

Science : 9 connection

Space Connection 52:

Le programme Ariadna

**Jules Verne,
l'imaginaire technologique
comme transgression**



sommaire

Éditorial

Politique

p.2 *Le ministre de la Politique scientifique booste les chercheurs en Belgique*

Sculpture

p.4 *L'or blanc du Congo*

Peinture

p.8 *Aux sources des Primitifs flamands: la peinture pré-eyckienne*

Recherche

p.13 *Eurêka, l'autre Europe de la recherche*

Séismologie

p.17 *Séismes géants et symphonie tellurique*

Littérature

p.21 *L'imaginaire technologique comme transgression*

Aérodynamique

p.25 *Un vent nouveau souffle depuis un demi siècle sur l'Institut von Karman*

Réseau

p.28 *Informatique en grille : travailler avec la puissance de milliers de systèmes informatiques*

Ailleurs

p.32 *Les musées du bout du monde*

Web

p.34 *Focus sur sites*

Musique

p.36 *Sons, paroles et musique d'Afrique*

Biologie

p.40 *Le paradoxe de la reproduction sexuelle ou : pourquoi le sexe ?*

Atlas

p.44 *Une source pour l'histoire des paysages: l'atlas terrier de l'abbaye Sint-Bernards à Hemiksem (1666-1671)*

News et agenda



L'or blanc du Congo

4



La peinture pré-eyckienne

8



Sons, paroles et musique d'Afrique

36



Le paradoxe de la reproduction sexuelle ou: pourquoi le sexe?

40



Space Connection



Le programme Ariadna

Le 28 décembre prochain, l'Agence spatiale européenne devrait lancer le premier satellite Galileo. L'engin de 600 kilos se nomme Giove-A et permettra notamment de réserver de précieuses fréquences d'émission. Il sera le premier élément d'une constellation constituée d'une trentaine de satellites en orbite autour de la Terre, à 23.222 kilomètres au-dessus de nos têtes.

Conçu pour concurrencer le GPS américain, le système européen de navigation par satellite a longtemps été décrit par beaucoup comme un projet fou, pharaonique, dont les chances d'aboutir étaient proches de zéro. S'il est vrai que la mise sur pieds du projet n'a pas été simple et que toutes les incertitudes, notamment politiques et financières, qui pèsent sur son aboutissement ne sont pas encore levées, on peut déjà parler d'une victoire de l'Europe, et plus particulièrement de la Commission et de l'ESA qui développent le projet.

Galileo n'aurait évidemment pas été envisageable sans la conviction, partagée par les 17 Etats membres de l'ESA, que notre économie de demain et le rang que nous occuperons dans le concert des nations dépendent en grande partie des investissements que nous réalisons aujourd'hui dans le secteur spatial. Cette conviction, que les autorités fédérales

belges ont toujours nourrie, place notre pays, comme le disait récemment le directeur général de l'ESA, Jean-Jacques Dordain, en première division des pays de l'Agence.

Les projets de l'Agence spatiale européenne font, dans ce nouveau numéro de votre revue, l'objet d'un passionnant dossier. Comme toujours, le *Science Connection* vous permettra également de vous familiariser avec des disciplines variées. La sismologie, la sculpture chryséléphantine et la reproduction sexuée ont un point commun : elles font partie du très grand nombre de matières étudiées au sein de la Politique scientifique fédérale et donc aussi du sommaire de ce numéro.

Je vous souhaite une très agréable lecture.



Dr Philippe METTENS
Président du Comité de Direction



Dr. Philippe Mettens

Le ministre de la Politique scientifique *booste* les chercheurs en Belgique

Si je prends la plume aujourd'hui, c'est que je souhaite vous faire part brièvement de la feuille de route de la Belgique vers une économie de la connaissance performante, dans le droit fil de la stratégie de Lisbonne.

Où se situe notre pays par rapport à l'objectif de Barcelone qui vise à atteindre un niveau de dépenses de R&D de 3 % du PIB d'ici 2010 ?

La Belgique est actuellement en dehors du peloton des leaders de l'économie de la connaissance européenne, loin derrière le peloton de tête mondial constitué des pays scandinaves, du Japon et des Etats-Unis.

Les derniers chiffres laissent apparaître, pour 2002 et 2003, un effritement de la compétitivité de notre pays en matière d'investissements en R&D. C'est le cas en particulier pour les investissements du secteur privé qui, tout en restant légèrement au-dessus de la moyenne européenne (en % du PIB), marquent une régression significative.

Au niveau du gouvernement fédéral, qui représente 29,63% des crédits budgétaires publics de R&D en 2003, l'évolution est apparemment à la stagnation. Néanmoins, ces chiffres (tout comme ceux des dépenses de R&D montrant notre éloignement de l'objectif de Barcelone) ne tiennent pas compte des incitants fiscaux mis en place en 2003, lesquels ne sont pas inscrits en crédits budgétaires (il s'agit en effet de dépenses fiscales). La situation en termes de crédits budgétaires ne traduit donc pas la réalité de nos importants efforts à ce niveau. De plus, les initiatives prises récemment par le gouvernement et sur lesquelles je vais revenir (infra) doivent, malgré ce handicap, relancer une courbe positive à partir de cette année.

Au niveau des entités fédérées, la Communauté flamande et la Région de Bruxelles-capitale augmentent leur part, au contraire de la Communauté française et de la Région wallonne ; toutefois, ces dernières entités viennent de décider de mesures importantes qui doivent également orienter leurs efforts à la hausse.

Dès lors, en ce qui concerne les objectifs européens de porter les dépenses intérieures de R&D à 3% du PIB à l'horizon 2010, la tâche s'avère aujourd'hui plus que périlleuse même si de nombreuses mesures ont été prises à tous les niveaux de pouvoir pour inverser cette tendance.

La question plus que jamais d'actualité est donc : qu'avons-nous fait et que devons nous faire pour relever le défi ?

Il est devenu indispensable d'améliorer radicalement les conditions financières des investissements privés de R&D. La compétitivité de notre pays en matière d'investissements de R&D postule que des mesures structurelles doivent être prises pour diminuer le coût des chercheurs.

C'est pourquoi le gouvernement a décidé de mettre en place des mesures fiscales en faveur des chercheurs, de lancer le Fonds des Idées, de prévoir le statut des *Young Innovative Companies* et le nouveau système des primes à l'innovation.

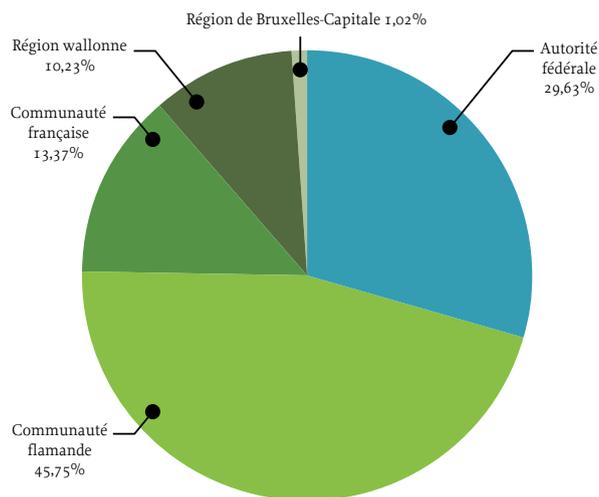
Mesures fiscales en faveur des chercheurs

Il faut souligner que depuis 2002, des mesures fiscales ont déjà été prises pour diminuer le coût des chercheurs publics (universités, hautes écoles et institutions scientifiques reconnues) grâce à l'exonération de 50% du précompte professionnel. Dès lors, mon objectif consiste à étendre cette mesure aux cher-

Comparaison internationale des dépenses intérieures brutes de R&D en % du PIB.

Pays	2000	2001	2002	2003
Belgique	2,00	2,11	1,99	1,92
Allemagne	2,49	2,51	2,53	2,55
France	2,18	2,23	2,26	2,18
Royaume-Uni	1,86	1,87	1,90	1,89
Pays-Bas	1,90	1,88	1,80	
Suède		4,27		3,98
Finlande	3,40	3,41	3,44	3,49
Union européenne (15)	1,89	1,92	1,95	1,95
Etats-Unis	2,72	2,73	2,66	2,60
Japon	2,99	3,07	3,12	3,15

Source: CFS/STAT et Politique scientifique fédérale (2005) pour les chiffres de la Belgique et OCDE (2005) pour les chiffres des autres pays.



Ventilation des crédits budgétaires publics de R&D par autorité en 2003

Source: Commission de coopération fédérale, Groupe de concertation CFS/STAT; calculs Politique scientifique fédérale, 2005.

cheurs participant à des activités de recherche et de développement dans les entreprises.

Ainsi, à côté de la mesure de partenariat entre le secteur privé et le monde académique entrée en vigueur le 1^{er} octobre 2005, une mesure vient d'être prise au niveau du gouvernement qui vise à accorder à partir du 1^{er} janvier 2006 une dispense du précompte professionnel à concurrence de 25% (qui pourra être portée à 50%) aux entreprises qui paient ou attribuent des rémunérations à des chercheurs qui ont un diplôme de docteurs en sciences appliquées, en médecine ou en médecine vétérinaire ou d'ingénieurs civils et qui sont engagées dans des programmes de R&D. Il s'agit d'une première étape pour aboutir en 2010 à accorder une dispense partielle du précompte professionnel à l'ensemble des travailleurs de la recherche soit plus de 30.000 personnes en Belgique.

Il faut éviter d'opposer les secteurs public et privé car les métiers ont des spécificités et poursuivent des objectifs de recherche qui leur sont propres. Il faut au contraire penser la recherche universitaire et en entreprise en termes de continuité, de complémentarité et de synergie.

Je tiens tout de même à signaler que l'année 2006 sera la première année complète voyant cohabiter les avantages fiscaux octroyés au secteur public et aux chercheurs privés. L'ensemble des dépenses fiscales ou des diminutions de recettes consenties par le gouvernement atteindra ainsi près de 110 millions d'euros... et cela sans oublier le caractère récurrent de ces mesures fiscales, ni leur effet « boule de neige ».

Fonds des idées

Avant les vacances d'été, le gouvernement a décidé de dégager un budget de 150 millions d'euros pour la mise en place d'un Fonds des idées.

Ce budget apporté par le gouvernement fédéral doit permettre, avec les efforts régionaux et privés complémentaires, d'injecter près de 300 à 400 millions d'euros dans la création d'entreprises innovantes et le financement de projets porteurs de croissance économique et d'emplois.

C'est une première réponse à l'appel lancé pour relancer structurellement le processus de l'innovation dans notre pays et pour pallier les insuffisances de l'offre en capital à risque pour les bons projets à développer dans ce secteur.

Young Innovative Company

Le statut de « Jeune société innovante » peut faire de l'Europe la place la plus attractive pour les entrepreneurs et les investisseurs. La France a été le premier pays à adopter cette mesure et les retombées socio-économiques attendues en termes de création d'emplois et d'entreprises y sont particulièrement encourageantes.

A partir du 1^{er} juillet 2006, l'exonération de 50% du précompte professionnel pour tout le personnel de la recherche de ces entreprises (soit les chercheurs, les techniciens de recherche et les gestionnaires de projets de R&D, à l'exclusion du personnel administratif et commercial).

Le texte de ces nouvelles dispositions a d'ores et déjà été approuvé par le gouvernement à la suite de l'élaboration du budget 2006 et sera intégré dans le projet de loi relatif au pacte de solidarité entre les générations qui va prochainement être déposé devant le parlement.

Primes à l'innovation (Primes uniques d'innovation)

J'en arrive ainsi au dernier volet des mesures lancées par le gouvernement pour booster l'innovation dans notre pays, à savoir les primes à l'innovation.

Lancé à titre expérimental pour une année à partir de 2006 dans la foulée de l'accord interprofessionnel 2005 - 2006, ce système unique en Europe de primes à l'innovation va encourager la dynamique et la culture de l'innovation dans nos entreprises privées, via un système d'exonération fiscale et parafiscale (sécurité sociale) particulièrement attractif.

Les primes à l'innovation doivent reposer sur un renouvellement ou une nouveauté prenant une forme concrète au sein de l'entreprise, comme le développement d'un prototype, par exemple. L'innovation en elle-même ne peut pas être issue de la demande d'un client mais doit provenir d'une idée spontanément lancée par un travailleur.

La prime ne peut pas venir en remplacement d'un salaire et des limites sont fixées concernant son montant (maximum un mois de salaire brut) et le nombre de ses bénéficiaires (selon la taille de l'entreprise).

Ce système est une véritable première en Europe, une véritable innovation, et bien qu'il s'agisse d'un système expérimental mis en place pour la seule année 2006, nous espérons bien qu'il sera couronné de succès afin de pouvoir la reconduire.

C'est un véritable pari sur une nouvelle culture de l'innovation que nous devons gagner ensemble, en synergie, entreprises et pouvoirs publics, pour la croissance de notre économie et la création d'emplois.

Marc Verwilghen

Il est recommandé d'élargir dès que possible la mesure de réduction du précompte professionnel aux titulaires d'un doctorat et aux ingénieurs civils.

L'or blanc du Congo

ou le printemps éphémère de la sculpture chrysléphantine en Belgique aux alentours de 1900

Le passé colonial de la Belgique est bien inscrit dans la mémoire collective. Ce que l'on connaît moins, par contre, c'est l'énorme influence que la colonisation a exercée sur les arts décoratifs belges. Ainsi, on sait peu que l'Art Nouveau, qui connut son âge d'or aux alentours de 1900, était populairement appelé « Style Congo ». Celui-ci atteignit avec la sculpture chrysléphantine un apogée éphémère et passé inaperçu.

Le terme chrysléphantine est une contraction des mots grecs *Χρύσεος* et *ελεφάντινος*, qui signifient respectivement « en or » et « en ivoire ». Dans l'Antiquité classique, cette technique connut son heure de gloire avec la représentation par Phidias du dieu suprême Zeus, une des sept

merveilles du monde. En Europe et surtout dans nos régions, le travail de l'ivoire, non combiné avec le métal, connut une dernière période florissante au XVII^e siècle avec Duquesnoy, Faydherbe, Van Opstal et la famille Pompe. Le réveil de la dernière décennie du XIX^e siècle fut un phénomène artificiel. C'est en effet la politique coloniale menée par Léopold II auprès du peuple belge pour l'intéresser à sa colonie privée qui insuffla une nouvelle vie à la sculpture chrysléphantine.

Quand, en 1885, le parlement belge reconnut l'État indépendant du Congo - avec Léopold II comme souverain unique -, l'exploitation des richesses naturelles du domaine acquis démarra. Des investissements furent faits dans

*Fernand Dubois,
Coffret de mariage, 1897.
Ivoire, bois du Congo
et bronze argenté
(MRAH, Inv. Sc. 62).*



l'infrastructure de la colonie, jusqu'à ce qu'elle tombe en faillite en 1890, ce qui eut comme conséquence le remplacement d'un système de commerce libre par un régime beaucoup plus lucratif d'exploitation à outrance et de travail forcé. Les premières critiques, qui dénonçaient le flux monétaire vers le Congo, firent place aux plaintes internationales concernant les exactions commises par l'administration coloniale.

À Anvers, les activités commerciales coloniales s'intensifièrent tellement qu'à partir de 1891, la métropole devint la plaque tournante mondiale des marchandises congolaises : l'ivoire, le caoutchouc et les produits dérivés des palmes. Dans les premières années, l'ivoire était le produit colonial le plus important, mais à partir de 1895, il fut dépassé par le caoutchouc, dont le commerce a explosé suite à l'invention de la chambre à air. La première cargaison de défenses, débarquée en 1888, fut vendue de main à main comme à Liverpool ou Londres. À partir de 1889, des ventes publiques furent organisées. Le commerce de l'ivoire augmenta à Anvers d'un petit 6 tonnes en 1888 à plus de 273 tonnes en 1895. Ces quantités, pour lesquelles environ trois mille éléphants étaient tués chaque année, étaient si impressionnantes que des articles paraissaient régulièrement sur les risques de disparition de ces pachydermes. La valeur de la défense dépendait de sa taille et de sa forme. Lors de l'achat, elles étaient divisées en trois groupes : les grandes (> 25 kg.), les moyennes et les petites (< 18 kg.). Les défauts (cassures, fissures ou maladies de dents) avaient également un impact important sur leur valeur commerciale.

L'ivoire africain, qui était séparé en trois grands groupes, à savoir l'ivoire vert (Gabon), l'ivoire blanc (Abyssinie, Mozambique et Zanzibar) et l'ivoire blanc-vert (Congo et Soudan) se distingue de l'ivoire asiatique par la grandeur considérable de la défense (jusqu'à 2 m.), sa structure plus solide et le fait qu'il jaunit moins vite à la lumière.

Au XIX^e siècle, l'ivoire fut largement utilisé dans la production de bibelots et d'objets d'usage courant, comme des boîtes à tabac, des brosses à dents, des pinces à cheveux et des peignes. Les boules de billard étaient également faites en ivoire, ainsi que les touches de piano. Dans le domaine de la sculpture, l'ivoire n'était encore que peu utilisé. Après un épanouissement certain à la fin du XVI^e et au début du XVII^e siècle, cette tradition disparut au XVIII^e siècle suite à l'arrivée de matériaux meilleur marché, comme la porcelaine, permettant la production de masse. Dans les nombreuses manufactures de porcelaine d'Europe, les tailleurs d'ivoire étaient souvent uniquement recrutés comme créateurs de modèles. Des ateliers de sculpture de l'ivoire continuaient certes à exister en Allemagne et en France, grâce à l'impulsion de la noblesse. Dans ce dernier pays, ils étaient le plus souvent dirigés par des orfèvres faisant autorité qui fabriquaient de manière



sporadique des sculptures chrysléphantines, imprégnées de nostalgie pour la sculpture antique. Il ne s'agissait donc clairement pas d'un genre artistique vivant. L'épanouissement de la sculpture chrysléphantine chez nos voisins aux alentours de 1900 jusqu'à la fin de la période Art Déco est dû à une impulsion venue de Belgique.

Charge d'ivoire dans le dépôt de la Compagnie Belge Maritime du Congo à Anvers, vers 1900.

La figure-pivot en fut Edmond van Eetvelde, secrétaire d'État de l'État indépendant du Congo depuis 1891. Il informa les sculpteurs de l'énorme quantité d'ivoire africain qui était transportée vers Anvers. À la condition qu'ils le taillent en des créations artistiques pour les exposer à l'exposition universelle d'Anvers en 1894, l'État indépendant du Congo offrit en 1893 les plus belles défenses aux artistes intéressés. Bien qu'il s'agissait là d'une manœuvre politique pour promouvoir les richesses du Congo auprès du peuple belge, cette initiative de réhabilitation de « la matière que les Phidias employaient à faire resplendir les seins des Junon et les torses des Jupiter »¹ fut applaudie par la presse et le public. En 1894, seul un petit nombre de sculpteurs répondit à l'offre de Van Eetvelde, mais le même appel pour l'Exposition coloniale de Tervuren en 1897 déboucha sur un événement grandiose. Plus que celle d'Anvers, l'exposition de 1897 était vue comme une chance unique de répondre aux campagnes qui véhiculaient une image de plus en plus négative de la politique coloniale. C'est pourquoi quatre architectes Art Nouveau (Paul Hankar, Georges Hobé, Gustave Serrurier-Bovy et Henry van de Velde) furent désignés pour concevoir la décoration de cinq salles thématiques. La première salle, le prestigieux *Salon d'honneur*, rendait un hommage aux richesses naturelles congolaises : ivoire, bois, pierres et métaux précieux. Ces matières premières étaient présentées au



1 E. DEMOLDER, *La Sculpture d'Ivoire*, in *L'Art Moderne*, 14^e année, n°22, 1894, p.173.



Philippe Wolfers, *Civilisation et Barbarie*, 1897 - 1898. Ivoire, argent et onyx (Fondation roi Baudouin en dépôt aux MRAH).

Philippe Wolfers, *l'Album Congolais*, 1897-98. Ivoire, argent, bronze, or, pierres précieuses, perles, émail, pékari. (Musées royaux d'art et d'histoire, inv. Sc. 188.1.1.).

Le salon d'honneur de l'Exposition coloniale de Tervuren en 1897 (MRAH).

travers d'un ensemble de plus de 80 sculptures chrysléphantines réalisées par 39 artistes belges.

La pièce la plus prestigieuse de cette salle aux trésors, *In hic signo vinces*, une création de Charles Van der Stappen, était destinée à servir de premier prix à une loterie. Les qualités esthétiques de l'œuvre incitèrent de nombreux journalistes à rédiger des comptes-rendus détaillés. Néanmoins, c'est d'avantage la valeur vertigineuse de l'objet qui enflamma les imaginations. Les pierres précieuses qu'elle contenait équivalaient à la somme de 100.000 francs belges de l'époque². À côté des bijoux qui paraient l'épée de la silhouette, c'était surtout le diamant noir placé dans la gueule du dragon comme symbole d'ensorcellement et de malheur qui était exceptionnel. D'importantes mesures de sécurité furent prises lorsque la sculpture fut transportée à Tervuren. La qualité esthétique d'une autre œuvre que Van der Stappen exposa, *Le Sphinx mystérieux*, convainquit l'État indépendant du Congo de passer immédiatement à l'achat, malgré le prix très élevé demandé. La virtuosité avec laquelle l'artiste avait réussi à mêler dans cette œuvre l'argent et l'ivoire fut considérée par les critiques d'art comme exceptionnelle. Les autres chef-d'œuvres de la sculpture chrysléphantine étaient *l'Allegretto* de Julien Dilens, déjà exposé à Anvers en 1894, *Vers l'infini* de Pierre Braecke, *Le Coffret de mariage* de Fernand Dubois et *La Caresse du cygne*, une pièce dans laquelle l'orfèvre Philippe Wolfers releva le défi d'intégrer une défense complète.

À travers l'exposition de Tervuren, l'industrie coloniale allait au devant de son âge d'or. Van Eetvelde fut considéré comme l'homme par qui était arrivé le succès. Une immense fête fut organisée en son honneur par le monde industriel le 29 septembre 1897 dans le parc du Cinquantenaire. Plus de 700 personnes étaient invitées. Van Eetvelde reçut en cadeau une sculpture chrysléphantine commandée auprès de Wolfers, *Civilisation et Barbarie*. L'œuvre, dans laquelle le cygne d'argent (la civilisation) et le dragon (la barbarie) se battaient pour la possession d'un lys (la pureté), était taillée dans un mor-

² En 1900, un travailleur bruxellois gagnait environ 2 à 3 francs de l'époque par jour.



ceau de défense en ivoire et entourée d'une enveloppe d'argent renfermant un parchemin roulé contenant un éloge en faveur de Van Eetvelde signé par tous les souscripteurs. Léon de Béthune, qui joua, en coulisses, un rôle important dans la réussite de l'exposition, fut également récompensé par un cadeau commandé chez Wolfers : *l'Album congolais*. Cet album contenait 22 photos originales de l'exposition de Tervuren. La couverture, travaillée comme un vrai bijou en ivoire, argent, or et bronze, et ornée de pierres précieuses et de perles symbolise la même conception que *Civilisation et Barbarie* : la colonisation belge projetant sa lumière civilisatrice sur l'Afrique obscure et barbare.

Malgré les louanges publiées par la presse internationale au sujet de l'initiative belge, l'exposition de 1897 signifia le chant du cygne de la sculpture chrysléphantine dans notre pays. Après 1897, les artistes devaient payer cher pour acquérir des défenses. Outre le prix, c'étaient surtout les techniques spécifiques qu'exigeait l'art de l'ivoire qui constituaient la pierre d'achoppement. Un sculpteur perdait beaucoup dans une défense. En effet, seule la pointe est utilisable pour une sculpture pleine. Le reste de la



dent, creuse, pouvait seulement être utilisée pour des reliefs. Comme l'ivoire est plus facile à travailler lorsqu'il est humide, il était conservé pendant le maniement dans un linge imbibé d'une solution salée. On le coupait dans le sens des nerfs avec des lames d'acier tranchantes, pour prévenir les fissures et on le polissait avec une étoffe de laine.

Toujours pendant l'exposition de 1897, le sculpteur Fernand Dubois envoya une note détaillée à Van Eetvelde dans laquelle il mettait sur le tapis le problème du travail de l'ivoire chez les sculpteurs belges. Seuls quelques artistes maîtrisaient la technique, la majorité d'entre eux était condamnée à faire exécuter sa création dans des ateliers d'ivoire à Paris, parce qu'il n'existait pas pareil atelier en Belgique. C'est pourquoi il plaidait pour la fondation d'une école dans laquelle on enseignerait les techniques spécifiques. La note fut classée à la verticale...

Werner Adriaenssens

Repères

- 1997
Licencié en Histoire de l'art et archéologie (Vrije Universiteit Brussel)
- 1998 – 2000
Musées royaux d'art et d'histoire: gestionnaire du projet « Arts décoratifs belges de la première moitié du XX^e siècle » & conservateur ff de la section des tapisseries et textiles
- Depuis 2000
Musées royaux d'art et d'histoire: Conservateur de la section des arts décoratifs, industries d'art et arts graphiques du XX^e siècle



Charles Van der Stappen, Sphinx mystérieux, 1897. Ivoire et argent. (Musées royaux d'art et d'histoire, Inv. Sc. 73).



Pierre Braecke, Vers l'infini, 1897. Ivoire et bronze. (Musées royaux d'Art et d'histoire, inv. Sc. 61).



Aux sources des Primitifs flamands
la peinture pré-eyckienne

Les Primitifs flamands jouissent d'une réputation internationale. Les plus grands musées du monde se targuent de posséder des œuvres de Jan Van Eyck, de Rogier Van der Weyden, d'Hugo Van der Goes, de Hans Memling ou de Jérôme Bosch. Ces peintres possédaient un talent exceptionnel et leurs conceptions novatrices furent à l'origine d'une révolution picturale qui agita les Pays-Bas méridionaux avant de gagner l'ensemble de l'Europe. À l'heure actuelle, leurs œuvres sont étudiées dans toutes les universités du monde et font l'objet d'un domaine de recherche à part entière.

Pourtant, la peinture qui les précède directement, à la fin du XIV^e et au début du XV^e siècle, est très mal connue. Les quelques témoins de cet art, qu'on appelle généralement la « peinture pré-eyckienne », sont extrêmement rares. Seules quelques études, souvent superficielles, leur ont été consacrées, avec des résultats et des conclusions souvent divergents. Cependant, c'est peut-être là que réside la clé d'un problème qui garde tout son mystère : l'origine de l'art des Primitifs flamands et de son naturalisme, tant célébré par la critique.

Un projet multidisciplinaire

En 2003, l'Institut royal du patrimoine artistique (IRPA) a lancé un programme de recherche qui prévoit l'exploration systématique des peintures sur panneau des environs de 1400 à l'aide des moyens techniques les plus modernes. Dans un premier temps, les chercheurs ont dressé le bilan des études publiées à ce jour, tout en réalisant un inventaire des pièces à étudier. La liste comprend jusqu'à présent une trentaine d'œuvres conservées dans des collections belges et étrangères, nombre limité, c'est vrai, mais qui cache une grande diversité d'objets : petits reliquaires en forme de coffre ou de châsse, retables, tableaux de dévotion de types très variés, panneaux indépendants, tondo, diptyque, triptyque, voire quadriptyque. La forme et le format répondent à la destination et à la fonction de l'œuvre, du petit joyau facilement manipulable au retable monumental.

En raison de ce petit nombre, les œuvres conservées doivent être minutieusement comparées à des objets issus d'autres disciplines artistiques, pour que puisse être reconstruit, de façon aussi précise et détaillée que possible, le réseau de relations qui les unit. Dans ce but, toutes les approches modernes utilisées par les historiens d'art sont mises à contribution. La méthode « classique » cherche à établir leur signification. Elle comprend l'étude de la tradition iconographique, de la typologie des compositions et des motifs, de la symbolique, du style, des commanditaires et de la fonction originelle de l'œuvre, replacée dans le contexte plus large dont elle est issue.



Le dessin sous-jacent – qui n'était pas destiné à être vu, mais que les techniques de la photographie et de la réflectographie à l'infrarouge permettent de déceler – nous rapproche du moment de la genèse de l'œuvre, en nous montrant comment l'artiste a conçu, modifié et remanié ses compositions. La radiographie est d'un grand secours pour examiner le support et les couches picturales, ainsi que les lacunes et les surpeints. La dendrochronologie mesure les anneaux de croissance du support de bois et peut dès lors être d'une aide précieuse pour la datation approximative de l'œuvre. Le microscope stéréoscopique révèle toute la richesse des matériaux et la diversité des techniques utilisées. Les analyses de laboratoire se focalisent sur l'étude des pigments et des liants, dans l'espoir de découvrir des données nouvelles qui expliqueront l'exceptionnelle variété des qualités optiques de ces panneaux – caractéristique de la peinture du XV^e siècle. La maîtrise acquise par les Primitifs flamands ne peut s'expliquer que par une longue tradition d'expérimentation technique dont, sans aucun doute, on retrouve les prémisses dans les peintures de leurs prédécesseurs.

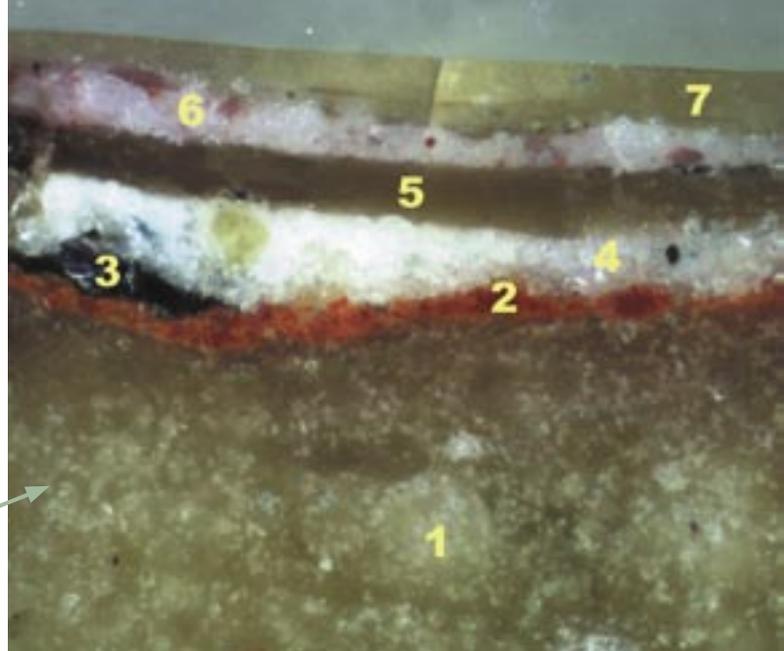
Un nœud gordien

Divers facteurs compliquent singulièrement la recherche. Il est particulièrement malaisé de définir avec précision le champ d'investigation, que ce soit sur le plan géographique ou chronologique. Il faut dire que les souverains régnaient sur des territoires disparates, à géométrie variable, que les artistes itinérants se constituaient leurs propres réseaux de relations et que les modèles

Melchior Broederlam et Jacques de Baerze, Retable de la Passion, ca 1392-1399. – Dijon, Musée des beaux-arts. A gauche, volet droit, La fuite en Égypte, détail : Joseph ; ci-dessus, volet gauche, l'Annonciation et la Visitation.



Châsse de sainte Ursule,
ca 1400-1415. – Bruges,
Memlingmuseum,
Sint-Janshospitaal.
Ensemble, détail et coupe
stratigraphique.



artistiques circulaient eux aussi, par le biais de carnets d'esquisses, enfin, que de nombreux projets prestigieux de construction et de décoration attiraient des artistes de tous pays.

La production artistique à la charnière des XIV^e et XV^e siècles est dominée par le phénomène du « style international », un courant qui n'était pas limité à des frontières et donnait le ton à la cour de tous les souverains européens. Il ne faudrait pas pour autant négliger la puissance et l'influence des traditions régionales, car même si elles se développent au même moment, ces différentes expressions artistiques sont, vers 1400, très diversifiées. Une esthétique commune existe, mais pas au point que l'on puisse la qualifier d'uniforme. Il n'est pas aisé de définir avec précision les accents locaux et de les distinguer des caractéristiques générales et des modes d'expression stéréotypés. Dès lors, certaines œuvres ont été localisées dans les centres de production européens les plus éparés. Un problème connexe naît de la rareté des

Quadriptyque Anvers-
Baltimore,
ca 1400. – Anvers, Museum
Mayer van den Bergh.
Détail du volet
de la Nativité.



éléments de comparaisons issus des autres disciplines artistiques, qui bien souvent sont d'ailleurs eux-mêmes tout aussi difficiles à dater et à localiser avec précision, et n'offrent par conséquent que des points d'appui tout relatifs.

Pratiquement aucun panneau pré-eyckien n'a pu être rattaché au nom d'un artiste. La seule exception est Melchior Broederlam. Né à Ypres vers 1350, il fut d'abord peintre de cour de Louis de Male, d'avril 1381 à janvier 1384. Il entra ensuite au service du duc de Bourgogne Philippe le Hardi, jusqu'à son décès en 1404. Broederlam est l'auteur des volets extérieurs du monumental *Retable de la Passion* (Dijon, Musée des beaux-arts), que Jacques de Baerze avait réalisé en 1391 pour le duc, se chargeant aussi de la polychromie des sculptures intérieures. Les peintures des volets – *l'Annonciation*, *la Visitation*, *la Présentation au temple* et *la Fuite en Égypte* – sont les seules peintures figuratives du peintre que nous ayons conservées. Sur les plans technique et esthétique, elles sont de la plus haute qualité, même si elles ne sont probablement pas représentatives de l'ensemble de la production peinte vers 1400.

Des états de conservation très variables

Tous les panneaux pré-eyckiens ne sont pas parvenus à nous dans le même état. Une œuvre aussi bien conservée que le *Retable-tourelle* du Musée Mayer van den Bergh d'Anvers est exceptionnelle. Il a suffi d'un nettoyage de surface pour rendre à la peinture son éclat original. D'autres œuvres ont été entièrement restaurées, selon des principes qui ne sont pas toujours conformes aux normes en vigueur à l'heure actuelle. Ainsi, le *Retable des tanneurs* (Bruges, église Saint-Sauveur) a été repeint en certains endroits, qui présentent des imitations de craquelures. La radiographie de la *Châsse de sainte Ursule* a révélé de nombreux surpeints, ainsi que la décoration originale de rinceaux cachés sous une épaisse couche de fond rouge. La *Sainte Anne trinitaire* de Neerlanden (église Sainte-Madeleine) était presque entièrement sur-



Triptyque Norfolk, ca. 1415-1420. – Rotterdam, Museum Boijmans Van Beuningen.

peinte. La restauration effectuée à l'IRPA a permis de revenir à l'état originel, malheureusement fortement abîmé. De sorte qu'une comparaison stylistique approfondie avec d'autres peintures contemporaines est devenue quasi impossible. Il devait toutefois s'agir d'un exemplaire de qualité, d'une exécution raffinée, mettant en œuvre différentes techniques comme les reliefs appliqués, l'incrustation de pierres précieuses et de pâte de verre.

Dans certains cas, la méconnaissance de l'importance du patrimoine culturel a laissé des traces. Si, par exemple, le *Panneau de Kortesseem*, est incomplet, c'est parce que la peinture a été rabotée en plusieurs endroits pour que la planche puisse servir de dessus à une armoire. L'une des scènes de droite a totalement disparu. Les deux *Panneaux de Walcourt* (Namur, Musée des arts anciens du namurois) ont servi de portes à une armoire à vêtements liturgiques. Il s'agit probablement des volets d'un retable, avec des représentations de l'Annonciation et de la Visitation, qui furent sciés sur plus d'un tiers de leur largeur, laissant d'importantes lacunes, surtout dans la Visitation.

D'ingénieux techniciens du beau

Dans nos régions, la peinture sur panneaux des années 1400 est protéiforme. Toute la gamme du savoir-faire artistique y trouve à s'exprimer, des techniques les plus rudimentaires aux plus subtiles. D'un côté, des commandes de prestige liées à la Cour, de l'autre, des œuvres plus modestes, destinées à des communautés religieuses ou à des commanditaires privés. Tous ces facteurs déterminent dans une large mesure la forme et l'exécution des objets. Certains chefs-d'œuvre témoignent d'une imagination, d'un raffinement et d'une sensibilité esthétique hors pair.

Ces peintures font encore largement écho à l'esthétique de l'orfèvrerie, avec des figurations quasi émaillées se détachant sur des fonds d'or décorés de motifs poinçon-

nés. Les matériaux mis en œuvre sont cachés, ennoblis, sublimés. Le produit fini peut être considéré comme un ersatz, non pas dans l'acception péjorative du terme, mais en ce qu'il donne l'illusion d'un authentique objet précieux. De petites pièces de ce type sont d'ailleurs fréquemment citées dans les inventaires de *preciosa* des souverains de cette époque.

La gamme des moyens techniques utilisés pour atteindre ce niveau d'illusionnisme, avant même que les possibilités offertes par la peinture à l'huile ne soient pleinement développées, est stupéfiante. À une époque où la peinture « moderne » se cherchait encore, il y a plus de 600 ans, le métier ne se limitait pas à réaliser une composition à l'aide d'une pointe d'argent et d'un pinceau. On attendait du peintre de métier qu'il utilise, de façon créative et professionnelle, toute une gamme de matériaux et de techniques.

Le *Retable de la Passion* de Melchior Broederlam n'était pas uniquement un assemblage de panneaux de bois préparés selon les règles de l'art : ceux-ci étaient également recouverts d'une fine toile, un support intermé-



dière sur lequel la couche de fond proprement dite était appliquée. Dans d'autres œuvres, comme par exemple le célèbre *Triptyque Wilton*, la peinture était appliquée sur un morceau de parchemin collé sur le panneau. L'étude du dessin sous-jacent montre que Broederlam a conçu ses architectures à l'aide d'un compas et d'une règle. Certains motifs et certaines zones étaient gravés dans la préparation afin de les distinguer clairement des parties à peindre. Tout ce qui devait représenter du métal, de même que les fonds et les cadres, était d'abord recouvert d'or ou d'argent à la feuille. L'or était ensuite travaillé au poinçon, une pointe de métal d'épaisseur variable qui permettait de graver ou d'estamper des motifs dans la feuille de métal sans en abîmer la surface. Grâce à cette technique, il était possible d'obtenir de superbes motifs de rinceaux, de fleurs, d'étoiles... ainsi que différents effets de lumière.

Les fonds d'autres œuvres, comme le *Retable des tanneurs*, n'étaient pas pourvus d'une décoration au poinçon, mais de motifs en relief appliqués au pinceau. Des étoffes précieuses (soie, brocarts...) pouvaient être imitées en dessinant les motifs directement sur l'or ou, selon la technique du *sgraffito*, en les grattant d'un fond d'or préalablement recouvert de peinture, ou encore par collage de motifs préfabriqués. Dans le *Triptyque de la Trinité* de Berlin et le *Triptyque Norfolk* de Rotterdam, un effet de relief a été gravé dans la couche de préparation, avant que la feuille d'or n'ait été appliquée. Broederlam se chargea aussi de la polychromie des architectures et des sculptures de l'intérieur du retable, réalisées par Jacques de Baerze. Dans la *Châsse de sainte Ursule*, les figures peintes et sculptées sont même intégrées dans une surface unique.

Les rosettes du *Triptyque Norfolk* ont été clouées sur l'encadrement. Dans les *Panneaux de Walcourt*, elles sont peintes en trompe-l'œil. À nouveau, il s'agit là de l'imitation d'une technique propre à l'orfèvrerie.

La réalité et l'artifice restent, à cette période, étroitement imbriqués. La représentation de l'espace et du volume, de postures et d'attitudes chargées d'émotions, qu'affectent des personnages en interaction, sont au centre des expériences menées par les peintres, sans que ceux-ci ne renoncent toutefois entièrement aux anciens schémas formels, décoratifs et souvent abstraits. D'œuvre en œuvre, la balance peut pencher d'un extrême à l'autre. Celles qui apparaissent comme les plus progressistes accordent une attention nouvelle à la réalité quotidienne, un véritable tournant dans l'histoire de la peinture, qui répercute un changement profond dans la conscience humaine : le souci, plus présent que jamais, de se définir soi-même, tout en précisant sa place dans le monde. Les maîtres flamands des générations suivantes

exploiteront ces formes d'expression naturalistes dans le sens d'un raffinement toujours plus grand.

L'objectif du programme mené à l'IRPA est de rendre compte de cette variété et de cette richesse picturale de la façon la plus nuancée possible afin de lui rendre la place qu'elle mérite dans l'histoire de l'art.

**Cyriel Stroo/ Dominique Vanwijnsberghe
Dominique Deneffe / Famke Peeters
et Wim Fremout**



Le projet « Étude scientifique de la peinture pré-eyckienne » a été lancé à l'initiative de l'IRPA dans le cadre d'une action d'impulsion à la recherche dans les Établissements scientifiques fédéraux.





Eurêka, l'autre Europe de la recherche

Eurêka a vingt ans. Son succès ? Une approche décentralisée qui débouche sur des applications rapides.

Quel est le rapport entre la norme GSM, les commandes d'entraînement des TGV et le futur logiciel que l'on trouvera bientôt à bord de toutes les voitures européennes ? Réponse : ce sont trois technologies qui ont été développées dans le cadre de programmes Eurêka, dont on vient de fêter les vingt ans d'existence. Lancé par la France et l'Allemagne en 1985, le réseau intergouvernemental Eurêka a été mis sur pied pour soutenir des coopérations transfrontalières entre entreprises et instituts de recherche européens. A l'époque, la coopération industrielle et scientifique entre pays européens a le vent en poupe, avec les succès enregistrés par Airbus, Ariane ou le CERN. Il était donc logique d'appliquer une formule similaire pour la recherche et l'innovation tech-

nologique d'autant qu'il y a vingt ans, la Communauté européenne n'avait, de son côté, guère de compétences en la matière. Eurêka se présentait comme une réponse au « paradoxe européen », selon lequel malgré des universités à la pointe du progrès, les connaissances restent trop sous-exploitées sur le Vieux continent. Un des objectifs était également d'éviter que les cerveaux européens et le meilleur du potentiel de recherche des entreprises du Vieux continent prennent le chemin de l'étranger, à une époque où les Etats-Unis venaient de lancer leur fameux programme d'Initiative de défense stratégique (la « Guerre des Etoiles »).

Eurêka va rencontrer un grand succès auprès des entreprises durant les premières années, notamment dans le domaine de la microélectronique. Il faut dire que l'initiative se singularise par une approche pragmatique, décentralisée et proche du marché : ce sont les entrepri-



C'est grâce à Eurêka que la norme GSM a été développée.



Les « clusters » réunissent bon nombre d'acteurs et investissent dans l'industrie de l'électronique.

© Belpress

En 20 années, Eurêka aura au total soutenu plus de 2.600 projets d'une valeur de près de 22 milliards d'euros impliquant environ 10.000 participants.

ses et les partenaires industriels qui sont encouragés à se regrouper pour conduire des projets susceptibles de trouver des applications commerciales rapides.

Toutefois, en 1994, les premiers signes d'essoufflement se font sentir : le nombre de participants chute, certains Etats se désengagent, l'argent se fait plus rare et les projets s'orientent de plus en plus sur le court terme. En 1999, les Etats membres décident de redynamiser Eurêka, qui commence à faire pâle figure avec le programme-cadre de recherche géré par la Commission européenne, qui est né plus ou moins en même temps qu'Eurêka, mais dont les financements sont revus à la hausse à chaque révision des perspectives financières de l'Union européenne. Plusieurs améliorations vont ainsi être apportées, notamment l'abandon de la règle de l'unanimité. L'initiative retrouve des couleurs : en 20 années, Eurêka aura au total soutenu plus de 2.600 projets d'une valeur de près de 22 milliards d'euros impliquant envi-

ron 10.000 participants. En Belgique, Eurêka finance actuellement 66 projets en cours (sur un total de 672), qui représentent un montant de 60,3 millions d'euros et concernent 107 acteurs.

Eurêka, qui regroupe 36 membres (dont la Russie et Israël), et le programme-cadre communautaire se révèle finalement assez complémentaires, notamment par rapport à l'objectif des Etats européens de consacrer 3% du PIB en 2010 à la recherche. Si le second travaille à partir du haut, avec une définition des secteurs et l'organisation d'appels à propositions, Eurêka n'impose pas au contraire de priorités de recherche.

Il repose sur l'initiative des entreprises et des laboratoires, ce qui permet davantage de souplesse. Ce sont les partenaires qui déterminent quelle technologie ils souhaitent développer. La flexibilité de l'approche permet notamment de réagir rapidement aux évolutions du marché.

Depuis plusieurs années, des possibilités de synergie entre Eurêka et le programme-cadre sont à l'étude. La Commission européenne a ainsi suivi de très près les expériences acquises dans le cadre des « clusters » (voir ci-dessous) pour ses plates-formes technologiques tandis que, de leur côté, les acteurs réclament notamment une harmonisation des procédures de financement et une synchronisation des procédures.

Olivier Gosset

Des « clusters » pour assurer la compétitivité de l'Europe

L'approche Eurêka est basée sur deux piliers : les projets innovants et les « clusters ». Les premiers ont pour ambition de développer des produits prêts à être commercialisés, mais aussi des processus ou des services représentant des progrès significatifs dans leurs secteurs.

Les « clusters » (grappes ou agrégats) quant à eux réunissent une multitude d'acteurs et visent des objectifs à long terme dans des domaines comme les technologies de l'information, l'énergie et la biotechnologie. Ainsi, le « cluster » Medea+ (4 milliards d'euros) spécialisé en micro-électronique a permis à trois sociétés européennes d'intégrer le top 10 mondial des fabricants de puces. Le « cluster » Itea (3 milliards d'euros) concerne pour sa part le secteur des logiciels, et le « cluster » Pidea+ (600 millions d'euros) touche à l'industrie de l'électronique. Un des objectifs des « clusters » est de proposer des standards européens assurant l'interopérabilité entre matériels et applications. Ils sont mis en place dans des domaines où on constate un retard européen ou, à l'inverse, une avance qu'il convient de maintenir, pour assurer ainsi la compétitivité de l'Europe dans certains secteurs.

Afin de garantir la continuité des investissements, les « clusters » sont dotés de crédits substantiels pluriannuels. Des consortiums sont définis, dont les membres acceptent de coopérer dans le domaine défini du consortium. Les partenaires peuvent néanmoins maintenir si nécessaire la concurrence entre eux. Les liens qui se créent de la sorte entre les participants d'un projet sont d'une valeur appréciable et sont parfois tout aussi importants que les projets en tant que tels, souligne-t-on chez Eurêka, en rappelant que certains programmes qui ont été des échecs peuvent mener par la suite à des succès grâce aux relations mises en place.

“Quatre ans après leur lancement, les projets sont sur le marché”

Interview: Michel Vieillefosse, directeur du secrétariat Eurêka

Le point fort d'Eurêka, c'est la réactivité du marché, explique Michel Vieillefosse, le directeur du secrétariat.

Après un passage à vide il y a cinq ans, Eurêka a retrouvé une seconde jeunesse.

Comment se porte Eurêka après vingt ans d'existence ?

M.V. – Il y a plusieurs raisons d'être satisfait. D'abord, on a eu une très bonne année, avec plus de 1,3 milliard d'euros en fonds publics et privés mobilisés pour de nouveaux projets depuis le début de la présidence néerlandaise il y a un an.

Cela veut dire que nos clients proposent d'excellents projets et que les pouvoirs publics sont prêts à les financer. C'est surtout le résultat d'un énorme effort de présentation qui a été fait cet automne, en particulier sur les « clusters » MEDEA+ et ITEA. Ils ont convaincu les autorités publiques d'y mettre de l'argent.

Autre sujet de satisfaction, les pays d'Europe centrale et orientale participent massivement à ces « clusters », ce qui n'était pas le cas les années précédentes.

Beaucoup de PME participent également aux projets des « clusters ». Ce qui est nouveau. Les « clusters » sont fondés au départ par deux ou trois grandes entreprises, qui décident de travailler ensemble sur un projet. Elles définissent une stratégie commune et des objectifs. Les PME apprécient ce genre d'initiative, car elles retrouvent un réseau qui a accès à un marché mondial, ce qui n'est pas leur cas. Quand vous êtes une PME, vous ne pouvez avoir un service commercial en Chine ou en Inde. Ils vous faut chercher des partenaires qui disposent d'un tel réseau. C'est ce qu'Eurêka leur apporte.

Faut-il changer la forme d'Eurêka ?

M.V. – La formule de base est tout simplement géniale. Pour preuve, elle n'a pas bougé depuis le début. Elle a toujours reposé sur l'initiative des entreprises. Il n'y a pas de sujets tabous. C'est à elles de se mettre ensemble.

Ce qui est également fabuleux, ce sont les bureaux nationaux. Chacun parle sa propre langue et conserve sa propre culture. On sous-estime complètement ce problème de langue et de culture.

Lorsqu'une PME va voir son bureau national, c'est autre chose que de discuter en anglais par l'intermédiaire d'appels à propositions. Ce sont deux mondes différents. Les gens voient immédiatement s'ils ont des chances ou pas avec leur projet. Et si c'est le cas, le bureau les aide à monter leur projet. Il y a un dialogue avec eux.

Quels sont les critères de base pour un projet ?

M.V. – D'abord la transnationalité : il faut au moins deux pays européens. Ensuite, il faut que cela soit un projet technologiquement innovant. Il faut également qu'il y ait un marché. On regarde par ailleurs si l'équipe en place est capable de le mener à bien et si la société a les capacités, notamment financières, pour le faire.

C'est subjectif, non ?

M.V. – Non, pas du tout. La seule chose où l'on peut se tromper, c'est le marché. On peut penser qu'une certaine technologie innovante a un marché potentiel. Et parfois, c'est une technologie différente, tout aussi innovante, qui s'implante sur ce même marché. C'est arrivé avec le téléphone par satellite. On pensait que la technologie allait percer et puis l'Inde, la Chine et d'autres pays se sont massivement équipés en GSM. Ce qui a coulé le téléphone par satellite, qui est arrivé deux ans trop tard et, qui était devenu trop cher. Il y a une course entre les différentes filières. Lorsqu'une d'entre elles s'impose, elle empêche les autres de s'épanouir. C'est comme dans la vie.

Quelles sont les faiblesses d'Eurêka ?

M.V. – Il reste effectivement un point faible : la synchronisation des fonds publics entre les membres. Chacun a ses propres procédures budgétaires, on ne décide pas en même temps, ... Ce n'est pas évident pour les grandes initiatives stratégiques, avec six ou sept acteurs. Il faut que l'ensemble des pays décident en même temps de financer le projet.



Mais on fait des progrès et on arrive dans un processus de décision plus clair et plus efficace. On essaie notamment d'obtenir des engagements des différents membres sur ce qu'ils vont faire chaque année.

Est-ce qu'il existe une rivalité avec le programme-cadre européen ?

M.V. – Non. Le programme-cadre est fort axé sur la recherche fondamentale, ou du moins est assez loin du marché. Il y a de temps en temps des problèmes de frontières, mais nous sommes en ce qui nous concerne très proches du marché. La caractéristique des projets Eurêka, c'est que quatre ans après leur lancement, ils sont disponibles. C'est notre point fort : notre réactivité au marché. C'est le premier critère des industriels qui viennent nous voir. Si on arrive deux ans après les autres, cela ne sert à rien.

La Commission européenne avait proposé de doubler le budget communautaire de la recherche. Est-ce qu'il est prévu le même type d'évolution pour Eurêka ?

M.V. – Nous n'avons pas de budget au départ. Mais on a décidé de financer deux fois plus de projets que l'an passé. Eurêka demande aux Etats membres quels sont leurs objectifs en début de présidence, mais il n'y a pas d'objectif global fixé par le secrétariat. On fait le total des initiatives. C'est une approche « *bottom up* ». Si les industriels ne proposent pas, rien ne se passe. Il y a ainsi des domaines où on est quasiment absents, comme la chimie.

Propos recueillis par O.G.

Et pour la Belgique ?

Lors de la Conférence ministérielle qui s'est tenue à Paris le 17 juin 2004, Eurêka a annoncé le financement de 393 projets de R&D pour un montant de 4,5 milliards d'euros.

Le « *return* » pour les équipes belges est estimé à un peu moins de 290 millions d'euros, soit 6,5% du montant total.

Au 30 juin 2005, les actions Eurêka en cours, les projets en phase d'exécution (deux ans et demi par projet) étaient évaluées à 5,1 milliards d'euros dont, environ 325 pour les centres de recherches belges (62 millions pour les projets individuels et 263 pour les « *clusters* »).

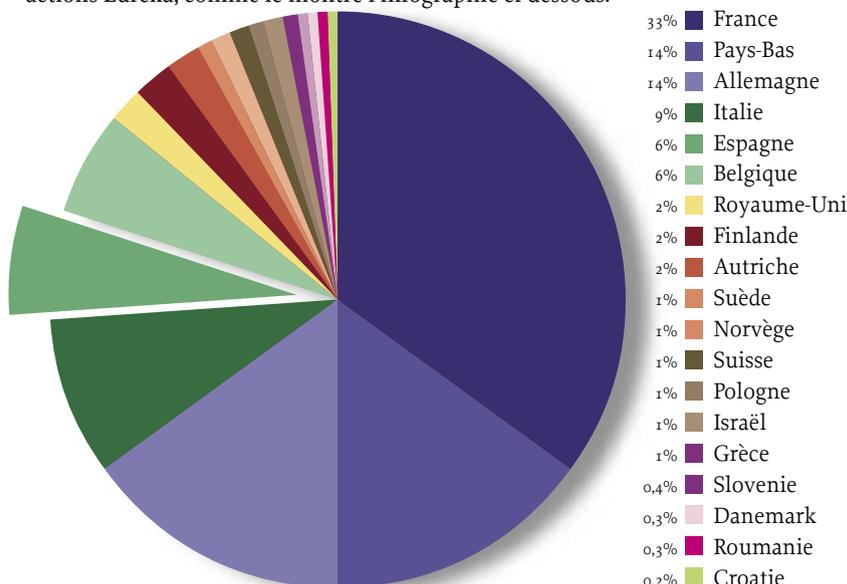
En chiffres absolus, la Belgique est 5^e bénéficiaire des actions Eurêka, comme le montre l'infographie ci-dessous.



Robert Verbruggen, ingénieur commercial et de gestion (UCL), est EUREKA NPC (National Project Coordinator) au sein de la Politique scientifique fédérale. Il appartient à la direction générale « Coordination et information scientifique » :
robert.verbruggen@belspo.be

Eurêka :
www.eureka.be

Eurêka (site du 20^e anniversaire) :
www.eureka-20years.net



Séismes géants et symphonie tellurique

Les notes *pizzicato* évoquent délicatement une pluie d'hiver. Après chaque pincement, la corde du violon vibre librement à des fréquences qui lui sont propres. Ces vibrations dépendent de la longueur de la corde, de sa composition et de sa tension. Lorsque le violoniste accorde son instrument en tournant les chevilles, il modifie simplement la tension des cordes. Lorsqu'il joue, il en modifie la longueur par le mouvement des doigts pour générer différentes fréquences, ou, en d'autres termes, différentes notes.

La partition sismique

Confortablement assis à l'écoute du concerto de Vivaldi, le mélomane distinguera aisément les tonalités aiguës engendrées par les cordes fines, des sons plus graves issus des cordes plus épaisses. Par ailleurs, l'oreille sera capable d'apprécier non seulement le talent des musiciens, mais aussi la qualité des cordes. Ainsi, simplement à l'écoute du son produit par la corde, on peut s'informer sur sa composition, sa taille et sa tension.

A l'instar des cordes de violon, tout corps peut résonner à des fréquences qui lui sont propres, que ce soit une cloche, un bâtiment, un pont, ou ... la Terre. En effet, notre globe peut vibrer librement à des fréquences déterminées par sa forme, sa constitution et ses propriétés physiques, et donc, l'enregistrement de ces vibrations nous permet d'ausculter l'intérieur de la planète. Vu sa taille, la Terre produit des sons bien plus graves que ceux perceptibles par l'oreille humaine : pour donner une idée des ordres de grandeur, comparons les fréquences terrestres à celle du « Do 256 Hertz », qui occupe le centre du clavier d'un piano. Pour reproduire les sons telluriques les plus graves, inférieurs au millième de Hertz, il faudrait diviser cette fréquence dix-huit fois par deux, ou en termes plus musicaux, descendre de 18 octaves¹, alors que le clavier d'un piano n'en compte au total que huit. Prenons encore un autre exemple, celui de la guitare : ses cordes devraient s'étendre sur plusieurs dizai-

nes de kilomètres pour générer des fréquences aussi basses, à supposer qu'il soit possible de tendre une corde sur une telle distance !

Mais quel est le musicien capable de jouer des mélodies cent mille fois plus graves qu'une contrebasse et perçues dans une salle de concert grande comme la Terre ? Un séisme violent ! Lui seul est capable de frapper notre planète suffisamment fort pour la faire résonner dans son entièreté et osciller librement à des périodes comprises entre 54 minutes et quelques secondes, pendant des jours voire des semaines.

Les vibrations propres de la Terre

Prédites à la fin du XIX^e siècle, il fallut attendre le séisme géant du Chili en 1960 pour pouvoir observer les oscillations libres de la Terre pour la première fois. Avec l'évolution des techniques, de nombreux séismes de magnitude supérieure à 6,5 permirent d'étudier en détail ces tonalités terrestres, révélant de nombreuses informations sur l'intérieur du globe. Par exemple, c'est par l'étude de ces vibrations que l'on a pu prouver en 1971 l'état solide de la graine au centre de la Terre.

La station de Membach

Séismes et barrages

Voici une quarantaine d'années, il fut décidé de rehausser le barrage de La Gileppe, construit sous le règne de Léopold II. Comme il était beaucoup question dans la littérature scientifique de l'influence des grands réservoirs d'eau sur le déclenchement de tremblements de Terre, le ministère des Travaux publics construisit une station de surveillance géophysique à Membach, entre les barrages de La Gileppe et d'Eupen. Cette station est composée de deux chambres auxquelles on accède par une galerie longue de 130 mètres. L'ensemble a été creusé entre 1975 et 1977 dans la roche sous le plateau des Hautes Fagnes.

¹ Monter d'une octave correspond à doubler la fréquence



L'entrée de la station de Membach.

Un studio d'enregistrement exceptionnel

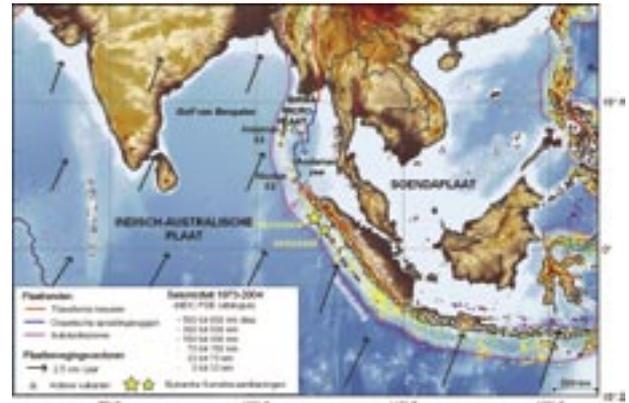
La station de Membach est l'une des meilleures parmi les quarante stations sismiques du réseau belge, à laquelle n'échappe aucun séisme de magnitude supérieure à 5, où qu'il se produise dans le monde. La plupart des stations sismiques ne comporte qu'un sismomètre, uniquement sensible aux signaux aigus de la croûte terrestre. Par contre, outre plusieurs sismomètres, Membach abrite aussi depuis 1995 un gravimètre relatif à supraconductivité (ou cryogénique) et accueille régulièrement un gravimètre absolu depuis 1996. Cette panoplie d'instruments donne à l'Observatoire une oreille absolue à l'écoute des bourdonnements terrestres et ce dans toute leur gamme de fréquence. Cette gamme s'étend depuis les frémissements ténus de périodes séculaires jusqu'aux vibrations destructrices et rapides, de fréquences supérieures à 1 Hertz.

Cette association d'instruments divers est exceptionnelle et permet de mener à Membach des recherches tout à fait originales. Seuls quelques rares observatoires, comme ceux de Piñon Flat en Californie et de la Forêt noire en Allemagne, sont également à l'écoute d'une aussi large gamme de fréquences.

Le séisme de Sumatra

Comme d'autres séismes géants, tels ceux du Chili en 1960 (Mw=9,5) et d'Alaska en 1964 (Mw=9,2), le tremblement de terre du 26 décembre 2004 de Sumatra-Andaman (Mw=9,1 à 9,3) a été causé par une rupture en zone de subduction, là où

une grande plaque rocheuse océanique plonge sous une plaque continentale. Ces mouvements impliquent des zones de failles gigantesques, larges de 200 Km, longues de 1.000 Km et s'accompagnent de glissements d'une plaque par rapport à l'autre d'une dizaine de mètre. Lors de l'événement de Sumatra, la rupture s'est étendue en 10 minutes sur plus de 1.300 Km, depuis le nord de Sumatra jusqu'aux îles Andaman à la vitesse moyenne de 2 Km/s. Cette déchirure, la plus longue connue à ce jour, s'est produite à la frontière de la plaque indo-australienne et de la partie sud-est de l'Eurasie, laquelle se morcelle entre les microplaques Birmane et de la Sonde.



Contexte tectonique à l'origine du séisme de Sumatra-Andaman du 26 décembre 2004 (avec l'aimable autorisation de Kris Vanneste, ORB).

A titre de comparaison, le séisme de Roermond (MS = 5,4), qui ébranla la Belgique en 1992, a été causé par une rupture se propageant en profondeur sur 4 Km en 2 secondes. Quant à celui d'Izmit, qui frappa cruellement la Turquie en août 1999 (MW = 7,4), il fut causé par une rupture qui a déchiré en 40 secondes la croûte depuis la surface jusqu'à une profondeur de 15 Km, sur une distance de 120 Km.

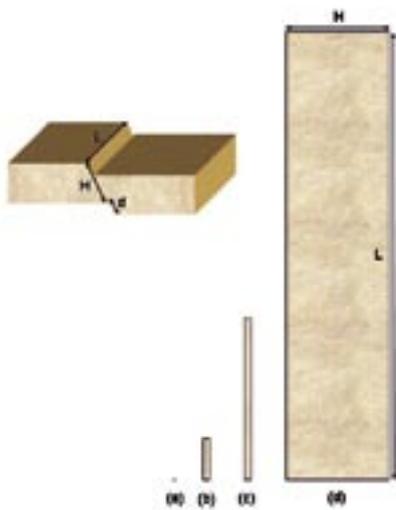
La magnitude: violons ou contrebasses ?

La magnitude d'un séisme reflète la physique de la source sismique. Elle est liée à la surface du plan de faille qui s'est mis en mouvement (équivalente à la moitié de la superficie de la France dans le cas de la secousse de Sumatra !), ainsi qu'au déplacement moyen : la magnitude caractérise donc un séisme en terme de déplacement final. Cependant, cette valeur n'est pas directement accessible et se calcule sur la base d'ondes sismiques à longue période. Les magnitudes des séismes du Chili, d'Alaska et de Sumatra furent déterminées à l'aide de mesures d'ondes de 300 secondes de période. Comme la rupture est plus longue que celle du Chili en 1960

> Le gravimètre cryogénique de Membach.

>> Le gravimètre absolu à Membach.





Magnitude et plan de faille. La magnitude est liée à la largeur l , la longueur L et au déplacement d . Comparaison de différents séismes : (a) Roermond, 1992, MS = 5,4 ; (b) Izmit, 1999, MW = 7,4 ; (c) San Francisco, 1906, MW = 7,9 ; (d) Sumatra-Andaman, 2004, MW = 9,1-9,3.

ou de l'Alaska en 1964, on peut s'étonner d'une magnitude moindre. Cependant, des mouvements particulièrement lents se sont produits lors de la rupture de 2004, favorisant la production d'énergie à longue période, et donc, un calcul exact de magnitude doit considérer les mouvements les plus lents, de périodes comprises entre 500 secondes et une heure. Sur base de l'étude des oscillations libres (voir paragraphe suivant), la magnitude a pu être réévaluée plusieurs jours après entre 9.1 et 9.3. Si une telle méthode avait été applicable il y a 40 ans, les magnitudes du Chili et d'Alaska pourraient pu s'avérer plus faibles.

En d'autres termes, si l'on compare ces tremblements de Terre à des orchestres symphoniques, l'un a probablement joué davantage dans les aigus, privilégiant les violons, alors que l'autre a donné davantage de puissance aux contrebasses. Malheureusement, en 1960, personne n'avait l'oreille absolue; en d'autres termes, on ne disposait pas des « récepteurs » adaptés à ces sons graves qui auraient permis un calcul correct. Et de toutes façons, les incertitudes liées au peu de données disponibles dans les années 60 rendent caduque toute comparaison au niveau du dixième ou des deux dixièmes de magnitude.

Pour compliquer le tout, notons aussi que le contexte tectonique est très différent. Au Chili, la plaque plongeante est jeune de 15 millions d'années et la convergence est perpendiculaire à la plaque chevauchante. Dans le cas de Sumatra, la convergence est oblique, surtout dans le nord, et la plaque plongeante est plus âgée, de 60 millions au sud à 90 millions au nord de la rupture de Sumatra. Ces différences rendent encore plus complexes les comparaisons entre ces séismes, car le couplage mécanique entre plaques chevauchante et plongeante, et donc, les glissements associés, sont fonction de leur âge.

En conclusion, il n'est en réalité pas possible de départager les séismes de 1960, 1964 et 2004. En fait, vu les dimensions des failles en jeu, la solution la plus sage est qu'ils se tiennent ensemble en haut du podium. Ajoutons qu'un chiffre définitif ne sera vraiment disponible pour l'événement de Sumatra que lorsque le mécanisme de rupture sera mieux compris, ce qui pourrait encore prendre des mois voire des années.

Une gigantesque salle de concert

Outre le tsunami dévastateur causé par les déplacements brutaux du fond océanique, cet événement a également ébranlé la Terre dans sa totalité, excitant une multitude d'oscillations libres, également dénommées modes propres². La plupart du temps, les modes ne sont pas directement observables dans les séismogrammes et seule une analyse mathématique (dite « spectrale ») fait ressortir les différentes tonalités. Cependant, l'événement de Sumatra ébranla si fort la planète que des modes ont été directement visibles dans les enregistrements de certains sismomètres et des gravimètres cryogéniques, dont celui de Membach.

Comme le montre la figure, certains de ces modes sont restés observables des semaines durant, avant d'être faiblement réanimés par le nouveau séisme de Sumatra du 28 mars 2005.

La grande qualité des enregistrements de ce séisme, en particulier par les gravimètres cryogéniques, permettra de raffiner les modèles de Terre et peut-être, de lever certaines controverses, par exemple celle de savoir si, au sein de la graine terrestre, les cristaux de fer sont alignés avec l'axe de rotation.

La mesure du séisme

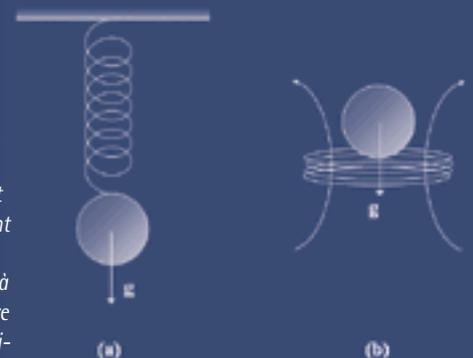
L'événement de Sumatra a mis en évidence des problèmes d'étalonnage des sismomètres du réseau mondial, dont certains présentent jusqu'à 10 % d'erreur. Ce n'est pas négligeable, car comme on le montre dans la revue Science, dans le cas du séisme de Sumatra, une telle incertitude représente l'équivalent d'un séisme de magnitude Mw = 8.4, supérieur à

2 Michel Van Camp, *Les oscillations libres de la Terre*, Ciel et Terre, 117 (3), 98-102, 2001

Schéma de la suspension classique à ressort et magnétique.

Le gravimètre cryogénique à l'écoute

Comme un sismomètre, un gravimètre classique mesure les déplacements d'une masse suspendue à un ressort. Il n'en diffère que par sa sensibilité particulière aux variations lentes de la pesanteur, de quelques heures à plusieurs mois. Dans un gravimètre cryogénique, la suspension à ressort, purement mécanique, a été remplacée par la lévitation magnétique d'une sphère engendrée par les courants permanents circulant à l'intérieur de deux bobinages. L'ensemble, rendu supraconducteur et maintenu à une température de -269°C , assure une grande stabilité qui permet de mesurer les variations temporelles de la pesanteur g avec une précision cent fois plus élevée que celle des gravimètres à ressort conventionnels. Cependant, contrairement aux gravimètres à ressort, les gravimètres cryogéniques ne sont actuellement pas transportables. A l'origine, dans les années 1970 et 1980, ces instruments étaient principalement dédiés à l'étude des déformations lentes de la Terre, de périodes supérieures à l'heure, principalement liées aux forces de marées. C'est à la fin des années 1990 que les recherches menées à l'Observatoire royal de Belgique et à l'Observatoire de la Forêt noire ont montré que les nouveaux gravimètres cryogéniques présentent de meilleures performances que les sismomètres utilisés classiquement pour l'étude de certaines oscillations libres de la Terre. Comme le montrent les lignes qui suivent, le séisme de Sumatra du 26 décembre 2004 a confirmé les qualités sismométriques des gravimètres cryogéniques.



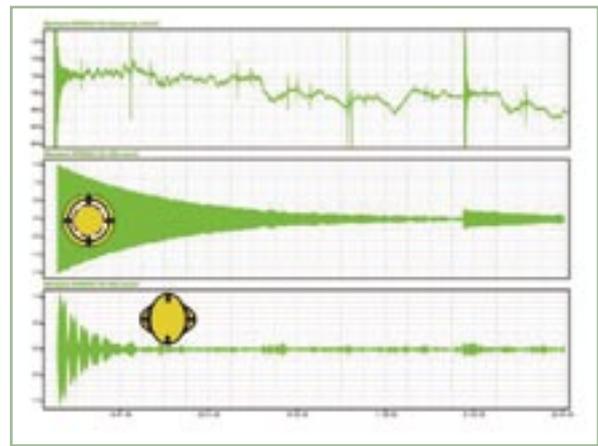
tout ceux s'étant produits entre 1965 et 2001. Cela limite également la compréhension des mouvements des plaques pendant le tremblement de Terre.

Contrairement à ces stations du réseau sismométrique mondial, la vingtaine de gravimètres cryogéniques répartis dans le monde ont reproduit les déplacements du sol avec une précision de 0,1 %, qui ont atteint le centimètre à Membach le 26 décembre 2004. En comparant les enregistrements sismométriques et gravimétriques, il est heureusement possible de corriger ces problèmes d'étalonnage.

Au niveau international

L'Observatoire envoie depuis longtemps des données gravimétriques et sismiques aux centres internationaux. En particulier, nous avons proposé début 2004 de fournir en temps réel les données de Membach au centre américain IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*), qui collecte entre autres des données de sismomètres dans le monde entier et les met à la disposition de la communauté scientifique.

L'Observatoire a ainsi été la première institution à fournir les mesures d'un gravimètre cryogénique aux sismologues du monde entier par l'intermédiaire du centre IRIS, qui nous est très reconnaissant d'avoir ouvert cette nouvelle branche. L'intérêt suscité par ces mesures a été confirmé par le séisme



Haut : Enregistrement du gravimètre cryogénique de Membach du 26-12-2004 au 20-04-2005. On observe le choc principal et ses nombreuses répliques, ainsi que d'autres séismes. Une version « sonore » d'un enregistrement semblable, accéléré 200.000 fois, est disponible sur http://www.iris.washington.edu/about/ENO/iows/2_2005a.htm. Bas : Même série temporelle après filtrage, afin d'isoler les modes « ballon » S_0 (au milieu) et « rugby » S_2 (en bas). S_0 de 20.9 minutes de période, consiste en un mouvement de la Terre semblable au gonflements et dégonflements successifs d'une baudruche. S_2 de période égale à 53,8 min, est le mode le plus grave. Il est surnommé « rugby » en raison des mouvements oblates et prolates pris par le Globe. Ces modes ne sont que deux cas particuliers parmi des centaines, mais leur facteur d'amortissement est si ténu qu'ils restent visibles des semaines durant. Seul le séisme de Sumatra du 28 mars de magnitude 8,6 fut assez puissant pour les exciter à nouveau, mais plus faiblement.

de Sumatra, ainsi que l'a montré l'article paru récemment dans *Science*⁵, qui se réfère entre autres aux travaux de Membach.

Michel Van Camp



La page personnelle de Michel Van Camp : homepage.oma.be/mvc/

5 Park, J., Song, T. R., Tromp, J., Okal, E., Stein, S., Roullet, G., Clevede, E., Laske, G., Kanamori, H., Davis, P., Berger, J., Braitenberg, C., Van Camp, M., Lei, X., Sun, H., Xu, H., and Rosat, S., Long-period behavior of the 26 December 2004 Sumatra-Andaman earthquake from its excitation of Earth's free oscillations, *Science*, 308, 1139-1144, 20 May 2005.

Le gravimètre absolu donne le « la »

Comme les sismomètres, le gravimètre cryogénique est relatif : il ne mesure que les variations liées aux mouvements du sol. Pour obtenir ces mouvements en unités pratiques comme le mètre, il faut étalonner ces instruments, par exemple à l'aide d'un gravimètre absolu.

Le gravimètre absolu acquis par l'Observatoire en 1996 donne directement la valeur de la pesanteur g avec une précision du milliardième³. Pour se donner une idée, une telle exactitude correspond à mesurer la distance Terre - Lune à dix centimètres près. Dans ce gravimètre, une masse est en chute libre dans le vide sur une vingtaine de centimètres. La mesure de la distance parcourue en fonction du temps fournit la valeur de la pesanteur g . Cet instrument est principalement destiné à des fins métrologiques, à la cartographie, ainsi qu'à l'étude des déformations tectoniques⁴ et des mouvements des eaux souterraines. La station de Membach, port d'attache de ce gravimètre transportable, est devenue le point de référence belge de mesure de la pesanteur, où g égale en moyenne 9 810 467 250 nm/s² et varie de quelques nm/s², soit quelques milliardièmes de g , en fonction des saisons.

Le gravimètre absolu de l'Observatoire, de réputation internationale, participe à de nombreuses campagnes métrologiques, entre autres au Bureau international des poids et mesures. En métrologie, la mesure de g est importante pour les mesures de pression, déterminer le kilogramme³ et l'étalonnage des gravimètres relatifs, action primordiale pour mieux contraindre les modèles de Terre, calculer la magnitude des séismes géants et mieux comprendre les mouvements à la jonction des grandes plaques tectoniques.

Ainsi, à l'heure actuelle, les gravimètres absolus fournissent la meilleure méthode d'étalonnage des gravimètres relatifs et sont les diapacons qui permettent aux géophysiciens d'écouter la musique terrestre en haute-fidélité.

3 Michel Van Camp, Thierry Camelbeeck, T. et P. Richard, Le kilogramme, la constante de Planck et le soulèvement de l'Ardenne, *Ciel et Terre*, 120 (1), pp. 5-11, 2004.

4 M. Van Camp et O. de Viron, La mesure de la Terre est une des bases de son étude physique, *Ciel et Terre* 121 (3), pp 66-78, 2005.



L'imaginaire technologique comme transgression

Un des articles du contrat qui liait Jules Verne à son éditeur Pierre-Jules Hetzel lui prescrivait de « résumer toutes les connaissances géographiques, géologiques, physiques, astronomiques, amassées par la science moderne et refaire sous la forme attrayante et pittoresque qui lui est propre l'histoire de l'univers ». Lorsqu'il parle de science, Jules Verne est un vulgarisateur probe, minutieux, bien documenté, séduisant. Avec les auteurs de la *Bibliothèque des Merveilles*, d'Edouard Charton, avec Louis Figuier et bien d'autres, il s'inscrit dans un courant puissant qui entend tourner la jeunesse studieuse vers les carrières scientifiques, industrielles et coloniales.

Lorsqu'il parle de technique et d'industrie, il n'en va pas tout à fait de même. Certes, il décrit en détail des procédés et des inventions de son temps, souvent oubliés aujourd'hui, ce qui le rend quelquefois difficile à lire.

Mais il en esquisse d'autres, qui n'existaient pas de son temps et qui furent seulement mis au point dans le nôtre. Pour en rendre compte, le concept d'« anticipation » est bien vague, et celui de « précurseur » est épistémologiquement faux, car le précurseur serait ainsi un homme de deux temps, dont Georges Canguilhem disait « celui dont on sait après qu'il était là avant ». Et que dire alors de machines ou d'inventions impossibles, qui ne pouvaient être réalisées pour des raisons purement techniques ? C'est tout le rapport entre culture technique, imagination et innovation qui est ici en cause.

Dans la transition des systèmes techniques

Né le 8 février 1828 et mort le 24 mars 1905, Jules Verne a connu deux systèmes techniques successifs. Le concept de système technique, défini par Bertrand Gille, recouvre l'ensemble organique constitué par des énergies, des matériaux, des mécanismes de transformation. Ainsi, le système technique de l'Ancien Régime est-il commandé par la métallurgie au charbon de bois, l'énergie de l'homme, des animaux, de l'eau et du vent, la machinerie en bois. Les systèmes techniques peuvent plafonner ou saturer, c'est-à-dire atteindre le maximum de leurs performances. D'autres matériaux et d'autres énergies prennent alors le relais avec des performances d'abord plus basses. Ainsi, au milieu du XVIII^e siècle, la vapeur détrône peu à peu l'énergie hydraulique, la fonte au coke remplace la fonte au bois. C'est la première révolution industrielle. A l'époque où Jules Verne écrit son premier roman scientifique *Cinq semaines en ballon* (1863), une deuxième révolution industrielle s'amorce.

Du côté des énergies, la vapeur est peu à peu écartée des usines. De Cugnot (1770) à Amédée Bollée (1873), elle ne s'impose pas dans le transport routier, mais triomphe sur le rail jusqu'à la Deuxième guerre mondiale. L'électricité pénètre dans l'industrie grâce à l'invention de la dynamo par le Belge Zénobe Gramme en 1870, mais surtout la découverte de sa réversibilité en 1878. L'électricité bouleverse l'éclairage avec la lampe Edison (1879), la lampe à arc (1887). Avec l'invention du télégraphe, puis du téléphone (1876), puis de la radio (Marconi 1899), l'électricité resserre les liens entre les régions du

Hector Servadac, *Voyages et Aventures à travers le Monde Solaire*. Ed. Hetzel, 1877 (dessin de Philippoteaux gravé par Laplace).
©Bibliothèques d'Amiens Métropole

monde et contribue à mondialiser l'économie, en même temps qu'elle en accélère le rythme.

Dérivé de la machine à vapeur, le moteur à combustion interne devient son concurrent le plus sérieux. Le moteur à gaz est mis au point par Lenoir en 1859, perfectionné avec l'invention du compresseur par Beau de Rochas en 1862 et du moteur Otto en 1877. Moins utile en usine, mais plus léger, le moteur à essence de pétrole ouvre à l'homme la route et les airs. En 1883, Delamare Deboutteville fait fonctionner un véhicule à essence, Gottlieb Daimler dépose le brevet de son premier moteur et en 1886, Benz crée sa première voiture, un monocylindre à trois roues. En 1897, Rudolph Diesel réalise le moteur à huile lourde qui porte son nom et qui concurrencera l'essence sur la route, l'électricité et la vapeur sur le rail, l'électricité et le gaz dans les usines.

Du côté des matériaux, si la première industrialisation est l'âge du fer, la seconde est l'âge de l'acier, un matériau incomparablement supérieur par ses propriétés physico-chimiques. Rare et réservé, à l'époque précédente, aux pièces mécaniques subissant de fortes contraintes, il devient un matériau commun. Henry Bessemer (1813 - 1898) prend son premier brevet le 12 août 1859 ; le procédé Siemens-Martin est déposé en 1868 ; le procédé Thomas et Gilchrist en 1878 ; en 1880, Siemens propose d'utiliser l'énergie électrique pour la fabrication de l'acier.

Enfin, un nouveau secteur industriel apparaît, celui des industries chimiques. L'industrie chimique se développe d'abord en aval de la fabrication du coke avec la production de la soude par le procédé Solvay (1862), puis de l'ammoniaque synthétique, puis la synthèse organique.

Cette mutation a des répercussions importantes sur les savoirs. Le rapport entre science, technique et industrie s'en trouve modifié. A la première industrialisation, le savoir-faire traditionnel reste la clé du succès. Le temps est venu désormais des ingénieurs. Il n'y a pas d'avancées industrielles majeures sans étude scientifique préalable. La technique fait un appel croissant au laboratoire. C'est le processus que Peter Weingart et François Caron appellent « *la scientification de la technique* ».

Jules Verne et la deuxième industrialisation

Le passage du fer à l'acier se reflète d'abord, chez Jules Verne, dans l'industrie de l'armement. Le canon Columbiad braqué vers la lune est une énorme pièce de fonte, coulée à même le sol floridien par douze cents cubilots (*De la terre à la lune*, 1865). Seule sa taille le distingue d'autres mortiers contemporains. En revanche, l'obusier du docteur Schulze, avec ses trois cents tonnes et son calibre de 1.500 mm, se charge par la culasse,



repose sur un affût d'acier et possède des ressorts d'acier qui en annulent le recul (*Les cinq cents millions de la Begum*, 1879). La ville-usine de Stahlstadt (la ville de l'acier), construite par le fanatique privat-dozent prussien, est la copie conforme des usines intégrées d'Outre-Rhin.

Après la défaite de 1870, c'était en France un fantôme récurrent d'attribuer la supériorité prussienne à la qualité de l'acier d'armement. On voit pourquoi Stahlstadt, après sa déconfiture, sera repris par l'ingénieur alsacien Marcel Bruckmann qui le reconvertira en fabrications pacifiques. De même, si le *Great Eastern* (un bateau réel) est encore en plaques de fer rivetées (*Une ville flottante*, 1871), la double coque du Nautilus est en acier laminé réuni par des poutrelles en T (*Vingt mille lieues sous les mers*, 1870). La chaloupe démontable pour explorer l'Afrique est en acier galvanisé et ressemble furieusement à celles construites par Cockerill pour Stanley (*Aventures de trois Russes et de trois Anglais*, 1872).

Mais l'obus qui emporte vers la Lune Michel Ardan et ses compagnons est en aluminium, un métal connu depuis 1827, réputé précieux et sans utilité véritable (*De la terre à la lune*, 1865 ; *Autour de la Lune*, 1869).

Les romans de Jules Verne marchent à toute vapeur. La mer est le théâtre d'une concurrence acharnée entre les plus fins voiliers (le Saint-Enoch, la Tankadère, la Savaréna, la Syphanta, le Sloaghi, l'Alert, le Chancellor, l'Halbrane, le Brick de Sacratif) et les voiliers-steamers comme l'Abraham Lincoln, l'Alaska ou la Henrietta dont Phileas Fogg fera passer tout le bois à la chaudière. Si le *Tour du monde en quatre-vingt jours* est possible, c'est que les express à vapeur commencent à ceinturer le monde. En revanche, la *Maison à vapeur* (1879-1880) est déjà un archaïsme. Deux pagodes sont tractées par une locomobile à vapeur en forme d'éléphant, équipée d'une chau-



Lunette astronomique
Collection Ministère de la Communauté française
©Alain Breyer

gétique est le charbon, dont les *Indes noires* (1877) présentent l'inévitable épuisement.

Il est facile, et pour tout dire, assez vain de rappeler que les machines imaginées étaient, à l'époque de Jules Verne tout au moins, irréalisables (sinon l'écrivain aurait pris un brevet). Ainsi, le ballon Victoria, dont l'hydrogène est dilaté par la chaleur d'un chalumeau, est une vraie bombe volante (*Cinq semaines*, 1863). Pour pister le cheminement de l'imagination vernienne, il faut confronter la machine imaginée avec le système technique dont elle est inévitablement issue. On peut ainsi faire l'anatomie du Nautilus (1873) et de l'Albatros (*Robur le Conquérant*, 1886) sous l'angle des matériaux, des énergies, des moyens de propulsion. Entre les deux vaisseaux, treize ans et une invention, la réversibilité de la dynamo, c'est-à-dire le moteur électrique (1878).

dière tubulaire offrant 60 m² de surface de chauffe et de deux cylindres développant 80 CV. Le gigantisme de la machine contraste avec sa puissance relativement faible et reflète la saturation de la technique. Il est curieux que Jules Verne n'ait pas tiré parti des moteurs à combustion interne. Certes, des moteurs à gaz équipent des taxis (les gaz-cabs) dans *Paris au XX^e siècle* (1860), mais le pétrole ne sert qu'à incendier l'Angara (*Michel Strogoff*, 1876) ou à brûler en briquettes dans des chaudières (*L'île à hélice*, 1895).

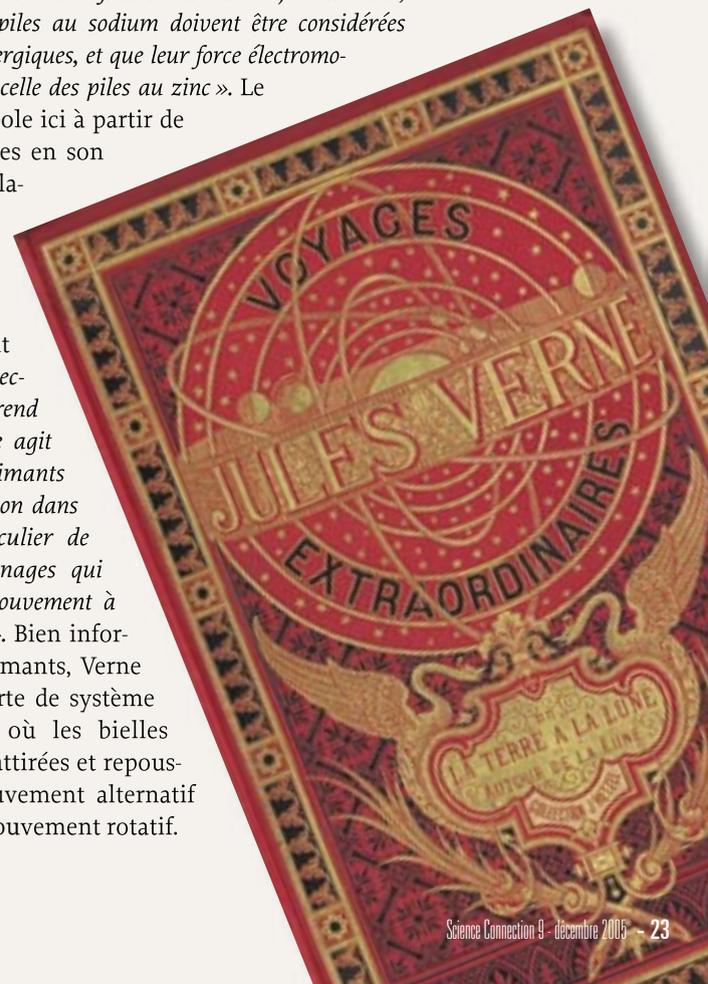
Jules Verne est fasciné par l'électricité « *cet agent qui sera un jour l'âme du monde industriel* » (*Robur le Conquérant*, 1886). Certains effets sont connus depuis longtemps. Les projectiles électriques lancés par le fusil sous-marin du capitaine Nemo sont des bouteilles de Leyde (*Vingt mille lieues sous les mers*, 1869-70). L'électrification du pont du Nautilus pour repousser les sauvages (1869-70) se répète sur les chaînes du pont-levis du *Château des Carpates* (1892) pour empêcher Nick Deck d'y pénétrer. L'électricité assure l'éclairage souterrain de Coal City (*Les Indes Noires*, 1877), mais aussi l'éclairage individuel des vulcanologues (*Voyage au centre de la Terre*, 1864) et des scaphandriers autonomes (*Vingt mille lieues sous les mers*, 1869-70). Des circuits électriques connectent les instruments de bord à la machinerie du Nautilus, un fil télégraphique relie sa chaloupe à la timonerie, mais aussi le *Château des Carpates* à l'auberge du roi Mathias (1892). C'est le télégraphe qui permet aux journalistes de transmettre, dans l'instant, nouvelles de Sibérie, versets de la Bible ou chansons parisiennes (*Michel Strogoff*, 1876). Il s'agit toujours de courant continu produit par des piles de divers systèmes, Bunsen ou Rahmkorff.

Seule *L'île à hélice* (1895) a son courant produit par des dynamos actionnées par des machines à vapeur.

Qu'il s'agisse de vapeur ou d'électricité, le substrat éner-

Le Nautilus est, on l'a vu, en acier. Il résiste aux pressions des grands fonds par son assemblage de poutrelles en T, ce qui est pour le moins optimiste. « *Son bordé ne peut céder ; il adhère par lui-même et non par le serrage des rivets, et l'homogénéité de sa construction, due au parfait assemblage des matériaux, lui permet de défier les mers les plus violentes* ». Le sous-marin est mû par l'électricité produite par des piles au sodium. « *C'est ce sodium que j'extrait de l'eau de mer et dont je compose mes éléments (...). Mélangé avec le mercure, il forme un amalgame qui tient lieu de zinc dans les éléments Bunzen. Le mercure ne s'use jamais. Le sodium seul se consomme, et la mer me le fournit elle-même. Je vous dirai, en outre, que les piles au sodium doivent être considérées comme les plus énergiques, et que leur force électromotrice est double de celle des piles au zinc* ». Le romancier extrapole ici à partir de recherches menées en son temps pour remplacer l'acide des batteries et accroître leur puissance et leur longévité. Quant au moteur, « *l'électricité produite se rend à l'arrière, où elle agit par des électro-aimants de grande dimension dans un système particulier de leviers et d'engrenages qui transmettent le mouvement à l'arbre de l'hélice* ». Bien informé des électro-aimants, Verne entrevoit une sorte de système bielle-manivelle où les bielles sont tour à tour attirées et repoussées et leur mouvement alternatif transformé en mouvement rotatif.

De la Terre à la Lune ;
autour de la Lune
©Bibliothèques
d'Amiens Métropole





Le Château des Carpathes
Ed. Hetzel, 1892 (Illustration
de Léon Benett).
©Bibliothèques d'Amiens
Métropole

L'Albatros, comme tous les plus lourds que l'air, à cette époque, pose un double défi : la légèreté des matériaux, le rapport poids-puissance du moteur. Le vaisseau est fait de « papier sans colle, dont les feuilles sont imprégnées de dextrine et d'amidon, puis serrées à la presse hydraulique ». Pour les hélices « la fibre gélatinée en avait fourni la substance résistante et flexible à la fois ». L'analogie avec les matières plastiques d'aujourd'hui est forcée. Verne exploite les performances de la presse hydraulique et les travaux menés dans le textile et la papeterie pour imprégner les matières fibreuses. L'énergie qui meut les trente-neuf hélices est toujours l'électricité, mais l'auteur est plus discret sur les piles « d'un rendement extraordinaire » et sur les accumulateurs.

Dans les deux cas, l'imaginaire apparaît comme rigoureusement contenu et circonscrit. Jules Verne tient son imagination en bride, s'interdit les dérives marginales, se borne à extrapoler à partir des potentialités d'un système technique qu'il maîtrise, mais dont il gomme les contraintes et les limitations.

Robert Halleux



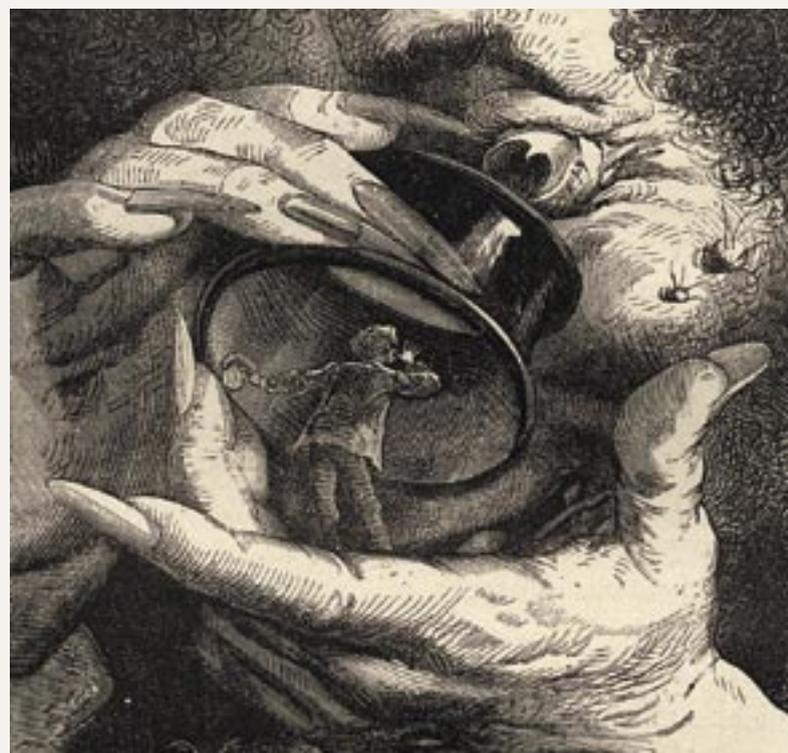
Récepteur téléphonique
Collection
Ministère de la
Communauté française
©Alain Breyer



Jules Verne : savoir rêver, savoirs rêvés au Mundaneum, à Mons, jusqu'au 24 mars 2006
www.mundaneum.be/

« Sciences et imaginaires », colloque international, 12 et 13 janvier 2006

Autour de la Lune
Illustration d'Emile Bayard Ed. Hetzel, 1872.
©Bibliothèques d'Amiens Métropole



Un vent nouveau

souffle depuis un demi siècle sur l'Institut von Karman

1 956-2006: l'arithmétique ne ment pas. Cette année, l'Institut von Karman pour la dynamique des fluides (IVK), implanté chaussée de Waterloo à Rhode-Saint-Genèse, fête son cinquantième anniversaire. C'est en effet en 1956, sous l'impulsion du professeur Théodore von Karman, un ingénieur hongrois émigré aux Etats-Unis mais soucieux de maintenir et de développer de (bonnes) relations transatlantiques et des coopérations scientifiques internationales, que l'Institut qui allait porter son nom a été mis sur pied en Belgique.

Sa mission ? Promouvoir la formation des scientifiques et des ingénieurs des pays membres de l'OTAN dans le secteur de l'aérodynamique (la dynamique des fluides) dans un esprit de franche collaboration. Un objectif qui se double de recherches fondamentales et appliquées dans cette discipline. L'excellence est bien entendu ici de mise. Et comme on le lira par ailleurs, elle ne concerne pas exclusivement l'aéronautique et l'astronautique. Les applications en dynamique des fluides sont aujourd'hui multiples et parfois... très surprenantes !

L'histoire du site de Rhode-Saint-Genèse démarre toutefois en 1921 par la construction du bâtiment qui, deux années, plus tard allait accueillir la première soufflerie du « service technique de l'aéronautique » (STAé) relevant à l'époque du ministère de la Guerre. Par la suite, l'Administration de l'aéronautique passa sous la tutelle du ministère belge des Communications. L'Institut relève toutefois aujourd'hui de la Politique scientifique fédérale.

L'aéronautique est alors en plein essor dans notre pays et un tel laboratoire expérimental s'avérait plus que séduisant. Il servira également d'agence responsable pour la certification, l'inspection et les tests d'aéronefs et de parties d'aéronefs ... y compris pour la mise au point d'engins parfaitement révolutionnaires pour l'époque: les premiers hélicoptères ! L'ingénieur d'origine russe Nicolas Florine fut ainsi un des pionniers dans ce domaine. C'est à Rhode-Saint-Genèse qu'il établit son record mondial de durée de vol d'un hélicoptère à double rotor (en 1933) : neuf minutes et 58 secondes à 10 mètres d'altitude.

C'est lui aussi qui, après la guerre, proposa de mettre au point et d'utiliser des hélicoptères dans notre pays pour assurer la distribution du courrier. C'est lui encore qui se proposa de construire un engin à quatre rotors, d'une plus

grande stabilité. Mais les gouvernements de l'époque ne l'ont pas suivi. Et l'aventure belge des hélicoptères tourna court. Alors qu'aux Etats-Unis, un autre réfugié russe, du nom de Sikorsky, allait lui de l'avant, engrangeant les succès que l'on sait outre-Atlantique.

Pour en revenir à Rhode-Saint-Genèse, la Seconde guerre mondiale vit la destruction des installations techniques du laboratoire aéronautique. La reconstruction démarra dès 1947. Une grande soufflerie subsonique de 3 mètres de diamètre fut remontée de même qu'une soufflerie supersonique de 40 cm x 36 cm de section.

Au fil des ans, l'équipement progressa et le site... diversifia ses activités ! Ainsi, de 1952 à 1956, le bureau de l'énergie nucléaire y fut implanté avant de déménager vers Mol.

Enfin, en 1956, sous l'impulsion de Théodore von Karman, l'Institut vit le jour. Un accord bilatéral entre les Etats-Unis et la Belgique portant sur trois ans jeta les bases de ce qui allait devenir le « Centre de formation en aérodynamique expérimentale » ou le TCEA (*Training Center for Experimental Aerodynamics*) pour reprendre l'acronyme anglo-saxon.

En 1959, l'accord bilatéral a été reconduit et étendu.

Par la suite, d'autres pays de l'OTAN ont participé à son financement. La formule a varié au fil des ans. Le nombre de pays participants également. Certains ont quitté la structure, parfois pour y revenir ensuite.

Nicolas Florine
(1891 - 1972) à bord de
son hélicoptère à double
rotor



Trois domaines de recherche

Après divers rebondissements administratifs (les formules de financements ont changé plus de dix fois depuis 1956), l'Institut von Karman, rebaptisé de la sorte après le décès de Théodore von Karman en 1963, est aujourd'hui à la pointe dans ses trois grands domaines de recherches :

- *L'aéronautique et l'astronautique*: cela comprend l'aérodynamisme des engins en vol à basse vitesse mais aussi à vitesses transsoniques et hypersoniques, l'étude des flux à hautes températures, comme dans le cas de la rentrée atmosphérique d'engins spatiaux (plasmas) mais également le développement de modèles numériques dans ces domaines ;
- *La dynamique des fluides appliquée à l'environnement*: cela porte notamment sur la dispersion des contaminants dans l'atmosphère, les microclimats urbains, l'étude de la turbulence, l'aéro-acoustique, l'aérodynamisme de véhicules divers, les procédés industriels, le comportement des fluides biologiques...
- *Les turbomachines et la propulsion*: moteurs à réaction, aubages de compresseurs et turbines, transferts de chaleur, compresseurs industriels ...

Pour mener ses travaux à bien, le personnel et les étudiants de l'Institut von Karman disposent à ce jour de 43 outils différents, dont certains sont uniques au monde.

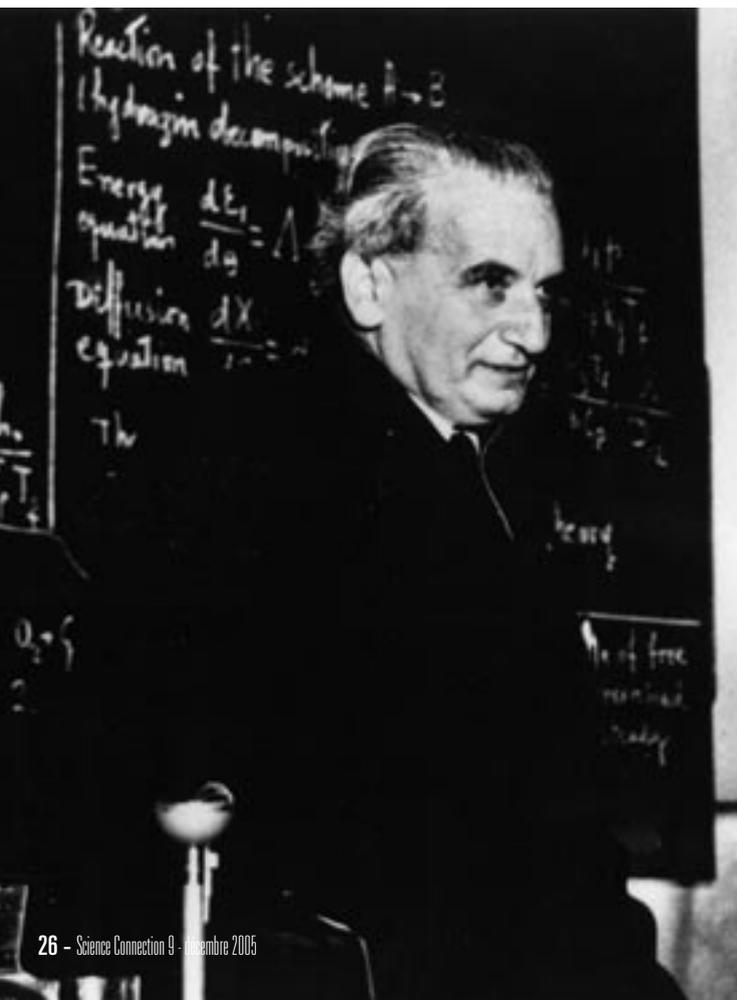
Pensons notamment aux souffleries supersoniques et hypersoniques qui simulent des vitesses allant de Mach 2 à Mach 15. Ou encore au fameux plasmatron, un outil sans égal sur la planète capable de générer des jets de plasma de quelque 10.000 degrés K. Un outil inauguré en décembre 1997 et qui aura coûté quelque quatre millions d'euros, dont trois ont été payés par la Politique scientifique fédérale et un par l'Agence spatiale européenne.

Actuellement, l'Institut compte une centaine de membres du personnel dont douze membres « académiques » (on dit de « faculté » dans le jargon), quatorze ingénieurs et une vingtaine de techniciens et d'ingénieurs industriels. L'Institut von Karman prodigue des formations supérieures, organise des séries d'ateliers et de séminaires et effectue pour le compte de ses Etats-membres et de tiers de multiples études et recherches dans les domaines de la dynamique des fluides théorique, expérimentale et numérique.

Christian Du Brulle



L'Institut Von Karman :
www.wki.ac.be



Théodore von Karman

Cet ingénieur américain d'origine hongroise est né à Budapest en 1881. Il fut à l'origine de la première soufflerie supersonique américaine dès 1938 et il joua un rôle important dans l'essor de l'astronautique outre-Atlantique. De son vrai nom Todor Von Skolloskislaki Karman, il travailla de 1903 à 1906 à l'Université technique de Budapest. Il quitte Budapest pour étudier à Göttingen puis à Paris. Il y découvre les premières heures de l'aviation, ce qui le passionne.

En 1912, il devient directeur de l'Institut d'aérodynamique d'Aix-la-Chapelle, où il est également professeur d'aérodynamique et de mécanique.

En 1914, quand la guerre éclate, il retourne en Hongrie où il est chargé de recherche dans le corps d'aviation de l'armée austro-hongroise. En 1926, il se rend pour la première fois aux Etats-Unis. Où en 1930 on lui propose la direction du Laboratoire aéronautique à l'Institut de technologie de Californie (Caltech). En 1933, il fonde l'Institut américain des sciences aéronautiques où il poursuit ses recherches sur la mécanique des fluides, la théorie des turbulences et le vol supersonique.

Il devient citoyen américain en 1936 et conseille l'armée de l'air sur l'utilisation de la propulsion à réaction pour les avions. Par la suite, en 1956, alors qu'il préside l'AGARD (Advisory Group for Aeronautical Research and Development) de l'OTAN, il préconise la création d'un Institut scientifique dédié à la dynamique des fluides. C'est en Belgique qu'il sera implanté.

Il décède le 6 mai 1963 à Aix-la-Chapelle.

Belgique	47,1
France	13,51
Etats-Unis	13,51
Allemagne	12,67
Italie	5,28
Norvège	1,89
Espagne	1,58
Turquie	1,58
Portugal	1,11
République tchèque	0,9
Hongrie	0,65
GD Luxembourg	0,15
Islande	0,07

Des ressources internationales mais aussi fédérales

Longtemps placé sous tutelle du ministère des Communications, l'Institut von Karman pour la dynamique des fluides émerge aujourd'hui au budget de la Politique scientifique fédérale. Son budget annuel est de 7,3 millions d'euros.

Participation des Etats-membres au budget de l'Institut Von Karman (2004 - 2005), en pourcent

Quelques applications inattendues

De l'Atomium au Berlaymont en passant par la future base antarctique belge et ... les poteaux d'autoroutes !

Historiquement, l'étude de la dynamique des fluides avait essentiellement pour objet le développement d'aéronefs plus performants. Mais avec l'évolution de nos connaissances dans ce domaine et les progrès technologiques qui ont permis, notamment, de quitter la Terre pour gagner l'espace (Spoutnik en 1957), la diversification des recherches a quelque peu délaissé l'aérodynamique classique.



Dans le domaine spatial par exemple, l'instrument appelé le « Long Shot » simule des vitesses de Mach 14. Typiquement, il s'agit de vitesses atteintes par des engins spatiaux lors de phases de rentrée atmosphérique. En jouant sur divers paramètres, notamment la composition de l'atmosphère concernée, les chercheurs de l'IVK étudient le comportement des vaisseaux spatiaux revenant sur Terre ou encore, se préparant à se poser... sur la planète Mars. Ou sur Titan ! La sonde Huygens de l'ESA, qui s'est posée début 2005 sur la principale Lune de Saturne a également fait l'objet de simulations de son réchauffement par le rayonnement de l'atmosphère de Titan à l'IVK.

Mario Carbonaro, le directeur de l'Institut Von Karman devant le plasmatron.



Dans le même ordre d'idée, le fameux plasmatron est utilisé pour tester des matériaux devant résister à des températures extrêmes. Les matériaux ablatifs ou réutilisables qui composent les boucliers thermiques notamment.

Notons que l'aéronautique n'en est pas pour autant abandonnée. Un exemple ? Le dégivrage des bords d'attaques des ailes des Airbus a été étudié à Rhode-Saint-Genèse pour le compte de la Sonaca. Ce type d'études sur le dégivrage des bords d'attaque avait déjà été réalisé précédemment sur les ailes des Embraer.

Et si l'époque dorée des hélicoptères de Nicolas Florine semble déjà bien ancienne, certaines études récentes réalisées à l'IVK ont encore porté sur ce type d'aéronef. Un constructeur italien a ainsi eu recours aux installations de l'Institut pour déterminer le profil des pales de ses engins pour des vitesses de rotation en condition transsonique. Il y va de la stabilité de ses hélicoptères. Comme l'extrémité des pales tourne plus vite que la partie fixée à l'axe de rotation, on arrive d'abord en bout de pales à des vitesses transsoniques : Mach 0,6 à Mach 1. Or, il est impératif, lorsque l'hélicoptère se déplace rapidement et que les vitesses de rotation et de vol s'additionnent, de ne pas franchir le cap supersonique, au risque de s'exposer à des problèmes de sécurité insurmontables. D'où les études en souffleries.

Le vent, ne l'oublions pas, est aussi un fluide. Et ses effets sur un bâtiment ou un ensemble de bâtiments est également un domaine d'études développé à l'IVK, principalement dans la grande soufflerie subsonique. Le comportement de l'Atomium y a été étudié bien avant sa construction au Heysel. Des maquettes de la cité administrative de l'Etat à Bruxelles ou encore de bâtiments occupés par l'Union européenne (comme le Berlaymont) y ont été soumises à

plus d'une rafale, histoire de vérifier leur capacité de résistance mais aussi d'identifier les éventuels micro-climats que ces paquebots risquaient de générer (zones de confort et d'inconfort) pour leurs usagers. Et il en va de même pour divers sites industriels, dont des centrales énergétiques ou encore des ouvrages d'art tel certains ponts jetés sur la Meuse.

Plus pragmatiquement encore, les effets du vent sur les nouveaux poteaux d'éclairages plantés le long des autoroutes sont étudiés ici. Suivant la pratique courante, ils affichent une section octogonale. C'est là le meilleur compromis, en tenant compte des exigences de fabrication. Mais encore il faut connaître exactement les forces dues au vent pour en garantir la sécurité...

L'avenir se dessine déjà. La future base polaire belge qui sera construite en Antarctique à l'occasion de la prochaine année polaire internationale (2007 - 2008) passe également, pour le moment entre les mains des chercheurs de l'IVK. Et plus particulièrement dans les courants d'air de leur grande soufflerie L1-B, ayant une section de 3 x 2 mètres.

Le modèle du terrain qui accueillera la future station scientifique polaire est soumis à des vents emportant avec eux de fines particules de bicarbonate de sodium. Cette poudre simule la neige « sèche » telle qu'elle existe sous ces latitudes extrêmes. L'idée est ici d'apprécier ses capacités d'accumulation sur l'éperon rocheux qui servira de socle à la base polaire. Et de définir dans quelle mesure l'aérodynamique locale du site sera perturbée par la structure même de la future base. Plusieurs essais sont effectués afin de déterminer le taux minimum d'accumulation de neige et le maximum de confort. Histoire d'éliminer ses risques d'auto-ensemencement par exemple.

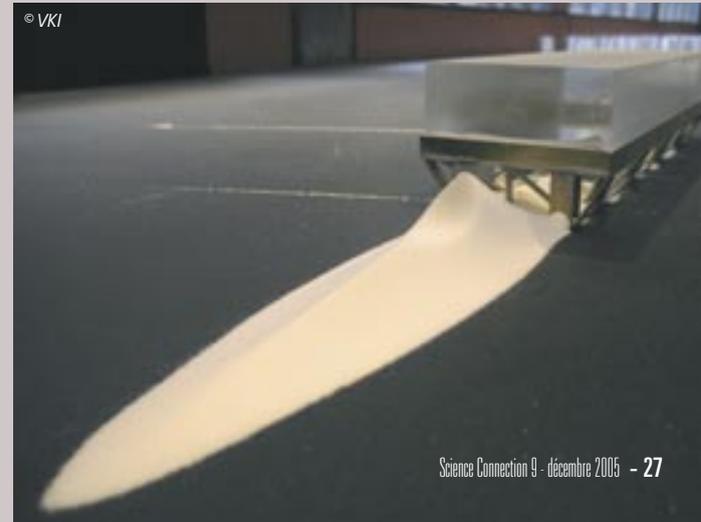
C.D.B.

La section octogonale des poteaux d'éclairage, le long de nos autoroutes, permet une meilleure résistance au vent.



© Belpress

La future station polaire belge est également soumise aux tests de l'Institut Von Karman.



© VKI



Informatique en grille:

travailler avec la puissance de milliers de systèmes informatiques

Un seul ordinateur a besoin de quatre-vingts ans pour examiner 46 millions de molécules différentes... S'agit-il d'une tâche irréalisable? Vaut-il mieux y renoncer? L'informatique en grille est la solution par excellence à ce genre de problème. Cette technique repose sur l'association mondiale de nombreux ordinateurs afin de disposer ainsi d'une puissance et d'une capacité suffisantes pour pouvoir exécuter des calculs complexes ou traiter de grandes quantités de données. Ce qui demande quatre-vingts ans à un ordinateur isolé intervient en une fraction de seconde avec l'informatique en grille.

L'informatique en grille ou calcul distribué suit le principe de « l'union fait la force ». Des ordinateurs du monde entier sont ainsi raccordés au sein d'un réseau largement accessible. De cette manière, un utilisateur peut accéder à l'ensemble ou à une partie des ressources – capacité de calcul, mémoire, logiciels, données – introduites par les autres membres du réseau. Un tel réseau se compose essentiellement d'éléments de calcul. Si l'on y ajoute également des éléments pour le stockage de données, on parle dans ce cas d'une grille de calcul/données.

L'utilisation mondiale d'une infrastructure informatique ouvre des possibilités d'applications dont les scientifiques et les chercheurs ne pouvaient que rêver il y a seulement quelques années. Les premiers projets de grille en Europe ont vu logiquement le jour dans le monde de la recherche, plus précisément dans le domaine de la physique des particules. Les constructeurs d'ordinateurs s'intéressent aussi progressivement à ces développements.

Les scientifiques œuvrent à l'échelle mondiale

La grille de calcul/données est la meilleure manière de pratiquer l'« eScience », c'est-à-dire une recherche scientifique à laquelle participent des hommes de science du monde entier via l'Internet. Des organisations virtuelles (OV) dynamiques se créent en fonction des besoins de recherche ponctuels. Leur existence est temporaire. Des chercheurs de différents domaines scientifiques collaborent ainsi au sein de ces OV et ne sont plus limités par l'environnement de travail local.

Ces cinq prochaines années, l'« eScience » devrait créer plus de nouvelles données scientifiques que toutes celles générées par le passé. Nous pouvons dès lors logiquement supposer qu'elle donnera naissance à la prochaine génération d'infrastructures TIC. L'informatique en grille est en outre très complexe. La nouvelle forme de collaboration et le grand nombre de nouvelles données suscitent de nouveaux problèmes à résoudre : accès, modification, annotation et protection des données, identification, certification, respect de la vie privée, audit, protection des droits de propriété intellectuelle,...

Grâce au projet EGEE (*Enabling Grids for E-science*), l'Europe œuvre à la construction d'une infrastructure mondiale. Dans le cadre d'une première phase de l'EGEE, 70 partenaires collaborent à la construction d'une infrastructure couvrant 27 pays et à la création de connexions avec des infrastructures de grille aux États-Unis, au Japon, en Corée et en Chine. EGEE a mis au point un intergiciel de grille (*Grid Middleware*) désormais utilisé dans la partie européenne. La qualité de l'intergiciel est le secret du succès de l'informatique en grille. Il s'agit de la couche logicielle qui intègre les différentes unités informatiques et qui confère un accès simple à la grille. Le *middleware* contribue à une meilleure collaboration avec les autres infrastructures de grille.

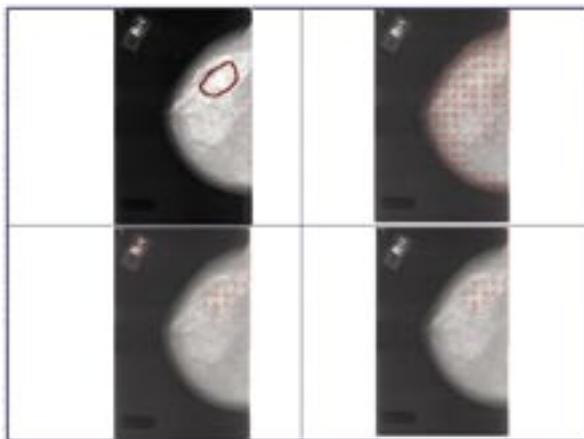
L'informatique en grille aide le monde à progresser

De très nombreuses recherches dans des disciplines très variées sont déjà en cours sur l'infrastructure en grille européenne :

- **Recherche de médicaments** : du 11 juillet 2005 au 19 août 2005, le projet WISDOM a été développé sur l'in-

frastructure EGEE. Plus de 46 millions de molécules différentes ont été examinées afin de trouver ainsi de nouveaux médicaments contre le paludisme. Un seul ordinateur aurait eu besoin de 80 ans pour s'acquitter de cette tâche. L'informatique en grille a mobilisé simultanément mille ordinateurs de quinze pays afin de tenter d'enrayer la deuxième plus grande cause de mortalité dans le monde. Il s'agit du projet biomédical à plus grande intensité de calculs jamais réalisé sur la grille européenne.

- **Mammogrid** : le projet Mammogrid est financé par la Commission européenne et est également une application biomédicale. Ce projet aide à appréhender la complexité et la diversité d'une affection telle que le cancer du sein grâce à la collecte des mammographies correspondantes. De cette manière, les spécialistes et les chercheurs disposent d'une quantité d'exemples d'imageries médicales de qualité statistiquement significatifs.



On utilise des mammographies pour le dépistage du cancer du sein.

- **Analyse des séismes** : la Terre constitue également un objet de recherche très attirant pour la grille de calcul/données. En utilisant l'infrastructure en grille d'EGEE, les chercheurs de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) sont parvenus à analyser un séisme de grande magnitude dans les 30 heures. Ce tremblement de terre intervenu le 28 mars dernier en Indonésie a coûté la vie à plus de mille personnes. L'analyse a permis de constater que ce séisme n'était pas une secousse secondaire tardive du tsunami intervenu quelques mois plus tôt, bien qu'il y soit toutefois lié par une relation complexe. En comprenant les paramètres exacts d'un séisme – quand, où et comment, les chercheurs s'approchent du pourquoi d'une secousse. Ce faisant, il sera possible à l'avenir de prévoir où frapperont les tremblements de terre et mieux quels seront leurs impacts.

- **MAGIC** : le télescope MAGIC (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov*) sur l'île canarienne de La Palma détecte les rayons gamma du cosmos. Son

Le télescope MAGIC



miroir présente un diamètre de 17 m et une superficie de 236 m². La grande quantité de rayons gamma captés nous donne des informations sur les événements intervenant dans l'espace. L'analyse des données reçues par le télescope MAGIC et la génération de simulations de gerbes atmosphériques de rayons cosmiques sont réalisées par l'intermédiaire de l'infrastructure en grille européenne.

La concrétisation de telles applications requiert davantage qu'une simple liaison entre différents systèmes informatiques composant une grille. Le logiciel veille à ce que les détails des systèmes connectés soient enregistrés et un système de distribution alloue la capacité libre disponible aux utilisateurs à la recherche d'espace et de puissance supplémentaires. Étant donné que l'informatique en grille véhicule souvent des informations très confidentielles, il est logique que les dispositifs de sécurisation qui veillent sur les droits d'utilisation et d'accès, fassent l'objet d'une mise au point minutieuse.

L'informatique en grille s'étend...

Aujourd'hui, les projets de grille concernent surtout l'univers de la recherche. C'est la raison pour laquelle ils sont souvent financés par les pouvoirs publics. Il y a peu de temps encore, ils restaient limités aux pays européens et au monde industrialisé, mais aujourd'hui, de nouvelles économies en pleine expansion comme la Chine s'y intéressent également. Cependant, cette nouvelle forme de collaboration est encore loin d'être arrivée à maturité. Seules quelques grilles ont atteint le stade de réelles infrastructures de production. La plupart des projets de grille se consacrent encore pour le moment au développement des différents aspects de l'informatique en grille.

Standardisation

Puisque chacun y est allé de sa propre initiative, il était inévitable que les grilles ne soient pas compatibles... Cette incompatibilité est actuellement un frein à la réalisation d'une infrastructure en grille à l'échelle mondiale comparable à la Toile mondiale. La standardisation est la seule réponse à cette situation.

Le *Global Grid Forum* (GGF) est généralement accepté comme l'autorité qui définit les standards en matière d'informatique en grille. Le GGF définit l'*Open Grid Services Architecture* comme le cadre de développement d'intergiciels de grille compatibles assurant ainsi la liaison entre les différentes infrastructures en grille.

Qu'en est-il en Belgique ?

Le monde de la recherche belge a aussi rapidement reconnu les possibilités uniques de l'informatique en grille. Les universités ont lancé çà et là des projets de recherche de petite envergure faisant appel à une telle grille de calcul. Cependant, l'informatique en grille a reçu

une impulsion décisive en Belgique grâce à la création de BEgrid par le réseau de recherche national BELNET. BEgrid est une grille de calcul/données belge. Le puissant réseau GigaNet de BELNET est un des principaux éléments de BEgrid.

BEgrid se compose actuellement de quelque 300 éléments de calcul et de trois téraoctets de capacité de stockage. Il se compose d'une collection de grappes reliées à BELNET. Si chaque institution gère sa propre grappe, BELNET propose toutefois tous les services nécessaires pour pouvoir travailler avec BEgrid. Cela comprend notamment la production du certificat permettant aux utilisateurs d'accéder à BEgrid et aux autres initiatives européennes.

De concert avec huit institutions, BELNET a réuni les ressources nécessaires tant en matériel qu'en personnel afin de concrétiser l'infrastructure BEgrid. Les participants sont le Centre d'excellence en technologies de l'information et de la communication, les Facultés polytechniques de Mons, la *Katholieke Universiteit Leuven*, l'*Universiteit Antwerpen*, l'*Universiteit Gent*, l'Université libre de Bruxelles, le *Vlaams Instituut voor de Zee* (Institut flamand de la mer) et la *Vrije Universiteit Brussel*. Leurs chercheurs utilisent désormais activement BEgrid. La Communauté flamande soutient aussi activement cette initiative en participant à l'acquisition de puissance de calcul et de capacité de stockage de données.

Les entreprises restent dans l'expectative...

Dans le domaine des projets de grille, les entreprises se tiennent encore sur la réserve. Si certaines s'y hasardent,

Vous avez dit « grid » ?

Deux professeurs en sciences informatiques américains, Ian Foster et Carl Kesselman, ont utilisé pour la première fois le mot « grid », grille en français. Ils l'ont choisi par analogie avec le « electrical power grid » que les anglophones utilisent pour décrire le réseau électrique.

En adoptant l'informatique en grille, vous ne devez plus vous faire le moindre souci pour un déficit en capacité de calcul ou d'espace de stockage. Il faut avant toute chose une bonne idée. Elle exige des calculs complexes ou des travaux graphiques en 3D ? Qu'à cela ne tienne ! L'informatique en grille peut les gérer en fonctionnant selon le même principe qu'un réseau électrique. Vous branchez la prise et vous attendez que le courant soit disponible. Dans le cas de l'informatique en grille, vous vous connectez au réseau et vous disposez d'une capacité et d'un espace de stockage suffisants garantis pour commencer votre travail numérique.

Trop beau pour être vrai ? Si l'informatique en grille est encore peut-être en pleine expérimentation, il n'en reste pas moins qu'il est entré de plain-pied dans la réalité.

ce n'est que pour des initiatives d'une portée limitée. Il n'empêche qu'on peut imaginer toute une série d'applications utiles. Cependant, avant que les chefs d'entreprise ne franchissent le pas, il conviendra d'abord de gommer les faiblesses des intergiciels de grille existants.

Il importe ainsi que les fournisseurs de logiciels soient à même de fournir une assistance. L'« *Enterprise Grid Alliance* » (EGA) est l'organisation qui entend accélérer l'adoption de l'informatique en grille au sein de l'industrie et du secteur public en apportant une solution aux faiblesses et aux défauts, et en encourageant l'acceptation des standards de l'informatique en grille.

L'une de ces carences réside dans la mesure précise de l'utilisation de l'infrastructure de grille par les membres affiliés. Une standardisation sera également nécessaire dans ce contexte afin de circonscrire ce qui sera mesuré, dans quelle unité l'exprimer, ... Certaines communautés (médicales) et certains secteurs estiment que la sécurisation est insuffisante alors qu'elle fait pourtant déjà l'objet d'une très grande attention. Ils souhaitent plus qu'un simple certificat et la définition de droit d'accès aux données par l'adhésion à une organisation virtuelle. La route est encore longue...

Veerle Custers et Rosette Van den Broucke



Veerle Custers,
Communication
externe BELNET



Rosette
Vandenbroucke,
coordinateur
BEgrid



Informatique en grille en langage humain :
gridcafe.web.cern.ch

Begrid, la grille belge: grid.belnet.be

EGEE, la grille européenne: public.eu-egee.org/

BELNET



BELNET est un service de l'Etat à gestion séparée relevant de la Politique scientifique fédérale. BELNET fournit à ses clients (universités, hautes écoles, institutions de recherche, services publics) un accès à l'Internet à large bande ainsi que les services associés. BELNET est également un pionnier de nouvelles technologies telles que l'IPv6, le multicast et l'informatique en grille, et il comprend le seul CERT (Computer Emergency Respons Team) spécialisé en sécurisation réseau et informatique de Belgique. Par ailleurs, BELNET se charge de la gestion de FedMAN, le réseau reliant les administrations fédérales et du BNIX, le nœud d'échange entre tous les fournisseurs d'accès internet du pays.

En proposant le premier réseau de recherche belge en 1993, BELNET a été le pionnier de l'Internet en Belgique. La sixième version de ce réseau sera lancée en 2006. La technologie des réseaux optiques deviendra ainsi réalité. BELNET dessert aujourd'hui 155 clients et fournit un accès réseau à quelque 550 000 utilisateurs finaux. Ce faisant, BELNET figure dans le trio de tête des fournisseurs d'accès Internet en Belgique.



Nous inaugurons une nouvelle rubrique à laquelle tous les lecteurs peuvent participer. Depuis toujours, nous avons accordé une place de choix à l'illustration et privilégions, à chaque fois que c'est possible, les visuels en pleine page.

Cap sur Hong Kong et ses musées.

Grâce aux relations culturelles qu'entretient Hong Kong avec la Chine continentale, les musées et galeries du territoire présentent aux visiteurs de splendides collec-

Les musées du

Cette page est désormais la vôtre ... Il suffit d'envoyer une ou plusieurs photos, accompagnées d'une légende d'une centaine de mots, par courrier électronique à scienceconnection@belspo.be (minimum 300 dpi / 118 pixels / format imprimable : 20 x 30 cm). Pas n'importe quelle photo toutefois. Elle doit avoir un rapport avec la Politique scientifique fédérale et ses établissements scientifiques. Par exemple, le musée d'histoire naturelle de Tournai, la fondation Guggenheim à Venise, le musée Munch d'Oslo ou encore le musée géologique d'Ho Chi Minh ville.

tions d'antiquités chinoises, datant pour certaines de plusieurs milliers d'années. Le Musée et la galerie d'art de l'Université de Hong Kong abritent la collection de bronzes de la dynastie Yuan la plus importante du monde. Le Musée des arts propose, lui, une collection permanente de jades, céramiques, peintures et calligraphies qui témoignent du riche passé artistique de la ville. Un peu plus loin sont situés le Musée des sciences – avec quelque 500 présentations interactives qui constituent une approche fascinante pour les enfants, de l'univers des sciences et des technologies – et le Musée





bout du monde

Le Musée de l'espace.

de l'espace, réputé pour son planétarium et sa programmation « omnimax » très diversifiée.

Le Musée de l'histoire de Hong Kong propose des dizaines de reconstitutions, toutes surprenantes d'authenti-

cité, rappelant les grandes étapes de l'histoire locale depuis les origines jusqu'à la rétrocession de 1997.

Pour les amoureux de la mer, le Musée de la défense côtière retrace l'aventure militaire littorale depuis la dynastie Ming jusqu'à nos jours. Erigé dans les Nouveaux territoires, le Musée du patrimoine offre, à travers ses douze galeries sur patio – dont une entièrement dédiée à l'opéra cantonais – une vision synthétique du passé historique, artistique et culturel du territoire.

S'étendant sur près de 1.000 Km², la région administrative spéciale de Hong Kong possède pas moins de 23 musées.

Pierre Deroitié



Les musées de Hong Kong :

www.discoverhongkong.com/eng/heritage/museums/mukln_0001.jhtml



Le prix d'entrée des musées à Hong Kong est dérisoire : pour 30 dollars (un peu moins de 3,5 euros), un pass est vendu pour les six grands musées.

Focus sur sites



Autre nouvelle rubrique, sous la direction du Service d'information scientifique et technique (SIST) : l'actualité liée à Internet. Tous les deux mois, nous vous proposerons une sélection de sites Internet mis en ligne par nos Etablissements scientifiques ou par d'autres administrations et dont le contenu, proche de nos préoccupations, nous semble intéressant. Démarche subjective, certes, mais qui complète la lecture de votre magazine...



Art Nouveau & Design, Ligne du temps par les Musées royaux d'art et d'histoire (MRAH)

Ce site (en français et en néerlandais) complète l'exposition consacrée à l'évolution des industries d'art belges qui se tient jusqu'à la fin de ce mois de décembre aux Musées royaux d'art et d'histoire (voir *Science Connection* #08, p 2) dans le cadre des festivités du 175^e anniversaire de la Belgique. On y retrouve en contexte historique l'évolution artistique des arts décoratifs entre 1830 et 1958.

Cette réalisation peut être abordée de manière thématique et/ou chronologique. L'internaute passionné par ce mouvement artistique y découvrira un autre regard sur ce mouvement qui a tant contribué à la renommée mondiale de notre petit pays.

www.lignedutemps.mrah.be/

Biodiversity.be

par la Politique scientifique fédérale



La Plate-forme belge de la biodiversité soutient la recherche interdisciplinaire aux niveaux national et international et s'emploie à faciliter les synergies entre la recherche scientifique et la politique en matière de diversité biologique (voir *Science Connection* #07).

Initiative de la Politique scientifique fédérale, la Plate-forme est aussi le représentant belge de l'*European Platform for Biodiversity Research Strategy* (EPBRS) et du *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF).

Ce site, en anglais, contient quantité de données et métadonnées en rapport avec l'étude et la conservation de la diversité biologique. On y trouve toujours la lettre d'information, une rubrique de nouvelles, des événements et des forums thématiques. Ces derniers sont associés à des groupes de discussion en ligne.

www.biodiversity.be

PlantCol, Collections belges de plantes par le Jardin botanique national de Belgique

Chacun sait que la biodiversité est globalement en déclin. Pourtant, la réalisation d'inventaires minutieux, en plus d'être nécessaire pour conserver et gérer les ressources génétiques d'espèces animales et végétales, permet souvent de redécouvrir des espèces que l'on croyait éteintes. Le projet PlantCol vise à recenser les ressources génétiques des plantes vivantes en Belgique.

L'asbl « Association des Jardins botaniques et des arboretums », soutenue par la Politique scientifique fédérale dans le cadre du Programme pluriannuel de soutien au développement de la société de l'information, a donc réalisé une base de données accessible en ligne, reprenant des inventaires de collections de plantes vivantes des jardins botaniques et arboretums belges. Le système peut être interrogé par le nom (vernaculaire ou scientifique) de l'espèce ou sa localisation. Les notices sont un peu austères, mais il est prévu dans la deuxième phase du projet de détailler les informations disponibles, de les compléter par des photographies et de constituer un herbier.

Le site est accessible en français, néerlandais et anglais.

www.plantcol.be/

www.belspo.be > FEDRA > Actions de recherche > Programme pluriannuel de soutien au développement de la société de l'information > projet 210



Mais aussi...

Les Etablissements scientifiques fédéraux
par la Politique scientifique fédérale

Description de tous les ESF, avec photos, coordonnées et liens vers les sites.

www.belspo.be > Etablissements scientifiques

Rétrospective Panamarenko

par les Musées royaux des beaux-arts de Belgique

Site de l'exposition. A voir (en français) : le site éducatif contenant dossier, concours et jeux interactifs.

www.expo-panamarenko.be/

Changements climatiques

par le SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement

Tout sur le climat : réchauffement, effet de serre, politiques nationale et internationale ...

www.environment.fgov.be/Root/tasks/atmosphere/klim/set_fr.htm



Denis Renard

La digitalisation des archives sonores musicologiques du Musée royal de l'Afrique centrale est en cours

Sons, paroles et musiques d'Afrique

Le 1^{er} octobre 2003, le projet DEKKMA a été lancé dans le cadre du Programme pluriannuel de soutien au développement de la société de l'information (PPSI) de la Politique scientifique fédérale. La réalisation du projet est le fruit d'une collaboration entre le Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC), en particulier son service d'ethnomusicologie – coordinateur – et son service ICT, d'une part, et, d'autre part, les partenaires de l'*Universiteit Gent (Instituut voor psychoacustica en elektronische muziek – IPEM)* – et le groupe *Database, Document and Content Management – DDCM* – et de l'Université libre de Bruxelles (département d'ethnomusicologie).

L'amorce du projet a été la constatation que les archives sonores du MRAC étaient, jusqu'il y a quelques années, très peu accessibles au grand public et qu'une partie de la collection nécessitait une restauration urgente et une conservation durable. Le PPSI offrait la possibilité d'apporter une solution à cette double problématique.

De nombreux instituts à travers le monde qui possèdent des archives sonores, en ont déjà entamé la digitalisation, ou en ont le projet.

Les archives sonores du service d'ethnomusicologie du MRAC contiennent une collection d'enregistrements sonores de musique traditionnelle du monde entier, mais le Congo et le Rwanda jouissent d'une place privilégiée. Ces enregistrements couvrent actuellement un total de 3.000 heures, les plus anciens datant de 1910. Cette collection a été constituée durant et après la période coloniale du royaume de Belgique et peut être considérée comme la mémoire musicale de l'Afrique centrale. En raison de la quantité d'enregistrements, de la documentation et de la qualité musicale, il

s'agit sans aucun doute des archives sonores les plus importantes du monde en ce qui concerne cette région. Il va dès lors de soi que la digitalisation des enregistrements du Congo, du Rwanda et du Burundi constitue une première priorité au sein du projet.

Problèmes de conservation et d'accessibilité

Comme dans toutes les archives sonores à valeur historique, on retrouve dans celles du MRAC différents supports (les cylindres de cire, les Sonofils, les bandes magnétiques, les disques pour gramophones, les cassettes audio, les CD, ...). Ceci a pour conséquence que la qualité technique des enregistrements n'est pas toujours satisfaisante (notamment pour ceux datant d'avant les années 1950), mais, surtout, que l'état matériel des supports sonores les plus anciens ne permet pas d'utilisations fréquentes. Le fait que les supports sonores les plus anciens puissent subir les outrages du temps rend nécessaire le transfert des collections audio complètes vers un support durable, avant que des pans entiers de ces archives ne soient endommagés ou définitivement perdus.

L'accessibilité des archives constitue un second problème. Actuellement, pour une étude approfondie, il faut effectuer des copies de travail de l'original, avec le risque constant de l'endommager. En outre, méta-données (système de fiches) et information contextuelle liées directement aux enregistrements ne peuvent être consultées que sur place. Pour y remédier et pour ouvrir les archives sonores à un public plus important, une banque de données et un accès en ligne sont nécessaires.

Les objectifs du projet

Dans la réalisation de ce projet, il convient de tenir compte de divers facteurs si l'on veut élaborer un instrument complet et efficace pour une utilisation interne et externe.

■ La digitalisation sonore

La digitalisation de l'ensemble des archives sonores du service d'ethnomusicologie du MRAC est réalisée dans son propre studio audio.

À travers des initiatives et des publications récentes, des

Cette collection peut être considérée comme la mémoire musicale de l'Afrique centrale.

Vue du studio audio du service d'ethnomusicologie © MRAC





Ensemble de xylophones et de tambours, chez les Sala Mpasu au Congo (RDC) © MRAC

groupes de travail internationaux ont argumenté quant à la nécessité de la digitalisation ainsi que sur les aspects techniques et autres éléments corollaires au processus de numérisation. La source la plus importante à ce sujet est l'*International Association of Sound and Audiovisual Archives (IASA)*.

Comparativement aux autres institutions plus avancées, le projet de digitalisation des archives sonores ethnomusicologiques du MRAC est assez tardif et une approche urgente s'avère nécessaire pour suivre les standards internationaux dans le domaine de l'archivage audio.

Il va de soi que les différents supports sonores nécessitent chacun une approche qui leur est propre et qu'une partie des enregistrements les plus anciens (cylindres de cire et Sonofils) doivent être restaurés avant que l'on puisse passer à la fabrication d'une copie. Quant aux autres supports sonores, nous partons du principe que les premières copies digitales doivent approcher le plus possible l'original et que le travail de restauration ne peut s'effectuer que sur cette première copie.

Les rouleaux de cire (457 pièces) les plus anciens datent de 1910 et ont été enregistrés par le capitaine Armand Hutereau dans la province du Uele (R.D. Congo). Ils ont une grande valeur historique et proviennent d'une période où les enregistrements sonores en étaient à leurs premiers balbutiements, ce qui est particulièrement vrai pour l'Afrique où la nature du matériau exigeait les plus grandes précautions. Ces rouleaux de cire seront d'abord restaurés puis copiés sur support digital durable, pour être enfin transcrits sur disque dur. Cette tâche sera réalisée en collaboration avec le *Museum für Völkerkunde* de Berlin, qui dispose également d'une grande collection de ce type de support et qui a développé un système de restauration et de digitalisation adapté.

La collection de Sonofils pose de grands problèmes sur le plan de la restauration, en raison de la nature du matériau. Il s'agit, en effet, d'un fil métallique très fin enroulé sur une bobine, qui doit, dans de nombreux cas, être d'abord démêlé puis passé dans un lecteur adéquat, avant d'être copié.

Pour la collection de disques pour gramophones, nous limitons dans un premier temps à la digitalisation des disques 78 et 45 tours (au total 1.142 pièces) datant des années 1940 et 1950.

Les archives sonores comptent un total de 1.750 bandes magnétiques d'une durée moyenne de 60 minutes. La plus grande partie de ces bandes est restée en bon état et peut être digitalisée directement. A cet égard, la qualité et l'âge du matériel sont déterminants. Sur ce type de support, le son est codé magnétiquement et le matériel encourt inévitablement des dégradations.

Les archives abritent en outre 650 cassettes audio d'une durée moyenne de 60 minutes, quelques centaines de cassettes DAT et de CD qui seront enregistrés lors d'une phase ultérieure du projet de digitalisation.



Harpe nkundi des Mangbetu (Congo - RDC) R.G. 2606 8/3. © MRAC

Tambour royal des Kuba (Congo - DRC) R.G. 97.10.3. © MRAC



Nous avons choisi de travailler avec un système de banques de données relationnel, ce qui est actuellement la technologie utilisée le plus couramment.

■ **La digitalisation des méta-données**

Nous entendons par là la digitalisation des données qui ont un lien avec les enregistrements audio et qui ne sont actuellement disponibles qu'à travers un système de fichiers. Ces méta-données sont notamment constituées d'informations relatives au pays et au lieu où l'enregistrement a été effectué ou au peuple concerné, et fournissent des données sociales, anthropologiques et culturelles quant à la fonction, aux instruments de musique, aux exécutants et aux genres musicaux.

Partant de la forme standardisée de cette information, une banque de données digitale propre a été développée et est disponible sur Internet en français, néerlandais et anglais. Tous les éléments mentionnés sur le fichier initial associé à l'enregistrement audio sont contrôlés quant à leur exactitude et adaptés, le cas échéant, avant d'être intégrés dans la banque de données.

■ **Banque de données et système d'intégration**

Il a été nécessaire d'archiver tant les enregistrements musicaux numérisés que les méta-données, et ce, de préférence, de manière à ce qu'une future actualisation et toute recherche d'informations se poursuive de façon efficace et (semi-)automatique. En d'autres termes, il fallait structurer et conserver toutes les données disponibles de sorte que les archives soient accessibles aisément et à travers un système d'exploitation convivial. Pour cette raison, nous avons choisi de développer une solution qui intègre une banque de données faite sur mesure, multilingue et capable de contenir toutes les données disponibles, afin d'éviter toute perte d'information. Il y a d'autres exigences à respecter. Le système développé doit être intégré pratiquement sans transition dans d'autres systèmes d'information existant au sein du Musée, et les données doivent être facilement transférables ou interchangeables. En raison de l'équipement matériel et logiciel préexistant du Musée, nous avons choisi de travailler avec un système de banques de données relationnel, ce qui est actuellement la technologie utilisée le plus couramment. Après étude approfondie, nous avons élaboré, au moyen de la technique de modélisation « *Enhanced Entity Relationship* », un projet de schéma de banque de données fait sur mesure, que nous avons ensuite mis en œuvre. Ceci garantit, pour les données, un format de stockage optimal et indépendant. Pour promouvoir l'échange de données, la deuxième phase du projet élaborera un certain nombre de procédures visant à convertir les données dans un format d'échange standard. Un accès convivial à la banque de données est obtenu par l'utilisation d'un site web intégré et créé sur mesure.

■ **La digitalisation de l'information contextuelle**

L'information contextuelle concerne la documentation complète, présente dans le service, qui est en relation avec une source sonore, à savoir des photos, des vidéos, des notes de terrain, des publications, des informations

générales relatives aux instruments de musique et à la culture musicale du peuple où l'enregistrement a été effectué, ... Une partie importante de cette information contextuelle peut être consultée à travers la banque de données placée sur Internet. Celle-ci présente à l'utilisateur un contexte large dans lequel il peut situer l'enregistrement. Le travail est exécuté par un personnel compétent familiarisé avec cette matière : soit les chercheurs ont réalisé eux-mêmes les prises de son sur le terrain, soit ils sont familiarisés avec la culture musicale de leur pays au point qu'ils peuvent ajouter des informations précieuses aux méta-données existantes. C'est le cas notamment de J.-B. Nkulikiyinka, ancien chef du Ballet national du Rwanda et musicologue impliqué dans le projet.

■ **À la recherche d'un contenu musical**

Depuis quelques années, une partie des études sont consacrées aux manières de décrire les contenus musicaux intéressants et d'utiliser ensuite ces descriptions pour retrouver la musique dans la banque de données. Cette approche offre la possibilité d'effectuer une recherche dans une banque de données sur la base d'un exemple sonore, ou sur celle d'une description des propriétés émotionnelles de la musique. Cette analyse combine deux approches. La première consiste à tirer du son des observations de structure. Il s'agit, par exemple, de détecter des informations sur la tonalité, d'identifier les instruments de percussion, de reconnaître les couleurs des sons (chantés ou instrumentaux). La deuxième approche concerne les observations subjectives que l'on tente de décrire. Celles-ci peuvent avoir trait, par exemple, au caractère structurel de la musique (la mélodie, ou encore le modèle rythmique) ou le caractère émotionnel qui émane de la musique (gai, mélancolique). Ensuite, il s'agit de voir dans quelle mesure les descriptions verbales peuvent être associées aux caractéristiques physiques de la musique, afin de créer un lien entre les descriptions basées sur le contenu et les observations de l'énergie physique de la musique. Le projet DEKKMA adapte les algorithmes du projet MAMI à la musique



africaine. L'objectif est de voir dans quelle mesure il est possible de rechercher, dans une banque de données, une musique sur base de son contenu.

Vers une solution intégrée et rationnelle de stockage de données

Pour que le projet produise de bons résultats, il est nécessaire de développer des fonctions qui à la fois seront utiles dans la gestion interne du service d'ethnomusicologie (acquisition, documentation, accessibilité et conservation des documents, contenu) et permettront aux utilisateurs externes d'avoir accès aux archives sonores du Musée, y compris à l'information contextuelle, et de pouvoir écouter des exemples musicaux. Tout cela exige bien entendu une stratégie interne sur le plan de l'équipement informatique, des logiciels, de l'entretien et de la protection.

Étant donné l'explosion du nombre de projets de digitalisation gourmands en espace disque (plusieurs dizaines de TeraBytes), il était impératif de repenser la manière de stocker tous les fichiers produits par ces activités en vue de diminuer le coût total d'exploitation du parc des serveurs du MRAC. Une solution élégante s'est imposée naturellement : la virtualisation de serveurs et de leurs ressources (mémoires, disques durs, cartes réseau, onduleurs...) via le logiciel VMWare. L'équipement de base est assez lourd mais est vite rentabilisé car il permet de faire évoluer les ressources en fonction de la demande, de manière centralisée, en évitant ainsi une gestion multiple des serveurs. Cette solution permet de mieux gérer les ressources matérielles des serveurs (une seule interface web) mais aussi celle de l'espace du local serveur, des connexions réseau, des contrats d'entretien, de la puissance électrique et des périphériques. Il est également possible de faire cohabiter plusieurs types de systèmes d'exploitation différents.

L'espace de stockage prévu dans le cadre du projet sera progressivement étendu à raison de 1,5 TB par an pendant 4 ans. Les protections d'usage sont de mise : alimentation et onduleurs redondants ; disques gérés par un contrôleur de type

RAID5E permettant le remplacement à chaud de deux disques, simultanément défectueux, sans perte de données. Dans l'attente d'une solution d'archivage centralisée, une copie de sauvegarde est prise sur support LTO de deuxième génération permettant le stockage de 200 GigaBytes de données non compressées par cartouche.

Le projet DEKMMA se terminera le 31 décembre 2007. À ce moment, la plus grande partie des archives sonores seront digitalisées. Le service d'ethnomusicologie peut cependant garantir la poursuite de la numérisation, tant sur le plan de l'audio que sur celui de l'importation des données à mesure que les archives s'enrichiront de nouvelles collections. Grâce à ce projet, une base a été établie pour une gestion durable des archives et pour leur accessibilité au public.

**Jos Gansemans / Marc Leman / Guy De Tré /
André De Mûelenaere**



Le projet DEKMMA :
- www.belspo.be > FEDRA > Actions de recherche >
Programme pluriannuel de soutien au développement de la
société de l'information > projet 211

- music.africamuseum.be

L'International Association of Sound and Audiovisual
Archives (IASA) :
www.iasa-web.org

Le projet MAMI :
www.ipem.ugent.be/MAMI



Le paradoxe de la reproduction sexuelle ou:

pourquoi le sexe?

Il y a sexe et sexe. Le premier fait référence à un comportement tout à fait spécifique de notre espèce, le deuxième est un terme qui englobe toute une série de processus génétiques. L'un est encore sympathique, l'autre participe d'un paradoxe évolutionnaire. Nous n'allons pas nous attarder sur le premier cette fois. En revanche, la Commission européenne vient d'allouer 2,2 millions d'euros à l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB) ainsi qu'à ses huit partenaires européens pour effectuer des recherches sur ce fameux paradoxe.

La reproduction peut avoir lieu de plusieurs manières, que ce soit chez les eucaryotes pluricellulaires ou parmi les végétaux et les animaux. La plupart de ces espèces, soit environ 95%, présentent au moins sporadiquement un cycle de reproduction sexuelle. Ceci signifie que les deux sexes, mâle et femelle, produisent des cellules sexuelles (ovules, spermatozoïdes). Ces cellules sexuelles sont haploïdes, c'est-à-dire qu'elles ne présentent qu'un seul set de chromosomes et doivent fusionner en un zygote diploïde.

Le paradoxe

Les cellules sexuelles sont formées par un processus complexe de division cellulaire appelé méiose. La méiose produit donc des cellules sexuelles haploïdes à

partir de cellules diploïdes. Au cours de ce processus, le matériel génétique peut se restructurer de différentes manières. La reproduction sexuelle garantit ainsi une descendance qui n'est pas génétiquement identique aux parents et augmente ainsi la variabilité génétique dans les populations animales et végétales. Cette évolution est particulièrement importante lorsque ces populations doivent s'adapter à des modifications des facteurs environnementaux, par exemple des changements climatiques, mais aussi lors de l'apparition de parasites et/ou de prédateurs.

Certaines espèces peuvent toutefois se reproduire asexuellement (reproduction asexuée). Une possibilité est la reproduction végétative, où une partie du corps se transforme en un nouvel individu. Ce type de reproduc-

tion est retrouvé par exemple chez les végétaux, où une nouvelle plante peut se développer à partir d'une portion de racine ou chez le ver de terre : coupez-le en deux et chaque moitié deviendra un nouvel individu. L'autre type de reproduction asexuée est la parthénogenèse, où un nouvel individu se développe à partir d'un ovule non fécondé. En cas de reproduction asexuée, les mâles sont donc inutiles et, de plus, les filles sont identiques à leur mère, à une mutation près. Toutes les descendantes d'une mère (génération après génération) forment un clone.

La plasticité génétique des populations sexuées est donc absente en cas de reproduction asexuée, mais le fait de ne plus devoir produire de mâles représente un grand avantage compétitif. En effet, dans la mesure où toutes les descendantes sont des filles, tous ces individus pourront directement participer à la reproduction de la génération suivante (elles produisent toutes des petites-filles), alors que ceci n'est pas le cas pour une descendance mâle. C'est pourquoi les populations asexuées peuvent croître deux fois plus vite (en fait de manière exponentielle) que les populations sexuées. Un coût significatif est donc lié à la reproduction sexuelle, ce qu'on appelle le coût double du sexe.

Et le sexe présente encore plus de désavantages : il faut dépenser beaucoup d'énergie pour rechercher (et convaincre) un partenaire, la copulation directe expose à une série de parasites sexuels (un risque que ne courent pas les asexués)... Ceci est le paradoxe de la reproduction sexuelle : si le sexe entraîne de tels coûts évolutifs, pourquoi donc est-il la forme de reproduction la plus répandue ?

Des rochets et des parasites

Le paradoxe sexuel est l'une des plus éminentes problématiques de la biologie évolutionnaire. Le biologiste canadien Graham Bell (homonyme de l'inventeur du téléphone) a appelé le sexe « le roi de tous les problèmes évolutionnaires ». Il n'est donc pas étonnant que pratiquement tous les grands biologistes évolutionnaires de l'histoire de la biologie se soient penchés sur la question. Par contre, ce qui est plus étonnant, c'est que tous aient donné une réponse différente, une première indication de la complexité du problème...

Un premier groupe d'hypothèses pose que les processus génétiques impliqués dans le sexe puissent assurer la formation plus rapide des bonnes combinaisons génétiques dans les populations sexuées que dans les populations asexuées. Un exemple est l'hypothèse de la *Reine rouge*, appelée ainsi en référence au personnage du roman de Lewis Carroll, *A travers le miroir*, son deuxième

livre après *Alice au pays des merveilles*. La Reine rouge prend Alice par la main et elles courent le plus vite possible sans toutefois avancer d'un mètre. La reine s'exclame alors : « *Nous courons pour rester à la même place !* ». Cet aphorisme est utilisé pour visualiser un des avantages de la reproduction sexuelle, censé au moins en compenser le double coût.



Imaginez qu'un parasite développe un processus chimique permettant d'exploiter efficacement son hôte. La population des hôtes aura tout intérêt à développer rapidement une résistance supérieure. Grâce à la flexibilité génétique supérieure des populations sexuelles, celles-ci pourront répandre rapidement la combinaison des gènes nécessaires, ce qui n'est pas le cas pour les populations asexuées. Un avantage sélectif significatif et qui peut jouer un rôle à court terme.

Un deuxième groupe d'hypothèses, comme le rochet de Muller (*Mullers ratchet*), part de l'idée que les mutations négatives ne feront que s'accumuler dans les populations asexuées, les individus présentant finalement tant de mutations que la population en meurt. En effet, les asexués ne peuvent pas purifier leur génome (ensemble des gènes dans les chromosomes d'un individu) et éliminer ces modifications, alors que les sexués, eux, peuvent le faire par la méiose. Ainsi, tous les groupes asexués sont par définition éphémères et condamnés à une « mort par mutation » à court ou moyen terme.

Il existe 25 hypothèses de ce type au total, mais jusqu'à présent, lorsqu'elles sont testées (expérimentalement ou en appliquant un modèle mathématique), aucune d'elles n'est parvenue à expliquer entièrement ce paradoxe. Il demeure donc un sujet d'étude important, car soit le Graal n'a pas encore été trouvé, c'est-à-dire une vingt-sixième hypothèse expliquant effectivement le tout, soit l'explication réelle doit être recherchée dans la combinaison de plusieurs hypothèses existantes.

Des moules et des ostracodes

Le Muséum des sciences naturelles présente actuellement (et jusqu'au 30 juin 2006) l'exposition « Moules nature », des informations passionnantes sur le mollusque le plus populaire en Belgique. Le projet actuel au sein de l'IRSNB sur le paradoxe du sexe concerne un tout autre groupe animal, celui des ostracodes (Ostracoda). Comme les moules, les ostracodes ont également deux coquilles, mais sont habités par une écrevisse, donc un arthropode. On trouve des ostracodes dans pratiquement chaque type d'eau, qu'elle soit marine ou non marine, douce ou salée, courante ou stagnante, ... On connaît de nombreuses espèces d'ostracodes, récentes et fossiles, c'est pourquoi cette combinaison fait de ces animaux un excellent groupe-modèle pour une large gamme d'études évolutives, l'âge absolu de chaque groupe d'ostracode pouvant être déterminé avec certitude scientifique. De plus, on retrouve chez l'ostracode toutes les différentes formes de reproduction, depuis les formes entièrement sexuées en passant par des stratégies mixtes et jusqu'aux formes entièrement asexuées, probablement très anciennes.

Eucypris virens est une espèce à reproduction mixte. Elle comporte donc les trois sexes: mâle, femelle sexuée et asexuée. En Europe, les formes sexuées ne se retrouvent qu'autour du bassin méditerranéen, alors que les formes asexuées se retrouvent partout ailleurs. Cet étrange schéma de répartition est appelé la parthénogenèse géographique. Dans certaines flaques, les trois sexes cohabitent et les mâles peuvent former des hybrides triploïdes (avec trois sets de chromosomes) avec les femelles asexuées, une cellule de sperme haploïde fusionnant avec un ovule diploïde (normalement asexué). De tels clones triploïdes sont particulièrement intéressants, étant donné que la polyploïdie peut offrir un avantage sélectif, par exemple compenser l'accumulation de mutations (voir plus haut). Très souvent, les femelles sexuées peuvent également avoir une descendance

asexuée. Il existe donc toute une série d'interactions entre les différentes formes de reproduction au sein de cette espèce complexe. Plus qu'assez de raisons donc pour la prendre comme groupe-modèle dans le cadre d'un projet de recherche international sur le paradoxe de la reproduction sexuelle !

Le projet Sexasex

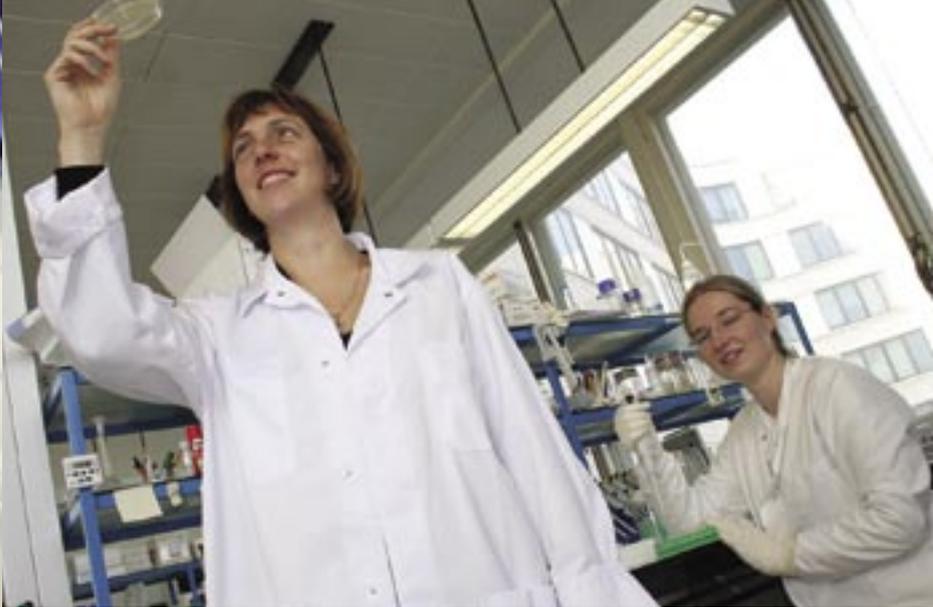
Au début de l'année 2004, l'IRSNB (comme coordinateur) et huit autres partenaires ont rentré un projet de collaboration scientifique internationale à la Commission européenne, avec comme thème principal le paradoxe de la reproduction sexuelle. Ce thème ne peut être étudié que d'une manière interdisciplinaire, ce qui fait de ce projet une matrice de formation idéale. En effet, la combinaison de la rotation des chercheurs entre les laboratoires et l'organisation de cinq *workshops* de formation assurera une formation de tous les participants dans 13 disciplines différentes (biologie moléculaire, études du génome, caryologie, écologie, modélisation mathématique, ...). Sous l'acronyme Sexasex, notre projet s'est classé parmi les premiers. Le travail pouvait donc commencer.

Nous avons commencé par recruter dix participants (six étudiants de doctorat et quatre chercheurs postdoctoraux). Les places ont été annoncées via divers canaux. Des 150 candidats provenant de toute l'Europe, dix ont été sélectionnés sur la base de leur carrière scientifique, de leurs connaissances générales et spécifiques et plus particulièrement en fonction de leur disponibilité à travailler au sein d'un contexte international. Ceci avait des raisons pratiques (seules des personnes motivées à ce faire peuvent s'engager à travailler trois ans à l'étranger), mais était également important pour correspondre le plus possible à l'optique des actions Marie Curie. Sexasex fournira donc un certain nombre de chercheurs de formation supérieure qui pourront contribuer à la construction de l'Espace européen de la recherche.



Eucypris virens

Eucypris virens est un ostracode et le groupe-modèle du projet Sexasex. L'espèce est fort répandue en Europe et dans le nord de l'Afrique pendant les pluies saisonnières, mais ne se reproduit que pendant les mois d'hiver. Sa longueur est de 2 mm environ et elle vit sur le sol et sur plusieurs plantes. Les mâles sont rares et ne se retrouvent qu'autour du bassin méditerranéen.



La recherche effective a démarré au début de cette année. Le laboratoire de l'IRSNB et celui de l'Université de Sheffield (Angleterre) sont chargés de la biologie moléculaire, d'études du génome et de la phylogéographie. Les partenaires polonais, italiens et espagnols étudient l'écologie, à la fois par le biais d'études sur le terrain axées sur la co-existence des différentes formes de reproduction au sein d'une même équipe, et par le biais d'études en laboratoire sur une diversification de niche entre les différents clones ainsi qu'entre certains clones et les femelles sexuées. Un laboratoire suisse vérifie la présence de parasites dans les groupes sexués et asexués et teste ainsi l'hypothèse de la Reine rouge. Les études caryologiques et cytologiques sont effectuées à Munich et à Brno (en Tchéquie). Celles-ci permettront de constater une éventuelle polyploïdie. L'Université de Montpellier, enfin, élabore des modèles afin d'intégrer toutes les données.

Des paradoxes et de la production d'aliments

Grâce à cette recherche intégrée, Sexasex espère pouvoir apporter une contribution significative à la résolution du paradoxe de la reproduction sexuelle. Plus particulièrement, nous espérons (entre autres) tester si certains clones présentent effectivement une longévité supérieure et si l'existence d'un très grand nombre de clones doit être imputée à une interaction constante entre les groupes sexuels existants, par exemple à la génération continue de nouveaux clones. Les hypothèses prédisant par définition une courte vie des groupes asexués sont-elles correctes ou les groupes asexués peuvent-ils développer des mécanismes compensatoires, par exemple des mécanismes de réparation de l'ADN très puissants ? Ces questions présentent plus qu'un intérêt théorique, étant donné le fait que dans l'agriculture certaines céréales essentielles sont quasi uniquement utilisées sous forme de clones (et donc de manière asexuée). Pendant combien de générations pourra-t-on utiliser de tels clones avant que n'apparaissent les premiers signes du nombre toujours croissant des mutations ? De tels champs monoclonaux sont-ils effectivement plus sensibles aux parasites ? Sexasex fournira des données susceptibles d'aider à répondre à de telles questions (et à d'autres aussi).

Koen Martens



Le projet Sexasex : www.naturalsciences.be/EVIRENS/



Koen Martens est le coordinateur du projet Sexasex. Il est actuellement impliqué dans plus de 15 projets (nationaux et internationaux) concernant les ostracodes et la biodiversité. Ses centres d'intérêt scientifique concernent pratiquement tous les domaines de la biologie évolutionnaire. Il est également coordinateur de l'IRSNB pour la Plate-forme belge de biodiversité.



Isa Schön est la responsable du partenaire IRSNB dans le projet Sexasex. Elle est experte en études moléculaires sur les ostracodes.



Dunja Lamatsch est une chercheuse postdoctorat du projet Sexasex. Elle travaille à l'IRSNB et à l'Université de Sheffield. Au sein du projet, elle est responsable des travaux moléculaires sur Eucypris virens.



Saskia Bode est l'une des six étudiants de doctorat du projet Sexasex. Elle travaille à l'IRSNB et étudie la distribution phylogéographique d'Eucypris virens en Europe.

Une source pour l'histoire des paysages: l'atlas terrier de l'abbaye de Saint-Bernard à Hemiksem (1666-1671)

Depuis 1996, les Archives de l'Etat publient la série « *Sources cartographiques et iconographiques de l'histoire du paysage en Belgique* », dans laquelle sont publiés des fac-similés avec impression soignée en plusieurs couleurs de cartes très précieuses, principalement d'institutions religieuses du Brabant datant des XVII^e – XVIII^e siècles. Il s'agit d'atlas terriers des abbayes de Bruxelles (La Cambre), du Brabant wallon (La Ramée), du Brabant flamand (Affligem, Averbode, Louvain (Augustins), de Parc (Heverlee) et d'Anvers (Anvers-Saint-Michel, Tongerlo). Que ces fac-similés concernent principalement des institutions religieuses s'explique par le fait que les abbayes, bien plus que les grands propriétaires fonciers laïcs, avaient une vision à long terme de la gestion de leurs terres et libéraient également plus de moyens pour les cartographier. De plus, ces cartes « ecclésiastiques » ont généralement été mieux conservées et plus souvent transmises aux archives publiques. Par contre, les collections cartographiques des grands propriétaires fonciers laïcs, soit sont conservées dans des possessions privées, soit ont été détruites ou encore ont disparu au fil du temps.

Le neuvième numéro de la série est paru il y a peu : il s'agit de l'atlas terrier de l'abbaye de Saint-Bernard à Hemiksem, publié sous la rédaction d'Erik Houtman des Archives de l'Etat à Anvers et du professeur émérite Herman Van der Haegen, qui a coordonné la série.

Histoire de l'abbaye

L'origine de l'abbaye remonte à deux grandes donations. En 1233, le duc de Brabant, Henri I^{er}, fait don aux cisterciens de son domaine de Westmalle-Zoersel avec l'importante chasse de Hooidonkbos, pour qu'ils y fondent une abbaye. La donation de ce domaine fortement érodé par les puissants locaux ne permettait toutefois pas d'y établir une abbaye économiquement viable. En 1236, l'un des nobles les plus puissants nobles du Brabant, Gilles II Berthout, seigneur de Berlaar, fit également don de possessions importantes situées à Vremde, Ranst (Millegem), Broechem et Grobbendonk, ce qui entraîna la fondation d'une abbaye à Vremde au cours de l'été 1237.

Rapidement, il s'avéra que cet endroit n'était pas idéal, ni stratégiquement, ni économiquement et, en septembre 1246, la nouvelle fondation déménagea vers un domaine acheté récemment à Hemiksem sur les rives de l'Escaut. A partir de ce moment et au cours des décennies suivantes, l'abbaye a édifié un important patrimoine composé de terres et de dîmes, en partie grâce à des dons et en partie grâce à des achats auprès de la noblesse locale impécunieuse. Une grande part de cette propriété foncière était directement exploitée par l'abbaye à l'aide de nombreux frères laïcs et des ouvriers des vastes fermes (« grangia ») de Hemiksem, Zoersel, Vremde, Moerzeke et Hoeven (Halderberge, Brabant septentrional). A partir du XIV^e siècle, l'abbaye se comporta plutôt comme un rentier et donna les bâtiments agricoles et les terres à ferme. L'abbaye n'a jamais mis en œuvre elle-même de grands projets d'exploitation des polders (Moerzeke, Sint-Maartenspolder - Brabant septentrional) et des sols sablonneux (Zoersel, Puurs), mais a distribué ces terres à des entrepreneurs ou à des colons-entrepreneurs ainsi qu'aux fermiers. L'abbaye a acquis des refuges urbains dans les villes d'Anvers, de Bruxelles, Louvain, Lierre et Malines tout en développant une agréable propriété de campagne à Puurs-Coolhem à côté de l'exploitation agricole.

Au cours des XV^e et XVII^e siècles, l'abbaye continua à avoir le vent en poupe jusqu'à ce qu'elle soit, elle aussi, touchée par les mouvements de réforme politico-religieux.

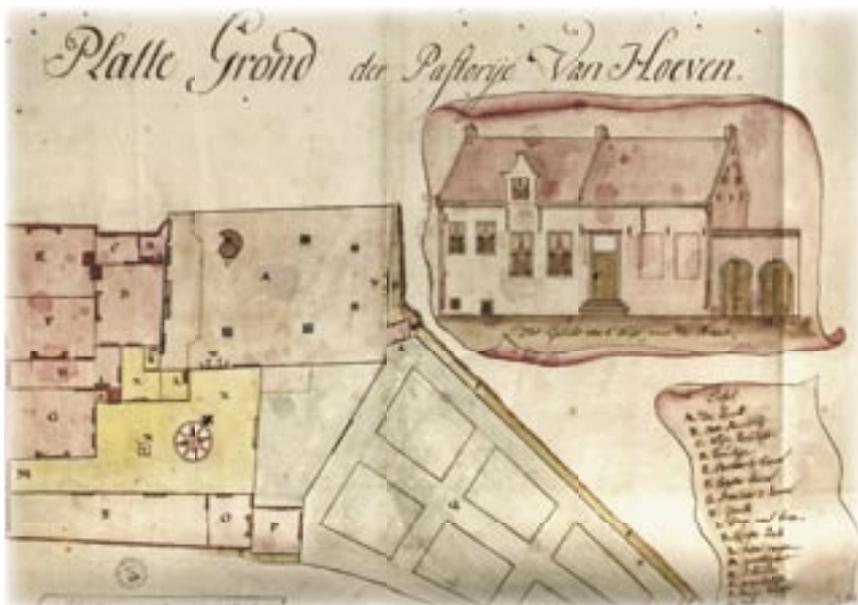
Une mesure qui a menacé sa survie fut l'incorporation de l'abbaye dans l'évêché d'Anvers, par laquelle elle perdit une grande partie de son autonomie. Ses possessions ont partiellement servi au fonctionnement de l'évêché nouvellement établi (1559), son refuge urbain à Anvers devint le palais épiscopal et l'évêque fit fonction d'abbé titulaire. En outre, l'abbaye a également souffert des nombreux mouvements militaires entraînés par la bataille engagée pour la possession d'Anvers. En 1581 – 1584, l'abbaye fut presque entièrement saccagée. Des tonnes de matériaux de construction ont alors servi à la reconstruction de la ville d'Anvers, fortement endomma-



Le Hooidonckbos, à Zoersel.

gée, et, pendant des décennies, les moines survivants durent vivre dispersés à Lierre et Coolhem (Puurs). Des années durant, tout fut entrepris pour essayer de se libérer de l'évêque d'Anvers, qui représentait une lourde hypothèque pour la survie de l'institution. En 1616, la vie monacale put reprendre à Hemiksem et une séparation du patrimoine fut décidée en 1636 – 1649, l'évêché conservant définitivement une petite moitié des biens fonciers et des dîmes en échange de la nouvelle indépendance de l'abbaye. Jusqu'en 1797, date de sa dissolution, l'abbaye redevint ainsi un monastère autonome avec un abbé librement élu, tout en étant obligée de revoir sa gestion patrimoniale et ses finances en raison de l'importante amputation opérée.

Plan de la curée, à Hoeven.



Les atlas terriers

C'est pourquoi, après la séparation, l'abbaye décida de faire cartographier par des arpenteurs l'ensemble de ses biens résiduels (1646 – 1672). En outre, le proviseur (économiste), Judocus Bal (1604 – 1672), étudia tous les titres de possession sur la base des archives conservées. En 1666 – 1671, il rédigea une description détaillée et un aperçu historique de l'ensemble des biens de l'abbaye en trois volumes reliés, dans lesquels furent également reprises de belles cartes joliment colorées. Quatre-vingts ans plus tard, on décida de copier ces livres terriers. En 1744 – 1752, le proviseur Jacobus Van den Boom, et surtout le bibliothécaire Godefridus Bouvaert, ont recopié les textes d'une écriture élégante pour en former six volumes, reprenant également les cartes. Tous ces livres terriers se trouvent aux archives de l'abbaye de Bornem, l'ayant droit de l'ancienne abbaye de Saint-Bernardj.

Pour des raisons pratiques, une double édition a été choisie dans le cadre de ce projet. Les cartes provenant des atlas terriers du XVII^e siècle ont été reproduites dans un volume classique avec une série d'autres cartes précieuses isolées. Ce volume contient de plus une étude approfondie de l'histoire de l'abbaye, une approche historico-économique et paysagiste des domaines de l'abbaye et des données concernant les arpenteurs ayant dressé les cartes, qui ont été rédigées par Erik Houtman, Herman Van der Haegen (KULeuven), Willem van Ham (Bergen-op-Zoom) et Luc Janssens (Archives générales du Royaume). Etant donné que le commentaire historique étendu avec des descriptions détaillées des biens de l'abbaye (biens fonciers avec indications sur l'utilisation des sols, les propriétaires adjacents, les droits seigneuriaux, les cens, les rentes, les dîmes, les refuges urbains etc. - le tout faisant plus de 1500 pages dans la version du XVIII^e siècle) ne pouvait être repris dans le livre, ces textes très précieux ont été mis sur DVD. L'écriture très nette et facilement lisible de l'original permet en effet de rendre disponible ainsi la version du XVIII^e siècle des livres terriers, les personnes moins bien formées en paléographie pouvant également lire rapidement ces textes. Lucie Verachten (Archives générales du Royaume) s'est chargée de la belle présentation, qui permet de feuilletter numériquement les livres et de retrouver facilement l'information désirée via un système de recherche par nom de lieu.

L'intérêt scientifique des atlas terriers et des cartulaires publiés

Les cartes éditées représentent une source très intéressante pour l'étude du paysage flamand. Au cours des siècles, l'abbaye a fourni une contribution importante au maintien et à l'évolution du paysage flamand. C'est ainsi qu'elle a conservé relativement intacte l'ancienne



<< Le refuge de l'abbaye à Bruxelles (Longue rue des Chevaliers - Montagne-aux-herbes).

< Frontispice de l'atlas terrier avec en cartouche son rédacteur: Judocus Bal (1604 - 1672).

chasse des ducs de Brabant du côté de Zoersel, mais qu'elle a également modifié la population forestière et qu'elle a assaini des zones de pâturage annexes en champs d'épandage contrôlés. La plus grande partie de la zone naturelle aujourd'hui précieuse de Zoerselbos (zone « Habitat » selon la directive européenne) est due à l'abbaye. A Puurs, grâce à l'intervention de ses fermiers au cours des XVII^e et XVIII^e siècles, de nombreuses zones de bruyères ont été transformées en zones de culture, mais l'abbaye a également assuré la plantation de la zone boisée « het Moer », également une zone protégée actuellement, très précieuse quant au paysage. De plus, l'abbaye et ses fermiers se sont battus pendant des siècles pour maintenir sèches les zones de polders de Moerzeke (proche de l'Escaut) et de Sint-Maartenspolder (Hoeven, près de la Mark), ce qui a entraîné une transformation du paysage, visible sur une série de cartes.

De nombreuses cartes des terres agricoles, des pâturages et des fermes offrent également une belle image de l'économie agricole du XVII^e siècle, laissant clairement apparaître les différences régionales. Ainsi la zone de pâturages dans la région campinoise est nettement plus importante que dans les autres régions. En effet, non seulement la surface des terres devait être plus importante là-bas qu'ailleurs pour pouvoir tenir le même cheptel, mais de plus les paysans tiennent plus de bêtes afin de produire plus de fumier, qui était nécessaire pour le défrichage des bruyères. L'incorporation des terres de bruyère dans les exploitations agricoles est donc typique pour les fermes campinoises. Dans la Campine « améliorée », les parcelles de bruyère sont transformées en « aarden », qui étaient utilisées comme terres labourables et comme pâturage, même si le sol était moins bon.

L'insécurité qui régnait à la campagne au cours des XVI^e et XVII^e siècles en raison des troupes qui y opéraient, a entraîné la construction de petites fortifications locales,

les retranchements. Celles-ci se retrouvent sur de nombreuses cartes avec leurs remparts, leurs ponts-levis et les maisons de garde. Les dessins parfois très détaillés des bâtiments de ferme, des moulins et des presbytères peuvent nous apprendre beaucoup sur l'architecture campagnarde et d'autres représentations très précises des centres de villages donnent un aperçu de la population rurale. Par contre, la représentation des refuges urbains donne une image de la population citadine. Ainsi, les cartes reprises dans le livre sont un véritable miroir de la société du XVII^e siècle.

Erik Houtman

A savoir

Le livre (49 euros, avec DVD 64 euros) peut être commandé en virant le montant correspondant sur le CCP 679-2007805-02 des Archives générales du Royaume avec la mention « kaartboek Sint-Bernards ».





Concours

Les gagnants du concours proposé dans le *Science Connection* d'octobre sont :

Sylvie GOSSIAUX (7050 - Jurbiise), Pascal LEFEBVRE (7000 - Mons) et Jean LAMBILLOTTE (4420 - Saint-Nicolas)

La bonne réponse était « **Edmond Michotte**. Ainsi que le soulignent Ria Cooreman et Karl Marcelis, dans *La Ligne décorative* (Ed. Musées royaux d'art et d'histoire), en pages 69 et 70: *Grâce aux expositions universelles de la deuxième moitié du XIX^e siècle, l'Europe prit connaissance de toutes les manifestations artistiques de la société japonaise. En Belgique, une importante exposition, où les arts orientaux étaient présentés, fut organisée à Liège en 1905. Les Musées royaux d'art et d'histoire programmèrent, également cette même année, une manifestation majeure sur l'art oriental. Le moteur de tout ceci était Edmond Michotte (1830 - 1913). Il était un admirateur fervent de l'art japonais et il en avait*

réuni une collection considérable de valeur historique (...) ». On compte en effet plus de 6.700 œuvres d'art de l'époque d'Edo, dont 4.666 estampes de l'école Ukiyo-e.

Pour ce numéro de décembre, nous vous proposons de gagner l'ouvrage auquel nous faisons allusion dans notre dernier numéro (voir *Science Connection* # 08, p 22), « *Belgique - Belgique* » (Bruxelles, 2005, 180 pages).

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

« **Premier archiviste général du Royaume, Louis-Prospér Gachard (1800 – 1885), est décédé le 24 décembre 1885. Si ses obsèques ont eu lieu à l'église Notre-Dame du Sablon, où fut-il enterré ?** »

Envoyez un e-mail à scienceconnection@belspo.be ou une carte postale jusqu'au 25 janvier 2006 avec la réponse en précisant vos nom et adresse. Les dix gagnants seront tirés au sort parmi les bonnes réponses.

Constat

Le troisième rapport de la Belgique sur la biodiversité vient de paraître. La biodiversité rassemble l'ensemble des plantes, animaux et autres organismes, ainsi que leurs habitats. Le rapport évalue les démarches de notre pays pour sa conservation et son utilisation durable. En comparaison avec les deux rapports précédents, parus en 1998 et 2001, certains progrès ont été réalisés en ce qui concerne la prise de mesures. Ce processus reste cependant trop lent et les mesures insuffisantes. Voici quelques exemples:

La désignation d'aires protégées est en nette progression. Alors que les réserves naturelles ne permettaient la protection que de 1,1% de notre territoire, la désignation de zones pour Natura 2000, un réseau écologique européen, a permis d'augmenter ce pourcentage à 13%. Reste à voir si ceci améliorera dans la même proportion l'état de la nature et de la biodiversité sur le terrain.

La délimitation de cinq réserves marines constitue également un grand pas en avant. Mais la mer du Nord et la côte continuent à souffrir de la pression du tourisme, de l'urbanisation des espaces ouverts, de l'installation de nouvelles espèces exotiques qui supplantent la biodiversité indigène, ...

Les départements régionaux et fédéraux en charge de la nature et de l'environnement redoublent d'efforts pour

obtenir de meilleurs résultats, souvent en collaboration avec des associations protectrice de la nature et d'autres ONG. Mais le prolongement de ces efforts par l'intégration de la biodiversité dans des secteurs comme l'économie, les transports, l'agriculture et l'industrie, se fait attendre.

Grâce aux récents livres et brochures sur l'état de la biodiversité belge, les décideurs et le grand public prennent conscience du problème. Mais les actions concrètes en faveur de la biodiversité sont trop souvent reportées ou même abandonnées pour laisser la place à des mesures économiques ou sociales, oubliant que l'environnement est le troisième pilier du développement durable. Peut-être que la stratégie pour la biodiversité, un document en préparation et destiné aux décideurs politiques, servira de catalyseur.

Forte des ses 55.000 espèces, la Belgique n'est pas pour autant un « *hotspot* » de biodiversité. Les forêts tropicales, les récifs coralliens ou les îles formant l'Indonésie et les Philippines, par conséquent souvent des régions en développement, constituent de pareils trésors de richesses biologiques. Tout comme ce fut le cas il y a quelques années en hébergeant les sites web sur la biodiversité de pays en voie de développement, la Belgique joue maintenant un rôle de pionnier en matière d'exportation de l'expertise taxonomique. La taxonomie permet l'identi-

Demi-millénaire

Lors de sa 33^e conférence générale, du 3 au 21 octobre dernier, l'UNESCO a, notamment, décidé de s'associer aux commémorations du 500^e anniversaire de la naissance de Lambert Lombard.

On se souvient de ce peintre figurant sur les anciens billets de 100 francs belges... Lambert Lombard fut avant tout un important humaniste qui introduisit l'italianisme dans les Pays-Bas. Il fut le prototype de l'artiste de la Renaissance, plus préoccupé par les spéculations intellectuelles que par les pratiques artisanales.

L'œuvre complexe de Lombard, peintre attiré des prince-évêques de Liège, se compose de peintures, gravures, projets pour tapisseries, vitraux, monuments et constructions. Mais il subsiste surtout de sa production un nombre exceptionnel de dessins. On en compte en effet près d'un millier conservé au cabinet des estampes de la ville de Liège. Ceux-ci sont répartis en deux albums, qui



Lambert Lombard a longtemps figuré sur le billet de 100 francs belges.

constituaient le matériel didactique du maître: cet ensemble est absolument exceptionnel pour un artiste de la Renaissance !

Deux importants ensembles de tableaux sont également conservés: le cycle des « Femmes vertueuses » de l'ancienne abbaye de Herkenrode (voir *Science Connection* #01, p 2) et les volets (démembrés) du grand retable gothique de l'église Saint-Denis à Liège.

Le dossier a été introduit par l'Institut royal du patrimoine artistique (IRPA) lors de la visite du directeur général de l'UNESCO, au début de cette année (voir *Science Connection* #05, p 61).

Au printemps 2006, une exposition consacrée à l'artiste, à laquelle l'IRPA et la Bibliothèque royale de Belgique sont associés, sera organisée à Liège. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

fication des plantes et animaux et constitue une véritable discipline de base. La Belgique contribue donc à l'étude de la biodiversité dans les pays en développement, mais pourrait accroître ses efforts pour soutenir la sauvegarde de la biodiversité mondiale.

Quelques gros examens de repêchage émergent également à l'intérieur de nos frontières: la fragmentation et la détérioration de la nature, l'apparition d'espèces exotiques, la réduction des surfaces de lande, de marais ou de dunes, la perte en ressources halieutiques, la pollution, ...

Le morcellement des compétences dans notre pays complique le processus décisionnel et la prise de mesures. Ainsi, le monde politique belge amorce seulement les démarches pour atteindre l'Objectif 2010, une initiative dédiée à stopper la perte de biodiversité pourtant déjà lancée en 2002. Le grand public peut par ailleurs apporter largement sa pierre à cet édifice.

En conclusion, la Belgique marque de bons points pour certaines matières, mais reste en défaut pour biens d'autres. La Belgique prend encore trop peu sa propre biodiversité à cœur et pourrait également offrir plus de soutien aux pays en développement qui hébergent une riche biodiversité. Mais il y a de l'espoir: la sensibilisation sur la biodiversité se répand, les régions redoublent



La côte belge souffre du tourisme et de l'urbanisation.

© Science Connection

encore leurs efforts déjà importants, entre autres pour l'Objectif 2010, et le soutien des départements fédéraux de l'Environnement, de la Coopération au développement et de la Politique scientifique se fait grandissant, comme l'illustre, par exemple l'avant-dernier magazine *Science Connection* entièrement consacré à la biodiversité.

Stimulation

Le conseil des ministres vient de marquer son accord sur la reconduction des « Pôles d'attraction technologique » (PAT) dédiés à l'amélioration de la relation entre la recherche et le développement ainsi qu'au renforcement de la coopération entre les universités et les centres sectoriels spécialisés.

Les PAT s'articuleront autour des thèmes suivants : normalisation, spatial, *clean technologies*, nouveaux matériaux, ...

Les PAT/2 bénéficient d'un budget de 6.256.000 euros sur cinq années (ce qui représente une augmentation de près d'un million d'euros par rapport aux PAT/1).



Les « Pôles d'attraction technologique » :
www.belspo.be/fedra > Actions de recherche > PAT

Livre

Les éditions Belin, dans leur collection « Bibliothèque scientifique » viennent de publier « *Les couleurs de l'univers* » un ouvrage de Yaël Nazé, ingénieure civile et docteure en sciences attachée à l'Université de Liège (et auteure de certains articles parus dans cette revue ...). À quoi ressemble la Voie lactée dans l'infrarouge ? Que cachent les nuages de poussière qui voilent des parties entières du ciel ? Avec la découverte des ondes électromagnétiques (ondes radio, ultraviolet, infrarouge, rayons X, gamma), le ciel s'est teinté de nouvelles couleurs, changeant totalement d'aspect, jusqu'à révéler des phénomènes d'une violence insoupçonnée. Les télescopes du monde entier obtiennent maintenant des images d'un univers inconnu que l'auteur nous apprend à comprendre. Riche en anecdotes parfois cocasses sur des découvertes qui doivent parfois au hasard ou à la persévérance obstinée de chercheurs, le livre invite le lecteur à découvrir un monde invisible à l'œil. Des mystérieux quasars au rayonnement cosmologique, c'est à un voyage au fil de ce nouvel arc-en-ciel que nous convie l'auteur.

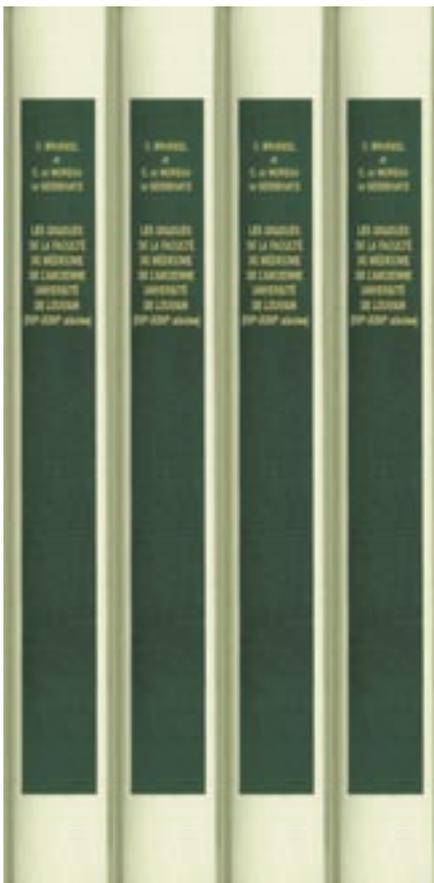


« *Les couleurs de l'univers* », 224 pages, 23 euros

Médecine

Les matricules universitaires permettent de reconstituer le flux des inscriptions d'étudiants. En revanche, elles demeurent muettes sur le destin ultérieur de ceux-ci. La disparition des listes de promus, comme de la plupart des archives de la faculté de médecine, privait apparemment le chercheur d'une réponse pour Louvain. Les auteurs ont pu combler cette lacune grâce à une recherche systématique des droits d'inscription enregistrés dans des centaines de relevés semestriels durant près de trois siècles dans les comptes généraux de l'Université. Ce patient travail de collecte livre une liste de 5.181 bacheliers, licenciés et docteurs, qui reflète les temps forts et faibles du recrutement, l'assise géographique de celui-ci et l'attrait plus ou moins marqué pour une profession au gré des époques. D'autres sources ont souvent permis, en complément, de jalonner les différents « actes » qui scandent le cours des études. L'histoire de la médecine et de sa faculté à Louvain trouveront donc ici matière à développements. Les études régionales, l'histoire des familles, l'anthroponymie et la généalogie n'en tireront pas moins parti, notamment grâce à un index onomastique détaillé.

Claude Bruneel et Claude de Moreau de Gerbehaye, *Les gradués de la faculté de médecine de l'ancienne université de Louvain (XVI^e-XVIII^e siècles)* (Publications de la Commission royale d'histoire, série in-4°, A74), xli-327 p., relié, 40 euros.





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

Les manifestations organisées à l'occasion du 175^e anniversaire de la Belgique sont suivies du symbole  celles dans le cadre d'Europalia/Russie de 

Conférences, colloques et activités diverses

25 janvier 2005

L'encadrement, la stabilisation et l'organisation des travailleurs turcs et de leur famille en Belgique

Centre d'étude et de documentation « Guerre et Sociétés contemporaines »,
(Plus : Chantal Kesteloot ; chantal.kesteloot@cegesoma.be)

10 février 2006

Symposium sur les clichés allemands de l'IRPA (1917 – 1918)

Institut royal du patrimoine artistique,
(Plus : www.kikirpa.be)

février 2006

Hubs, Harbours and Deltas in south-east Asia: multidisciplinary and intercultural Perspectives

Académie royale des sciences d'outre-mer, Phnom Penh (Cambodge),
(Plus : Patricia Bulanza ; kaowarsom@skynet.be)

30, 31 mars et 1^{er} avril 2006

Campin in Context

Maison de la culture, Tournai,
(Plus : Dominique Vanwijnsberghe ; dwv@kikirpa.be)

Deux conférences avec Frank De Winne et Sergueï Zaletine seront organisées en janvier, l'une au Planétarium l'autre au Centre culturel et scientifique russe de Bruxelles (02 219 01 33),
(Plus : Rodrigo Alvarez ; planetarium@oma.be),

Expositions

Musées royaux d'art et d'histoire

> 26 février 2006

Le transsibérien

(Plus : www.europalia.be)

> 30 avril 2006

Il était une fois... les contes en images, à la Porte de Hal



> 29 octobre 2006

Art nouveau – art déco, au Musée pour aveugles

Bibliothèque royale de Belgique

> 9 janvier 2006

Don Quichotte en Belgique

> 30 septembre 2006

Cent trésors de la Bibliothèque royale de Belgique



© KBR

Institut royal du patrimoine artistique

du 10 février au 10 mars 2006

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



Gand, Château des Comtes.
© IRPA-KIK

Muséum des sciences naturelles

> 30 juin 2006

Moules nature

> 5 novembre 2006

Coup de coeur

Musée royal de l'Afrique centrale

> 31 août 2006

Congo. Nature & Culture

(Plus : www.congo2005.be)



15 février au 15 octobre 2006

Papillons.

Collections du Musée royal de l'Afrique centrale

Archives générales du royaume

> 31 janvier 2006

Undercover, 175 de Sûreté de l'Etat

(Plus : www.175-25.be/undercover)

Site de Tour et Taxis

> 1^{er} mai 2006

Einstein, l'autre regard

(Plus : www.alberteinstein.be)

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.

Le 24 novembre dernier, le roi Albert II, accompagné de la vice-première ministre et ministre de la Justice Laurette Onkelinx, visitait aux Archives générales du royaume l'exposition consacrée aux 175 ans de Sûreté de l'Etat.
© Science Connection



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 04
	L'Institut royal des sciences naturelles de Belgique / Museum 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 Palais des Congrès de Bruxelles www.palcobru.be + (32) (0)2 515 13 11
	Le Service d'information scientifique et technique www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40
Etablissements scientifiques et culturels fédéraux partenaires :	
	L'Euro Space Center de Redu www.eurospacecenter.be + (32) (0)61 65 64 65
	Le Jardin botanique national www.br.fgov.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
	La Fondation universitaire www.fondationuniversitaire.be + (32) (0)2 545 04 00
	Le Palais des beaux-arts www.bozar.be + (32) (0)2 507 84 44
	La Cinémathèque royale de Belgique www.cinematheque.be + (32) (0)2 507 83 70
	L'Academia Belgica www.academiabelgica.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 :

Dr 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 :

Werner ADRIAENSSSEN (Musées royaux d'art et d'histoire), Benny AUDENAERT, Veerle CUSTERS (Belnet), Dominique DENEFFE (Institut royal du patrimoine artistique), Pierre DEMOITIÉ (Politique scientifique fédérale), Christian DU BRULLE, Wim FREMOUT (Institut royal du patrimoine artistique), Olivier GOSSET (L'Echo), Robert HALLEUX (Université de Liège), Erik HOUTMAN (Archives générales du royaume et Archives de l'Etat dans les provinces), Koen MARTENS (Institut royal des sciences naturelles de Belgique), Famke PEETERS (Institut royal du patrimoine artistique), Denis RENARD (Service d'information scientifique et technique), Patrick RIBOUVILLE (Politique scientifique fédérale), Steven STROEYKENS, Cyriel STROO (Institut royal du patrimoine artistique), Michel VAN CAMP (Observatoire royal de Belgique), Rosette VAN DEN BROUCKE (Belnet), Dominique VANWIJNSBERGHE (Institut royal du patrimoine artistique) et Marc VERWILGHEN.

Couverture:

Pierre-Antoine THIERRY

Abonnement :

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

Tous les numéros sont disponibles au format PDF.

Une erreur à votre patronyme ?

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

Mise en page et impression :

www.gevaertgraphics.be

Le prochain numéro sortira en février 2006

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

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

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

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

© Politique scientifique fédérale 2005.
Reproduction autorisée moyennant citation de la source.

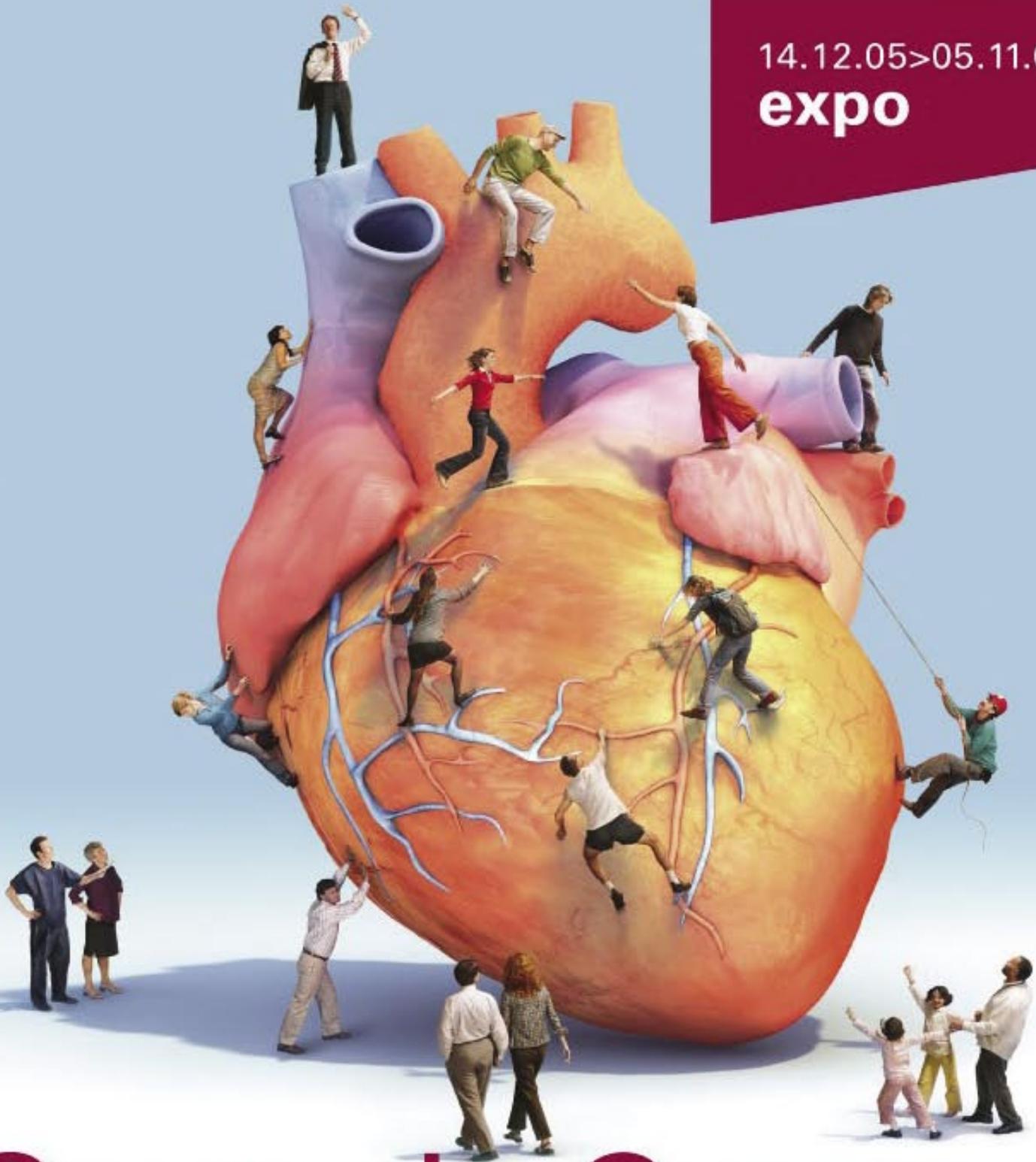
Interdit à la vente

museum



14.12.05 > 05.11.06

expo

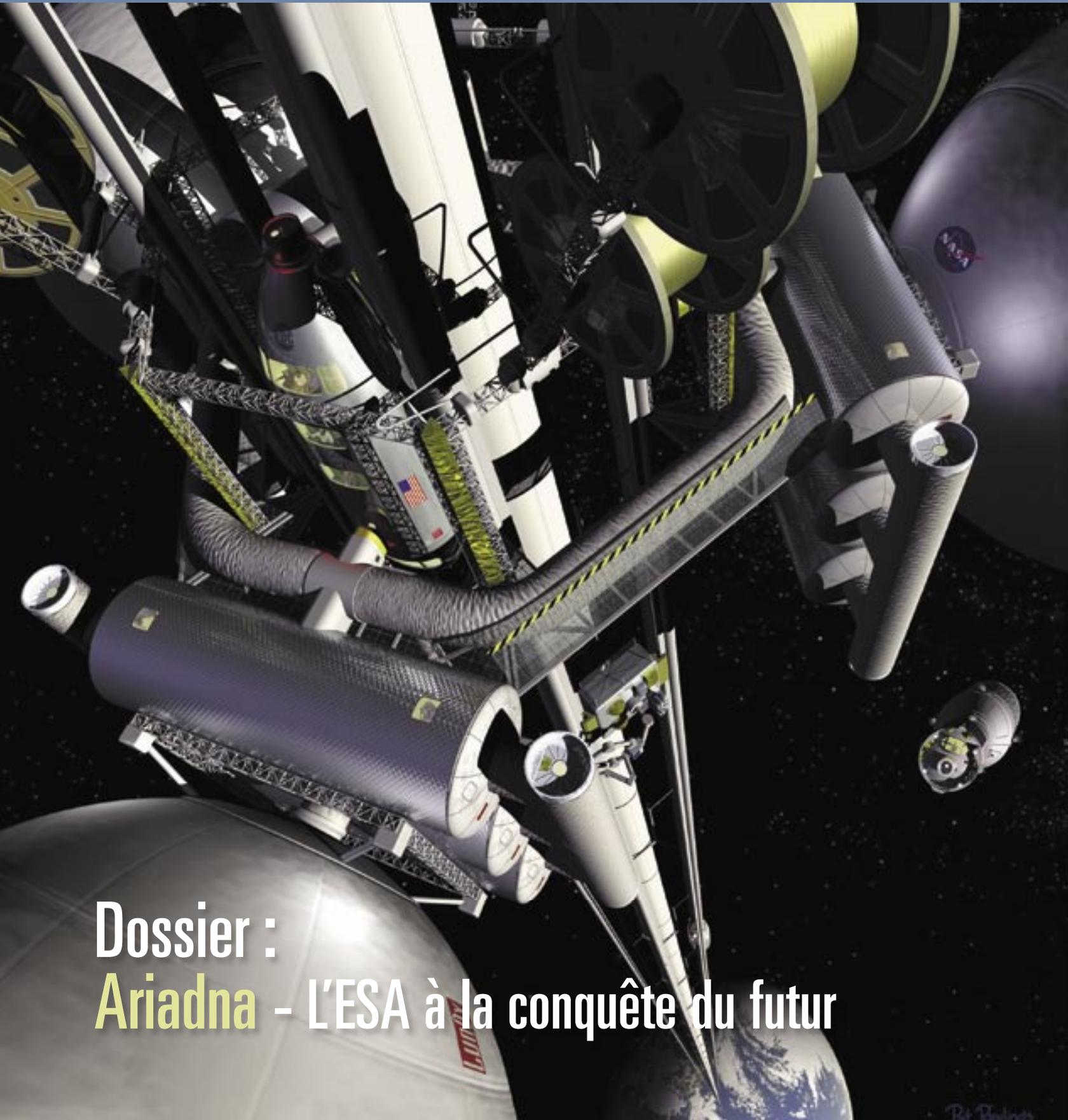


Coup de Cœur

Muséum des Sciences naturelles

Rue Vautier 29 1000 Bruxelles www.sciencesnaturelles.be

52 *Space* connection



Dossier :
Ariadna - L'ESA à la conquête du futur

A l'affût d'idées révolutionnaires

2 A l'affût d'idées révolutionnaires

4 Une équipe jeune : ACT et Ariane

5 Interview du coordinateur d'ACT,
Andrès Gálvez et de l'ingénieur
Léopold Summerer

9 Un avant-goût des trésors promis
par les futures technologies

- En route vers Jupiter en dormant
- Quelques tours de passe-passe mathématiques pour un parcours plus économique
- Naviguer avec des étoiles mortes
- Ne pas disperser la moindre once d'énergie
- L'énergie solaire utilisée sur Terre
- Dilater légèrement la pesanteur

14 'Biomimicry', ou la nature, source
d'inspiration

16 L'Amérique aussi se livre à
d'audacieuses recherches

19 Actualités

*Couverture:
L'une des technologies révolutionnaires les plus
prometteuses est celle de 'l'ascenseur spatial'.
Destinée à réduire les coûts du secteur spatial,
cette innovation révolutionnaire nécessitera
le développement de matériels nouveaux pour
tendre un câble solide sur 36.000 kilomètres
de longueur. © NASA*

*Vision dans quelques décennies ? Un astronaute européen en train de travailler
sur la planète Mars et d'inspecter le vieux robot Exomars (qui est actuellement
développé dans le cadre du programme Aurora de l'ESA). © ESA*



es

L'ESA, l'Agence spatiale européenne, ne manque pas de projets intéressants pour les prochaines années. Cela va de projets très pratiques, comme le système de navigation par satellite Galileo, l'exploration des planètes Mercure, Vénus et Mars à l'aide de sondes inhabitées, jusqu'aux satellites astronomiques comme Gaia qui doit dresser la carte de la Voie lactée.

Mais aussi fascinants soient ces projets à court terme, les mordus de l'espace rêvent aussi à ceux qui leur succèderont, à la conquête spatiale dans un avenir plus lointain, à l'exploration de l'espace jusqu'aux confins de la science-fiction. L'exploration de Mars et ensuite d'autres planètes du système solaire par des missions habitées, l'installation de bases scientifiques sur la Lune et sur Mars, la construction de grandes colonies capables d'héberger de nombreux habitants, l'adaptation du climat martien pour pouvoir y pratiquer l'agriculture et même l'exploration des étoiles.

Rêver est à la portée de tous, mais le rêve ne suffit pas pour accélérer la réalisation de ces projets. Il faudra au préalable engranger une série d'avancées scientifiques et technologiques (sans parler du financement). Ces progrès donnant lieu à la mise au point de technologies véritablement révolutionnaires, permettant d'accomplir des exploits totalement inimaginables actuellement avec les technologies disponibles, requièrent souvent de longues recherches préparatoires. Il faut parfois plusieurs décennies avant de franchir le pas entre la première idée d'une nouvelle technologie et son application dans l'espace – notamment parce que les responsables des projets spatiaux privilégient toujours les technologies qui ont déjà fait leurs preuves.

Pour être enfin prête et pouvoir répondre aux exigences technologiques des prochaines décennies, l'ESA a mis sur pied en 2002 une équipe spéciale qui se penche sur les technologies les plus révolutionnaires qui ne trouveront peut-être une application que dans plusieurs dizaines d'années. Ce groupe de recherche a été baptisé Advanced Concepts Team (ACT) et est installé à l'ESTEC, le centre de recherche technologique de l'ESA, à Noordwijk, aux Pays-Bas.

«A l'ESA, la majorité du personnel travaille activement à la préparation des missions dont la date de lancement est programmée», déclare Andrés Gálvez, coordinateur ACT. «Ils n'ont donc pas le temps de se pencher sur des idées pouvant éventuellement être exploitées dans une mission qui se déroulera dans trente ans. C'est la raison d'être d'ACT.»

L'étude de toutes les idées 'farfelues' pensables et imaginables dans les domaines scientifique et technologique n'est pas la chasse gardée de l'ESA. L'ACT coopère dès lors étroitement avec des universités européennes. Cette coopération est inscrite dans le programme Ariadna, lancé en 2003.

Concept de grande station spatiale en forme de roue dans laquelle 10.000 personnes pourraient habiter.
© NASA

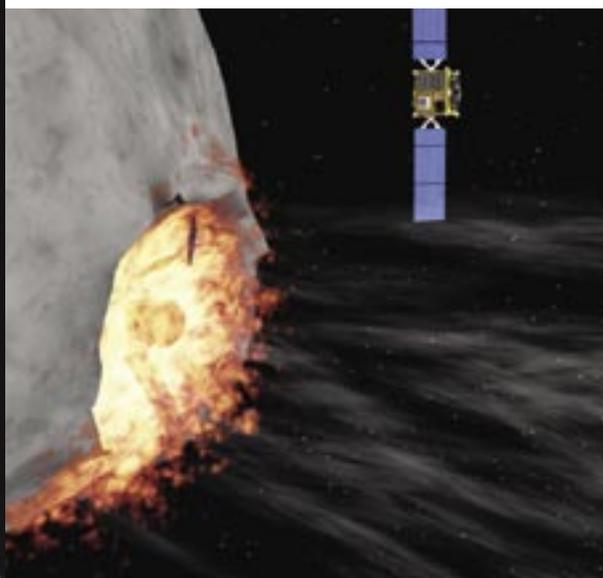
«Il y a dans les universités de nombreuses personnes qui travaillent sur des progrès potentiels», dit Andrés Gálvez. «C'est comme si chaque jour, quelqu'un lançait une nouvelle idée. Il faut parmi toutes ces idées, dénicher celles qui pourraient un jour aider l'ESA.»

L'ACT n'a pas pour mission de se lancer dans des recherches à grande échelle, comme, par exemple, la mise au point, en Europe, d'un moteur de fusée révolutionnaire. Elle ne dispose d'ailleurs pas du budget nécessaire et pour beaucoup de ces technologies révolutionnaires, ce serait également prématuré. L'ACT ne dispose ni de laboratoires, ni d'équipements scientifiques propres. Les activités de l'équipe se concentrent plutôt sur les études préparatoires, les toutes premières pré-études nécessaires avant qu'on puisse envisager de passer au véritable développement de nouvelles technologies.

L'essentiel des activités de l'ACT réside dans l'évaluation des idées les plus variées concernant des progrès technologiques potentiels. Quelles sont les idées qui offrent un réel potentiel et quelles sont celles qui relèvent de l'utopie ? L'ACT essaie de remplir la fonction de filtre et de procéder à la première sélection pour voir quelles sont les propositions qui sont dignes d'un examen plus approfondi. Des idées à première vue intéressantes sont en effet régulièrement proposées, mais elles sont finalement abandonnées parce que leur fondement scientifique est insuffisant ou qu'un examen plus poussé révèle leur caractère trop utopique et irréaliste.

Ces trois dernières années, l'ACT a déjà étudié une importante série de thèmes intéressants. De la possibilité de 'mise en hibernation' d'astronautes pour de longues missions spatiales aux nouvelles méthodes mathématiques pour calculer les orbites complexes de sondes spatiales.

L'ESA n'est pas la seule à disposer de son Advanced Concepts Team. Du côté américain, à la NASA, la recherche examine ces thèmes 'de pointe' dans le cadre du NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC). En dehors de l'ACT, le présent dossier évoquera également brièvement le NIAC. Nous reviendrons également longuement sur diverses technologies de pointe déjà évaluées dans le cadre de ces projets, tant en Europe qu'aux USA.



Ce concept d'une mission spatiale avancée européenne montre la sonde Hidalgo qui s'écrase contre l'astéroïde 2002AT4, un rocher de quatre cents mètres. Au même moment, la sonde Sancho (l'autre composant de la mission spatiale 'Don Quichote') effectue des mesures et d'observations à distance. © ESA

Une équipe jeune: ACT et Ariadna



L'Europe étudie ce concept d'une base habitée sur la planète Mars. © ESA

L'Advanced Concepts Team est une équipe réduite et jeune. Elle rassemble une douzaine de collaborateurs et le changement de personnes au sein de l'équipe est rapide, de manière à brasser de nouvelles idées. L'équipe fonctionne en effet sur la base de contrats de courte durée de deux ans pour les jeunes postdocs (scientifiques venant de décrocher leur doctorat). Du 'sang neuf' alimente ainsi l'équipe en permanence et l'organisation peut suivre de près les dernières tendances de la recherche scientifique. Les 'research fellows' d'ACT balayent un vaste spectre de spécialités scientifiques, qui va de la physique théorique à la biologie.

Les membres d'ACT ne procèdent pas eux-mêmes aux recherches ou à l'évaluation des nouvelles idées. L'équipe est trop restreinte et son budget trop étrié pour pouvoir disposer d'un expert dans les différentes spécialités. C'est pour cette raison que depuis 2003, elle fait souvent appel aux universités européennes par le biais du programme Ariadna. L'équipe fait régulièrement le point sur les thèmes sur lesquels elle souhaiterait travailler et elle propose des bourses à des chercheurs universitaires, puis rassemble les propositions émanant des universités. Un chercheur universitaire, financé par l'ESA, peut alors travailler un certain temps sur une thématique déterminée ou se livrer à l'évaluation d'une nouvelle technologie proposée. Le résultat de ces recherches est généralement rassemblé dans un rapport qui est publié sur le site internet d'ACT. La collecte de ces rapports offre une vue fascinante sur le type de technologies sur lesquelles la conquête spatiale pourrait s'appuyer dans un délai d'environ trente ans.

L'Advanced Concepts Team conclut trois types de contrats avec les universités : 15.000 euros pour une durée de deux mois ; 25.000 euros (quatre mois) ou 35.000 euros (six mois). L'enveloppe budgétaire autorise la conclusion de vingt à trente contrats par période de deux ans. Il s'agit de collecter des nouvelles propositions deux fois par an sur la base d'un 'appel à propositions'.

L'ESTEC, le centre technologique de l'ESA qui héberge l'ACT, se livre par ailleurs à de nombreuses recherches technologiques. On y travaille par exemple sur la construction de diverses sondes spatiales de l'ESA qui seront lancées au cours des prochaines années. Nombreux sont les satellites et les engins spatiaux qui y sont minutieusement testés avant leur lancement. Au sein de l'ESA, l'ACT constitue en quelque sorte le 'fer de lance' des technologies les plus avancées, tandis que les autres services concentrent davantage leurs activités sur des technologies plus proches d'applications réelles dans de futures missions spatiales concrètes de l'ESA. L'ACT fait partie au sein de l'ESA de l'Advanced Concepts and Studies Office' également appelé 'DG-X'.



Projet de grande base lunaire pour une occupation permanente. © NASA



Rencontre avec Andrés Gàlvez, coordinateur ACT et l'ingénieur Léopold Summerer



Space Connection s'est entretenu avec Andrés Gàlvez qui dirige l'Advanced Concepts Team et Léopold Summerer, ingénieur système chez ACT.

Space Connection – Quel est l'objectif poursuivi par la mise en place de l'Advanced Concepts Team et du programme Ariadna ?

Andrés Gàlvez – Il s'agit surtout d'améliorer la coopération et l'échange d'informations avec les universités. L'ESA collabore évidemment de longue date avec le monde universitaire dans le cadre scientifique par exemple, afin de déterminer quelles sont les missions les plus adéquates parmi celles qui sont proposées. Mais cette collaboration n'était pas toujours systématique. Il est apparu qu'il était difficile pour certaines universités, principalement les plus petites, qui n'ont jamais eu de contacts avec l'ESA, de nous connaître et de percevoir nos intérêts et nos objectifs et d'ajuster ainsi leurs activités de recherche. Nous souhaitons également l'aide du monde universitaire pour la réalisation d'études de faisabilité à un stade très précoce. Il fallait au sein de l'ESA un groupe de personnes capables d'évaluer très rapidement les nouvelles idées proposées. Il s'est avéré que la meilleure solution consistait à réunir un petit groupe de scientifiques connaissant bien le monde universitaire et capables d'analyser rapidement des thèmes scientifiques.

SC – Quel est l'effectif de l'équipe ?

Léopold Summerer – Cette équipe d'une douzaine de personnes est particulièrement dynamique. On y trouve de jeunes diplômés qui restent un an, des research fellows qui restent deux ans et des stagiaires universitaires. Cela nous permet de nous adapter très vite aux thèmes de recherche.

SC – La tâche prioritaire est donc l'évaluation de nouvelles idées ?

Summerer – C'est exact. Nous essayons d'anticiper les tendances et de voir quelles sont les nouvelles idées qui émergent. Nous le faisons de manière active, plutôt que d'attendre que des idées nous soient proposées.

Gàlvez – Rien de ce qui se passe dans le monde scientifique n'échappe à notre vigilance et nous suivons également

l'actualité de près. Nous sommes également attentifs à des choses qui n'ont pas nécessairement de liens spécifiques avec l'espace, à des évolutions par exemple dans un domaine totalement étranger à la science, mais qui pourraient néanmoins s'avérer intéressantes pour l'ESA.

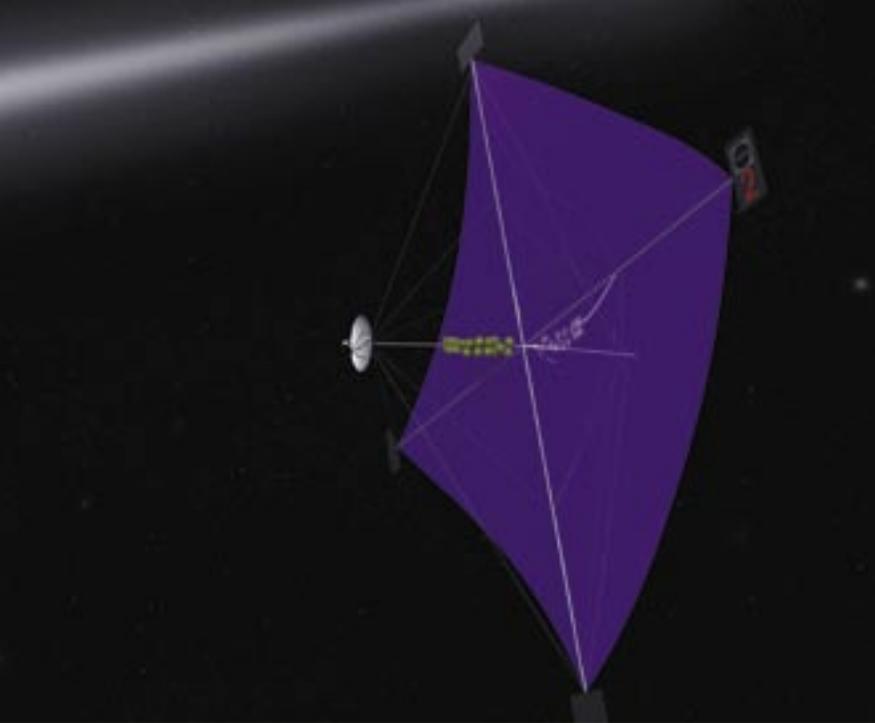
SC – Comment faites-vous pour surveiller l'ensemble du monde scientifique à l'affût d'idées nouvelles ? Cela s'apparente à un travail de titan ?

Gàlvez – Oui, et c'est la raison pour laquelle il a fallu partager le travail afin de pouvoir maîtriser la situation. Nous avons introduit des sous-disciplines et établi des priorités. C'est lié aux compétences des personnes qui travaillent ici. Nous avons sélectionné quelques domaines, comme par exemple l'énergie et les systèmes de propulsion qui nous semblent particulièrement intéressants et qui pourraient continuer à jouer un rôle à long terme et c'est sur cette base que nous recrutons dans les universités. Autre exemple : un chimiste qui travaille sur les cellules de combustible et les 'systèmes de life support biogénérateurs'. Nous essayons toujours de disposer d'experts dans chacun de ces domaines essentiels.

Nous n'avons pas davantage voulu nous cantonner aux 'technologies dures' typiques comme celles par exemple des systèmes de propulsion. Nous avons donc rassemblé une série de thèmes de la biologie sous le dénominateur de 'biomimicry' (biomimétisme), c'est-à-dire l'imitation dans le monde de la technologie d'éléments issus de la nature vivante. Un exemple en la matière utilisé depuis longtemps est celui de la structure en nids-d'abeilles des satellites.

Summerer – Nos collaborateurs viennent de terminer leur recherche de doctorat et connaissent donc parfaitement les publications scientifiques. Dans une multitude de 'reports', ils sont capables d'isoler ce qui, selon eux, est susceptible de nous intéresser. La recherche de nouvelles idées implique la lecture assidue de la littérature scientifique. Etre informé de ce que font d'autres scientifiques fait évidemment partie, jusqu'à un certain point, des activités de tout scientifique digne de ce nom. C'est ainsi qu'on découvre de nouvelles idées et qu'il est possible de faire le lien avec des groupes de chercheurs qui vous sont connus.

Gàlvez – La différence par rapport à un groupe de recherche universitaire classique réside dans le fait qu'ici chacun tra-



Une structure à voiles solaires pourrait utiliser la pression de la lumière du Soleil pour progresser dans le système solaire.
© NASA

vaillé dans une discipline différente. C'est ainsi qu'on réussit à rassembler des thèmes qui normalement ne seraient pas apparentés. De cette synergie, jaillissent de nouvelles idées. C'est l'une des originalités de notre équipe.

SC – Comment procédez-vous lorsque vous désirez évaluer une idée ? Commandez-vous une étude sur le sujet à une université ?

Gálvez – Tout dépend dans quelle mesure nous estimons que nous disposons de l'expertise requise pour procéder nous-mêmes à l'évaluation ou non. Nous le faisons nous-mêmes si nous croyons que nous pouvons juger de la valeur d'une idée en deux jours. En cas de doute, nous activons nos contacts avec les universités ou parfois par le biais d'autres activités, comme des contacts avec les entreprises. Généralement, une université est contactée par l'intermédiaire du mécanisme Ariadna. Nous offrons alors aux universités l'occasion de développer des recherches sur des éléments que nous souhaitons clarifier ou sur lesquels nous nous posons de questions.

Ariadna est le nom du programme que nous utilisons pour créer des partenariats avec les universités et signer des contrats. Contrairement à la méthode classique de l'ESA où il est parfois difficile de suivre précisément chaque contrat, nous mettons tout en œuvre pour effectuer la recherche ensemble avec le personnel des universités. Parallèlement aux travaux réalisés à l'université, nous essayons de travailler sur le même thème afin de pouvoir suivre précisément les événements.

L'étendue de l'évaluation varie bien évidemment. Une mauvaise idée peut se contenter d'une évaluation «back of an envelope». Nous ne sommes pas à l'abri d'une erreur. Mais nous sommes parfois capables de décider très rapidement qu'une idée est vouée à l'échec : cela fait partie de notre travail.

Summerer – C'est également un critère de réussite : constater qu'une idée n'est pas bonne permet d'éviter qu'elle ne continue à circuler des mois, voire des années durant et que des personnes ne perdent leur temps à l'étudier. Avant de décider, nous procédons à une évaluation minutieuse :

arrêtez de creuser cette idée, ce concept ne tient pas la route. C'est parfois plus précieux que de trouver une nouvelle idée sur laquelle on pourrait éventuellement poursuivre le travail.

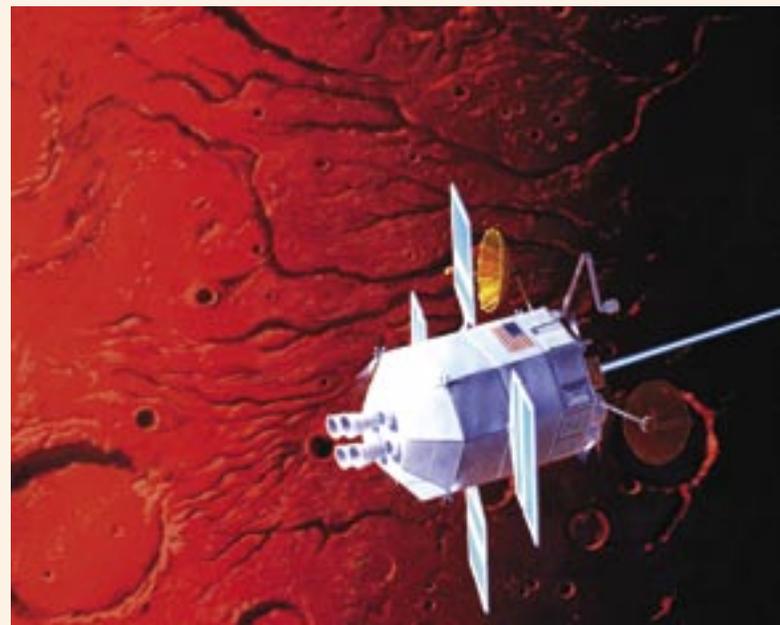
Gálvez – Ainsi Ariadna permet à de nombreuses personnes de gagner du temps. Il est parfois très utile de réaliser une étude, de disposer d'un rapport sur lequel nous appuyer lors de discussions pour 'clôturer' sur ce thème. A défaut, certains ne cessent de revenir sur le sujet et continuent à poser des questions. Il est dans ce cas utile de pouvoir dire 'ce n'est pas praticable pour telles raisons'. ACT est pour l'ESA un outil extrêmement économique pour régler ce genre de questions.

SC – Pouvez-vous citer quelques exemples d'idées 'rejetées' ?

Gálvez – Beaucoup d'entre elles se situent dans le domaine de la physique théorique. Nous avons dans l'équipe une personne qui a une formation en physique théorique, qui est capable de décortiquer toutes les idées touchant à la physique théorique et qui a un rapport avec la technologie spatiale. Nous recevons par exemple régulièrement des propositions de personnes convaincues qu'il est possible de transmettre des informations à une vitesse supérieure à celle de la lumière ou d'autres idées qui semblent contraires aux lois de la nature que nous connaissons actuellement.

Il y a eu par exemple un jour une idée sur le 'gravity control', la maîtrise de la pesanteur qui pourrait s'avérer utile dans la propulsion des engins spatiaux. Cette idée s'est révélée inutilisable et nous disposons désormais d'un rapport dont nous pouvons faire mention et démontrer rapidement qu'il est inutile de poursuivre les recherches dans ce sens. Même si le gravity control fonctionnait, il ne trouverait pas d'applications réellement utiles dans l'astronautique.

Summerer – Même si les idées à propos d'instruments anti-pesanteur continuent à fleurir...



Gálvez – A la NASA, le programme Breakthrough Propulsion Physics a notamment étudié les moyens de voyager plus vite que la lumière. Le programme a été supprimé. C'est un exemple parfait d'ouverture aux idées nouvelles... mais il faut par ailleurs pouvoir rester extrêmement critique. Si vous ne vous appuyez pas sur le monde scientifique pour procéder à l'évaluation des idées, si vous n'instaurez pas une sorte de peer-review des idées proposées, vous brisez le lien avec la communauté scientifique et suscitez l'impression que votre recherche n'a pas la moindre valeur, ne débouchera sur rien de concret et votre programme est alors menacé. J'ignore quel est le problème précis rencontré par le programme de la NASA, mais nous essayons de ne pas perdre le soutien de la communauté scientifique et il est pour nous essentiel d'obtenir l'adhésion du monde scientifique à notre méthode de travail.

SC – Les Américains sont-ils allés trop loin ?

Gálvez – Pas du tout. Ils ont ouvert la voie. L'aspect très positif est qu'ils ont osé prendre énormément de risques sur certaines idées et ont cherché à savoir si certaines de ces idées farfelues pouvaient s'avérer éventuellement intéressantes. Je pense que c'est une excellente approche. Il est bon de travailler avec la rigueur la plus extrême, mais si vous êtes trop conservateur, vous fermez les portes à toute innovation. Il faut en outre des mécanismes de contrôle ; j'ignore comment on procède à la NASA, mais c'est fondamental.

SC – N'est-ce pas étrange d'avoir cette petite équipe de l'Advanced Concepts Team au sein de l'ESA ? Un observateur extérieur pourrait penser que l'ensemble de l'ESA se penche sur des sujets de pointe ?

Gálvez – Il est évident que l'ensemble de l'ESA effectue du travail 'avancé', mais sous une optique différente. L'ESA planche souvent sur des projets se déroulant dans des conditions particulièrement difficiles, sur des engins spatiaux devant fonctionner dans un environnement très hostile.



*Andrés Galvez
(à gauche)
et Leopold Summerer*

Les satellites ne peuvent être réparés après leur lancement. Il faut donc être certain de leur fiabilité. Voilà une acception de la notion d'«avancé». Mais vu sous un autre angle, il y a tout un pan des technologies spatiales qui sont loin d'être de pointe. Sur Terre par exemple, certains ordinateurs de vaisseaux spatiaux seraient totalement dépassés pour notre 'desktop'. Une large partie des activités de l'ESA se situe par ailleurs dans la gestion des projets. Tout cela est dû au mode de fonctionnement de l'ESA qui rédige des contrats, lesquels sont exécutés par l'industrie. Ce n'est pas l'ESA qui construit les satellites, mais des entreprises. Par conséquent, une grande partie des activités de l'ESA porte sur la gestion de projets. Ces personnes ne travaillent plus sur les innovations technologiques ou sur la promotion des concepts innovants. Elles oublient de faire du nouveau. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'ACT a vu le jour. Il serait caricatural de prétendre que l'ESA n'effectue plus de recherches, mais l'organisation spatiale n'est pas un simple institut de recherche.

SC – La majorité des nouvelles idées émanent-elles du monde scientifique ou l'ESA formule-t-elle également des demandes ciblées, inspirées par la nécessité de trouver des solutions techniques à de futurs problèmes rencontrés par l'exploration spatiale ?

Gálvez – Les deux existent. La seconde option se rencontre souvent chez des personnes qui connaissent notre équipe et avec lesquelles nous avons déjà travaillé.

Summerer – Il faut être conscient que souvent les collaborateurs de l'ESA ont une relation passionnelle avec l'espace. L'intérêt personnel est immense. Souvent quelqu'un débarque en disant : 'Je suis tombé sur ce brevet qui me semble intéressant, mais je n'ai pas le temps de m'en occuper, peut-être pouvez-vous y jeter un coup d'œil ?' Ces collaborateurs doivent par exemple s'occuper personnellement d'un satellite et savoir précisément dans quelle direction l'orienter pour qu'il effectue les clichés désirés. Ils ne peuvent donc pas s'occuper d'un élément qui pourrait peut-être s'avérer utile dans trente ans. Ils n'ont pas le temps de consacrer ne fut-ce que quelques heures à décortiquer un brevet qui pourrait peut-être un jour se révéler intéressant. Nous nous en occupons. L'ESA est par conséquent une importante source d'inspiration. Mais l'inspiration vient également du



*Un robot spatial met en œuvre un détecteur à laser pour rejoindre une sonde qui a collecté des échantillons à la surface de Mars.
© NASA*



monde extérieur, des universités par exemple ou de personnes qui nous contactent par le site internet. Du genre 'J'ai découvert quelque chose de révolutionnaire, contactez-moi s'il vous plaît.' C'est très varié.

SC – Y a-t-il aussi parfois des idées saugrenues ?

Gálvez – Oui, car nous recevons un peu de tout. Nous recevons énormément de courrier. Il y a d'une part des personnes qui ont un bagage valable et une méthode de travail scientifique, mais il y a d'autre part des personnes qui sont extrêmement passionnelles ou qui débordent d'enthousiasme à propos de leur idée révolutionnaire.

Summerer – Certains affirment communiquer avec des extra-terrestres. Nous recevons aussi ce genre d'"idées".

Gálvez – C'est aussi l'une des raisons d'être d'Ariadna : le traitement est plus facile, puisque certaines règles existent. Si l'appel aux nouvelles idées est trop 'ouvert', vous recevez d'énormes quantités de matériel, pas toujours très utile, et vous perdez alors énormément de temps à faire le tri des idées vraiment dignes d'intérêt. C'est pour cette raison que nous collaborons avec des universités ce qui garantit de travailler avec des personnes ayant une formation adéquate et suivant une méthode de travail scientifique.

SC – Espérez-vous que certaines des idées sur lesquelles vous travaillez deviennent un jour réalité ?

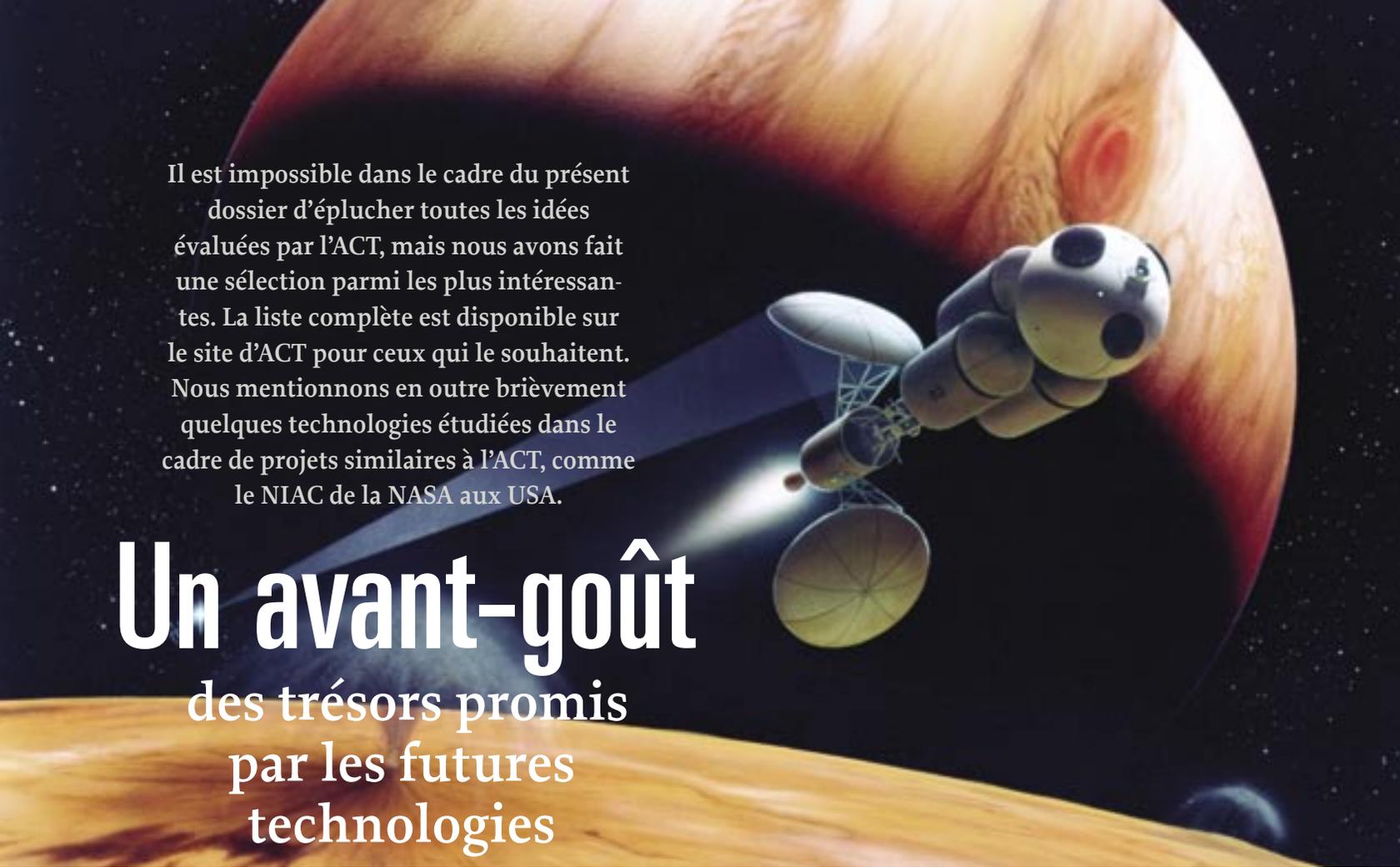
Gálvez – Je l'espère ! C'est de toute manière déjà très agréable d'y travailler. Les projets spatiaux sont toujours très longs, ils s'étalent parfois sur dix à vingt ans. Le programme des missions scientifiques de l'ESA est déjà 'complet' jusqu'en 2015 environ, et il est déjà question de projets allant jusqu'en 2020. Mais ce seront des projets fondés sur des technologies existantes, car leurs concepteurs veulent avant tout des certitudes. La première exigence est de réaliser d'innombrables essais au sol afin d'instaurer la confiance dans les nouvelles technologies.

La création d'une base martienne habitée est l'un des objectifs à long terme les plus ambitieux des agences spatiales aux Etats-Unis et en Europe. Il reste de nombreux obstacles technologiques à franchir.

© NASA

Qui est Ariadna ?

Le programme Ariadna de l'ESA porte le nom d'Ariane, personnage de la mythologie grecque. Ariane était la fille du roi de Crète, Minos. Lorsque le roi Minos enferma le héros Thésée dans le labyrinthe du palais royal, Ariane lui remit secrètement une pelote de fil. En déroulant le fil derrière lui, Thésée réussit à trouver la sortie. L'ESA espère que de la même manière, le programme Ariadna fournira le fil qui démêlera l'écheveau des idées technologiques les plus hasardeuses. Par ailleurs, la fusée Ariane doit également son nom à cette même princesse.



Il est impossible dans le cadre du présent dossier d'éplucher toutes les idées évaluées par l'ACT, mais nous avons fait une sélection parmi les plus intéressantes. La liste complète est disponible sur le site d'ACT pour ceux qui le souhaitent. Nous mentionnons en outre brièvement quelques technologies étudiées dans le cadre de projets similaires à l'ACT, comme le NIAC de la NASA aux USA.

Un avant-goût des trésors promis par les futures technologies

En route vers Jupiter en dormant

Dans les récits de science-fiction, cela semble parfois évident : lorsque des astronautes embarquent pour un voyage spatial de plusieurs années, ils sont provisoirement plongés dans un état d'hibernation ou même congelés. De cette manière, ils réduisent ou suppriment leur consommation d'air, d'eau et de nourriture et de plus, ils ne s'ennuient pas. Arrivé à destination, l'équipage est 'dégelé' ou réveillé. Cela ressemble à de la pure science-fiction, mais cela pourrait-il un jour devenir réalité ?

L'idée est peut-être moins farfelue qu'il n'y paraît à première vue. Il existe des mammifères - biologiquement proches de nous - qui hibernent comme les ours par exemple. Si les biologistes réussissent à comprendre précisément le mécanisme de l'hibernation, ils pourront peut-être mettre au point des méthodes pour plonger l'homme en hibernation. L'intérêt de cette découverte ne se limite pas à l'aéronautique. Plonger temporairement des personnes en état d'hibernation pourrait également trouver des applications en médecine, par exemple pour des patients devant subir une intervention chirurgicale.

A la demande de l'ACT, Marco Biggiogera de l'Université de Pavie en Italie et Carlo Zancanaro de l'Université de Vérone ont étudié les perspectives d'une hibernation artificielle de l'homme dans l'espace. Ils estiment que nous en sommes encore très loin, mais il n'est toutefois pas exclu que cela soit un jour possible. Biggiogera a par exemple étudié l'influence sur les cellules vivantes d'une molécule connue sous le nom de DADLE. Cette

molécule présente des ressemblances avec les protéines qui amorcent le processus d'hibernation chez les animaux et elle réduit la consommation d'énergie des cellules. Le mécanisme précis n'a pas encore été percé. Zancanaro a injecté DADLE à des rats en laboratoire. «Quatre heures après l'injection de DADLE, la température corporelle a sensiblement diminué et le rat est devenu nettement moins actif», déclare Zancanaro. L'intérêt de l'expérience réside dans le fait que, comme l'homme, le rat n'est pas un animal qui hiberne. S'il est possible de provoquer une hibernation artificielle chez les rats, c'est peut-être envisageable aussi pour les êtres humains.

En avril de cette année, une équipe de chercheurs de l'université de Washington à Seattle aux Etats-Unis a réussi pour la première fois à provoquer une véritable hibernation, très brève il est vrai, chez des animaux qui n'hibernent pas naturellement. Dans la revue scientifique Science, l'équipe dirigée par Mark Roth a décrit la manière dont ils ont réussi à plonger des souris en état d'hibernation pendant six heures à l'aide du sulfure d'hydrogène (célèbre pour son odeur d'œufs pourris). Ce gaz est mortel à haute concentration, mais à faible concentration, il semble avoir mis les souris en hibernation. La température corporelle des animaux est passée des 37 degrés Celsius normaux à 15 degrés à peine. Ils ne respiraient plus que quelques fois par minute au lieu de leur rythme ordinaire de cent cinquante et la consommation d'énergie de leurs cellules a baissé de nonante pour cent. Les souris se sont réveillées six heures plus tard en leur faisant respirer simplement de l'air normal.

Mission habitée vers Jupiter: des astronautes pourront-ils être mis en hibernation pour réaliser cette longue odysée vers cette planète lointaine?
© NASA

Pour aller explorer des planètes comme Mars, les astronautes devront maîtriser des moyens techniques les plus modernes. © NASA

Mais que ce soit à l'aide de DADLE, de sulfure d'hydrogène ou de tout autre moyen, le rêve de l'hibernation humaine n'est pas près de devenir réalité. Avant que la technique puisse être appliquée à l'homme, il reste de nombreuses étapes à franchir, parmi lesquelles des essais prolongés pour vérifier si une longue hibernation n'a pas d'effets négatifs durables sur la santé.

Mais si cela devait un jour aboutir, cela faciliterait grandement les voyages lointains, de longue durée, dans l'espace. Cette solution n'est pas retenue pour les missions vers Mars, car des équipages «éveillés» peuvent y arriver. Mais la technique de l'hibernation pourrait être particulièrement utile pour des voyages plus lointains dans le système solaire, par exemple vers Jupiter. C'est grâce à cette méthode que le voyage vers Jupiter est accompli dans le film de science fiction «2001, Odyssée de l'espace» de Stanley Kubrick.

Avec un équipage en hibernation, les provisions d'eau et de nourriture pourraient être réduites à bord d'un vaisseau spatial. Celui-ci pourrait être plus petit et plus léger et serait moins vorace en énergie. Si l'équipage dort durant l'essentiel du voyage, les problèmes psychologiques, comme celui de la promiscuité prolongée dans un espace confiné, sont également réduits.

D'après Andrès Gàlvez, coordinateur de l'Advanced Concepts Team, «c'est un sujet qui passionne les journalistes. La BBC nous a immédiatement appelés lorsqu'elle a su que nous travaillions sur ce thème.» Pense-t-il que cette idée ait de l'avenir ? «C'est extrêmement difficile de le dire au stade actuel, car la recherche en est à ses débuts. De nombreuses expériences sont menées pour plonger par exemple les souris en hibernation, mais il est impossible de déterminer jusqu'à quel point les résultats peuvent être extrapolés à l'homme. Nous constatons qu'il existe un potentiel. Cette recherche n'est pas encore mûre pour un financement ESA. Elle demeure encore trop dans le domaine théorique. De plus, l'ESA est incapable de financer les essais cliniques à grande échelle qu'il faudrait réaliser sur l'homme avant que cette idée ne puisse devenir réalité.»

Quelques tours de passe-passe mathématiques pour un parcours plus économique

Les astronautes souffrent d'une pénurie chronique d'énergie. Chaque kilogramme de carburant pour une sonde interplanétaire lancée dans l'espace alourdit sensiblement la facture du projet. C'est ce qui incite les concepteurs de missions spatiales à trouver les itinéraires les plus économiques dans le système solaire. Cela explique les routes souvent tortueuses suivies par les sondes interplanétaires, qui les font passer plusieurs fois au large de plusieurs planètes pour, à chaque fois, profiter de la gravité des dites planètes. Elles profitent de ces petits coups de pouce pour atteindre leur objectif final. Mais la mise au point de ces itinéraires n'est pas une sinécure et requiert énormément de calculs informatiques.

Les options sont pratiquement infinies pour les parcours très compliqués, comportant plusieurs swingbys (passages à proximité d'une planète) et un système de





Concept de sonde européenne autour de Pluton. Une telle mission nécessitera des moyens de propulsion avancés. © ESA

propulsion de type moteur à ions. Il est pratiquement impossible de tester ces innombrables options sur ordinateur pour sélectionner la meilleure. «*Quelques tours de passe-passe mathématiques peuvent alors permettre de gagner énormément de temps informatique*», affirme Andrés Gálvez. L'ACT cherche dès lors des méthodes mathématiques innovantes et des techniques informatiques qui sont susceptibles de faciliter l'identification de parcours toujours plus économiques. L'équipe a par exemple déjà étudié des trajets qui permettent de mettre une sonde spatiale en orbite autour de Pluton à l'aide d'un moteur à ions (sorte de propulsion électrique qui donne à la sonde spatiale une poussée de longue durée grâce à l'éjection d'un faisceau de particules chargées). D'autres études portaient notamment sur la manière de placer une sonde en orbite autour d'Europe, satellite de Jupiter. Ces deux missions seraient très difficiles à réaliser pour une sonde spatiale équipée de moteurs de fusée chimiques traditionnels et suivant un itinéraire classique.

Naviguer avec des étoiles mortes

La plupart du temps, les sondes spatiales arpentent le système solaire, naviguent à l'aide de signaux radio transmis par la Terre ou en regardant les étoiles à l'aide d'une caméra.

A la demande d'ACT, des chercheurs de l'Université de Barcelone et de l'Université polytechnique de Catalogne ont évalué une autre méthode : la possibilité pour une

sonde spatiale de s'orienter indépendamment de la Terre en se repérant sur des 'pulsars millisecondes' qui sont les rayonnements radio extrêmement réguliers et rapides émis par les restes des noyaux d'étoiles désintégrées. L'avantage est que la position de ces pulsars est connue avec précision, ce qui devrait en principe permettre une navigation très précise. Mais l'évaluation a donné des résultats mitigés. Selon les chercheurs, le système pourrait fonctionner, mais pour obtenir une précision acceptable, il faudrait trop d'équipements lourds à bord des sondes, comme par exemple une grande antenne radio pour capter les signaux pulsars faibles.

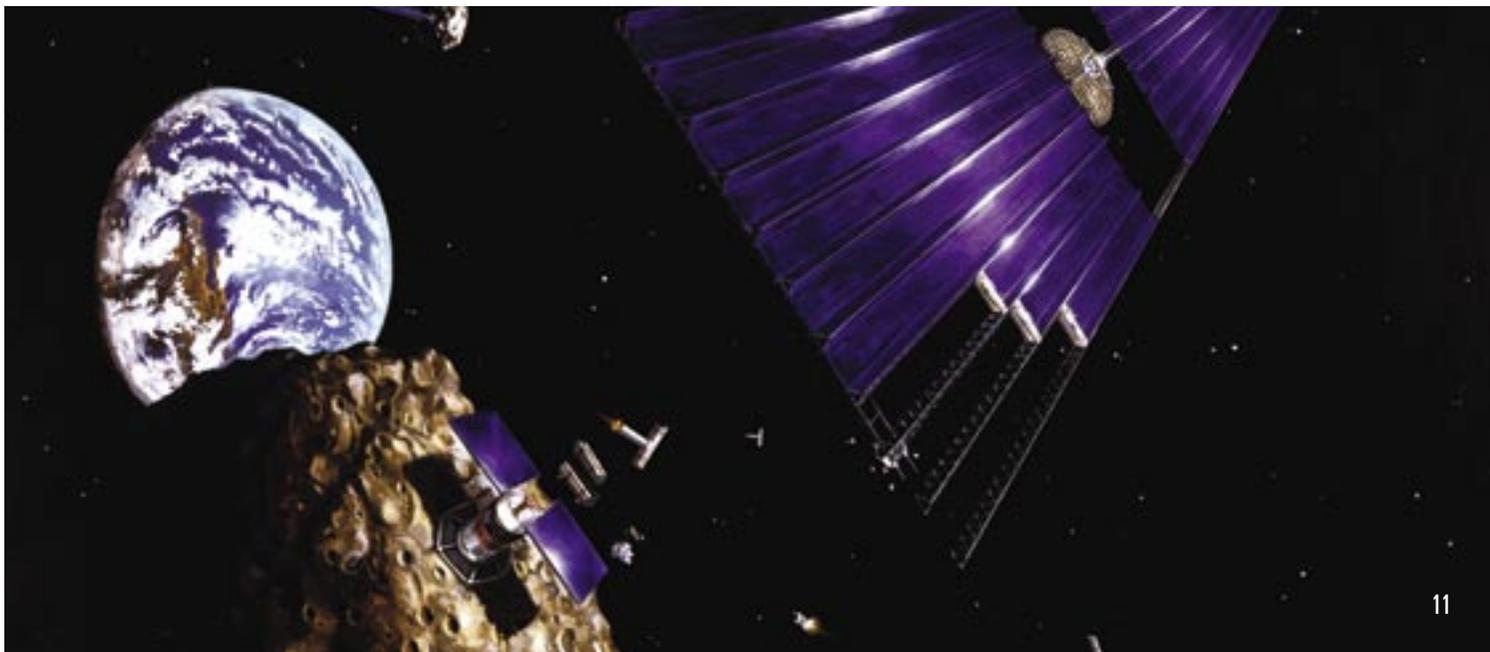
Ne pas perdre la moindre once d'énergie

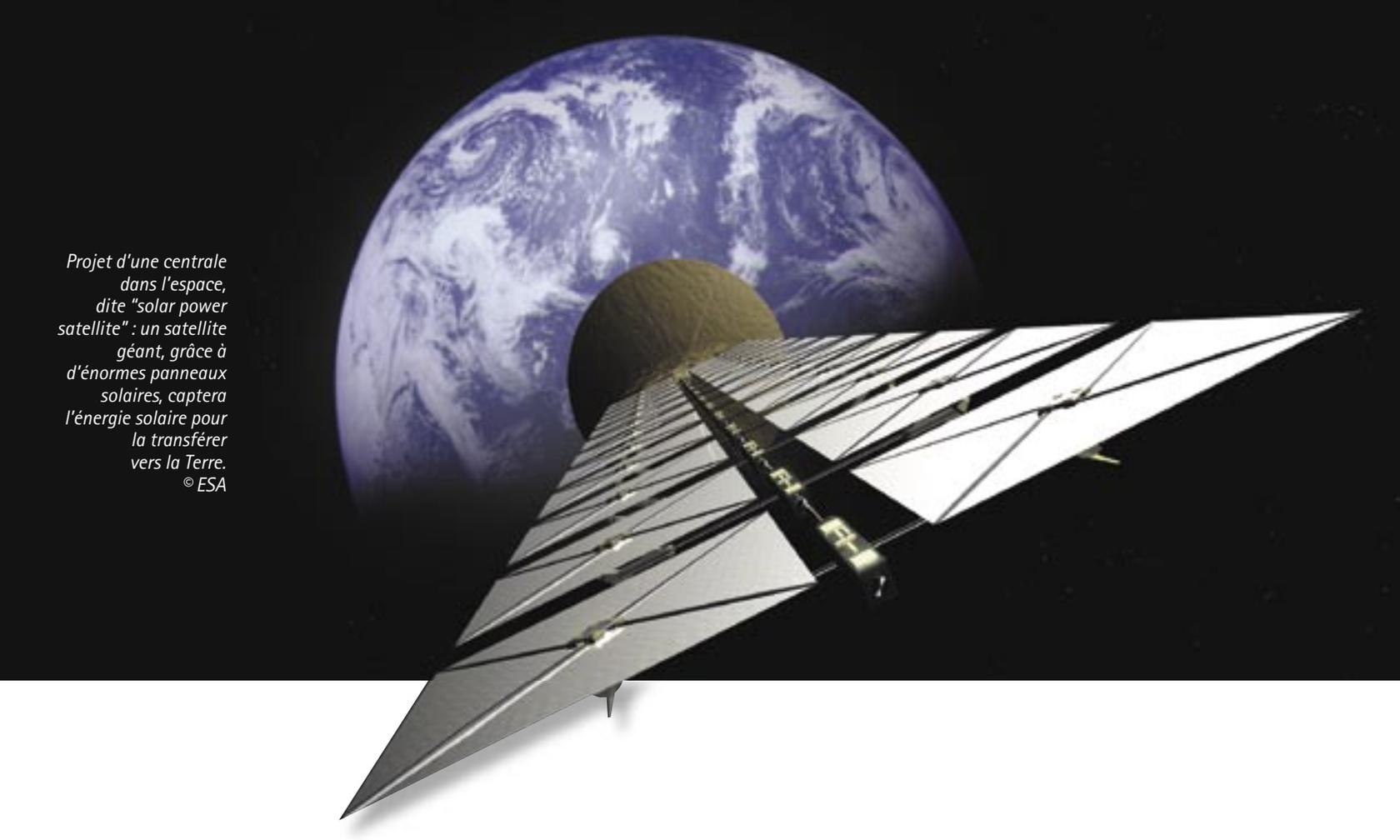
Dans un vaisseau spatial, il faut être économe et tout doit être réutilisé dans la mesure du possible. Tout déchet est encombrant, donc à proscrire. L'ACT a commandé une étude aux Universités d'Helsinki et de Wageningen sur le potentiel de récupération d'énergie à partir des excréments des astronautes. La décomposition des excréments par des bactéries pourrait par exemple produire du méthane qui pourrait ensuite être une source d'énergie. On peut également en extraire de l'hydrogène, très utile pour alimenter les 'piles à combustible', qui constituent la source d'énergie fréquemment utilisée dans les engins spatiaux. L'étude doit comparer et évaluer les diverses techniques qu'on peut envisager.

L'énergie solaire utilisée sur Terre

L'espace recèle-t-il la solution à nos problèmes d'énergie ? Des scientifiques ont suggéré d'installer de gigantesques panneaux solaires en orbite autour de la Terre où ils pourraient nuit et jour, sans être gênés par les

Ce projet américain illustre comment les ressources (matières premières) d'un astéroïde pourront servir à la construction de grands panneaux solaires destinés à alimenter la Terre en énergie. © NASA





Projet d'une centrale dans l'espace, dite "solar power satellite" : un satellite géant, grâce à d'énormes panneaux solaires, captera l'énergie solaire pour la transférer vers la Terre.
© ESA

nuages, collecter l'énergie solaire. Ils pourraient ensuite l'envoyer sur Terre sous la forme d'un faisceau de micro-ondes ou d'un rayon laser, des antennes spéciales ou des panneaux solaires se chargeant de la capter. Mais cette idée est-elle réaliste ?

«De nombreuses études ont déjà été consacrées à ce sujet», déclare Andrès Gàlvez, «mais elles pèchent généralement par le manque de comparaison avec les possibilités de génération d'énergie sur terre. Il est essentiel de ne pas focaliser l'étude uniquement sur les options offertes par l'espace. Il faut établir la comparaison avec les projets de grandes constellations de satellites de communication en orbite basse autour de la Terre des années nonante.» Dans les années nonante, les entreprises regorgeaient de plans de réseaux de dizaines ou de centaines de satellites de communication pour permettre la téléphonie par satellite avec des téléphones portables. Plusieurs rapports ont souligné la faisabilité technique et financière de ces projets, mais ils n'ont cependant tenu aucun compte des options au sol : la mise en place d'un réseau très étendu de pylônes d'émission GSM au sol, nettement moins coûteux qu'un réseau de satellites.

Quelle est alors la conclusion à propos de l'énergie solaire collectée dans l'espace, comparée aux sources d'énergie au sol comme l'énergie solaire et l'énergie éolienne ? Gàlvez : *«Le potentiel est indéniable. C'est techniquement réalisable. Mais il faut en priorité réduire de manière draconienne les coûts de lancement. La technologie soulève également une série de questions environnementales. Il ne faut pas encore jeter l'idée aux oubliettes.»*

Dilater légèrement la pesanteur

Encore une idée issue du monde de la science-fiction : les voyages dans l'espace ne seraient-ils pas facilités s'il était possible de réduire localement la pesanteur terrestre ou s'il était possible d'une manière ou d'une autre de protéger une fusée de la pesanteur lors de son lancement ? En réalité, la conquête spatiale est difficile (et coûteuse) surtout parce que la pesanteur de notre planète complique le lancement de charges dans l'espace. La situation changerait radicalement s'il était possible d'intégrer un dispositif dans la fusée pour l'insensibiliser à la pesanteur ou s'il était possible d'intégrer dans la plate-forme de lancement un dispositif réduisant la pesanteur au-dessus de celle-ci. C'est du moins l'idée apparaissant dans de nombreux récits de science-fiction comme par exemple dans *Les premiers hommes sur la Lune* de H.G. Wells.

L'élimination de la pesanteur par un système anti-pesanteur semble une idée à première vue en totale contradiction avec nos connaissances physiques. Les lois de la pesanteur formulées par Isaac Newton, puis plus clairement par Albert Einstein, n'autorisent pas le moindre isolement ou la moindre réduction de la pesanteur. Mais certains scientifiques espèrent néanmoins de possibles ouvertures. L'actuelle théorie de la pesanteur d'Einstein n'a pu, jusqu'à présent, être conciliée avec les lois de la mécanique quantique, le cadre mathématique de base à partir duquel les physiciens décrivent toutes les autres forces de la nature. Aussi longtemps que cet objectif n'aura pas été atteint, nous savons que notre connaissance de la pesanteur restera incomplète. La certitude ne sera obtenue que lorsque nous disposerons d'une théorie quanti-

Au-delà d'ACT : de la véritable science-fiction

Les activités de l'Advanced Concepts Team de l'ESA rappellent parfois la science-fiction, mais elles restent fondées sur de solides bases scientifiques. Mais l'ESA est parfois également disposée à aller plus loin et à se laisser inspirer par la réelle science-fiction. C'est pour cette raison que l'agence spatiale européenne parraine régulièrement un concours de science-fiction destiné à susciter des idées novatrices pour les futures missions spatiales et à stimuler la curiosité des jeunes à l'égard de la science et des technologies. Il s'agit de la *Clarke-Bradbury International Science Fiction Competition*, organisée pour la première fois en 2003 et dont la deuxième édition est programmée pour 2005. Ce concours porte le nom de deux célèbres auteurs de SF : Arthur C. Clarke et Ray Bradbury. En 2005, le thème de la compétition était : l'ascenseur spatial. L'idée d'un ascenseur pour rejoindre l'espace – en tendant un câble entre la surface terrestre et un satellite en orbite géostationnaire en un point fixe au-dessus de la Terre – est par ailleurs un thème qui est à plusieurs reprises dans l'œuvre de Arthur C. Clarke.

que de la pesanteur, ce qui peut-être permettra alors la protection contre la pesanteur.

Un maigre espoir, mais qui n'empêche pas l'idée de refaire régulièrement surface. Elle prend souvent des formes totalement fantasques. De nombreux engins 'anti-pesanteur' proposés permettraient de créer un 'perpetuum mobile' et violent, par voie de conséquence de réaliser l'une des lois de la physique les plus élémentaires, celle de la conservation de l'énergie. Mais il y a aussi des propositions de systèmes anti-pesanteur moins farfelues (mais dont l'inconvénient est d'être très voraces en énergie). Aux USA, la NASA a ainsi étudié le plan du physicien russe Podkletnov, suggérant que la pesanteur pouvait être réduite d'environ deux pour cent au-dessus d'un disque supraconducteur entraîné à grande vitesse. Cette analyse s'est déroulée dans le cadre du programme *Breakthrough Propulsion Physics* qui s'est penché sur diverses spéculations jusqu'à l'arrêt de son financement en 2003, par crainte notamment de gaspiller de l'argent à des spéculations qui manquent de fondements scientifiques.

En 2001, l'Advanced Concepts Team de l'ACT a commandé une étude sur la maîtrise de la pesanteur à Orfeu Bertolami de l'Université technique de Lisbonne et Martin Tajmar de l'entreprise autrichienne ARC Seibersdorf. Les conclusions de l'étude sont sans appel. Sans exclure catégoriquement la possibilité de maîtrise de la pesanteur, les deux chercheurs soulignent qu'aucune méthode crédible n'a été proposée à ce jour. Bertolami affirme «qu'aucune des propositions n'a semblé convaincante et suffisamment détaillée. D'un point de vue expérimental et théorique, elles ne remplissent pas les conditions d'une rigueur scientifique.»

De plus, les deux chercheurs formulent une seconde conclusion particulièrement intéressante : même si un jour des technologies anti-pesanteur s'avèrent possibles, elles ne seraient pas aussi utiles dans l'espace qu'on ne le pense généralement.

«Presque tous les concepts proposés pour modifier ou réduire la pesanteur considèrent intuitivement que la manipulation de la pesanteur améliorerait automatiquement la propulsion (la propulsion des engins spatiaux)», écrivent Tajmar et Bertolami. Mais, concluent-ils «en termes de propulsion, le gain serait modeste et ne constituerait nullement une avancée majeure.» La technique pourrait, il est vrai, déboucher sur d'autres applications très intéressantes, comme la création de microgravité (ou 'impesanteur') sur Terre. Les deux chercheurs n'ont pas examiné toutes les méthodes de maîtrise de la pesanteur proposées, mais bien toutes les suggestions qui à leurs yeux présentaient des bases physiques relativement solides.

Tous les scientifiques travaillant sur l'option anti-pesanteur ne partagent pas les conclusions de Tajmar et Bertolami. D'après James Woodward de la California State University de Fullerton, «même si elles sont correctes, je juge inintéressantes et sans la moindre pertinence.» Il pense qu'en dehors de celles évaluées par Tajmar et Bertolami, il existe d'autres manières de réaliser l'anti-pesanteur et que cela vaut la peine de poursuivre les recherches.

Bertolami indique que le rapport n'était pas destiné à mettre un terme à ce type de recherche. «Nous avons recommandé à l'ESA de suivre ces recherches d'un œil critique. Mais il est préférable de ne pas y investir trop de moyens. Il nous semble que les idées conventionnelles en matière de propulsion sont nettement plus efficaces.»

Pour l'exploration future de Mars, la synergie hommes-robots sera déterminante.
© NASA



'Biomimicry'

ou la nature, source d'inspiration

Depuis toujours, concepteurs et inventeurs ont trouvé l'inspiration dans la nature pour résoudre des problèmes technologiques. Les premiers bricoleurs qui ont essayé de construire un avion ont donné des ailes à leur machine, à l'image de celles des oiseaux. C'est ni plus ni moins copier la solution imaginée par la nature plutôt que d'en imaginer une nouvelle. Rien de surprenant à cela puisque, depuis des milliards d'années, la vie sur Terre tente de trouver des réponses nouvelles et plus pointues à toute une série de problèmes pratiques. La méthode utilisée par la vie pour résoudre les problèmes porte le nom d'évolution. C'est une méthode qui ne comporte qu'un gros inconvénient: elle est extrêmement lente. Mais pour un ingénieur qui peut reprendre telle quelle une solution existante, peu importe que la nature ait mis des millions d'années pour la trouver.

Un exemple célèbre de technologie littéralement copiée de la nature est celui du velcro, système de fermeture pratique pour les vêtements. Il est également utilisé dans l'espace, car c'est un mode de fixation flexible, insensible aux vibrations.

L'inventeur du velcro, le Suisse George de Mestral, s'est un jour étonné au début des années quarante, après une promenade avec son chien, que des graines de bardane restaient collées à ses vêtements et au pelage de son chien. Il les a examinées au microscope et a constaté que leur extraordinaire pouvoir adhésif était dû à un système microscopique de crochets et de boucles. De Mestral a eu ainsi l'idée de reproduire ce système et le velcro vit ainsi le jour.

Est-ce qu'un robot sur Mars pourra un jour avoir cette forme? Au lieu d'un véhicule sur roues, le robot ressemblera à un grand ballon léger propulsé par le vent. © ESA



Un robot, copie conforme d'un insecte ou d'une plante

Il est probable qu'au cours des prochaines décennies, nous observerons, y compris dans la conquête spatiale, de nombreux nouveaux exemples de technologies empruntées à la nature ('biomimicry' ou 'biomimétisme'). Aux USA, la NASA étudie par exemple la possibilité d'équiper les futurs robots martiens de pattes plutôt que de roues. Un robot, équipé de six ou huit pattes, se déplaçant comme un insecte, pourrait escalader sans problème les terrains difficiles, qui sont d'un accès difficile, voire impossible, pour un véhicule monté sur roues.

Les concepteurs cherchent également l'inspiration dans la conception du cerveau animal pour les systèmes de commande informatiques chargés de coordonner les mouvements des pattes de ces robots. Au fil des millions d'années, les insectes ont imaginé des méthodes extrêmement efficaces pour maîtriser les mouvements de leurs pattes, quelles que soient les circonstances.

Mais d'autres modes de déplacement présents dans la nature inspirent les concepteurs d'engins spatiaux. Pourquoi sur une planète, un robot ne pourrait-il pas par exemple être propulsé par le vent ? Cette énergie est gratuite, ne nécessite aucune source et peut assurer la propulsion d'un engin de reconnaissance durant des mois, voire des années. L'utilisation de voiles n'est pas envisagée, mais on s'intéresse plutôt à la coception d'un robot sphérique ultra léger, roulant sur le sol, poussé par le vent. On s'inspire de plantes comme l'amarante ou le 'chardon russe' (*Salsola kali*). Cette plante ressemble à un arbuste sphérique ordinaire, mais à l'automne, elle se débarrasse de son tronc, tandis que la sphère est ensuite emportée par le vent dans le désert. Tout en roulant, la

plante dissémine ses graines. Les sphères atteignent parfois la taille d'une petite automobile. La NASA a déjà étudié le concept d'un robot basé sur un principe identique et l'ACT a demandé à l'Université d'Helsinki de se pencher sur cette idée. Un projet de véhicule a été réalisé dans le cadre de cette étude, véhicule qui peut être piloté dans une certaine mesure grâce au déplacement d'un ballast à l'intérieur de la sphère. La version américaine se contenterait de suivre la direction du vent. Ce genre de robot pourrait servir sur Mars où le vent est fréquent. Pour pouvoir fonctionner, il faudra impérativement que les instruments scientifiques à l'intérieur de la sphère soient extrêmement légers.

Muscles artificiels

Des muscles artificiels construits dans des matériaux spéciaux qu'on appelle polymères électroactifs remplaceront-ils un jour les éléments électromécaniques des vaisseaux spatiaux ? Les robots de l'espace vont-ils se déplacer à la force des muscles plutôt qu'à l'aide de moteurs ? L'Advanced Concepts Team a demandé à des chercheurs des Universités de Reading et de Pise d'évaluer cette idée.

Selon Gálvez, «à court terme les applications sont limitées et seront mises en œuvre pour compléter et non pour remplacer les moteurs électriques. Par exemple, quand il s'agit d'atténuer les vibrations dans les satellites, comme celles des panneaux solaires lors de l'exécution d'une manœuvre, des muscles artificiels peuvent activement compenser ces vibrations. A plus long terme, ces matériaux pourraient introduire toute une série de nouvelles méthodes de travail, de concepts innovants, comme le véhicule cité plus haut, qui ne se déplacerait plus sur la planète à l'aide de roues, mais en se contractant ou en s'étirant.»

A quand le déploiement d'activités industrielles sur la Lune? Le retour, prévu en 2018, d'hommes sur notre satellite naturel devrait préparer cette étape. © NASA

Sites internet :

Tous les détails sur l'Advanced Concepts Team et le programme Ariadna peuvent être consultés sur le site de l'ACT. Parmi d'autres éléments, les rapports complets de tous les projets de recherche menés par l'équipe.
<http://www.esa.int/gsp/ACT/index.html>

L'adresse internet du pendant américain, le NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC) est la suivante :
<http://www.niac.usra.edu/>



L'Amérique aussi se livre à d'audacieuses recherches

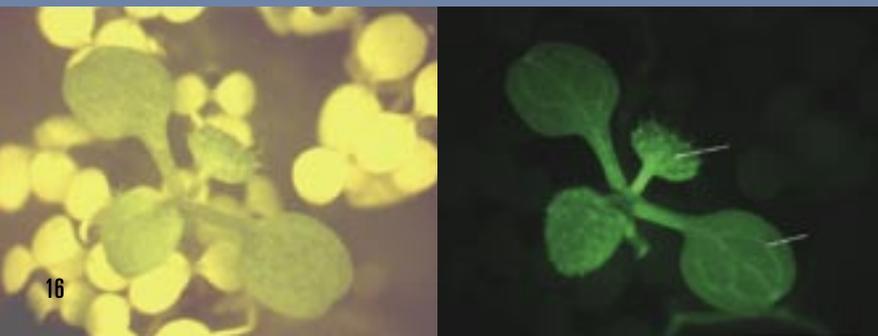
La NASA, la *National Aeronautics & Space Administration* dispose également d'une division de recherche de pointe. Le NIAC (*NASA Institute for Advanced Concepts*), homologue américain de l'ACT a été créé en 1998. Parallèlement, et indépendamment du NIAC, la NASA a eu également un programme *Breakthrough Propulsion Physics* qui a notamment examiné s'il était possible de voyager plus vite que la lumière, de voyager dans le temps, d'exploiter les trous noirs en astronautique, de manipuler la pesanteur et autres idées extrêmes du même acabit. Mais le programme Breakthrough Propulsion Physics a été arrêté en 2003 sans avoir produit de résultats exploitables. Le NIAC donne la priorité à des technologies susceptibles de trouver des applications concrètes.

En juin, le NIAC a publié sa sélection de douze thèmes qui feront l'objet de recherche cette année, la Phase 1 Awards. Il s'agit à chaque fois d'un projet de recherche d'une durée de six mois. Par thème, le budget s'élève à 75000 dollars et, comme le fait l'ACT, sa consœur européenne, ces bourses sont attribuées à des chercheurs extérieurs à l'organisation spatiale, à des universités ou des entreprises. Le but est de poursuivre la recherche sur les idées les plus prometteuses dans le cadre du 'Phase 2 Award', un projet doté d'un budget de 400 000 dollars et pouvant se prolonger durant deux ans.

Une série similaire de douze projets de recherche succincts a déjà été réalisée en 2004. Voici quelques exemples des thèmes que le NIAC a fait explorer.

- un engin spatial destiné au transport interplanétaire alimenté par des positrons (les anti-particules des électrons ordinaires) (2005);
 - un observatoire infrarouge 'Deep Field' construit à proximité de l'un des pôles lunaires (2004);
 - des micro-organismes génétiquement manipulés, spécialement développés pour pouvoir survivre sur Mars (2004);
 - des plantes génétiquement modifiées susceptibles de survivre sur Mars. La dissémination de ces plantes sur la planète rouge pourrait marquer le début d'une modification volontaire du climat et de l'atmosphère de la Planète Rouge, pour les rapprocher de ceux de la Terre. Les plantes pourraient transformer le dioxyde de carbone de l'atmosphère martienne en oxygène (2004);
 - un écran électrostatique protégeant une base lunaire contre les rayonnements nocifs de l'espace (2004);
 - un ascenseur allant de la Lune à l'espace (2004);
 - un puissant laser alimenté par l'énergie solaire, capable notamment de propulser des vaisseaux spatiaux à l'aide de son faisceau concentré d'énergie (2004);
 - une 'camera obscura' de la taille d'un terrain de football pour photographier des exo-planètes ou planètes qui gravitent autour d'étoiles autres que le Soleil (2004).
- Le 'déploiement de nanorobots', qui utilisent des nanosystèmes, est l'un des projets de recherche les plus stupéfiants de la NASA, réalisé dans les laboratoires de l'agence spatiale, indépendamment du NIAC. L'idée consiste à construire des robots miniatures de la forme d'un tétraèdre (sorte de pyramide à la base triangulaire). Le tétraèdre se déplace en étirant ou rétrécissant ses côtés (à l'aide de panneaux coulissants). En allongeant et raccourcissant alternativement l'une et l'autre face, le tétraèdre peut par exemple rebondir à la surface d'une planète. Un seul nano-robot ne peut pas accomplir de miracle. Mais c'est la multiplication des tétraèdres qui rend l'idée intéressante : ils peuvent se fixer l'un à l'autre de toutes les façons possibles et imaginables pour constituer de plus gros volumes. Des milliers de nano-robots, en se combinant, pourraient ainsi former par exemple un grand robot, équipé de bras préhensiles et d'outils. Ils peuvent modifier leur configuration en un clin d'œil et se transformer, en devenant par exemple un petit véhicule pour transporter des chargements ou servir d'abri à un astronaute. Sur terrains dif-

Dans les laboratoires terrestres, on modifie génétiquement une plante en lui inoculant un gène d'un extrémophile (un micro-organisme qui survit dans de conditions extrêmes). A l'avenir, cette technique pourrait être utilisée pour développer des plantes qui peuvent survivre sur Mars et qui pourraient transformer cette planète avec une atmosphère riche en oxygène et un climat agréable. © NASA



faciles, les nano-robots peuvent s'accrocher l'un derrière l'autre et se déplacer à la manière d'un serpent. Les possibilités sont infinies. Les ingénieurs du *Goddard Space Flight Center* ont déjà construit un prototype de robot tétraèdre. Il atteint pour l'instant la taille d'un mètre, mais de plus petits exemplaires dont la production en série est moins chère devraient suivre prochainement.

L'innovation récompensée

Depuis peu, la NASA recourt à une méthode inédite pour stimuler l'innovation technologique : en dehors des recherches qu'elle accomplit elle-même ou de celles qu'elle finance dans les universités (comme l'ESA), elle promet une récompense en monnaie sonnante et trébuchante à toute personne qui réalise une avancée technologique déterminée. La NASA espère ainsi motiver un grand nombre d'inventeurs potentiels, des jeunes chercheurs universitaires aux bricoleurs du dimanche, en passant par les entrepreneurs créatifs. L'agence aérospatiale américaine perpétue ainsi une longue tradition de récompenses accordées à des accomplissements technologiques (par exemple le prix remis à l'issue de la première traversée en avion de l'océan Atlantique à Charles Lindbergh).

Les récompenses remises dans le secteur astronautique ont récemment fait la une avec le *Ansari X-prize* décerné pour le premier vol 'touristique' dans l'espace, qui était intégralement financé par des fonds privés : il fut remporté en 2004 par le vaisseau *SpaceShipOne*, conçu par l'ingénieur en aéronautique Burt Rutan. Dans la foulée de l'Ansari X-prize, des voix se sont élevées pour que des prix substantiels soient promis à des réalisations plus audacieuses, comme le premier vol habité vers Mars. En espérant que le secteur privé puisse mener à bien ce genre de projet pour un prix inférieur à celui d'une agence publique comme la NASA. Mais, par prudence, il a été provisoirement décidé de maintenir les récompenses à un niveau plus modeste et de les réserver à des réalisations spécifiques, moins ambitieuses.

Les deux premiers *Centennial Challenge* ont été lancés en avril 2005, suivis d'un troisième en mai. Un prix de 250 000 dollars récompensera celui qui, au plus tard le 1^{er} juin 2008, réussira à mettre au point une méthode adéquate pour extraire de l'oxygène respirable des roches lunaires. Il est établi que les roches lunaires recèlent d'importantes quantités d'oxygène, mais sous la forme d'un composé chimique. S'il était possible d'extraire l'oxygène de ces roches, cela rendrait un énorme service aux futures expéditions lunaires habitées : les astronautes devraient emporter nettement moins d'oxygène dans leurs bagages, ce qui réduirait sensiblement les coûts de lancement des matériaux. Extraire l'oxygène par réaction chimique des roches de silicate est facile à



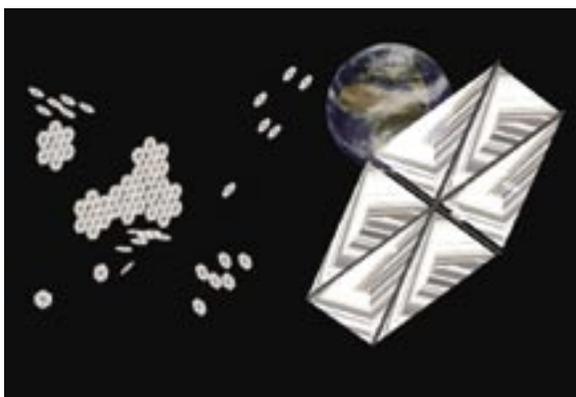
Projet de bouclier de protection électrostatique mis en place au-dessus d'une base lunaire. Il protégerait les astronautes contre les effets nocifs du rayonnement cosmique. La possibilité d'un tel bouclier a été examinée par la NASA Institute for Advanced Studies. © NASA



réaliser dans un laboratoire terrestre, mais aucune méthode n'a encore été mise au point pour obtenir ce résultat sur la Lune. La technique devrait être simple et nécessiter un minimum d'entretien. Elle doit pouvoir fonctionner dans un environnement spatial hostile et ne pas être trop énergivore. Les candidats devront prouver les qualités de la technique proposée sur un matériau volcanique terrestre, le JSC-1 qui présente de nombreuses similitudes avec la roche lunaire.

Les deux autres *Centennial Challenges* portent sur la mise au point de technologies pour un futur ascenseur spatial. L'idée d'un ascenseur spatial se résume à un câble tendu entre le sol et une station spatiale en orbite géostationnaire à 36.000 km d'altitude (cela devrait en principe être possible, un satellite positionné à cette altitude pouvant rester suspendu à un point de l'orbite géostationnaire, c'est-à-dire fixe par rapport à la surface terrestre). Une sorte d'ascenseur pourrait alors monter et descendre le long de ce câble. En principe, cette formule de déplacement dans l'espace devrait être nettement moins coûteuse que les actuelles fusées et navettes spatiales. Mais il reste au préalable encore de nombreux obstacles technologiques à surmonter, le principal d'entre eux étant qu'il faut un matériau suffisam-

Prototype américain de robot en forme de tétraèdre. Dans le futur, ces robots devraient être produits en série et dans des formats plus compacts. Mis ensemble comme les mailles d'un tricot, ils pourraient former un groupe d'explorateurs particulièrement performants et flexibles. On remarquera les tubes cylindriques et télescopiques qui forment la squelette du robot. © NASA



Essais de petits engins spatiaux qui pourraient être mises en réseaux pour former, selon les besoins, de grandes infrastructures. © ESA



Pour les prochaines expéditions scientifiques sur la Lune, beaucoup de nouvelles technologies devront être développées. © NASA

ment résistant pour la fabrication du câble. On envisage notamment des matériaux ultra résistants, conçus à partir de 'nano-tubes de carbone', c'est-à-dire des molécules de carbone tubulaires particulièrement robustes.

Un Centennial Challenge de 50.000 dollars sera attribué à celui qui développera le matériau le plus solide pour la fabrication d'un câble. Une somme équivalente

récompensera celui qui construira un 'robot ascensionnel' qui sera capable d'escalader sur cinquante mètres un câble en moins de trois minutes, et ce, en étant alimenté en énergie par un faisceau lumineux. Ce dernier prix nourrit l'espoir de voir un futur ascenseur spatial peut-être approvisionné en énergie par une station laser terrestre, qui projetterait un puissant faisceau de lumière vers le ciel.

Innovations se rapprochant des applications

Même si l'Advanced Concepts Team est le pilier de la recherche dans les technologies potentiellement révolutionnaires à l'ESA, c'est loin d'être le seul département de l'ESA effectuant de la recherche de pointe. L'*Innovation Triangle Initiative* issue de la Technology Strategy Section de l'ESA et dirigée par Marco Guglielmi est l'une des autres initiatives déployées dans ce domaine. L'ITI a pour mission d'étudier des technologies innovantes, mais néanmoins plus proches de la phase d'application que celles étudiées en général par l'ACT. Les trois éléments auxquels l'intitulé 'Innovation Triangle Initiative' fait allusion sont la créativité de l'inventeur, les besoins de l'utilisateur et l'expérience de production de l'industrie. L'ITI a démarré en mars 2004 et, en l'espace d'un an, a déjà procédé à l'évaluation de 27 types de nouvelles technologies. Quelques exemples :

Textile intelligent pour de grandes structures dans l'espace

Les grandes structures de l'espace comme les antennes, panneaux solaires ou futures voiles solaires ne doivent pas obligatoirement être réalisées en métal. Il est peut-être préférable de les fabriquer à base de textile. Pas un textile ordinaire comme celui de nos vêtements, mais des fibres hightech solides et légères. L'entreprise italienne Grado Zero Space a par exemple lancé l'idée d'une fibre utilisant des nano-tubes de carbone et de nouveaux matériaux caoutchouteux, baptisés 'élastomères nématiques'. Le textile est qualifié d'intelligent car, sous l'action de l'électricité, il peut changer de forme. Il ne s'agit donc pas d'un quelconque matériau passif ; il peut jouer un rôle actif dans un équipement, par exemple pour déployer des panneaux solaires. En dehors de l'entreprise italienne, le Cavendish Laboratory de l'université de Cambridge participe à la recherche, ainsi que l'entreprise espagnole NTE. En neuf mois, les chercheurs ont fabriqué un prototype opérationnel à partir d'un morceau de tissu qui peut être plié électriquement.

Une perceuse ultra compacte

Les scientifiques apprécient que les sondes spatiales prélèvent des échantillons de sol sur d'autres planètes. Mais la perceuse ou 'taupe' mécanique nécessaire est souvent encombrante et lourde. Les entreprises italiennes D'Appolonia et STAM ont dès lors présenté un nouveau projet de 'pénétrromètre' ultra compact. Les deux entreprises coopèrent avec l'institut allemand DLR qui a conçu la perceuse pour Beagle 2, la sonde britannique qui aurait dû explorer le sol martien mais qui fut perdue au moment de son arrivée sur Mars. Grâce à un ingénieux système de pignons effectuant une sorte de mouvement de fléchissement, le nouveau système est nettement plus compact que les têtes de perceuse classiques.

Le déploiement de grandes structures spatiales pourrait servir à expédier vers les planètes des grands navires équipés de voiles solaires. © ESA



actualités

Le Sénat décerne son prix ODISSEA pour un projet sur l'espace

Ce prix a été remis le mercredi 26 octobre 2005 à Alain Sarlette, 24 ans, étudiant à l'Université de Liège, qui a été distingué par le jury pour sa thèse portant sur «la caractérisation du spin et de l'altitude de la sonde Huygens de l'ESA pendant sa descente vers Titan à partir de données utilisées pour le contrôle des opérations».

Il s'agit d'une bourse de 8000 euros qui pourra couvrir sa participation dans une organisation ou entreprise à vocation spatiale en Europe. En remettant ce prix, le Sénat entend susciter l'intérêt des jeunes pour la science, en général, et pour les questions spatiales, en particulier.

L'intitulé «ODISSEA» renvoie à la mission réalisée en novembre 2002 par la station spatiale internationale ISS à laquelle a participé notre astronaute ASE Frank De Winne. L'initiative de cette récompense revient d'ailleurs à Frank DE WINNE et à son concitoyen de Saint-Trond le sénateur Ludwig Vandenhove (sp.a-Spirit). Le sénateur Ludwig Vandenhove, président du comité organisateur a évoqué l'initiative du Prix Odissea, après quoi Dirk Frimout, président du jury, a brièvement présenté les 5 candidats. Ensuite la Présidente du Sénat a proclamé les résultats et remis le prix au lauréat.

(source : Sénat de Belgique)

Cartes postales de Vénus : concours artistique !

La sonde Venus Express de l'ESA sera la première à rendre visite à notre plus proche voisine, Vénus, depuis plus de 10 ans. Pour célébrer cet événement, la Planetary Society s'est associée à l'ESA pour inviter les jeunes et les moins jeunes de par le monde à participer au concours artistique Venus Express.

Les gagnants seront récompensés par un voyage au centre de contrôle de mission de l'ESA à Darmstadt (Allemagne) en avril 2006, pour l'arrivée de Venus Express en orbite autour de Vénus. De nombreux autres prix sont également prévus.

Le thème du concours porte sur des «Cartes postales de Vénus». Imaginez la surface de Vénus telle qu'elle se présente d'en haut : une vue à vol d'oiseau de ce monde mystérieux ! Votre œuvre doit porter sur Vénus, pas sur la sonde spatiale. Ce concours est ouvert à tous, et est divisé en deux catégories : «Jeune» (17 ans

maximum) et «Adulte» (18 ans et plus). Une seule participation par personne est autorisée, et les participations en groupe ne sont pas possibles. Cette œuvre d'art peut être réalisée à l'aide de tout moyen artistique bidimensionnel, y compris les programmes d'illustration assistée par ordinateur. L'œuvre finie doit être au format carte postale (environ 10 x 15 cm).

Vous pouvez envoyer votre œuvre par courrier normal ou par voie électronique. Avant de commencer, veuillez lire toutes les informations relatives au concours ainsi que son règlement complet, à l'adresse suivante :

http://planetary.org/postcards_from_venus/

Les participations par courrier normal doivent être envoyées à l'adresse suivante :

Venus Express Art Contest
65 N Catalina Ave, Pasadena
Californie, 91106, Etats-Unis.

Notez que les œuvres envoyées à la Planetary Society deviennent la propriété de l'organisation et ne peuvent pas être retournées à leurs créateurs. Date limite pour la réception de toutes les participations (par courrier ou en ligne) : le 14 janvier 2006 à 7h59 temps universel.

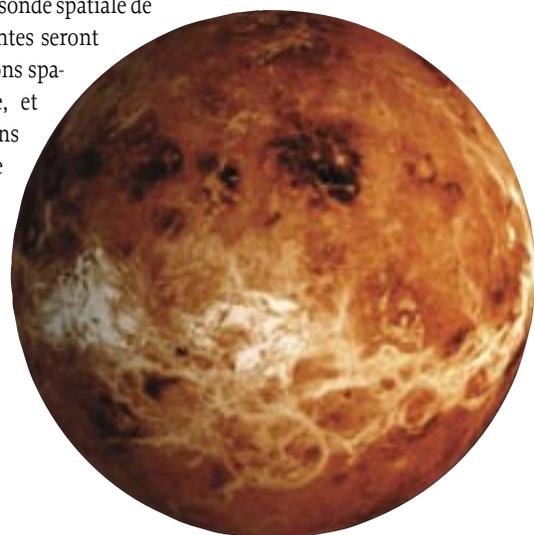
Récompenses

Les œuvres d'art seront jugées par un jury de la Planetary Society sur la base du thème, de la créativité et du mérite artistique. Pour les jeunes artistes, l'âge sera pris en compte. Le grand gagnant sera récompensé par une visite au Centre des opérations de l'ESA (Darmstadt) en avril 2006, frais de voyage, nourriture et hébergement inclus. Si le grand gagnant est âgé de moins de 18 ans, le prix comprend un séjour pour un parent ou tuteur. D'autres gagnants (un premier, un deuxième, un troisième et cinq mentions honorables) seront également sélectionnés dans chacune des deux catégories.

Deux mois après l'arrivée de Venus Express, deux autres prix spéciaux seront décernés (un pour la catégorie Jeune, un pour la catégorie Adulte) pour l'œuvre d'art ressemblant le plus à une photo de Vénus transmise par la sonde spatiale de l'ESA. Toutes les œuvres gagnantes seront exposées au Centre des opérations spatiales de l'ESA en Allemagne, et seront également publiées dans une galerie photo spéciale sur le portail de l'ESA.

Pour en savoir plus, contactez :
Susan Lendroth
The Planetary Society
Téléphone : (626) 793-5100,
poste 237
Courrier électronique :
susan.lendroth@planetary.org

(Communiqué de l'ESA
du 19 octobre 2005)



© ESA

© Guy Goossens /
Sénat de Belgique

La Belgique en route vers Vénus

Le 9 novembre, l'ESA a lancé le satellite Vénus Express depuis le cosmodrome de Baïkonour au Kazakhstan. Il s'agit de la première mission européenne à destination de Vénus. L'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) contribue de façon significative à ce projet de l'ESA avec le spectromètre à infrarouge SPICAV/SOIR. L'Observatoire Royal de Belgique (ORB) participe à l'expérience VeRa (Venus Radio Science experiment) qui consiste à utiliser des signaux radio entre Vénus Express et la Terre. ©(ESA)

