

Science

17

connection

Mer du nord,

biodiversité, santé, agroalimentaire ... :

le nouveau programme « Science pour un développement durable »



sommaire

recherche

p.2 Un espace belge de la recherche : les Pôles d'attraction interuniversitaires

formation continuée

p.5 Conservation matérielle et culture d'entreprise

arts décoratifs

p.8 La manufacture de porcelaine de Charles de Lorraine

inspiration

p.12 Science, fiction et réalité

web

p.18

recherche

p.20 Quand science rime avec développement durable...

ailleurs

p.24 Marienhamn

génétique

p.26 Le règne animal en codes-barres

archéologie

p.30 Les sites d'art rupestre paléolithiques de Qurta, véritables «Lascaux le long du Nil»

technologies

p.34 La Cinémathèque royale et la révolution numérique

news

p.38

Page de couverture :
© Belpress



Science, fiction et réalité

10



Le règne animal en codes-barres

24



Une mission archéologique belge redécouvre le plus ancien art d'Égypte

28



La Cinémathèque royale et la révolution numérique

32

Space Connection



Dossier
Les secours viennent...
de l'espace!

Le chant du cygne
de Hubble

Des satellites à la
mode étudiante

Un grand ministère de la Recherche, du Climat et du Développement durable

À l'entame de cette législature, je souhaite décrire ce que je considère être le principal axe de développement de la Politique scientifique fédérale.

La France vient de se doter d'un grand ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable. Comme son premier et éphémère locataire, M. Borloo qui l'occupe désormais s'est vu attribuer le titre de «Ministre d'État» pour souligner l'importance et la transversalité des matières qu'il gère.

L'opinion publique et la classe politique belges sont, comme les Français, très sensibles aux signaux d'alarme lancés par Al Gore, Nicolas Hulot ou le GIEC. Certains partis souhaitent même explicitement qu'un grand ministère du climat soit créé au Fédéral.

Comme je l'ai indiqué lors d'un précédent éditorial, la recherche scientifique joue un rôle majeur dans l'étude de la problématique des changements climatiques, de ses conséquences mais aussi dans celle des remèdes à y apporter.

Notre Département est donc au cœur de cette question.

Ainsi par exemple, au beau milieu de l'année polaire internationale (2007-2008), la Politique scientifique fédérale a été chargée par le tout dernier Conseil des ministres de la législature de créer un « Secrétariat polaire » qui devra notamment coordonner les activités scientifiques de la nouvelle base de recherche belge en Antarctique « Princess Elisabeth ».

Nous avons également organisé, en avril dernier, la réunion plénière du groupe de travail II du GIEC (ONU) chargé des questions concernant la vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels aux changements climatiques.

Nos programmes de recherche consacrés au développement durable (les deux « plans d'appui au développement durable » successifs et le programme « La Science pour un développement durable ») sont, depuis 20 ans et de très loin, les initiatives publiques les plus concrètes et les mieux dotées en faveur du développement durable. Ils apportent des réponses essentielles concernant les matières liées aux transports ou aux modes alternatifs de production d'énergie, mais aussi aux grandes questions stratégiques que se pose le gouvernement.


Plusieurs de nos Établissements scientifiques fédéraux sont enfin des acteurs essentiels en matière d'écologie, de climat et de biodiversité, (certains sont les points focaux belges des grandes conventions internationales en la matière), tout comme d'ailleurs le volet « spatial » de notre Administration et notamment notre implication dans le programme GMES (*Global monitoring for environment and security*) ou l'exploitation que nous opérons des images satellitaires.

Notre Département s'impose donc, sans conteste, comme le noyau d'un grand ministère qui réunirait toutes les compétences touchant, par la Science, à l'écologie et au climat qui sont aujourd'hui éparpillées dans différents Services publics fédéraux.

Gageons que le futur gouvernement saura en tirer le meilleur profit au service de nos concitoyens.

Philippe METTENS
Président du Comité de Direction





Le 22 mai dernier, au Théâtre du Résidence Palace, la Politique scientifique fédérale rassemblait, à l'occasion du 20^e anniversaire de son programme « Pôles d'attraction interuniversitaires », plus de 450 chercheurs belges, dont plusieurs recteurs et directeurs d'Établissements scientifiques. Une séance académique y était organisée, en présence du Prince Philippe.

Un espace belge de la recherche : les Pôles d'attraction interuniversitaires

© Yves Nevens

Les « Pôles d'attraction interuniversitaires » (PAI) ont été lancés par le gouvernement fédéral en 1987 dans le but de donner l'opportunité à des équipes de recherche de notre pays de travailler ensemble afin de former des réseaux interuniversitaires d'excellence en recherche fondamentale.

Ce nouveau dispositif allait répondre à la volonté du gouvernement de stimuler les interactions intercommunautaires pour former des réseaux durables transcendant les communautés linguistiques et de favoriser les collaborations entre équipes d'institutions différentes actives dans le même domaine ou dans des domaines connexes afin de promouvoir la complémentarité et l'interdisciplinarité entre ces équipes.

Le système des PAI, initié en 1987, s'est développé en cinq phases quinquennales. La première phase (1987 – 1991) comptait quatorze réseaux de recherche ; la deuxième (1991 – 1995), 23 ; la troisième (1992 – 1996) a permis de poursuivre la première phase en l'élargissant à 16 réseaux. La quatrième phase (1997 – 2001) a assuré le financement de 35 réseaux et la cinquième celui de 36 réseaux. Cette cin-

quième (2002 – 2006) phase a, pour la première fois, permis la participation d'équipes de recherche de l'Union européenne. Cette ouverture du programme PAI à une collaboration avec des institutions d'autres pays européens constitue une avancée importante dans l'intégration du potentiel scientifique belge à l'Espace européen de la recherche et renforce la position des équipes belges sur la scène internationale.

Pour l'ensemble des cinq premières phases, l'autorité fédérale a investi environ 370 millions d'euros au cours de la période 1987 - 2006.

Quant à la sixième phase (2007 – 2011), l'actuelle, elle compte 44 réseaux qui impliquent 324 équipes de recherche dont 250 équipes belges et 74 équipes européennes.

La masse budgétaire réservée actuellement aux PAI s'élève à 143 millions d'euros à savoir environ 30 millions d'euros par an. Ceci correspond à une augmentation d'environ 30 % par rapport à la phase précédente.



Un budget en augmentation

À l'heure où l'« objectif 3 % » de Barcelone reste une des priorités stratégiques de l'Union européenne, la poursuite du programme PAI avec un renforcement de ses crédits contribue certainement à la réalisation de cet objectif.

Alors que d'une part, la Commission européenne considère que le soutien à la recherche fondamentale reste plus que jamais une nécessité pour le développement économique et social des pays de l'Union et pour la formation des chercheurs et que d'autre part, la stimulation du travail en réseau et le renforcement du potentiel européen sont des objectifs prioritaires de l'Union, il est stratégiquement important de maintenir et de développer le programme PAI.

Au moment où le « Haut Conseil 3 % » de la Belgique plaide pour la constitution d'un « Espace belge de la recherche » qui permettrait de rassembler le maximum de forces vives pour créer une recherche de classe mondiale, les PAI constituent, en organisant de manière structurée une coopération entre cher-

cheurs appartenant aux deux Communautés, une des dernières possibilités de financement permettant aux équipes francophones et néerlandophones du pays d'œuvrer ensemble.

Chacun sait à quel point la recherche fondamentale au-delà des frontières institutionnelles s'avère déterminante pour des développements ultérieurs réalisés dans le cadre de la recherche stratégique et appliquée. Dans une société de plus en plus fondée sur la connaissance, la recherche fondamentale constitue un élément moteur du processus d'innovation à travers les mécanismes de valorisation des résultats de recherche et de transfert des connaissances. Il est en effet important de souligner que la plupart des technologies et des produits commerciaux ayant débouché sur des succès économiques et des améliorations concrètes de la qualité de la vie reposent sur des recherches de caractère fondamental.

Un programme multidisciplinaire

Les PAI sont ouverts à toutes les disciplines scientifiques et les recherches couvrent une vaste gamme de domaines. À titre d'exemples, on peut citer la photonique, les nouveaux matériaux, les traitements contre le cancer ou le diabète, l'ingénierie des protéines, la génétique, la macroéconomie, le management des universités ou encore l'histoire médiévale.

Aujourd'hui, les PAI qui sont certainement l'effort le plus important entrepris par les pouvoirs publics pour la mise en réseaux des activités de recherche fondamentale, sont devenus une valeur sûre dans le paysage belge de la politique scientifique, au-delà des frontières institutionnelles.

Les PAI ont donc, par définition, une vocation nationale. C'est à ce titre que le gouvernement fédéral en est l'initiateur, alors que les autres composantes du financement de la recherche fondamentale ont été confiées aux Communautés.

Non seulement par l'engagement financier important, mais aussi par l'accent sur la collaboration interuniversitaire, les PAI sont un des incitants les plus significatifs à la recherche fondamentale en Belgique.

Plus que jamais, il paraît opportun de promouvoir cet instrument de politique scientifique fédérale.

L'impact des PAI peut aussi se juger à la reconnaissance internationale que les équipes ont acquise. En effet, le rôle des PAI est bien sûr de conforter des équipes déjà reconnues dans la communauté scientifique internationale mais aussi de permettre à des jeunes équipes de profiter de l'environnement d'excellence constitué par un réseau et son rayonnement international. Divers chercheurs en ont témoigné, les PAI ont permis à de jeunes équipes de recueillir l'audience internationale qui leur manquait auparavant.

Trois orateurs d'exception, les professeurs Ken Peach (Oxford et Londres), Guy Orban, (Katholieke Universiteit Leuven) et Jean-Marie Frère (Université libre de Bruxelles), ont mis en évidence le thème de la recherche en réseaux, ses défis et ses opportunités. Après ces exposés, le prince s'est longuement entretenu avec les scientifiques, ici, Claude d'Aspremont (UCL)." © D. Backeljauw



Une bonne conception du projet et une gestion appropriée du réseau PAI permettent de tirer un parti vraiment exceptionnel des potentialités propres à chacune des équipes et de créer entre elles l'émulation nécessaire. L'existence du réseau permet en fait à chaque équipe de bénéficier d'une réelle « plus-value » scientifique.

L'impact du programme PAI peut aussi s'évaluer à la masse critique de potentiel humain développée dans certains domaines et à la réalisation de ce que l'on pourrait comparer à une « infrastructure de recherche » au sens large du terme.

L'impact du programme PAI en matière de recherche fondamentale est considérable avec plusieurs milliers de chercheurs travaillant dans le cadre du programme dont quelque 500 chercheurs à charge des crédits PAI et plus de 2.000 publications réalisées chaque année pour l'ensemble du programme.

La formule des PAI engendre d'autres avantages. Ainsi, au dire des chercheurs eux-mêmes, le grand intérêt scientifique de ces réseaux réside avant tout dans la possibilité de pratiquer des explorations « à haut risque » en recherche fondamentale.

Le programme PAI a été évalué à diverses reprises par des experts internationaux. Il ressort de ces évaluations que ce programme a largement répondu aux attentes concernant les objectifs fixés et peut être considéré comme l'essence même d'une bonne politique scientifique.

Après 20 ans de fonctionnement, le dispositif PAI reste donc assez exceptionnel en Europe et représente un instrument de politique scientifique important qui mérite d'être poursuivi et développé.

Véronique Feys et Corinne Lejour

Au dire des chercheurs eux-mêmes, le grand intérêt scientifique de ces réseaux réside avant tout dans la possibilité de pratiquer des explorations « à haut risque » en recherche fondamentale.



Les « Pôles d'attraction interuniversitaires » : www.belspo.be/iap



Lors des visites publiques du Palais royal de Bruxelles, du 25 juillet au 16 septembre 2007, la Politique scientifique fédérale présentera, dans la Salle flamande, les PAI, et dans le Salon bleu, les recherches polaires en Antarctique (entrée gratuite / tous les jours sauf le lundi).

Conservation matérielle et culture d'entreprise

Formation en conservation aux Archives de l'État

Chargées de la conservation du patrimoine archivistique belge et par conséquent d'une grande partie de la mémoire collective du pays, les Archives générales du Royaume et les Archives de l'État dans les Provinces possèdent assurément de riches collections. Dans une précédente livraison de *Science Connection*, Erik Houtman a présenté l'un des nombreux atlas terriers, contenant de superbes cartes datant de l'Ancien régime, désormais accessible au grand public grâce à une politique éditoriale ambitieuse. La conservation matérielle de ce patrimoine unique et irremplaçable ne s'effectue malheureusement pas toujours dans des circonstances optimales, surtout lorsqu'on compare la situation effective dans les dépôts d'archives

aux normes théoriques édictées au niveau international. Les raisons de cet état de fait sont multiples. À l'inverse d'autres services d'archives plus spécialisés, les Archives de l'État gèrent des quantités énormes d'archives (plus de 200 kilomètres linéaires). Offrir des conditions de conservation idéales à l'ensemble de ces documents est exclu car cela nécessite des dépenses beaucoup trop onéreuses par rapport aux budgets disponibles. En outre, contrairement aux autres établissements scientifiques dont le nombre d'implantations est limité, les Archives de l'État, en plus de leur siège central situé à Bruxelles, disposent de 19 dépôts répartis à travers tout le pays, situation qui complexifie encore la problématique.





Il est évident que les Archives de l'Etat mettent tout en œuvre pour investir dans des aménagements matériels adaptés : boîtes de conditionnement neutres, enregistrement automatisé du taux d'humidité atmosphérique et de la température,... De même, un vaste programme de construction est actuellement en cours. Les Archives de l'État à Mons ont récemment inauguré leur nouveau bâtiment ; les Archives de l'État à Louvain et à Louvain-la-Neuve étrenneront prochainement (2007 - 2008) des magasins flambant neuf tandis que des projets de construction de nouveaux bâtiments et de transformation d'anciens dépôts sont en chantier à Gand, Bruges, Anvers, Tournai et Namur. En outre, les Archives de l'État ont résolument choisi – en plus de ces initiatives « matérielles » – d'initier aussi un changement de mentalité. Une politique de soins matériels systématique, soutenue par l'ensemble du personnel de l'institution, constitue d'ailleurs une condition *sine qua non* pour optimiser à terme la conservation matérielle. À quoi bon placer un système sophistiqué de traitement d'air si le personnel n'a pas appris à s'en servir de manière adéquate ! L'utilisation de boîtes d'archives neutres s'apparente à un emplâtre sur une jambe de bois si les archivistes, les magasiniers et les lecteurs continuent à manipuler négligemment les documents.

Dans le cadre de cette sensibilisation du personnel, un vaste programme de formation a été organisé en collaboration avec l'IFA (Institut de formation de l'administration fédérale) et Lieve Watteeuw (Institut royal du patrimoine artistique). Sous l'appellation générique '*Train the trainer*', il avait pour but de former 24 collaborateurs (12 néerlandophones et 12 francophones appartenant tant au personnel scientifique que technique) aux pratiques de bonne conservation. À l'issue de ce cycle de formation, ces agents devront, à leur tour, transmettre les connaissances acquises.

Visibilité

Quel que soit l'établissement scientifique, la conservation matérielle n'apparaît pas comme un sujet très spectaculaire. Ce travail ingrat, pas toujours visible pour le monde extérieur, est cependant essentiel et constitue l'une des tâches fondamentales des Archives de l'État dans le cadre de sa mission de conservation du patrimoine archivistique. Les autres missions, à savoir la communication des documents au public et leur valorisation, sont impossibles lorsque la mission de base – la conservation en bon état et en bon ordre – n'est pas effective. Dans ce domaine, une distinction classique est faite entre la préservation (action préventive, orientée surtout sur les paramètres extérieurs), la conservation (mesures prises à l'égard des documents eux-mêmes) et la restauration (réfection des documents endommagés). La gamme des dangers menaçant les archives est épouvantablement large. Bien sûr, tout sup-

port d'information se dégrade inéluctablement, mais cette dégradation peut être accélérée par des facteurs physiques, biologiques, mécaniques ou chimiques. Des catastrophes d'envergure telles les inondations de Florence (1966) ou de la Nouvelle-Orléans (2005) frappent l'imagination; l'auto-combustion des films cinématographiques au nitrate marque les esprits, mais des ennemis peu visibles et « tranquilles » tels les insectes, l'humidité insidieuse, l'acidification ou les manipulations inadéquates sont à terme tout aussi dangereux.

En ces temps de perception postmoderne, beaucoup de ceux qui prennent soin du patrimoine participent – faute de mieux – à la *window dressing* générale en mettant uniquement leurs pièces remarquables – magnifiquement astiquées – en vitrine, et en taisant pudiquement les gigantesques problèmes matériels de leurs arrière-boutiques. La tentation est immense. Il est évident que les services d'archives doivent régulièrement étaler leurs affiches, leurs atlas terriers et autres documents remarquables et précieux. C'est une mission permanente et essentielle, mais elle ne peut constituer un alibi pour laisser dépérir entre temps des fonds tout aussi importants, mais moins spectaculaires.

Train the trainer

Il s'agit donc de *former le formateur*, et ceci tant pour les problèmes théoriques que pour les questions extrêmement pratiques comme l'identification des dégâts et les moyens d'y remédier. Lieve Watteeuw (IRPA) a constitué un groupe varié d'enseignants venant de Belgique et de l'étranger ; ceux-ci ont présenté des exposés et organisé des séminaires sur des sujets variés tels que le combat intégré contre les insectes (Agnes W. Brokerhof), les plans catastrophes (Elsje Janssen), la connaissance des matériaux (Guy de Witte et Jan Wouters), les méthodes de conditionnement et l'hygiène en magasin (Annie de Roover), l'enregistrement des dégâts et les « premiers soins » pour les livres et le papier (Elke Van Herck) et les conditions environnementales et les appareils de mesure (Ted Steemers). Des sessions similaires, dirigées par Anne Liénardy, Guy de Witte, Bernard Desmaele, Rolande Depoortere et toute une pléiade de collègues parisiens des Archives Nationales, furent organisées pour les collègues francophones.

Ces séances de formation furent animées et les participants posèrent énormément de questions concrètes issues de leur expérience personnelle. Il ressort d'ailleurs des réponses des enseignants que les opinions divergent sur un certain nombre de questions délicates. Malgré ses liens avec la physique et la chimie, la conservation matérielle n'est assurément pas une science exacte. Lors des discussions, on a souvent senti une certaine tension entre ceux qui fréquentent et gèrent quotidiennement des archives en vrac et les restaurateurs qui sont habitués à travailler avec du matériel en quantité restreinte et de qualité supérieure et dont les hautes exigences sont parfois ressenties comme extravagantes. Le bilan s'avère néanmoins très positif tant au niveau de la transmission de la connais-

sance qu'au point de vue de l'enthousiasme et de la grande implication des participants.

Les Pays-Bas comme pays phare

Les cours pour les néerlandophones se sont achevés par une visite de travail aux Archives de Zélande à Middelburg, l'équivalent néerlandais d'un dépôt des Archives de l'État dans les provinces. La confrontation avec un monde très différent, à quelques dizaines de kilomètres de la Flandre, a provoqué un électrochoc salvateur et un début de contagion... La qualité de l'air dans un magasin d'archives y est meilleure que dans un hôpital modèle grâce à une batterie d'appareils sophistiqués de traitement de l'air. Le matériel infecté est mis en quarantaine dans une pièce *ad hoc* ; le trajet que les unités archivistiques doivent parcourir en interne est parfaitement enregistré. La restauration s'effectue au sein même de l'institution, dans un atelier, parfaitement équipé, etc.

Visiter les services d'archives des Pays-Bas s'avère le plus souvent assez frustrant. Par ailleurs, cette démarche aide à placer sa propre situation dans une autre perspective. Il est évident qu'on ne peut pas éviter un certain nombre de constatations élémentaires. Alors qu'on trouve plus de 600 restaurateurs aux Pays-Bas, ce nombre se limite à 15 en Région flamande. En Belgique, un dépôt des Archives de l'État dans les Provinces emploie tout au plus une dizaine de personnes tandis que ce nombre est multiplié par cinq dans une institution semblable aux Pays-Bas. En outre, la question suivante peut être posée : dans quelle mesure la loi des rendements non proportionnels joue-t-elle ici ? Ce n'est pas parce que l'effectif dans un dépôt des Archives des Pays-Bas est cinq fois plus élevé que le rendement s'en ressent dans la même proportion.

Une réflexion identique peut être faite à propos des efforts au niveau des soins matériels. Il y a indéniablement beaucoup à apprendre du modèle hollandais. Les réalisations du monde archivistique des Pays-Bas au niveau de la climatisation, de l'enregistrement des dégâts, de la conservation matérielle en général sont impressionnantes. Beaucoup de choses ont d'ailleurs été rendues possibles par un financement substantiel provenant, entre autres, du plan Delta pour la protection du patrimoine culturel. Mais lorsqu'on examine les pertes et profits, il semble que dans ce cas-ci aussi la loi des rendements non proportionnels joue à plein. Quand les besoins de base sont remplis, on continue toujours plus loin parce que les possibilités existent. En Belgique, les archivistes de l'État doivent se débrouiller avec beaucoup moins de moyens, mais ils sont obligés de réfléchir intensément en termes d'efficacité : la pauvreté incite à la créativité. Une confrontation des deux modèles mène toujours à des sentiments partagés.

Tout ceci n'est peut-être qu'une maigre consolation. Le fait est qu'il reste encore beaucoup à faire dans les dépôts des Archives de l'État. Les initiatives de formation actuelles doivent s'accompagner d'actions structurelles. Il va de soi que des budgets sont prévus pour le traitement de l'air et pour des matériaux de conditionnement adéquats, mais sans un changement de mentalité – tant du personnel que des lecteurs – l'impact de certaines initiatives restera limité. L'accent mis sur la préservation reste au centre du débat. Une évaluation et une maîtrise intelligente des risques peuvent éviter ou étouffer des problèmes à grande échelle. Des soins matériels de grande qualité demandent un effort constant au niveau de la culture d'entreprise. À terme, cette facette du métier deviendra un investissement capital pour préserver notre patrimoine archivistique de la ruine.

Eddy Put





La manufacture de porcelaine

En juin 1767, Pierre Gamond, directeur du garde-meuble et des bâtiments de Mariemont et de Tervueren, inscrit sur la liste du personnel de Charles de Lorraine un dessinateur : Georg Lindemann. Celui-ci était peintre sur porcelaine. Originaire de Dresde, il avait travaillé dans les manufactures de Nymphenburg, Ludwigsburg, Höchst, Paris puis Weesp, avant d'être engagé au service de Charles de Lorraine. Suivant en cela la mode du temps, ce prince, représentant de Marie-Thérèse dans nos provinces, avait établi à Tervueren divers ateliers d'art : « les manufactures ». On y réalisait de l'impression sur coton, des soieries, des galons d'or et d'argent, des papiers peints et, en 1767, suite à l'engagement de Lindemann, de la porcelaine. Très vite, ce dernier installa des ateliers tant à Bruxelles qu'à Tervueren. Le 20 mars 1768, un décret de Charles de Lorraine lui octroie un logement à la « Cour brûlée », l'ancien palais des ducs de Bourgogne à Bruxelles, et, en janvier 1769, il reçut un jardin tout proche. Il y établit un « laboratoire » qui est cité en décembre de la même année. On y construira un atelier et des fours. Ce laboratoire, ou atelier, sera actif jusqu'en 1775 lorsque les

13 ans, d'un compagnon qui avait terminé ses six années d'étude et de l'un ou l'autre ouvrier. Son activité a dû se limiter principalement à la décoration de porcelaine, métier qu'exerça Lindemann dans les diverses manufactures où il avait travaillé. On y préparait les oxydes et bien sûr on y réalisait l'ensemble des cuissons nécessaires à la peinture et la dorure des porcelaines. On y a certainement aussi travaillé la terre. On retrouve tant dans les inventaires dressés au décès de Charles de Lorraine que dans les achats de Lindemann tout ce qu'il faut pour tourner la terre et pour réaliser des moulages. Nous savons aussi par les notes que nous a laissées Charles de Lorraine, que l'on a cuit de la terre à la manufacture. Il mentionne avoir fait des essais de cuisson de diverses terres avec de la houille. Tant la cuisson des terres que leur mise en forme répondaient à la curiosité scientifique de Charles de Lorraine mais il est fort probable que ces activités restèrent expérimentales. La formation de Lindemann, le nombre d'ouvriers engagés à la manufacture, les achats continus de porcelaines blanches à peindre, tout comme l'inventaire de la manufacture dressé au décès de

de Charles de Lorraine

grands projets de la construction du Parc et de la place Royale imposeront de le déménager à Tervueren. Parallèlement, Lindemann installe une fabrique dans le parc du château de Tervueren. Dès 1756, Charles de Lorraine avait confié à son architecte, Jean Faulte, la réalisation d'un bâtiment destiné à abriter des manufactures. Celui-ci, situé en bordure de l'étang Gordaël, clôturait somptueusement la perspective du canal qui s'ouvrait devant le château. Dès son arrivée, quelques salles furent utilisées par Lindemann, mais, vraisemblablement motivé par le danger d'incendie, il fit construire en avril 1768, derrière le bâtiment des manufactures, une annexe indépendante qui devait abriter les fours. Cette double localisation, Bruxelles-Tervueren, était probablement motivée par les déplacements de la Cour. Charles de Lorraine, curieux des sciences et des techniques, souhaitait voir travailler ses ouvriers, voire s'essayer lui-même à leur travail. Ceci suggère que, bien que ce ne soit pas une règle immuable, l'activité de Lindemann se concentrait à Tervueren l'été et à la « Cour brûlée », l'hiver. En 1778, probablement à la suite d'une maladie, Lindemann diminua son activité. Pourtant, la fabrique de porcelaine resta en activité jusqu'au décès de Charles de Lorraine en 1780.

Des sources d'inspiration diverses

La manufacture fonctionnait très probablement sur le modèle des ateliers médiévaux. Un maître, Lindemann, s'entourait d'un ou de deux apprentis qui entraient à son service vers

Charles de Lorraine confirmer cette hypothèse. Les archives témoignent de nombreux achats à la manufacture de Tournai de porcelaine à peindre. Ceux-ci se sont échelonnés sur toute la période d'activité de la manufacture. Lindemann ne s'est pourtant pas limité à peindre des pièces tournaisiennes. On sait qu'à l'occasion d'une de ses visites à Vienne, Charles de Lorraine acheta de la porcelaine blanche de Vienne. On possède une assiette chinoise que l'on peut croire surdécorée par Lindemann.

Vue du bâtiment des manufactures, dans François-Nicolas Sparr de Bernstorff, « Livre contenant les endroits les plus remarquables du château royal de Terrevure, et de son plan général relevé en perspective ; le tout dessiné sur les lieux par F.N. de Sparr en 1753 » (Bibliothèque de la Société des Bollandistes).





Assiette, Manufacture de Bruxelles-Tervuren, (Collection particulière).



Assiette, Manufacture de Bruxelles-Tervuren, (Collection particulière).

L'atelier de Tervueren ayant principalement décoré des pièces d'une autre manufacture, il est souvent difficile, voire hasardeux, de reconnaître sa production. Il est probable que plusieurs pièces traditionnellement attribuées à Tournai, mais dont le style est différent, doivent être attribuées à un « hausmaler ». Lindemann en est un, mais il ne fut pas le seul au XVIII^e siècle. D'autres peintres indépendants ont travaillé, par exemple à Bruxelles, sans compter l'importante production de Lyncker à La Haye. Heureusement un corpus important de pièces peut être attribué à la manufacture de Tervueren. Son programme iconographique est très semblable et l'une d'entre elles est signée Lindemann. Quelques-unes sont marquées d'une croix de Lorraine. Ces pièces font partie d'un service dont la tradition veut que Marie-Thérèse l'aurait offert au prince de Starhemberg, ministre plénipotentiaire dans les Pays-Bas autrichiens à l'époque du décès de Charles de Lorraine. Les formes, empruntées au service rocaille à Tournai, sont ornées de côtes torses sans osier. Sur les assiettes, le motif principal, placé au centre du bassin est un paysage le plus souvent dans le goût allemand inscrit dans un cartouche vert de style rocaille mêlé à des guirlandes or. Les côtes torses encadrées d'un trait vert souligné d'or sont peintes d'un croisillon dont la couleur varie suivant la pièce d'un rouge cerise à un lilas tirant sur le mauve. Les réserves ménagées entre les côtes sont ornées de bouquets floraux souvent répétés. Une variante se caractérise par une décoration alternative des groupes de trois côtes torses. La côte centrale enserme une légère guirlande rose-rouge rehaussée d'or sur fond blanc. Dans un service, plus prestigieux, les paysages centraux ne sont pas encadrés d'un cartouche, mais reposent sur un cul-de-lampe or. À de rares exceptions près, chacune de ses pièces présente un décor différent. Dans un premier groupe de pièces, des paysages maritimes tirent leur inspiration des vues marines du peintre



Deux salières, Manufacture de Bruxelles-Tervuren, (Collection particulière).

français Claude-Joseph Vernet (1714-1789). D'autres pièces semblent reproduire des modèles hollandais. On trouve des paysages champêtres très réalistes et des grands bâtiments rectangulaires d'allure classique. Quelquefois Lindemann semble s'éloigner de son modèle. Il introduit alors une certaine naïveté qui n'est peut-être qu'une simplification de la composition et du dessin. À partir d'une gravure ou d'un dessin, il construit une multitude de variantes en modifiant l'un ou l'autre élément. Peintre de paysages, il excelle dans le genre, bien plus que dans la composition des bouquets floraux qui sont souvent plus lourds. De plus, la production étant artisanale, elle présente davantage d'imperfections techniques que dans une grande manufacture comme à Tournai. On observe des coulées d'émail, certaines couleurs s'obscurcissent, l'or est souvent bruni voire brûlé. Ainsi, les pièces de Lindemann réalisées à Nymphenburg sont-elles techniquement mieux réussies.

La production de la manufacture peut être mieux approchée à partir des archives conservées par l'administration autrichienne. Outre le service dit de Starhemberg qui devait contenir terrines, plats, saucières, moutardiers, salières, assiettes creuses et plates, on trouve des tasses, jattes, boîtes à sucre, théières et cafetières. L'inventaire du cabinet de porcelaine de Charles de Lorraine mentionne un déjeuner de porcelaine dans une cassette ornée de plaques de porcelaine de Tervueren. On y cite aussi un grand nombre de tabatières, d'étuis, de pommeaux de canne. Les décors sont aussi bien plus variés. On trouve encore des pièces peintes en ruban, rouge et or, en bouquets détachés. Certaines sont ornées de groupes d'enfants en camaïeu ou peintes à la chinoise. Par ailleurs, il est symptomatique que nous n'ayons aucune trace de ventes. Il faut donc croire que la production de la manufacture servait à l'usage du prince que ce soit pour sa table

Plat rond, Manufacture de Bruxelles-Tervuren, (Musées royaux d'art et d'histoire).



ou dans le cas des petits objets pour les offrir en présents. La manufacture de porcelaine fut un passe-temps princier. Pour reprendre ses propres termes, Charles de Lorraine s'y amusait. Au-delà d'une connaissance livresque, voir produire la céramique l'intéressait sûrement. Faire des essais, découvrir une amélioration, éveillaient son intérêt pour la science. Une motivation plus naïve était peut-être de produire à moindre prix ce qu'il trouvait nécessaire à son service. Il est vrai par ailleurs qu'un cadeau produit dans les ateliers princiers devait être d'autant plus prestigieux.

Claire Dumortier et Patrick Habets

À voir

L'exposition Un passe-temps princier : les manufactures de Charles de Lorraine se tient aux Musées royaux d'art et d'histoire à Bruxelles jusqu'au 2 septembre 2007.

Un guide du visiteur est en vente au Museumshop au prix de 6 euros.

Cette exposition est organisée à l'occasion de la parution du livre Bruxelles - Tervueren. Les ateliers et manufactures de Charles de Lorraine, collectif édité par C. Dumortier et P. Habets, CFC-éditions, 176 p., 29 euros.

Moutardier sur présentoir, Manufacture de Bruxelles-Tervuren, (Musées royaux d'art et d'histoire).



Science, fiction et réalité

Quelquefois, au beau milieu des préoccupations budgétaires, des tracas administratifs ou des considérations qu'impose à toute Administration la configuration institutionnelle de notre pays, il est bon de se rappeler qu'à la Politique scientifique fédérale, nous sommes en charge d'activités qui constituent d'inépuisables sources d'inspiration pour les créateurs, auteurs et artistes du monde entier (voir *Science Connection* # 07, pp 47 à 50).

Que ce soit l'exploration et l'utilisation de l'espace extratmosphérique, les expéditions et la recherche en Antarctique, la découverte des grands fonds océaniques ou encore le trafic d'œuvres d'art, l'histoire de l'Art ou la criminalistique, tous ces thèmes sont privilégiés par les médias actuels.

L'exposition *Meurtre au Muséum*, actuellement présentée au Muséum des sciences naturelles, illustre parfaitement ce lien entre sciences, fiction et réalité. Ici, c'est une réponse didactique et passionnante à l'invasion des séries policières, du genre *Les Experts* et autres *Portés Disparus*, là c'est un détour par le Jurassique, aussi impressionnant que les productions de Steven Spielberg !

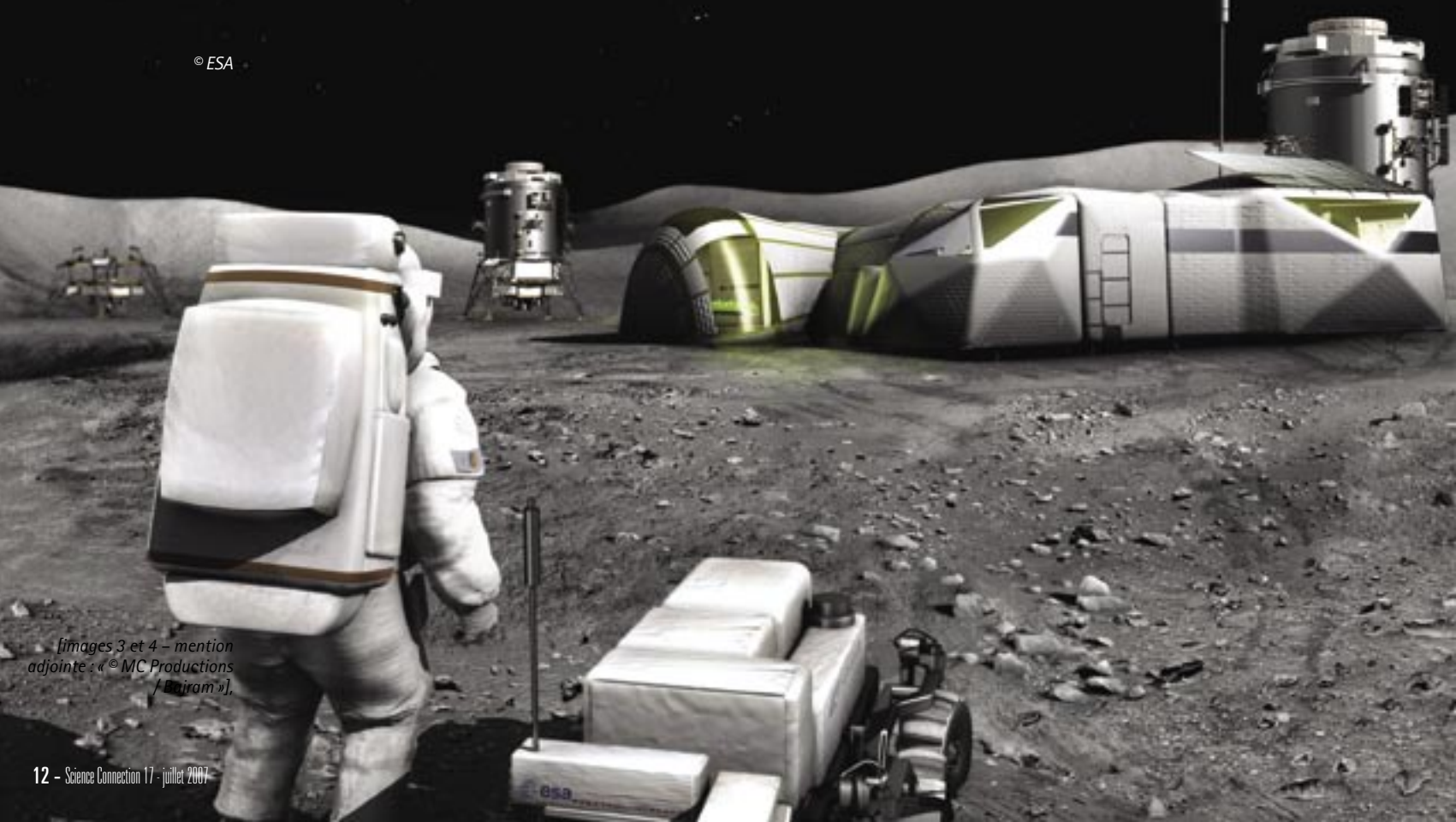
Lors de sa passionnante conférence dans le cadre de l'exposition *Jules Verne – Savoir rêver, Savoirs rêvés*¹, le professeur Claude Jamar, directeur du Centre spatial de Liège, a brillamment démontré les liens ténus existant entre le travail du scientifique et l'imaginaire collectif. De l'artiste ou du savant, quand l'un inspire-t-il l'autre ? Les grandes hypothèses qui sous-tendent nos modèles physiques, comme l'existence de la Matière noire dans l'Univers ou la théorie des trous noirs, sont dignes des meilleurs romans.

Voici donc quelques œuvres, choisies arbitrairement, mais qui illustrent la passion de nombreux auteurs pour certaines des activités dont la gestion constitue le quotidien de notre département. Lorsque la science rencontre la fiction, que reste-t-il de la réalité ?

¹ Conférence organisée notamment par la représentation de la Région wallonne à Bruxelles, le 25 mai 2007

© ESA

[images 3 et 4 - mention adjointe : « © MC Productions / Bairam »].



L'Espace

La littérature de science-fiction, mais aussi celle d'anticipation et le genre fantastique, se sont abondamment nourris de l'Espace et de l'exploration interstellaire. Il est donc difficile de retenir certaines œuvres plutôt que d'autres.

Nous ne pouvons omettre de (re-)citer Jules Verne (un juriste!), en particulier pour ces deux ouvrages : *De la Terre à la Lune* et *Autour de la Lune*², publiés dans les années 1865, 1866. Dans le premier volume, Jules Verne décrit de manière fort inspirée la nécessité pour les États d'encadrer la pratique d'activités spatiales.

En réalité, cette idée est précisément l'un des piliers du droit de l'Espace qui sera élaboré, quelque cent ans plus tard, au sein des Nations Unies.

La littérature d'anticipation s'est, elle aussi, nourrie des exploits scientifiques et technologiques de ces cinquante dernières années pour en extrapoler un monde en pleine essor, où l'Espace est colonisé par l'homme, sans toutefois que ce dernier n'en maîtrise tous les dangers. Pierre Barbet dans *Les Cités de l'Espace* (éd. Lefrancq, 1999) nous offre une vision réaliste de cette colonisation, une vision où les déséquilibres des populations sur Terre ont leur écho dans les communautés pionnières du cosmos.

En réalité, la colonisation de l'espace extra-atmosphérique est encore bien loin d'être faisable. Le 25 septembre 2005, l'actuel administrateur de la NASA, Michael Griffin, parlait de la colonisation de l'Espace en ces termes :

« ...Le but n'est pas juste une exploration scientifique. C'est aussi étendre l'habitat humain en dehors de la Terre comme nous avançons dans le temps. Au long terme une espèce située sur une seule planète ne pourra survivre. Si nous, humains, voulons survivre pour des centaines, des milliers ou des millions d'années, nous devons peupler d'autres planètes. Aujourd'hui la technologie est telle que cela est à peine imaginable. Nous n'en sommes qu'à l'enfance. Je veux dire qu'un jour, et je ne sais pas lequel, il y aura plus d'humains qui vivront en dehors de la Terre qu'à sa surface. Nous pourrons aussi bien avoir des gens qui vivent sur les lunes de Jupiter que d'autres planètes. Nous pourrons avoir des gens construisant des habitats sur des astéroïdes... Je sais que les humains coloniseront le système solaire et un jour iront au delà. »³

La bande dessinée quant à elle n'a pas toujours une vision optimiste de l'avenir de notre planète : la série en 6 tomes *Universal War One* de Bajram⁴ présente une vision catastrophique de la fin de notre siècle. La destruction de notre pla-



nète y est inéluctable. C'est un rayon d'antimatière, émis depuis les restes de l'actuelle Station spatiale internationale (ISS) depuis intégrée dans une infrastructure beaucoup plus vaste au sein de laquelle elle tient lieu de musée, qui coupe littéralement notre planète en deux.

© MC Productions / Bajram

Mêlant très habilement science-fiction, paradoxes temporels et anticipation, la série *UWI* s'est imposée comme l'une des meilleures du genre.

En réalité, rien ne dit que le destin de musée spatial que Bajram réserve à l'ISS ne sera pas le bon. Actuellement, l'exploitation de la Station au titre de l'Accord intergouvernemental de 1998 et des arrangements entre agences spatiales (ESA, NASA, JAXA, RSA, CSA) n'est pas limitée dans le temps, mais les Américains ont déjà annoncé la mise à la retraite des navettes pour 2012 - 2013, ce qui réduira considérablement l'accès à la Station. Le programme d'exploration planétaire devrait alors prendre la priorité sur l'exploitation de l'ISS. Les rêves de tourisme spatial pourront-ils lui assurer alors une destinée autre que la mise au rebut ? À ce jour, l'utilisation de la Station par des organismes privés ne s'est pas concrétisée. L'idée d'en faire un musée dans l'Espace n'est certainement pas plus folle que celle d'y construire un hôtel. Reste à savoir si ce musée accueillerait beaucoup de visiteurs. Pour ce qui est de sa transformation en arme redoutable, le Traité de l'Espace de 1967 prohibe toute utilisation de l'espace extra-atmosphérique à des fins non pacifiques, ainsi que l'installation dans l'espace d'armes nucléaires ou de destruction massive.

Exploitant également le filon du paradoxe temporel, une nouvelle série de BD qui s'annonce très prometteuse vient de voir paraître son premier tome : *Le Complexe du Chimpanzé* de Marazano et Ponzio⁵. Un récit qui s'ouvre en force avec la

² Aujourd'hui disponibles en format de poche chez Flammarion (2005)

³ Washington Post, 25/09/2005

⁴ tomes 1 à 6, éd. Soleil

découverte, en 2035, dans l'océan indien, d'une capsule spatiale renfermant deux individus. La NASA dépêche sa meilleure spécialiste pour vérifier si ces deux personnages sont bien qui ils prétendent être...

Bien entendu, le cinéma n'est pas en reste lorsqu'il s'agit d'exploiter le filon de l'Espace : *Mission to Mars* (2000) est considéré comme l'une des œuvres cinématographiques les plus réalistes, bien que cette fiction présente de nombreux aspects fantastiques et totalement imaginaires. Afin d'identifier le fameux « visage de Mars » et de porter secours à leurs camarades, une équipe d'astronautes est envoyée sur la planète rouge. Elle y fera une découverte inimaginable sur les origines de l'humanité.

En réalité, le fameux « visage » martien a été identifié : il s'agit uniquement, comme on pouvait le penser, d'une montagne dont les reliefs et leurs ombres offrent, à très haute altitude, la vision d'un visage humanoïde.

Plus intéressante est la description des premières tentatives d'implantation agricole sur le sol martien, avec la serre construite par le rescapé de la première équipe des astronautes de *Mission to Mars*. Les traités internationaux prévoient le cas de l'implantation humaine sur des sites planétaires tout en imposant les précautions afin d'éviter toute contamination mutuelle entre la Terre et les autres corps célestes. Les résultats des recherches scientifiques menées sur les planètes et autres corps célestes du Système

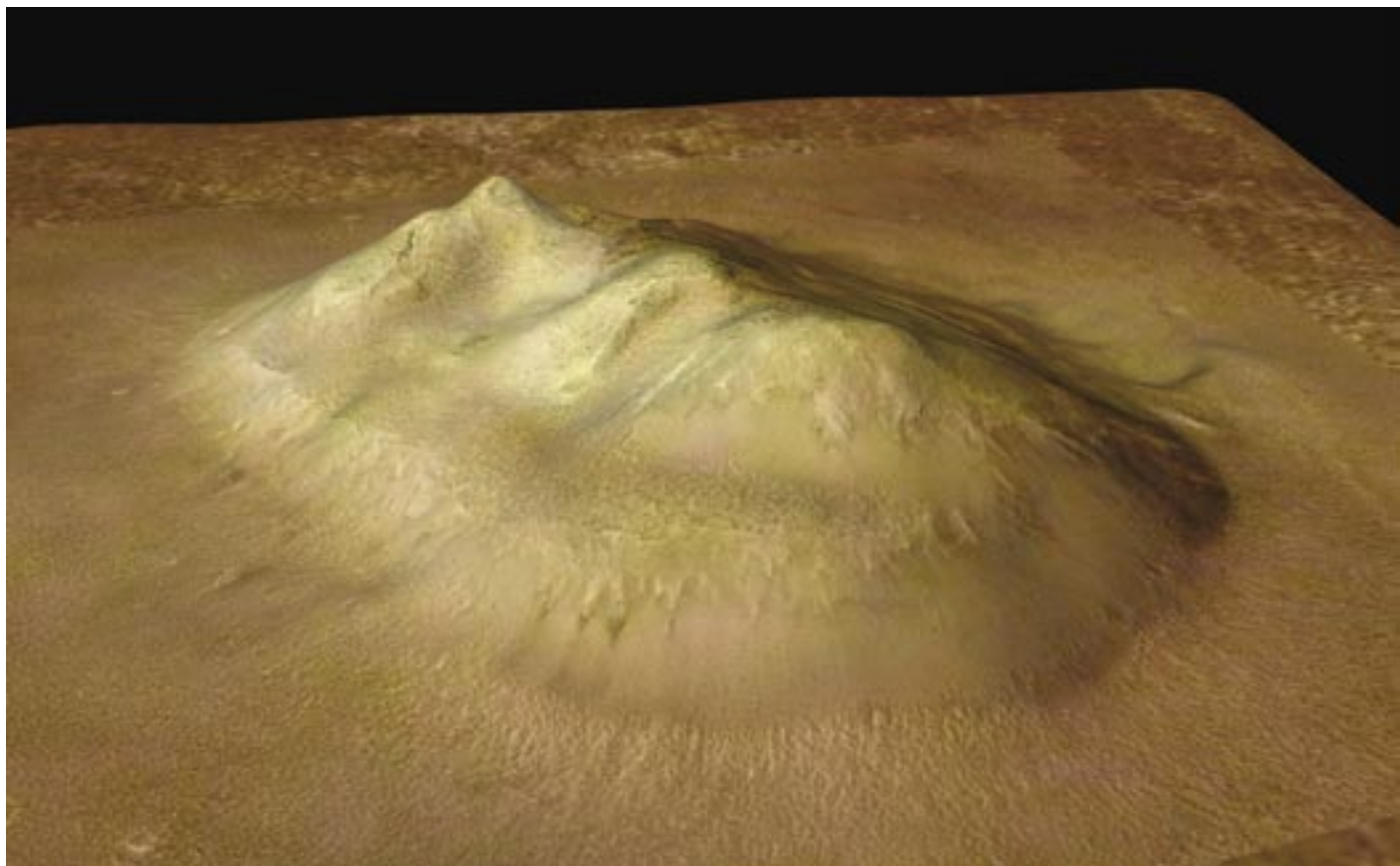
solaires doivent être communiqués à la communauté internationale.

L'utilisation de corps célestes à des fins militaires (même considérées comme « pacifiques »), par exemple pour y établir des installations ou des bases de recherche militaires, est prohibée.

Une autre approche réaliste, par le cinéma, de la conquête spatiale est offerte par des films tels que *Apollo 13* (1995) ou *Space Cowboys* (2000). Ils démontrent la dimension culturelle dont jouit la NASA dans le public américain et international. Cette dimension constitue un facteur déterminant de l'importance accordée par les États-Unis à leur programme spatial. Aujourd'hui, la puissance de la NASA s'est sans doute érodée (accidents, restrictions budgétaires, choix politiques) mais elle demeure une institution de prestige capable de susciter une imagination sans limite. Il n'est donc pas étonnant qu'elle compte parmi ses conseillers des artistes comme le réalisateur d'*Aliens* (1986), le Canadien James Cameron, qui participait, en 2004 à Vancouver, aux côtés des chefs des principales agences spatiales mondiales, dont Jean-Jacques Dordain, directeur général de l'ESA, à un panel de hautes personnalités sur l'avenir de l'exploration spatiale⁶.

Dans un genre plus fantaisiste, des films comme *Outland* (1981), dans lequel Sean Connery incarne un sheriff de l'Espace, ou *2010* (1984), suite de *2001, l'Odyssée de l'Espace*, de Stanley Kubrick, s'appuient sur des éléments d'anticipation réalistes assez intéressants.

5 tome 1, éd. Dargaud



Visage de Mars © ESA

En réalité, l'hypothèse d'un crime commis dans l'Espace amuse souvent. Pourtant, elle reste vraisemblable.

Les accords internationaux déterminent quelle juridiction s'applique à bord des astronefs. En tant qu'objets spatiaux, ceux-ci font en principe l'objet d'une immatriculation par un État qui, par là même, y étend sa juridiction. Dans le cas de l'ISS, la compétence générale des États-Unis en matière de sécurité qui avait été acceptée par les autres partenaires dans un premier temps a été abandonnée par la suite.

Dans le film *2010*, la crise internationale entre États-Unis et URSS oblige les membres de l'équipage, composé de ressortissants américains et soviétiques, à se séparer et à se cantonner dans leurs vaisseaux respectifs. Cette hypothèse est vraisemblable dans la mesure où un vaisseau spatial immatriculé par les États-Unis peut être considéré, dans une large mesure, comme une prolongation du territoire américain. Toutefois, les règles internationales imposent aux équipages de se porter secours en cas de danger. L'Accord sur les astronautes de 1968 leur confère un statut spécifique d'envoyés de l'humanité et prévoit leur retour dans leur pays d'origine au cas où ils devraient atterrir sur un territoire ou se réfugier dans un vaisseau étranger ou une base spatial(e) étrangère.

L'Antarctique

Quittons l'Espace pour l'Antarctique. Mais que peut donc bien receler cette couche de glace de deux kilomètres d'épaisseur ? Qu'est-ce qui se cache, préservé au secret par le froid millénaire, au fin fond de la calotte polaire ? René Barjavel a son idée. Le dialoguiste des *Don Camillo* fut d'abord un grand auteur de science-fiction. Peu optimiste quant au devenir de l'homme (lisez *Ravage*), Barjavel nous conte, dans *La Nuit des Temps*⁶, le récit de la plus grande découverte de l'humanité : celle, sous la glace du Pôle sud, des deux survivants d'une civilisation, disparue il y a 900.000 ans, bien plus avancée que la nôtre mais incapable d'échapper aux travers qui la mènent à son anéantissement. C'est le continent vierge qui sert de décor à cette fable fantastique où *perfection* ne rime pas avec *évolution*.

⁶ À propos des liens entre recherche et applications spatiales et science-fiction, l'ESA a publié en juin 2000 une excellente brochure sur le sujet "Innovative Technologies from Science Fiction to Space Applications" (ref.: BR-176), disponible en français et en anglais.

⁷ éd. Pocket (2005)

En réalité, il y a 170 millions d'années, l'Antarctique faisait partie du super-continent appelé Gondwana, lui-même issu de la Pangée (c'est-à-dire le continent initial formé de l'ensemble des terres émergées). La rupture des continents et leur dérive ne doit donc pas faire oublier que ces masses de terres formaient autrefois un vaste ensemble.

L'exploration et l'utilisation du territoire antarctique sont soumises à un Traité spécifique conclu en 1959 et qui suspend toute revendication de souveraineté nationale dont ce continent ferait l'objet. Son exploration et son habitation se font principalement et prioritairement sans un but scientifique et non militaire. L'exploitation de ressources minérales ou fossiles en Antarctique est prohibée, même à partir de la banquise. Toutefois, il n'est pas expressément interdit d'exploiter le sous-sol de la haute mer en Antarctique (c'est-à-dire, tout ce qui n'est pas la masse continentale).

Jusqu'en 2005, le forage glaciaire le plus profond réalisé en Antarctique, atteignait 3.620 mètres. Les échantillons de glace recueillis à cette occasion avaient permis de remonter 400.000 ans dans le passé. En 2005, un forage européen sur le continent antarctique a permis de remonter 650.000 ans dans l'histoire du climat de notre planète.

© ESA



La recherche fondamentale

Dans un autre registre, Dan Brown déchaîne les passions avec ses romans à suspens, mêlant intrigues politiques, ésotérisme et faits scientifiques présentés comme tels. Dans *Anges et Démons*⁸, l'auteur à succès n'hésite pas à mettre en scène le pape et le directeur général du CERN (Organisation européenne de recherche nucléaire). Ce dernier est présenté comme un véritable James Bond à la solde des défenseurs du rationalisme scientifique.

En réalité, le CERN est une organisation intergouvernementale, créée en 1952 à l'initiative du physicien français Louis de Broglie et regroupant une vingtaine d'États membres. Son directeur général actuel est le Dr. R. Aymar. Le CERN est le plus grand centre de recherche en physique des particules au monde.

Dans un autre roman, *Deception Point*⁹, Dan Brown implique carrément l'administrateur de la NASA et celui du NRO (*National Reconnaissance Office*), l'une des agences de sécurité du gouvernement américain chargée de la reconnaissance satellitaire.

En réalité, la trame du roman est inspirée par la découverte, en décembre 1984, en Antarctique, d'une météorite d'origine martienne baptisée du doux nom de « ALH 84001 ». Cette météorite, à l'âge estimé de 4,5 milliards d'années, est entrée dans l'histoire suite à la découverte d'étranges empreintes évoquant certains fossiles de bactéries ou d'autres formes organiques. La découverte avait donné lieu, à l'époque, à une intervention télévisée du Président Clinton.

L'idée que la vie existait effectivement sur une autre planète du Système solaire et aurait pu être importée sur Terre est encore aujourd'hui fortement débattue. Aucune conclusion n'a pu être avalisée sur la véritable nature des traces microscopiques détectées sur ALH 84001.

L'exploration et la colonisation de nouveaux mondes

La vie extra-terrestre est un lien de transition idéal de la littérature vers la bande dessinée. Plusieurs séries explorent cette thématique et s'inspirent directement de modèles scientifiques ou institutionnels existants. Ainsi, *Les Mondes d'Aldebaran*, de Léo¹⁰, proposent une vision en trois cycles de la colonisation de nouvelles planètes. Kim, jeune native de la colonie humaine établie sur *Aldebaran*, une planète similaire

à la Terre, va devoir combattre l'intégrisme religieux qui y sévit. Elle va également faire la rencontre de la *Mantrisse*, une étrange créature qui règne sur l'ensemble des espèces animales et végétales de la planète et en régle le cycle de vie. Dans le second volet, Kim se rend sur *Betelgeuse* où un petit groupe de rescapés d'un vaisseau de colons tente de survivre. Leur mission est notamment d'établir si cette planète abrite des formes de vie dont l'intelligence est comparable à celle du genre humain. Dans l'affirmative, la colonisation serait interdite par l'Organisation des Nations Unies. Léo poursuit actuellement la série avec le troisième cycle, dédié au monde d'Antarès.

En réalité, la découverte de formes de vie extra-terrestre n'est pas considérée comme un obstacle à la colonisation d'une planète par le droit international de l'Espace. L'hypothèse d'une telle découverte est consacrée par les traités internationaux qui prévoient une obligation d'information immédiate du secrétaire général des Nations Unies en cas de découverte « de tous signes de vie organique » sur un corps céleste du Système solaire (Accord sur la Lune de 1979). En outre, les traités imposent aux États explorateurs un principe de précaution afin d'éviter la contamination mutuelle des environnements respectifs des corps célestes et de la Terre. Ceci étant dit, Léo décrit correctement le rôle central joué par l'ONU dans la régulation internationale des activités spatiales menées par les États.

De son côté, la *Mantrisse*, créature mystérieuse régulant l'activité de la planète, allant quelquefois jusqu'à faire corps avec elle, n'est pas sans évoquer la thèse défendue par le biophysicien James Lovelock et présentée en 1979 sous le nom de « Gaia ». Selon Lovelock, la Terre serait un organisme vivant au même titre que ses habitants. La dégradation de l'environnement par l'homme aurait pour effet de susciter de sa part un mouvement de défense (voyez James Lovelock, *La Revanche de Gaia*, Flammarion, 2007).

L'exploration marine et la découverte de nos océans fournissent, elles aussi, une source d'inspiration largement exploitée. De *Vingt Mille Lieues sous les Mers* (1869)¹¹ à *L'Odyssée du Commandant Cousteau* (1977), l'exploration des fonds océaniques nous rappelle que nous ne connaissons pas encore tout de notre monde. Avec plus des trois quarts de sa superficie immergée, la Terre recèle des contrées mystérieuses à souhait, peuplées de créatures fascinantes vivant au fond de gouffres insondables.

L'utilisation des ressources naturelles marines est-elle l'avenir de l'homme ? Certes, l'affirmative est indubitable si l'on parle de leur préservation. Mais qu'en est-il de ces gigantesques entreprises visant à exploiter les ressources minérales et

8 éd. Pocket (2007)

9 éd. J-C Lattès (2006)

10 trois cycles chez Dargaud

11 éd. LGF Poche (2001)

fossiles du fond des océans ? C'est le décor choisi par James Cameron (voyez plus haut) pour son film *The Abyss* (1989). Ces mineurs d'un nouveau genre vont faire une rencontre pour le moins inattendue à plusieurs kilomètres de profondeur. Dans la même veine, la bande dessinée propose de nombreux récits sous-marins. L'excellente série *Les Aquanautes* de Parnotte et Mallié¹² ne cache pas ses liens avec le film de James Cameron. Une équipe de mineurs immergée à grande profondeur doit fournir une assistance à un commando militaire. Cette dualité « chercheurs - soldats » est d'ailleurs le moteur de nombreux récits, qu'ils se situent dans l'espace extra-atmosphérique ou ailleurs.

Petit dernier de cet engouement de la bande dessinée pour l'exploration sous-marine, *Carthago* de Bec et Henninot¹³ oppose grands lobbies pétroliers et protecteurs de la nature face à la découverte d'une espèce préhistorique de requins. Là encore, un premier tome très prometteur...

Enfin, les préoccupations environnementales offrent également le matériel pour d'excellents récits, comme la série *Aquablue*¹⁴, mélange de science-fiction et d'*héroïc fantasy* dans lequel l'importance pour l'humanité de préserver son patrimoine naturel joue le premier rôle.

En réalité, l'exploitation des fonds marins est réglementée par la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer, de 1982. Cette Convention sépare les mers et les océans en différentes zones, selon qu'elles soient ou non soumises à la souveraineté nationale des États côtiers. La Haute Mer jouit d'un statut et d'un régime spécial. Les grands fonds marins sur lesquels ne s'exerce aucune souveraineté nationale sont déclarés « patrimoine commun de l'humanité ». L'exploitation de leurs ressources minérales et fossiles doit se faire pour le bien commun de l'humanité. Pour cela, une autorité internationale a été mise en place. Elle réglemente l'exploitation, soit par des investisseurs pionniers, soit par l'Entreprise, un consortium spécialement créé à cette fin.

Voici donc un rapide tour d'horizon de l'utilisation, par le cinéma et la littérature, moderne ou classique, des thèmes qui correspondent de près ou de loin à certaines des multiples activités de la Politique scientifique fédérale. La musique rock n'est d'ailleurs pas en reste : il suffit pour s'en convaincre d'écouter le *Space Metal* d'Arjan Anthony Lucassen, le superbe instrumental *Contact Lost*, dédié par Deep Purple aux victimes de la navette Columbia ou encore le très beau *Rocket Man* d'Elton John, et, plus prosaïquement, de se souvenir que notre compatriote Frank De Winne a failli voler aux côtés d'un certain Lance Bass, chanteur de Boyzone...

Jean-François Mayence

Les illustrations extraites des séries Universal War One et Les Aquanautes ont été reproduites avec l'aimable autorisation des auteurs et de MC Productions (Éditions Soleil).



© MC Productions / Parnotte / Mallié

¹² tomes 1 à 5, éd. Soleil
¹³ tome 1, éd. Humanoïdes Associés
¹⁴ tomes 1 à 11, éd. Delcourt



Le Service d'information scientifique et technique propose une nouvelle sélection de sites internet proches des préoccupations de notre administration.

Bombylius

Par le SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement

Bombylius, du nom du grand bombyle, un insecte largement répandu dans nos régions, trapu et velu, que l'on confond souvent avec le bourdon, est un site web consacré à la biodiversité. L'action vise à faire connaître et préserver la biodiversité tout près de nous : dans nos jardins par exemple. Dossiers, fiches, jeu-concours et cartes électroniques sont autant de supports utilisés par Bombylius pour diffuser ces connaissances

Langues : français et néerlandais



essenscia

Par essenscia

Le 29 mai dernier Fedichem, la Fédération des industries chimiques de Belgique, est devenue essenscia (avec e minuscule), la Fédération des industries chimiques et des sciences de la vie. À l'occasion de ce changement de nom un tout nouveau site web a été créé. Ce nouveau site reflète l'évolution de la Fédération, qui donne une plus grande part aux sciences du vivant. essenscia rassemble plus de 700 entreprises actives dans ces secteurs. C'est donc tout naturellement qu'on trouve sur le site beaucoup d'informations destinées au public sur les activités de ces entreprises. Cependant, deux semaines après le lancement du site, les rubriques « jeunes » et « développement durable » sont toujours vides. En plus de l'information au public, essenscia sert aussi de trait d'union entre les entreprises et les pouvoirs politiques ou les plus grandes fédérations d'entreprises. Les affiliés disposent à cette fin d'un extranet qui leur est réservé. Enfin, le site dispose d'un moteur de recherche interne qui permet d'effectuer des recherches par mot-clés, générales ou ciblées sur les secteurs d'activités, les entreprises, les produits et les actualités.

Langues : français et néerlandais



European Chemicals Agency (ECHA)

Par la Commission européenne

Le 1^{er} juin 2007, le règlement REACH (*Registration, evaluation and authorisation of chemicals*) est entré en vigueur dans

l'Union européenne. Son but est de concilier les impératifs environnementaux et de santé publique avec l'innovation dans le domaine de la chimie industrielle. À cette fin, l'ECHA intervient sur les questions techniques, scientifiques et administratives qui peuvent se poser pour toutes les substances chimiques concernées par REACH. L'ECHA est aussi chargée de garantir au public l'accès à l'information concernant les produits chimiques. Concrètement, il s'agit de classer et cataloguer les substances, afin d'en déterminer la dangerosité, et par conséquent de déterminer si elles doivent être interdites et dans quels contextes. Depuis le site de l'ECHA, on accède aux règles de classification et de catalogage des substances et préparations chimiques.

Langues : anglais



http://ec.europa.eu/echa/home_en.html

Le trésor du mois

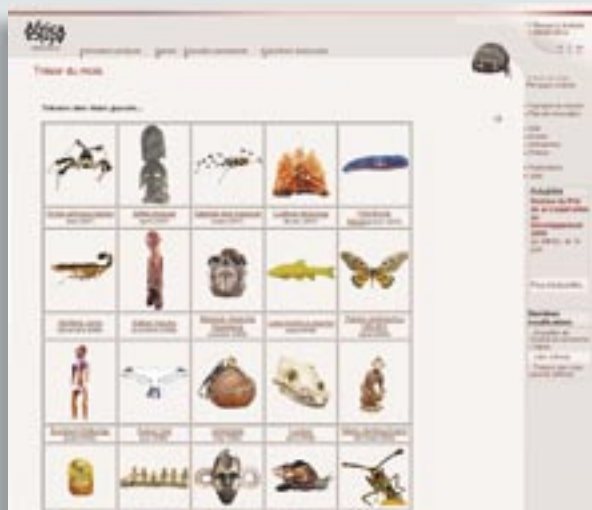
par le Musée royal de l'Afrique centrale

Chaque mois, le musée présente un objet de ses richissimes collections. Exotique, surprenant, passionnant voyage inépuisable dans les collections du musée de Tervuren, la rubrique « Trésor du mois » nous a ainsi déjà présenté des minéraux, des animaux exotiques (espèces vivantes, naturalisées ou ... fossilisées, telle cette araignée incrustée dans du copal), des instruments de musique, des objets de culte, de la vie courante, bijoux, vêtements, ...

Langues : français, néerlandais et anglais



<http://www.africamuseum.be/museum/treasures/museum/treasures/pasttreasures/>



Mais aussi...

Centre national d'histoire des sciences

par la Bibliothèque royale de Belgique

Ce Centre valorise et exploite le fonds Vandermaelen conservé par la section des Cartes et Plans de la Bibliothèque royale.



<http://www.kbr.be/cnhs/>

Belgian Antarctic Research Station

par la Fondation polaire internationale et la Politique scientifique fédérale

Site de la station polaire Princess Elisabeth, qui sera construite durant l'été austral 2007-2008 et 2008-2009. De magnifiques photos.



<http://www.antarcticstation.org/>

Denis Renard



Quand Science rime avec développement durable...

Les gestionnaires du programme SDD : de gauche à droite, au premier rang, Aline Vanderwerf, Anne Fierens, Maaïke Vancauwenberghe, Emmanuèle Bourgeois, Georges Jamart ; au deuxième rang, Dimitri Harmegnies, David Cox, Marie-Carmen Bex, Christine Mathieu, Monique Blanken, Julien Vandeburie © Yves Nevens / Science Connection

Voici 18 mois, la Politique scientifique fédérale lançait son nouveau programme de recherche intitulé « *Science for Sustainable Development (SSD)* ». Ce programme de quatre ans, doté d'un budget de 61 millions d'euros, fait suite aux « Plans d'appui scientifique à une politique de développement durable » I et II, initiés il y a plus de 10 ans.



Les domaines de recherche prioritaires du programme SSD sont l'énergie, le transport, l'agroalimentaire, le climat et l'atmosphère (y compris l'Antarctique), la biodiversité et les écosystèmes marins et terrestres (incluant encore l'Antarctique), ainsi que les recherches transversales. L'Antarctique et la mer du Nord y figurent en bonne place, tant comme écosystèmes particuliers que pour leur intérêt dans la recherche sur les changements climatiques. Ces thématiques, quoique présentes dans les plans précédents, ont abordé de nouvelles lignes de recherche répondant aux nouvelles préoccupations du futur.

La santé et l'environnement, souci croissant de notre société, y sont nouvellement traités. En outre, la normalisation, qui peut être un outil de la gestion du développement durable, sera incluse aux projets la requérant.

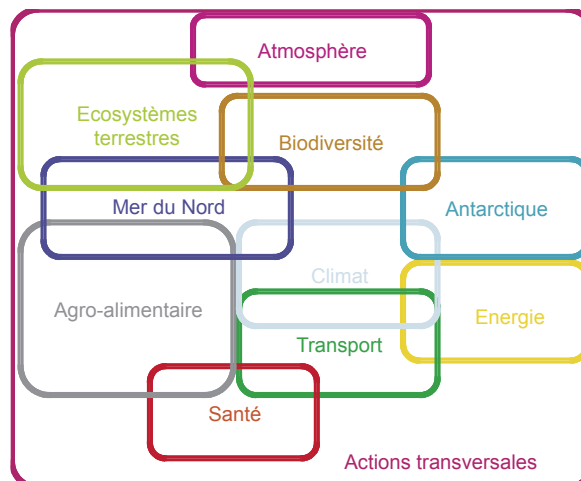
Ce programme encourage les synergies entre thématiques donnant lieu à des réseaux interdisciplinaires comprenant de 2 à 5 équipes. Il tente également à renforcer les liens avec d'autres programmes de recherche de la Politique scientifique, dont les Collections coordonnées de micro-organismes, l'Observation de la Terre ou les Pôles d'attraction interuniversitaires (voir page 3). Au total, l'ensemble des projets supporte financièrement 280 équipes de recherche belges. Ce programme permet également d'associer des équipes internationales, à raison de 20% du budget d'un projet.

Comme ses prédécesseurs, le programme SSD a un double objectif (1) maintenir, développer et renforcer un potentiel scientifique national dans des domaines stratégiquement importants, dans un souci de support à la décision et (2) s'inscrire dans une démarche au niveau international.

En suite des premiers appels 2005 et 2006, 69 projets ont été retenus ; ceux-ci ont été présentés lors d'un « *kick off meeting* », organisé à la Bibliothèque royale en mars dernier. La finalité de cette réunion était d'encourager la rencontre entre chercheurs du programme, en vue de leur permettre une identification des personnes ressources et des projets en cours. Bref, de créer un climat favorable pour l'émulation d'idées de recherches nouvelles. Cette réunion a rassemblé, durant deux jours, plus de 300 chercheurs impliqués dans les projets soutenus dans le programme.

Une approche interdisciplinaire – 8 thématiques – un ensemble de projets ... y compris en synergie

Sept recherches en **énergie**, allant de l'approche technico-économico-sociale de la mise en œuvre d'une politique énergétique alternative ou renouvelable (énergie éolienne, bio-



énergie,...) à l'utilisation durable des bio-carburants, constituent l'essentiel de ce pôle thématique du programme SSD.

Cinq recherches en **santé et environnement**, orientées « air quality », sont ainsi financées en soutien aux politiques nationales et internationales concernées, comme celles de l'Organisation mondiale de la santé ou de la Commission européenne. Il s'agit du développement d'un biomarqueur non invasif pour le monitoring des maladies respiratoires chez l'enfant, ou encore de l'impact de particules fines atmosphériques sur la santé de populations vulnérables (enfants, personnes âgées) en fonction de la météorologie, ... notamment.

En **transport**, douze projets portent, entre autres, sur les véhicules propres, le transport multimodal, l'analyse des comportements ou les véhicules de société... Par ailleurs, de manière transversale, des projets allient santé et cyclisme ou encore aménagement du territoire et mobilité des personnes âgées.

Les six projets en **agroalimentaire** traitent de la sécurité de la chaîne alimentaire: contaminations chimiques ou microbiologiques (virus et microorganismes pathogènes émergents),... mais aussi de la relation alimentation-santé au travers de recherches portant sur les allergies et les intolérances alimentaires, sur les aliments fonctionnels et les nouveaux aliments. Ces projets s'intéressent également à l'agriculture durable en étudiant, par exemple, le rôle de l'agriculture multifonctionnelle dans la construction d'une identité territoriale rurale.

La **biodiversité**, quant à elle, regroupe 9 projets et constitue l'axe principal de certains projets ou en est une composante analysée de l'écosystème et de son fonctionnement : diversité microbienne, espèces du monde végétal et animal, ... mais aussi impacts et menaces des changements climatiques et environnementaux sur la biodiversité, espèces envahissantes.

Les **écosystèmes marins et d'eau douce** font quant à eux l'objet de 12 recherches. Six d'entre elles portent sur l'éco-

système de la mer du Nord, notamment sur l'impact des changements climatiques sur les activités en Mer du Nord, sur la quantification des processus d'érosion et de sédimentation sur le plateau continental belge,... et six sur les écosystèmes d'eaux douces (fonctionnement, impacts et adaptation).

Trois projets étudient les composants **atmosphériques** dans le contexte des changements climatiques : (1) analyse des observations terrestres et satellitaires, (2) impact des composés organiques biogéniques dans l'atmosphère (purification) et (3) les mécanismes de dégradation photochimique et les mécanismes de formation des aérosols biogènes secondaires.

En matière de **recherche climatique**, un projet s'attache à l'étude des processus subglaciaux antarctiques. Un autre évalue les incertitudes liées aux modèles dans les projections à long terme des changements de climat et du niveau de la mer. Quatre projets se concentrent sur (1 et 2) l'évaluation du rôle des Océans (océans Atlantique et Antarctique) comme source/puits de CO₂; (3) l'estimation de l'impact sur les cycles biogéochimiques et (4) l'amélioration de la capacité de prédiction de la réponse des Océans aux augmentations futures du CO₂ atmosphérique et de la température, à l'acidification des eaux océaniques. Ces informations sont nécessaires pour la modélisation du climat.

Par ailleurs, cinq projets sont regroupés sous la thématique « Politique climatique ». Ils traitent de la problématique des inondations en Belgique ou encore de la prise en compte des transports aériens et maritimes dans le système européen des droits d'émission échangeables, de la séquestration du CO₂ etc.

Enfin, à côté des approches sectorielles, les **recherches transversales** (8 projets) abordent, de manière globale et transversale, les thématiques liées au développement durable. Elles seront donc de nature très variée : de la consommation durable aux modèles liés à la prise de décision et à la gestion publique en passant par les indicateurs de bien-être, la construction de scénarios à long terme et l'utilisation de l'aménagement du territoire comme outil au service d'un développement durable.



Le programme « La Science pour un développement durable » : www.belspo.be/fedra > Actions de recherche > Science pour un développement durable



Archives générales du Royaume
Algemeen Rijksarchief



Avec le soutien de la Chancellerie du Premier Ministre
Met de steun van de Kanselarij van de Eerste Minister

.be

EXPOSITION ~ TENTOONSTELLING

Spaak ~ Rothschild ~ Snoy



Photographie photographique / fotomontage - original / original - KBR
Copyright : Communauté européenne / Europese Gemeenschapen.

De Val Duchesse aux Traités de Rome
Van Hertoginnendal tot het Verdrag van Rome

09/03 - 29/09 2007

Entrée libre - Vrije toegang

Duvert 8:30-16:30 du mardi au vendredi
Open 8:30-16:30 van dinsdag tot vrijdag
samedi-zaterdag
à partir de septembre - vanaf september
8:30-12:00 / 13:00-16:00



Rue de Ruysbroeck 2 / Ruisbroekstraat 2
1000 Bruxelles / Brussel
Tel : 02 513 76 80 Fax : 02 513 76 81
<http://arch.arch.be>
Communicat@arch.be

Les musées du bout du monde : Marienhamn

L'archipel de Åland est composé de plus de 6.500 îles, à l'embouchure du golfe de Botnie, entre la Suède et la Finlande. La plus grande de ces îles est, précisément, Åland qui regroupe 90% des 26.200 insulaires. La capitale, Marienhamn, est surnommée la ville aux mille tilleuls.

Depuis toujours, les habitants sont de culture et de tradition suédoises (ils ont fait partie du royaume de Suède jusqu'en 1808 lorsque l'archipel et la Finlande ont été rattachés à la Russie). Toutefois, en 1917, Åland est retournée à la Suède (en même temps que la Finlande devenait indépendante).

Depuis lors, les îles bénéficient d'un statut particulier au sein de la république finlandaise. À l'image de nos communautés et régions, Åland (qui compte un gouvernement de huit ministres et un parlement de 30 députés) est compétent en matière d'enseignement, de culture, de monuments et sites,

de santé publique, d'environnement, de police, de poste, de télécommunications, de radio, de télévision ... Les affaires étrangères, la justice et le système douanier restent du ressort de Helsinki.

Åland compte quelques musées qui, en 2005, ont été visités par un peu moins de 140.000 personnes.

Celui qui rencontre les faveurs du public est le voilier « **Pommern** », un authentique quatre-mâts, unique exemplaire de son état. Ce navire, construit en 1903 à Glasgow, en Écosse, a battu pavillon allemand jusqu'à la Première guerre mondiale puis fut la propriété d'un armateur local.

En 1952, le « Pommern » est cédé aux autorités communales et, depuis 1957, fait partie intégrante du **Musée maritime**, connu pour ses collections de premier ordre qui renvoient

© Pierre Demoié





aux temps où Mariehamn disposait d'une des plus grandes flottes marchandes du monde (ph. du centre).

Les collections permanentes du **Musée d'Åland** (ph. du bas) retracent l'histoire des îles, de la préhistoire à nos jours. Des expositions temporaires, comme récemment, sur les robes de mariées, sont présentées. L'entrée au musée est gratuite d'octobre à avril et payante durant la saison touristique.

En 1982, ce musée et s'est vu décerner le prix du meilleur musée par le Conseil de l'Europe.

Juste à côté est situé le **Musée d'art** : il réunit les œuvres d'artistes locaux, dont Karl Emanuel Janssen et Krister Fagerholm.

Non loin de là, se trouve le « **Önningebymuseet** », du nom du village éponyme où, à l'été 1886 le peintre finlandais Victor Westerholm (1861 - 1919) invita quelques amis, artistes comme lui, dans sa nouvelle maison alandaise. Cette invitation provoqua la naissance de la colonie d'artistes de Önningeby. Des peintres comme Elin Danielson, Hanna Rönberg, J.A.G. Acke et Edvard Westman, venus de Suède et de Finlande pendant une trentaine d'années, trouvèrent leur inspiration pour la peinture de plein air dans un paysage exceptionnel.



Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle apparurent plus de cent colonies d'artistes dans toute l'Europe.

Enfin, au **quartier maritime (page 24)**, l'ambiance des chantiers navals de l'époque a été reconstituée, avec leurs forges et leurs ateliers connexes, y compris un musée et une taverne. La marina, et sa jetée de 300 mètres, accueille de petits bateaux traditionnels en bois.

Le musée rassemble divers documents sur l'art naval ainsi qu'une exposition sur les bateaux-fermes (les *storbåtar*) alors que dans le phare sont réunies des maquettes de bateaux.

C'est dans le quartier maritime que fut construite une vingtaine de navires : goélettes, galéasses et autres schooners.

Pierre Demoitie



Åland :
www.aland.ax

Les villages d'artistes :
www.artistsvillages.net

Femelle de la mouche de fruits méditerranéenne (*Ceratitis capitata*) déposant ses œufs dans une orange.
© R.S. Copeland

Le règne animal en codes-barres

La technologie moderne au service des collections des musées belges

Le bourdonnement cesse, inquiétant. Quelque chose effleure la peau. Un seul réflexe... Était-ce un petit insecte inoffensif, qui ne gratifiera le dormeur que de quelques démangeaisons, ou l'animal était-il vecteur de la redoutable malaria ? Dans l'état où il se trouve, il semble bien difficile à identifier, même pour les plus grands spécialistes des moustiques ! Mais le « barcoding ADN » permet de reconnaître sans équivoque l'espèce à laquelle appartient tout individu, fût-ce à partir de restes insignifiants.

Le « barcoding ADN »

Le « *barcoding* ADN » est une technique qui permet, à partir d'une séquence d'ADN, de déterminer immédiatement l'espèce à laquelle un organisme appartient. En effet, chaque espèce (et même, chaque individu) possède son « code » d'ADN particulier, constitué d'éléments se répétant selon une séquence propre. Un peu selon le principe des codes-barres qui permettent de savoir, d'une simple lecture optique, quel produit se trouve entre nos mains et quelles en sont les caractéristiques.

Que ces codes-barres génétiques représentent une manière innovatrice de travailler n'a pas échappé à nos chercheurs. Le « *barcoding* ADN » est une des activités principales du tout jeune laboratoire JEMU, *Joint Experimental Molecular Unit*, un projet qui réunit le Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC) et l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique (IRScNB). L'idée d'un grand projet regroupant les deux institutions a été lancée pour la première fois il y a quelques années par Daniel Cahen, alors directeur de l'IRScNB. Un centre d'expertise commun, basé sur les collections très similaires des deux institutions, tombait sous le sens. L'idée a pu se concrétiser grâce au soutien financier de la Politique scientifique fédérale : JEMU est né officiellement le 1^{er} janvier 2007, pour quatre années.

Thierry Backeljau (IRScNB) et Marc De Meyer (MRAC), ainsi que trois de leurs collègues des deux musées fédéraux, ont porté le JEMU sur les fonts baptismaux. Ils forment le comité qui assure le suivi quotidien du projet. « Nos deux institutions ont une grande expertise en commun, déclare Marc De Meyer, autrefois déjà, des collaborations existaient au niveau individuel. Mais nous voulions que cette collaboration devienne aussi structurale. »

« Les deux musées possèdent des collections considérables et complémentaires, en matière de zoologie particulièrement, poursuit Thierry Backeljau, et par la force des choses nous appliquons les mêmes méthodes. Naviguant dans les mêmes eaux, une synergie entre les deux établissements allait de soi. »

Barcoding ou recherche taxonomique classique ?

Une solide collaboration, de vastes collections, promettent le JEMU au succès. Premier objectif : exploiter les collections zoologiques du MRAC et de l'IRScNB dans le cadre d'une recherche moléculaire. Analyser des échantillons d'ADN des individus de toutes les espèces, et attribuer ainsi un « code ADN » à chaque spécimen.

« L'ADN est porteur d'information génétique, expliquent les scientifiques. Il présente une longue répétition ordonnée de quatre éléments : l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). C'est donc une sorte de code alphabétique, unique pour chaque individu. L'idée est de trouver une portion de ce code qui se répète chez tous les individus de la même espèce, mais qui varie d'une espèce à l'autre. Dès lors qu'on connaît cette courte séquence d'ADN, on peut vérifier si un individu appartient ou non à telle espèce. »

En outre, il faut adapter des techniques d'identification. Il s'agit de générer une séquence d'ADN standard sur la base de laquelle on peut rapidement et de manière simple déterminer l'espèce à laquelle appartient l'individu que l'on étudie. « On peut comparer l'idée aux codes-barres appliqués aux produits vendus dans les supermarchés. Lorsqu'on détient un échantillon d'ADN d'un animal, que ce soit d'une plume, d'une patte, d'un œuf ou d'une larve, on peut situer l'espèce beaucoup plus facilement en comparant la séquence aux codes standards répertoriés dans une banque de données. »

« Dès lors que l'on connaît cette courte séquence d'ADN, on peut vérifier si un individu appartient ou non à telle espèce. »

« Avant l'apparition des techniques moléculaires, l'identification des espèces animales s'effectuait toujours par une étude taxonomique axée principalement sur des caractères morphologiques et anatomiques. » Un taxonomiste détermine par exemple au moyen de la couleur, de la forme, du mode de vie et du régime alimentaire d'un oiseau à quelle espèce celui-ci appartient. « Là

surviennent de nombreuses difficultés. Les caractères morphologiques ne sont pas toujours fiables. Deux vers d'espèces différentes, par exemple, peuvent se ressembler très fort. Inversement, deux individus d'une même espèce peuvent avoir des allures toutes différentes selon les conditions dans lesquelles ils ont grandi ou selon la phase de développement dans laquelle ils se trouvent (par exemple, la chenille et le papillon). Dans les deux cas, l'utilisation de l'ADN propose une solution. C'est la raison pour laquelle nous voulons faire le plus possible usage de techniques moléculaires. »

« D'ailleurs, durant ces dernières décennies, l'expertise taxonomique se perd, poursuivent les biologistes, et la recherche sur l'ADN peut être un nouveau stimulus. L'apparition des techniques moléculaires a suscité deux attitudes qui ont souvent mis un frein au travail de collaboration, opposant les défenseurs de la recherche taxonomique traditionnelle aux tenants des applications de l'ADN. JEMU offre aujourd'hui de réconcilier ces deux courants, de les consolider et de les renforcer. La taxonomie morphologique de papa reste toujours essentielle pour interpréter la recherche ADN "moderne". »

Une mine d'or et des orfèvres

La recherche sur l'ADN n'est pas une nouveauté. Le système des « codes-barres ADN » non plus. Si JEMU a été mis sur pied, c'est principalement parce que les institutions scientifiques engagées veulent rester dans le courant de l'évolution mondiale en matière de recherche moléculaire. « Pour un établissement scientifique, il est important de suivre les mutations, les progrès, les découvertes qui s'opèrent au niveau international, sans quoi on n'est plus maître de son propre développement et on a un train de retard. Ce n'est certainement pas bon pour nos institutions, déclarent les fondateurs de JEMU, ni pour notre pays, en termes d'innovation scientifique et de progrès. »

Moustique inoffensif ou vecteur de la malaria ? Le « barcoding ADN » permettrait d'être rapidement fixé...
© Thierry Hubin/IRScNB/KBIN



L'IRScNB est déjà riche d'une certaine expérience en matière de techniques moléculaires et les deux centres de recherche jouissent d'une expertise de premier plan au niveau international en ce qui concerne les poissons, les éponges, les escargots, les vers nématodes, les araignées, les concombres des mers et les mouches.

À elles deux, les institutions possèdent une des plus grandes collections zoologiques du monde. « *Nous possédons un véritable trésor*, dit T. Backeljau. *Des chercheurs de renom viennent de l'étranger frapper à la porte de l'IRScNB et à celle du MRAC pour y étudier les pièces des collections de ces deux institutions fédérales, y compris dans le cadre de la recherche moléculaire. Mais après tout, nous ne voulons plus être simplement les gardiens d'une mine d'or, puisque nous avons chez nous d'excellents orfèvres capables d'exploiter nos richesses tant prisées.* »

« Nous sommes sur une mine d'or »

« *JEMU est effectivement de grande importance pour valoriser nos collections*, confirme M. De Meyer. *De nombreuses universités possèdent la même expertise, mais nous sommes les seuls à être en contact direct avec des collections uniques qui sont les nôtres. Par exemple, le MRAC abrite des spécimens provenant de régions de l'est du Congo qui ont subi de lourds dommages suite aux troubles et aux migrations de populations, ou qui ne sont plus accessibles pour des raisons politiques ou de sécurité. Il est donc tout à fait possible que nous soyons en possession de spécimens d'espèces hélas aujourd'hui disparues.* »

« *Par ailleurs, nous possédons un grand nombre d'exemplaires "types"*, avance Thierry Backeljau. *Ce sont des individus associés à la description d'une espèce et donc qui restent la référence pour le nom de l'espèce. Si un scientifique pressent qu'il vient de découvrir une nouvelle espèce, il peut s'en assurer en comparant le "code-barres d'ADN" de son exemplaire avec*

ceux des exemplaires types. À l'IRScNB, nous avons pu étudier l'ADN d'un exemplaire type de limace récolté en 1865 ; récemment, une équipe de recherche internationale, dont fait partie Mietje Germonpré, paléontologue à l'IRScNB, a réussi à mener des recherches sur les restes d'un squelette fossile de mégacéros, dont l'espèce s'est éteinte il y a quelque 8 000 ans ! »

La recherche sur l'ADN montre donc à quel point il est important pour un musée qu'il se constitue de solides collections et qu'il les complète sans cesse. On ne sait jamais quelles techniques révolutionnaires seront développées à l'avenir, grâce auxquelles de nouvelles informations pourront être extraites des vieux échantillons.

Du fer de lance préhistorique aux mouches de fruits, en passant par les crashes aériens

Les codes-barres peuvent servir à de très nombreuses fins : identifier des espèces menacées ; reconnaître, dans une recherche légale, les vers d'un cadavre, ou encore prévenir les dégâts que pourraient causer une épidémie d'insectes dans des champs cultivés.

Dans le contexte de ces dernières applications, une initiative a été lancée au sein du MRAC et de l'IRScNB et sera menée plus avant grâce au JEMU. « *Dans le cadre du Tephritid Barcode Initiative (TBI), les données ADN des mouches de fruits, notamment, ont été stockées*, explique Marc De Meyer. *En comparant les séquences d'ADN avec les codes-barres, on peut facilement et rapidement identifier l'espèce, et savoir immédiatement s'il s'agit d'animaux nuisibles ou inoffensifs. C'est particulièrement important dans le cas de l'importation des fruits, car si un officier de quarantaine vient à découvrir ces mouches ou leurs larves, on peut, grâce à une identification rapide, éviter l'invasion désastreuse d'une espèce nuisible.* » Le projet TBI montre clairement que l'expertise des deux musées est reconnue au niveau mondial, puisqu'il a été lancé à la demande de l'association CBOL. Le Consortium for

Thierry Backeljau est chef de travaux agrégé à la section de Malacologie de l'IRScNB et professeur à temps partiel au département de biologie de l'Université d'Anvers. Sa recherche s'oriente principalement sur la systématique, la phylogénie et la génétique des populations des escargots, où il fait notamment usage des techniques d'électrophorèse des protéines et des techniques d'ADN. En outre, il est impliqué activement dans des programmes de recherche similaires concernant les mouches de fruits, les vecteurs de la malaria, les vers nématodes et plats, les tiques, les araignées lousps (*lycosides*) et les lézards.

Marc De Meyer est docteur en sciences zoologiques. Sa recherche de doctorat, consacrée à la systématique d'une famille de diptères : les *Piunculidae*, a été effectuée à l'IRScNB. Après dix années d'expérience en Afrique, il a été nommé chef de la section d'entomologie du MRAC en 1998. Là, il gère une collection de plus de six millions d'insectes, parmi lesquels de nombreux coléoptères et papillons. Il effectue principalement de la recherche sur la systématique et la phylogénie des mouches de fruits africaines (*Tephritidae*).



© Thierry Hubin/
IRScNB/KBIN



© Mihaly
Foldvari

the Barcode of Life regroupe quelque 130 organisations issues de plus de 40 pays. L'objectif final est de créer une banque de données reprenant les « codes-barres ADN » de tous les êtres vivants. Une arche de Noé numérique, en quelque sorte.

Mais les « codes-barres » offrent encore, outre la détection des mouches de fruits nuisibles, tout un éventail de possibilités. « *Lorsqu'un avion est mis en danger parce qu'un oiseau s'est pris dans son réacteur, il serait facile de savoir à partir des restes de quelle espèce il s'agit*, explique T. Backeljau. *Cela permettra de trouver peut-être des réglementations plus adéquates en vue d'éviter pour l'avenir de tels accrochages.* »

« *Le système des "codes-barres" peut aussi s'avérer utile dans la recherche archéologique*, continue-t-il, *puisque, par exemple, l'ADN d'une tache de sang retrouvée sur le fer d'une lance préhistorique révèle aux scientifiques l'espèce chassée.* »

La recherche sur l'ADN a par ailleurs démontré toute son utilité pour constater des prises illégales. « *Au Japon, il a été découvert grâce à la recherche ADN que la viande de cétacés protégés a été vendue sous la dénomination d'espèces courantes et non protégées* », nous apprend M. De Meyer. *Il est aussi possible de savoir de quelle région un morceau d'ivoire provient, et de contrôler ainsi si l'animal ne provient pas de zones où la chasse est illégale.* »

Bien sûr, les « codes-barres » permettent de distinguer les anophèles, vecteurs de la malaria, des autres moustiques et de dresser une carte de leur distribution qui aidera à organiser des campagnes de luttes optimales.

Enfin, les recherches basées sur le système de « codes-barres ADN » ont révélé qu'un grand nombre d'espèces inconnues attendent d'être découvertes et décrites, y compris dans des régions très étudiées comme l'Europe de l'Ouest ou l'Amérique du Nord... Les taxonomistes ont donc encore du pain sur la planche !

Un tremplin vers la recherche moléculaire

Le centre d'expertise JEMU est né effectivement en mai 2007, avec le recrutement de quatre chercheurs pourvus d'expérience en techniques moléculaires. En plus d'établir les « codes-barres ADN », leur spécialité sera de tester, développer et optimiser les techniques visant à extraire l'ADN utilisable dans les pièces anciennes des collections. JEMU veut par ailleurs soutenir le plus possible l'utilisation des techniques moléculaires, en prévoyant par exemple des cours pour les chercheurs intéressés au sein des institutions. De cette façon, l'unité de recherche commune encouragera les scientifiques à utiliser les techniques moléculaires dans les programmes de recherche en cours.



Cet été, les scientifiques du MRAC et de l'IRScNB peuvent introduire leurs propositions de projets, et les chercheurs du JEMU désirent s'impliquer activement dans ceux-ci. L'unité moléculaire commune ne fonctionnera donc pas comme un simple centre de services, mais comme un centre d'expertise participant activement à la recherche. « *Par le soutien scientifique qu'il peut apporter, l'infrastructure qu'il possède et le financement dont il bénéficie*, concluent les biologistes, *JEMU est, pour les autres scientifiques, un tremplin vers une recherche plus approfondie qui utilise les techniques moléculaires.* »

Miriam Tessens et Jiska Verbouw

Chaque spécimen pourrait se voir attribuer un « code-barres ».
© Thierry Hubin/IRScNB/KBIN



Restes d'un squelette fossile de Megalocerus giganteus, sorte de cerf géant, dont l'espèce s'est éteinte il y a quelque 8 000 ans et dont l'ADN a été étudié par une équipe internationale de chercheurs.
© Thierry Hubin/IRScNB/KBIN

Une mission archéologique belge redécouvre le plus ancien art d'Égypte

Les sites d'art rupestre paléolithiques de Qurta, vieux de 15.000 ans, sont de véritables « Lascaux le long du Nil »

En février et mars 2007, une mission archéologique belge, financée par l'Université de Yale (en collaboration avec Vodafone Égypte) et dirigée par Dirk Huyge des Musées royaux d'art et d'histoire, ont entamé un projet de recherche sur les sites d'art rupestre de Qurta, sur la rive est du Nil, à l'angle nord de la plaine de Kom Ombo, à 40 kilomètres au sud d'Edfou et à 15 kilomètres au nord de Kom Ombo. L'équipe comprenait aussi des scientifiques de l'Université de Yale (USA), de l'Université de Californie à Los Angeles (USA), de l'Université nationale australienne (Canberra, Australie), de l'Université américaine au Caire (Égypte) et de l'Université de Gand.

Une autre recherche sur l'art rupestre menée en 2004 par la même mission dans la région de el-Hosh, sur la rive occidentale du Nil, à une trentaine de kilomètres au sud d'Edfou, avait abouti à la découverte d'un intrigant site d'art rupestre au sommet le plus méridional d'une colline de grès nubien baptisée Abu Tanqura Bahari, à environ 4 kilomètres au sud du village actuel de el-Hosh. Ce site montre, parmi d'autres choses, plusieurs représentations de bovidés exécutées dans un style naturaliste semblable au style franco-cantabrique, tel que celui de Lascaux, lequel est très différent des représentations de bétail stylisées dans l'iconographie

prédynastique « classique » du 4^e millénaire avant J.-C.. Sur la base de la patine et de l'altération, on peut déterminer que ces représentations de bovidés sont extrêmement vieilles. Celles-ci étant comparables à des images de bétail découvertes en 1962-1963 par une mission archéologique canadienne (*The Canadian Prehistoric Expedition*) sur la rive orientale du Nil, dans la région du Djebel Silsila, l'équipe belge a tenté de retrouver ces dernières. La tentative fut couronnée de succès, et les sites furent localisés en octobre-novembre 2005 à proximité du village moderne de Qurta, le long de l'arête septentrionale de la plaine de Kom Ombo.

Une prospection intensive des collines de grès nubien situées immédiatement à l'est du village de Qurta mena à la découverte de trois sites rupestres, que l'on désigna par les noms Qurta I, II et III. Dans chacun de ces sites, plusieurs zones d'art pariétal furent identifiées. Au total, il s'agit de pas moins de 160 figures individuelles. L'art rupestre de Qurta consiste principalement en des représentations de figures animales naturalistes. Ces images ont été réalisées par incision et par martèlement. Les bovidés sont largement prédominants (au moins 111 exemples), suivis par les oiseaux (au moins 7 exemples), les hippopotames (au moins 3 exemples), les gazelles (au moins 3 exemples), les poissons (2 exemples) et les ânes (1 exemple). En outre, on trouve (au moins) 7 images stylisées de figures humaines, représentées avec des fesses prononcées, mais aucune autre partie du corps. Aucun animal représenté ne montre de signes de domestication. Il ne fait pas



de doute que les bovidés représentés soient des aurochs (*Bos primigenius*). L'art pariétal de Qurta est différent de tous les autres connus ailleurs en Égypte. Il est substantiellement différent de l'art rupestre prédynastique « classique » du 4^e millénaire avant J.-C., omniprésent en Égypte, et connu via des centaines de sites dans toute la vallée du Nil et dans les déserts adjacents à l'est et à l'ouest.

En 1962-1963, l'expédition canadienne susmentionnée qui travaillait dans la région avait découvert et fouillé plusieurs zones d'habitat dans les environs des sites d'art rupestre. La plus importante de celles-ci est GS-III, située à une distance de seulement 150 à 200 mètres du site rupestre de Qurta I. Sur ce site paléolithique, des fragments de grès furent découverts, sur lesquels des rainures linéaires ont été incisées. Dans un cas, elles forment plusieurs rainures profondes et parallèles. Cela prouve tout au moins qu'à la fin du paléolithique, les habitants de la plaine de Kom Ombo pratiquaient la technique de l'incision du grès. Le site GS-III et des sites similaires découverts par l'expédition préhistorique canadienne et par d'autres missions dans la plaine de Kom Ombo au début des années 60 sont actuellement attribués à la culture du Ballanien-Silsilien, datant d'il y a environ 16.000 à 15.000 ans. Climatologiquement, cela correspond à la fin d'une période très aride, précédant un retour de la pluie et l'ère du « Nil sauvage », datant de 14.000-13.000 avant J.-C.

La faune du Ballanien-Silsilien et d'autres sites paléolithiques tardifs de la plaine de Kom Ombo suggère une culture de chasseurs et de pêcheurs, avec une économie de subsistance mixte orientée, en ce qui concerne les ressources de nourriture, à la fois vers le fleuve et vers le désert. Elle est caractérisée essentiellement par les éléments suivants : aurochs, antilopes bubales, quelques espèces de gazelles, hippopotames, oiseaux échassiers et plongeurs (incluant de nombreuses espèces d'oies et de canards) ainsi que des variétés de poissons. À l'exception des antilopes bubales, cet inventaire de la faune correspond parfaitement au répertoire animalier des sites rupestres de Qurta. Les grands éléments de faune « éthiopienne » tels que les éléphants, les girafes et les rhinocéros sont ostensiblement absents, tant dans la faune du paléolithique tardif que dans l'art pariétal. En raison de ses particularités, l'art rupestre de Qurta reflète une véritable mentalité paléolithique, comparable à peu de choses près à celle qui gouverne l'art paléolithique européen.

On attribue donc l'art rupestre de Qurta à la culture du Ballanien-Silsilien de la fin du pléistocène, ou à une culture du paléolithique tardif de nature et d'âge similaires. Sachant cela, on ne peut donc pas considérer comme une coïncidence le fait que le site comparable d'Abu Tanqura Bahari à el-Hosh est également situé à courte distance (environ 500 mètres) d'un site du paléolithique tardif qui, principalement sur la base de sa position stratigraphique, doit être d'un âge quasi-similaire à l'industrie du Ballanien-Silsilien de la plaine de Kom Ombo. Il est donc quasiment certain que l'art rupe-

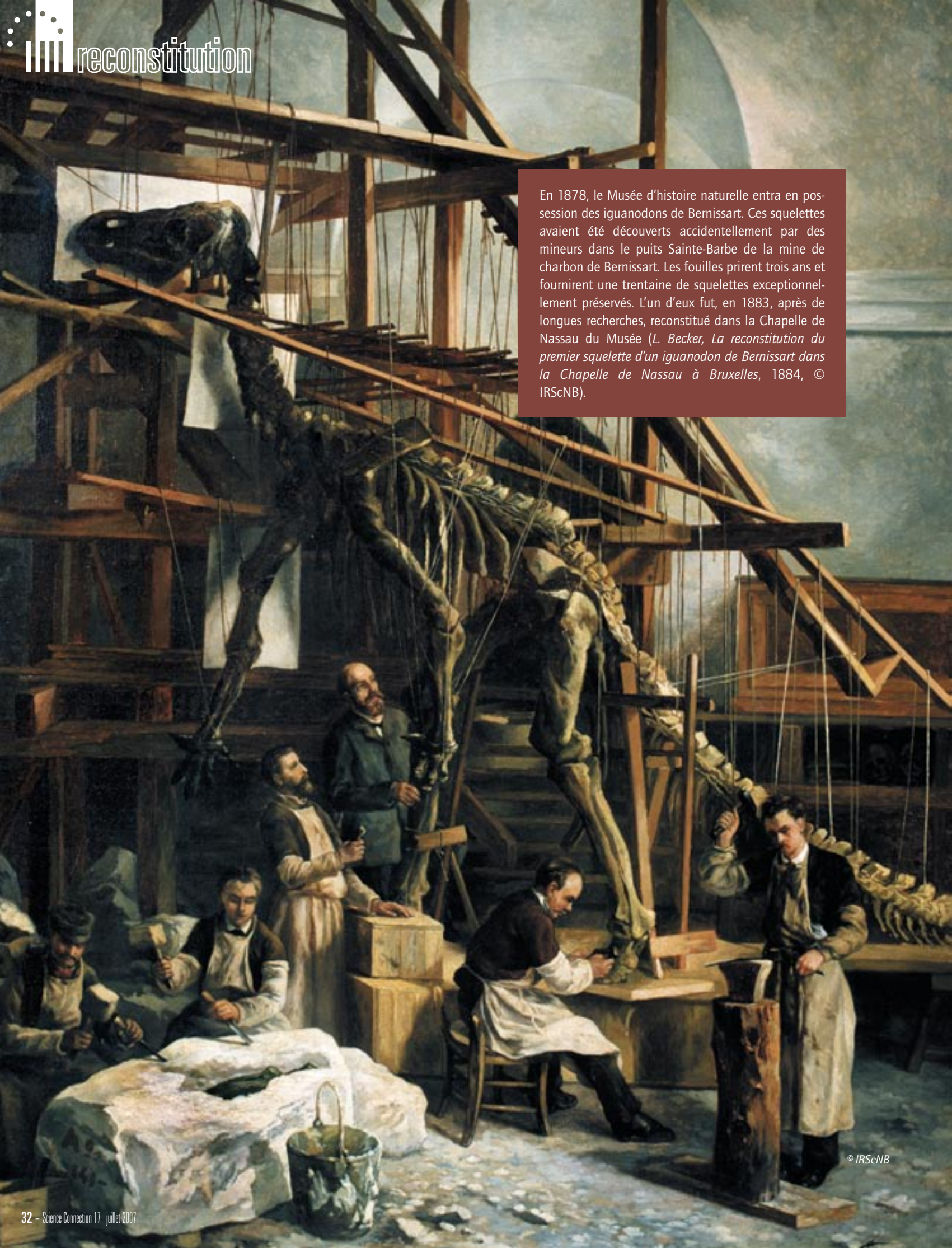
stre de Qurta soit âgé d'environ 15.000 ans. Il s'agit de l'activité graphique la plus ancienne enregistrée en Égypte jusqu'à présent. Il est donc évident que l'Afrique en général, et l'Égypte en particulier, possède un art préhistorique fortement comparable aux grandes traditions artistiques du Paléolithique connues depuis longtemps sur le continent européen, et cela tant du point de vue chronologique qu'esthétique. L'art rupestre de Qurta, qui est vraiment un « Lascaux le long du Nil », doit donc être préservé à tout prix. En raison de l'abondance de l'art rupestre à Qurta et des conditions extrêmement difficiles d'accès - des échafaudages ont dû être construits à plusieurs endroits -, le travail d'enregistrement n'a pas encore pu être terminé. Ce sera le sujet d'une prochaine campagne de la mission belge au début de l'année 2008.

Dirk Huyge




Extrait de la revue en ligne *Antiquity*:
antiquity.ac.uk/ProjGall/huyge/index.html





En 1878, le Musée d'histoire naturelle entra en possession des iguanodons de Bernissart. Ces squelettes avaient été découverts accidentellement par des mineurs dans le puits Sainte-Barbe de la mine de charbon de Bernissart. Les fouilles prirent trois ans et fournirent une trentaine de squelettes exceptionnellement préservés. L'un d'eux fut, en 1883, après de longues recherches, reconstitué dans la Chapelle de Nassau du Musée (L. Becker, *La reconstitution du premier squelette d'un iguanodon de Bernissart dans la Chapelle de Nassau à Bruxelles, 1884*, © IRScNB).



En ce moment, la collection d'Iguanodons de Bernissart se trouve dans les coulisses du Muséum des sciences naturelles, mais ... en pièces détachées ! En effet, à l'occasion de l'ouverture de la Galerie des dinosaures prévue pour le 27 octobre de cette année, les iguanodons reçoivent actuellement un traitement tout particulier de restauration avant d'être remontés au côté des autres spécimens venus du monde entier. « Remonter » un iguanodon ne s'était plus fait depuis leur montage initial... C'était donc une grande première le 24 mai dernier !

La Cinémathèque royale et la révolution numérique

Les archives de cinéma du monde entier sont aujourd'hui confrontées à l'une des plus importantes révolutions de leur existence. Fondée peu avant la Seconde guerre mondiale, la Cinémathèque royale de Belgique conserve une collection de 55.000 titres différents. Tous ces films ont été enregistrés à peu près suivant le même procédé et le même support : une bande perforée, sensible à la lumière, d'une largeur de 16 ou de 35 mm, qui, après son développement en laboratoire, est projetée sur un écran de cinéma. Tandis qu'au cours des cent dernières années, ce support film évolua peu, on observe aujourd'hui une transformation radicale vers un nouveau médium.

Pour les images de qualité moindre, telle que celles de la télévision ou du cinéma amateur, la transition de la pellicule vers la bande magnétique numérique s'est produite il y a quelques années déjà. Pour les images de qualité supérieure,

comme celles qui sont projetées dans les salles de cinéma, la transition s'est longtemps fait attendre. La qualité supérieure des images pose en effet des problèmes techniques plus importants, notamment au niveau du stockage digital et de la transmission de grandes quantités d'informations.

Aujourd'hui, le passage du support analogique au support numérique apparaît incontournable. D'ici fin 2007, toutes les salles de Kinépolis seront équipées de projecteurs digitaux et de petites salles 'art house' prennent également de premières initiatives en matière de projection digitale.

Pour une institution de conservation telle que la Cinémathèque, il est vital de maintenir le lien avec la production cinématographique contemporaine, les collections de demain se constituant aujourd'hui. Pour que les œuvres réalisées sur ces nouveaux supports trouvent leur place au sein de nos collections, il est crucial de se doter du matériel informatique permettant de les gérer, de les conserver et de les restaurer.





À côté de cette ouverture urgente aux productions sur nouveaux supports, les nouveaux médias sont tout aussi importants en termes de conservation et d'accessibilité des collections qui ne sont actuellement disponibles que sur pellicule.

Les archives cinématographiques redoutent le moment où les principaux producteurs de celluloïd comme Kodak et Fuji arrêteront leur production de la précieuse pellicule - une évolution qui s'opère déjà sur le terrain de la photographie classique. Lorsque cela se produira, ces institutions rencontreront des problèmes considérables pour assurer la continuité de leurs collections existantes. Une protection qui implique notamment la production de copies de sécurité des films menacés. Quand la pellicule de film ne sera plus disponible en grande quantité et à un prix acceptable, le travail traditionnel (analogue) de conservation et de restauration par les archives de cinéma deviendra quasi impossible.

Le domaine d'application des médias digitaux en matière de cinéma ne se limite pas à la problématique de la conservation. Les archives non cinématographiques possédant du matériel audiovisuel dans leurs collections thématiques - matériel que ces archives déposent souvent à la Cinémathèque royale en vue de leur conservation - éprouvent également de grandes difficultés à valoriser cette partie de leur collection. Si la Cinémathèque possède les appareils nécessaires pour visionner ce matériel, leur accessibilité est loin d'être idéale.

C'est en particulier sur ce plan que le support digital peut fournir une solution intéressante. Le matériel traditionnel est scanné et transféré sur fichier numérique. Les films peuvent ainsi être mis à la disposition non seulement des institutions ou personnes qui en sont propriétaires, mais également d'un très large public. Et ceci par tous les canaux digitaux possibles, pour autant que le statut juridique des films l'y autorise.

Ce dernier point est lourd de conséquences car l'exceptionnel potentiel de diffusion des nouveaux médias ne pourra se

réaliser pleinement qu'à condition de résoudre les questions juridiques liées aux droits d'auteurs.

À côté de l'activité première de conservation, de restauration et de description de matériel audiovisuel historique, le devoir de la Cinémathèque est aussi de montrer l'héritage cinématographique à de nouvelles générations de spectateurs. Or, on observe que le rapport des jeunes aux images de cinéma s'inscrit dans un contexte d'utilisation tout à fait différent.

Ainsi la salle de cinéma n'est-elle plus nécessairement l'endroit privilégié pour consulter des images animées. Les films (qu'il s'agisse de divertissement, de film d'art ou de patrimoine culturel) sont aussi loués ou achetés sous forme de DVD. Les chaînes de télévision thématiques digitales, d'accès libre ou à péage (*pay-per-view*, VOD, ...) proposent de nombreux films, sans compter le téléchargement par l'intermédiaires d'applications internet.

Les chercheurs, les étudiants et les cinéastes qui souhaitent consulter les collections attendent eux aussi des outils de recherche modernes que la pellicule ne peut leur offrir. Pour faire face à tous ces changements technologiques et sociaux, un projet d'actualisation de grande envergure s'imposait à la Cinémathèque.

Quelles applications digitales ?

Lorsque nous évoquons ici la numérisation, il n'est pas question d'une intervention uniforme et globale, mais d'une multitude d'interventions ayant chacune une finalité spécifique.

Tout d'abord, la numérisation ne constitue à ce jour pour aucune archive cinématographique au monde une alternative valable pour la conservation du matériel filmique. Les scanners de films sont déjà capables de transférer des images de cinéma en fichiers digitaux. Mais dans une perspective de



conservation, trop de questions encore demeurent sans réponses. Faisons le point sur quelques questions importantes :

- 1 Pour les collections importantes, il n'y a pas encore de modèles réalistes permettant de stocker l'énorme quantité d'informations digitales générées par le scanning à haute résolution (plusieurs *terra bytes* par heure de film) ;
- 2 Les solutions technologiques évoluent encore de jour en jour ;
- 3 Le scanning à haute résolution est pour l'instant une entreprise très coûteuse dont le coût diminuera probablement dans les années à venir ;
- 4 Finalement, la pellicule – à condition qu'elle soit conservée dans des conditions idéales - est un support très stable. Les dernières estimations scientifiques parlent de plusieurs centaines d'années.

Pour la Cinémathèque royale, le premier objectif d'une politique globale de numérisation consiste en une vaste opération de digitalisation selon les normes de définition standard (correspondant à peu près aux normes de la télévision) visant une amélioration fondamentale de l'accessibilité des collections.

Aujourd'hui, celui qui veut consulter des parties de la collection doit visionner les bobines de pellicule sur une table de projection, ce qui n'est pas idéal, en particulier dans le cas de matériel fragile. Les films peuvent être endommagés durant leur visionnement et il faut un certain savoir-faire technique pour manipuler les tables de projection. Le transport de copies de film suppose aussi un effort logistique considérable (un film pèse en moyenne 25 kilos) et il est évident que les bobines de pellicule ne devraient pas quitter leur environnement protecteur trop souvent (dépôts climatisés avec température et taux d'humidité appropriés).

Dans le futur, la consultation de la collection ne se fera plus que de façon numérique, par le biais d'un écran d'ordinateur classique. Les films ne devront alors plus quitter leurs dépôts. Ils seront digitalisés au sein de la Cinémathèque avec une définition standard et seront dès lors transportables via n'importe quel canal digital. La définition standard n'est évidemment pas la norme de qualité la plus élevée, mais cette résolution est à tous égards la plus aisément consultable, transportable et stockable.

Cette politique n'est pas seulement intéressante pour les chercheurs belges et étrangers. Elle devrait nous permettre de procurer une copie digitale aux institutions qui nous confient leurs archives audiovisuelles (par exemple les institutions fédérales) et qui souhaitent ensuite en disposer pour une consultation facile. Pour répondre à ce type de demande (récurrente), nous sommes actuellement contraints de confier le transfert du film sur support numérique à des laboratoires privés : une externalisation onéreuse qui freine considérablement l'ambition des archives cinématographiques de rendre leurs collections accessibles grâce au numérique.

En définitive, l'idéal serait à long terme de numériser l'ensemble des collections pour qu'elles puissent être consultées par voie digitale. Mais ceci est une entreprise gigantesque, à exécuter et à planifier minutieusement, en déterminant des priorités et en commençant par transférer le matériel le plus sollicité ainsi que le matériel le plus précieux.

Haute résolution, basse résolution

Une autre stratégie s'impose pour des projets qui impliquent une projection digitale, ainsi que pour des projets d'édition de DVD (éventuellement à haute définition) ou pour d'éventuels projets en matière de vidéo à la demande (*video on demand / VOD*). De tels produits doivent en effet répondre à des critères de qualité plus élevés.

Concrètement, ceci implique un scanning à plus haute résolution et, parallèlement, tout un travail de correction des couleurs et de restauration (correction d'éraflures, amélioration de la stabilité de l'image, nettoyage, dépolissage,...). Les films numérisés de la sorte pourront être projetés en satisfaisant à des critères de qualité élevés.

Il serait bien sûr absurde de soumettre chaque film de la collection à une telle procédure qui est relativement coûteuse et exige beaucoup de travail. Il n'est donc pas réaliste d'envisager l'édition ou la projection publique d'une grande partie du matériel audiovisuel. Pour la conservation à long terme, la pellicule reste le support le plus approprié (à condition d'être conservé dans des circonstances idéales). La numérisation à haute résolution n'est pas une affaire de conservation, mais de présentation : elle concerne la distribution et la projection.

Les films ainsi numérisés entrent à nouveau en ligne de compte pour la projection (digitale), non seulement au sein de la Cinémathèque royale (au Musée du Cinéma), mais également dans d'autres endroits (festivals de cinéma belges et étrangers, centres culturels, ...) ou dans le cadre de projets spécifiques.

Il est évident que ce type de digitalisation sera de plus en plus nécessaire et certainement incontournable dès lors que les projecteurs traditionnels disparaîtront des salles de cinéma et que le celluloïd se fera rare.

La réalisation de ces projets requiert un équipement performant, extrêmement coûteux à l'achat : des scanners à haute résolution, un appareillage périphérique tels que des enregistreurs de cassettes vidéo et de cassettes data à haute résolution, des serveurs de stockage, et enfin les logiciels pour la correction de couleurs, la restauration, l'encodage, la conversion, ...

Actuellement, la résolution à haute définition est surtout utilisée dans le contexte des salles de cinéma (pour les cinémas, les conditions minimales sont de 2K, ce qui revient à une résolution d'image de 2048 X 1080 pixels). Bientôt ces hautes résolutions seront également d'application pour la publication de DVD. Au moment où nous écrivons ces lignes, les prétendants au titre de successeurs du DVD, les disques *blu-ray* (BD) ou les DVD HD font déjà leur apparition sur le marché...

Par ailleurs, la Cinémathèque prévoit plusieurs projets de restauration par an. Dans le cas des « vraies » restaurations (grâce auxquelles le matériel est non seulement remis en état de projection, mais également rétabli dans la mesure du possible dans sa qualité d'origine), la différence avec les numérisations faites dans un but de projection ou d'édition est que les films sont réimprimés sur pellicule à la fin du processus, pour continuer à offrir le plus de garanties en termes de conservation.

Pour les différentes applications numériques que nous venons d'énumérer, nous travaillerons par priorité, suivant un plan où interviennent différents critères : projets concrets de présenta-



tion; demandes de chercheurs ou d'institutions ; priorité au patrimoine belge (fiction et non-fiction). La digitalisation en haute résolution ne sera pas prioritaire pour les productions étrangères : il reviendra aux ayants droit, aux producteurs, aux archives et aux gouvernements étrangers d'en prendre l'initiative. Tout matériel rare et unique aura bien entendu priorité absolue.

Le futur numérique

Au cours du demi-siècle passé, la Cinémathèque a acquis une expertise unique dans le domaine de la conservation, de la restauration et du maniement du support photochimique classique. En matière de technologie numérique, un tel savoir-faire doit encore s'acquérir. C'est pourquoi la Cinémathèque travaille en concertation et en collaboration avec l'industrie de l'image belge, les archives cinématographiques et autres archives européennes, les chaînes de télévision publiques belges et bien d'autres initiatives encore. La Cinémathèque suit également de près les résultats des recherches en cours dans ce domaine et participe à des forums de discussion. Parallèlement, notre institution consacre des moyens importants à la formation de son personnel.

La réalisation des plans esquissés ici suppose un budget d'investissement considérable.

En effet, mis à part le soutien promis pour la numérisation de la collection de films, la numérisation du Centre de documentation sera entamée. Grâce à un apport financier de 1,5 million d'euros promis par le gouvernement fédéral, l'ensemble des « archives papier » (coupures de journaux, dossiers de presse, dossiers de films, ...) pourra être consulté via une banque de données digitale.

Dans les deux années à venir, cette double politique doit permettre à la Cinémathèque d'affronter les défis de demain de façon responsable.

L'importance de ce développement dépasse la question de l'efficacité interne de l'institution. Car au terme de cette opération, la technologie numérique permettra à la Cinémathèque de restituer à la société les images animées qui lui ont été confiées.

Erik Martens



Coupole

La majestueuse coupole du Musée royal de l'Afrique centrale est, tant du point de vue de l'histoire de l'architecture que sous l'aspect technique, d'une qualité exceptionnelle. Depuis la construction du bâtiment, il y a près de cent ans, tout laissait croire que le choix des matériaux et le mode d'exécution valaient au dôme le privilège d'échapper aux assauts du temps, et qu'il nécessitait peu d'entretien. Mais des investigations menées en 2001 ont révélé que les ans n'ont pas épargné la toiture, fissurée et rongée par la rouille.

Le 30 mai 2005, la Régie des bâtiments a entamé la rénovation complète de la coupole. Après avoir tranché la question délicate de la méthode de conservation la plus adéquate, l'entrepreneur choisi et son personnel ont été formés aux techniques de restauration appropriées, pendant que certaines tâches plus sensibles ont été confiées à des experts externes.

Les travaux ont conduit à quelques découvertes inattendues, telle cette plaque de cuivre, dissimulée par un élément décoratif, qui confirme que le travail du plomb a été réalisé par une grande maison française.

Les échafaudages qui ont enveloppé la coupole pendant toute la durée des travaux viennent d'être retirés, la dévoilant dans son nouvel éclat.



© IPF

Inauguration

Le 2 mai dernier, la reine Paola inaugurait les nouveaux locaux de l'Academia Belgica, à Rome (voir *Science Connection* #15, p 24), en présence de nombreuses personnalités académiques, belges ou romaines (ici, avec Walter Geerts, le directeur de l'institution).

L'Academia Belgica est, avec la Fondation Biermans-Lapôte à Paris, une des deux institutions scientifiques fédérales financée par la Politique scientifique fédérale.

© Pierre Demoitie / Science Connection



Secrétariat polaire

Le Conseil des ministres du 1^{er} juin, le dernier de la législature, a approuvé le projet de « convention de partenariat entre l'État belge (représenté par la Politique scientifique fédérale) et la Fondation polaire internationale ».

Cette convention prévoit notamment le transfert à l'État de la propriété de la base antarctique belge « Princesse Elisabeth » et charge la Politique scientifique fédérale de son exploitation.

Dans un premier temps, le financement de l'entretien, du fonctionnement et de la recherche scientifique est assuré pour les années 2008 et 2009. La base ayant une durée de vie estimée à 20 ans, il ne fait pas de doute que le prochain Gouvernement prolongera cette période.

Cette décision du Conseil des ministres constitue une très bonne nouvelle pour la Politique scientifique fédérale qui se voit ainsi chargé à long terme d'un projet à la fois utile, ambitieux et porteur. Elle constitue plus que jamais LE département en charge de l'importante question des changements climatiques et des problématiques associées (biodiversité, ...).



Prix (1)

Le prix Francqui 2007 a été remis par le prince Philippe à François de Callataÿ, un historien de l'antiquité gréco-romaine dont les travaux portent avant tout sur l'économie monétaire. Le prix scientifique, attribué en alternance à une discipline des sciences exactes, des sciences biologiques et médicales, et des sciences humaines, est d'une valeur de 150.000 euros. François de Callataÿ est l'auteur d'une contribution révolutionnaire quant à la compréhension de la numismatique et de l'histoire du monde classique. Ses avancées méthodologiques ont des implications qui peuvent améliorer l'étude de nombreuses autres cultures anciennes.

François de Callataÿ est le conservateur du cabinet des médailles à la Bibliothèque royale de Belgique, un des 10 Établissements scientifiques relevant de la Politique scientifique (voir *Science Connection* #03, p 42).

C'est de plus la première fois depuis 1933 que le Prix est attribué à un scientifique appartenant à un Établissement scientifique.

Prix (2)

Le Musée du Cinquantenaire, qui a reçu fin avril le Prix des musées 2007, a fermé récemment les portes de l'exposition à succès « Les Maîtres de l'Art précolombien » consacrée à la collection Janssen. Pas moins de 140.000 visiteurs sont venus admirer les chefs-d'œuvre présentés depuis septembre 2006. Ayant rencontré les attentes du public, l'exposition a également joué un rôle décisif dans la décision prise par la Région flamande d'accepter la dation Janssen comme moyen de paiement des droits de succession.

Le nombre moyen de visiteurs par jour était de 722 et 7500 catalogues ont été vendus sur place. Bien que chaque visiteur pouvait disposer d'un audioguide, il y eut 2130 visites guidées organisées.

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

CONFÉRENCES ET COLLOQUES

- 28 septembre 2007
- € 0 **Nuit des chercheurs**
(Plus : www.nuitdeschercheurs.be)

EXPOSITIONS

- Archives générales du royaume**
- > 29 septembre 2007
- € 0 **Spaak, Rothschild, Snoy. De Val Duchesse aux Traités de Rome**

- Bibliothèque royale de Belgique**
- > 30 juillet 2007
- € 0 **Europe à la Une**

- Musée royal de l'Afrique centrale**
- > 30 septembre 2007
- Couvre-chefs. Collections du Musée royal de l'Afrique centrale**

- Musées royaux d'art et d'histoire**
- > 26 août 2007
- Only a game ? L'Europe et le football**
- > 2 septembre 2007
- Un passe-temps princier.**
Les manufactures de Charles de Lorraine
- > 2 septembre 2007
- Chine, la république populaire du désir**
(Pavillon chinois)
- > 30 décembre 2007
- La Belgique en vue d'optiques**
- du 5 octobre 2007 au 6 janvier 2008
- XPO2II**
- du 28 septembre 2007 au 20 avril 2008
- La Chine sous toit. 2000 d'architecture à travers les modèles du Musée du Henan**
- > 31 octobre 2008
- Sur la piste des Indiens** (Musée pour aveugles)

Musées royaux des beaux-arts de Belgique

- du 14 septembre 2007 au 27 janvier 2008
Rubens, l'Atelier du génie
- du 23 novembre 2007 au 30 mars 2008
Alechinsky de A à Y
- du 23 novembre 2007 au 30 mars 2008
Quadrum, International magazine of modern art
(1956 – 1966)

Muséum des sciences naturelles

- >2 septembre 2007
Meurtre au musée



Palais royal de Bruxelles

- du 25 juillet au 9 septembre 2007
- **€ 0 Ouverture au public** (présentation des Pôles d'attraction interuniversitaires et des recherches en Antarctique, avec la nouvelle base « Princess Elisabeth »)
(Plus : www.monarchie.be)

PASS (Parc d'aventures scientifiques), à Frameries

- > mars 2009
Antarctique
(Plus : www.pass.be)

Planétarium

- > mai 2008
Le Soleil
(Plus : www.planetarium.be)

Pôle Espace

- 6 et 7 octobre 2007
Journées portes ouvertes
(Plus : www.spacepole.be)

Tour & Taxis

- du 5 au 9 septembre 2007
Présentation de la base 'Princess Elisabeth' au grand public (échelle 1/1)
(Plus : www.antarcticstation.org)

CONCOURS

- > 10 septembre 2007
Dessine-moi un chercheur
(Plus : www.belspo.be > concours)
- > 31 octobre 2007
Concours Europlanet
(Plus : www.europlanet-eu.org > 2007, a very 'spatial' year)

€ 0 : Entrée gratuite

L'agenda complet (stages, activités créatives, ...) est disponible sur le site www.belspo.be > focus > 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 :

	Les Archives générales du Royaume et Archives de l'Etat dans les provinces www.arch.be + (32) (0)2 513 76 80
	Belnet www.belnet.be + (32) (0)2 790 33 33
	La Bibliothèque royale de Belgique www.kbr.be + (32) (0)2 519 53 11
	Le Centre d'études et de documentation « Guerre et Sociétés contemporaines » www.cegesoma.be + (32) (0)2 556 92 11
	L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique www.aeronomie.be + (32) (0)2 373 04 0 4
	L'Institut royal des sciences naturelles de Belgique / Muséum des sciences naturelles www.sciencesnaturelles.be + (32) (0)2 647 22 11
	L'Institut royal du patrimoine artistique www.kikirpa.be + (32) (0)2 739 67 11
	L'Institut royal météorologique de Belgique www.meteo.be + (32) (0)2 373 05 08
	Le Musée royal de l'Afrique centrale www.africamuseum.be + (32) (0)2 769 52 11
	Les Musées royaux d'art et d'histoire www.kmkg-mrah.be + (32) (0)2 741 72 11
	Les Musées royaux des beaux-arts de Belgique www.fine-arts-museum.be + (32) (0)2 508 32 11
	L'Observatoire royal de Belgique www.observatoire.be + (32) (0)2 373 02 11
	Le Planétarium de l'Observatoire royal de Belgique www.planetarium.be + (32) (0)2 474 70 50
	Le Service d'information scientifique et technique www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40

Etablissements scientifiques et culturels fédéraux partenaires :

	Le Jardin botanique national www.jardinbotanique.be + (32) (0)2 260 09 20
	The Royal Academies for Science and the Arts of Belgium www.cfwb.be/arb et www.kvab.be + (32) (0)2 550 22 11 / 23 23
	L'Académie royale des sciences d'outre-mer users.skynet.be/kaowarsom + (32) (0)2 538 02 11
	L'Institut Von Karman www.vki.ac.be + (32) (0)2 359 96 11
	La Fondation universitaire www.fondationuniversitaire.be + (32) (0)2 545 04 00
	Le Palais des beaux-arts www.bozar.be + (32) (0)2 507 82 00
	La Cinémathèque royale de Belgique www.cinematheque.be + (32) (0)2 551 19 00
	L'Academia Belgica www.academibelgica.it + (39) (06) 320 18 89
	La Fondation Biermans-Lapôte + (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 DEMOITIÉ (F) et Patrick RIBOUVILLE (N)
+(32) (0)2 238 34 11
scienceconnection@belspo.be - www.scienceconnection.be

Rédaction :

Benny AUDENAERT,
Pierre DEMOITIÉ (Politique scientifique fédérale),
Paul DEVUYST,
Claire DUMORTIER (Musées royaux d'art et d'histoire),
Véronique FEYS (Politique scientifique fédérale),
Patrick HABETS (Musées royaux d'art et d'histoire),
Dirk HUYGE (Musées royaux d'art et d'histoire),
Corinne LEJOUR (Politique scientifique fédérale),
Erik MARTENS (Cinémathèque royale de Belgique),
Jean-François MAYENCE (Politique scientifique fédérale),
Théo PIRARD,
Eddy PUT (Archives générales du Royaume),
Denis RENARD (Service d'information scientifique et technique)
Patrick RIBOUVILLE (Politique scientifique fédérale),
Steven STROEYKENS,
Miriam TESSENS (Musée royal de l'Afrique centrale),
Jiska VERBOUW (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

Imprimé sur papier non polluant

Imprimé avec des encres végétales

Le prochain numéro sortira en octobre 2007

La mission de la Politique scientifique 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 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 2007.
Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

Interdit à la vente

Touchons du bois!

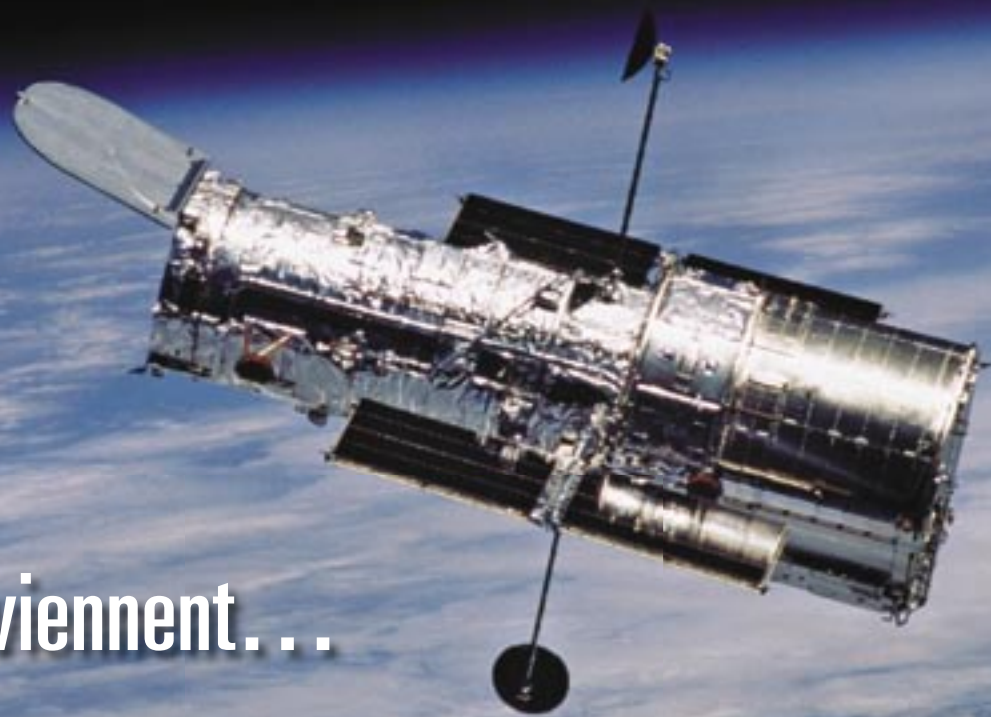
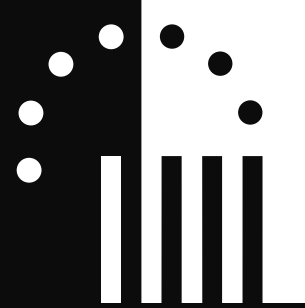
BOIS ET FORÊT DE L'AFRIQUE

Exposition
du 5.10.2007 au 31.08.2008

Musée royal de l'Afrique centrale



60 *Space* connection



Dossiers

Les secours viennent...
de l'espace!

Le chant du cygne de Hubble

Des satellites à la mode étudiante

Ces clichés ont été effectués le 7 décembre de l'année dernière par le satellite européen d'observation de la Terre Envisat. On y distingue clairement la fumée dégagée par les incendies de forêt dans l'Etat de Victoria au sud-est de l'Australie. L'île apparaissant dans le bas est la Tasmanie. Les satellites de l'ESA observent les incendies de forêt sur la Terre entière depuis dix ans. © ESA



Les secours viennent... de l'espace!

La Terre est une planète très agitée. Tremblements de terre, inondations, éruptions volcaniques, incendies de forêt et autres catastrophes naturelles représentent une menace permanente pour les populations et leurs biens. La population ne cesse d'augmenter et elle se concentre de plus en plus dans des régions régulièrement touchées par des séismes, le long des côtes et dans des plaines fréquemment inondées ou à l'ombre de volcans menaçants.

A plus ou moins brève échéance, ces populations risquent d'être victimes d'une catastrophe naturelle. Rien qu'au cours de ces 25 dernières années, on estime à 350 000 le nombre de victimes de tremblements de terre. Mais il existe encore d'innombrables autres menaces comme les épidémies et les désastres provoqués par l'homme, comme les guerres et les catastrophes environnementales.

Bénéficiant d'une vue globale sur notre planète, les satellites en orbite autour de la Terre constituent les instruments idéaux pour surveiller les désastres menaçant notre planète et même à les prévenir dans un certain nombre de cas. Ils peuvent nous aider à mieux comprendre les soubresauts de la nature et, en cas de calamité, à soulager la misère. Dans ce domaine, l'ESA, l'Agence spatiale européenne et l'Union européenne sont des acteurs de premier plan.

Assistance cosmique après une catastrophe dévastatrice

26 décembre 2004. Un tsunami ravage l'Océan Indien. Ce sont essentiellement les zones littorales de l'Indonésie, de la Thaïlande et du Sri Lanka qui sont touchées, mais les consé-

quences de la catastrophe s'étendent jusqu'aux Maldives et à l'Afrique. 230 000 morts sont enregistrés dont plus de 165 000 rien que dans la province indonésienne d'Aceh, dans l'extrême nord de l'île de Sumatra.

Immédiatement après le désastre, l'International Charter on Space and Major Disasters s'est mobilisé. Grâce à cette coopération réunissant plusieurs agences spatiales du monde, la réalisation et la mise à disposition d'images satellites d'une zone dévastée deviennent la priorité absolue.

Vu l'ampleur des dégâts, les satellites ont joué un rôle majeur tant dans l'estimation des dommages que dans la coordination des actions de secours. Les cartes établies sur base des observations satellites ont été particulièrement précieuses lors de la reconstruction.

L'assistance depuis l'espace est notamment fournie par le programme *Global Monitoring for Environment and Security*, *GMES* en abrégé. Il s'agit d'une initiative particulièrement ambitieuse réunissant l'ESA et la Commission européenne. GMES rassemble des données collectées sur Terre et dans l'espace par des satellites. Le but consiste à développer un système intégré pour l'observation de l'environnement et les problèmes de sécurité. GMES scrute l'évolution de l'environnement à court, moyen et long terme. Cette observation doit étayer les décisions et investissements concernant l'environnement. L'ESA collabore dans ce cadre avec un groupe d'utilisateurs opérationnels.

Respond est l'un des services du GMES soutenu par l'ESA. Respond existe depuis 2003 et coopère avec l'industrie et

les organisations humanitaires pour l'obtention plus facile de cartes, images satellites et géoinformations.

Lors des opérations de secours et de reconstruction qui ont suivi le tsunami, Respond a fourni des informations émanant de différentes sources. Des cartes permettant de déterminer les dégâts ont été dressées avec la collaboration notamment de l'entreprise belge Keyobs. Keyobs est spécialisée dans le domaine des systèmes d'informations géographiques (SIG) et des techniques d'observation de la Terre et propose par exemple son aide pour l'analyse de situations complexes, la prise de décision et la gestion. En tant que partenaire privilégié d'organisations d'aide humanitaire, cette entreprise d'Angleterre a mis au point un service spécifique pour des situations d'urgence et plus particulièrement dans les pays en voie de développement.

Keyobs a entre autres réalisé des cartes du Soudan et du Tchad, de la République démocratique du Congo et de Sumatra. Selon Keyobs, *'dans un monde où remédier aux crises humanitaires devient sans cesse plus complexe et où il faut prendre en compte les aspects logistique, sécurité, épidémies et environnement, ces cartes apportent une aide précieuses aux organisations d'aide humanitaire'*.

Keyobs propose par exemple l'*Humanitarian Mapping Service*, en abrégé *Human*, pour la mise à disposition en ligne de cartes pour aider les intervenants humanitaires travaillant sur le terrain ou à partir d'un poste central. Elles favorisent le suivi en Afrique de situations de crise en évolution permanente.

Grâce à Respond, dans les jours qui ont suivi le tsunami, des centaines de cartes ont été très rapidement établies partant de données collectées par pas moins de 19 satellites diffé-



Autre cliché d'Envisat du volcan sicilien Etna, culminant à 3350 mètres, réalisé le 25 novembre 2006. © ESA

rents. En janvier 2005, des centaines de milliers de téléchargements de ces cartes ont été enregistrés. Après les premières cartes destinées à mesurer les dégâts, les membres de Respond en ont produit d'autres pour soulager les besoins à plus long terme et pour la reconstruction. Elles sont incontournables pour des organisations comme la Croix Rouge et Médecins sans Frontières. *'Nous disposions de photos avant et après la catastrophe et avons ainsi pu évaluer rapidement la situation locale et l'étendue des dégâts. Notre intervention est d'autant plus efficace'* déclare Alice Moreira de l'organisation non gouvernementale française Architectes de l'Urgence (ADU).

Respond a rendu service lors d'autres calamités. Quelques exemples:

- Le 8 octobre 2005, le Cachemire est frappé par un séisme d'une magnitude de 7,6 sur l'échelle de Richter. L'épicentre se situe à Muzaffarabad à 140 kilomètres d'Islamabad, capitale du Pakistan. La catastrophe a au moins fait 50 000 victimes. Les informations géographiques détaillées du consortium Respond ont été essentielles dans la 'course contre la montre' pour fournir à la veille de l'hiver, nourriture et abri aux trois millions de sans-abri.



Ces images du satellite Ikonos de Space Imaging montrent une partie de la province d'Aceh sur l'île indonésienne de Sumatra. La photo de gauche a été prise le 10 janvier 2003. La photo de droite montre la même région, le 29 décembre 2004, quelques jours après la vague destructrice qui a détruit Aceh. Les zones agricoles situées à basse altitude ont été complètement submergées. © Space Imaging/CRISP-Singapore

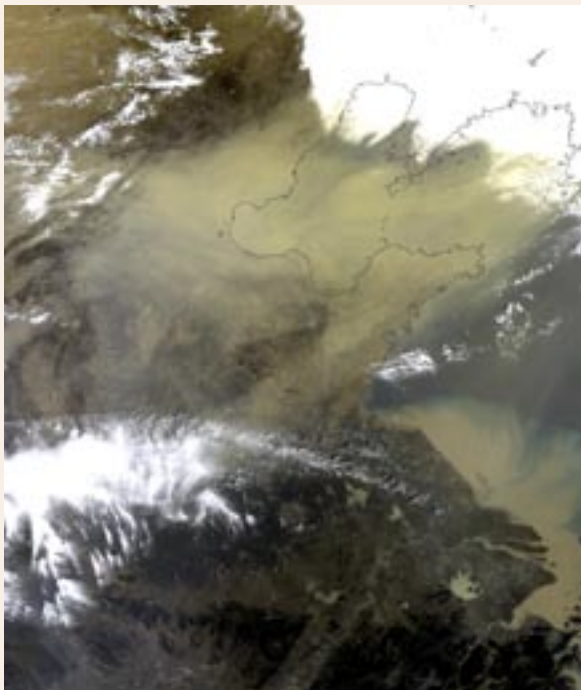
■ Le personnel de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) s'est appuyé sur des cartes détaillées établies sur la base d'image satellites de zones urbaines pour lutter contre l'apparition du virus mortel de *Marburg*. Ce virus, comme le virus Ebola provoque des hémorragies internes. Il est apparu en avril 2005 à Luanda (Angola) et a fait des centaines de victimes, parmi lesquelles de nombreux enfants de moins de cinq ans. Des cartes actualisées de villes angolaises ont été dressées partant des clichés des satellites d'observation de la Terre SPOT 5 et Ikonos. Ces cartes ont notamment livré des informations sur la propagation du virus.

■ Au Soudan, dans la région du Darfour, décimée par la guerre et la violence, se déroule l'une des pires tragédies humaines de notre ère. Selon les estimations, près d'un

million et demi de personnes ont dû quitter leur maison dans une région aussi grande que la France. L'équipe Respond a utilisé ici dix détecteurs installés sur neuf satellites, parmi lesquels le satellite d'observation de la Terre de l'ESA, Envisat. Les photos ont été livrées pratiquement en temps réel. La saison des pluies pose un énorme problème car elle provoque le débordement soudain de lits de rivières asséchées dans le désert et il faut alors parfois dix jours pour parcourir une distance d'à peine 120 kilomètres. Des informations actuelles sur le réseau routier et une analyse des inondations ont ici joué un rôle primordial. Le radar ASAR à bord d'Envisat est particulièrement adapté pour l'observation des routes et la cartographie du relief et constitue un outil précieux pour détecter la présence d'eau. Grâce aux images satellites, il a été possible d'identifier les routes restées praticables. Les données satellites ont également permis de localiser des sources d'eau et d'établir de nouveaux camps de réfugiés au Tchad pour environ 200 000 Soudanais.

En avril 2006, la capitale chinoise Beijing a connu la tempête de poussière la plus violente de ces cinq dernières années. Elle provenait du désert de Mongolie. De nombreuses personnes ont souffert de troubles respiratoires et la population a été invitée à garder les enfants à la maison. Ces dernières années, à la suite de la désertification croissante, le problème s'est aggravé. Les particules de poussière peuvent même atteindre les Etats-Unis. Depuis l'espace, des satellites comme Envisat qui a réalisé ces clichés, peuvent parfaitement suivre le déroulement de ce type de phénomène naturel.

© ESA



Les satellites sont indispensables pour l'évaluation des dégâts provoqués par une catastrophe naturelle. Cette photo impressionnante de l'ouragan Katrina a été prise le 28 août 2005 par le Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) à bord d'Envisat. On observe l'ouragan à l'ouest de la Floride, au-dessus du Golfe du Mexique.

© ESA



Mieux comprendre le 'Système Terre'

Le rôle des satellites ne se limite pas à aider à remédier aux conséquences d'une catastrophe; ils peuvent aussi aider à en étudier les causes et à mieux les comprendre. L'Union européenne a ainsi soutenu pendant plus de 15 ans des dizaines de programmes de recherche concernant les tremblements de terre. Des chercheurs du *Joint Research Centre (JRC)* de la Commission européenne ont par exemple étudié avec l'aide des satellites le séisme qui en 2001 a frappé la province indienne du Gujarat à proximité de la frontière pakistanaise et qui avait coûté la vie à 20 000 personnes.

Ils peuvent ensuite corriger les modèles sismiques existant et tenter d'établir un lien entre l'ampleur de la secousse tellurique et ses conséquences. Il s'agit de recherches qui ouvrent de nouvelles voies et qui peuvent progressivement déboucher sur la prévision effective de tremblements de terre.

L'Union européenne recourt également aux technologies spatiales pour dresser la carte des incendies de forêt et mieux comprendre les dégâts qu'ils provoquent. C'est important, car l'Europe enregistre chaque année environ 45 000 incendies de forêt qui tous les cinq ans réduisent en cendres un territoire aussi vaste que la Belgique. L'homme aussi détruit les forêts. 13 millions d'hectares de forêts tropicales sont abattus chaque année, l'équivalent d'un territoire de la taille de la Grèce. Des millions de tonnes d'émissions de carbone sont ainsi libérées dans l'atmosphère. Le déboisement est dès lors une importante source de gaz à effet de serre.

Les satellites *Sentinel* ont été mis au point dans le cadre du GMES. Ils doivent être lancés dans l'espace à partir de 2010. Sentinel 2 par exemple, embarquera un capteur pour obser-

ver la surface de la Terre et plus particulièrement le déboisement dans les pays en voie de développement. Le satellite sera capable d'observer tous les cinq jours l'ensemble de la Terre avec des détails de l'ordre de dix mètres.

L'Europe soutient la recherche sur les problèmes mondiaux qui menacent la Terre, comme l'effet de serre. Grâce aux nouvelles technologies, les chercheurs peuvent combiner les données fournies par les bases de données, les radars et les satellites pour concevoir des modèles plus performants pour la prévision d'inondations par exemple. Le projet *Demeter* de l'Union européenne est l'exemple d'un projet destiné aux prévisions à long terme de la météo et des inondations.

Le rapport le plus autorisé jamais rédigé sur les changements climatiques a été publié en février à Paris. Il met en garde contre le relèvement du niveau des mers et la hausse des températures sur Terre. 2500 spécialistes issus de 130 pays y ont travaillé pendant six ans. Les satellites joueront un rôle déterminant dans l'identification des mesures requises pour lutter contre le réchauffement de la Terre. Ils ont déjà livré de précieuses informations sur, par exemple, l'évolution de la glace sur notre planète.

Des données recueillies par les satellites d'observation de la Terre de l'ESA, ERS 1, ERS 2 et Envisat et le satellite canadien Radarsat 1 révèlent que les glaciers du Groenland fondent deux fois plus vite que prévu. Les satellites aident également les chercheurs à mieux comprendre le cycle du carbone. Leurs observations de la lumière solaire réfléchiée par la Terre, des incendies de forêt et de l'utilisation des sols représentent un apport important pour l'établissement de modèles décrivant le cycle du carbone.

'Grâce au développement des satellites de la série *Earth Explorer* et aux missions *Sentinel*, le programme *Living Planet* de l'ESA élargira nos connaissances du Système Terre, nous aidera à anticiper les changements de notre environnement et à remédier aux effets négatifs des changements globaux affectant notre planète,' affirme-t-on à l'ESA.

Et enfin... si l'homme est menacé, son héritage culturel l'est tout autant. Mais dans ce domaine également, les satellites proposent leurs services. En 2003, l'ESA et l'UNESCO ont signé une convention dans laquelle ils s'engagent à surveiller depuis l'espace des centaines de sites culturels et naturels du Patrimoine de l'Humanité. Des avancées sont toujours possibles, puisque même les satellites non militaires sont capables d'observer des détails de moins d'un mètre.

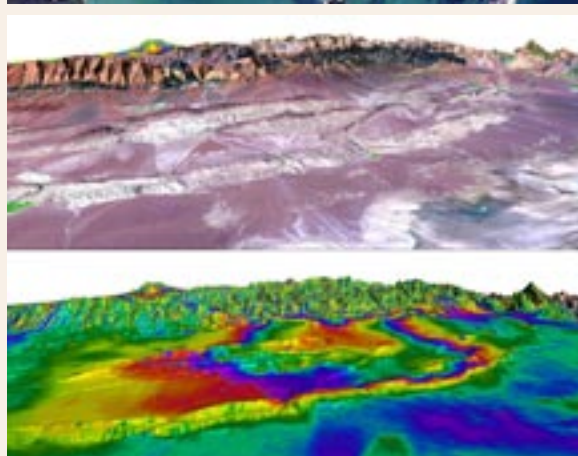
Benny Audenaert



Metop, premier satellite polaire de l'ESA de météorologie opérationnelle a été lancé dans l'espace le 19 octobre 2006. Il est destiné à améliorer les prévisions météorologiques et à surveiller le climat. En l'espace de 14 ans, trois satellites Metop seront lancés. Les satellites sont indispensables pour apprendre à mieux comprendre le fonctionnement de la Terre en tant que système. © EADS Astrium/C. Mériaux



Les satellites participent aussi à la protection de notre patrimoine culturel. Une lagune autour de Venise et la ville, photographiées par le microsatellite belge Proba de l'ESA. Le cliché a été réalisé le 11 novembre 2004.



Le 14 mars 1998, une zone faiblement peuplée du sud-est de l'Iran a été touchée par un séisme. La photo du haut montre une représentation de la région en trois dimensions, réalisée par le satellite américain Landsat. L'image du bas s'appuie sur la fameuse radarinterférométrie, sur la base de données d'un satellite européen ERS d'observation de la Terre et révèle des déformations de la surface terrestre. Le séisme de 1998 a touché une vallée de l'autre côté des montagnes visibles en arrière plan. © NASA/JPL/ESA

Assistance cosmique sur l'Internet

Le satellite Cryosat aurait dû observer la glace sur notre planète mais il a été détruit lors de son lancement en octobre 2005. Ce satellite de la série Earth Explorer est jugé tellement important qu'un deuxième exemplaire sera lancé en 2009. © ESA

Sans être exhaustif, voici quelques pages Internet intéressantes sur la contribution que peut apporter la recherche spatiale dans la lutte contre les catastrophes et les problèmes globaux que doit affronter notre planète.

Disaster Monitoring Constellation (DMC)

www.dmcii.com

DMC est une constellation de cinq petits satellites construits à bas prix au Royaume-Uni (par Surrey Satellite Technology Ltd) chargés d'observer les catastrophes terrestres et d'aider à la coordination des opérations de secours. Ils appartiennent à l'Algérie, la Chine, le Nigéria, la Turquie et le Royaume-Uni. Ils peuvent à n'importe quel moment effectuer des clichés dans n'importe quelle région du monde et ont prouvé leur utilité notamment à l'occasion du tsunami de 2004 et les graves inondations au Soudan en 2005.

Earth Explorer

www.esa.int/esaLP/ASEWGNW95C_LPearthexp_0.html

Les satellites de l'ESA de la série *Earth Explorer* doivent largement contribuer à une meilleure connaissance du 'Système Terre'. Ils constituent le volet scientifique du programme *Living Planet* et se concentrent sur l'étude de l'atmosphère, de la biosphère, l'hydrosphère, la cryosphère et l'intérieur de la Terre en insistant sur les répercussions de l'activité humaine sur les phénomènes naturels sur notre planète. Ils seront lancés dans l'espace à partir de 2007.

Envisat

www.esa.int/esaEO/SEMWYN2VQUD_index_0_m.html

De nombreuses photos de ce dossier ont été prises par l'ambitieux satellite d'observation de la Terre de l'ESA, Envisat, lancé le 1er mars 2002. Il est équipé d'une dizaine d'instruments optiques et radars extrêmement sophistiqués scrutant en permanence la Terre, l'atmosphère, les océans et les pôles. Les données d'Envisat constituent une véritable récolte d'informations nous permettant de mieux appréhender les changements climatiques.

Epidemio

www.epidemio.info

Epidemio est un projet financé par l'ESA où les satellites sont des sources d'information en cas d'épidémie. Le projet est destiné à illustrer les possibilités offertes par l'observation de la Terre et à les exploiter pour l'étude, le suivi et la prévision des épidémies. Il a démarré en janvier 2004 et s'est achevé en avril de l'année dernière. En combinant par exemple des données satellites d'Envisat et des résultats recueillis sur 'le terrain', un lien a pu être établi entre l'apparition du virus Ebola au Congo et au Gabon et une période de grande sécheresse et cette connaissance s'est avérée utile dans la prévention de l'Ebola.

Global Monitoring for Environment and Security (GMES)

www.esa.int/esaLP/LPgmes.html

www.gmes.info/

Initiative conjointe de l'ESA et de la Commission européenne. Le GMES veut rassembler fournisseurs et utilisateurs de données pour qu'ils puissent mieux accorder leurs violons. De nouveaux services plus performants livrent ainsi des informations concernant l'environnement et la sécurité. Trois services *fast-track* dont un axé sur les secours lors de catastrophes, devraient être opérationnels dès 2008. Après le système européen de navigation par satellite Galileo, le GMES est considéré comme le nouveau vaisseau amiral de l'aéronautique européenne et constitue la participation européenne au programme international *Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)*.

International Charter on Space and Major Disasters

www.disasterscharter.org

Par cette charte, signée le 20 octobre 2000, l'ESA et les agences spatiales française et canadienne CNES et CSA, veulent proposer un système harmonisé dans lequel des données satellites pourraient être utilisées lors de catastrophes naturelles ou d'origine humaine. En cas de désastre, en appelant un numéro de téléphone unique, des usagers autorisés peuvent mobiliser plusieurs satellites et leurs infrastructures terrestres. Depuis, d'autres organisations, notamment argentine, indienne, japonaise et américaine ont adhéré à la charte.

Keyobs

www.keyobs.be

L'entreprise Keyobs du *Spatiopôle* d'Angleur (Liège) est spécialisée dans les secteurs des systèmes d'information géographique (SIG) et des techniques d'observation de la Terre. Partenaire privilégiée des organisations d'aide humanitaire, elle a conçu un service spécifique d'aide en situation d'urgence, principalement dans les pays en voie de développement. Il s'agit notamment de cartographie, structuration et gestion de fichiers de données, établissement de cartes de camps de réfugiés et suivi des épidémies.

Living Planet

www.esa.int/esaLP/index.html

Programme ESA destiné à étendre nos connaissances de la Terre en tant que *système* grâce à la mise au point de satellites de la série *Earth Explorer* et aux nouvelles missions Sentinel en appui du GMES.

Respond

www.respond-int.org/Respond/

Fédération rassemblant des organisations européennes et internationales et l'industrie. Elle doit faciliter aux organisations d'aide humanitaire, l'accès aux cartes, images satellites et géoinformations. Mise en place dans le cadre des services GMES et soutenue par l'ESA. Respond accroît l'efficacité des opérations de secours grâce à une application correcte et fiable des informations géographiques.

Sentinel

www.esa.int/esaLP/SEMZHMODU8E_LPgmes_0.html

Famille de satellites d'observation de la Terre opérationnels de l'ESA s'inscrivant dans le segment astronautique du GMES.

UNOSAT

unosat.web.cern.ch/unosat

UNOSAT relève de l'*Office for Project Services (UNOPS)* des Nations-Unies. Il s'agit d'un consortium sans but lucratif, finan-

cé par le *Earth Observation Market Development Programme* de l'ESA, l'agence spatiale française CNES et le Ministère français des Affaires étrangères. Sur la base d'accords avec des fournisseurs de services d'information, UNOSAT fournit des informations géographiques aux agences de l'ONU et aux organisations humanitaires et de développement. UNOSAT est un partenaire du consortium Respond et utilise également des données satellites dans le cadre de projets de développement par exemple dans la Corne de l'Afrique, la région frontalière entre la Mauritanie et le Sénégal et au Nicaragua.

Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI)

www.zki.dlr.de/intro_de.html

Le *Centre d'Information de Crise par Satellite* est un service proposé par le centre de données d'observation de la Terre, de l'agence spatiale allemande, *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*. L'objectif poursuivi est l'acquisition, le traitement et l'analyse rapides d'informations recueillies par les satellites lors de catastrophes environnementales, d'aide humanitaire et de problèmes de sécurité. Les analyses sont réalisées en fonction des besoins spécifiques des organisations politiques et humanitaires nationales et internationales. Le ZKI opère dans un contexte allemand, européen et international. Le ZKI se charge de la coordination des activités du DLR associées à l'International Charter on Space and Major Disasters.

B.A. *Envisat: le fleuron de l'ESA pour l'observation de la Terre. © ESA*



Le chant du cygne de Hubble



La nébuleuse d'Orion, berceau d'étoiles, photographiée par le télescope spatial.
© NASA

Aucun télescope, peut-être même aucun instrument scientifique de l'histoire récente n'a autant frappé les imaginations que le télescope spatial Hubble. Le télescope, projet dominé par la NASA, l'agence spatiale américaine, mais teinté d'une forte participation de sa consœur européenne l'ESA est dès à présent entré dans la légende. Depuis son lancement il y a dix-sept ans, il a non seulement largement contribué aux progrès de l'astronomie, mais il a en même temps accumulé une série impressionnante de superbes clichés de l'univers, photos qui révèlent la majestueuse beauté de l'univers.

Néanmoins, le génial télescope spatial semble jeter ses derniers feux. Il est victime de défaillances qui ont notamment entraîné la mise hors d'usage de la principale caméra de bord et les directeurs de vol ne sont pas certains de pouvoir maintenir le télescope encore longtemps opérationnel. Il y aura tout au plus l'envoi d'une dernière navette spatiale vers Hubble pour la réalisation de travaux d'entretien et de réparations et le remplacement d'instruments. C'étaient jusqu'à présent précisément ces missions régulières de réparations qui ont maintenu Hubble en état de fonctionnement. La NASA a décidé de retirer les navettes spatiales de la circulation en 2010 et les rares vols encore programmés sont exclusivement destinés à la construction de l'ISS, la station spatiale internationale, ne laissant aucune marge pour l'entretien de Hubble. Les jours du télescope semblent dès lors comptés.

Nous revenons dans ce dossier sur la tumultueuse saga du télescope spatial, quelques unes de ses plus remarquables

découvertes et de ses plus belles photos et nous nous penchons sur ses actuelles difficultés et son éventuel avenir.

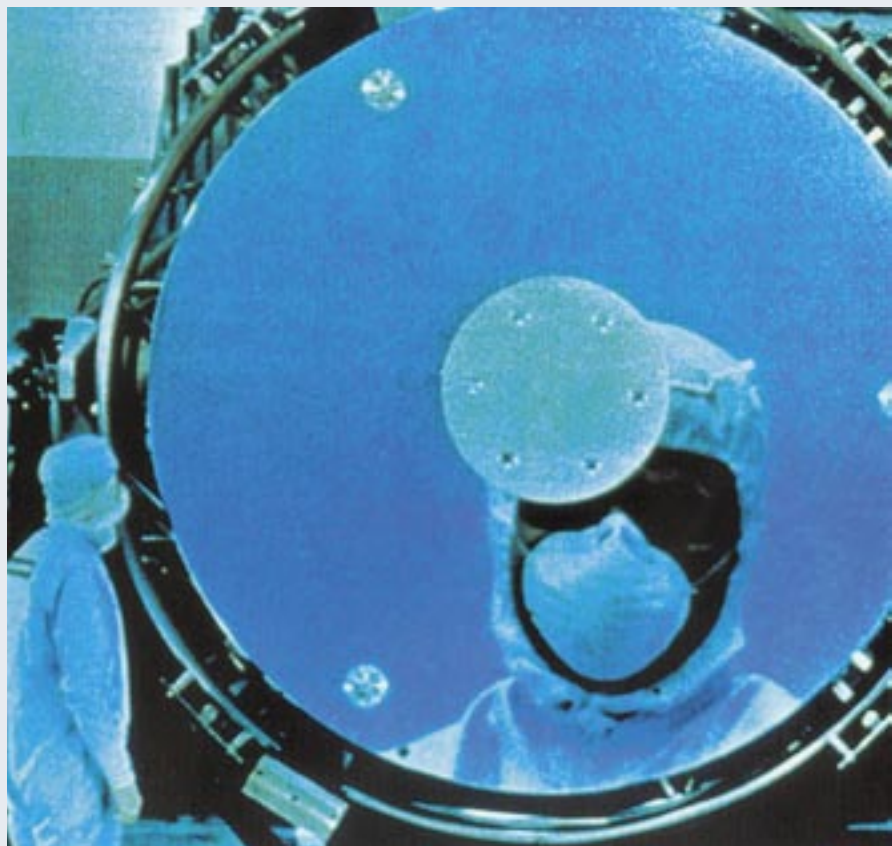
Histoire d'un télescope spatial

L'histoire du télescope spatial Hubble débute bien avant son lancement en 1990. Avant même le commencement de l'ère spatiale, avant le lancement du tout premier satellite, les astronomes se sont rendus compte qu'une orbite autour de la Terre, au-dessus de l'atmosphère constituait un poste d'observation idéal pour un observatoire astronomique (cf. cadre : 'Pourquoi un télescope dans l'espace?'). En 1946, l'astronome américain Lyman Spitzer en appelait déjà à la construction d'un télescope spatial (ce terme désignant un télescope installé dans l'espace et non pas un simple télescope pour observer l'espace). Mais il faudra néanmoins patienter de longues années avant que le rêve d'un grand télescope dans l'espace ne devienne réalité. Vers la fin des années soixante, les plans commencent à se cristalliser autour d'un projet concret de Large Space Telescope (LST) de trois mètres de diamètre. Il devait être lancé dans l'espace par la future navette spatiale sur laquelle la NASA commençait à plancher à ce moment pour succéder aux capsules Apollo. Une fois dans l'espace, le LST recevrait la visite régulière d'un équipage de navette pour l'entretien et les réparations. Cela devait assurer une longue espérance de vie au télescope, de même qu'une modernisation permanente de ses instruments scientifiques. A cette époque, la NASA pen-

Le miroir principal du télescope spatial mal taillé lors d'essais au sol.
© NASA

sait que la navette spatiale serait abordable et fiable et que, dans les années quatre-vingt, les missions spatiales habitées seraient devenues de la routine. Il était même envisagé de ramener de temps à autre le télescope sur Terre dans la soute de la navette pour un 'grand entretien'. Au terme de son existence, il serait rapatrié définitivement sur Terre – probablement pour occuper une place d'honneur dans le Smithsonian Museum de Washington.

Des aléas budgétaires et politiques dans les années septante ayant presque provoqué l'enterrement du projet l'ont finalement ramené à des dimensions plus modestes. Le télescope (oublié le *large*) serait équipé d'un miroir plus abordable de 2,4 mètres de diamètre et la NASA ne serait pas seule à payer la facture. L'ESA, l'agence européenne fut embarquée dans l'aventure et en échange d'une participation européenne (notamment un instrument scientifique et les panneaux solaires), des astronomes européens bénéficieraient de 15 pour cent du temps d'observation. La date de lancement du projet révisé fut fixée à 1983. Le télescope fut baptisé du nom d'Edwin Hubble, l'astronome américain qui dans les années vingt avait découvert la théorie de l'expansion de l'univers – le nom de Lyman Spitzer, l'inspirateur du projet de télescope spatial fut attribué plus tard à un autre satellite astronomique.



Quelques équipes de recherche belges exploitent les données de Hubble. A l'Université de Liège, des images ultra-précises des caméra ACS et NICMOS sont utilisées pour étudier des quasars, des trous noirs et de la matière sombre grâce au phénomène de lentille gravitationnelle. D'autres chercheurs de l'ULg utilisent la caméra ACS et le spectromètre STIS

pour étudier les processus complexes qui se produisent dans la magnétosphère de Jupiter et qui provoquent des aurores comme dans nos régions polaires. A l'Université Gent, les images de Hubble sont utilisées pour étudier la structure et l'évolution dynamique de galaxies, comme notre Voie Lactée.

Le Hubble Space Telescope en chiffres

Position: *Orbite basse autour de la Terre, 589 km d'altitude*

Période de révolution: *96 minutes*

Constructeurs: *NASA et ESA*

Date de lancement : *24 avril 1990*

Masse: *11 tonnes*

Diamètre: *2,4 mètres*

Distance focale: *57,6 mètres*

Type : *Ritchey-Chrétien*

Gamme de longueurs d'onde: *lumière visible, ultraviolet, infrarouge*

Source d'énergie: *panneaux solaires*

Instruments (2007):

NICMOS: *caméra infrarouge et spectromètre*

ACS: *caméra pour la lumière visible (en panne)*

WFPC2: *caméra pour la lumière visible*

STIS: *spectromètre et caméra pour la lumière visible (en panne)*

FGS: *capteurs pour orientation et réglages*



La nébuleuse du Crabe, vestiges d'une étoile disloquée, photographiée par Hubble.
© NASA



Déploiement dans l'espace de Hubble après des réparations réussies.
© NASA

Enfin, l'arrivée du télescope dans l'espace fut encore retardée. Lorsque début 1986 le télescope fut enfin presque terminé, l'accident de la navette spatiale Challenger (le 28 janvier 1986) est venu tout gâcher. Les missions de la navette spatiales furent interrompues pendant deux ans et l'ensemble du programme de lancement remanié. La cadence des lancements fut considérablement ralentie. Ce n'est que le 24 avril 1990 que le Hubble Space Telescope (HST) fut enfin placé sur orbite autour de la Terre par la navette spatiale Discovery.

Le télescope spatial est un télescope à miroirs (réflecteurs) du type Ritchey-Chrétien, à l'image de nombreux grands télescopes modernes installés sur la terre ferme. Dans ce type de télescope, la lumière est collectée par un miroir principal concave (hyperbolique) qui la concentre en un faisceau et la réfléchit vers un miroir secondaire qui la dirige à son tour vers les instruments scientifiques. Il s'agit essentiellement de caméras (pour photographier) et de spectrographes (pour dissocier la lumière dans ses différentes longueurs d'onde). Hubble est équipé de plusieurs instruments (cf. cadre), qui peuvent entrer en action en fonction des besoins. Un système de miroirs rétractables détermine l'instrument vers lequel la lumière du télescope sera orientée. Les instruments sont montés à l'arrière du télescope grâce à un système 'modulaire' qui permet aux astronautes de remplacer facilement les anciens instruments (de la taille environ d'une cellule téléphonique) par de nouveaux.

La communauté des astronomes et la NASA nourrissaient d'énormes espoirs à l'égard du télescope spatial. Ce télescope devant être unique et le plus performant au monde, ses concepteurs avaient voulu une qualité optique la plus

parfaite possible. Le miroir principal devait être le meilleur jamais conçu pour un télescope. Le miroir d'un télescope doit soigneusement respecter la forme prescrite. Pour réfléchir correctement la lumière vers le foyer, les irrégularités du miroir doivent être inférieures à la longueur d'onde de la lumière (pour la lumière visible entre environ 400 et 750 nanomètres ou millièmes de millimètre). Pour de nombreux télescopes, la tolérance varie dans la pratique entre un cinquième ou un dixième de la longueur d'onde. Une tolérance plus sévère d'un vingtième de la longueur d'onde fut imposée pour le miroir principal de Hubble. Pour atteindre cet objectif, le miroir fut taillé avec une extrême précision et testé dans les moindres détails.

La consternation fut d'autant plus grande lorsque lors des premiers essais dans l'espace, il apparut que Hubble ne produisait pas d'images précises. Un examen révéla que le miroir présentait un grave défaut d'optique : une aberration sphérique. Les irrégularités du miroir étaient effectivement minimes, mais la forme globale affichait un écart de près de 2000 nanomètres. La cause de ce défaut était semble-t-il imputable à un instrument utilisé par le fabricant optique Perkin-Elmer pour tester le miroir au sol. Une erreur de positionnement d'une lentille de 1,3 millimètre avait faussé les résultats des tests. Comble de l'ironie : Kodak avait fabriqué un miroir de réserve pour Hubble. Il s'avéra plus tard que la forme de ce dernier était correcte, mais il avait été considéré comme de qualité inférieure avant le lancement.

Le télescope avait été conçu de manière modulaire pour pouvoir facilement remplacer des pièces dans l'espace, mais le remplacement du miroir principal ne figurait pas au programme. Il était également exclu de ramener le télescope sur Terre : cette opération aurait coûté une fortune et les normes de sécurité renforcées après l'accident de Challenger excluèrent l'atterrissage d'une navette lourdement chargée. Le miroir de secours n'a dès lors jamais servi. En lieu et place, les scientifiques et ingénieurs de la NASA ont imaginé une autre solution : le télescope porterait des 'lunettes'. Un système à deux petits miroirs, baptisé COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) pouvant être placé devant les instruments fut construit. L'un des miroirs de COSTAR intégrait une 'aberration' calculée avec précision pour compenser exactement le défaut du miroir principal de Hubble. Un photomètre, instrument de mesure fut sacrifié pour pouvoir installer COSTAR. De plus, le WFPC2, un nouvel instrument destiné à Hubble intégrait d'emblée une correction optique (ce qui serait également le cas de tous les instruments qui lui succéderont).

COSTAR et WFPC2 ont été montés sur le télescope spatial en décembre 1993, lors de la première mission d'entretien et de réparation sur Hubble. Les astronautes ont dû effectuer des travaux d'une complexité inimaginable pour l'époque durant cinq longues sorties dans l'espace. Quelques gyroscopes et

les panneaux solaires européens furent remplacés par la même occasion (ils provoquaient trop de vibrations) et Hubble fut doté d'un ordinateur plus performant. Cette mission de réparation fut couronnée de succès. Même si cet épisode laissa un goût amer, les astronomes disposaient désormais enfin d'un télescope fonctionnant parfaitement dans l'espace.

Actuellement, quatre missions d'entretien et de réparations du même type ont été réalisées et une cinquième est en préparation. A chaque fois, ce fut l'occasion de réparer de petites pannes (les gyroscopes qui contrôlent la position du télescope dans l'espace se sont avérés peu fiables et ont dû être régulièrement remplacés) et de remplacer d'anciens instruments. Le télescope spatial Hubble qui gravite actuellement autour de la Terre est un engin nettement plus moderne que celui de 1990. Il est équipé de nombreuses caméras et spectromètres modernes, le maintenant toujours à la pointe de la recherche astronomique.

Science et photographie avec Hubble: un top-5

Au cours de ces dix-sept dernières années, Hubble a fourni des trésors d'informations scientifiques. En 2006, les archives des observations de Hubble comptaient pas moins de 27 téraoctets. Grâce à ces données, des astronomes ont déjà publié plus de 6300 articles scientifiques dans des revues professionnelles. Il apparaît en outre que les articles fondés sur les données de Hubble sont cités en moyenne deux fois plus dans la littérature scientifique que d'autres articles sur l'astronomie.

Les mérites scientifiques du télescope spatial ne résident pas tellement dans les 'découvertes' isolées qui seraient l'œuvre exclusive des activités de Hubble. Les recherches effectuées par le télescope spatial s'inscrivent dans d'étroites coopé-



Mission d'entretien en 1997. © NASA

tions dans lesquelles des astronomes du monde entier se servent de Hubble, mais aussi d'autres instruments installés sur Terre ou sur d'autres satellites. Le télescope spatial a souvent joué un rôle déterminant dans ces coopérations. Les projets de recherche dans le domaine de la cosmologie (étude de l'univers dans son ensemble) auxquels Hubble a participé en sont l'illustration. Grâce notamment à Hubble, nous disposons à présent d'une image nettement plus précise de notre univers par rapport à il y a vingt ans. Nous connaissons la vitesse d'expansion de l'univers et savons que cette expansion s'accélère (au lieu de ralentir comme nous le pensions précédemment) et connaissons aussi assez précisément l'âge de l'univers (13,7 milliards d'années). Hubble a également participé à l'observation minutieuse des exoplanètes, ces planètes qui gravitent autour d'autres astres que le soleil. Le télescope spatial a effectué les premières mesures de la composition de l'atmosphère d'une de ces exoplanètes.

Pourquoi un télescope dans l'espace ?

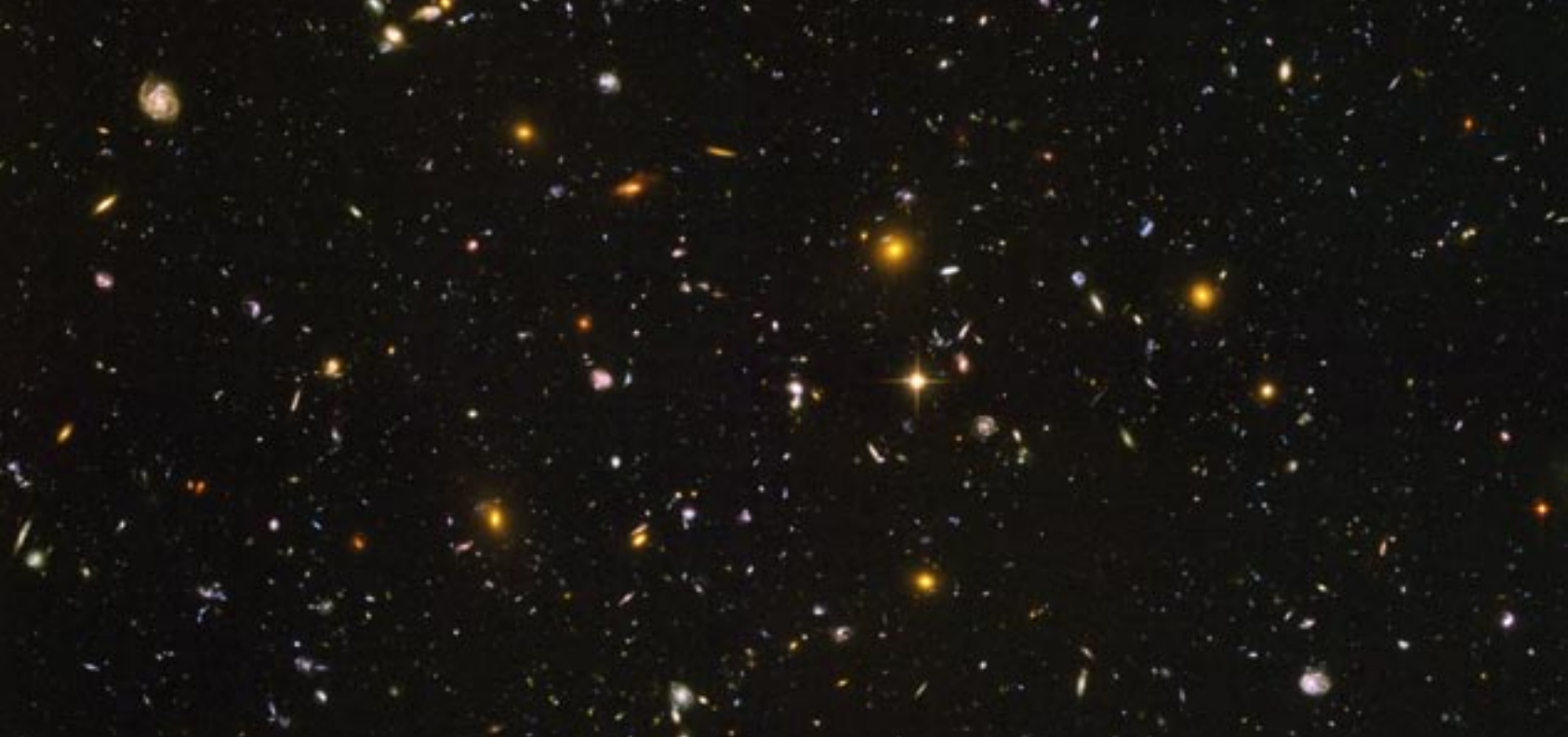
Ce n'est pas parce que le télescope installé dans l'espace serait plus proche des corps célestes qu'il observe, que les astronomes souhaitent disposer d'un télescope spatial. Les six cents kilomètres d'altitude environ où gravite Hubble sont quantité négligeable par rapport aux distances astronomiques où se situent les étoiles et les galaxies qu'il scrute.

Pourquoi dès lors un télescope dans l'espace? Il y a deux raisons, liées toutes deux à l'influence nocive de l'atmosphère terrestre. Tout d'abord, les mouvements permanents de l'air rendent les contours des corps célestes légèrement flous. Il est par conséquent difficile d'observer depuis la Terre d'infimes détails

des corps célestes, quelle que soit la qualité du télescope. Il n'y a pas de déplacements d'air dans l'espace et la précision des images est exclusivement tributaire des dimensions et de la qualité du télescope. Deuxièmement, l'atmosphère fait totalement ou partiellement barrage à de nombreux rayonnements provenant de l'espace. La lumière visible est une heureuse exception, mais les rayonnements de longueurs d'onde différentes, comme l'infrarouge, l'ultraviolet ou les rayons X sont largement bloqués. Il faut dès lors des instruments installés au-dessus de l'atmosphère pour pouvoir les observer. Des satellites spéciaux ont été construits pour toute une série de rayonnements comme les rayons X et

le rayonnement dans le lointain infrarouge; néanmoins, dans l'espace, un télescope ordinaire pour la lumière visible comme Hubble peut capter énormément de lumière infrarouge et ultraviolette.

A l'heure actuelle, les astronomes peuvent pallier à une partie des inconvénients de l'atmosphère en s'appuyant sur des technologies modernes (la fameuse 'optique adaptative'), en installant leurs télescopes sur de hauts sommets (en tout cas au-dessus d'une partie de l'atmosphère) ou en utilisant avions ou ballons. Un poste d'observation dans l'espace demeure toutefois inégalable.



Le Hubble Ultra Deep Field (2005): innombrables galaxies aux confins de l'univers visible.
© NASA

Les fascinantes observations réalisées par Hubble sont trop nombreuses pour être citées dans le détail. Chaque astronome – et amateur de jolis clichés du cosmos – a sa liste personnelle d'observations préférées de Hubble. Space Connection propose son top-5 de clichés réussis et scientifiquement intéressants.

1 *Le Hubble Deep Field: galaxies aux confins de l'univers*
Hubble a fait une série de clichés baptisés, *Hubble Deep Fields* et *Hubble Ultra Deep Field*, pour lesquels le télescope était braqué des journées entières sur une petite portion du ciel, pour pouvoir le scruter en profondeur. Les images révèlent des galaxies situées à treize milliards d'années-lumière. Leur lumière a été émise lorsque l'univers avait à peine cinq pour cent de son âge actuel (de 13,7 milliards d'années). Les photos livrent des tonnes d'informations aux astronomes à propos de la prime jeunesse de l'univers.

La Nébuleuse de l'œil-de-chat, vestiges d'une étoile mourante.
© NASA



2 *Les 'piliers de la création'*

Une photo de Hubble prise en 1995 connue sous le titre *Pillars of Creation* et érigée au titre d'icône culturelle. C'est peut-être la plus belle de toutes les photos de Hubble. Elle montre des nuages de gaz et de poussière situés à 7000 années-lumière. De nouvelles étoiles naissent dans ce nuage gazeux.

3 *Taches sombres sur Jupiter*

En 1994, la comète Shoemaker-Levy 9 s'écrase sur la planète géante Jupiter. Les débris de la comète soulèvent des nuages de poussière dans l'atmosphère de la planète. C'est la première fois que les astronomes peuvent observer en direct une collision d'une telle violence dans le système solaire.

4 *La tanière de la Bête*

Les astronomes soupçonnent la présence d'énormes trous noirs dans les noyaux de nombreuses galaxies. Les trous noirs sont eux-mêmes trop petits pour être observés à cette distance, mais Hubble en a photographié les environs. Sur cette photo, on voit comment un trou noir (lui-même dissimulé au centre) est entouré d'un épais nuage circulaire de poussière.

5 *Le dernier soupir d'une étoile*

La beauté éthérée de cette 'Nébuleuse de l'œil-de-chat' est le résultat des derniers soubresauts d'une étoile mourante. L'étoile a expulsé ses couches extérieures de gaz dans l'espace, provoquant un fameux 'brouillard planétaire' (en dépit de son nom, il n'a rien à voir avec les planètes).

Petits maux de vieillesse et doutes

Hubble souffre de maux de vieillesse. La santé du télescope décline rapidement et de sérieux doutes sont par ailleurs apparus à propos de son avenir, surtout depuis l'accident le 1er février 2003 de la navette spatiale Columbia. Après cette catastrophe, la NASA a commencé à émettre des dou-

tes sur la possibilité de poursuivre les entretiens de Hubble grâce à des missions de la navette. Le président George Bush a décidé de retirer les navettes de la circulation d'ici 2010 et les vols programmés d'ici-là devraient prioritairement être réservés à l'achèvement de la station spatiale ISS. Un vol spatial vers Hubble est de plus jugé plus dangereux. En cas de dégradation du bouclier thermique lors du lancement d'une navette vers l'ISS, les astronautes peuvent trouver refuge dans l'ISS et y attendre l'arrivée d'une deuxième navette. Mais lors d'une mission vers le Hubble Space Telescope cette option ne tient pas, l'orbite de Hubble étant beaucoup trop différente de celle de l'ISS. Le directeur de la NASA de l'époque, Sean O'Keefe, avait dès lors décidé dans un premier temps de ne plus autoriser de missions de la navette vers Hubble. Une sonde robot devait être mise au point pour s'arrimer à Hubble et contrôler son écrasement (pour éviter qu'il ne s'écrase plus tard au hasard, avec le risque de voir des débris toucher des zones habitées). L'actuel directeur de la NASA, Mike Griffin, est revenu sur cette première décision, notamment sous la pression de la communauté scientifique. Une dernière mission d'entretien est actuellement programmée. D'après le planning actuel, cette mission devrait être réalisée par la navette spatiale Atlantis en septembre 2008. Au cours de cette mission, une seconde navette sera prête à décoller de la base de Cape Canaveral, en cas d'urgence.

Hubble doit être réparé d'urgence. De nombreux gyroscopes ont rendu l'âme et il n'y a plus de réserve. Si un nouveau gyroscope tombe en panne, les observations en souffriront, car il deviendra plus difficile d'orienter correctement le télé-



scope et de maintenir sa position durant l'observation. De plus, deux des instruments scientifiques de Hubble sont déjà en panne. L'ACS (*Advanced Camera for Surveys*), la plus importante et la meilleure caméra embarquée, a connu des défaillances en janvier 2007 et doit pour l'instant limiter ses observations à l'ultraviolet. Le spectrographe STIS est en panne depuis 2004. Il doit être réparé durant la mission d'Atlantis en 2008. On ignore encore si l'ACS sera réparée ou remplacée.

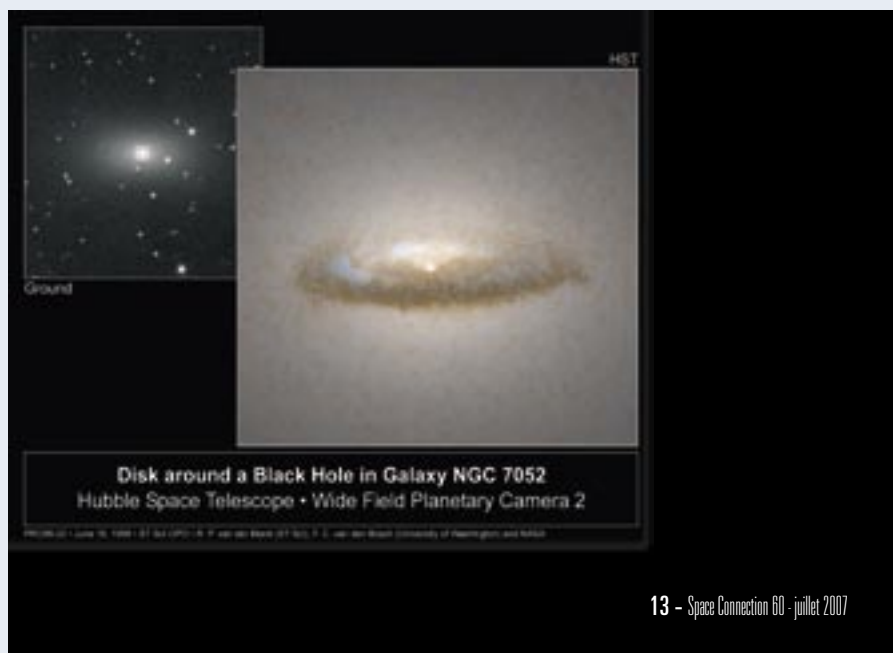
Les 'Pillars of creation', berceau d'étoiles.
© NASA

Grâce à cet ultime entretien, le télescope spatial devrait pouvoir rester opérationnel jusqu'en 2013. A cette date, si le programme est respecté, le successeur de Hubble, le *James Webb Space Telescope* (JWST) devrait être lancé.

Taches sur Jupiter après l'impact de la comète Shoemaker-Levy 9 en 1994. © NASA



Anneau de poussière autour du trou noir dans la galaxie NGC 7052. © NASA



Des satellites à

Libertad-1, premier satellite colombien, était lancé le 17 avril du cosmodrome de Baïkonour. Ce 'cubesat' de 0,995 kg, qui tient dans une main, a été réalisé par une équipe de professeurs et d'étudiants de l'Universidad Sergio Arboleda de Bogota. Sur orbite entre 660 et 787 km, ce nano-satellite va transmettre des messages jusqu'à épuisement de ses batteries. Comme le fit, il y a un demi-siècle, le premier Spoutnik. Libertad-1 est le résultat d'un projet pédagogique de dimension internationale : basé sur le concept Cubesat d'une université américaine, il a pu être expédié dans l'espace par une fusée russo-ukrainienne. Et ce n'est qu'un exemple parmi tant d'autres.

Sur l'ensemble du globe, depuis une dizaine d'années, on assiste à l'éclosion d'une communauté éducative autour de teams étudiants qui s'investissent dans le développement de systèmes spatiaux micro-miniaturisés. Il s'agit de toucher au nouveau monde de l'espace - un environnement hostile à l'accès difficile - dans le cadre de travaux de groupe et de fin d'études. L'objectif est de concevoir, réaliser et exploiter de petits satellites, compacts et légers, économiques et fiables. Le plus souvent pour observer la surface terrestre (télé-détection) ou la voûte céleste (astronomie), pour étudier «in situ» l'environnement spatial (rayonnements, micro-météorites, débris).

Défis pour innover, risques à surmonter

Cette démarche pédagogique entend familiariser les futurs ingénieurs, les jeunes chercheurs, la nouvelle génération d'étudiants aux contraintes et rigueurs d'une mission dans l'espace et, surtout, à l'esprit d'équipe. Ambitieuse vu son caractère

interdisciplinaire, cette approche ne manque pas d'audace. Elle présente de réels atouts qui sont à la hauteur des défis à relever. A savoir :

- Faire léger et compact, économique et performant, passe par la maîtrise de solutions technologiques à travers des architectures innovantes de systèmes et d'équipements. Les logiciels de calcul des structures, matériaux et mécanismes, d'analyse de leur comportement en vol, constituent des outils incontournables. Il faut par ailleurs s'informer sur les possibilités de lancements "low cost" pour que leur satellite soit placé sur orbite dans les meilleures conditions. On doit concevoir et construire les stations de contrôle au sol et de collecte des données.
- Qualifier des composants "sur étagère" - dits COTS (Components Off The Shelf) - pour résister aux vibrations du lancement, à l'environnement du vide, aux rayonnements intenses et aux variations thermiques, suppose une solide documentation sur les progrès de la micro-électronique, ainsi qu'une parfaite connaissance des caractéristiques et risques d'une mission spatiale. La simulation correcte des conditions du vol est une condition essentielle. Les étudiants doivent s'impliquer dans du "hands-on training" - entraînement pratique - sur des innovations high-tech, appelées "disruptive technologies" (qui marquent un saut technologique).
- Se lancer dans l'aventure d'un satellite, si petit soit-il, nécessite un planning qui comprend les phases de conception, de faisabilité, de développement, d'intégration. C'est nécessaire de l'établir, mais c'est crucial de s'y tenir. Or, pour une équipe d'étudiants, le calendrier du projet ne correspond pas à la durée du programme des études : une maîtrise, faite de stages et de travaux, se limite à deux ans. L'université ou l'école polytechnique doit veiller à ce que la continuité de l'activité soit assurée par une relève dynamique, sous la houlette d'un professeur enthousiaste.
- Entreprendre une mission spatiale oblige l'équipe à jouer la coopération en nouant des liens, en favorisant des échanges, en ayant des partenariats sur le plan international. Professeurs, assistants, étudiants partagent autour d'une expérience ou d'une technologie, leurs connaissances et compétences. En Europe, il existe de nombreuses possibilités : le réseau TIME (Top Industrial Managers for Europe), les actions du programme Erasmus de la Commission Européenne, les prix (comme le Prix Odissea du Sénat belge) et les bourses pour des stages, la mise en œuvre d'initiatives spécifiques à l'ESA.

Le professeur Udo Renner, Université polytechnique de Berlin, aux côtés du micro-satellite Lapan-Tubsat qui a été développé pour l'Indonésie. © TUB



la mode étudiante

■ Collaborer à la réalisation d'un petit satellite d'applications peut prendre une dimension globale dans le cadre d'un transfert de technologie : des pays "en développement" ou émergents, intéressés par les systèmes spatiaux pour leurs besoins (gestion des ressources, surveillance de l'environnement, prévention des risques...) veulent former un noyau d'ingénieurs, chercheurs et spécialistes avec l'aide d'universités et écoles supérieures en Europe. On a deux beaux exemples : l'Université de Surrey (Royaume-Uni) et l'Université polytechnique de Berlin (Allemagne). Le premier a permis à des institutions de Corée du Sud, du Portugal, de Thaïlande, du Chili, de Chine, d'Algérie, de Turquie, du Nigéria d'acquérir (avec le savoir-faire) leur propre micro-satellite qui, le plus souvent, servait à des observations. Le second a aidé le Maroc et l'Indonésie à mettre en œuvre un micro-satellite de télédétection.

La leçon à retenir des satellites étudiants : l'espace, qui permet à la jeune génération de toucher à l'infiniment grand, constitue :

- un formidable stimulant de matière grise, fait de défis innovants,
- un audacieux pari pour un travail pluridisciplinaire aux retombées pratiques,
- un instrument d'ouverture au-delà des frontières, sur l'ensemble de la planète.

C'est ce qu'ont bien compris des établissements d'enseignement supérieur en Allemagne, en Italie, dans les pays scandinaves, récemment aux Pays-Bas (dans l'orbite de l'ESTEC, le Centre européen de recherche et technologie spatiale). Des groupes d'étudiants y ont pris forme pour réaliser leurs missions spatiales au moyen de petits, très petits, tout petits satellites, depuis leur développement jusqu'à leur exploitation. Ce n'est pas de tout repos : pour des jeunes, il s'agit d'un travail de longue haleine qui s'inscrit dans une logique de continuité. Surtout que leur bonne volonté peut être mise à rude épreuve : l'automate qu'ils ont préparé minutieusement pour l'espace peut être perdu lors d'un échec au lancement ou à cause d'une panne électrique dès les premiers tours de Terre...

Les Anglais comme pionniers

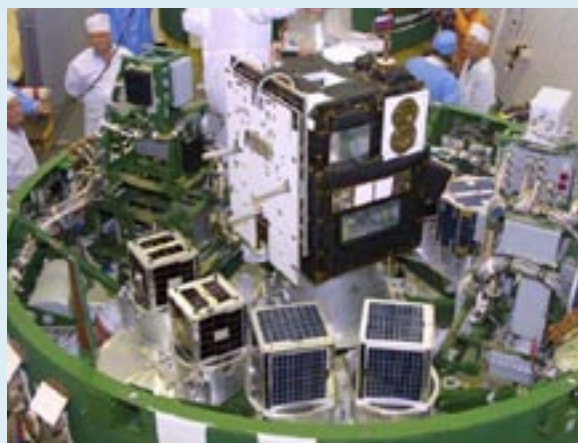
La tendance de faire du micro- et nano-satellite un outil éducatif est apparue fin des années 70 à l'Université de



L'Université danoise d'Aalborg montre l'exemple avec ce "cubesat" (Aausat-2) qui sera lancé cet automne depuis l'Inde. © Aalborg University



Le lanceur russo-ukrainien Dnepr, dérivé du missile intercontinental Satan, est tiré depuis un silo. Il a déjà permis le lancement de plusieurs micro- et nano-satellites. © ISC Kosmotras



Sous la coiffe du lanceur Dnepr, voici comment est disposée une multitude de petits et tout petits satellites. © ISC Kosmotras

Surrey (Royaume-Uni). Sir Martin Sweeting, alors jeune professeur au département des ingénieurs en électronique, lançait "la révolution des smallsats" en faisant réaliser par un groupe de chercheurs et étudiants un petit satellite de 50 kg pour les radioamateurs. Développé en deux ans et demi, Uosat-1, dont l'originalité était d'être équipé d'un microprocesseur programmable, était lancé en octobre 1981. Son successeur, Uosat-2, qui était construit en une demi-année, est sur orbite depuis mars 1984 et émet toujours !

Aujourd'hui, la petite équipe du professeur Sweeting a pris de l'importance sur le campus universitaire. Ce sont 27 satellites qui ont été envoyés, tous avec succès, dans l'espace. On a aménagé le Surrey Space Centre (SSC) pour construire et contrôler les satellites, pour accueillir des stagiaires du monde entier. La société Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL) était mise sur pied en 1985 dans le but de commercialiser le savoir-faire universitaire des systèmes spatiaux "à bas coûts" pour des applications performantes. Depuis l'été 2006, elle sa propre infrastructure, la "Tycho House" où quelque 220 personnes réalisent un chiffre d'affaires annuel de 45 millions €. Les principaux atouts de Surrey sont de miser sur la synergie entre recherche académique et exploitation commerciale, de développer la formule du "prêt-à-porter" miniaturisé pour des missions innovantes dans l'espace.

En privilégiant l'emploi des COTS (composants commerciaux sur étagère) et des MEMS (micro-systèmes électro-mécani-

ques), la philosophie de SSTL est de casser le cercle "vieux" des engins surdimensionnés, à hauts risques et aux coûts élevés. Avec, pour objectif, le cercle "vertueux" des délais courts, du bas prix et des risques sous contrôle. C'est ce qui lui a valu de "sauver" le système Galileo de l'ESA avec la fourniture, en moins de 30 mois, du mini-satellite d'essais GIOVE-A qui donne entière satisfaction.

Autre réussite de SSTL : une constellation de petits satellites agiles, dotés de caméras multispectrales, pour l'observation quotidienne d'événements et d'activités sur l'ensemble du globe. Il s'agit de la DMC (Disaster Monitoring Constellation) qui comprend cinq micro-satellites financés et gérés par l'Algérie, le Nigéria, la Turquie, le Royaume-Uni et la Chine. En 2008, le Deimos-1 espagnol les rejoindra et il y aura le déploiement de la constellation de cinq micro-satellites identiques qui seront exploités par la compagnie allemande RapidEye.

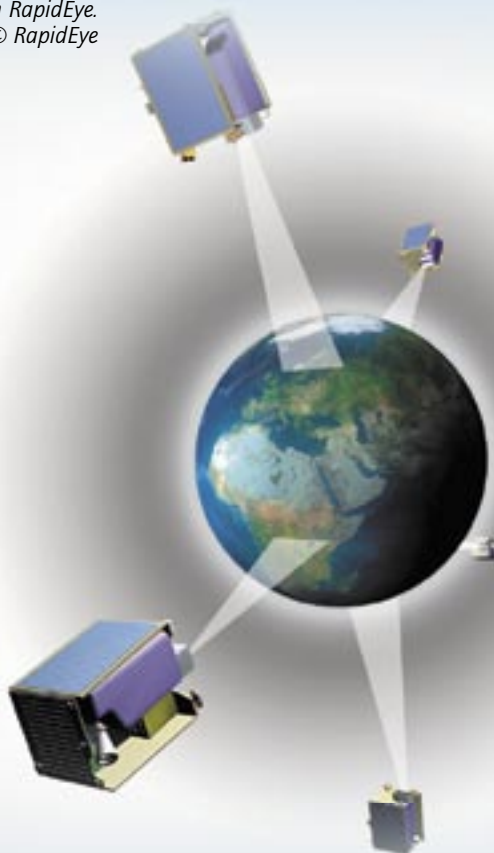
"Cubesat", un concept américain de référence

Prenez un cube de 10 cm de côté, à l'armature légère et simplifiée, qui représente une masse d'à peine 1 kg avec ses systèmes de bord (contrôle d'attitude, alimentation électrique, détecteurs pour l'observation, répéteurs de communication...) : vous avez un cubesat pour une mission dans l'espace. Ce concept, qui permet rapidement de familiariser une équipe d'étudiants à la technologie spatiale, est né en Californie en 1999. Il est le fruit d'une collaboration entre des professeurs de la California Polytechnic State University (Cal Poly) de San Luis Obispo et de la Stanford University de Palo Alto. Leur site Cubesat (www.cubesat.org) propose le plan et critères du nano-satellite standard, voire l'achat d'un kit complet à assembler, ainsi qu'un dispositif de lancement multiple.

Quelque 60 universités et hautes écoles dans le monde - dont plus d'une vingtaine en Europe - participent au programme Cubesat. Soit pour développer un projet de tout petit satellite, soit pour s'impliquer dans un réseau global de réception des données. Son intérêt éducatif est incontestable et cette formule fait de plus en plus d'adeptes. Il faut compter au moins deux années universitaires depuis la conception à la mise en orbite du cubesat.

La réalisation d'un cubesat pose de sérieux défis en raison du volume réduit, de la masse réduite et de la puissance électrique limitée. Résoudre ces handicaps exige beaucoup d'inventivité autour d'astuces technologiques pour les systèmes de stabilisation, la consommation d'énergie, l'adaptation du nano-satellite à la mission prévue. Ainsi est apparu le modèle "triple cubesat" qui permet l'emport de longs instruments et offre plus de surface pour les cellules solaires. La Technische Universiteit Delft, avec son projet Delfi-C3, a contourné la limitation d'énergie en dotant son nano-satellite de panneaux qui s'ouvrent comme les pétales d'une tulipe !

Le SSTL réalise les cinq satellites d'observation de la constellation RapidEye.
© RapidEye



2011, de la Terre à la Lune : une course entre étudiants ?

Le succès de SMART-1, la première sonde lunaire européenne qui utilisait la propulsion électrique, a suscité des appétits chez les étudiants en Europe. Pourquoi pas se lancer à la conquête de la Lune avec de petites sondes ? Deux projets prennent forme pour des missions en 2011-12.

- L'Institut für Raumfahrtsysteme de l'Université de Stuttgart, avec un staff de quelque 80 professeurs et chercheurs, ainsi que de 20 à 30 doctorants, a entrepris un programme spatial qui doit faire voler la sonde BW-1 (Baden-Württemberg) autour de la Lune, avant qu'elle ne s'écrase à sa surface. Le Professeur Hans-Peter Roeser, qui le dirige, prévoit quatre missions durant les 6 à 8 années à venir : "Il s'agit, dans une approche verticale et au prix de quelques risques, de faire en sorte que nos étudiants maîtrisent des défis de technologie spatiale. L'objectif pour 2011-2012 est de pouvoir manœuvrer avec la propulsion électrique une sonde jusqu'à la Lune. Cette mission lunaire devrait pouvoir être réalisée avec un budget de 10 à 12 millions d'euros."

- Le Département Education de l'ESA prépare la sonde ESMO (European Student Moon Orbiter). Dans le cadre du programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) et sous la direction de Roger Walker, cette mission doit être décidée durant cet été 2007. Des équipes d'étudiants en Europe et au Canada - l'Université de Toronto prévoit de larguer le cubesat Lunette sur orbite lunaire - sont en train de finaliser la plate-forme et sa charge utile. Reste à trouver le financement.

LEODIUM... ad astra !

A la fin de 2004, l'association Liège Espace, qui regroupe plusieurs départements de l'Université de Liège (ULg) et des industriels de la région liégeoise, lance l'idée du projet

(suite page 20)



La TU Delft lancera son premier nano-satellite Delfi-C3 cet automne avec une fusée indienne. © TU Delft



Quand un cubesat photographie un autre cubesat... Cette photo de Cal Poly n°4, après son éjection sur orbite, a été prise par AeroCube-2, le 17 avril 2007. © Cubesat



Le Professeur Robbert J. Hamann montre la structure du triple cubesat qui servira au nano-satellite Delfi-C3. © Th.P./SIC

PROBA

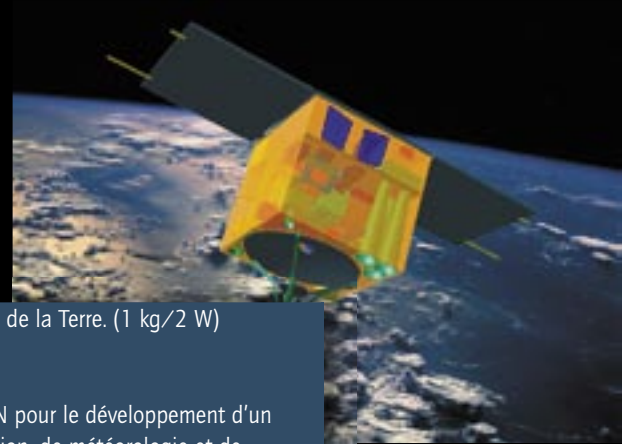
Dans ce domaine des petits satellites, notre pays est actif avec le développement des micro-satellites PROBA. PROBA-1, lancé en 2001, est un satellite d'observation de la Terre qui fournit encore tous les jours des images de notre planète. Des étudiants du secondaire l'ont utilisé dans le cadre du projet EduProba. En ce moment, PROBA-2 est préparé pour un lancement en 2008. Il doit servir comme démonstrateur d'une série de nouvelles technologies mais il a aussi pour mission l'étude du Soleil. Des infos complémentaires sur:

www.belspo/res/rech/spatres/indus_fr.stm
www.esa.int/esaMI/Proba_web_site/
www.eurospacecenter.be/probafr.htm

Le Tugsat-1/BRITE de 1 kg devrait être le premier satellite autrichien.
© TU Graz

Tableau de nano- et micro-satellites étudiants qui se préparent en Europe

NOM (lancement/ lanceur)	Etablissement responsable (Pays)	Objectifs de la mission (masse/puissance maximum)
AAAU-II CUBESAT (2007/PSLV indien)	Université d'Aalborg (Danemark)	Deuxième nano-satellite danois de type Cubesat pour une mission d'astrophysique (1 kg/3 W?)
ALMASAT-1 (2008/Dnepr russe ?)	Université de Bologne + Almaspace (Italie)	Alma Mater Satellite : micro-satellite pour l'étude de l'environnement spatial (12 kg/35 W)
AMSAT-P3 EXPRESS (2008/Ariane 5)	Amsat-Deutschland + Université des Forces Armées Munich (Allemagne)	Satellite radio-amateur, dérivé d'Amsat-P3D qui se trouve en orbite. Mission destinée à tester les technologies pour l'ambitieux projet de sonde martienne Amsat-P5A (150 kg/350 W?)
AMSAT-P5A MARS ORBITER (2011/ ?)	Amsat-Deutschland + Université des Forces Armées Munich (Allemagne)	Sonde martienne réalisée par les radio-amateurs destinée à déployer des nano-satellites spécialisés ou de faire arriver une capsule dans l'atmosphère de Mars. Projet de déploiement du ballon-sonde ARCHIMEDES (Aerial Robot Carrying High-resolution Imaging and Direct Environmental Sensing instruments) (660 kg avec le système de propulsion ?/350 W?)
ATMOCUBE (2010/Dnepr russe ?)	Universita di Trieste (Italie)	Nano-satellite scientifique équipé de dosimètres et magnétomètres pour collecter des données de météo spatiale. (1 kg/2.3 W)
BEESAT/(2009/Dnepr russe ?)	TUB/Technischen Universität Berlin (Allemagne)	Nano-satellite technologique stabilisé 3 axes avec des roues à inertie micro-miniaturisées, équipé d'une pico-caméra (1 kg/1,5 W)
BEOSAT (2008/Dnepr russe ?)	TU Braunschweig/ERIG (Allemagne)	Etude de l'environnement, détection de micro-météorites et de débris spatiaux. Peu de nouvelles récentes sur son développement. (45 kg/100 W)
BW-1 (2012/ ?)	Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)	Mini-sonde lunaire du Baden-Württemberg, dotée d'un système de propulsion électrique (arcjet et plasma) et équipée d'une caméra qui permettra de survoler la Lune «en direct». (200 kg/jusqu'à 1 kW)
COMPASS-1 CUBESAT (2007/PSLV indien)	FH/Fachhochschule Aachen (Allemagne)	Nano-satellite de type Cubesat, équipé d'un senseur Omnivision pour des prises de vues (1-2 kg/2 kW?)
DELFI C3 (2007/PSLV indien)	TU/Technische Universiteit Delft (Pays-Bas)	Triple Cubesat technologique destiné à tester des cellules et senseurs solaires et un système de communications. Présence de KISS, œuvre d'art originale dans l'espace. (3 kg/10 W ?)
DESIRE/CERMIT (2011/PSLV indien ?)	Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)	"Demonstrator Satellite for Reentry Experiments/Controlled Earth Reentry Mini-vehicle to Improve Technology" ou système spatial, avec propulseur électrique, pour tester un véhicule de rentrée dans l'atmosphère (150 kg/500 W)
DOBSON SPACE TELESCOPE (2010/ ?)	TUB/Technischen Universität Berlin (Allemagne)	Mise au point d'un système d'observations à haute résolution avec bus TUBsat. Projet à la recherche d'un microsat bus. (100 kg/250 W ?)
DTUSAT-2 (2008/Dnepr russe ?)	DTU/Danmarks Tekniske Universitet (Danemark)	Nano-satellite de type Cubesat pour tester de nouveaux composants et détecteurs miniaturisés ; projet de mission pour le suivi des oiseaux migrateurs (1 kg/2 W)
ESEO (2009/Ariane 5 ou Soyouz ou Vega ?)	Education Department ESTEC (Pays-Bas) + universités et écoles polytechniques en Europe	Programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) de l'ESA : European Student Earth Orbiter en orbite de transfert pour des observations de la Terre. Participation de l'Université de Liège pour le déploiement des panneaux solaires. (120 kg/200 W?)
ESMO (2012/Ariane 5 ou Soyouz ou Vega ?)	Education Department ESTEC (Pays-Bas) + universités et écoles polytechniques en Europe	Programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative) de l'ESA : "European Student Moon Orbiter" ou micro-sonde lunaire avec propulsion électrique ou chimique ? Avec la participation de l'Université de Liège pour la caméra qui doit prendre des images de 10 m de résolution. (180 kg/400 W ?)
FLYING LAPTOP /RENT A SAT-1 (2008/PSLV indien)	Université de Stuttgart/IRS (Allemagne)	Micro-satellite technologique fonctionnant comme un PC sur orbite, pour des observations avec une résolution de 25 m, pour des émissions en bande Ka, pour les tests de la sonde BW-1 (100 kg/200 W)
HEIDELSAT (2009/ ?)	FH/Fachhochschule Heidelberg (Allemagne)	Triple Cubesat scientifique pour étudier les précipitations de rayons cosmiques sur la Terre. (3 kg/6 kW)

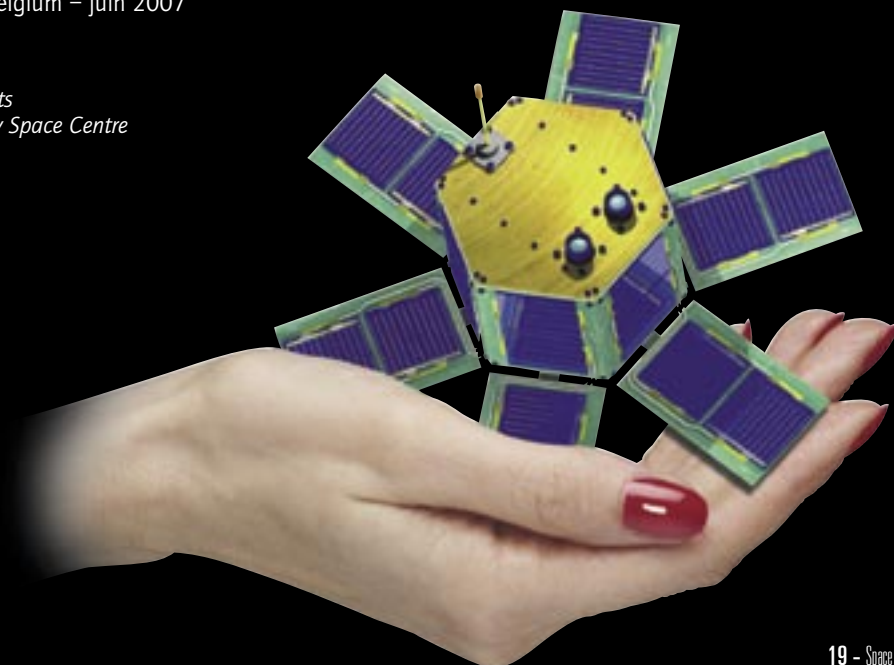


ITU-PSAT-1 (2008/Dnepr russe)	Istanbul Technical University (Turquie)	Nano-satellite de 1 kg pour des observations de la Terre. (1 kg/2 W)
LAPAN-TUBSAT (2007)	Universität technique de Berlin TUB/ILR (Allemagne)	Coopération avec l'Institut indonésien LAPAN pour le développement d'un micro-satellite de télédétection haute résolution, de météorologie et de messagerie, qui sera lancé par une fusée PSLV indienne. (50 kg/14 W)
MicroPPTSat (2009-2010 ?)	Austrian Research Centers (Autriche)	Essais de micro-propulseurs électriques (jets de plasma) (1 kg/2 W)
NCUBE-3 (2008 ?)	Norsk Romsenter + Andoya Rocket Range (Norvège)	Nano-satellite technologique réalisé par des étudiants pour la défense norvégienne, destiné à la surveillance du trafic maritime : Ncube-2 lancé de SSETI Express en octobre 2005 mais resté silencieux ; Ncube-1 perdu dans l'échec du lanceur Dnepr en juillet 2006. Projet Narom pour 2011 (1 kg/2 W)
OPTOS (2008/ ?)	INTA (Espagne)	Triple cubesat technologique pour des mesures "in situ" et pour des observations (3 kg/6 W ?)
PALAMEDE (2008/ ?)	Polytechnique de Milan (Italie)	Démonstrateur technologique pour des prises de vues à moyenne résolution. Pas de nouvelles récentes sur son développement. (30 kg/40 W)
PALMSAT (2008/ Dnepr russe ?)	Université de Surrey (Royaume-Uni)	Pico-satellite équipé pour l'inspection d'objets dans l'espace. (moins d'1 kg/2 W).
PERSEUS (2010/PSLV indien)	Université de Stuttgart/ IRS (Allemagne)	Mini-satellite technologique pour tester la propulsion électrique (arcjet et plasma) de la sonde BW-1. (100 kg/500 W ?)
SWISSCUBE (2009/ ?)	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse)	Nano-satellite de type Cubesat, équipé de micro-détecteurs pour étudier la luminescence de l'atmosphère durant la nuit. (1 kg/2 kW)
TUGSAT-1/BRITE- AUSTRIA (2008/ Dnepr russe ?)	Technische Universität Graz + Universität Wien + TU Vienna (Autriche) + University of Toronto (Canada)	Nano-satellite amélioré de type Cubesat, stabilisé 3 axes, qui sera le premier satellite autrichien, devant faire partie de la constellation internationale BRITE (Bright Target Explorer) de 4 nano-satellites identiques d'astronomie pour des observations d'étoiles. (5 kg/6 W)
UNISAT-4B (2008/Dnepr russe ?)	Université of Rome "La Sapienza" (Italie)	Test d'un micro-satellite dérivé d'Unisat-3 (en orbite depuis juin 2004) et équipé pour étudier les signes avant-coureurs des séismes, dans le but de créer une constellation. (12 kg / 15 W?)
UWE-2 (2009/ ?)	Université de Würzburg (Allemagne)	University Würzburg's Experimental nano-satellite de type Cubesat destiné à tester des communications, pour succéder à UWE-1 qui, largué par SSETI Express en octobre 2005, a fonctionné avec succès. (1 kg/2 W)
YES-2/ SPACEMAIL (2006)	Delta-Utec Leiden (Pays-Bas)	YES (Young Engineers Satellite) : démonstration, avec la capsule russe Foton M3, de retour sur Terre d'un micro-satellite gonflable grâce à la désatellisation par un filin (20 kg pour le micro-satellite, 6 kg pour le filin/?)

Flying Laptop ou PC Volant: c'est le nom donné au premier satellite étudiant de l'Université de Stuttgart. Il sera lancé en 2008 par une fusée indienne. © IRS

© Theo Pirard/Space Information Center Belgium – juin 2007

L'Université de Surrey fait travailler les étudiants sur ce pico-satellite de moins d'un kg. © Surrey Space Centre



(suite de la page 17)

LEODIUM (Lancement En Orbite de Démonstrations Innovantes d'une Université Multidisciplinaire/Low Earth Orbit Demonstration of Innovation in University Mode). C'est l'ancien nom en latin de Liège. Afin de sensibiliser les jeunes aux études et carrières scientifiques et techniques, LEODIUM veut faire participer des étudiants aux préparatifs d'un satellite sous la forme de travaux de fin d'études et de stages en entreprise.

Des contacts du côté de l'ESA sont pris par le doctorant Jean-François Vandenrijt pour impliquer des étudiants dans le programme SSETI (Student Space Exploration & Technology Initiative). Le mécanisme de déploiement des panneaux solaires pour le micro-satellite ESEO (European Student Earth Orbiter) a intéressé des étudiants ingénieurs en 2005-2006 (M. Bolland, G. Collignon, S. Cornez, X. Vandenplas) et en 2006-2007 (L. Brixhe dans le cadre d'une coopération avec la Haute Ecole ISIL, A. Moxhet, J. Salazar, G. Schmetz). Cette activité était coordonnée et supervisée par des chercheurs et professeurs du Département d'Aérospatiale et Mécanique. A bord de la sonde lunaire ESMO, les étudiants liégeois (G. Gilles, P. Franssen, R. Woine) ont proposé l'étude d'une micro-caméra pour des prises de vues haute résolution.

L'ULg, à la prochaine rentrée académique, va ouvrir deux masters à orientation "Espace" : sciences spatiales (à la Faculté des Sciences), ingénieur civil en aérospatiale (Sciences

Appliquées). La formation va laisser davantage de place à des activités pratiques à la portée des étudiants. La réalisation d'un nano-satellite de type Cubesat ou d'un micro-satellite (en collaboration avec l'industrie, les autres universités, les hautes écoles) est envisagée. De quoi rappeler que, dès les années 60, l'Université de Liège, avec l'Institut d'Astrophysique et le LTAS (Laboratoire de Techniques Aéronautiques et Spatiales, aujourd'hui Département d'Aérospatiale et Mécanique), a constitué le noyau de ces audacieux pionniers qui, en Europe, ont relevé le défi de réaliser des systèmes aérospatiaux.

Théo Pirard

L'équipe ESEO de l'Université de Liège : de gauche à droite, P. Beckers, G. Kerschen, P. Vueghs, J. Salazar, G. Schmetz, L. Brixhe, A. Moxhet. © Th.P./SIC



Dans le cadre de son programme éducatif, l'ESA a apporté son soutien à la mission YES-2 pour décrocher une capsule de l'orbite grâce à un filin. Des étudiants de plusieurs institutions européennes, sous la direction de Delta-Utec de Leiden, ont préparé avec minutie cette expérience originale.



www.sstl.co.uk

La présentation des missions du SSSL (Surrey Satellite Technology Ltd) à Guildford (Royaume-Uni).

www.ee.surrey.ac.uk/SSC/CSER/UOSAT/oldindex.html

L'histoire des activités spatiales à l'Université de Surrey à Guildford (Royaume-Uni).

www.irs.uni-stuttgart.de

Toutes les informations sur l'Institut pour les Systèmes spatiaux (IRS) de l'Université de Stuttgart.

www.ilr.tu-berlin.de/RFA

La situation des microsatellites à l'Université polytechnique de Berlin.

mtech.dk/thomsen/space/cubesat.php

Une liste, régulièrement mise à jour, des missions de nano-satellites du type Cubesat.

cubesat.calpoly.edu

Le site de référence pour le concept Cubesat, dont on peut télécharger les plans.

www.studentspace.aau.dk

Le programme de nano-satellites à l'Université d'Aalborg (Danemark).

www.sseti.net

La description des missions éducatives en cours (ESEO et ESMO) dans le cadre du programme SSETI de l'ESA.

www.delta-utec.com

Les informations sur le programme YES de l'ESA.

www.go-mars.de

Les préparatifs d'une mission "amateur" (Amsat Deutschland) vers la planète Mars.