle depuis 1998, nous avons voulu les mettre ou les remettre en valeur de diverses manières. Nous avons, par exemple, fait un choix plus cohérent parmi les œuvres exposées, choix à la fois thématique et chronologique.

L'art roman et, plus spécifiquement, l'art produit à cette époque dans le bassin mosan est au centre de cette salle. Nous sommes aux XII<sup>e</sup> et XIII<sup>e</sup> siècles.

La Meuse avec son tracé majestueux fut un axe commercial de toute première importance desservant des villes comme Dinant, Namur, Liège, Maastricht. Retenons surtout Liège, centre d'une principauté ecclésiastique aussi riche qu'influente dépendant du Saint Empire Germanique. Les échanges soutenus avec les régions limitrophes assurent la prospérité des villes portuaires où l'artisanat et le commerce sont florissants. La région mosane est également un haut lieu culturel. Ses abbayes sont de véritables centres de savoir, dirigés de mains de maître par des abbés aussi éclairés qu'érudits. Nombreux sont les monastères et prieurés qui ont laissé leur nom dans l'histoire religieuse et artistique du diocèse : Saint-Trond, Stavelot, Malmédy, Celles, Fosses, Lobbes, Aulne, Brogne, Gembloux, Waulsort, Florennes, Oignies... Des clercs venus des quatre coins de l'Europe y affluent pour recevoir l'enseignement des maîtres mosans, tant et si bien que Liège, au XI<sup>e</sup> siècle, sera surnommée « l'Athènes du Nord ». Ces différents facteurs contribuent à expliquer le formidable essor de l'art mosan durant la période qui s'étend de l'an mil à l'an 1300 environ.

Ces œuvres héritent de la tradition carolingienne (VIII<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> siècle) porteuse d'influences byzantines et antiques, comme en témoignent le superbe ivoire de saint Pierre et le plat d'évangéliste de Genoelselderen. L'ivoire, d'ailleurs, sera un des matériaux de prédilection dont l'usage vient lui aussi du monde antique. L'art mosan va pourtant se démarquer de cette influence orientale pour atteindre un souci du détail et surtout de l'instantané, comme dans l'ivoire dit aux petites figures. Le mouvement des personnages contraste avec l'austérité de la sculpture en bois de la même époque, comme la *Sedes Sapientiae* d'Hermalle-sous-Huy. Les traditions orientales sont aussi très sensibles sur les textiles brodés servant de devant d'autel ou *antependium*, comme l'exemple de Rupertsberg. On y voit, au centre, un Christ en majesté entouré des planètes et des lettres alpha et oméga. Cette superbe broderie de fils d'or, d'argent et de soie, date des années 1220. D'un tout autre style, un grand parement d'autel nous présente, dans les tons blancs et crème, l'entrée du Christ à Jérusalem entouré et surmonté d'animaux fabuleux qui sont caractéristiques du langage figuratif médiéval.



Vue de la salle.

Mais c'est dans l'orfèvrerie que vont surtout exceller les artisans mosans. Leurs œuvres sont rarement datées avec certitude, de sorte que leur chronologie reste assez difficile à déterminer. Parmi les rares pièces des premières décennies du XII<sup>e</sup> siècle, citons les petits Christ en laiton, dans la lignée artistique des fonts baptismaux de Saint-Barthélemy.

Les reliquaires et les pièces de mobilier liturgique réalisés pour l'abbaye de Stavelot sous l'abbatiat de Wibald (1130-1158) sont sans doute les plus anciennes pièces mosanes conservées. Le chef-reliquaire du pape Alexandre est un excellent exemple de la production typiquement « mosane » : émaillerie champlevée et repoussé traduisent un programme iconographique complexe et raisonné reflétant de hautes préoccupations théologiques. L'autel portatif de Stavelot, légèrement postérieur, en est un autre chef-d'œuvre alliant le sérieux de son programme iconographique à l'instantané émouvant des quatre évangélistes soutenant l'autel proprement dit.

Le triptyque de Florennes stigmatise parfaitement l'évolution de l'art mosan vers plus de réalisme anatomique et les draperies sont agitées d'un réseau de plis étroits. Il s'agit de l'art des années 1200. La dernière période de l'apogée mosan sera marquée par les œuvres réalisées, vers 1220 – 1230, par le moine Hugo de Walcourt, pour le prieuré d'Oignies. La croix à double traverse et le phylactère-reliquaire de Marie d'Oignies présentent des décors filigranés et des rinceaux peuplés de petits personnages d'une adresse inégalée. L'orfèvrerie mosane dans cette profusion presque baroque semble avoir joué sa dernière carte.

Émail, vernis brun, nielle et filigrane sont les techniques de base, le tout rehaussé de cabochons de cristal de roche, de verroterie et de pierres semi-précieuses. Le but majeur était de conférer à ces œuvres l'aspect le plus riche, le plus étincelant possible, de manière à souligner la solennité de leur fonction et la sacralité de leur contenu. De nombreuses œuvres étaient, en effet, des reliquaires. Mais qu'est-ce qu'un reliquaire ? La nouvelle présentation veille à l'expli-

**C'est dans l'orfèvrerie que vont surtout exceller les artisans mosans.**



Entrée de la salle

quer grâce à un parcours introductif consacré à la liturgie et au culte des reliques. Signalons ici la présence d'une nouvelle pièce assez curieuse, acquise tout récemment grâce au fonds de soutien de Per Musea : un œuf d'autruche monté et ayant servi de reliquaire.

Pour les gens de l'époque, les reliques ont un pouvoir sur-naturel. Toucher et vénérer des reliques est un acte de foi salvateur, tout comme partir en pèlerinage. L'orfèvrerie, brillante et resplendissante, est le symbole de la Lumière éternelle qui doit éclairer les esprits. Cela confère à l'orfèvrerie une valeur mystique, transcendante. Godefroid de Huy, un des célèbres orfèvres, n'écrit-il pas vers 1150 : « je sais que mon art recommande la Foi, que mon œuvre poursuit la Vérité ». Ces artisans, dont certains nous ont laissé leur nom, comme Renier de Huy, Godefroid de Huy, Nicolas de Verdun, sont polyvalents. Ils exécutent des « vases sacrés » et des reliquaires, manient également le crayon, le burin et le marteau. La châsse en forme d'église, contenant les restes du corps d'un saint, est l'orfèvrerie par excellence. Toutes sortes de reliquaires sont aussi exécutés : bustes, bras, triptyques, ... On pratique la fonte, la ciselure et le repoussé du métal, on assemble par soudure ou clous sur une âme en bois. Pour les décors et les détails, on utilise les techniques de l'émail champlevé, du filigrane et du nielle.

La liturgie est aussi expliquée, non seulement à partir d'orfèvreries, mais aussi grâce à des textiles, comme l'*antependium* et les chasubles, parfois très richement brodées.

Autel portatif, atelier mosan, vers 1150-1170, âme en bois, laiton coulé et doré, émaux champlevés, vernis brun, cristal de roche; provenance : abbaye Saint-Remacle de Stavelot, inv. 1590.



On peut se poser la question de savoir comment un nombre aussi important d'œuvres religieuses sont arrivées aux Musées royaux d'art et d'histoire.

La fermeture des lieux de culte, à la fin de l'Ancien Régime, entraîna la dispersion du patrimoine mosan. Quelques œuvres furent détruites, mais certaines furent cachées ou emportées par des membres du clergé en fuite. À la Restauration, seul un petit nombre de pièces purent réintégrer leur lieu de conservation d'origine. La plupart des œuvres mosanes devinrent la proie des antiquaires et des amateurs d'art pour finir, bien souvent, leur course dans les cabinets de curiosité des amateurs d'art belges et étrangers. Sous l'influence des Romantiques, le Moyen Âge, qui était encore méprisé au XIX<sup>e</sup> siècle, revint graduellement au goût du jour. Les nouvelles nations européennes par-taient à la recherche de leur passé national et trouvaient, dans la civilisation médiévale, une source intarissable de mythes fondateurs. Un peu partout, parallèlement aux études historiques, on assista à la création de musées locaux et nationaux. C'est dans ce contexte que les premières pièces médiévales, et plus particulièrement mosanes, furent intégrées aux collections de ce qui s'appelait alors le Musée royal d'armures, d'antiquités et d'ethnologie sis à la Porte de Hal, restaurée par Henri Beyaert, un émule de Viollet-le-Duc. On peut citer comme exemple la petite châsse d'ivoire de l'abbaye de Sayn. Achetée en 1836 à la vente de la collection du comte de Renesse-Breidbach, elle fut inscrite au registre des acquisitions sous l'éloquent numéro 1 de l'inventaire.

Si quelques pièces furent achetées directement aux fabri-ques d'église, comme les ivoires de Genoelselderen ou le chef-reliquaire du pape Alexandre (emporté à la fin de l'Ancien Régime par un moine stavelotain en fuite, puis cédé par ses héritiers à l'église de Xhendelesse; les reliques contenues dans le reliquaire viennent d'être retrouvées à Herve), la plupart des pièces semblent avoir transité par le cabinet de collectionneurs privés. C'est le cas, entre autres, des quatre pignons de châsse et du cadre staurothèque de Maastricht, achetés en 1861 à la vente de la prestigieuse collection du prince Soltykoff, un des plus célèbres, et sans doute aussi excentriques, collectionneurs d'art mosan. Il en alla de même pour de nombreuses pièces acquises à la vente Spitzer, en 1893. D'autres furent données ou léguées, tels plusieurs témoins du travail limousin provenant du legs Vermeersch, en 1911.

En presque deux siècles d'acquisition, les Musées royaux d'art et d'histoire ont su constituer une collection unique d'œuvres mosanes et romanes que l'on peut qualifier de véritable trésor. Il fallait un nouvel écrin pour les mettre en valeur et les présenter au public.



*Parement ou devant d'autel, Allemagne (Basse-Saxe ou Lübeck), 1300-1310 pour l'entrée du Christ; vers 1340 pour le reste de la représentation; broderie en soie blanche et polychrome, laine et lin sur lin blanc, inv. Tx. 1318.*

Deux axes majeurs ont guidé le nouvel aménagement : une cohérence chronologique et un encadrement didactique. Ce dernier doit permettre aux visiteurs de mieux apprécier et comprendre les objets fascinants de cette collection, d'en découvrir le développement de l'iconographie religieuse ainsi que les techniques exploitées pour la réalisation des pièces. L'information écrite a été réactualisée et agrémentée de croquis, de photos ou de cartes. En outre un « scriptorium » ou cabinet d'étude présente des fiches didactiques et une borne interactive. Celle-ci présente deux jeux pour enfants et un court métrage consacré aux trésors de l'art mosan, film qui a été tourné dans les années 1950 par le cinéaste belge Pierre Levia, et dont les couleurs ont été restaurées avec l'aide de la Cinémathèque de la Communauté française de Belgique. Un audio-guide, en quatre langues, est aussi à la disposition du public.

Les œuvres exposées s'échelonnent entre le VII<sup>e</sup> et le XIII<sup>e</sup> siècle et cette salle s'inscrit donc tout naturellement dans le prolongement des salles mérovingiennes voisines, elles constituent une magnifique introduction au circuit Gothique-Renaissance-Baroque.

Cette rénovation a été réalisée par toute une équipe interne rassemblant scientifiques, pédagogues, graphistes et techniciens. Si l'éclairage a été complètement revu grâce à la collaboration de la firme Sylvania, le financement a été, quant à lui, assuré par la Loterie nationale.

**Claudine Deltour-Levie**



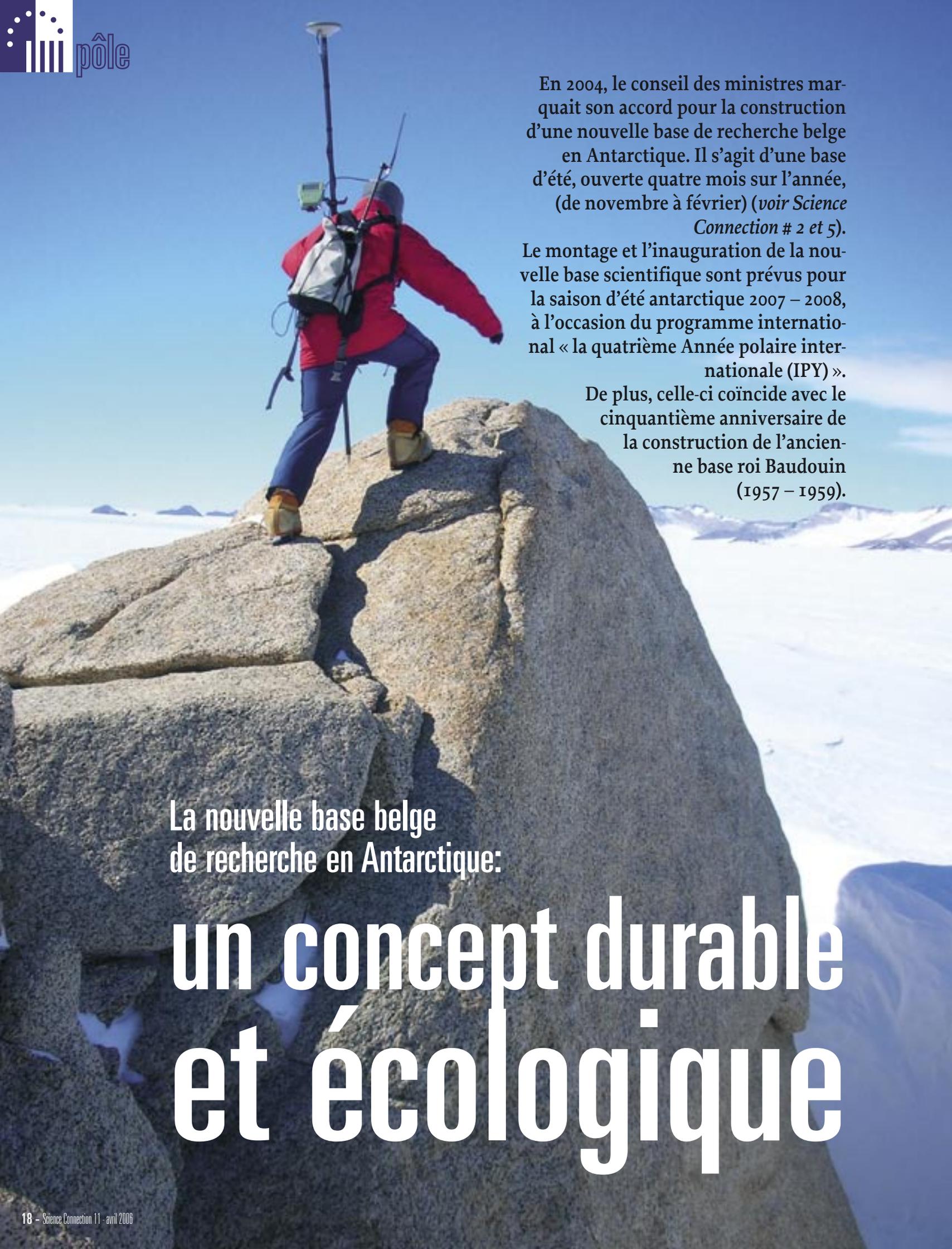
*La salle aux trésors, chefs-d'œuvre de l'art roman et mosan, MRAH, Brepols, 1999.*



*Ivoire de Genoelselderen, région rhéno-mosane (?), influence insulaire, fin du VIII<sup>e</sup> siècle, ivoire, verre bleu, provenance : église Saint-Martin de Genoelselderen, inv. 1474.*

*Ivoire de saint Pierre, atelier gaulois ou italien, VI<sup>e</sup>-VII<sup>e</sup> siècle, ivoire, provenance : basilique Notre-Dame de Tongres, inv. 3148.*





En 2004, le conseil des ministres marquait son accord pour la construction d'une nouvelle base de recherche belge en Antarctique. Il s'agit d'une base d'été, ouverte quatre mois sur l'année, (de novembre à février) (*voir Science Connection # 2 et 5*).

Le montage et l'inauguration de la nouvelle base scientifique sont prévus pour la saison d'été antarctique 2007 – 2008, à l'occasion du programme international « la quatrième Année polaire internationale (IPY) ».

De plus, celle-ci coïncide avec le cinquantième anniversaire de la construction de l'ancienne base roi Baudouin (1957 – 1959).

La nouvelle base belge  
de recherche en Antarctique:

**un concept durable  
et écologique**



**A**près un an d'études préliminaires, six mois de validation du concept et deux expéditions de reconnaissance vers l'Antarctique, le cadre général du projet est tracé. Sans porter préjudice au premier objectif, qui reste la construction d'une base de départ efficace et sûre pour la recherche scientifique, elle sera la première station dont le fonctionnement sera assuré uniquement par des sources d'énergie durable. Le projet donne ainsi le ton au niveau mondial et représente en même temps un défi technique unique au sein duquel les entreprises (belges) pourront démontrer leur expertise dans divers domaines.

### Innovation = méthode + organisation

Le processus de conception est en lui-même la première clé de cette innovation. L'analyse du concept et l'élaboration conceptuelle ont été effectuées par le groupe « noyau » du projet. Un nombre croissant de partenaires technologiques entoure ce groupe. Le tout est complété par un comité consultatif composé d'industriels et de scientifiques possédant une expérience pertinente.

Le travail est effectué selon une méthode conceptuelle intégrée, au sein de laquelle tous les paramètres du concept sont pris en compte dès le début du processus. Le prétendu inconvénient de cette méthode, soit la quantité d'informations à traiter au cours de la phase de départ, est largement compensé au cours de l'avancement du projet, lorsqu'il faut trouver un compromis entre des exigences souvent contraires. Cette méthode garantit un résultat homogène et performant. Ce n'est pas un hasard si elle utilise une série de mécanismes que l'on retrouve dans les projets de R&D dans le domaine du spatial et des technologies appliquées. Les ressemblances sont en effet nombreuses: approvisionnement en énergie, sécurité, inaccessibilité, facteurs environnementaux comme radiations élevées. Étant donné que l'Antarctique n'est pas l'endroit où expérimenter pour l'homme, mais bien par l'homme, on ne peut travailler qu'avec une combinaison innovatrice de « solutions prouvées ».

### Phase d'étude préliminaire

Le premier obstacle était l'éparpillement des informations existantes et le manque d'expérience. C'est pourquoi, au cours de la phase d'étude préliminaire, de nombreux échanges ont eu lieu avec différents instituts polaires, avec des scientifiques belges et étrangers et divers experts. Des rencontres de travail ont été organi-

sées, mais l'acquisition de l'expérience de terrain était essentielle. Cette acquisition a été rendue possible grâce aux missions de reconnaissance. Un site de construction approprié a été trouvé au cours de l'expédition de 2004 (Belare 2004 *Site Survey Expedition*) et celle de 2005 (Belare 2005 *Logistic Survey Expedition*) a été consacrée à la reconnaissance des routes d'accès logistique vers la côte. Ces missions ont livré une série de données essentielles pour le processus de conception: topographie, glaciologie, géologie, données météorologiques... Enfin, en novembre 2005, une visite a été rendue à la base antarctique norvégienne Troll, qui a clôturé la phase d'étude préliminaire. L'ensemble de ces informations a été consigné dans un cahier de charges.

### Le programme de la station

Le programme de la station, fruit de ce cahier, prévoit un environnement logement/travail fonctionnel et agréable. La flexibilité est ici un élément clé. La station a été conçue pour pouvoir s'adapter aisément aux nouvelles technologies, aux exigences changeantes de la science et à la grande variabilité du nombre de visiteurs. Par ailleurs, il suffira d'une modeste intervention pour transformer cette station d'été en station d'hiver grâce à son profil énergétique extrêmement favorable.

Des équipements scientifiques spéciaux sont prévus: laboratoires, entrepôts conditionnés et huttes d'observation séparées. Celles-ci sont nécessaires pour les expériences où l'activité au sein du bâtiment pourrait perturber les mesures sismologiques et magnétiques, par exemple. Des unités mobiles ont été développées pour les recherches à effectuer jusqu'à 200 Km de la station. Elles permettront à un groupe de scientifiques d'opérer de manière autonome pendant plusieurs semaines. Au cours de la longue période d'hiver (mars - octobre), une liaison satellite permanente avec la Belgique assurera la transmission des données provenant des mesures automatiques continues.

La station est volontairement maintenue compacte. Le bâtiment a été optimisé pour douze personnes mais dispose d'une capacité tampon suffisante pour pouvoir en accueillir de 20 à 30 pendant une courte période. Lors de la conception, une grande importance a été accordée au confort auditif, à la fonctionnalité des lieux et à une organisation pratique. Le programme ne se limite pas aux bâtiments, il comprend également des installations comme les dépôts de carburant, une zone d'atterrissage



pour petits avions et tous les autres éléments nécessaires au bon fonctionnement d'une base.

### Utilisation du terrain

La base sera implantée sur une crête rocheuse, à 200 Km du bord de *l'ice-shelf* (côte) à côté d'un glacier originaire du haut plateau Antarctique et au pied du massif Sør Rondane (Antarctique oriental), une zone d'accès facile qui offre des opportunités intéressantes pour la recherche scientifique.

Le choix du site de construction s'est révélé être un exercice de rassemblement d'exigences parfois contradictoires. L'équipe de reconnaissance de 2004 recherchait un terrain offrant des conditions très spécifiques, dont l'accessibilité, l'ancrage, l'énergie et le vent étaient centraux. Précisément, les conditions du vent représentaient un vrai casse-tête car, s'il est nécessaire à l'énergie éolienne, il fallait trouver un endroit avec une protection naturelle suffisante contre les vents catabatiques (vents violents descendant du haut plateau central du continent par la force de la gravité) destructeurs typiques de l'Antarctique. Les données météorologiques rassemblées pendant un an montrent en tout cas que le site répond provisoirement aux attentes. Ceci se traduit par des températures étonnamment « douces » ( $-36^{\circ}\text{C}$  minimum) et un régime favorable des vents avec une moyenne de 6m/s et des pics relativement bas (40m/s).

Le concept choisi est de type hybride: le module habitation sur pilotis se trouve au-dessus de la crête de granit (une solution éprouvée et déjà utilisée pour la construction de stations bâties sur du roc) et une grande partie du module entrepôt/espace de travail est enterrée (cas de stations construites sur la glace). Les deux modules sont réunis par un tunnel. Ce concept, qui unit de manière optimale les avantages des deux types de construction sans leurs inconvénients, n'est possible que grâce à la combinaison unique des conditions du terrain. En effet, la surface rocheuse de la crête, dépourvue de neige et relativement petite, est flanquée d'une neige profonde accumulée et compactée à un endroit, offrant ainsi en même temps un caractère ouvert et une protection naturelle.

### Une offre énergétique étonnamment élevée

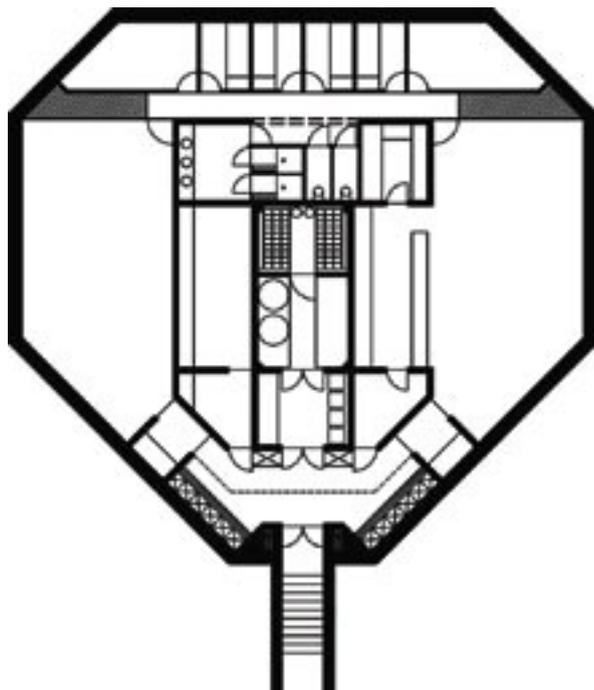
Des profils d'utilisateurs ont été créés pour les études d'énergie, cartographiant en détails les besoins énergétiques au cours de la saison d'été et de la saison d'hiver non habitée. Afin de répondre à cette question et dans le but d'utiliser l'énergie le plus efficacement possible, la conception du système de la base offre une combinaison de dispositifs physiques et actifs. En été, l'approvisionnement en énergie provient principalement du soleil.

Celui-ci brille 24 heures par jour et, malgré sa basse position à l'horizon, son potentiel énergétique est remarquable, en partie grâce à l'albédo élevé. Pendant la saison d'été, les besoins en chauffage, eau chaude et même la fonte de la neige (production d'eau) sont couverts par une combinaison de panneaux photovoltaïques, de panneaux thermiques et de chaleur solaire passive. Le reste du budget énergétique est produit par quatre turbines à vent relativement petites (15kW), qui sont distribuées sur la crête à une distance de 600 m. Un système d'administration de l'énergie assure la gestion la plus efficace possible des différents systèmes actifs, afin d'utiliser de manière optimale les pertes d'énergie (co-génération) et de limiter de cette manière la capacité tampon des batteries. Deux générateurs conventionnels sont prévus pour des situations d'urgence.

### L'hibernation non habitée complique la chose

À première vue, il peut sembler contradictoire que la conception d'une base d'été semble être une mission plus difficile que la conception d'une base ouverte toute l'année. Mais dans le dernier cas, la présence humaine permanente représente un grand avantage car les hommes peuvent à tout moment intervenir et il ne faut pas faire face au problème du refroidissement extrême. En effet, les appareils au sein du bâtiment et le bâtiment lui-même courent un réel risque d'endommagement au cours de l'hiver, où la température peut descendre à  $-60^{\circ}\text{C}$ . Une série de sous-systèmes, dont le système de purification de l'eau et l'équipement pour la télé-détection et le monitoring du bâtiment resteront actifs en hiver (quoique à un niveau inférieur). Ils seront alimentés en énergie par des batteries et une petite turbine à vent robuste qui, contrairement aux « turbines d'été », fonctionnera donc toute l'année.

Une solution permettant une transition douce des exigences fonctionnelles aux limitations entraînées par la fermeture de la base en hiver tout en respectant l'aspiration à une efficacité énergétique maximale a été recherchée. C'est pourquoi le bâtiment est composé de cercles concentriques entourant un centre technique « chaud ». Les fonctions de base et les systèmes les plus sensibles y sont regroupés. Un deuxième cercle comprend tous les systèmes actifs, comme les applications nécessitant un apport d'eau. Les espaces « passifs », dans lesquels ne se trouve que du mobilier forment la troisième couche pour arriver enfin à la « peau » du bâtiment, qui est isolée de manière optimale. Au cours de l'hiver, les différents cercles sont fermés hermétiquement. La température au sein de chaque tampon isolé ainsi créé est contrôlée pendant toute la saison. Le système de contrôle pour la station veille à ce que la température reste à l'intérieur des limites fixées.

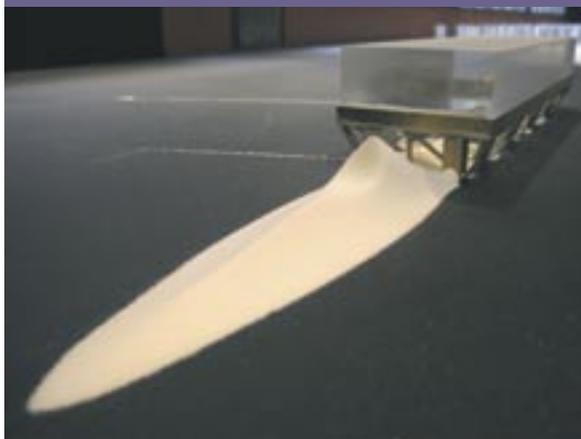


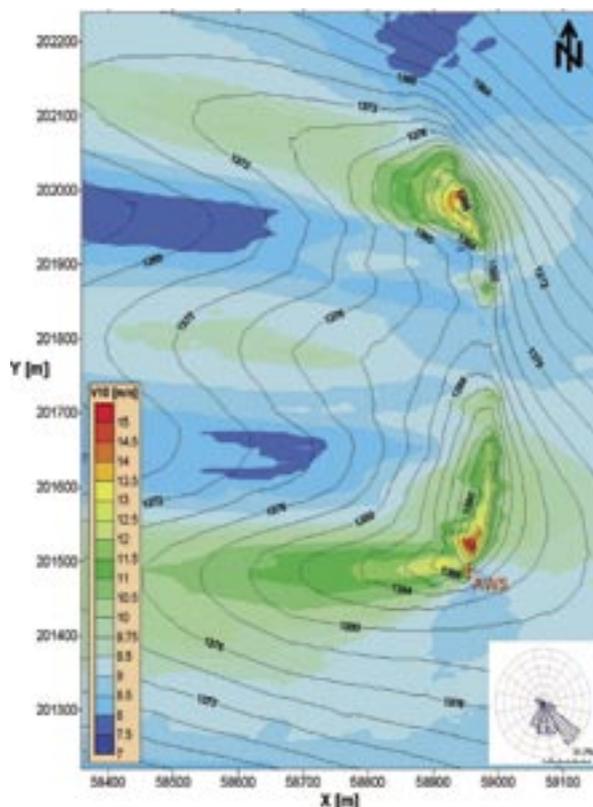
Cette construction offre une série d'avantages importants. On peut opter pour des systèmes et des appareils thermosensibles et performants, lorsque utilisés en été. Tous les consommateurs d'énergie se trouvent au centre du bâtiment, ce qui permet une utilisation optimale des pertes d'énergie. Tous les systèmes actifs sont reliés entre eux par un réseau compact, ce qui diminue le risque de défauts (moins de composants) et simplifie les actions critiques comme la vidange des tuyaux pour l'hiver. De plus, il faut moins d'énergie pour le pompage des liquides, la gravité étant utilisée au maximum.

Le centre technique du bâtiment, qui peut en principe fonctionner de manière autonome, est lui aussi relié à la Belgique par satellite. Ceci permet de démarrer le système à distance pendant le mois d'octobre, le bâtiment étant ainsi graduellement mis à température (en évitant un choc thermique) et les bio-réacteurs du système d'évacuation des eaux usées démarrant pas à pas (ceci exige plusieurs semaines). À l'arrivée des premiers visiteurs, la station sera donc prête à l'utilisation, le temps de démarrage étant ainsi limité de manière drastique. Ainsi, les occupants pourront commencer plus rapidement la préparation de leurs activités scientifiques. Ceci n'est qu'une des nombreuses mesures qui devraient aider à maintenir les coûts opérationnels au sein du budget de fonctionnement prévu.

## L'aérodynamique à la base du design

Un démarrage rapide est également possible en limitant les travaux d'entretien sur le terrain autour de la base. Pour plusieurs raisons, une grande attention a été apportée à l'aérodynamique du bâtiment dans ce projet : le bâtiment se situe dans le vent et la géométrie du bâtiment garantit l'absence d'enneigement. L'accumulation de neige inévitablement créée à l'arrière du bâtiment est contrôlée en ce qui concerne sa quantité et sa déposition. Les deux modules du bâtiment (type hybride) se complètent ici : la partie habitable canalise l'écoulement des vents et le toit du module enterré sert de guide, déviant l'écoulement de la neige vers une zone éloignée de la base. L'objectif est d'éviter un déneigement, qui prend beaucoup de temps, et de permettre au bâtiment de fonctionner de manière optimale. De plus, les tests en soufflerie (effectués par l'Institut von Karman – voir Science Connection # 09) ont également été nécessaires pour limiter le bruit du vent (turbulences), déterminer la localisation des entrées/sorties et surtout pour pouvoir évaluer la charge mécanique appliquée à la structure.





### Au centre : la sécurité pour l'homme et pour l'environnement

Effectuer des travaux selon les prescriptions du Traité Antarctique, signifie tenir compte de nombreuses procédures et mesures réglant les émissions, la pollution et le traitement des déchets. Grâce à la manière dont ont été conçues la construction et la phase opérationnelle, le projet va même encore plus loin.

Comme ailleurs en Antarctique, la neige sera fondue pour l'approvisionnement en eau. Pour la base belge toutefois, cette fonte s'effectuera par des collecteurs solaires thermiques. La quantité d'eau à fondre sera limitée étant donné que l'eau utilisée est recyclée pour des fonctions secondaires comme le lavage des vêtements et les sanitaires. Ce recyclage pourra atteindre les 90% dans une phase ultérieure. L'excédent en eaux usées sera entièrement entreposé dans une large ouverture derrière la crête rocheuse selon les normes en vigueur. Une grande attention a également été apportée à la limitation des émissions, que ce soit par des systèmes actifs ou par les matériaux utilisés (ex. : pas d'utilisation de colles toxiques). Les déchets durs sur la base seront limités et entreposés séparément pour être ensuite évacués du continent.

En plus des conditions climatiques extrêmes, l'incendie dû à l'extrême sécheresse représente un des plus grands risques en Antarctique. Il est dès lors évident que toutes les mesures de sécurité possibles doivent être prises. En cas d'extrême dommage par incendie rendant la base invivable, un module d'urgence est prévu à l'ouest de la base – en amont des vents. Dans ce module, une réserve de carburant et de nourriture suffisante sera prévue pour maintenir un groupe d'hommes en vie pendant plusieurs mois.

### Poursuite de la planification

Pour l'instant, le projet suit la planification prévue. Fin février 2006, la phase de validation du design s'est achevée par un « gel du design » après laquelle débutera la phase de design détaillé. L'assemblage en Belgique devrait débuter début 2007, avec le transport du matériel en octobre 2007. La construction aura lieu sur place en Antarctique au cours de la saison d'été 2007 – 2008. Une fois la station fonctionnelle, elle sera transférée à la Politique scientifique fédérale qui prendra en charge le fonctionnement et l'entretien de la base, y compris le financement des projets de recherche sur la base. Mais ceci constitue un autre chapitre de l'histoire ...

**Johan Berte**





Les tremblements de terre  
dans les régions « stables » d'Europe :

# une bombe à retardement ?

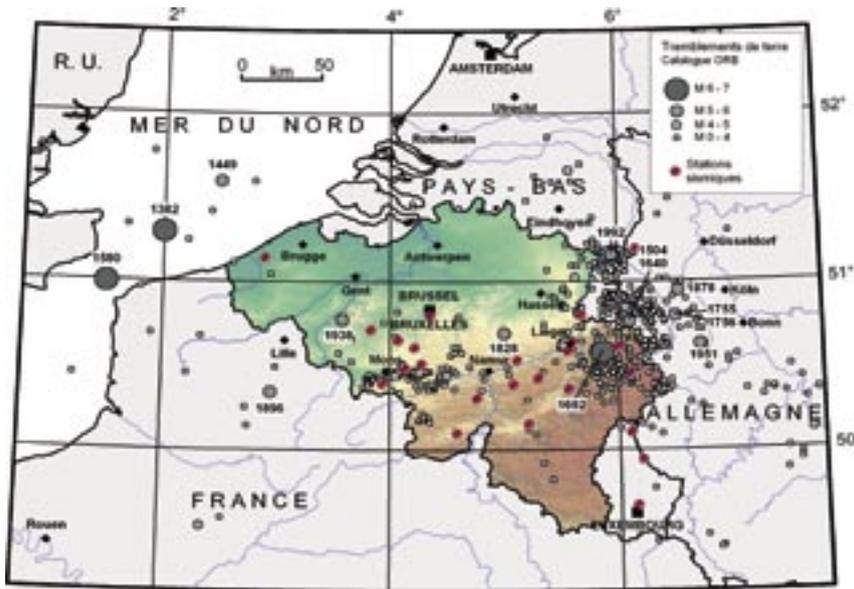
Plus de 90% de l'activité sismique dans le monde est localisée à la limite des grandes plaques lithosphériques couvrant la surface de la Terre. Néanmoins, certaines régions situées à l'intérieur des continents à relativement grande distance de ces limites de plaque sont le siège d'une activité sismique non négligeable. Dans ces régions, souvent considérées comme stables du point de vue tectonique, il n'existe généralement aucune mesure de prévention adaptée à l'importance des tremblements de terre potentiels qui pourraient s'y produire. Avec pour conséquence des situations dramatiques lorsque l'événement majeur se produit. L'évaluation de la grandeur de ces grands événements « rares », de leur localisation possible

et de leur période de retour est un véritable défi pour les scientifiques. Durant ces dernières années, les scientifiques de la section de sismologie de l'Observatoire royal de Belgique (ORB) ont développé des méthodologies et des outils pour fournir des éléments de réponse à ces questions en Europe du nord-ouest et dans d'autres régions intraplaques du monde.

© J.Wouters, Le Soir, 1983

## L'activité sismique actuelle – le réseau de surveillance sismique belge

Les régions du nord-ouest de l'Europe qui s'étendent de la vallée du Rhin au sud de la mer du Nord sont caractérisées



Activité sismique en Belgique et dans les régions voisines depuis l'an 1300 (catalogue de l'Observatoire royal de Belgique). Les séismes dont la magnitude a été mesurée ou évaluée supérieure à 5.0 ont été indiqués sur la carte avec leur année d'occurrence.

par une activité sismique faible par comparaison à la sismicité globale. Pourtant, presque chaque année, des tremblements de terre sont ressentis par la population et régulièrement, des séismes provoquent des dégâts qui peuvent être significatifs. Ce fut le cas dans la région liégeoise le 8 novembre 1983 et dans la région de Roermond aux Pays-Bas le 13 avril 1992.

Lors du séisme à Liège en 1983, plus de 16.000 maisons ont été fortement affectées dans un rayon de 3 Km autour de l'épicentre et il a été nécessaire de reloger plus de 700 familles. L'importance des dégâts constatés à cette occasion pour un séisme de magnitude aussi faible ( $M = 4.7$ ) est le reflet de la faible profondeur du foyer dans une région fortement peuplée, ainsi que de la vulnérabilité des constructions en briques typiques des anciennes régions industrielles de l'Europe du nord-ouest. Les dégâts les plus visibles ont été la chute d'innombrables cheminées.

D'autres parties de constructions, tels des frontons en pierre de taille ou des couvertures de cheminées, sont également tombés. La chute de tous ces objets a causé des dégâts nombreux aux toitures et aux véhicules stationnés au pied des immeubles (voir p. 23). Cela aurait pu aussi être la cause de nombreux décès si le tremblement de terre s'était produit pendant la journée.

Le séisme de Liège a fait comprendre aux autorités l'importance d'une surveillance adéquate de l'activité sismique de nos régions. Le réseau de surveillance sismique, mis en place progressivement par l'ORB, comporte actuellement 40 stations sismiques qui mesurent de manière continue les mouvements du sol. Le but d'un tel réseau est d'enregistrer en permanence l'activité sismique dans nos régions, qui consiste surtout en de nombreux tremblements de terre de faible magnitude, non ressentis, qui doivent pouvoir être détectés et localisés avec précision. Ce sont les données de base pour l'étude scientifique des tremblements de terre dans nos régions. L'analyse des signaux sismiques permet d'identifier et de mesurer ceux qui ont été provoqués par des tremblements de terre. Elle permet de fournir rapidement toutes les informations concernant les événements sismiques ressentis dans nos régions et contribue ainsi à permettre une mise en œuvre rapide des secours aux endroits adéquats lors de futurs séismes destructeurs. Il est à noter que d'autres événements naturels (chutes de météorites, microséisme d'origine météorologique,...) ou provoqués par l'activité humaine (tirs en carrière, séismes induits, explosions de canalisation,...) peuvent être enregistrés par ces équipements.

### Les grands séismes du passé dans la topographie et l'enregistrement géologique

La plupart des séismes connus de magnitude supérieure à 5.0 dans nos régions se sont généralement produits en

## Les tremblements de terre du passé

Étant donné la jeunesse relative des réseaux sismique modernes, la grande partie de l'information disponible au sujet de l'activité sismique provient des archives historiques. Malheureusement, la plupart des catalogues européens publiés avant 1980 étaient des compilations obtenues sans critique des sources historiques. L'implication d'historiens professionnels dans ces recherches a conduit à un changement majeur dans la qualité et la fiabilité de la connaissance de l'activité sismique dans certaines régions d'Europe. Ainsi, les travaux menés à l'Observatoire royal de Belgique ont permis de se faire une idée plus précise de l'activité sismique de nos régions. La figure ci-dessus indique la localisation de l'épicentre des tremblements de terre répertoriés dans nos régions depuis le XIV<sup>e</sup> siècle. Des recherches spécifiques relatives aux tremblements

de terre les plus importants ont été menées afin de pouvoir mieux en évaluer la magnitude et l'impact. Par exemple, les nombreux documents, contemporains du tremblement de terre du 18 septembre 1692, attestent de son importance (figure ci-contre) et ont permis de localiser son épicentre dans le nord de l'Ardenne belge, où les destructions ont été très importantes. La carte des dégâts montre que les destructions ont été très étendues, du Kent en Angleterre à la Rhénanie et à la Champagne centrale. Ce tremblement de terre est un des plus importants ressentis en Angleterre, bien que ce pays se situe à la périphérie de la zone de perceptibilité du séisme. Sa magnitude a été estimée entre 6.0 et 6.5 par comparaison avec la zone de perceptibilité et l'aire de la surface de la région affectée par des dégâts lors de tremblements de terre récents. Des

des endroits différents. Il y a une probabilité importante que le prochain événement d'une certaine ampleur se produise en un lieu considéré jusqu'à présent comme peu actif du point de vue sismique. Cette remarque est une illustration du fait que l'activité sismique connue n'est pas représentative de l'activité sismique à long terme et est donc insuffisante pour nous apporter une information complète sur la localisation potentielle des futurs grands tremblements de terre. L'étude de l'activité sismique à long terme d'une région requiert une perspective temporelle la plus longue possible. Dans cet ordre d'idée, il est important de se rappeler qu'un tremblement de terre est un événement rapide et catastrophique le long d'une faille ou dans une région qui est l'aboutissement d'un processus géologique à long terme. Comme la rupture associée à un grand tremblement de terre peut atteindre la surface du sol, elle laisse généralement, mais pas toujours, des indices de son occurrence dans l'enregistrement géologique et la morphologie du paysage. De même, l'amplitude et la durée des mouvements forts du sol durant un tremblement de terre peut engendrer des déformations des couches de sol peu consolidée (phénomènes de liquéfaction, glissements de terrains, ...). Ainsi, les géologues peuvent retrouver leur trace et les interpréter. C'est l'objectif des disciplines scientifiques que sont la tectonique active et la paléosismologie.

La plupart des observations quantitatives sur les failles actives et leur relation avec l'activité sismique proviennent des régions du globe où l'activité sismique est importante. Dans ces régions, les grands tremblements de terre le long des failles actives se succèdent avec des périodes de retour moyennes de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines d'années et des taux moyens de déformation variant entre quelques mm/an et quelques cm/an. Ils façonnent ainsi la morphologie du paysage en édifiant à l'échelle des temps géologiques des structures de grande ampleur. Dans les régions intra-

plaques comme le nord-ouest de l'Europe, les grands tremblements de terre sont rares et leur succession n'est pas nécessairement marquée dans le paysage parce que les taux d'érosion et de déposition peuvent dépasser les faibles taux de déformation. Néanmoins, dans la région de Bree dans le Limbourg belge, un escarpement de faille (faille du Feldbiss) orienté nord-ouest – sud-est sépare le plateau de Campine du graben de la Roer (p. 26). Cet escarpement relativement linéaire est long de 10 Km avec un relief vertical de 15 à 20 mètres. Il est reconnu depuis une centaine d'année par les géologues belges comme étant l'expression morphologique d'une zone de failles dont l'activité est assez récente puisque les sédiments de la Meuse et du Rhin déposés il y a entre 350.000 et 700.000 y sont déplacés verticalement de 35 à 40 mètres. Cette faille fait partie du grand réseau de failles qui limitent le graben de la Roer sur des longueurs cumulées d'environ 300 Km. Jusqu'il y a peu, bien que l'activité sismique dans le graben de la Roer ait été associée avec ces failles, les escarpements dans la morphologie étaient soit considérés comme résultant de mouvements continus a-sismiques, soit simplement comme dus à l'action d'une érosion différentielle de part et d'autre de la faille. L'occurrence de grands tremblements de terre et les mouvements co-séismiques permanents à la surface du sol qui sont leur conséquence étaient considérés comme tout à fait improbables. En 1996, l'Observatoire royal de Belgique a entrepris une étude détaillée de l'escarpement de Bree pour rechercher des indices de grands tremblements de terre qui auraient pu s'y être produits dans un passé géologique récent. Ces recherches ont été financées par les projets européens PALEOSIS (1998 – 2000) et SAFE (2001 – 2004) ainsi que par des actions d'impulsion à la recherche scientifique dans les Établissements scientifiques fédéraux de la Politique scientifique fédérale. Elles combinent des études morphologiques de détail sur le terrain, basées sur les données topographiques (modèles numériques de

*Comparaison de l'étendue des effets des tremblements de terre du 18 septembre 1692 et du 13 avril 1992. La carte indique la limite des régions où des intensités supérieures à V (forte secousse avec quelques dégâts légers), VI (dégâts légers généralisés) et VII-VIII (dégâts à dégâts importants) ont été dépassées lors de ces deux tremblements de terre. Chaque point sur la carte indique une localité pour laquelle nous disposons de témoignages contemporains du séisme de 1692. La magnitude du séisme de 1692 a été évaluée à 6 ¼ en se basant sur l'extension géographique de ses effets. Ceux-ci ont en effet été observés sur une aire beaucoup plus importante que lors du séisme de Roermond en 1992 dont la magnitude était 5.4.*

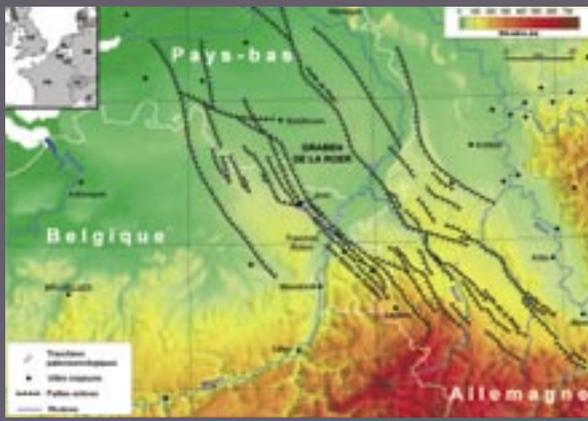
*études réalisées en collaboration avec nos collègues anglais et français on montré que deux autres tremblements de terre de même importance se sont produits le 21 mai 1382 dans le sud de la mer du Nord et le 6 avril 1580 dans le Pas-de-Calais.*

*Les trois tremblements de terre dont nous venons de parler sont beaucoup plus importants que les tremblements de terre modérés, localement destructeurs, que nous avons connus durant le XX<sup>e</sup> siècle. Alors que les tremblements de terre de Liège en 1983 et de Roermond en 1992 ont eu un coût économique cumulé estimé à quelques 200 millions d'euros, l'impact d'un séisme de magnitude 6.0 à 6.5 sur une ville comme Cologne a été évalué entre 15 et 100 milliards d'euros par les compagnies européennes de réassurance.*



## Etude des failles actives dans le Limbourg belge

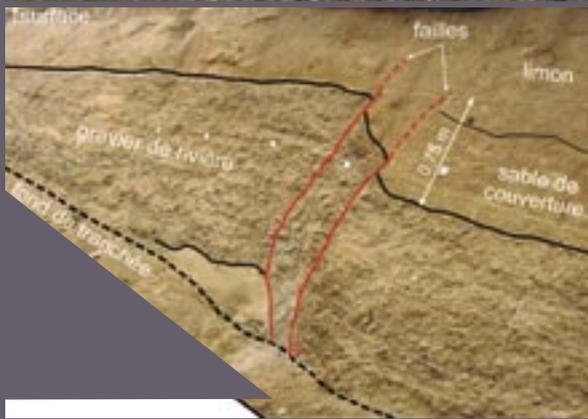
(a) Localisation des failles Quaternaires dans la région du Rhin Inférieur et des tranchées excavées dans le cadre d'études dirigées par l'Observatoire Royal de Belgique ;



(b) L'escarpement de Bree (situé au sud de Bree) a été formé par la succession de grands tremblements de terre durant les 350.000 dernières années ;



(c) Tranchée de Rotem excavée à travers la faille de Geleen, montrant le déplacement des couches géologiques résultant du dernier grand tremblement de terre s'y étant produit il y a un peu plus de 3000 ans.



Quelle est la magnitude de ces grands tremblements de terre ? La magnitude est un chiffre qui permet de classer les événements sismiques en fonction de l'énergie rayonnée sous forme d'ondes sismiques à l'intérieur et à la surface de la Terre. Les travaux des sismologues durant les quarante dernières années ont montré qu'elle est directement reliée aux dimensions de la faille le long de laquelle la rupture s'est propagée et à la grandeur du glissement relatif provoqué par le séisme. Classiquement, la magnitude est déterminée à partir des séismogrammes enregistrés par un certain nombre de stations sismiques. Dans le cas de grands tremblements de terre, étant donné que le mouvement de la faille se répercute jusqu'à la surface de la Terre, la magnitude peut également être déterminée à partir des observations géologiques sur le terrain et (ou) à partir des mesures géodésiques de déformations de la surface du sol, qui permettent l'évaluation de la longueur de faille affectée par la rupture du séisme ainsi que du mouvement associé.

terrain) et les photos aériennes, avec de la prospection géophysique de sub-surface (sismique réflexion, tomographie électrique, radar,...) pour identifier la position de la déformation tectonique la plus récente en relation avec la morphologie ainsi que l'excavation de tranchées à travers la zone de faille quand celle-ci a été correctement identifiée. L'analyse paléosismologique d'une tranchée est basée sur l'observation et la mesure des éventuels déplacements et (ou) déformations des couches sédimentaires liées à l'occurrence d'un grand tremblement de terre. La datation des dépôts géologiques successifs fournit en outre une fourchette d'âges pour ces différents événements par la considération de la datation du niveau le plus jeune affecté par la déformation liée à chacun des événements et celle du niveau le plus ancien non affecté.

L'étude des cinq tranchées excavées à travers l'escarpement de Bree indique l'occurrence d'au moins cinq grands tremblements de terre durant les 100.000 dernières années. Le plus récent s'est vraisemblablement produit il y a un peu plus de 3.000 ans, et le déplacement vertical qu'il a provoqué est d'environ 0,55 mètre. Un petit escarpement, associé au déplacement permanent produit par cet événement, est visible dans le paysage en de nombreux endroits le long de l'escarpement de Bree. Cette dénivellation dans la topographie correspond parfaitement au déplacement le plus récent observé dans les différentes tranchées. L'avant-dernier grand tremblement de terre a provoqué des déplacements semblables au séisme le plus récent et s'est produit il y a entre 9.600 et 13.600 ans. L'antépénultième événement, avec un déplacement vertical moyen estimé à 1,2 m entre le Plateau de Campine et le graben de la Roer, semble avoir été plus important. Sa date d'occurrence est beaucoup plus imprécise. On peut le dater de 20.000 et 46.000 ans.

Dans le cas des paléo-séismes le long de l'escarpement de Bree, le mouvement vertical relatif entre le Plateau de Campine et le graben de la Roer, mesuré dans les tranchées suggère une magnitude de  $6,5 \pm 0,3$  pour les deux tremblements de terre les plus récents et  $6,7 \pm 0,3$  pour l'antépénultième événement. La longueur de la section de faille sur laquelle la rupture s'est propagée est aussi une grandeur fondamentale pour en estimer la magnitude. Si on considère une longueur de 10 Km, correspondant aux observations de l'escarpement frontal, la magnitude est estimée à  $6,3 \pm 0,3$ . Cette valeur est un minimum parce qu'il n'est pas certain que la rupture de ces tremblements de terre se limite à l'escarpement de faille séparant le Plateau de Campine du Graben de la Roer. Nos études actuelles visent à étudier les portions de failles adjacentes à l'escarpement de Bree pour déterminer les relations mécaniques existant entre-elles et ainsi mieux évaluer la longueur des ruptures.

## Etude des failles responsables des grands séismes de 1928 dans le sud de la Bulgarie

Nous avons développé des outils performants qui fournissent un moyen unique d'aborder l'étude de l'activité sismique à long terme de régions faiblement actives. Dans le nord-ouest de l'Europe, aucune rupture en surface visible n'a pu être reliée à un tremblement de terre historique connu. Le seul événement pour lequel une telle relation paraît vraisemblable est le séisme du 18 septembre 1692. La topographie de la région épicerale de cet événement, le nord de l'Ardenne belge, rend cependant difficile cette recherche. Un problème fondamental dans nos recherches est donc de présenter des arguments scientifiques valables montrant que les déformations observées en surface dans le graben de la Roer sont bien d'origine sismique.

Il était donc important du point de vue méthodologique de pouvoir utiliser également ces méthodes dans des régions à « faible activité » où de grands tremblements de terre se sont produits récemment. Pour cette raison, nous avons entrepris depuis 2000, en collaboration avec l'Académie des sciences de Bulgarie, une étude des failles affectées par les deux grands tremblements de terre des 14 et 18 avril 1928 ( $M = 6.8$  et  $7.0$  respectivement) dans le sud de la Bulgarie. Ces séismes ont provoqué des ruptures en surface sur une longueur cumulée d'environ 80 Km, avec des déplacements maxima visibles d'environ 0.5 mètre pour le premier et de 3 mètres pour le second. L'évaluation de la période de retour de tels tremblements de terre est très importante pour cette région en développement économique. Cette étude fructueuse est supportée financièrement par un accord bilatéral entre la Belgique et la Bulgarie.

## La prévention des tremblements de terre dans nos régions

Les phénomènes naturels sont généralement d'autant plus catastrophiques qu'ils sont rares et inattendus. Leur rareté conduit généralement à un manque total de prévention vis-à-vis des conséquences de l'événement. Le méga-séisme de Sumatra - Andaman du 26 décembre 2004, dont une des conséquences a été le tsunami qui a dramatiquement frappé toutes les zones côtières de l'Océan indien, est l'exemple typique de cette non-préparation. D'autres phénomènes naturels, bien que prévisibles à court terme, deviennent également des catastrophes par manque de prévoyance dans de très nombreuses régions du monde et pas seulement dans les plus pauvres. Les effets de l'ouragan Katrina en septembre 2005 sur les côtes de Louisiane sont exemplaires à cet égard. Pour ces deux exemples, les scientifiques avaient prévu l'occurrence de tels événements catastrophiques pour les années ou décennies à venir. Malheureusement, ils n'ont pas été entendus.

Les risques sismiques sont généralement sous-estimés en Belgique. Les études de risque montrent que le risque de dégâts provoqués par les tremblements de terre est, pour un bâtiment donné en Belgique, le même que celui d'un incendie. La différence de perception des deux risques est le résultat d'une différence entre ces deux actions néfastes : des incendies surviennent régulièrement, mois après mois, et de façon dispersée sur tout le territoire ; un séisme affecte en une seule fois beaucoup de constructions dans une région donnée. Mais globalement, pour les niveaux de risques considérés pour les constructions civiles normales, le risque par construction est identique. Il n'y a donc aucune raison de se préoccuper de l'incendie (ou de l'inondation ou de la tempête de vent) et de ne pas prendre en considération les séismes. La Commission européenne a édicté un code de constructions parasismiques (l'Eurocode-8) pour lequel chaque pays doit définir un document d'application. Ce travail a déjà été réalisé en Belgique, sous la direction de l'Université de Liège, et nous disposons donc d'un outil de prévention pour les nouvelles constructions. Ce n'est malheureusement pas le cas pour le bâti existant.

Nos recherches montrent également que, dans la région située entre la vallée du Rhin et le sud de la mer du Nord, de grands tremblements de terre dont la magnitude a pu atteindre 7.0 se sont produits dans le passé. Même s'ils sont rares, en moyenne un séisme de magnitude supérieure à 6.0 par 230 ans, ils se reproduiront. Ils auront des conséquences sérieuses, en termes de vies humaines et en termes économiques : coût de réparations ou reconstructions, manque à gagner durant la période de crise dans les entreprises victimes de dégâts ou de destructions d'unités de travail. C'est donc une problématique à considérer sérieusement et il serait opportun, sans catastrophisme, de réaliser des études pour caractériser l'impact réel d'un tel événement et de planifier l'action d'urgence et la prévention adaptées à ce type d'événement majeur. La section de sismologie de l'Observatoire royal de Belgique est bien consciente de la problématique et a orienté des programmes de recherche dans ce domaine en collaboration avec l'Université de Liège, la Faculté polytechnique à Mons et l'Institut supérieur de planification d'urgence du SPF « Intérieur ».

Thierry Camelbeeck et Kris Vanneste



La section de sismologie de l'Observatoire royal de Belgique :  
[www.astro.oma.be/SEISMO/index.html](http://www.astro.oma.be/SEISMO/index.html)

En 1996, l'Observatoire royal de Belgique a entrepris une étude détaillée de l'escarpement de Bree pour rechercher des indices de grands tremblements de terre qui auraient pu s'y être produits dans un passé géologique récent.



# Restauration

En 2004, l'Institut royal du patrimoine artistique a été approché par l'organisateur de salons d'arts et d'antiquités ARTEXIS qui proposait de sponsoriser la restauration d'une œuvre de Pierre Paul Rubens (1577 - 1640) dans le cadre d'un mécénat culturel. Le choix se porta sur une peinture attribuée à l'artiste et conservée dans l'église Saint-Antoine de Padoue à Anvers. La toile fut préalablement exposée à l'occasion de la XXIV<sup>e</sup> foire *Eurantica* qui se tint au Heysel du 18 au 28 mars 2004, dans le but de sensibiliser le public à cette action et d'y contribuer par quelque don.

Le tableau illustre un épisode de la vie de saint François d'Assise. Tandis qu'il médite dans une grotte, le saint voit brusquement apparaître la Vierge sur un nuage, nimbée de lumière. Elle tient l'Enfant Jésus dans les bras ; dans le ciel, des chérubins se penchent pour admirer le miracle. En bas, à gauche, un confrère de François, effrayé, est agenouillé et, de la main, protège ses yeux de la lumière aveuglante qui émane de Marie et de l'Enfant. Au-dessus de la grotte se dessine sur le ciel vespéral la silhouette d'un arbre mort. François a retiré ses sandales, allusion

sans doute à la scène vétéro-testamentaire de Moïse et du Buisson ardent.

L'adhérence entre le support, la couche de fond et les couches picturales était relativement bonne. Par-ci par-là, on notait des boursouflures et des retouches. La peinture avait précédemment fait l'objet d'un nettoyage, mais bien des saletés subsistaient sous le vernis et celui-ci avait jauni et présentait des zones de chancis. Globalement, on peut considérer que le processus de vieillissement naturel n'avait provoqué aucune conséquence dramatique et que le support était dans des conditions convenables.

Le traitement a commencé le 29 mars 2004 par la détermination de l'état matériel de l'œuvre en recourant aux techniques scientifiques d'analyse (infrarouge, ultraviolet, rayons X et réflectographie aux infrarouges). Victor Gamiro Lopes, restaurateur, entama alors prudemment le nettoyage par l'allègement du vernis jauni et assombri. Une fois les retouches anciennes supprimées et les lacunes mastiquées et retouchées, une couche de protection

de vernis Damar fut appliquée sur la totalité de la surface. Ce traitement a permis de retrouver le coup de pinceau de l'artiste, avec tour à tour une texture plus épaisse et un léger lavis.

Ce tableau ornait vraisemblablement un autel latéral – pendant d'un *Saint François recevant les stigmates* – dans l'église anversoise des pères capucins, consacrée en 1614. À l'instar de tant d'autres œuvres de Rubens, celle-ci fut souvent copiée et sa composition diffusée par le biais de gravures. Par comparaison avec une gravure de Michel Lasne (1590 - 1667), on remarque que la toile a été raccourcie du côté gauche. En 1794, elle fut saisie par les Français et envoyée à Paris; récupérée en 1815, elle fut mise en dépôt à l'ancienne église des capucins. Celle-ci, détruite en 1908, fut remplacée par un bâtiment en style néo-gothique, consacré à saint Antoine de Padoue.

L'œuvre est-elle toute entière de la main de Rubens? On peut en douter. Certaines parties, en effet, sont plus faibles et laissent inférer la collaboration de l'atelier. La restauration a permis à la toile de gagner en luminosité,

tout en rendant justice aux qualités de l'artiste, en particulier dans la robe de la Vierge au remarquable effet de changeant.

Quant au *Saint François recevant les stigmates*, il attend le généreux mécène qui lui permettra de rivaliser avec son pendant. Avis aux amateurs...

**Christina Ceulemans et Nathalie Laquière**



*Les œuvres de Rubens en ligne:*

[www.rubensonline.be](http://www.rubensonline.be) (encoder 100482, pour la présente toile)

*H. Vlieghe, Saints (Corpus Rubenianum Ludwig Burchard, VIII), Bruxelles, 1972, I, n° 94, p. 145-147; on verra, fig. 166, la gravure de Lasne.*

# et mécénat



*Pierre Paul Rubens et atelier, Saint François d'Assise reçoit l'Enfant Jésus des mains de la Vierge, vers 1614 - 1617, huile sur toile, 230 x 173 cm, Anvers, église Saint-Antoine de Padoue, avant et après traitement. © IRPA/KIK*



# « Mes voyages ? Mes livres et la télévision... »

« **J'**ai passé toute une série d'examens dans la fonction publique, au moins trente », se souvient Robert Van den Haute, né en 1910 à Alost, d'un père cheminot et d'une mère « modeste ouvrière dans la chaussure ». Normalien, le « hasard » le mène au service de l'État-civil de l'administration communale de Schaerbeek, en 1929. Un peu plus loin, au bureau des archives, officiait un « type un peu farfelu, avec sa lavallière et son chapeau à larges trottoirs, comme il disait lui-même : c'était Adémar Martens, connu aujourd'hui sous le nom de Michel de Ghelderode ». Le peintre Rik De Reymacker, aussi fonctionnaire communal, les a présentés l'un à l'autre.

Si au début Robert Van den Haute est impressionné par l'homme, car « c'était la première fois que je rencontrais un écrivain », il faut croire qu'entre eux deux, le courant est vite et bien passé car « je suis rapidement devenu l'ami de la famille. Je passais chez eux deux à trois soirées par semaine ». Et il se souvient y avoir « rencontré des gens formidables : Thomas Owen, Jean Ray ou encore Jean-Jacques Gailliard ». Quand Ghelderode termine sa carrière à l'administration, Robert Van den Haute lui succède en qualité d'archiviste. En plus d'« un penchant naturel » et d'une grande soif de curiosité, c'est grâce au père de de Ghelderode, employé aux Archives générales du royaume, que Robert Van den

Haute pénètre réellement de plain pied dans cette branche de l'histoire car « *ce n'est pas son milieu familial qui l'y a poussé* ».

Lorsque éclate le deuxième conflit mondial, Robert Van den Haute, officier porte-drapeau, a 30 ans. Mobilisé, il participe à la campagne de 1940 et à la retraite qui le mène à Rieux-Minervois, dans les Pyrénées françaises, « *mon plus long voyage* ». Il met à profit ce séjour forcé pour visiter les ruines cathares et fouiller dans les archives locales lors de longues tournées qu'il entreprend pour ravitailler sa compagnie.

« *J'ai été, au sortir de la guerre, en vacances pendant un an à Saint-Gilles!* », déclare-t-il non sans humour. En marge de son travail administratif, il poursuit une formation en histoire de l'art aux Musées royaux d'art et d'histoire et bénéficie également des conseils du doyen de Schaerbeek, lui-même ancien archiviste de l'archevêché de Malines, avec qui il dresse l'inventaire de la paroisse Saint Servais.

Robert Van den Haute rencontre Albert Marinus, le créateur du *Folklore brabançon*, un bulletin de recherches historiques et folkloriques, dans lequel il a publié une trentaine d'articles « *sur un total de plus de 500* », dont une bonne partie dans le supplément hebdomadaire de *La Libre Belgique: Le Patriote illustré*, aujourd'hui disparu. « *C'est grâce à un conseiller communal schaarbeekois, qui était aussi journaliste à La Libre que j'y suis devenu pigiste* ». Son premier article était consacré à l'abbaye cistercienne Notre-Dame-des-dunes à Coxyde. En 1954, ses chroniques ont été rassemblées en un volume préfacé par le secrétaire perpétuel de l'Académie, sous le titre *Le montreur de choses du passé*.

Michel de Ghelderode possédait son atelier à la côte, « *dans un vieux moulin* ». « *Nous nous y rendions souvent et fumions des pipes à tout casser!* ». Robert Van den Haute garde d'ailleurs de sa plus petite enfance un souvenir particulier pour les moulins à vent : « *la musique qui s'en échappe la nuit est merveilleuse* ».

À Jette, Robert Van den Haute participe à la création d'un petit musée d'histoire locale, au sein de l'ancienne abbaye de Dieleghem « *où avec André Matthys, aujourd'hui Inspecteur général au ministère de la Région wallonne, nous avons retrouvé les restes d'une villa gallo-romain* ». « *En marge, nous édisons Le comté de Jette dans lequel je publie les résultats de mes recherches effectuées ici, aux Archives* ». Et ses recherches remontent à l'époque « *où la salle de lecture était encore dans la chapelle de Nassau qui, avec six lecteurs, était 'vollenbak'* ».

Pas peu fier, Robert Van den Haute insiste sur le fait que « *dans notre petit musée, nous avons une bibliothèque d'archéologie qui, si l'on excepte celles du Musée du Cinquantenaire et de la Bibliothèque royale, est l'une des plus riches en revues belges et étrangères* ».



Le nonagénaire met un point d'honneur à préciser que « *contrairement, à beaucoup qui n'ont jamais vu un papier d'archive* », il n'a jamais fait de compilation d'article.

Il confesse, « *et heureusement que ma femme est très compréhensive* », que sa salle à manger est remplie de vieux documents, à tel point qu'il a dû échanger sa vieille machine mécanique à écrire contre une nouvelle, électrique, car le chariot « *qui va et vient prend trop de place te fait tomber mes piles de papiers* ».

Chaque jeudi, Robert Van den Haute fréquente, « *toujours émerveillé* », la salle de lecture des Archives, à la recherche du document rare.

Pierre Demoitie



- 1910 naît à Alost
- 1929 entre à l'administration communale de Schaerbeek
- 1936 épouse Victoria Vercleyen
- 1943 publie son premier livre
- 1961 fonde avec François Van Bellingen le Cercle d'histoire, d'archéologie et de folklore du Comté de Jette et de la Région
- 1962 est au chevet de Ghelderode
- 1975 est admis à la retraite
- 2000 préside la Fondation internationale Michel de Ghelderode



Le site de la Fondation internationale Michel de Ghelderode : [www.ghelderode.be](http://www.ghelderode.be)

Le musée de Ghelderode à l'Université libre de Bruxelles : [www.ulb.ac.be/musees/](http://www.ulb.ac.be/musees/)

# Les musées du bout du monde: Kyoto

**R**etour en Asie, après Hong Kong en décembre et Lyon en février. Cette fois, nous nous arrêtons un instant au Japon, en particulier à Kyoto, ancienne capitale impériale, de 794 à 1868.

*L'accès aux collections permanentes du Musée national de Kyoto s'élève à 420 yens, à peine 3 euros. Les deuxième et quatrième samedis du mois, le musée est gratuit.*

La ville faillit être détruite en 1945; aujourd'hui, y vivent près d'un million et demi d'habitants. Kyoto a accueilli, en 1997, une conférence internationale qui déboucha sur le célèbre protocole invitant à établir un calendrier de réduction de la production des gaz à effet de serre.

On y compte pas moins de 2.000 temples, palais et parcs publics. Kyoto, inscrit au Patrimoine mondial de l'humanité, est considéré comme le centre culturel du Japon avec ses 60 musées.

Parmi ceux-ci, le **Musée national de Kyoto**, inauguré en 1897. Le bâtiment principal est réservé aux expositions temporaires alors que les collections permanentes sont constituées de plus de 12.000 objets d'art, exposés thématiquement : archéologie, céramique, sculpture, peinture, calligraphie, textiles, laques, ...

*L'architecture du Musée national de Kyoto, édifié en briques rouges, s'inspire de l'architecture baroque française du XVII<sup>e</sup> siècle.  
© P. Demoitie*





Face à lui, le temple bouddhiste de **Sanju-sangen-do** (qui signifie « 33 baies »), dont les fondations remontent au XII<sup>e</sup> siècle. Son nom officiel est Renge-ô-in ; il renferme 1.001 statues de divinités, taillées dans du cyprès, et contient, en son centre, une statue de la déesse Kannon (déesse de la miséricorde), sculptée en 1264. Le temple est la plus longue structure en bois du monde : elle mesure 118,22 mètres.

Le **Pavillon d'or** date de 1397 (en fait, il a été incendié en 1950 par un moine déséquilibré mais a été reconstruit à l'identique) et est entièrement recouvert d'or, à l'exception du rez-de-chaussée.

Dans Gion, l'ancien quartier des plaisirs, se trouve le temple de **Chion-in** dont la porte, majestueuse, date de 1619. Le temple a été fondé en 1211 et est un des plus vastes de Kyoto. Un peu plus loin, le **Musée d'art et d'artisanat** rassemble poteries et porcelaines alors que le **Musée national d'art moderne** abrite, lui, sur près de 10.000 m<sup>2</sup>, peintures, gravures, sculptures, mais aussi objets laqués, bijoux, tant japonais qu'euro-péens ou américains pour autant qu'ils soient contemporains.

Le **Musée de Kyoto** propose divers objets traditionnels en rapport avec l'histoire locale et son patrimoine culturel. Il a été construit en 1994 à l'occasion du 1.200e anniversaire de la ville.

**Pierre Demoitié**

*Mille statues de bois sont abritées au Sanju-sangen-do.*

*Le temple de Chion-in*



*Le pavillon d'or © P. Demoitié*



# Stimuler les biotechnologies industrielles par la concertation

La biotechnologie industrielle (également appelée biotechnologie blanche) est appelée à jouer un rôle important pour l'innovation technologique, la compétitivité industrielle et le développement durable en Belgique. À l'initiative du ministre de la Politique scientifique, Marc Verwilghen, la *Belgian Interdisciplinary Platform for Industrial Biotechnology* (BIPIB) a été mise en place en janvier 2005 afin de stimuler le développement de ces technologies en Belgique.

Le défi se révèle ambitieux puisqu'il porte non seulement sur des domaines transversaux (législation, marchés...) mais également sur différents domaines thématiques (biomasse, bioprocédés et bioproduits, bioénergie).

Les réflexions de la BIPIB, menées en trois groupes de travail dédiés à différents secteurs de la biotechnologie blanche (biomasse, bioprocédés et bioproduits, bioénergie), ont abouti à la proposition d'une stratégie à long terme en matière de politique ainsi qu'en matière de recherche afin de permettre le développement de ce secteur prometteur. Le document reprenant ces recommandations est disponible sur le site internet de la Politique scientifique fédérale.

## La biotechnologie industrielle : quoi et pourquoi ?

La biotechnologie industrielle est l'application de la biotechnologie à la production industrielle et au traitement de substances chimiques, de matériaux (biopolymères, ...), de molécules complexes (enzymes, ...) et de bioénergies (biochaleur, biocarburant...). Elle utilise principalement des micro-organismes (bactéries, levures, champignons et micro-algues) et leurs enzymes.

La biotechnologie industrielle propose donc une alternative à la chimie conventionnelle et repose sur l'utilisation des ressources renouvelables telles que la biomasse comme « matière première » et peut contribuer largement à un développement durable.

En effet, en contribuant à réduire notre dépendance par rapport au pétrole, elle participera à l'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre (objectifs de Kyoto). D'autre part, elle fournira également un support significatif à notre agriculture par la création de nouveaux marchés pour des matières premières agricoles.

L'utilisation de micro-organismes ou d'enzymes permet la réalisation de réactions chimiques complexes à faible température ainsi qu'une réduction considérable des volumes d'eau nécessaires. De ce fait, les bioprocédés nécessitent généralement moins d'eau et d'énergie que les procédés classiques équivalents. Les produits de la biotechnologie blanche sont donc plus durables parce que plus économiques et plus respectueux de l'environnement.

De par la nature des ressources exploitées (biomasse), des bioprocédés utilisés (moins polluants et moins énergivores) et des produits développés (bioénergie, bioplastiques...) la biotechnologie industrielle est donc appelée à devenir un fondement essentiel de la durabilité du développement mieux équilibré de notre société.

Dimitri Harmegnies

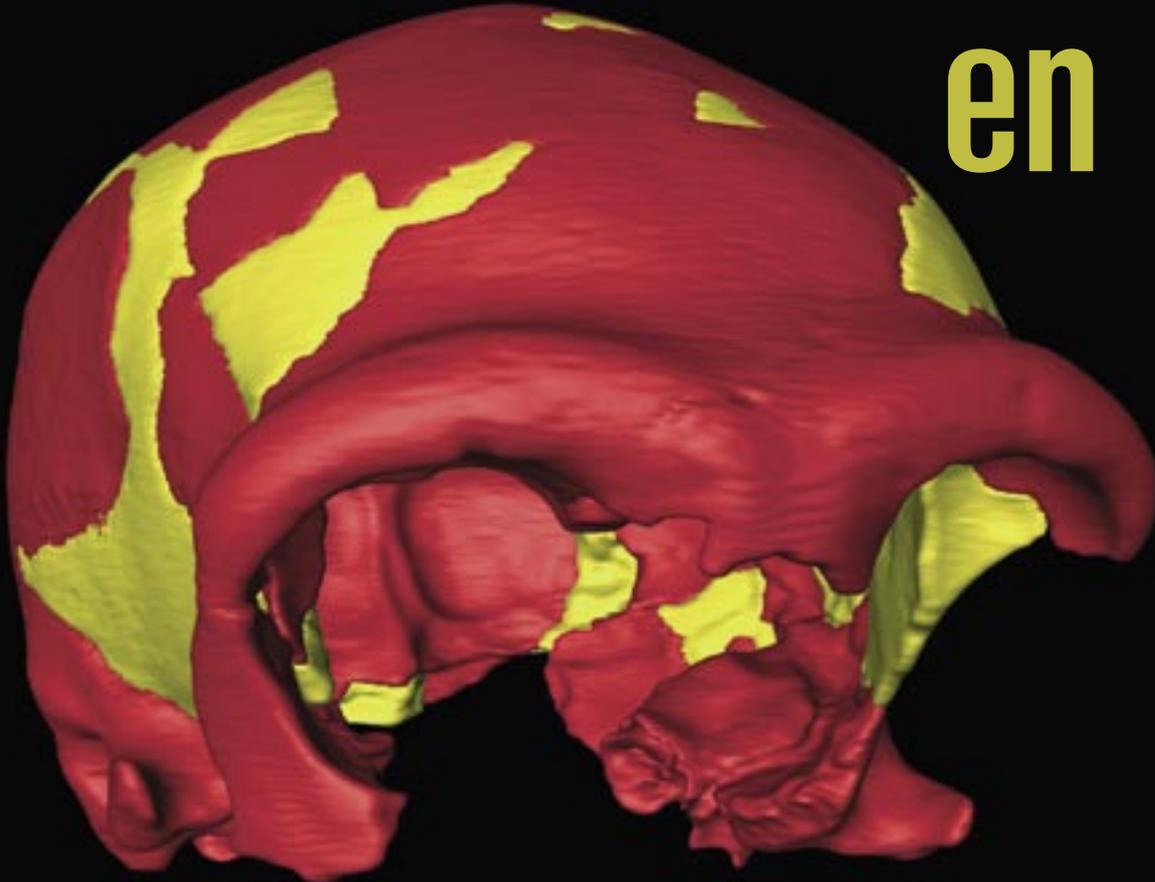


© Belpress



# L'Homme de Spy

## en 3D



La fouille d'un site archéologique cause sa destruction irrémédiable. Il est dès lors essentiel d'enregistrer au mieux l'ensemble des informations relevées au moment de la fouille ou lors de l'étude ultérieure des produits de celle-ci. Les collections archéologiques sont avec les données de terrain les seuls témoignages matériels d'une humanité disparue.

L'approche multidisciplinaire des produits de fouilles entraîne leur morcellement physique au sein de différents laboratoires ou institutions scientifiques et/ou «muséales» publics et privés. La complexité institutionnelle de notre pays limite la centralisation des collections physiques et l'accès à l'ensemble des collections par les chercheurs, une situation qui s'amplifie pour les instituts impliqués dans des fouilles réalisées à l'étranger. La numérisation est de ce fait la seule méthode réaliste pour reconstituer des ensembles patrimoniaux et scientifiques cohérents. Elle ne peut s'arrêter à un simple catalogue électronique des objets de collections.

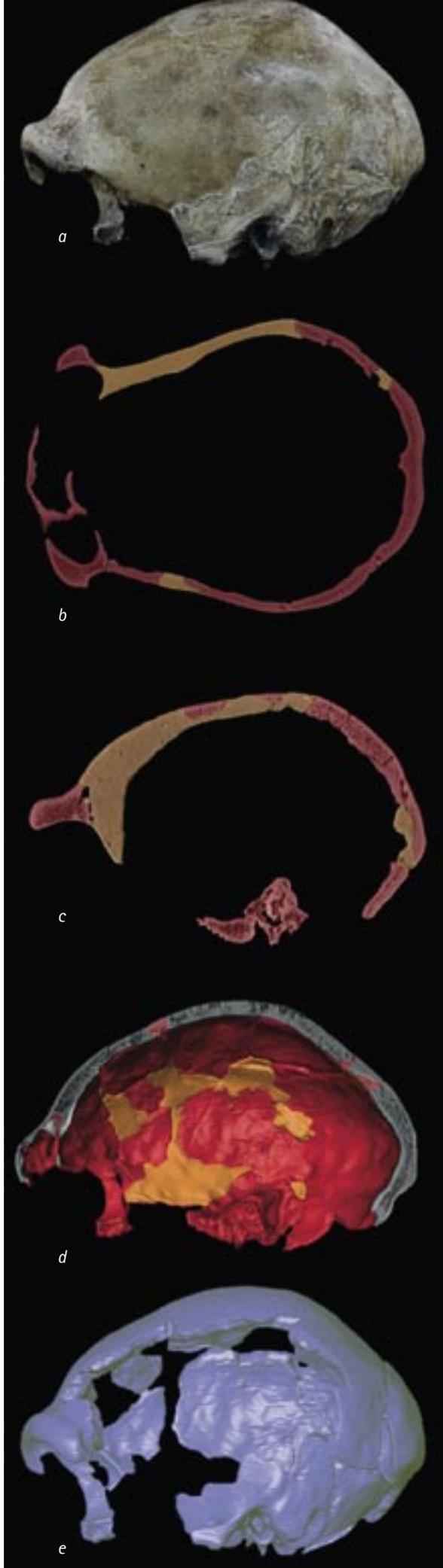
L'ensemble des données associées est également requis afin de ne pas perdre l'information contextuelle (archives, enregistrements de terrain, contextes géologique et sédimentaire, analyses et études, ...).

### Le projet MARS et les partenaires

Sélectionné et financé dans le cadre du Programme pluriannuel de soutien au développement de la société de l'information (2001 – 2008), MARS (*Multimedia Archaeological Research System*) est un système performant et souple qui peut servir d'outil de recherche tout en permettant la liaison entre les informations relatives aux objets de collections, aux analyses, aux archives et aux banques bibliographiques. Il permet une gestion rationnelle des collections tant au niveau de la conservation que de l'étude scientifique. Le consortium du projet regroupe les Musées royaux d'art et d'histoire (MRAH), l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB), le Musée royal de l'Afrique centrale

*Reconstruction du crâne de Spy I. Identification de l'os (en rouge) et du plâtre (en jaune). Reconstruction à l'aide d'Amira © 3.1 (A. Balzeau, IRSNB/TNT 2005).*

Illustration du protocole de segmentation de l'os fossilisé et du plâtre à partir des données scanographiques sur le fossile Spy I.  
 a. fossile original en vue latérale gauche;  
 b. et c. coupes scanographiques longitudinale et para-sagittale, illustrant l'os et le plâtre (en orange) qui ont été virtuellement délimités à l'aide d'Amira® 3.1; d. coupe sagittale médiane et reconstruction 3D de la moitié droite du fossile et du plâtre; e. reconstruction 3D en vue latérale gauche du fossile de Spy I sans le plâtre (A. Balzeau & P. Semal, IRSNB/TNT 2005).



(MRAC), la Katholieke Universiteit Leuven (KUL), la Région wallonne (DGATLP), la Société royale belge d'anthropologie et de préhistoire (SRBAP), la Société de recherches préhistoriques en Hainaut (SRPH), l'Association pour la diffusion de l'information archéologique (ADIA) et la société DEIOS.

Les partenaires sont représentatifs des différents acteurs du monde de l'archéologie à savoir les trois Établissements scientifiques (ESF) possédant les plus grandes collections archéologiques (MRAH, IRSNB et MRAC), une université (KUL), une administration régionale en charge de l'archéologie (DGATLP), une association effectuant des fouilles sur le site de Spiennes récemment classé au patrimoine mondial de l'Humanité (UNESCO), l'une des plus anciennes sociétés savantes en préhistoire (SRBAP) et enfin une association assurant la diffusion de l'information en archéologie vers les milieux scolaires et le grand public (ADIA).

### Le cas d'étude de la première phase

La grotte de Spy est le site préhistorique le plus célèbre de Belgique et l'un des gisements paléo-anthropologiques de référence européen. Le gisement fut fouillé de nombreuses reprises entre 1879 et 1980. Le produit de ces travaux est réparti entre diverses institutions scientifiques et muséales (MRAH, IRSNB, Université de Liège, Université catholique de Louvain et Musée Curtius de la



*Première prémolaire supérieure droite néandertalienne provenant des fouilles de Fr. Twisselmann (1954). Les dimensions, la morphologie et les facettes de contact attestent de son appartenance à Spy II. (P. Semal. IRSNB)*

ville de Liège) sans compter les nombreuses collections privées provenant des prospections réalisées par des chercheurs amateurs. Le matériel préhistorique récolté se rapporte à toutes les périodes comprises entre celle de l'Homme de Néandertal (+ 40.000 ans) et le Néolithique (+ 2.800 ans avant notre ère). La collection dépasse plusieurs dizaines de milliers d'objets (anthropologiques, archéologiques et paléontologiques) et comprend plusieurs milliers de documents d'archives (iconographiques et alphanumériques).

La réévaluation des collections provenant des fouilles réalisées à Spy durant plus d'un siècle a permis de multiplier par 19 le nombre de fragments humains, plus de 1.700 ossements humains ayant été identifiés à ce jour. Parmi ceux-ci, plusieurs se recollent à la collection originale de 1886. De nouveaux individus néandertaliens et modernes ont également été identifiés. Le résultat de cette recherche pluri-disciplinaire (anthropologie, archéologie, paléontologie, géologie et histoire) fera l'objet d'une publication à caractère monographique en 2007. L'ensemble des données sera également disponible via les systèmes MARS et TNT/NESPOS.

### Le modèle de données

La structure des objets MARS permet d'encoder l'ensemble des informations relatives à un site archéologique, à des objets de collection, aux analyses, aux objets de références (bibliographie, archives, multimédia), aux données administratives et aux catégories.

L'idée générale est de développer un produit qui réunit les avantages d'une base de données Internet et ceux des programmes personnels de base de données et de références bibliographiques. L'utilisateur peut définir le statut privé ou public de l'objet et/ou celui du document associé (word, RTF, PDF). Les champs de description sont suffisamment précis pour réaliser des recherches avancées dans la base de données mais permettent également à l'utilisateur d'y adjoindre de l'information non structurée ou de lier l'objet à tout autre objet ou document reconnu par le système. Dans le cas d'un fichier PDF associé par exemple à une référence bibliographique, les droits d'accès peuvent être différents, ce qui permet le partage de l'information (la référence) et le respect des copyrights des éditeurs pour le fichier PDF.

Afin de permettre à l'utilisateur de créer les options nécessaires à la description des objets, celles-ci sont agencées de manière hiérarchique à l'aide d'un outil spécifique. Une nouvelle option créée par un utilisateur sera immédiatement accessible par celui-ci. En revanche, son utilisation ne sera généralisée que lorsqu'elle aura été validée par l'administrateur du site ou un modérateur.

Les données relatives aux objets MARS et NESPOS pourront être exportées et importées via l'utilisation d'un fichier XML. La procédure ne permet pas la migration totalement automatique des données en raison du problème des multiples copies du même objet mais elle évite le travail fastidieux du double encodage manuel.

## Collaboration avec le projet européen TNT

Le projet européen TNT (*The Neanderthal Tools*) a pour objectif de développer la plus grande plate-forme scientifique collaborative relative au peuplement néandertalien et ce tant au niveau anthropologique qu'archéologique ou environnemental. Il a été sélectionné en 2004 dans le cadre du programme Digicult du sixième programme cadre européen et regroupe huit partenaires techniques, scientifiques et médiatiques. L'Institut royal des sciences naturelles de Belgique est le partenaire belge de ce projet. Une base de données accessible via Internet centralise l'ensemble des informations ainsi que des modèles 3D de fossiles néandertaliens provenant, jusqu'ici, de France, de Belgique, d'Allemagne et de Croatie. Chaque partenaire scientifique (Neanderthal Museum, IRSNB, Université de Poitiers et Musée d'histoire naturelle de Croatie) a entrepris la numérisation complète des fossiles néandertaliens auxquels il a accès afin de les déposer dans la base de données NESPOS (*Neanderthal Studies Professional Online Service*). Des espaces publics et privés au sein de la base de données autorisent une gestion complète des informations selon des règles d'accès définies par les conservateurs de collections.

## L'acquisition des objets en 3D

Les relevés qui nécessitent les différents aspects de la recherche archéologique ont un double but : la création d'un format d'enregistrement permettant de publier de la manière la plus fidèle possible l'objet envisagé et, surtout, la conservation - virtuelle - de celui-ci, ou à tout le moins, des informations qu'il contient.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la photographie ne permet pas de remplir idéalement ces objectifs, car elle ne privilégie qu'un nombre limité de points de vue, réduisant le volume des objets à des images en deux dimensions. En outre, elle introduit presque toujours des déformations (notamment optiques). L'opération de rele-

vé est donc tout à fait fondamentale dans la démarche archéologique, afin de lutter contre la disparition des vestiges matériels du passé.

Différentes approches sont utilisées afin d'obtenir un relevé 3D des objets. Dans le cadre des projets TNT et MARS, l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique et la Direction de l'archéologie du ministère de la Région wallonne ont entrepris ensemble la numérisation complète des restes humains néandertaliens belges à l'aide des scanners médicaux de dernière génération, équipés de 64 barrettes, en collaboration avec le professeur Stéphane Louryan de l'Université libre de Bruxelles et de  $\mu$ -scanners, en collaboration le professeur Nora De Clerck de l'Université d'Anvers. La résolution de ces numérisations, qui peut atteindre  $18\mu\text{m}$ , pour les dents isolées permet de voir les détails les plus fins sur les reconstructions. Les objets ainsi numérisés peuvent être étudiés, mesurés ou encore remontés sans toucher l'original ce qui est très important dans une perspective patrimoniale.

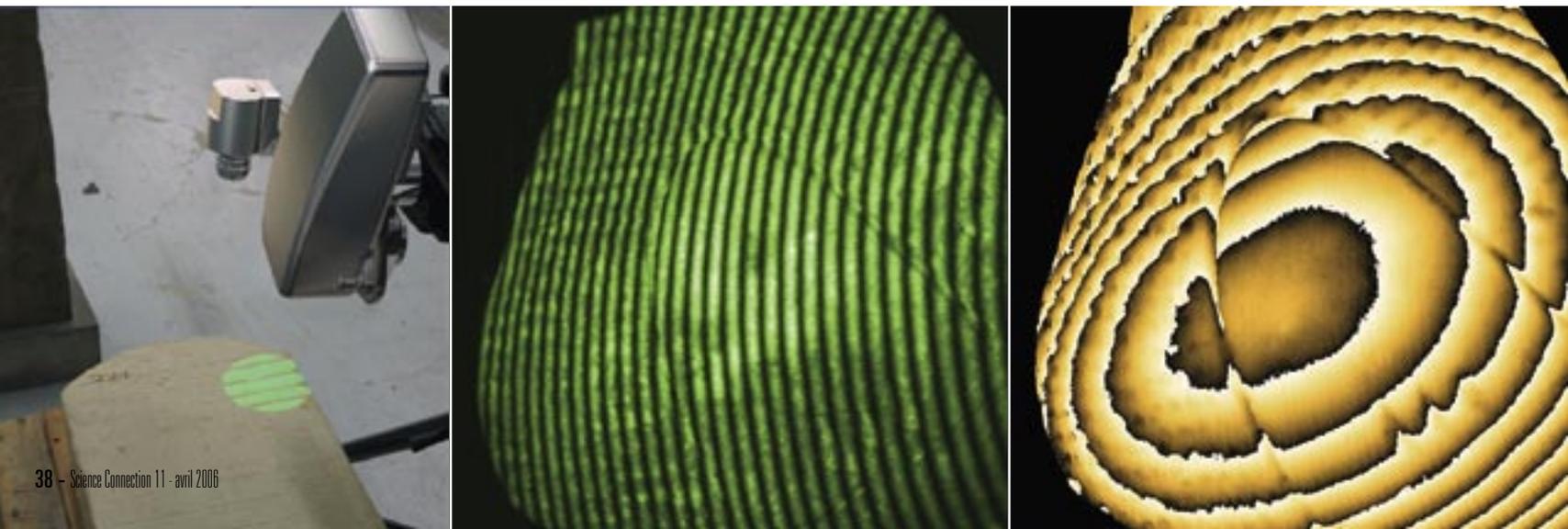
Pour les numérisations surfaciques, la société DEIOS développe et commercialise des outils de relevé 3D basés sur une innovation brevetée : la triangulation par projection de franges interférométriques. Durant la seconde phase du projet MARS (2005 - 2007), DEIOS développe un prototype d'acquisition de surface en 3D, basé sur la technique du moiré optique spécifiquement conçu pour des pièces archéologiques et anthropologiques.

La technique consiste à projeter une structure lumineuse périodique constituée de traits alternativement sombres et clairs, dont la déformation sur l'objet à étudier servira d'outil de mesure du relief. En observant ce motif par le biais d'une caméra haute résolution, il est possible de superposer électroniquement l'image du réseau déformé à une figure de référence représentant le même motif mais exempt de toute déformation. Cette opération fait apparaître un ensemble de figures géométriques semblables à des courbes de niveau : ce sont des figures dites de moiré. Chacun de nous en a déjà observé - souvent sans le

Équipement pour relevé  
3D par projection  
de franges  
interférométriques.  
(Deios)

Projection d'une structure lumineuse.

Figure de moiré.



savoir - lorsqu'un téléviseur diffuse l'image d'un individu portant un vêtement rayé ou quadrillé et que ce tramage, déformé par l'anatomie du personnage, interfère avec le réseau régulier des pixels de l'écran de télévision.

L'interprétation de ces figures de moiré, qui ne sont que le témoignage amplifié de la déformation du motif projeté, conjuguée aux formules trigonométriques de triangulation, permet de restituer le relief analysé sous forme d'un fichier 3D. Le degré de précision de la saisie est tout à fait comparable à celui que procure la technique bien connue du balayage laser, mais l'opération est beaucoup plus rapide, autorisant le traitement immédiat d'une surface qui peut atteindre un demi mètre de côté, et permettant un travail de saisie *in situ* indépendamment de l'éclairage ambiant.

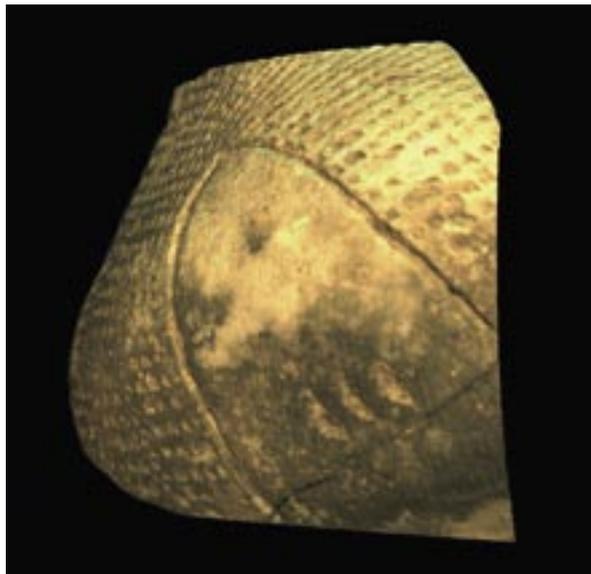
### Les outils de visualisation et d'analyse

Les représentations 2D/3D des pièces remarquables doivent autoriser une première approche scientifique en permettant une représentation des mesures et des comparaisons. Afin de rendre les systèmes MARS et NESPOS compatibles, les objets virtuels de MARS sont les mêmes que ceux de NESPOS et les outils de visualisation Artecore et Geocore sont les applications développées dans le cadre du projet européen TNT.

Des modèles 6 faces permettent de visualiser simplement un objet et d'effectuer des mesures basiques comme la longueur et la largeur de l'objet. Des modèles de surfaces au format STL et X3D permettent le positionnement de « landmarks » et la prise de mesures (distances, angles, surfaces). Un plan de coupe dans l'objet autorise le placement de points de références sur les surfaces internes de l'objet si le modèle STL a été produit à l'aide de données CT.

Les données CT et  $\mu$ -CT peuvent être visualisées. L'utilisateur peut effectuer des segmentations automatiques ou manuelles et exporter les volumes définis sous

Rendu de la surface avec texture.



formes d'un fichier STL. Tous les fichiers de l'utilisateur, comprenant les « landmarks » et les options de visualisation, peuvent également être sauvegardés ou exportés sous forme d'un fichier au format Excel ou *OpenOffice*.

### Perspectives

La méthodologie et les approches techniques abordées par le projet MARS sont applicables à de nombreux autres domaines. L'utilisation d'une plate-forme multimedia collaborative avec suivi éditorial peut être étendue à toutes les disciplines scientifiques. On peut également imaginer un système d'enregistrement et de suivi de dossiers dans les administrations en assurant la traçabilité de l'information. La numérisation 3D à haute résolution est essentielle pour le programme de numérisation des collections des ESF et plus particulièrement des types zoologiques. Outre la dimension patrimoniale, elle ouvre de nouvelles voies de recherches en donnant accès aux structures internes des objets numérisés.

Patrick Semal, Els Cornelissen et Louis Wannijn



Le projet MARS :

[www.naturalsciences.be/mars/](http://www.naturalsciences.be/mars/)

[www.belspo.be/fedra](http://www.belspo.be/fedra) > actions de recherche > programme pluriannuel de soutien au développement de la société de l'information > projet I2/AE/212

The Neanderthal Tools :

[www.the-neanderthal-tools.org/](http://www.the-neanderthal-tools.org/)

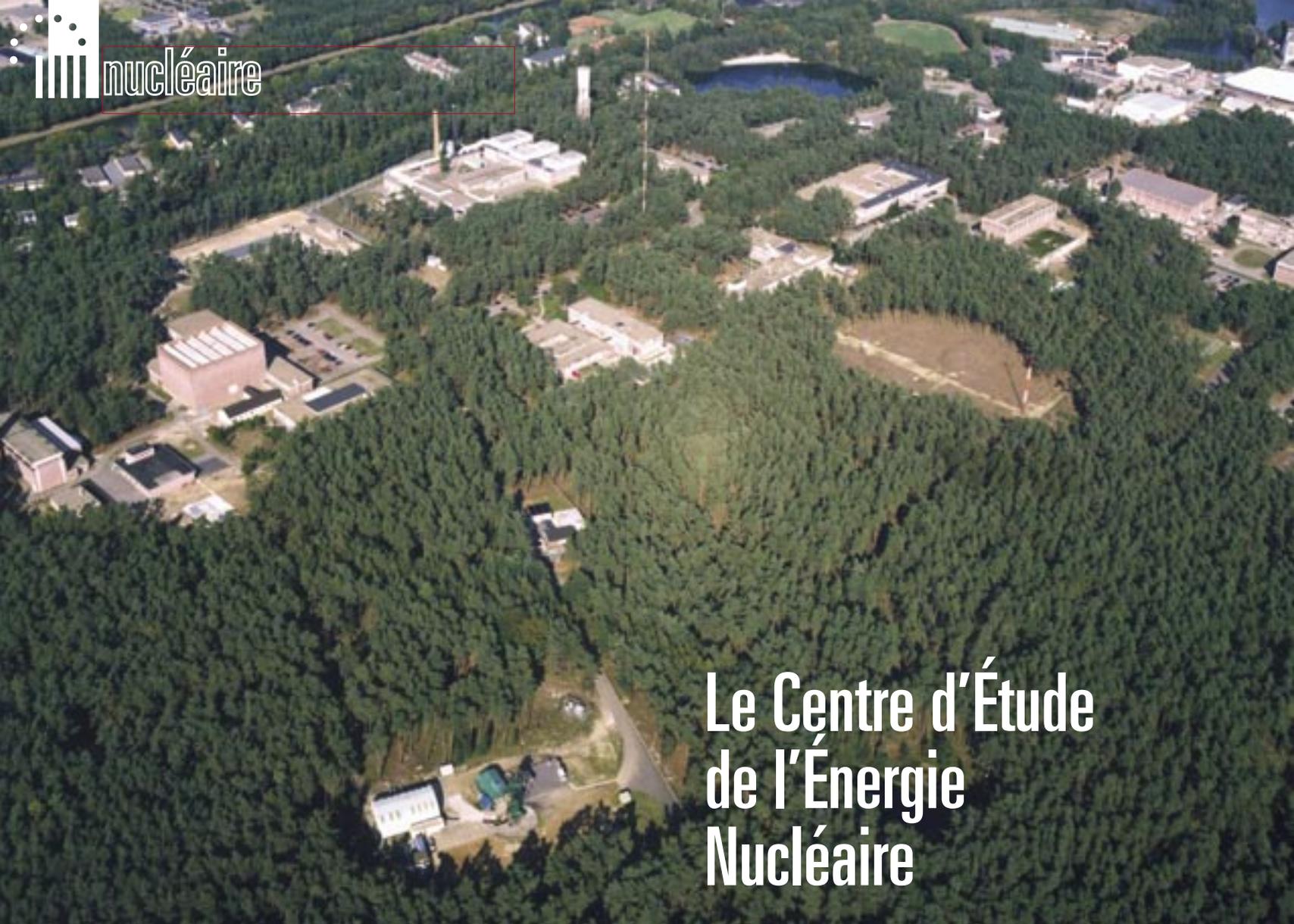


Semal P., Cornelissen E. & Cauwe N., 2004. MARS: multimedia archaeological research system. *Notae Praehistoricae*, 24 : 203-208.

Rougier H., Crevecoeur I., Fiers E., Hauzeur A., Germonpré M., Maureille B. & Semal P., 2004. Collections de la Grotte de Spy: (re)découvertes et inventaire anthropologique. *Notae Praehistoricae*, 24 : 181-190.

Semal P., Kirchner S., Macchiarelli R., Mayer P. & Weniger G. C., 2004. TNT: The Neanderthal Tools. In: K. Cain, Y. Chrysanthou, F. Nicolucci, D. Pletinckx, & N. Silberman (eds), *Interdisciplinarity or The Best of Both Worlds. The Grand Challenge for Cultural Heritage Informatics in the 21st Century. Selected papers from VAST2004* : 43-44.

Semal P., Toussaint M., Maureille B., Rougier H., Crevecoeur I., Balzeau A., Bouchneb L., Louryan St., De Clerck N. & Rausin L., 2005. Numérisation des restes humains néandertaliens belges. *Préservation patrimoniale et exploitation scientifique. Notae Praehistoricae*, 25 : 25-38.



# Le Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire

# Au cœur de l'atome

Le Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire (SCK-CEN) a été créé en 1952. Il a pour mission de développer et de rassembler toutes les connaissances concernant l'énergie nucléaire et la radioactivité et de les diffuser au moyen de la communication et de la formation. Le SCK-CEN effectue des recherches sur la sûreté, la gestion des déchets, la protection de l'homme et de l'environnement, la gestion des matières fissiles et les implications sociales vues à la lumière du développement durable. Le Centre fournit dans ces domaines tous les services demandés par l'industrie nucléaire, par le secteur médical et par les autorités.



1952

Création du SCK-CEN

1956

Démarrage du réacteur BR1

1961

Démarrage du réacteur BR2

1962

Démarrage du réacteur BR3

1974

Démarrage du laboratoire souterrain HADES

Le BR1 est le premier réacteur nucléaire construit en Belgique. En 2006, il fête son 50e anniversaire. Le BR1 est avant tout utilisé pour de la recherche scientifique et la formation. Le réacteur convient par exemple pour la détection de très faibles quantités de certains éléments dans toutes sortes de matériaux, allant du gazole pour moteurs diesel aux poteries précolombiennes. Les irradiations pour la recherche spatiale sont une autre application. Le BR1 assure aussi des services pour d'autres centres de recherche, pour les universités et pour l'industrie.



Le BR2 est un réacteur d'essai de matériaux et assume un rôle primordial dans la recherche sur le comportement des matériaux de réacteurs et de combustibles exposés à des radiations. Cette recherche contribue aussi à garantir la sûreté des réacteurs nucléaires en Belgique et à l'étranger servant à la production d'électricité. Le réacteur est aussi utilisé pour des irradiations commerciales, telles que la recherche sur les radio-isotopes pour la médecine nucléaire et leur production, le dopage du silicium pour la fabrication de puces électroniques.



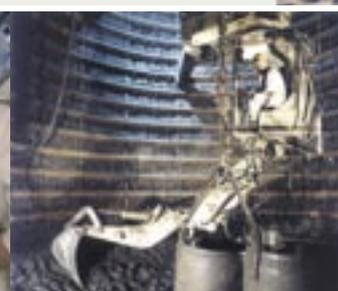
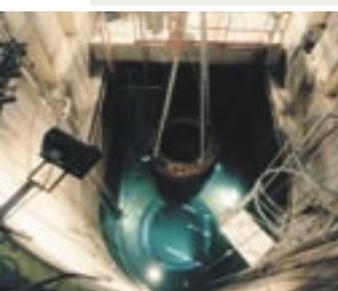
Le BR3 est le premier réacteur PWR (*Pressurized Water Reactor* – réacteur à eau pressurisée) d'Europe occidentale. Il a été mis en service en 1962. Le BR3 était un réacteur de puissance qui devait servir à acquérir de l'expérience pour les futures centrales nucléaires belges de Doel et de Tihange. Le BR3 était aussi un centre de formation pour le personnel d'exploitation des centrales nucléaires de Belgique et, en même temps, un réacteur d'essai pour nouveaux combustibles. Il fut définitivement mis à l'arrêt en 1987. Le premier réacteur PWR d'Europe devint donc également le premier à être



MYRRHA doit devenir le premier projet de démonstration au monde d'un nouveau type de systèmes nucléaires actionnés par accélérateur de particules (ADS – *Accelerator Driven System*). Un des principaux avantages d'un tel système est qu'il permet de brûler des déchets nucléaires ou de les transmuter en des déchets à demi-vie plus courte. Ceci permettrait d'abrèger de manière drastique la durée du stockage des déchets. MYRRHA peut aussi servir à la production de radio-isotopes pour des applications médicales, pour de la recherche sur les matériaux des réacteurs actuels et futurs, pour l'aéronautique, la technologie de la fusion et la radioprotection. Ce sera en outre un outil important pour la formation des futurs scientifiques.



Le laboratoire souterrain HADES est la principale infrastructure de Belgique pour la recherche expérimentale du stockage géologique à grande profondeur, dans l'argile de Boom, de déchets de haute activité. En plus du premier puits d'accès, que nous apercevons sur la photo, un deuxième puits a été creusé, celui-ci donnant accès au laboratoire souterrain. L'infrastructure souterraine et de surface sont gérées par le GIE EURIDICE, un groupement d'intérêt économique entre SCK•CEN et l'ONDRAF.



1987

1996

1999

2002

2005

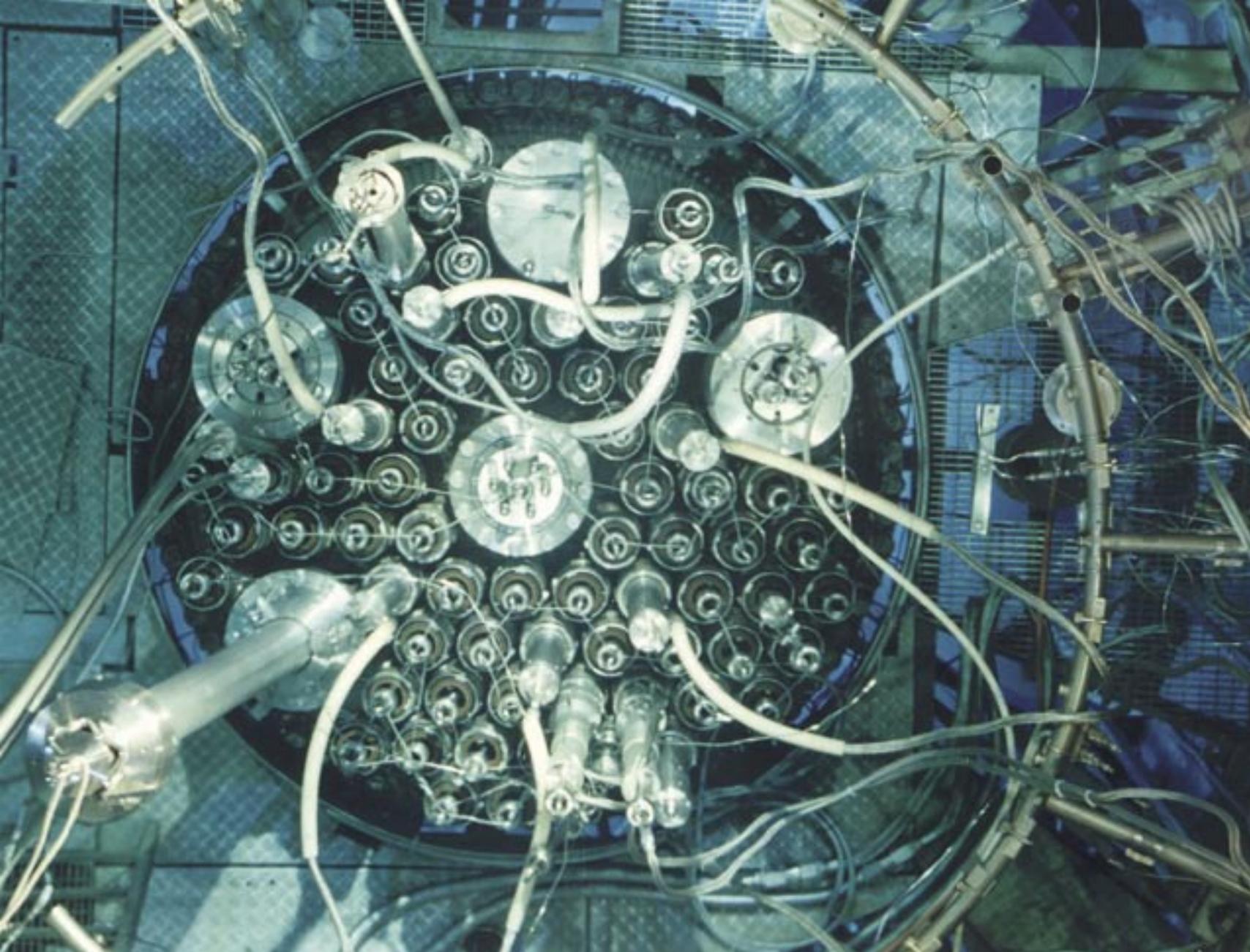
Démantèlement du réacteur BR1

BR2: nouveau coeur de réacteur

MYRRHA prend forme

Extension de HADES

Nouveaux laboratoires de microbiologie

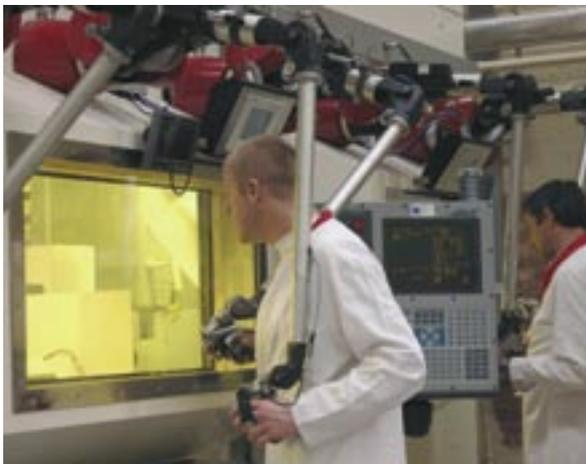


# Le réacteur BR2

**est utilisé pour la médecine,  
pour la production de semi-conducteurs  
et pour la sûreté des réacteurs**

## Sûreté des réacteurs

Certains matériaux de structure des réacteurs de puissance, sont exposés à de très intenses radiations neutroniques pouvant affaiblir le matériau proprement dit. Ceci peut représenter un risque pour l'exploitation sûre du réacteur. C'est pourquoi le SCK·CEN met au point des techniques visant à améliorer les propriétés des matériaux, à prévoir l'évolution sous irradiation, et à garantir la sûreté de l'exploitation du réacteur. Le Centre utilise, pour ce faire, le réacteur BR2 d'essai de matériaux et le laboratoire équipé de cellules blindées. La recherche est effectuée dans un cadre international et porte aussi bien sur nos propres réacteurs nucléaires que sur les systèmes de l'avenir, tels que les réacteurs de fusion et les GEN-IV (les réacteurs de la quatrième génération).





## Médecine

Les rayons ionisants (rayons X) étaient déjà utilisés au début du XX<sup>e</sup> siècle pour examiner des fractures des os. Le champ d'application fut ensuite étendu de la radiographie à la médecine nucléaire et à la radiothérapie. Ces techniques et appareils ont ensuite été perfectionnés et sont à présent de plus en plus spécialisés. La dose d'irradiation moyenne de la population belge provient pour une grande part des examens médicaux. Le SCK·CEN effectue de la recherche afin de réduire la dose pour le malade et pour le personnel, tout en garantissant un diagnostic tout aussi bon.

Le traitement du cancer et d'autres affections implique de plus en plus l'utilisation de produits radioactifs pour l'imagerie médicale. Le réacteur BR2 produit certains de ces produits et est aussi utilisé pour le développement de radio-isotopes pour nouvelles applications en médecine nucléaire.



*Des dosimètres sont apposés sur les mains et les gants, afin d'étudier et d'optimiser l'exposition des mains des travailleurs du secteur de médecine nucléaire aux radiations.*

## Semi-conducteurs

Les semi-conducteurs sont les éléments de base des composants électroniques tels que par exemple les puces. On trouve des puces non seulement dans les ordinateurs, mais aussi dans les voitures, les portables et dans presque tous les appareils électroniques de plus de 20 euros. Pour donner au silicium des propriétés semi-conductrices, il faut y incorporer certaines impuretés, c'est ce qu'on appelle le dopage. Le silicium dopé dans le réacteur BR2 fournit des semi-conducteurs d'une très grande qualité. La photo montre des blocs de silicium d'un diamètre de 12,5 cm, transformés en semi-conducteurs par dopage.





# Le SCK•CEN

## l'homme, l'environnement, la société et l'astronautique

### Analyse par activation neutronique

L'analyse par activation neutronique est une des méthodes les plus précises pour connaître la composition de certains matériaux. Cette analyse s'effectue dans le réacteur BR1. Le matériau à examiner est irradié au moyen de neutrons. Tous les éléments présents deviennent donc radioactifs et émettent des rayons gamma. L'analyse de ces rayons gamma, spécifiques pour chaque élément chimique, peut déterminer simultanément environ soixante éléments. L'élément principal de l'échantillon ainsi que des oligoéléments (de très faibles quantités pouvant aller jusqu'à 1 particule sur un milliard) peuvent être déterminés avec précision. Cette méthode est bien plus sensible que la plupart des analyses chimiques, surtout pour les solides. Elle est principalement utilisée pour les examens médicaux, pour le contrôle de processus industriels, pour la fabrication de matériaux de référence, pour des études archéologiques et pour des enquêtes de justice.

Un des grands avantages de cette méthode est qu'elle ne requiert pas de préparation des échantillons. L'échantillon conserve sa forme d'origine et peut par après, le cas échéant, à nouveau être mesuré, analysé ou soumis à d'autres examens.



## Etre préparé à l'improbable

Lors d'un rejet de radioactivité, suite à une catastrophe nucléaire éventuelle, l'homme peut être contaminé de nombreuses manières: par des particules dans l'air (inhalation), par contamination du sol, de l'eau ou de produits agricoles (denrées alimentaires ou boissons). Un plan d'urgence efficace doit limiter au maximum les effets pour l'homme et l'environnement, et ce au moyen d'actions adéquates et acceptables.

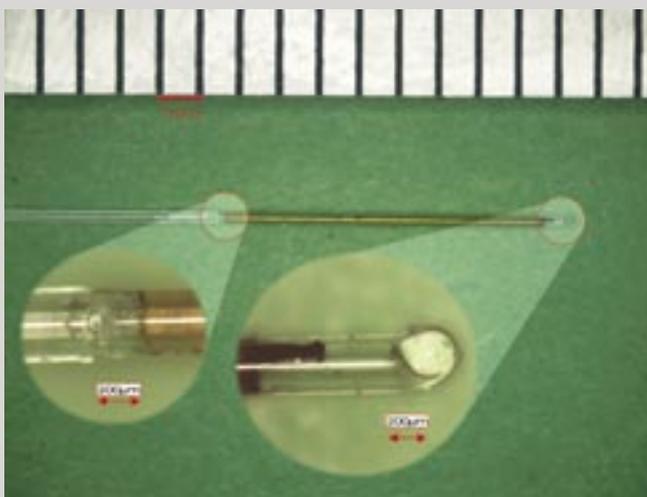
Le SCK·CEN assure au moyen de sa recherche scientifique un rôle important dans l'élaboration des plans d'urgence et formule des recommandations d'ordre pratique aux autorités, à l'AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique, à Vienne) et à l'industrie. En collaboration avec la Commission européenne, le Centre assure également des formations en Belgique et à l'étranger.



## Instrumentation

Il est important de pouvoir effectuer des mesures de grande précision dans un environnement nucléaire. Les instruments occupent donc une place primordiale. Le SCK·CEN concentre ses activités sur le comportement de l'appareillage de mesure soumis à de fortes doses de radiations et sur le développement de nouveaux capteurs et nouvelles techniques d'instrumentation telles que minuscules capteurs à base de fibres de verre (voir la photo) pour mesurer de très faibles déformations de certains éléments dans les réacteurs nucléaires.

Le programme de recherche spatiale du SCK·CEN comprend par exemple une recherche de l'influence des radiations sur le verre (recherche effectuée en collaboration avec la VUB – Section physique appliquée et photonique). Le verre est en effet utilisé dans les instruments optiques de mesure et dans les télescopes montés sur les satellites. Le rayonnement spatial a pour effet d'obscurcir le verre et a également un impact sur l'indice de réfraction. Les ingénieurs qui conçoivent ces instruments doivent connaître le comportement de ces instruments dans l'espace. Les résultats sont déjà utilisés pour la construction du «fluid science laboratory» de la station spatiale internationale ISS, où on effectue des expériences sur la physique des liquides et l'apesanteur. Les instruments du «fluid science laboratory» sont basés sur un grand nombre de mesures d'optique et comprennent beaucoup de sortes de verre. Le Centre contribue aussi à la recherche européenne sur l'instrumentation des réacteurs de fusion.



## Collaborations internationales

En coordination avec la Politique scientifique fédérale, le SCK·CEN collabore surtout avec l'Argentine, le Brésil et la Chine.

Les activités avec l'Argentine portent surtout sur la durée de vie du réacteur de puissance Atucha-I (un réacteur qui produit de l'électricité), sur le démantèlement d'installations et sur la dégradation ou l'affaiblissement de matériaux irradiés.

Au Brésil, le Centre concentre ses activités sur les études de sécurité des matériaux, sur les plans d'urgence et l'analyse par activation neutronique.

Des étudiants post-docs de Chine sont associés aux programmes de recherche sur les matériaux et le stockage géologique des déchets radioactifs.



# Le stockage sûr des déchets radioactifs

pour les générations d'aujourd'hui et de demain

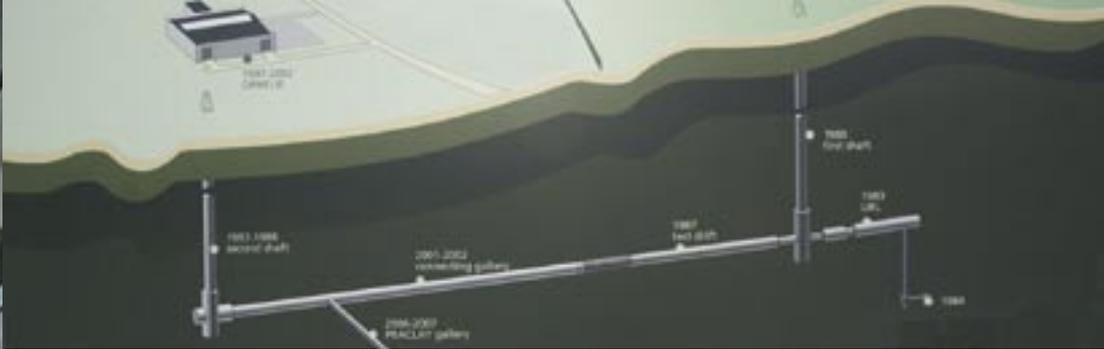
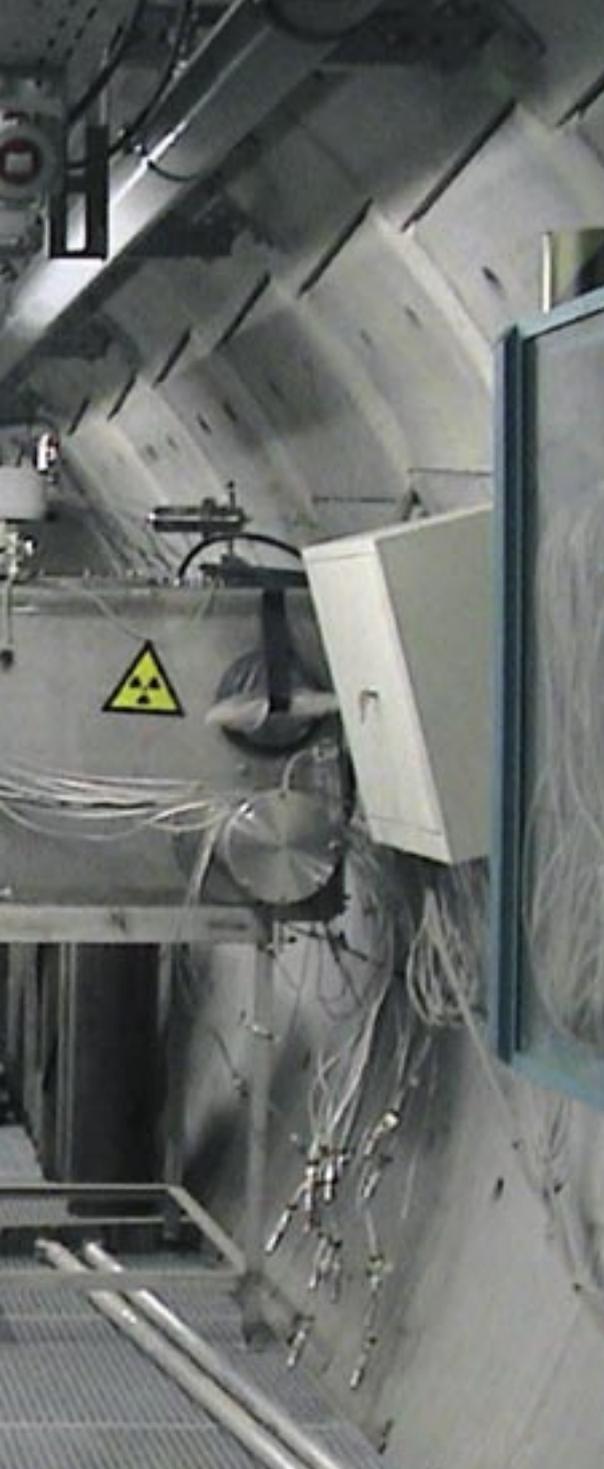
## HADES

Dès le début des années 70, plusieurs experts ont reconnu que le stockage des déchets de moyenne et de haute activité pourrait être un problème pour l'avenir de l'énergie nucléaire. En outre, sur le plan international on était d'accord sur le fait que le stockage géologique était une solution durable pour la gestion à long terme de déchets radioactifs. En 1974, le SCK·CEN démarra la recherche sur le stockage dans l'argile, en étroite collaboration avec l'ONDRAF, l'office belge responsable de la gestion et du stockage de déchets nucléaires. Le laboratoire souterrain HADES, situé à une profondeur de 225 mètres, a entre-temps prouvé qu'il est techniquement possible de creuser des puits et des galeries dans une couche d'argile plastique. Depuis plusieurs années déjà,

on effectue des expériences dans ce laboratoire, et tout indique que le stockage dans cette couche d'argile est possible et sûr. Grâce à HADES, le SCK·CEN confirme sa position de leader: son expérience est reconnue au niveau international. Le site où l'installation de stockage pour les déchets des centrales nucléaires belges sera construite, n'est pas encore choisi.

Les phases principales dans le développement du laboratoire HADES comprennent entre autres: la construction d'un premier puits d'accès (1980-1982), la construction du «*Underground Research Laboratory (URL)*» (1982-1983) et le puits expérimental (1983-1984), l'extension du laboratoire avec le «*Test drift*» (1987), la construction du deuxième puits d'accès (1997-1999) et la réalisation de la galerie de connexion PRACLAY (2001-2002).





## Démantèlement

Le réacteur BR3 fut le premier PWR (réacteur à eau pressurisée) d'Europe occidentale et il serait aussi le premier à être démantelé. Le 30 juin 1987, il a été arrêté définitivement. En 1989, la Commission européenne désigna le BR3 comme projet-pilote pour démontrer la faisabilité d'un démantèlement de réacteur.

Comment procède-t-on à un démantèlement d'un réacteur? Dans un plan de démantèlement, la stratégie de démantèlement à suivre est décrite, en particulier la quantité de matériaux et leur radioactivité, les grandes étapes du processus de démolition et le traitement des déchets. Plus tard, l'infrastructure est découpée en grands morceaux sur place et triée en fonction de sa voie d'évacuation en tant que déchets radioactifs ou matériaux réutilisables. En 1999, la cuve du réacteur de 29 tonnes a été levée pour être démantelée de la même manière. Cet événement fut une première en Europe.

Lors du démantèlement, du travail de pionnier a été effectué au niveau du développement de robots et d'outils téléguidés, ceci afin de limiter l'exposition des travailleurs aux radiations lors des travaux de démantèlement.

## MEDOC

La contamination de tuyaux en provenance d'un réacteur, par exemple, peut être éliminée dans cette installation pour décontamination chimique. Le procédé utilisé est appelé MEDOC et peut diminuer la contamination d'un facteur de 500 à 1 000.

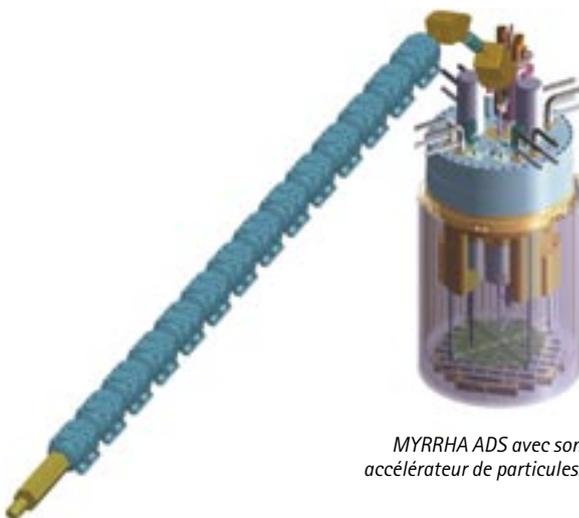


## MYRRHA

Le mot transmutation nous vient du rêve des alchimistes de transformer ou de "transmuter" le plomb en or. Aujourd'hui, les scientifiques cherchent un moyen de transmuter les déchets radioactifs à longue durée de vie, qui doivent être stockés sous contrôle pendant très longtemps, en des déchets radioactifs à (plus) courte durée de vie ou en des déchets qui ne sont plus radioactifs du tout. Un exemple d'une matière radioactive qui peut être transmutée est le technétium-99, d'une demi-vie de 200.000 d'années. Le technétium-99 peut être transmuté en technétium-100 en le bombardant de neutrons. La demi-vie du technétium-100 n'est que de quelques secondes; le technétium-100 se transforme ultérieurement en ruthénium stable. De cette manière, la radioactivité des déchets atteint le niveau naturel environ mille fois plus vite. En outre, le volume des déchets de haute activité à stocker peut fortement être diminué.



Cette transmutation est possible dans le nouveau système nucléaire MYRRHA (voir le début de l'article). Avant de pouvoir transmuter les déchets, ils doivent être séparés et triés; ce procédé est appelé «partitioning».



MYRRHA ADS avec son accélérateur de particules.



Le Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire : [www.sckcen.be](http://www.sckcen.be)

Anne Verledens : [anne.verledens@sckcen.be](mailto:anne.verledens@sckcen.be)

Information sur l'énergie nucléaire, les installations et la recherche sur [http://www.sckcen.be/SCKCEN\\_Information\\_Package\\_2006/CDROM\\_files/index\\_nl.html](http://www.sckcen.be/SCKCEN_Information_Package_2006/CDROM_files/index_nl.html)

# Focus sur sites



**BALaT : Carrefour d'information sur le patrimoine culturel**  
par l'Institut royal du patrimoine artistique (IRPA)

BALaT (*Belgian Art Links and Tools*) se veut être un portail pour l'art belge, particulièrement depuis le Moyen Âge. Il s'agit de promouvoir tant le patrimoine artistique de notre pays, que l'activité scientifique des chercheurs belges en histoire de l'art. Le site abrite donc plusieurs bases de données interrogeables (notamment biographies d'artistes ; inventaire des centres tels que universités, musées, bibliothèques et cercles locaux d'histoire; inventaire des personnes ; répertoire web, ...). Chaque base de données peut être interrogée en combinant plusieurs critères avec les opérateurs logiques « ET » et « OU ». Les bases de données sont interconnectées, y compris avec la banque de données d'images de l'IRPA. Au point de vue de la forme, l'interface est très sobre, agréable et bien conçue. Une magnifique réalisation donc, susceptible de documenter aussi bien l'amateur que le spécialiste, et une très belle vitrine pour l'art belge.

Langues : français, néerlandais



**Archives Béla Bartók de Belgique**  
par la Bibliothèque royale de Belgique

Les Archives Béla Bartók de Belgique constituent un centre de recherche international dont la mission est de rassembler et d'étudier tout ce qui concerne la vie et l'œuvre du compositeur, pianiste et ethnomusicologue hongrois Béla Bartók (1881 – 1945). L'essentiel des archives, de nombreux objets

précieux, se compose du « Fonds Denijs Dille », du nom de l'éminent musicologue et philologue qui a étudié l'œuvre et la vie de Bartók.

À voir sur ce site, l'exposition virtuelle, où quelques lettres illustrent l'histoire de la collaboration scientifique du fascinant compositeur et de son biographe.

Langues : français, néerlandais.



**Commission royale d'histoire**  
par l'Académie royale d'art et d'histoire

La Commission royale d'histoire a été créée par un arrêté royal du 22 juillet 1834. Elle « a pour mission de rechercher, de répertorier, d'éditer ou d'analyser les sources écrites intéressant l'histoire de la Belgique, de publier des études critiques concernant ces sources et de mettre des instruments de travail à la disposition des historiens ». Pour ce faire, elle reçoit par le truchement de l'Académie royale d'art et d'histoire, une dotation de la Politique scientifique fédérale qui permet d'assurer la publication de travaux scientifiques dans le *Bulletin annuel*. Quand la parution dans le *Bulletin annuel* n'est pas possible, elle publie également des travaux de manière séparée sous la forme jugée la plus adaptée. Sur le site on trouve un catalogue (exhaustif quoique présenté de manière un peu austère) de toutes les publications de la Commission depuis sa création. Heureusement, pour surfer facilement dans cet océan de publications, un petit moteur de recherche permet de retrouver les ouvrages par



un mot de leur titre, par mots-clés ou par le nom de leur auteur. La rubrique « Nouveautés » liste les dernières publications. Le site a été conçu et est hébergé par la Bibliothèque royale.

Langues : français, néerlandais, anglais (à l'exception du catalogue des publications).



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



## Fabritius

par les Musées royaux des beaux-arts de Belgique

Fabritius est une base de données qui concerne l'ensemble des collections de l'institution (peintures, sculptures, dessins, estampes, photos, imprimés, installations, tapisseries, objets d'orfèvrerie), regroupées au sein du Musée d'art moderne, du Musée d'art ancien, du Musée Wiertz et du Musée Constantin Meunier. Actuellement 6.500 œuvres (environ 30% des collections) sont répertoriées. Toutes les œuvres ne sont pas décrites de manière égale, certaines descriptions étant plus détaillées que d'autres, et la moitié d'entre elles sont présentées avec des images. Dans les « plus » on notera la présence d'une description physique de l'œuvre et d'une notice bibliographique, ce qui fait de Fabritius un véritable outil scientifique pour l'historien de l'art, mais aussi celle d'une interprétation, qui aide le profane à aborder l'œuvre d'un œil un peu plus éclairé.

Langues : français - néerlandais



[www.opac-fabritius.be](http://www.opac-fabritius.be)



# Mais aussi...

## SPIDOC Info

par le Service d'information scientifique et technique

Nouveau bulletin trimestriel d'information de politique scientifique. Sélection de sujets intéressant la politique scientifique fédérale et pour lesquels de nouveaux documents et ressources web sont disponibles.



[www.stis.fgov.be/fr/spidoc\\_info.asp](http://www.stis.fgov.be/fr/spidoc_info.asp)

## BEPoles

par la Politique scientifique fédérale

informe les chercheurs, le monde politique et le grand public sur l'implication de la Belgique dans les activités scientifiques, les lois et traités, les publications et événements relatifs aux pôles (en anglais).



[www.belspo.be/belspo/BePoles/index\\_en.stm](http://www.belspo.be/belspo/BePoles/index_en.stm)

## Expo papillons au MRAC

par Musée royal de l'Afrique centrale

site de l'exposition de la collection de papillons du musée.  
Voir Science Connection #10, pages 2 à 6.



[butterflies.africamuseum.be](http://butterflies.africamuseum.be)



## La science sous la loupe

par la Politique scientifique fédérale

aperçu des recherches scientifiques menées avec le soutien de la Politique scientifique fédérale.



[www.belspo.be/belspo/science/section/index\\_fr.stm](http://www.belspo.be/belspo/science/section/index_fr.stm)

Denis Renard

## Concours

Les gagnants du concours proposé dans le *Science Connection* de février sont DESENEPART, Denise (1400 - Nivelles) ; HANNECART, Dorothee (7890 - Ellezelles) ; LAMBILLOTTE, Jean (4420 - Montegnée) ; LEBLANC, Roger (4870 - Trooz) ; MAURY, Walter (1850 - Grimbergen) ; NICOLAS, Jean-M. (1170 - Bruxelles) ; PAUL, Maggi (7970 - Beloeil) et RENSON, Denis (4520 - Antheit).

La bonne réponse était « **Le bianqing** ». Le bianqing est un carillon chinois fait de plaques de marbre ou de jade, selon une vieille tradition de plus de 4.000 ans. Dans un temple confucéen, un bianqing est placé du côté ouest, où il se retrouve, entre autres, avec le racleur en forme de tigre du nom de yu. Le bianqing illustre également un aspect peu connu de la systématique des instruments de musique chinoise. Les Chinois classent leurs instruments de musique selon les matériaux dont ils sont composés : à côté de matières courantes comme la peau, laalebasse, le bambou, le bois, les métaux et l'argile, il y a également la soie mais aussi la pierre naturelle. Tous ces matériaux sont représentés sur une boussole composée de huit parties indiquant la relation entre matériaux et points cardinaux (in : *Belgique - Belgique, Ignace De Keyser, Bianqing chinois ou lithophone, p. 25*).

Pour ce numéro d'avril, nous vous proposons de gagner le catalogue de l'exposition « *Art nouveau et Design* », récemment organisée aux Musées royaux d'art et d'histoire (Bruxelles, 2005, 200 pages).

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

**Albert Einstein a séjourné à plusieurs reprises en Belgique, notamment en Ardenne. Quel est le nom du lieu-dit où il logea ?**

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

## Rectificatif

En page 24 du *Science Connection* de février dernier, une erreur, qu'un lecteur attentif nous a signalée, a été commise. Le gallon américain vaut bien 3,7853 litres et l'anglais, 4,5460 litres. Et pas l'inverse, comme mentionné par erreur.

© Science Connection / P. Demoitié



## Débit

BELNET, qui fournit un accès Internet ultrarapide de 2,5 giga-octets par seconde aux universités, hautes écoles et centres de recherche belges (au total : 550.000 utilisateurs finaux), quadruplera l'année prochaine cette vitesse pour la porter à 10 giga-octets par seconde. La capacité deviendra ainsi des milliers de fois supérieure à l'Internet commercial à haut débit. BELNET franchit cette étape pour rester en prise avec les évolutions européennes du secteur.

Le réseau BELNET permet aux universités belges de communiquer entre elles et avec des institutions de recherche étrangères. Cette communication s'effectue désormais par le biais de Géant2, le nouveau réseau européen pour la recherche et l'enseignement.

## Tourbillon

La Cinémathèque royale de Belgique invitait, en ce début février, Jeanne Moreau, cette grande dame du septième art. À cette occasion, trois de ses films étaient présentés et une rétrospective lui était consacrée. Riche de 135 films, « *tous sont mes enfants* », sa filmographie est à la fois marquée du sceau de la qualité, de l'audace et de la passion.

© Science Connection / Yves Nevens



## Cartes

Depuis quatre ans, la Politique scientifique fédérale et l'UNESCO financent un projet intitulé « *Système de Gestion de l'Information sur les Aires Protégées (SYGIAP)* » en appui à l'Institut congolais de la conservation de la nature (ICCN). Dans le cadre de ce projet les partenaires belges (Universités de Gand et de Louvain) se sont engagés à produire des cartes de base et spatio-cartes pour les cinq parcs nationaux (échelle 1:200 000) appartenant au Patrimoine mondial de l'humanité, ainsi qu'un système d'information et de monitoring servant de support à la décision (SIG). Une remise des cartes a eu lieu à Kinshasa à la mi-mars et le 30, à Bruxelles, au palais des colonies du Musée royal de l'Afrique centrale de Tervuren, en présence de l'ambassadeur de la République démocratique du Congo.

Par ailleurs, pour faire face au doublement annuel de la bande passante utilisée par les différents services publics, les autorités ont décidé, l'année dernière, de rénover le réseau FedMAN I. Plusieurs services tels que les Finances et la Justice frisaient la saturation de capacité. La mission de conception et d'élaboration du nouveau réseau fut confiée à BELNET en raison de sa vaste expérience des réseaux informatiques rapides et sécurisés- en ce compris FedMAN I.

FedMAN II procure à chaque administration fédérale une connexion d'un gigabit/seconde, sans limitation de volume. Ce débit est dix fois supérieur à celui de la première version du réseau. FedMAN II ouvre de très nombreuses perspectives pour les communications entre les fonctionnaires fédéraux et leurs collègues d'autres services publics du pays, ainsi qu'avec les citoyens et les entreprises.

Pratiquement tous les composants du réseau informatique FedMAN II ont été implémentés en mode dédoublé, sur deux sites distincts, afin de garantir la disponibilité du réseau, même en cas de catastrophe.



## Japon

Le 20 mars dernier, Didier Reynders, Vice-premier ministre, ministre du Budget en charge de la Régie des bâtiments, a inauguré, en présence d'Anne Cahen, directrice générale des Musées royaux d'art et d'histoire et de Chantal Kozyreff, conservatrice des collections japonaises, le nouveau Musée d'art japonais. Construit au début du XX<sup>e</sup> siècle, le musée (la « Koetshuis ») se situe à proximité de la Tour japonaise et derrière le Pavillon chinois, dont il aurait dû être une dépendance à titre de garage et d'écurie. La restauration de ce bâtiment a été entamée en septembre 1998 et a coûté un peu plus d'un million et demi d'euros.



© Belga

## Memorandum of Intent

L'Institut Max von Laue – Paul Langevin, du nom des deux éminents physiciens (en abrégé, ILL), est une grande infrastructure intergouvernementale européenne spécialisée dans la production de faisceaux de neutrons de grande intensité. Les scientifiques qui travaillent dans le domaine de la physique fondamentale, de la physique nucléaire, des sciences des matériaux, de la chimie structurale et de la biologie structurale utilisent abondamment cette source de neutrons, l'une des plus performantes du monde.

Situé à Grenoble, l'ILL collabore étroitement avec de grandes infrastructures de recherche voisines, telles que l'Installation européenne de rayonnement synchrotron (ESRF) et le Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL) dont il est par ailleurs complémentaire. La Belgique est membre de ces deux dernières organisations, la cotisation annuelle étant prise en charge par la Politique scientifique fédérale. Toutefois, jusqu'à ce jour, aucune convention formelle n'avait été conclue avec l'ILL alors que de nombreux groupes belges souhaitaient utiliser les installations de l'institut pour leurs recherches.

C'est pour répondre à ce besoin que le président de la Politique scientifique, Philippe Mettens, a signé le 27 janvier

dernier un *Memorandum of Intent* (MOI) avec l'ILL pour une durée de deux ans. Pendant cette période, une contribution annuelle de 367.500 euros sera versée, ce qui correspond à une utilisation des infrastructures à concurrence de 0,5%.

Ainsi, grâce à ce MOI, nos chercheurs ont pu, pour la première fois, soumettre leurs propositions d'expériences sur pied d'égalité avec les chercheurs des pays membres et ce, semble-t-il, avec grand succès. Pour l'appel qui s'est clôturé le 14 février dernier, l'ILL a reçu 710 propositions au total dont 1,2 % de propositions belges.

La période d'essai de deux années permettra d'évaluer le « retour » pour la Belgique ainsi que d'examiner la possibilité de former un consortium avec d'autres pays également candidats, ceci dans la perspective d'une adhésion à part entière et à un prix raisonnable.



L'ILL : [www.ill.fr](http://www.ill.fr)

Contacts :

Politique scientifique fédérale

Monnik Desmeth: [monnik.desmeth@belspo.be](mailto:monnik.desmeth@belspo.be)

Jean Moulin : [jean.moulin@belspo.be](mailto:jean.moulin@belspo.be)

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 et colloques

7 mai 2006

**Africa <> Tervuren**  
Musée royal de l'Afrique centrale  
(Plus : [www.africamuseum.be](http://www.africamuseum.be))

11 et 12 mai 2006

**Siegfried Bing et la Belgique. L'Art nouveau au tournant du siècle à travers le prisme des réseaux, des institutions et des marchands (1895 – 1905)**

Musées royaux des beaux-arts de Belgique  
(Plus : [virginie.devillez@fine-arts-museum.be](mailto:virginie.devillez@fine-arts-museum.be); [www.expo-bing.be](http://www.expo-bing.be))

16 et 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))

12 juin 2006

**Des journaux savants du XVII<sup>e</sup> siècle à l'année 2005 : quel écho pour la science dans la presse écrite ?**

Bibliothèque royale de Belgique  
(Plus : [pierre.demoitie@belspo.be](mailto:pierre.demoitie@belspo.be))

## Expositions

**Bibliothèque royale de Belgique**

> 21 juin 2006

**L'art dans une bibliothèque à la Bibliothèque royale au Mont des arts**

du 12 mai au 3 septembre

**Bruegel en noir et blanc / Bruegel, le musée imaginaire**  
(Plus : [www.bruegel06.be](http://www.bruegel06.be))

> 30 septembre 2006

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

**Jardin botanique national**

du 12 mai au 3 septembre 2006

**Bruegel Revisited**

**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**

> 28 mai 2006

**Peuples du monde**

> 27 août 2006

**Art du Tibet. La collection Léon Verbert**

> 29 octobre 2006

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

**Musées royaux des beaux-arts de Belgique**

> 23 juillet 2006

**La maison Bing. L'Art nouveau**  
(Plus : [www.expo-bing.be](http://www.expo-bing.be))

**Muséum des sciences naturelles**

> 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**

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

> 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)



*Mahāvajrabhairava. Détrempe sur toile, Tibet, XVIIIe-XIXe siècles. Inv. Ver. 242. (© MRAH)*



L'agenda complet (stages, activités créatives, ...) est disponible sur le site [www.belspo.be](http://www.belspo.be) > foc us > agenda et sur le site de chaque établissement scientifique fédéral.

Les collections permanentes des musées sont accessibles gratuitement l'après-midi de chaque premier mercredi du mois.

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> arch.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 82 00
	<b>La Cinémathèque royale de Belgique</b> www.cinematheque.be + (32) (0)2 551 19 00
	<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 :**

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, Johan BERTE (Fondation polaire internationale), Thierry CAMELBEECK (Observatoire royal de Belgique), Christina Ceulemans (Institut royal du patrimoine artistique), Els CORNELISSEN (Musée royal de l'Afrique centrale), Claudine DELTOUR - LEVIE (Musées royaux d'art et d'histoire), Pierre DEMOITIE (Politique scientifique fédérale), Christian DU BRULLE, Dimitri HARMEGNIES (Politique scientifique fédérale), Jean-Pierre HENRIET (Université Gent), Nathalie Laquière (Institut royal du patrimoine artistique), Eric LAUREYS (Centre d'études et de documentation « Guerre et sociétés contemporaines »), Pascal MAILIER (Université de Reading, GB), Patrick SEMAL (Institut royal des sciences naturelles de Belgique), Denis RENARD (Service d'information scientifique et technique), Patrick RIBOUVILLE (Politique scientifique fédérale), Kris VANNESTE (Observatoire royal de Belgique), Anne VERLEDENS (Centre d'étude de l'énergie nucléaire) et Louis Wannijn (Institut royal des sciences naturelles de Belgique)

**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

**Couverture :**

Sedes Sapientiae, atelier mosan, seconde moitié du XI<sup>e</sup> siècle, aulne polychromé et doré ; provenance : Hermalle-sous-Huy, inv. 1001.

Le prochain numéro sortira en juillet 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

# L'ART NOUVEAU

LA MAISON - HET HUIS

# BING

[ 17 03 06 | 23 07 06 ]  
[www.expo-bing.be](http://www.expo-bing.be)



BANQUE-BANK  
DEGROEF



**Musées Royaux des Beaux-Arts de Belgique - Bruxelles**  
**Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België - Brussel**



# 54 *Space* connection



Dossier:  
**les satellites  
de météorologie**



Dossier:

## Les satellites de météorologie

- 2 Le climat mieux compris grâce aux observations depuis l'espace
- 5 Eumetsat, « l'autre » agence spatiale européenne, fête ses 20 ans d'existence
- 6 Les outils spatiaux
- 8 Les mouvements des océans suivis de haut par Jason-2
- 9 Les « SAF » : des véritables centres d'excellence
- 10 L'Institut royal météorologique brille de mille feux
- 11 Rencontre avec Nicolas Clerbaux
- 13 Les satellites météorologiques dans le monde
- 14 L'Organisation météorologique mondiale et son programme spatial
- 16 Le programme satellitaire de l'OMM
- 17 La coordination des satellites dans le futur
- 18 L'ESA et ses Earth Explorers au service d'une « Planète Vivante »
- 20 De l'Espace pour les techniques et les sciences

*Couverture:*  
En janvier 2006, le second satellite météorologique de seconde génération (MSG-2) d'Eumetsat était à poste. Lancé en décembre 2005, il diffusait ses premières données : ici la première vue en couleur prise par l'instrument Seviri. (© Eumetsat)

# Le climat mieux compris grâce aux



*Photo de la trombe en mer du Nord en 1982.*

La pluie, le beau temps, les inondations, les épisodes de sécheresse, les chutes de neige, le gel intense, les tornades, la canicule, la formation et le déplacement des cyclones... Le temps qu'il fait mais surtout le temps qu'il fera sont des préoccupations de tous les instants. Et personne n'y échappe. Même (surtout) en Belgique !

Pour s'en convaincre, il suffit de feuilleter l'ouvrage cosigné en 2004 par quatre membres de l'Institut royal météorologique de Belgique (IRM). Dans *La Belgique au fil du temps*, Marc Vandiepenbeeck, Pascal Mormal, Christian Tricot et François Brouyaux nous proposent une autre histoire de notre pays. Celle lue au travers d'un millier d'événements météorologiques des plus remarquables qui ont concerné la Belgique au cours du XXe siècle. Et les événements cataclysmiques de toutes natures s'y succèdent.

# observations depuis l'espace

Le climat et les prévisions de son évolution concernent chacun d'entre-nous dans sa vie quotidienne, pour ses activités économiques, ses loisirs. Avant 1959, année charnière en météorologie « spatiale », les prévisions s'établissaient principalement sur base d'observations réalisées au sol. La Belgique disposait, et dispose du reste toujours, d'un réseau dense de stations climatologiques (pluviométriques et/ou thermométriques) réparties sur son territoire. Les données récoltées de la sorte sont encore complétées par d'autres types d'observations réalisées dans une quinzaine de stations synoptiques. Des ballons sont ensuite venus compléter l'outillage disponible. L'acquisition de ces données de base reste indispensable pour établir de bonnes prévisions météorologiques, tout comme les excellentes connaissances des diverses lois physiques (pressions, écoulements, thermodynamique etc.) que doivent maîtriser les météorologues.

Cette vision la plus complète possible de la situation de l'atmosphère est essentielle pour en prévoir l'évolution. C'est qu'en effet, la fiabilité de ces prévisions dans le temps est à son tour tributaire du périmètre des observations. Plus vaste sera la partie atmosphérique pour laquelle des données sont disponibles, plus les prévisions afficheront une belle exactitude, dans un avenir proche (quasi immédiat) comme dans un avenir à plus long terme (allant de quelques heures à quelques jours).

*« C'est pourquoi depuis la seconde moitié du XIXe siècle, on a progressivement mis au point un réseau d'observation mondial pour les données météorologiques »,* rappelait Henri Malcorps, directeur de l'Institut royal météorologique de Belgique, à l'occasion de la mise en service du premier satellite météorologique de nouvelle génération MSG-1. *« Ce réseau relativement dense au-dessus des régions très peuplées contient cependant de grandes zones aveugles au-dessus des océans et de régions faiblement habitées, tels par exemple les différents déserts de la planète. Ce qui limitait bien sûr la fiabilité des prévisions ».*

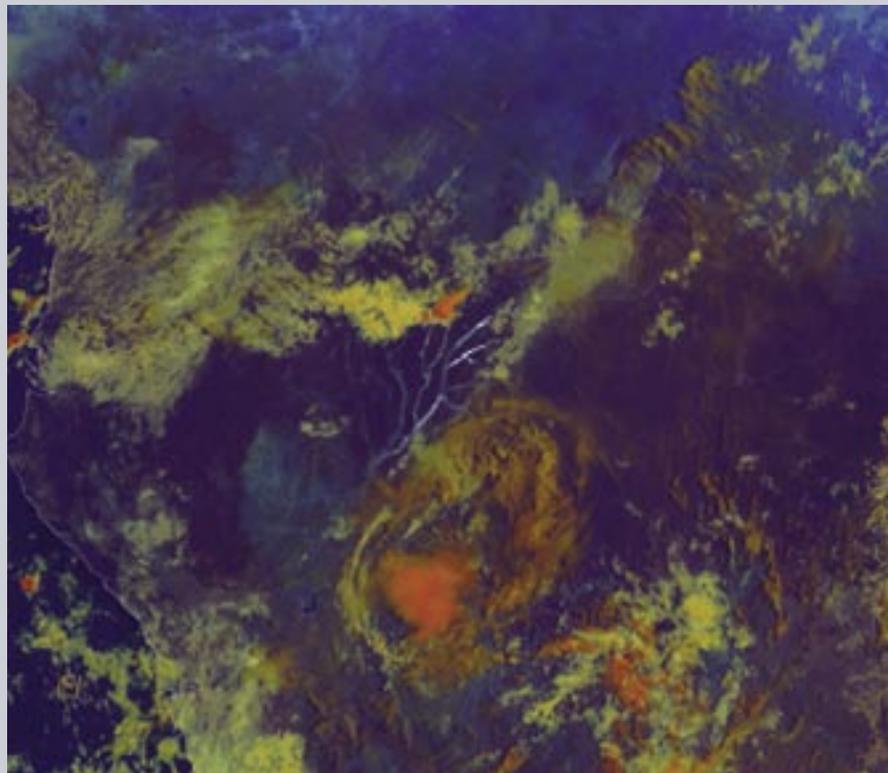
Mais cette situation a heureusement changé en février 1959, lorsque le premier satellite météorologique expérimental fut placé en orbite autour de la Terre. Il s'agissait d'Explorer 7, un satellite américain à défilement. Le premier satellite météo en orbite géostationnaire n'a été lancé que plus tard, en 1966. Il s'agissait d'un satellite

expérimental américain, ATS-1 (*Application Technology Satellite*), destiné à tester diverses technologies à 36.000 Km de la Terre.

Avec les satellites, notre vision du climat et de son évolution ont énormément progressé. A l'IRM, le grand changement intervient en 1968. Deux ans plus tôt, les premiers satellites météorologiques polaires opérationnels furent lancés par les Etats-Unis. En 1968, l'IRM se dotait de sa première station de réception. La météorologie belge mettait le cap sur l'espace. Ce n'est qu'en 1977 que l'Europe occidentale disposa à son tour de son premier satellite météorologique (Météosat 1). En 1978 l'IRM utilisa pour la première fois une station de réception pour cet engin.

*« Tandis que les premiers satellites météorologiques ne fournissaient que de petites images de nuages et n'étaient pour ainsi dire utilisés qu'à des fins de prévisions météorologiques à court terme, les données issues de satellites modernes, conjuguées à la puissance de calculs des ordinateurs sont devenues essentielles pour les prévisions à moyen terme ainsi que pour l'étude du climat »,* précise Henri Malcorps.

*Vue étonnante que cette image prise par le premier satellite météorologique de nouvelle génération d'Eumetsat en Afrique centrale. On y voit le Soleil se refléter dans les eaux du fleuve Congo. (© Eumetsat)*



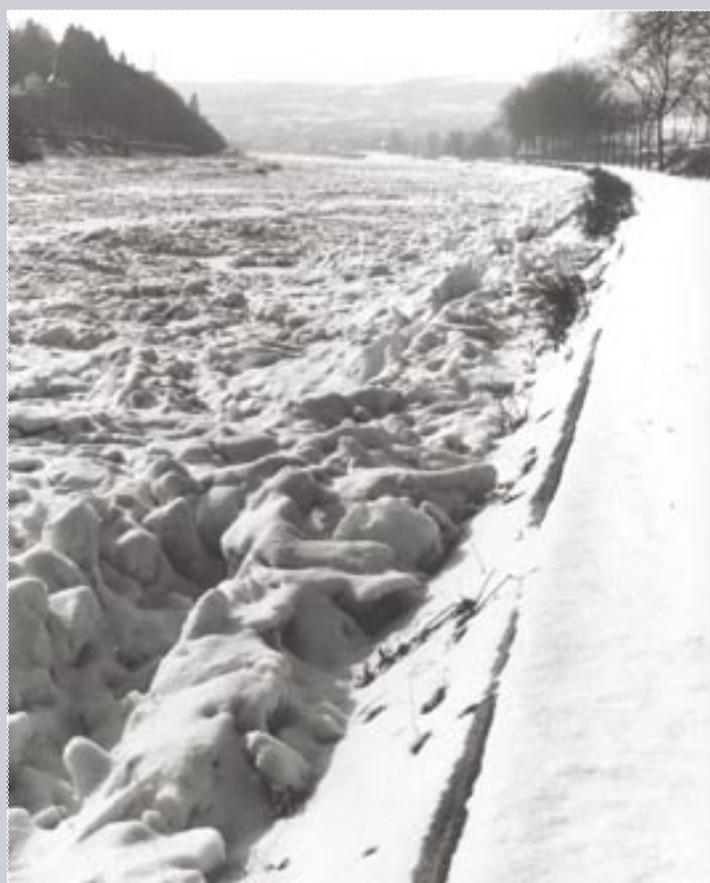
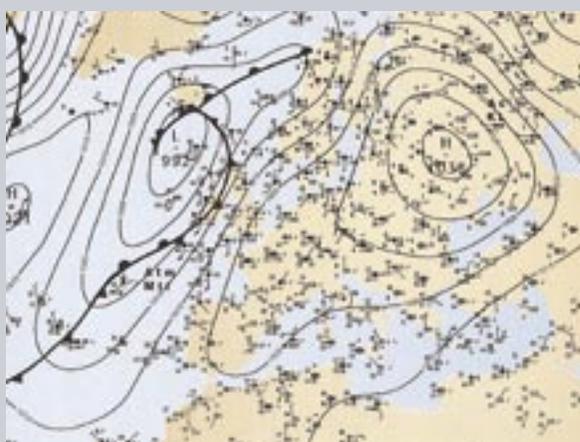


*La Belgique, bien que située dans une région de climat tempéré océanique, n'a jamais été épargnée par les événements météorologiques extrêmes, comme en attestent ces quelques photos tirées de l'ouvrage cosigné par quatre spécialistes de l'IRM « La Belgique au fil du temps ». (© IRM)*

Depuis Météosat 1, la filière des satellites météorologiques européens d'Eumetsat (Eumetsat est l'organisation intergouvernementale européenne chargée de l'établissement et de l'exploitation de systèmes opérationnels de satellites météorologiques) a pu compter sur le soutien sans faille de la Belgique, via l'IRM et ses scientifiques notamment, mais aussi via ses industriels.

Un exemple : le dernier-né de la famille, Météosat 9, qui a été placé en orbite en décembre 2005 par le lanceur Ariane 5 depuis le port spatial de l'Europe à Kourou (Guyane française) est doté d'un instrument intéressant tout particulièrement notre pays. Cet instrument, baptisé GERB, s'intéresse au bilan radiatif de notre planète, soit le rapport entre l'énergie reçue par la Terre et celle qu'elle ré-émet vers l'espace. Comme on le lira plus loin, cet instrument est le second du genre à être expédié en orbite géostationnaire. Son prédécesseur, lancé avec MSG-1, est aujourd'hui une source d'informations précieuse qui suscite déjà nombre de programmes de recherches dans huit pays différents. C'est avec le concours des spécialistes de l'IRM qu'il a été mis au point et avec leur savoir-faire actuel qu'il est exploité. En Belgique comme partout dans le monde, la météorologie est (aussi) devenue une science spatiale.

*Avant les satellites mais aujourd'hui encore, les carte synoptiques sont dessinées chaque jour dans les Instituts météorologiques européens, comme ici, à l'IRM. On y rapporte notamment les lignes isobares (pression atmosphérique), les vents et leurs intensités ou encore les lignes de fronts.*  
(© IRM)



# Eumetsat

## fête ses 20 ans d'existence

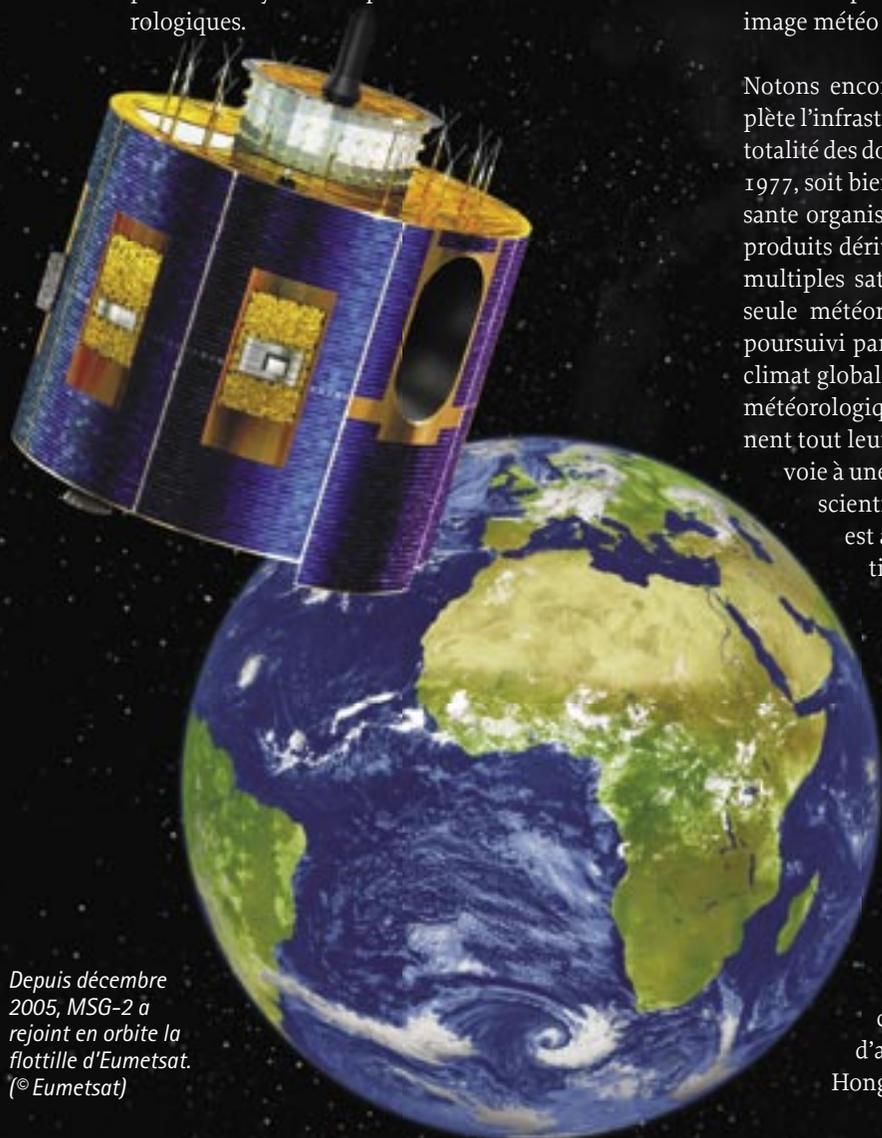
Tout le monde connaît l'ESA, l'Agence spatiale européenne dont le siège est à Paris. Mais limiter les compétences spatiales intergouvernementales en Europe à cette seule agence serait une erreur. Depuis 20 ans (on fêtera son 20<sup>e</sup> anniversaire le 27 juin prochain), Eumetsat, basée à Darmstadt (Allemagne), est également une organisation intergouvernementale européenne active dans le domaine spatial. On la décrit volontiers comme étant une agence opérationnelle, une agence au mandat clair. Elle est chargée d'établir et d'exploiter des systèmes opérationnels de satellites météorologiques.

Outre le segment spatial indispensable à l'accomplissement de sa mission (les satellites), il a également fallu mettre au point toute une série d'infrastructures au sol pour réceptionner les données recueillies en orbite, les acheminer vers l'un ou l'autre centre de traitement, les « décoder » et enfin les retransmettre vers les utilisateurs finaux soit comme classiques images météorologiques, soit sous forme de produits plus élaborés : cartes de températures de surface des océans, hauteur de sommets de nuages etc..., tout ceci bien entendu dans les délais les plus brefs. Rien ne sert de fournir une belle image météo avec 24 heures de retard !

Notons encore qu'un vaste système d'archivage complète l'infrastructure au sol d'Eumetsat. On y retrouve la totalité des données météorologiques produites depuis... 1977, soit bien avant la création formelle de cette imposante organisation intergouvernementale ! Ceci dit, les produits dérivés des données acquises en orbite par ses multiples satellites en service ne se limitent pas à la seule météorologie opérationnelle. Un autre objectif poursuivi par Eumetsat vise à surveiller l'évolution du climat global de notre planète. C'est ici que les archives météorologiques et leur exceptionnelle qualité prennent tout leur sens. Cet autre pôle d'excellence ouvre la voie à une multitude d'applications et de recherches scientifiques. C'est parce que l'action d'Eumetsat est aussi diversifiée et complète (segment spatial, stations au sol, traitement et livraison des données etc.) qu'on parle volontiers du « Système Eumetsat » pour qualifier son action.

Eumetsat compte aujourd'hui 19 États membres européens : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Slovaquie, la Suède, la Suisse et la Turquie. L'organisation a également signé quelques accords de coopération privilégiée avec une dizaine d'autres pays : la Bulgarie, la Croatie, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, la Pologne, la

Depuis décembre 2005, MSG-2 a rejoint en orbite la flottille d'Eumetsat. (© Eumetsat)



# Les outils

Roumanie, la Serbie et le Monténégro, la Slovénie et la République tchèque. L'Islande est le dernier pays en date à avoir rejoint le club des États coopérants d'Eumetsat. C'était le 12 décembre 2005. Ce pays, comme les autres partenaires de l'organisation, a désormais accès aux données produites 24 heures sur 24, chaque jour de l'année, notamment via EUMETCast, le système de diffusion numérique de données environnementales d'Eumetsat qui retransmet aussi les données des satellites polaires américains de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), dont celles des instruments européens embarqués sur ces satellites.

Si les données et les images générées par Eumetsat sont principalement destinées aux Services météorologiques nationaux des états membres et coopérants, plusieurs agences internationales (UNESCO, FAO, PNUE, OMM, ECMWF, NOAA) en profitent également, de même qu'un large éventail d'autres utilisateurs privés qui ont acquis des licences à cette fin. Bien entendu, les universités et instituts de recherche s'appuient sur les données Meteosat pour leurs propres recherches et leur enseignement. Notons à ce propos que l'accès aux données Meteosat pour tout usage à des fins scientifiques et pédagogiques est gratuit. Il suffit de demander une licence à l'Organisation.

La Belgique est membre d'Eumetsat depuis la création de cette organisation. Chaque année, elle participe à son financement à hauteur de 3% (2,79% en 2005) de son budget qui en 2005 totalisait 292 millions d'euros.

*Le quartier général d'Eumetsat est installé à Darmstadt, en Allemagne. Cette agence spatiale européenne « opérationnelle » gère la flotte de satellites météorologiques de l'Europe et offre une multitude de services associés. En 2006, Eumetsat fête ses 20 ans d'existence. (© Eumetsat).*



Les satellites géostationnaires d'Eumetsat ont été baptisés Météosat. Ils ont été développés dans le cadre d'un programme de l'ESA. Mais qu'on ne s'y trompe pas : sous ce vocable se cachent plusieurs générations d'engins. Aux Météosat 5, 6 et 7 toujours opérationnels en orbite à 36.000 Km d'altitude sont venus s'ajouter depuis 2002, MSG-1 (le premier « Météosat de seconde génération » appelé depuis sa mise en service opérationnelle Météosat-8) et depuis décembre dernier MSG-2. Ces engins de seconde génération mis au point avec le concours de l'ESA et d'autres partenaires européens (dont la Belgique pour l'instrument GERB. Voir ci-dessous) sont bien plus performants que leurs aînés.

Là où Météosat 7 livre des données toutes les demi-heures sur trois canaux, les MSG distillent des données acquises sur 12 canaux tous les quarts d'heure. Pratiquement, Météosat-6, 7 et 8 ainsi que MSG-2 sont positionnés au-dessus de l'Europe et de l'Afrique, tandis que Météosat-5 est centré sur l'Océan Indien.

Au total, quatre MSG seront lancés. Ils devraient être opérationnels jusqu'en 2018. Ensuite, place à la troisième génération de satellites météorologiques européens : les « MTG ». À Darmstadt comme à Paris et ailleurs en Europe, on s'est déjà attelé à la définition de ces nouveaux engins qui assureront la continuité des opérations pour la période 2015-2030.

Entre-temps, et quasi dans l'immédiat, un autre type de satellites météorologiques européens se prépare à prendre le chemin de l'espace : les satellites à défilement, ou satellites polaires. Les trois satellites « Metop » d'Eumetsat – également développés dans le cadre d'un programme de l'ESA – ne vogueront plus à 36.000 kilomètres de la Terre mais bien à 850 kilomètres à peine. Plus question dès lors pour eux de rester figés au-dessus d'un même point du globe, comme c'est le cas pour les satellites géostationnaires. Au contraire, ils « défilent » sans cesse au-dessus de nous en passant à proximité des pôles. Chaque jour, ils boucleront ainsi 14 orbites.

L'avantage que représente ce type de satellites concerne leur « acuité », serait-on tenté de dire. Bien

# spatiaux

plus proche de la Terre, ils n'ont certes pas la vision globale de leurs frères les Météosat, par contre, ils fourniront des informations nettement plus précises, indispensables aux prévisions météo.

Grâce à ces satellites à défilement, des zones peu ou non visibles par les satellites géostationnaires (comme l'autre côté de la planète par exemple ou encore les régions polaires vues sous un angle trop rasant par les Météosat) bénéficieront d'une meilleure surveillance. Le premier des satellites Metop d'Eumetsat devrait être lancé fin juin 2006, depuis le cosmodrome de Baïkonour, au Kazakhstan.

*Parmi les relais au sol à la disposition d'Eumetsat pour réceptionner les données satellitaires, on retrouve cette station dans l'archipel arctique du Svalbard, placé sous autorité norvégienne. Cette station sera particulièrement importante pour la réception des données que transmettront les satellites polaire Metop d'Eumetsat.*

## Les instruments embarqués sur les satellites Metop

Instrument	Appellation complète	Fonction
AVHRR-3	Radiomètre avancé à très haute résolution	Imagerie des nuages, des océans et des surfaces terrestres
HIRS/4	Sondeur du rayonnement infrarouge à haute résolution	Température et humidité de l'atmosphère sans nuage
AMSU-A	Sondeur de température hyperfréquence	Température de l'atmosphère globale dans toutes les conditions
MHS	Sondeur hyperfréquence pour la détermination de l'humidité	Mesure de l'humidité de l'atmosphère locale
IASI	Interféromètre de sondage de l'atmosphère dans l'infrarouge	Sondages atmosphériques avancés
GRAS	Récepteur du système de satellites de navigation mondiale pour les sondages atmosphériques	Température de la haute troposphère et de la stratosphère avec une haute résolution verticale
ASCAT	Diffusiomètre avancé	Vitesse du vent près de la surface des océans
GOME-2	Expérience de surveillance de l'ozone à l'échelle globale	Ozone et autres constituants de la troposphère et de la stratosphère





# Les mouvements des océans

## suivis de haut par Jason-2

Le nouveau satellite d'altimétrie radar de surveillance des océans, Jason 2, est en orbite.  
© CNES

Une autre catégorie de satellites spécialisés, ceux dédiés à l'altimétrie radar, constitue une source complémentaire d'informations utiles aux météorologues et aux climatologues en étudiant les mers et les océans de la planète.

Les océans recouvrent 70 % de la surface de la Terre. Les courants océaniques et les phénomènes tels qu'El Niño jouent un rôle important dans l'évolution des climats. Pour comprendre ce qui se passe sur ces vastes étendues aquatiques, Eumetsat prend une part active au projet de satellite Jason 2 qui devrait être lancé en 2008. La mission de ce radar d'altimétrie sera de surveiller en permanence les océans, en mesurant les niveaux des mers et les hauteurs des vagues et en établissant des prévisions destinées à la navigation maritime.

Ce type d'outil n'est pas neuf. Mais ici aussi, la volonté est d'assurer la continuité des mesures. Cela fait aujourd'hui 13 ans que les observations altimétriques sont menées en permanence depuis l'espace grâce au satellite Topex/Poséidon, fruit d'une coopération entre la NASA (l'Agence spatiale américaine) et le CNES (le Centre national d'études spatiales français). Celui-ci vient d'être admis à la retraite (début 2006) après quasi 62 000 orbites autour de la Terre. Cet engin a fourni pour la première fois une couverture globale et continue de la topographie de la surface des océans et a permis aux chercheurs de distinguer des variations océaniques hebdomadaires.

Bref, il a été à l'origine d'une avancée considérable dans notre compréhension des océans et de leurs effets sur les conditions climatiques du globe. Ce satellite a contribué à la prévision des ouragans et des phénomènes El Niño/La Niña, la recherche sur les océans et le climat, la

navigation maritime, les industries *off-shore*, la gestion de la pêche, la recherche sur les mammifères marins, la modernisation des modèles globaux de marées et le suivi des débris en mer. Les données de Topex/Poséidon ont fait l'objet de plus de 2100 publications de recherche à ce jour.

Pour compléter et préciser les données de Topex/Poséidon, une première mission Jason-1 a été lancée en décembre 2001. Elle poursuit les études sur la façon dont la circulation océanique affecte le climat. Jason cartographie précisément tous les dix jours le niveau de la mer, la vitesse du vent et la hauteur des vagues de 95 pour cent des océans non glacés de la Terre. Les données fournissent une contribution inestimable aux prévisions météorologiques à court terme et aux prévisions climatiques à long terme.

Avec Jason-2, cette continuité des mesures est assurée, et avec une précision dans les données toujours plus grande. Doté de six instruments (deux altimètres, un récepteur GPS, un système de localisation du satellite (récepteur de poursuite) depuis le sol, un radiomètre et un réseau de réflecteur laser), Jason-2 mesurera l'élévation des mers et des océans avec une précision de l'ordre du centimètre.

La participation d'Eumetsat à ce programme, initialement conçu par la NASA et le CNES, consistera à commander et à contrôler le satellite Jason-2 et à traiter et diffuser ses données et les produits qui en découleront, cette dernière responsabilité étant partagée avec la NOAA américaine.

Le programme est le premier programme optionnel d'Eumetsat. La Belgique y participe à hauteur de 3,1%.

# Les « SAF » : des véritables centres d'excellence

Pour « digérer » la masse d'informations toujours plus importante et plus pertinente que les satellites météorologiques transmettent vers la Terre, Eumetsat peut bien sûr compter sur ses spécialistes « maison ». C'est d'ailleurs ce qu'elle fait depuis toujours pour l'élaboration de certains produits comme par exemple les vents de déplacement des nuages ou encore la caractérisation des températures au sommet des nuages.

Mais cette organisation peut également se reposer sur les compétences des spécialistes relevant des différents services météorologiques nationaux et d'autres institutions spécialisées de ses états membres. C'est précisément sur le principe d'une vaste collaboration entre tous ces partenaires que les « SAF », les « Centres d'applications satellitaires » d'Eumetsat ont vu le jour. Les SAF sont responsables du traitement des données satellitaires. Qu'elles soient issues des engins européens ou de ceux relevant de tiers (NOAA-National Oceanic and Atmospheric Administration). Leur mission est simple mais aussi ambitieuse. Chaque SAF transforme ces données en produits élaborés, en applications spécialisées. Ces produits spécialisés sont ensuite utilisés par les services météorologiques dans les États-membres d'Eumetsat pour des tâches opérationnelles et pour la recherche scientifique.

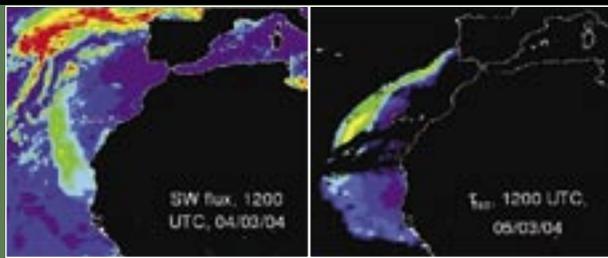
Actuellement, il existe huit SAF dont les activités sont coordonnées par Eumetsat. Chacun d'entre eux est dirigé par un consortium d'organisations placé sous l'égide d'un service météorologique national. Ces centres d'excellence travaillent chacun sur une thématique particulière :

- La prévision du temps immédiate et à très court terme, placée sous la direction de l'Institut météorologique espagnol.
- Les océans et les glaces de mer, gérés par Météo-France.
- La surveillance du climat, dirigée par le Service météorologique allemand.

- La prévision numérique du temps est pour sa part placée sous la responsabilité du Met Office britannique.
- L'analyse des terres émergées, dirigée par l'Institut météorologique portugais.
- Le suivi de l'ozone, dirigé par le Service météorologique finlandais.
- La météorologie à partir des données de sondages atmosphériques réalisés grâce au système mondial de navigation par satellite (GNSS), est elle sous la tutelle de l'Institut météorologique danois.
- L'hydrologie opérationnelle et la gestion de l'eau enfin sont placées sous la responsabilité du Service météorologique italien.

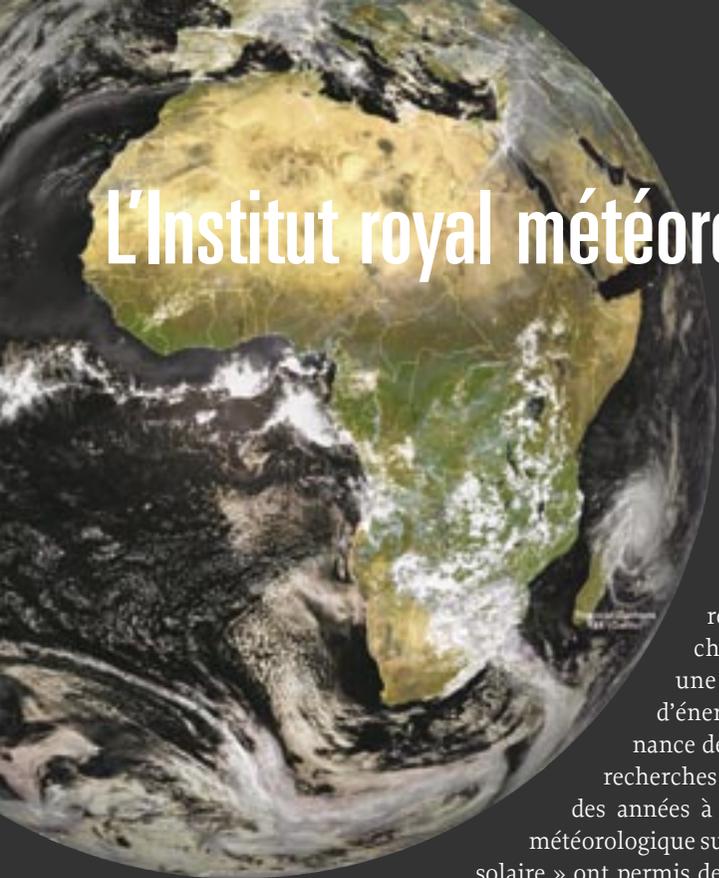
La Belgique n'est à la tête d'aucun de ces centres d'excellence mais nos spécialistes n'en sont pas moins actifs dans l'un ou l'autre des divers domaines couverts. En réalité, l'Institut royal météorologique participe aux travaux de quatre SAF : ceux traitant de l'ozone, du climat, des terres émergées et tout récemment aussi du SAF « hydrologie ».

Quant aux applications que ces SAF proposent, pointons par exemple la prévision à court terme de phénomènes dangereux et subits tels les orages ou les tornades qui peuvent menacer le transport aérien ; l'amélioration de la sécurité du trafic maritime avec des infos sur les caractéristiques des glaces flottantes, les vecteurs vent, les flux d'énergie ; la surveillance de l'évolution du climat mondial et leur impact sur les cycles hydrologiques ; la prévision et la surveillance de sécheresses ; la recherche des causes et effets de la pollution dans les hautes couches de l'atmosphère.



Les chercheurs du Imperial College de Londres utilisent les données de GERB pour quantifier le forçage radiatif dû aux aérosols, comme par exemple au début Mars 2004 lorsqu'un nuage de poussière arraché du Sahara par le vent se répand sur des milliers de kilomètres au dessus de l'atlantique. Les images montrent le détecteur du nuage de sable sur base du canal SEVIRI à 0.6µm et le flux solaire GERB. (© IRM)

# L'Institut royal météorologique brille de mille feux



Tempêtes de sable dans le Sahara.  
(© Eumetsat)

Notre machine climatique est continuellement alimentée en énergie par le Soleil. La Terre reçoit en effet à chaque instant une bonne dose d'énergie en provenance de son étoile. Les recherches menées depuis des années à l'Institut royal météorologique sur la « constante solaire » ont permis de caractériser ce flot énergétique. Cette constante exprime la quantité d'énergie solaire reçue par la surface terrestre exposée directement aux rayons de notre étoile si l'atmosphère n'existait pas. Cette fameuse constante est égale à environ 1366 watts par mètre carré. Elle fluctue quelque peu dans le temps, comme en attestent les résultats engrangés par les chercheurs de l'IRM, notam-

ment grâce à leurs instruments de mesure (des radiomètres) embarqués depuis plus de vingt ans sur divers engins spatiaux.

Mais quand on parle de climat, il ne faut pas perdre de vue que la Terre elle-même ré-émet vers l'espace une bonne partie de l'énergie qu'elle reçoit. Heureusement pour nous ! Nous subirions sinon des conditions de températures semblables à celles de Vénus. C'est à dire parfaitement invivables.

Connaître les fluctuations de cette ré-émission est tout aussi important pour les scientifiques. C'est à ce type d'échanges que s'intéresse tout particulièrement l'instrument GERB (*Geostationary Earth Radiation Budget* ou bilan radiatif géostationnaire de la Terre) qui équipe les Météosat de seconde génération. Un instrument qui concerne tout particulièrement la Belgique puisqu'en collaboration avec des partenaires britanniques et italiens, l'IRM et la société Amos (Liège) ont non seulement participé à l'élaboration de GERB, mais en outre, c'est notre pays qui fournit la moitié des services et de l'infrastructure au sol liés à cet instrument.

Le second satellite météorologique de seconde génération, MSG2, est également doté de l'instrument GERB, un radiomètre qui intéresse particulièrement la Belgique.  
(© Eumetsat)



Le premier instrument GERB a été lancé en orbite avec le satellite MSG-1. Le second radiomètre GERB vient de prendre le chemin de l'orbite géostationnaire avec MSG-2, en décembre dernier. Deux autres copies de cet instrument équiperont encore les prochains Météosat de nouvelle génération. De quoi assurer pendant 15 ans une surveillance ininterrompue du bilan radiatif de la Terre.

## GERB, mode d'emploi

L'instrument GERB est un radiomètre observant la Terre dans deux domaines spectraux. L'un couvre le spectre solaire (0,32 à 4,0  $\mu\text{m}$ ), l'autre couvrant une surface plus étendue du spectre électromagnétique (0,32 à 30  $\mu\text{m}$ ). Le but de ces deux mesures est de combiner leurs données pour en extraire les informations concernant le rayonnement thermique émis par la Terre (dans le domaine spectral de 4,0 à 30  $\mu\text{m}$ ). Les observations sont répétées toutes les 15 minutes.

La résolution au sol de l'instrument est de l'ordre de 50 kilomètres. Après traitement des données, on peut arriver à une résolution d'environ 10 kilomètres. De quoi suivre sans problème l'impact des nuages et de leur évolution sur le bilan radiatif ou encore la manière dont les vastes tempêtes de sable du Sahara peuvent affecter le temps et le climat sur nos régions.

# Rencontre avec Nicolas Clerbaux

Nicolas Clerbaux est ingénieur à l'Institut royal météorologique (section *Téledétection à partir de l'espace*). Il travaille sur les données provenant du radiomètre GERB.

**Space Connection :** Qui exploite les données de l'instrument GERB ?

**Nicolas Clerbaux :** Les données de l'instrument GERB sont traitées en partie par l'Institut royal météorologique, à Uccle avant d'être transmises aux équipes de chercheurs. Jusqu'à présent les données de GERB étaient en cours d'évaluation. Elles étaient néanmoins mises à la disposition des scientifiques mais avec les réserves d'usage, toutes les activités de validation n'étant pas encore finalisées. En pratique cela signifiait que les données ne devaient pas servir de base à des publications dans les revues scientifiques. Du 14 au 16 décembre derniers, le comité d'accompagnement scientifique de l'expérience (appelé GIST ou *GERB International Science Team*) s'est réuni à Londres pour analyser les derniers résultats des validations de l'instrument. Ce comité a donné son feu vert à la dissémination des données. Les trois années de données déjà accumulées seront retraitées avec la dernière version de la chaîne de traitement approuvée et pourront dès lors être utilisées « officiellement ». Pour l'instant, nous dénombrons 33 utilisateurs enregistrés pour les données de GERB. On s'attend à ce que ce nombre augmente maintenant que les données sont utilisables pour des publications scientifiques.

**SC :** Des équipes scientifiques belges utilisent-elles déjà ces données ?

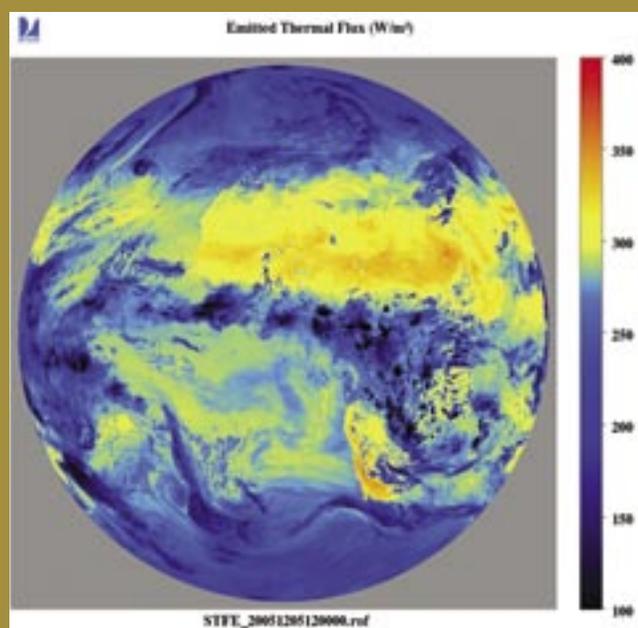
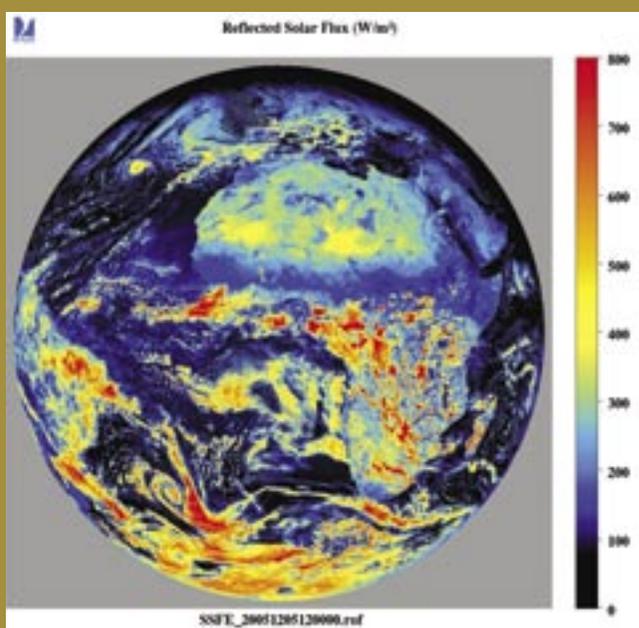
**NC :** Les utilisateurs se répartissent dans huit pays : Allemagne, États-Unis, France, Pays-Bas, Royaume-Uni,

Canada, Espagne et Suisse. Rien ne s'oppose à ce que des scientifiques belges puissent en disposer. On pense ici à nos excellents centres de recherche universitaires sur le climat ainsi qu'aux agences régionales en charge de l'environnement. A l'IRM, nous étudions encore la possibilité d'utiliser ces données pour notre modèle à maille fine, Aladin, afin d'améliorer nos prévisions.

**SC :** Quelles sont les principales applications que cet instrument autorise ?

**NC :** Sans être exhaustif, les principales applications concernent le SAF Climat d'Eumetsat auquel l'IRM participe activement. Le SAF sur le climat a pour mission la génération, l'archivage et la distribution de produits satellitaires en rapport avec la machine climatique et ceci sur un mode opérationnel. Dans ce cadre, les données de l'instrument GERB sont utilisées à l'IRM pour le calcul des moyennes mensuelles du flux solaire réfléchi et du flux thermique, au sommet de l'atmosphère. Les données de GERB sont également utilisées par nos collègues du Service météorologique allemand (DWD) pour estimer les flux radiatifs au niveau de la surface terrestre après correction de l'absorption atmosphérique.

Les données issues de GERB permettent d'améliorer les modèles de prévision climatique et météorologique. En sus de l'incertitude concernant les projections d'émission de gaz à effet de serre (protocole de Kyoto, développement de la Chine et de l'Inde, ...), les prévisions climatiques restent entachées d'incertitudes qui sont dues aux difficultés de modéliser l'interaction entre d'une part le rayonnement et d'autre part les nuages et les aérosols.



L'instrument GERB, sur MSG, est piloté par les chercheurs de l'IRM, à Uccle. Voici un exemple des informations que ce type d'instrument peut apporter aux scientifiques. Dans l'image thermique on voit bien l'effet de réchauffement dû aux nuages qui empêchent le rayonnement de s'échapper vers l'espace. L'image du flux solaire réfléchi montre elle l'effet refroidissant des nuages et des surfaces brillantes (neige, désert). (© IRM)

Dans ce cadre, GERB est utilisé pour valider les schémas radiatifs des modèles de prévision climatique. Il s'agit par exemple du projet SINERGEE qui exploite les données de GERB en temps réel pour valider le modèle unifié de prévision climatique et météorologique du *Met-Office* anglais. Les scientifiques anglais visent en particulier à détecter toute erreur systématique entre leur modèle et les observations fournies par GERB.

Le forçage radiatif dû aux nuages est également bien visible sur les images. Les nuages interagissent avec le rayonnement de deux manières opposées: d'un côté ils refroidissent le climat en réfléchissant une grande partie de l'énergie solaire incidente alors que d'un autre côté ils induisent un réchauffement en empêchant le rayonnement thermique de s'échapper vers l'espace.

L'effet net de la présence d'un nuage (le "forçage radiatif") est très variable selon le type de nuages, de leur hauteur ainsi que de la localisation sur le globe. Dans ce cadre, GERB a été utilisé pour caractériser finement les effets radiatifs des nuages convectifs sur la ceinture tropicale. L'orbite géostationnaire de l'instrument est ici cruciale afin de bien prendre en compte le cycle diurne de la convection (ce type de nuages se développe en fin d'après-midi au-dessus de surfaces surchauffées et perdure le reste de la journée).

L'étude du forçage radiatif dû aux aérosols est également une des applications phares de GERB. Les aérosols, fines particules en suspension dans l'air, jouent un rôle important dans le système climatique, bien qu'encore mal quantifié. De ce point de vue, le champ de vue de Météosat est particulièrement intéressant car il englobe

les principales sources d'aérosols planétaires: fumée de combustion de biomasse en Afrique tropicale, nuages de poussière due au vent (tempête de sable)...

Enfin, l'instrument peut aussi servir à étudier la mousson africaine. Les mesures du bilan radiatif fournies par l'instrument GERB seront utilisées lors du programme international d'étude de la mousson de l'Afrique de l'Ouest (programme AMMA: Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine). Cette partie du programme AMMA s'appelle RADAGAST (*Radiative Atmospheric Divergence using ARM Mobile Facility, GERB data and AMMA stations*) qui est dirigé par le Professeur Tony Slingo du *Environmental Systems Science Centre* de l'université de Reading au Royaume-Uni.

**SC :** Le lancement en décembre dernier du second satellite MSG, également doté d'un radiomètre GERB, va-t-il améliorer la qualité des observations dans ce domaine?

**NC :** On l'a vu, GERB s'inscrit parfaitement dans un programme opérationnel. Le second instrument GERB en orbite nous permettra d'assurer une plus grande fiabilité des observations dans le temps. Nous disposons à présent d'un instrument de réserve en cas de problème avec le premier.



L'instrument GERB :

[www.ssd.rl.ac.uk/gerb/](http://www.ssd.rl.ac.uk/gerb/)

GERB à l'Institut royal météorologique de Belgique :

<http://gerb.oma.be>

Pour observer l'ensemble des nuages qui à un moment précis recouvrent la Terre dans son intégralité, il faut faire appel à plusieurs satellites météorologiques géostationnaires fixés en divers endroits de l'équateur. Cette composition d'images issues de cinq satellites en est un bel exemple. (© Eumetsat)



18th January 2005 at 15:00 GMT

World Cloud Map

# Les satellites météorologiques dans le monde

L'Europe n'a bien entendu pas l'exclusivité de l'exploitation des satellites météorologiques. Faut-il rappeler que ce sont les États-Unis qui, historiquement, ont déployé les premiers engins de ce genre en orbite dès 1959. Et comme on le lira ci-dessous, ils sont toujours bien présents en orbite. Voici un aperçu mondial des satellites météo en orbite fin 2005 et leurs principaux successeurs. (Source : *Image*, numéro 23, Eumetsat)

## Europe

Outre les satellites européens géostationnaires de la filière Météosat (5, 6, 7 et 8) et MSG-2, lancé en décembre 2005 et qui deviendra à terme un Météosat-9, l'Europe se prépare à lancer cet été (fin juin) son premier satellite météorologique à défilement Metop. Les satellites européens étant très fiables, Eumetsat a prêté à plusieurs reprises un satellite à d'autres organisations, notamment à l'Union Européenne et à l'Inde.

## Russie

Le satellite Meteor-3M-N1 à défilement se trouve sur une orbite héliosynchrone du matin.

Le Meteor-3M-N2 devrait être lancé en 2006 et le Meteor 3M-N3 en 2008. Quant au satellite géostationnaire GOMS-N2, on attend son lancement pour 2007. Il sera placé à 76° Est.

## États-Unis

Au titre d'un accord de coopération entre la NOAA et le JMA (Japon), GOES-9 est posté à 155° Est sur le Pacifique depuis mai 2003, pour assurer la couverture opérationnelle de cette région jusqu'au lancement du satellite japonais MTSAT-2.

GOES-10 (West), à 135° ouest est le satellite principal de la région Ouest.

GOES-11 est en attente à 105° Ouest, prêt à intervenir pour GOES East et GOES West.

GOES-12 (East) à 75° Ouest est le satellite principal de la région Est.

GOES-N (futur GOES-13) sera posté à 135° ou 75° Ouest, en fonction des besoins.

NOAA-12, initialement prévu pour couvrir l'orbite du matin, il a été mis en mode d'attente sur une orbite de l'après-midi.

NOAA-14 sert de réserve en orbite aux satellites NOAA-16 et -18.

NOAA-15 est en orbite polaire du matin et sert de réserve à NOAA-17.

NOAA-16 est le premier satellite de réserve de NOAA-18.

NOAA-17 Ce satellite principal pour l'orbite polaire du matin ne fournit plus de données depuis la panne du moteur de balayage de son instrument AMSU-A1 en octobre 2003. Cette mission est assurée par NOAA-15.

NOAA-18 Premier satellite du Système polaire commun initial (IJPS) lancé le 20 juin 2005. Il est opérationnel depuis le 30 août.

Le lancement du satellite NOAA-N est prévu en 2007/2008

## Japon

GMS-5 lancé en 1995 et posté à 140° Est, connaît des pannes dans ses observations en infrarouge et en visible.

Le MTSAT-1R a été lancé en février 2005. Le MTSAT-2 devrait l'être dans le courant du mois de février 2006.

## Inde

Kalpana-1, encore appelé Metsat, est le premier satellite indien exclusivement consacré aux observations météorologiques. Cet engin géostationnaire est posté à 74° Est.

Insat-2E, est exploité à 83° Est. Il comprend uniquement un détecteur optique CCD.

Insat 3A est exploité à 93,5° Est. Quant à Insat-3D, son lancement est prévu cette année.

## Chine

Fengyun-1D (FY-1D), lancé en mai 2002, est exploité sur une orbite héliosynchrone de début de matinée.

FY-2A continue de servir de réserve à 86,5° Est

FY-2B sert de réserve à FY-2C à 123,5°

FY-2C est le satellite géostationnaire principal à 105° Est.

FY-2DFY-2E devraient être respectivement lancés en 2006 et 2009.

FY-3A, premier exemplaire de la deuxième génération de satellites météorologiques chinois en orbite polaire, devrait être lancé en 2006. Les six modèles suivants de cette série seront lancés entre 2006 et 2020.

FY-3B devrait être lancé en 2009.

# L'Organisation météorologique mondiale et son programme spatial

Pour établir des prévisions météorologiques fiables et à long terme, des données locales, régionales voire continentales ne suffisent plus. Pour comprendre et anticiper les évolutions du climat, même à l'échelle locale, une vision globale des phénomènes météorologiques s'impose. Et comme on le verra dans les lignes qui suivent, cette vision météorologique globale est également un outil de choix pour mener une série de recherches liées à notre environnement et à son évolution.

Cette vision globale est aujourd'hui une réalité grâce à la mise en commun des données recueillies par les satellites météorologiques en orbite, quelles que soient leurs nationalités. Cette mise en commun nécessite une coordination internationale. C'est ici qu'intervient l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

L'OMM coordonne les activités scientifiques internationales qui visent à fournir, dans des délais toujours plus courts, au secteur public comme au secteur privé, aux particuliers comme aux entreprises (et tout particulièrement à certains secteurs d'activités tels le transport aérien et le transport maritime), une information et divers services météorologiques de grande qualité. Établie à Genève, l'Organisation météorologique mondiale compte 187 membres, dont la Belgique qui y contribue à hauteur de 1,1%. C'est une institution spécialisée (et scientifique) des Nations-Unies pour tout ce qui concerne l'atmosphère et le climat de notre planète. Cette organisation a été créée en 1947 et est entrée en fonction en 1951. Elle a ainsi succédé à l'ancienne Organisation météorologique internationale (OMI).

## Les principaux programmes de l'OMM

### Climatologie mondiale

Depuis les années 1990, c'est une évidence, les changements climatiques font chaque jour l'actualité. Pour établir leurs plans nationaux de développement et adapter leur politique en fonction d'une situation évolutive, les gouvernements ont besoin de données climatologiques.

Créé en 1979, le Programme climatologique mondial (PCM) comporte les volets suivants: le Programme mondial des données climatologiques et de surveillance du climat, le Programme mondial d'évaluation des incidences du climat et de formulation de stratégies de parade, le Programme mondial de recherche sur le climat. Il s'appuiera désormais sur le Système mondial d'observation du climat (SMOC) qui fournira une information exhaustive sur l'ensemble du système climatique de la planète dans lequel intervient toute une gamme de mécanismes et de propriétés touchant l'atmosphère, l'océan, l'hydrosphère, la cryosphère et la biosphère.

Le Programme climatologique mondial a pour objectif de mettre à profit l'information climatologique disponible pour améliorer la planification économique et sociale; d'approfondir nos connaissances du système climatique par la recherche fondamentale de façon à définir ensuite dans quelle mesure l'homme agit sur le climat et dans quelle mesure il peut le prévoir. Ceci bien sûr afin d'aviser les gou-

vernements de toute variation ou tout changement climatique imminents, d'origine naturelle ou anthropique, qui pourraient exercer de graves répercussions sur les activités humaines.

Il joue ainsi un rôle technique au sein du GIEC, une structure sans doute mieux connue du grand public. En 1988, c'est en effet l'OMM et le PNUE (le programme des Nations-Unies pour l'environnement) qui ont mis en place le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat ou GIEC. Sa mission ? Apprécier l'évolution du climat de la planète et les effets de cette évolution, sur l'économie notamment. Dans le premier rapport d'évaluation qu'il a remis en 1990, le GIEC faisait (déjà) état d'une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre imputables à l'homme.

### Recherche atmosphérique et environnement

Le programme consacré à la recherche atmosphérique et à l'environnement porte sur l'étude de la structure et de la composition de l'atmosphère. Cela comprend la physique et la chimie des nuages, la modification artificielle du temps, la météorologie tropicale et la prévision météorologique. Ce grand programme a aussi vocation d'aider les membres de l'OMM dans leurs recherches sur les changements climatiques.

Un exemple de ses réalisations : le système mondial d'observation de l'ozone. Il remonte aux années 50. Aujourd'hui, plus de 140 stations d'observation de l'ozone basées au sol et complétées par des satellites forment dans le monde entier un réseau de surveillance continue de ce gaz dont l'appauvrissement dans la stratosphère a depuis débouché sur « la Convention internationale sur la protection de la couche d'ozone ».

Autre résultat engrangé par ce programme de recherche : la création du réseau de stations de surveillance de la pollution atmosphérique de fond. Ce réseau a apporté la preuve d'une augmentation continue des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre tels que le CO<sub>2</sub> et le méthane.

## Applications météorologiques

L'information météorologique peut être utilisée dans de nombreux domaines. On a déjà parlé des transports aériens et maritimes. Mais dans certains pays, c'est avant tout dans le domaine de l'agriculture que l'information météo la plus précise possible peut s'avérer primordiale. Qu'il s'agisse de ne pas exposer les cultures à trop de précipitations par exemple (afin de limiter les pertes imputables aux maladies et parasites des végétaux) ou au contraire de lutter contre une sécheresse persistante. Une de ces applications porte tout simplement le nom de « bulletin agrométéorologique ».

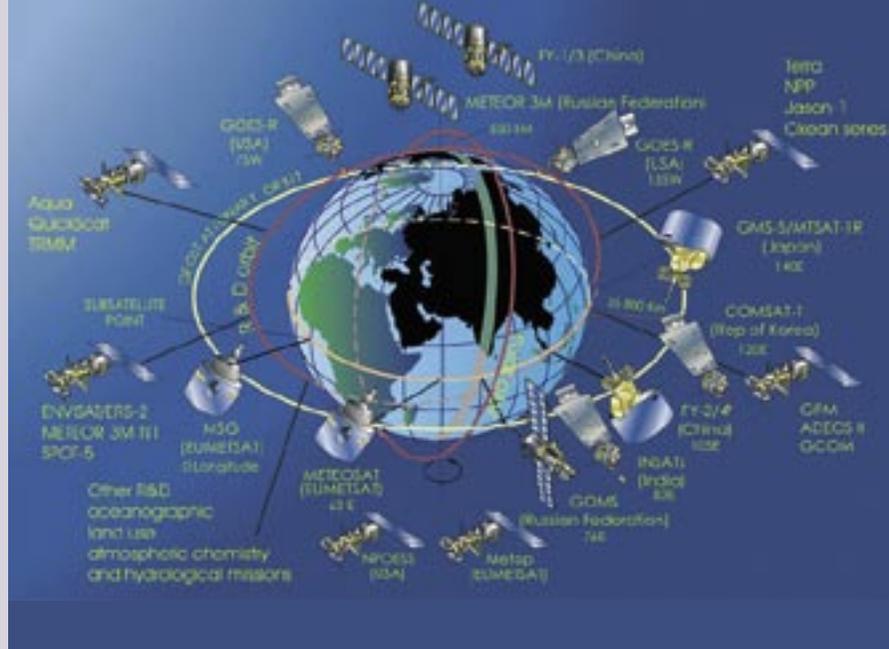
Le programme des applications de l'OMM porte donc tout naturellement sur la météorologie agricole, la météorologie aéronautique, la météorologie maritime et les services destinés au public.

## Hydrologie et ressources en eau

La guerre de l'eau est-elle pour demain ? On connaît l'importance stratégique de la préservation des ressources en eau douce sur Terre. C'est aujourd'hui un enjeu mondial. La mission que veut jouer dans ce contexte l'OMM est une mission de paix. Une mission visant à assurer « la paix de l'eau » à l'échelle de la planète.

Comment ? En facilitant la coopération entre pays se partageant un même bassin hydrographique par exemple. Un problème plus récent est celui de la gestion des approvisionnements en eau dans les mégapoles et dans les régions agricoles. Ce programme de l'OMM s'intéresse aussi aux risques de crues. Quand un fleuve sort de son lit, la sécurité des personnes et des biens est menacée. En fournissant des prévisions spécialisées pour les zones à risque, l'OMM tente de réduire « les dégâts » que pareils événements ne manquent jamais de causer.

Le Programme d'hydrologie et de mise en valeur des ressources en eau a essentiellement pour but de favoriser une coopération mondiale dans l'évaluation des ressources en eau, dans la mise en place de réseaux et de services hydrologiques, la collecte et le traitement de données, l'établissement de prévisions et d'avis hydrologiques pour la conception des réseaux (hydrologie opérationnelle, applications et environnement).



## Enseignement et formation professionnelle

C'est le programme d'échange de savoirs scientifiques et de savoir-faire par excellence. L'OMM organise des cours spécialisés, des séminaires et aide à mettre au point du matériel didactique. L'Organisation mène aussi des enquêtes sur les besoins en matière de formations, érige ou actualise des centres régionaux de formation.

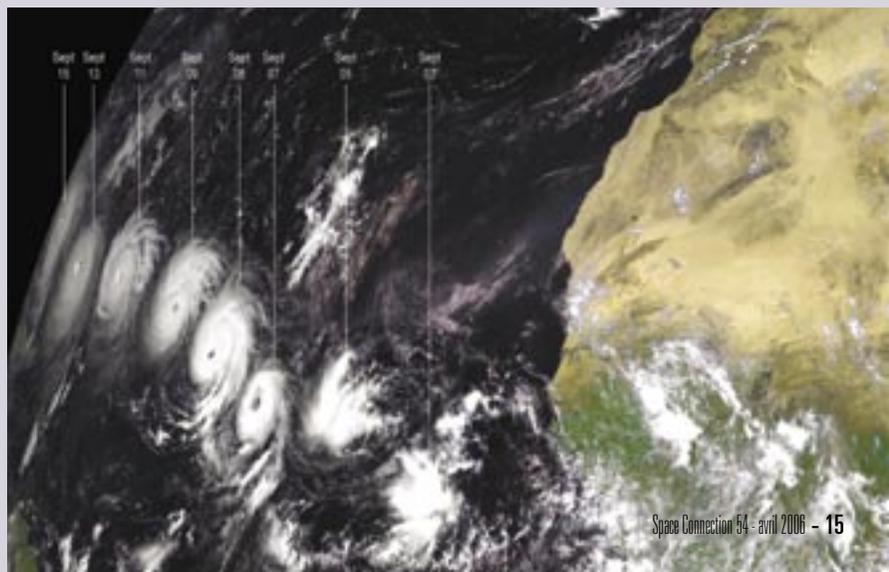
## Coopération technique

Ce programme de coopération vise à combler les lacunes et les retards techniques des pays membres en voie de développement dans les domaines de la météorologie et de l'hydrologie. L'Organisation météorologique mondiale les aide à développer leurs compétences techniques et leurs équipements utiles aux services météorologiques et hydrologiques nationaux. Ce programme de mise à niveau géré par l'OMM n'est pas une initiative isolée. L'Organisation travaille main dans la main avec d'autres agences des Nations Unies, comme le PNUD, le PNUF, le Fonds mondial pour l'environnement et les banques régionales de développement pour atteindre ses objectifs.



*Les satellites météorologiques sont essentiellement situés en orbite géostationnaire. Ils surveillent chacun une région bien déterminée de la planète. La mise en commun de leurs données dans le cadre de l'Organisation météorologique mondiale, complétées par les données des satellites polaires et... les relevés au sol, permettent de réaliser des prévisions météorologiques toujours plus longues et plus précises. (© WMO)*

*La détection des ouragans et leur évolution est également un domaine de travail de choix pour les satellites météorologiques. Ici, un montage retraçant la naissance d'une tempête tropicale en 2003, au large de l'Afrique et son évolution vers l'ouest en un violent ouragan (ouragan Isabel). (© Eumetsat)*



# Le programme satellitaire de l'OMM

Parmi les grands programmes scientifiques et techniques de l'OMM, le plus ambitieux et le plus important est sans aucun doute celui de la Veille météorologique mondiale (VMM).

La VMM fournit en temps réel une information météorologique recueillie et acheminée par les systèmes d'observation et les liaisons de télécommunication qu'exploitent les Membres dans le monde entier. On y retrouve environ 10 000 stations terrestres d'observation, 7000 stations sur navires et 300 bouées ancrées et dérivantes dotées de stations météorologiques automatiques. Et bien entendu : des satellites !

Cette surveillance de l'atmosphère assurée par le Système mondial d'observation de la veille météorologique mondiale fonctionne depuis la fin des années 1970.

La composante satellitaire de ce système mondial d'observation est constituée de plusieurs systèmes indépendants, nationaux ou régionaux coordonnés par un groupe informel international qui se réunit une fois par an : le Groupe de coordination des satellites météorologiques (CGMS). A l'origine (1972), le CGMS rassemblait uniquement les opérateurs effectifs de satellites météorologiques et l'OMM. On y trouvait la Chine, Eumetsat

pour l'Europe, l'Inde, le Japon, la Russie, les Etats-Unis et l'OMM. Depuis, le CGMS s'est ouvert aux opérateurs de satellites environnementaux ou expérimentaux dont les données complètent utilement celles des satellites météorologiques opérationnels.

Le système mondial comprend une constellation d'au moins cinq satellites espacés régulièrement autour de l'équateur en orbite géostationnaire et au minimum deux satellites en orbite quasi-polaire. Ces satellites génèrent des images de routine de toute la planète de manière opérationnelle. Ce sont ces images qui sont mises à la disposition de la communauté météorologique mondiale pour établir, notamment, des prévisions.

Outre les données issues des satellites météorologiques classiques (géostationnaires ou à défilement), il y a celles provenant d'autres engins d'observations de la Terre. Il s'agit d'engins de recherche et non de satellites de météorologie opérationnelle dont les données peuvent s'avérer précieuses. Mentionnons notamment *Envisat*, ce gros satellite européen (ESA) de surveillance de l'environnement, les engins Aqua, Terra ou encore TRMM et Quikscat américains, le satellite Adeos2 du Japon ainsi que les satellites Meteor 3M N1 et Okean-O de la Russie.

*Le satellite scientifique franco-américain Calipso (Cloud-Aerosol Lidar Infrared Pathfinder Satellite Observations) Il est doté d'un lidar et d'une caméra travaillant dans le visible et d'un capteur infra-rouge.. Cet engin va étudier les différents types de nuages et préciser le rôle qu'ils jouent dans le bilan radiatif de la Terre.*  
(© CNES)



# La coordination des satellites dans le futur

L'utilisation des futurs engins météorologiques classiques font l'objet de discussions à l'OMM en vue de leur intégration dans le système de veille mondiale. Cela concerne notamment les futurs satellites Metop européens ou NPOESS américain.

Il en va de même pour les engins dédiés à la recherche scientifique, qu'ils soient aujourd'hui en chantier ou programmés dans un avenir proche. Citons par exemple les satellites du programme *Earth Explorer (Living Planet)* de l'ESA, l'Agence spatiale européenne: Cryosat pour la surveillance de la cryosphère (ce satellite a été perdu lors de son lancement à l'automne 2005 mais il sera probablement reconstruit), GOCE pour l'étude de la gravitation, SMOS (humidité et salinité) et ADM-Aeolus pour l'étude des profils des vents.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu de ces futures missions scientifiques et de recherche susceptibles d'intéresser l'OMM.

*Le satellite SMOS fait partie des missions « Earth explorer » de l'ESA. Smos devra surveiller l'humidité des sols de notre planète mais aussi l'évolution de la salinité des océans. (© ESA)*

Satellites	Opérateur	Orbite	Lancement	Remarques
Cryosat	ESA	717 km	2009	Surveillance de la glace polaire
GOCE	ESA	250 km	2007	Etude de la gravité
SMOS	ESA	755 km	2007	Salinité des océans et humidité des sols
ADM-Aeolus	ESA	405 km	2008	Profil des vents
Kompas-2	Russie	400-550 km	2006	Surveillance des anomalies de l'ionosphère
Baumanets	Russie	490-500 km	2006	Observation des terres émergées
Resurs-DK	Russie	350 km	2006	Observation des terres émergées
Calipso	France-USA	705 km	2006	Nuages et aérosols
CloudSat	USA-Chine	705 km	2006	Etude des nuages
OCO	USA	705 km	2008	Etude du dioxyde de carbone atmosphérique
Hydros	USA	670 km	2010	Evolution de l'humidité des sols et des conditions givrantes au sol
Alos	Japon	700 km	2006	Cartographie précise des couverts et étude des ressources
GOSAT	Japon	666 km	2008	Etude des gaz à effet de serre (distribution du CO <sub>2</sub> )
GPM	USA-Japon	407 km	2010	Suivi global des précipitations
Aquarius	Nasa	657 km	2009	Salinité en surface/océans
LDCM	USA	828 km	2010	Extension Landsat
Glory	USA	824 km	2008	Distribution des aérosols
DSCVR	USA	Point de Lagrange L1	À définir	Etude de l'impact du rayonnement solaire sur le climat terrestre

# L'ESA et ses *Earth Explorers* au service d'une « Planète Vivante »

*Aeolus, le satellite de surveillance des vents de l'ESA transportera un instrument de grande taille (ALADIN) qui sondera tous les niveaux de l'atmosphère jusqu'à 30 km d'altitude. ALADIN comprend un laser puissant et un grand télescope relié à un récepteur très sensible. Le laser envoie de brèves impulsions de lumière intense dans l'atmosphère. Cette lumière est diffusée par les molécules de gaz, particules de poussières et gouttelettes d'eau. Une partie de la lumière rétrodiffusée est collectée par le télescope de l'engin spatial et envoyée au récepteur embarqué. En analysant le signal, il est possible de calculer la vitesse et la direction de l'air en mouvement à différentes altitudes dans l'atmosphère. (© ESA)*

L'Agence spatiale européenne est active dans tous les domaines : technologies spatiales, lanceurs, vols habités, mais également la surveillance (et l'étude) de notre planète et de son environnement. Ce n'est pas pour rien que l'ESA participe à la mise au point et au lancement des satellites météorologiques d'Eumetsat, par exemple, qu'il s'agisse des Météosat de première et de seconde génération ou des satellites météorologiques à défilement (Métop).

Mais l'Agence spatiale européenne ne s'intéresse pas uniquement à ces engins de météorologie opérationnelle. Elle développe également des engins destinés à la recherche scientifique, qu'il s'agisse de sondes interplanétaires comme Vénus Express ou Huygens qui s'est posée sur Titan en janvier 2005. Sans oublier les engins de surveillance de l'environnement terrestre comme le gigantesque satellite Envisat.

Précisément, en ce qui concerne la surveillance de notre planète et de son environnement, un programme spécial a été monté par l'ESA afin de développer davantage encore le savoir-faire européen en la matière. Il s'agit du programme « Planète Vivante » (*Living Planet*), décidé dans les années 1990.

Dans le cadre de ce programme, l'Agence spatiale euro-

péenne développe des missions spécifiques d'observation de notre environnement. Plutôt que d'opter pour le lancement d'un seul gros satellite doté de multiples instruments scientifiques, comme ce fut le cas avec Envisat, le choix s'est porté sur des missions moins imposantes, plus ciblées mais tout aussi passionnantes d'un point de vue scientifique. Il s'agit des missions d'exploration de la Terre : les *Earth explorers*.

Ces missions tournent à chaque fois autour d'un satellite spécialisé. Elles sont de deux types. Les missions « de base » (ou *core* en anglais) sont d'un grand intérêt scientifique et poursuivent des objectifs à long terme. Les missions dites « d'opportunité » s'intéressent à un domaine de recherche bien précis. De moins vaste envergure, elles répondent à de nouvelles questions sensibles concernant l'observation de la Terre.

Un exemple : avec la mission d'altimétrie radar Cryosat, l'ESA voulait pouvoir mesurer pendant trois ans les variations effectives de l'épaisseur des glaces polaires. Qu'il s'agisse des calottes antarctique et groenlandaise ou encore de la banquise arctique. L'objectif étant de confronter aux données très précises récoltées par le satellite les modèles climatiques prédisant l'amincissement de la cryosphère à cause du réchauffement global de la planète.

Malheureusement, cette mission d'opportunité, la toute première des *Earth explorers*, a tourné court. Le 8 octobre 2005, lors de son lancement par un missile russe Rockot reconverti et tiré depuis le cosmodrome de Plesetsk, le satellite a été perdu. Une défaillance du lanceur après quelques dizaines de secondes de vol a conduit l'ensemble à plonger... dans les eaux de l'océan Arctique. Mais vu l'importance de cette mission, l'ESA décidera très probablement de la reconduire.

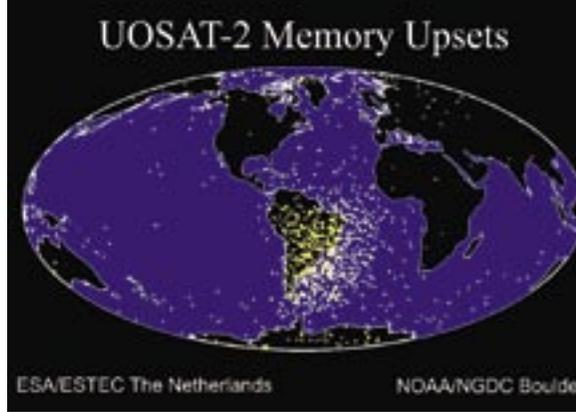
*Cryosat est un satellite altimétrique de l'ESA dédié à l'observation des glaces polaires. Il a été perdu lors de son lancement, à l'automne 2005. Mais l'ESA a décidé de construire un second exemplaire qui devrait être lancé en 2009. Ce satellite permettra de déterminer les variations d'épaisseur des glaces continentales et des glaces de mer. (© ESA)*

Aujourd'hui, six « explorateurs de la Terre » sont donc toujours en phase de préparation, dont un nouveau Cryosat. Le tableau ci-dessous en donne un aperçu.

Il est toutefois à noter que le programme n'est pas figé. Un appel à nouveaux projets a été lancé l'an dernier par l'ESA. Signe que ce programme répond à une demande pressante du monde scientifique, quelque 24 propositions ont été récoltées en cinq mois par l'Agence spatiale européenne. La clé de ce succès, outre la thématique intrinsèque du programme, réside sans doute aussi dans le fait que les scientifiques sont impliqués dans le programme dès le début, dès la définition des futures missions.

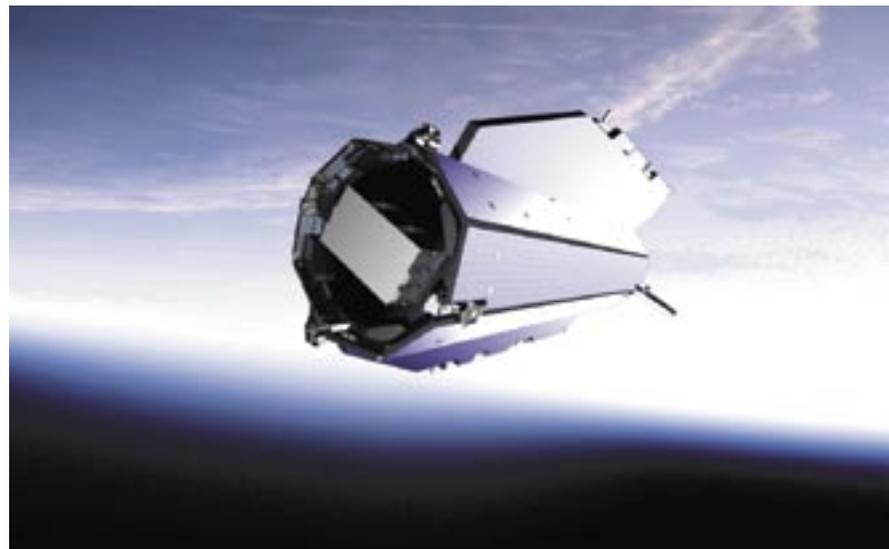
Ce sont eux qui initient, par leurs projets, les outils qui demain répondront aux grandes interrogations liées à l'évolution de notre climat et de l'environnement terrestre (qu'il s'agisse de la biosphère, de la cryosphère, de l'hydrosphère, du cycle du carbone, de l'impact des activités humaines et du développement de l'Humanité sur la planète etc.).

*Le satellite scientifique européen GOCE (Gravity-Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer) « surfera » sur le champ gravitationnel de la Terre afin de sonder l'intérieur de notre planète depuis une orbite de 250 km d'altitude. Il mesurera pendant deux ans le champ gravitationnel avec une précision inédite. Les données recueillies seront alors exploitées pour étudier la structure interne de la Terre, et faciliteront par là-même les investigations océanographiques telles que la mesure de l'élévation du niveau des océans et l'analyse des courants marins. (© ESA)*



Le champ gravifique de notre planète n'est pas aussi régulier que ce qu'on pourrait le penser. Sur ce schéma, on a pointé les endroits où des anomalies importantes ont déjà été relevées. L'Amérique du Sud est particulièrement riche en phénomènes de ce genre. (© ESA/NOAA)

Quant aux 24 propositions récoltées en 2005, elles font aujourd'hui l'objet d'un examen minutieux à l'Agence. Au mois de mai 2006, des représentants de la communauté scientifique concernée devront arrêter leur choix et annoncer les missions qui à leurs yeux doivent rester dans la course... et faire l'objet d'une étude de faisabilité. Le choix final de la nouvelle mission d'Explorations de la Terre ne devrait intervenir plus tard. Et le premier lancement de cette nouvelle fournée interviendrait dans le courant des années 2010.



## Les six premiers « Explorateurs » européens

Mission	Description	Lancement	Orbite	Instrumentation
Cryosat	Suivi de l'évolution de la cryosphère	2009 (seconde mission)	717 km	altimètre radar interférométrique
GOCE	Etude du champ gravifique.	2007	Héliosynchrone, 250 km	Gravimètre électrostatique
SMOS	Humidité des sols et salinité des océans	2007	Héliosynchrone, 755 km	Radiomètre imageur à synthèse d'ouverture
ADM-Aeolus	Etude du profil global des vents	2008	Héliosynchrone, 400 km	Laser atmosphérique à effet Doppler
Swarm	Etude de la dynamique du champ magnétique	2010	Trois satellites sur des orbites variant de 400 à 550 km	Magnétomètres
Earth Care	Mission mixte avec le Japon. Interaction entre la Terre, les nuages, les aérosols et leurs rôles sur le climat.	2012	En phase d'évaluation	En phase d'évaluation

# De l'Espace pour les techniques et les sciences

En Belgique comme dans de nombreux pays occidentaux, trop peu de jeunes s'orientent vers des études et des professions scientifiques et techniques, ce qui pourrait à terme compromettre notre prospérité et notre bien-être. Pour inverser cette tendance, il est primordial d'éveiller l'intérêt des jeunes pour les disciplines scientifiques et techniques dès leur plus jeune âge, en particulier lors des périodes de la vie impliquant des choix cruciaux pour l'avenir.

L'Espace s'avère un thème intéressant pour sensibiliser les jeunes aux sciences et aux techniques. Ce sujet dynamique et fascinant exerce en effet une grande force d'attraction sur de nombreux jeunes. Pour intéresser des jeunes à un thème, il importe de les y impliquer activement, seuls ou en groupe.

C'est pourquoi le Fonds Prince Philippe a pris l'initiative d'inviter les écoles à collaborer autour d'un projet ayant trait à l'espace, à la recherche spatiale ou à l'aéronautique. Un projet impliquant différentes Communautés culturelles présente en outre l'avantage, grâce aux contacts avec l'autre Communauté, d'élargir l'éventail de nouvelles expériences. La mise en commun de perspectives différentes est enrichissante et favorise l'entente mutuelle.

Inciter des écoles des différentes Communautés de notre pays à mettre sur pied ensemble un tel projet s'inscrit par conséquent parfaitement dans le cadre plus large du Fonds Prince Philippe. Ses deux principaux objectifs consistent en effet à stimuler l'intérêt des jeunes pour les sciences et les techniques et à jeter des ponts entre les différentes Communautés de Belgique.

L'initiative s'adresse aux élèves des deux dernières années de l'enseignement primaire (10-12 ans) et des deux dernières années de l'enseignement secondaire (16-18 ans).

## Comment concevoir les projets?

- Deux classes ou groupes d'élèves des différentes Communautés belges travaillent ensemble pendant la période septembre 2006 - mai 2007.
- Ils choisissent un thème commun dans le domaine de l'espace, de la recherche spatiale ou de l'aéronautique et échangent des expériences, des idées, des matériaux, concernant ce thème.
- Moment fort de cette collaboration, les élèves se rencontrent au moins une fois pendant une journée entière. Durant cette rencontre, les élèves travaillent ensemble à un "produit" commun, ils organisent une visite se rapportant au thème du projet, ils font un stage ensemble, etc.

- Le fait de réaliser ensemble un projet concret constitue le fil rouge de l'échange.
- Le projet doit s'intégrer autant que possible dans le programme d'études des élèves.
- Le projet doit apprendre quelque chose aux élèves au niveau des sciences ou des techniques.

## Comment participer ?

Si vous êtes à la recherche d'une école partenaire dans une autre Communauté, vous pouvez consulter la liste des écoles inscrites sur notre site internet: [www.fonds-prince-philippe.org](http://www.fonds-prince-philippe.org) ou vous pouvez compléter le formulaire de recherche de partenaire.

Pour introduire un projet, les deux écoles partenaires doivent compléter un formulaire de participation commun. Il est possible de le remplir en néerlandais, en français ou en allemand. Ce formulaire vous sera envoyé sur demande ; vous pouvez également le télécharger sur le site internet du Fonds Prince Philippe à partir du 15 mars 2006. Le formulaire dûment complété doit parvenir au Fonds Prince Philippe pour le 1er juin 2006 au plus tard.

Une école peut introduire plusieurs projets (destinés à différents groupes d'élèves). La décision du jury relative à l'approbation ou non du projet sera communiquée aux écoles pour le 1er juillet 2006.



*Fonds Prince Philippe*  
c/o Fondation Roi Baudouin  
Rue Brederode 21 à 1000 Bruxelles  
tél.: 02/549 02 59 - fax: 02/512 32 49  
e-mail: [saudoyer.d@kbs-frb.be](mailto:saudoyer.d@kbs-frb.be)  
[www.fonds-prince-philippe.org](http://www.fonds-prince-philippe.org)  
[www.kbs-frb.be](http://www.kbs-frb.be)

© Yvan Brandsteert

