

Dossier La station spatiale internationale ISS

La *Belgique* et la station spatiale

↑ Au coucher du soleil, le panneau solaire du module Zvezda de la station spatiale luit comme de l'or (NASA).

S'il est vrai qu'en chiffres absolus notre pays est petit, il est en revanche, par habitant un acteur relativement important et très certainement très apprécié dans le domaine de la recherche spatiale. Dans le programme ISS aussi, il tient à jouer un rôle de premier plan. La Belgique finance 3% du programme de développement de la contribution européenne à l'ISS. Il assume en outre 3% des frais fixes d'exploitation et 2% des frais variables (1% pour le CRV) et 10% de la première utilisation de l'ISS.

Inutile de préciser que les chercheurs et les industries de notre pays en profitent. La Belgique justifie sa forte participation à l'ISS par l'importance *industrielle* et *scientifico/technologique* du projet. Des entreprises comme Alcatel-ETCA, SABCA, Space Applications Services, Sonaca CRV, Spacebel, Trasys Space, Verhaert... sont dès lors impliquées dans tous les programmes

européens de l'ISS. La Belgique a ainsi contribué à concurrence de 10% à la mise au point de l'équipement de microgravité *Columbus*. Grâce à la dimension internationale du programme ISS, les scientifiques belges ont l'occasion de travailler avec des partenaires européens et extra-européens dans la totalité ou presque des domaines de la recherche spatiale.

Au service de la science et de l'industrie

Qui mieux qu'un scientifique peut expliquer la portée d'une participation à un projet spatial ? Space Connection s'est entretenu avec le Prof. Ludo Froyen et son étudiant en doctorat Jimmy De Wilde du département SMM (*Science des Métaux et des Matériaux appliqués*) de la Katholieke Universiteit Leuven (KUL). La recherche spatiale y a commencé dès 1973. Alors que l'astronautique européenne en était encore à ses premiers balbutiements, une expérience de l'université était déjà présente à bord du laboratoire spatial américain *Skylab*. Les activités se concentrent à présent sur les projets *SETA* et *UNESTA*, c'est-à-dire le développement de matériaux de pointe, le perfectionnement de matériaux commerciaux et la mise au point de modèles physiques et de logiciels dans le domaine des phénomènes de solidification.

Pourriez-vous brièvement situer votre recherche ?

Notre recherche est axée sur le développement et la *transformation* des matériaux. Nous faisons partie d'un groupe de recherche sur le développement d'alliages, dont l'objectif est l'amélioration et la mise au point de matériaux commerciaux, ainsi que la recherche fondamentale dans ce domaine. Nous sommes intéressés par la *solidification* des matériaux, partant d'un état liquide, comme par exemple lors de la coulée d'une jante d'une roue. Le but de cette recherche est de mieux comprendre ce processus de solidification et ses propriétés, afin de pouvoir concevoir des matériaux meilleurs, plus légers, plus solides, mieux recyclables et surtout moins chers. Ce dernier élément est un puissant moteur pour l'industrie. Manifestement, la tendance actuelle va vers une amé-

lioration des procédés, plutôt que vers celle des matériaux. Notre recherche en microgravité se déroule à différents niveaux. Nous utilisons des tours d'impesanteur, des fusées sondes, l'International Space Station...

Que souhaitez-vous faire précisément à bord de l'ISS et quel est l'historique de votre projet ?

La recherche que nous voulons effectuer à bord de l'ISS est en réalité un compromis : nous voulons développer de nouveaux matériaux, mais avec une solide base scientifique. De nombreuses études ont déjà été accomplies dans le domaine de la solidification. Nous avons notamment réalisé des expériences à bord du laboratoire spatial européen Spacelab, lors de missions Euromir ou à bord de la navette spatiale. La recherche s'oriente davantage sur des matières pures et des alliages binaires (dans lesquels deux matières sont fusionnées). A l'avenir, nous étudierons des systèmes incluant plusieurs composants. Ceci est important pour les procédés industriels.

Nous avons commencé vers 1996, mais le développement de notre projet a été ralenti par les retards du programme ISS. Il y a eu tout d'abord une phase préparatoire, au cours de laquelle plusieurs équipes ont dû définir le problème à étudier. Nous avons estimé que notre travail sur les matériaux était trop scientifique, travail hautement passionnant, mais l'industrie demandait expressément à mieux *appréhender* le phénomène de solidification des alliages complexes.

Personnellement, cela fait 24 ans que je fais de la recherche en laboratoire et j'ai d'excellents contacts avec l'ESTEC et l'ESA. Nous sommes progressivement arrivés à une définition du projet orientée vers une approche des problèmes industriels pertinents. C'est

ainsi qu'est née la proposition de l'expérience *SETA* (*Solidification of Eutectic Ternary Alloys*) à bord de l'ISS. Nous ignorons encore à quel moment elle sera réalisée, mais cela devrait être vers 2005. Entre-temps, nous avons soumis une autre proposition : *UNESTA* ou *Unconstrained Eutectic Solidification in Ternary Alloys* - qui pourrait déjà être intégrée dans une mission d'une fusée sonde en 2002 ou 2003. Deux fours (*LGF* ou *Low Gradient Facility* et *SQF* ou *Solidification and Quenching Facility*), qui seront installés à bord de l'ISS, dans le *Materials Science Laboratory* (*MSL*) de l'ESA sont en cours de développement pour SETA. La mise au point de ces fours a eu lieu parallèlement à la phase de définition de l'expérience. C'est l'idéal, puisque les utilisateurs de ces instruments conçoivent les expériences pour lesquels ils seront employés. Les paramètres exacts de l'expérience ne sont pas encore fixés. Ils ne le seront que dans un ou deux ans.

Votre recherche suit-elle l'industrie ou inversement ?

L'industrie est en réalité demandeuse, mais nous la stimulons. Cela peut paraître étrange. Nous sommes dans une faculté d'ingénieurs. Notre rôle consiste dès lors à soutenir les ingénieurs et les technologies. Mais du point de vue de la science des matériaux, il s'agit d'une question extrêmement scientifique. Nous sommes par conséquent au service de la science et de la technologie. Nous disposons d'un effectif de 80-85 chercheurs, dont près de 70% travaillent dans la *recherche appliquée*. La recherche appliquée domine, mais nous travaillons essentiellement sur une base scientifique. Dans ce domaine, l'ESA a constitué une série de groupes de chercheurs. Ils ne travaillent pas obligatoirement sur un même projet, mais bien autour d'un thème commun. Les partenaires industriels sont invités

↓ Les astronautes de l'ISS doivent être polyvalents. Jeffrey Williams et James Voss travaillent au collier d'arrimage russe Strela. Des dizaines de sorties dans l'espace sont nécessaires pour la construction de l'ISS (NASA).

à communiquer leurs souhaits. Il s'agit principalement de problèmes à long terme.

Ces recherches ne peuvent-elles pas être effectuées sur terre (et à moindre coût) ?

Ce projet est ambitieux. Il rassemble la France, l'Allemagne et la Belgique. Au total, il s'agit d'un travail de près de 30 à 40 hommes/an ! Il est absurde de croire que tout le travail se concentre sur la réalisation d'une expérience spatiale unique. Dans plus de 95% des cas, des recherches utiles sont effectuées sur terre. Pour nous, une expérience spatiale a essentiellement valeur *d'appoint*. Nous étudions des phénomènes difficiles à observer sur terre à cause de la *sédimentation* vers le bas des particules plus lourdes et l'ascension des particules plus légères et l'influence de la *convection*, phénomène de flux de liquides provoqué par les variations de températures lors de la solidification, perturbant le 'front de solidification' aux limites de l'état liquide et solide d'une matière. L'un des atouts de l'ISS est la possibilité de réaliser des expériences prolongées en état de microgravité. Ainsi, la solidification ne peut progresser qu'à concurrence de quelques millimètres par heure et les essais peuvent dès lors durer des heures, voire des jours.

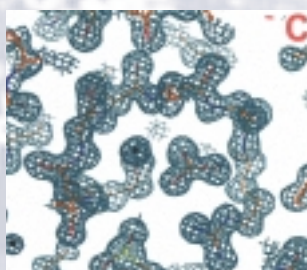
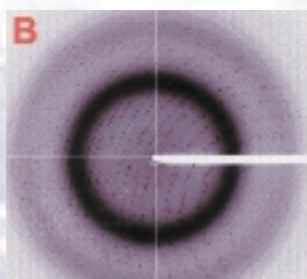
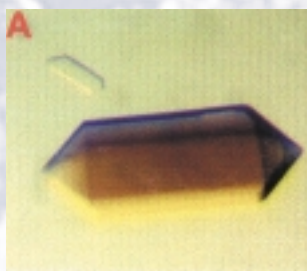
Quelles sont les retombées pratiques de votre recherche ?

Nous nous concentrons sur la compréhension et les possibilités d'application. Nos découvertes sont immédiatement intégrées dans des modèles de simulation informatique existants. Nous prédisons la manière dont la matière refroidit, ainsi que les modifications de sa structure et même de ses propriétés. Dans le cas de la jante par exemple, les propriétés ne sont pas partout identiques. Les points les plus faibles de la structure ne peuvent pas se trouver aux endroits les plus sollicités. L'industrie se sert quotidiennement de ces modèles de simulation. Cette recherche est donc itérative : les expériences réalisées débouchent sur des modèles plus pointus. De nouveaux tests sont élaborés à partir de ces nouveaux modèles. L'interaction est ainsi permanente.

Quelle est la place de la Belgique dans cet ensemble ?

Dans cette recherche, les Belges ne sont qu'un maillon, mais un maillon essentiel. Nous sommes incapables de mener le même type de recherche que de grands pays comme la France et l'Allemagne, dont les programmes sont beaucoup plus vastes. Mais nous ne faisons pas de complexe d'infériorité. Nous considérons que nous sommes des *partenaires* à part entière d'un groupe européen. Le thème scientifique nous unit. Il s'agit d'un travail d'équipe international : nous nous rendons par exemple régulièrement en Allemagne et les Allemands organisent des réunions chez nous. Une grande solidarité règne entre les laboratoires. Nous avons déjà des visées internationales, bien avant que la recherche européenne ne soit stimulée dans nos contrées et bien avant d'être allés dans l'espace.





↑ Les différentes étapes de l'évolution d'une structure de protéine (doc. VUB – prof. Wyns).

Premières **expériences belges** à bord de l'ISS: étude des mécanismes de la vie

En août, les deux premières expériences belges ont été lancées vers l'ISS durant le vol STS 105 de la navette spatiale américaine. Elles concernent la cristallisation des protéines.

Cristallisation des anticorps des chameaux (VUB)

"De la magie à la science", ainsi a été définie l'expérience du Prof. Lode Wyns du *Laboratorium voor Ultrastructuur (Instituut voor Moleculaire Biologie ou IMOL)* de la *Vrije Universiteit Brussel* destinée à l'ISS. Elle a pour ambition de mieux comprendre les phénomènes à la base de la cristallisation des protéines. "Jusqu'à présent, les cristaux de protéines étaient cultivés en testant de nombreuses conditions de développement et en espérant un jour décrocher la timbale. Chaque laboratoire avait ses trucs pour le développement des cristaux et l'ensemble de la méthode relevait plus souvent de la magie que de la science."

Cela fait déjà dix ans que le groupe Ultrastructure se penche sur la cristallographie des pro-

téines et s'est forgé une solide réputation internationale. "Nous sommes impatients de pouvoir suivre de près le démarrage de l'ISS" déclarent les chercheurs de la VUB réjouis. "Nos expériences pourrons passer quatre mois dans l'espace, beaucoup plus longtemps qu'avec la navette spatiale."

Les cristaux de protéines seront cultivés dans l'APCF (*Advanced Protein Crystallization Facility*) à bord de l'ISS. L'ensemble du processus de cristallisation sera suivi par vidéo et microscopie. La qualité des cristaux sera ultérieurement analysée sur terre. Ce type de recherche est essentiel, car les protéines sont les molécules qui effectuent tout le travail dans les organismes vivants. Elles sont par exemples les piliers de nos muscles, digèrent la nourriture et sont au centre de notre système immunitaire qui nous protège des bactéries et virus. Elles veillent au bon fonctionnement d'un organisme vivant.

L'un des problèmes rencontrés dans l'étude des protéines est celui de leurs dimensions d'à peine 5 à 50 millièmes de millimètre, ce qui, dans l'univers des

molécules est énorme, mais trop petit pour être étudié par un microscope ordinaire. Grâce à la cristallographie par rayons X, il est possible de déterminer leur structure tridimensionnelle et la cristallisation est alors indispensable.

"Dans un cristal, de nombreuses molécules de protéine sont alignées dans une grille et les modèles de dispersion des molécules individuelles s'ajoutent les unes aux autres. A partir du moment où on obtient un cristal, celui-ci est placé dans un faisceau de rayons X. Les électrons contenus dans le cristal diffractent les rayons X selon un modèle spécifique. Ce modèle peut nous livrer le modèle de la protéine." L'état de microgravité dans l'espace influence favorablement les cristaux qui y naissent. Il est plus facile d'observer les processus fondamentaux de la cristallisation. L'espoir consiste à pouvoir fabriquer de meilleurs cristaux sur terre.

Les protéines que la VUB va cristalliser dans la station spatiale, sont des anticorps de... chameaux. Pourquoi ? "Il y a

huit ans, on a découvert que les chameaux disposent d'anticorps différents et moins complexes que ceux de tous les autres mammifères. Depuis, les anticorps de chameaux sont devenus un domaine de recherche aux implications notoires dans les sciences de la biotechnologie et de la médecine."

(d'après un communiqué de presse de la VUB et avec nos remerciements au Prof. Wyns et à Ingrid Zegers)

Protéines artificielles : contribution à une révolution médicale (Ulg)

"Le projet de développement de protéines artificielles, parfois appelé 'inverse folding s'inscrit dans un effort international, visant à mieux comprendre la vie. L'analyse méticuleuse du génome humain et plus particulièrement de la structure 3D des protéines qui le codifient entraînera une véritable révolution dans la médecine et débouchera sur la découverte d'innombrables thérapies."

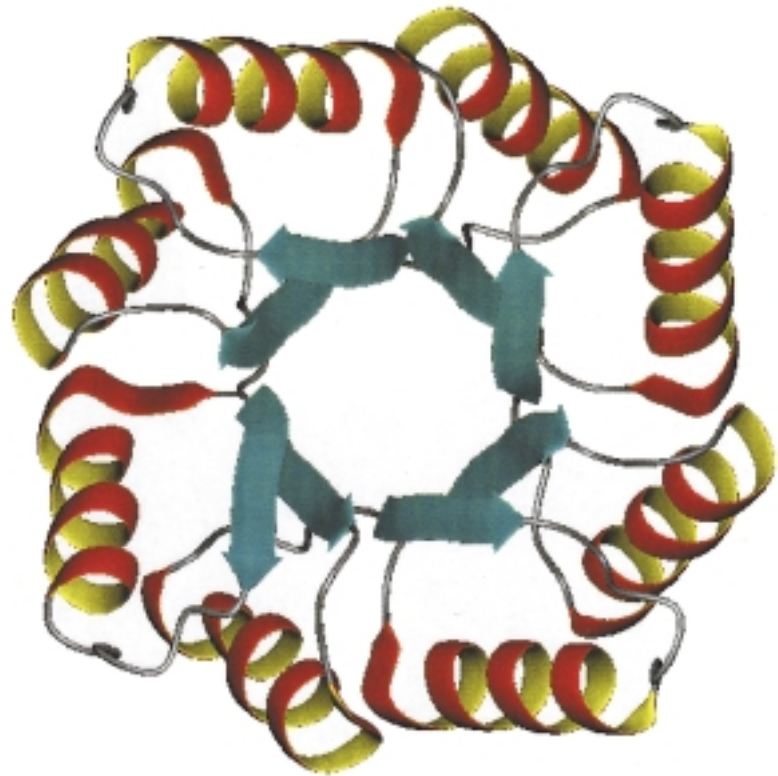
Depuis de longues années, le Laboratoire de Biologie Moléculaire et Génie Génétique du Prof. Joseph Martial de l'Université de Liège considère la fabrication de protéines de synthèse aux caractéristiques soigneusement définies comme un véritable défi. Ce processus comporte plusieurs phases.

Il faut tout d'abord concevoir une protéine artificielle avec l'aide d'un ordinateur. Cette conception s'appuie sur des observations de structures

naturelles et tient compte des forces auxquelles les protéines seront soumises, à l'échelon moléculaire. Les protéines sont ensuite constituées sur la base d'acides aminés. Lors d'une troisième étape, la conformité avec le "plan de construction" est vérifiée. Cette opération est pratiquée grâce à la spectroscopie optique et à la cristallisation. C'est précisément cette dernière méthode qui ouvre de nouvelles possibilités. La production de types de protéines déterminées demeure complexe et aléatoire. Les protéines artificielles mises au point dans le laboratoire du Prof. Martial s'inscrivent dans cette catégorie, mais l'état de microgravité dans l'espace va permettre de remédier à ces difficultés.

Des échantillons de protéines artificielles seront cristallisés à bord de l'ISS, par l'APCF, dans le cadre du projet *Crystallization of the next generation of octarellins* dans la perspective de la mise au point d'une nouvelle génération de protéines de synthèse et de la définition de leur structure 3D. Ces travaux se font en coopération avec le Prof. Wyns de la VUB. Dans le cadre du programme *Prodex*, les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC) lui apportent un soutien financier.

Le labo du Prof. Martial n'en est pas à ses premiers essais. Il a participé à des vols de la navette spatiale en 1994, 1995 et 1998. Depuis 1997, Martial



est directeur du programme de cristallisation dans l'espace à l'ESA. Il prend part à la formation des astronautes dans le domaine des expériences de cristallographie dans l'espace. Sa recherche est essentiellement fondamentale, mais présente un riche potentiel dans divers domaines comme la médecine et l'enzymologie industrielle. *"Dès que nous maîtriserons la technique de fabrication de protéines de synthèse, nous pourrions par exemple envisager de développer des enzymes agissant dans des circonstances déterminées. Mais c'est principalement le domaine de la fabrication des médicaments qui pourrait considérablement progresser grâce à cette nouvelle technologie."*

(Remerciements au Prof. Martial et au Dr. Jean-Marie François de l'ULg)

↑ Des échantillons de protéines artificielles seront cristallisés à bord de l'ISS (doc. ULg - prof. Martial).

→ Le Russe Joeri Gidzenko à bord du module italien MPLM Leonardo (NASA).



Le B.USOC des expériences en temps réel

Dans le cadre des programmes spatiaux auxquels la Belgique était associée, il était intéressant de développer un centre de contrôle des expériences embarquées à bord d'engins et de vaisseaux spatiaux. Cet objectif fut atteint avec succès lors de la mission Atlas 2 (en 1992) grâce à la collaboration des agences spatiales américaine, européenne ainsi que des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC) qui contribuèrent au développement des moyens matériels, d'infrastructure et de communication tant aux Etats-Unis qu'en Europe (en premier lieu à l'ESTEC aux Pays-Bas, ensuite à l'Institut Royal Météorologique de Belgique).

Ce concept de téléopération et de télésience découle naturellement du besoin de suivre le déroulement d'une expérience en temps réel (éventuellement en léger différé) pour pouvoir, par commande, en ajuster les paramètres ou en modifier le protocole tout comme il est possible de le faire en laboratoire. Ceci en particulier lorsque le lieu de l'expérience est éloigné comme c'est le cas pour les

expériences qui se déroulent à bord d'une navette spatiale ou de la station spatiale internationale ou encore à bord d'engins tels que Cluster II, Soho, XMM, etc.

Suite au succès de cette "première" mais surtout aux besoins d'informations exprimés tant par les chercheurs que par les industriels qui désiraient s'investir dans la recherche spatiale, les SSTC décidèrent en février 1997 de créer le B.USOC (Belgian User Support and Operation Centre), une unité séparée qui trouva abri à l'IASB en mars de l'année suivante. Il existe des "USOC" dans divers pays européens, notamment en Italie (MARS), en Allemagne (MUSC), au Danemark (DAMEC), en Espagne (IDR/UPM), aux Pays-Bas (DUC) ou encore en Suisse (BIOTESC).

Les missions

Le B.USOC a trois activités majeures: l'information et la promotion, le support technique et le support opérationnel. Pour effectuer sa tâche d'information et de promotion, ont été créés un site "web" et une banque de données dans laquelle se retrou-

vent les "abstracts" et les références de publications scientifiques. Le B.USOC prévient également les scientifiques des appels à propositions qui émanent des agences spatiales, des modes de financement possibles ainsi que la manière de les obtenir, les aide à y répondre en fournissant notamment une description des appareillages déjà existants. Le B.USOC soutient ainsi cinq laboratoires équipés en télésience (les fameux *User Home Bases* ou *UHB*) à l'IRM (expériences solaires), à la KUL (expériences sur les matériaux), à l'ULB (un pour des expériences sur les fluides et un pour les sciences de la vie) et à l'Observatoire royal de Belgique (sciences spatiales).

Depuis 1993, diverses opérations de télésience ont déjà été réalisées lors d'expériences belges à bord de navettes spatiales et de sondes et satellites inhabités. L'arrivée de l'ISS et l'arrimage du module de laboratoire européen Columbus à l'ISS en 2004, va accroître la demande d'expériences commandées depuis la Terre. Un aperçu des précédentes et futures expériences belges de télésience se trouve sur le site

http://www.oma.be/B.USOC/Telescience_en.html.

De plus, il crée des événements de relations publiques lorsque se déroule une mission spatiale à laquelle participe une expérience belge.

Le B.USOC assure également une fonction d'organe de conseil technique tant à l'intention des scientifiques que lors des discussions entre les partenaires industriels et les organisations belges et internationales en vue de l'élaboration des dossiers ainsi que pour la définition et l'exécution des tests de qualification du matériel. Il établit également les contacts nécessaires avec le European Space Research and Technology Center (ESTEC) situé aux Pays-Bas.

Enfin, le B.USOC assure la coordination des communications pour les téléopérations tant à l'intérieur de la Belgique qu'en concertation avec les agences spatiales internationales ou les pays impliqués. En pratique, il s'agit du support des opérations concernant la commande à distance d'expériences embarquées, de la préparation des missions, des tests de l'infrastructure

nécessaire à ces téléopérations, de l'archivage et de la diffusion des données.

PRODEX

La participation des scientifiques et des industriels aux programmes de l'Agence Spatiale Européenne en microgravité, en observation de la Terre et en sciences spatiales fut facilitée par l'adhésion de la Belgique il y a une dizaine d'années au programme Prodex (pour PROgramme de Développement d'EXpériences scientifiques) de financement de la recherche spatiale. La Belgique y contribue de façon importante afin de rentabiliser "scientifiquement" les investissements qu'elle a consentis. D'une manière pratique, les scientifiques belges peuvent répondre aux appels à proposition d'expériences lancés par l'ESA et, lorsqu'ils sont sélectionnés, ils développent

dans l'industrie belge les installations à embarquer, opèrent les expériences et analysent les données grâce au financement Prodex. La recherche en technologie spatiale dans les universités et les centres de recherches est généralement financée dans le cadre de contrats ESA mais peuvent l'être également dans celui de programmes de recherche technologique tels que TRP (pour Technology Research programme) ou GSTP (General Support Technology Programme) ou encore de programmes de développement de structures (le lanceur Ariane ou la Station Spatiale Internationale).

L'importante contribution de la Belgique en ce qui concerne l'utilisation future de la Station Spatiale Internationale doit être soulignée. La Belgique participe au programme ESA de microgravité pour 10%, au programme de

↓ Julie Payette au travail dans le module russe Zarya. Elle représentait la Canadian Space Agency (CSA).



Participation industrielle belge à l'ISS	
Entreprise	Élément
Alcatel Space	COF, ATV, CTV
Alcatel ETCA	ATV, CTV, ARD
Lambda X	PCDF
Institut Von Karman	ARD, CTV
SAS	COF, ATV, CTV
Spacebel	COF, ATV
Trasys	COF, ATV
Verhaert	COF
SONACA	CTV

Participation belge au CRV	
Entreprise	Élément
SABCA	Structur
SONACA	Structure
SAS	Interface homme/machine
Spacebel	Logiciels de validation et de vérification
Verhaert Design & Development	Mécanismes d'amarrage et de rétraction de tourillons

Participation belge à d'importantes charges utiles scientifiques de l'ISS	
Entreprise	Élément
Verhaert Design & Development	Microgravity glovebox, Columbus laboratories, European Modular Cultivation System, enz.
Lambda X	Fluid Science Laboratory



son utilisation précoce pour 10% et au développement de son équipement scientifique pour 10%. Les recherches des différentes universités du pays portent sur des sujets tels que la biologie cellulaire, l'ostéoporose, le support vie et la radiation pendant des missions de longue durée, la recherche pulmonaire, la science des fluides, les zéolithes, les protéines, les métaux composites et les matériaux photoréactifs. Dans certains de ces domaines spatiaux, nos scientifiques tenteront d'être des "leaders" en Europe par le biais de projets ayant des applications à forte rentabilité économique, comme dans l'industrie pharmaceutique ou pétrolière. A cette fin, une collaboration entre les industriels et les scientifiques impliqués dans le domaine spatial sera initiée et il est certain qu'un transfert harmonieux devra s'opérer entre le monde industriel et les laboratoires de manière à ce que le "know-how" des premiers soit apporté aux deuxièmes et que les technologies de pointe développées dans

les universités soient transférées à l'industrie en vue d'un développement de "spin-off".

Par ailleurs, dans le domaine de l'observation de la Terre, trois groupes de scientifiques sont plus particulièrement impliqués dans des recherches portant sur la chimie atmosphérique tandis que des recherches en météorologie et en climatologie permettront à l'Institut Royal Météorologique, en partenariat avec des experts d'autres pays européens, de concevoir les instruments qui devraient trouver place à bord des satellites Météosat de seconde génération. D'autre part, l'existence du programme Telsat permet de donner des orientations précises à la recherche belge dans l'étude des terres émergées et des océans et de structurer les laboratoires des différentes universités et instituts de recherche en "pôles" autour de thèmes prédéfinis.

Enfin, des instituts ayant une dimension critique au niveau européen, comme par exemple

l'Institut d'astrophysique de Liège et le Sterrenkundig Instituut de la Katholieke Universiteit Leuven, associés chacun au Centre Spatial de Liège ou encore à des établissements scientifiques fédéraux tels que l'Observatoire Royal de Belgique, l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique ou l'Institut Royal Météorologique de Belgique, peuvent concevoir (ou participer à la conception) d'instruments, préparer la validation et assurer l'archivage des données recueillies.

"Une organisation en pôles de recherche en vue de l'exploitation des futures missions spatiales sera indispensable si nous ne voulons pas voir les chercheurs de nos instituts et universités exclus de cette recherche au bénéfice d'organismes aux dimensions plus importantes appartenant à des grands pays" conclut Marie-Claude Limbourg qui assure la responsabilité du B.USOC. Et il est évident que le B.USOC aura un rôle important à jouer dans cette mise en commun de la recherche spatiale.

↑ Depuis le pont de la navette spatiale Atlantis, Marsha Ivins observe ses collègues qui effectuent une promenade dans l'espace (NASA).

Dossier La station spatiale internationale ISS

L'ISS sur le *web*

L'Internet regorge d'informations supplémentaires sur la station spatiale internationale.

Les sites de la liste qui suit représentent une première prise de contact valable avec ce projet passionnant.

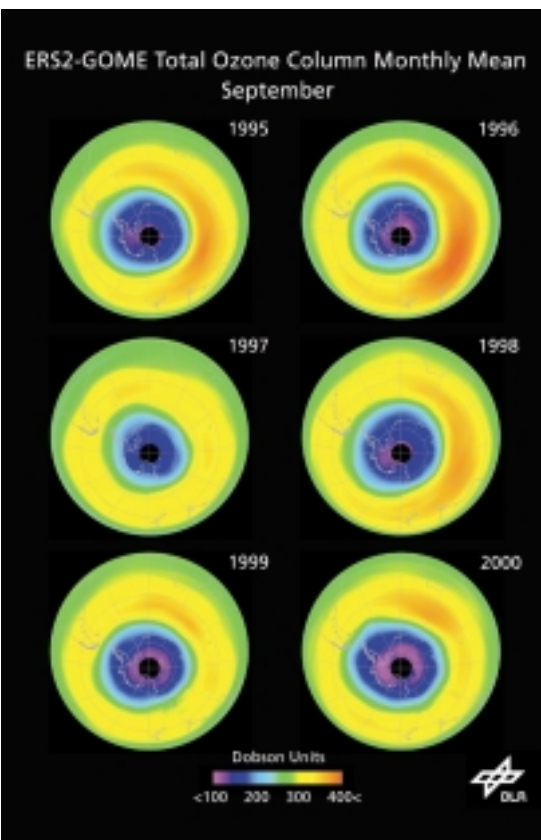
- <http://www.nasa.gov/> Excellent site de la NASA reprenant des informations sur divers programmes et centres de la NASA. Une bonne base de départ pour les informations sur l'ISS.
- <http://www.space.com/> Actualité spatiale et informations relatives aux différentes missions et lancements. Recherche scientifique spatiale et astronomie. Pour plus d'informations sur les stations spatiales et l'ISS, cliquez sur "search" et utilisez des mots de recherche comme "space station", "ISS", "Mir", ...
- <http://spaceflight.nasa.gov/station/> Nouvelles à propos de la station spatiale et réponses à de multiples questions. Où se trouve la station spatiale ? Puis-je suivre son parcours ? Ce site propose aussi une exploration virtuelle de l'ISS.
- <http://spaceflight.nasa.gov/spaceneeds/reports/index.html> Rapport des différents vols de la navette spatiale et des activités dans et autour de l'ISS.
- <http://www.boeing.com/defense-space/space/spacestation/index.html> La page de Boeing sur l'ISS. Vue d'ensemble du projet, informations sur les diverses missions d'assemblage et les diverses composantes et structures de la station.
- <http://www.cosmicimages.com/iss/overview.html> Très beau site présentant récapitulatifs, informations, schémas, équipages, historique, recherche, liens, Mir, ...
- <http://www.discovery.com/stories/science/iss/iss.html> Bon site de Discovery.com sur l'ISS.
- <http://www.science.sp-agency.ca/K3-IMSPG-facilities.htm> Aperçu des équipements de l'ISS pour la recherche en microgravité.
- <http://www.issnews.com/links.html> Liens vers divers sites ISS.
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/zarya.htm> Réponses à des questions fréquemment posées sur l'ISS.
- <http://www.friends-partners.org/mwade/craftfam/usstions.htm> Vue d'ensemble des plans américains de stations spatiales.
- <http://www.zarya.freeseerve.co.uk/Diaries/ISS/> Journal des événements à bord.
- <http://spaceflight.nasa.gov/station/crew/exp1/ex1logs.html> Pendant son séjour de 136 jours à bord de l'ISS, le commandant William M. Shepherd, membre du premier équipage permanent de l'ISS, a tenu un "journal de bord" qui peut être chargé en format PDF.
- <http://www.esa.int> : Site de l'agence spatiale européenne, l'ESA. Introduisez par exemple "ISS" dans la rubrique "search".
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/expfacil.htm> Aperçu des équipements européens pour les expériences à bord de l'ISS.
- <http://www.estec.esa.nl/spaceflight/iniss.htm> Un regard européen sur le programme ISS.
- <http://esapub.esrin.esa.it/onstation/onstation.htm> Newsletter du Directorate of Manned Spaceflight and Microgravity de l'agence spatiale européenne.
- <http://www.spaceflight.esa.int/file.cfm?filename=astronauts> Informations sur le European Astronaut Centre (EAC), base du corps européen des astronautes à Cologne (Allemagne).
- <http://www.oma.be/B.USOC/> Site du B.USOC.
- <http://russianspaceweb.com/iss.html> Excellent aperçu de l'historique de l'ISS, depuis les premiers plans de stations spatiales, avec les racines russes et américaines du programme ISS et les participations des différents partenaires.
- <http://www.energiya.ru/> Site de l'entreprise astronautique russe Energiya. Textes en anglais et nouvelles de l'ISS vues par les Russes. Belles archives photos.
- <http://www.space.gc.ca/> L'agence spatiale canadienne, Canadian Space Agency (CSA) et ses programmes, parmi lesquels la participation canadienne à des missions spatiales et à l'ISS. D'autres informations intéressantes à propos de l'ISS en général.
- http://jem.tksn.nasda.go.jp/index_e.html La participation japonaise à l'ISS. Site de l'agence spatiale japonaise, NASDA.
- <http://ars.rm.asi.it/~webars/iss/issitEV.html> La contribution italienne à l'ISS.
- <http://www.asi.it> L'agence spatiale italienne, Agenzia Spaziale Italiana et ses programmes.
- <http://www.inpe.br/programas/iss/ingles/default.htm> La participation brésilienne à l'ISS.
- <http://www.agespacial.gov.br/english.htm> La politique spatiale brésilienne.
- <http://spacehab.com/> Info sur les produits de l'entreprise commerciale Spacehab, dont des modules logistiques ont été lancés dans l'espace pour l'ISS.

Dossier La station spatiale internationale ISS

L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique (IASB)

L'histoire des institutions scientifiques qui cohabitent aujourd'hui sur le plateau d'Uccle, dans la proche banlieue bruxelloise, remonte au régime hollandais. En effet, l'Observatoire Royal de Belgique (ORB), fondé en 1824 alors que la Belgique n'était pas encore indépendante, s'y installa en 1890. A la veille de la Première Guerre Mondiale, il donna naissance à l'Institut Royal Météorologique (IRM) duquel est issu en 1964 l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB). Une tripartite dont chaque membre a des tâches bien spécialisées liées au développement que connaît la science depuis quelques décennies.

↓ Changements dans le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique mesurés par l'instrument GOME. (doc ESA)

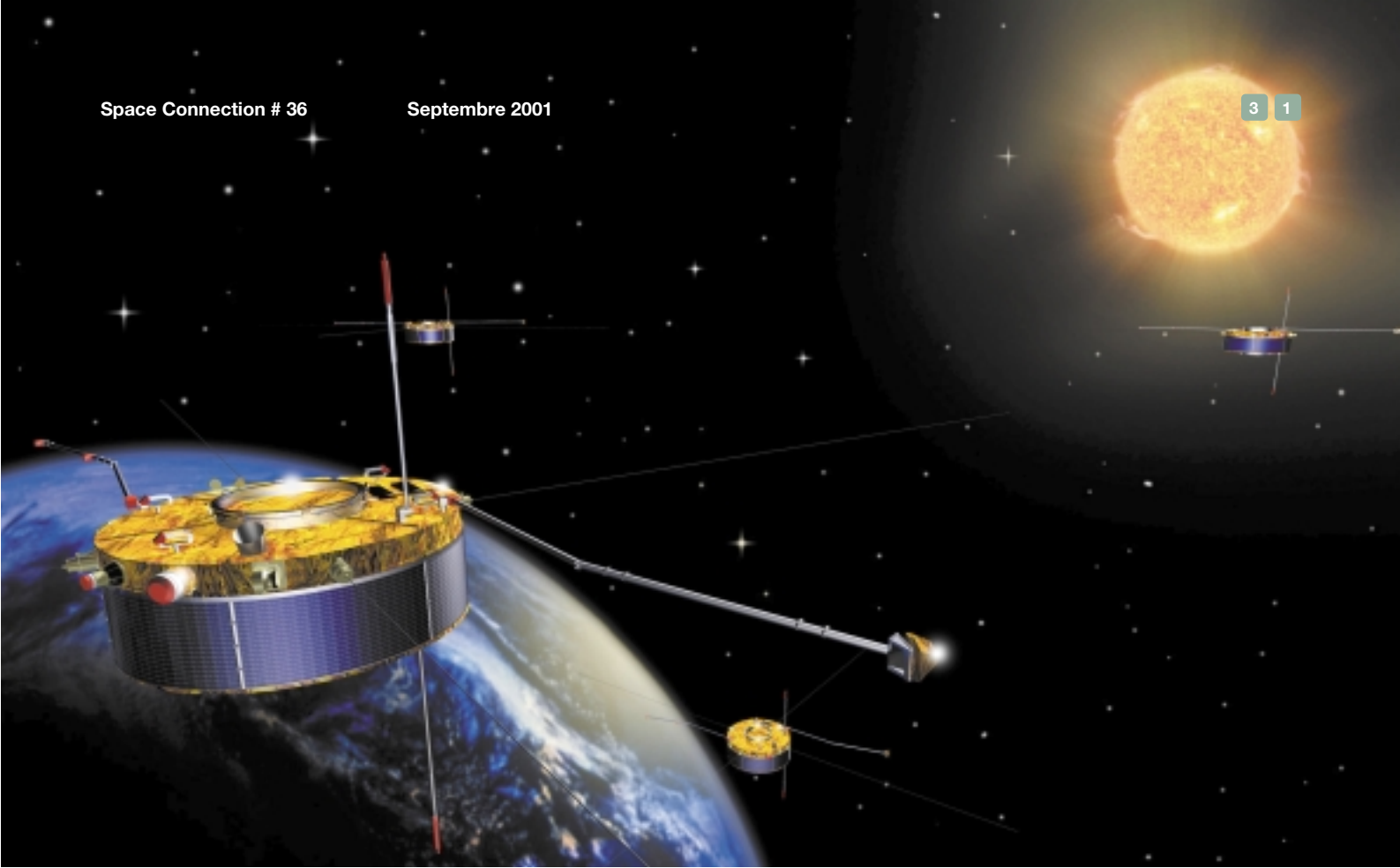


Déjà en 1939, le directeur de l'IRM, J. Jaumotte, avait conçu le projet d'une section de rayonnement au sein de son institution et en avait confié la direction à M. Nicolet. Nommé Secrétaire général du Comité spécial de l'Année Géophysique Internationale 1957-1958, celui-ci partageait l'avis du directeur de l'IRM de l'époque, J. Van Mieghem, suivant lequel les diverses disciplines que couvrent la météorologie et l'aéronomie à l'ère des fusées et des satellites artificiels devaient être attribuées à deux établissements distincts. C'est ainsi que le 25 novembre 1964 fut créée par Arrêté Royal la plus récente institution scientifique nationale sous l'appellation d'"Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique" (IASB) avec comme premier directeur le Professeur Nicolet. Son directeur actuel est Paul Simon. L'Institut est placé sous la tutelle des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC).

Depuis 1992 s'est progressivement développé sur le plateau d'Uccle un centre de téléopération, le Belgian User and Operation Centre (B.USOC) cogéré par l'IASB et les SSTC et dont le rôle comporte des activités d'information, de support technique et opérationnel pour les chercheurs et industriels belges impliqués dans la recherche spatiale.

Qu'est ce que l'aéronomie?

"L'aéronomie commence où finit l'atmosphère" explique Jacques Vercheval, chercheur à l'IASB, "autrement dit, c'est la science qui étudie les régions supérieures de l'atmosphère terrestre. A sa base, son champ d'investigation se confond avec la stratosphère, c'est-à-dire avec les couches atmosphériques situées immédiatement au-dessus de la troposphère, siège des principaux phénomènes météorologiques et, vers le haut, il s'étend dans l'espace interplanétaire jusqu'à plusieurs centaines de milliers de kilomètres de la Terre, là où



↑ Cluster (doc ESA).

l'atmosphère, au sens habituel du terme, n'existe plus mais où le sillage magnétique de notre planète est encore présent. Si l'aéronomie étudie l'environnement terrestre dans sa quasi-globalité, elle s'intéresse d'une manière plus générale aux atmosphères planétaires où se produisent les phénomènes d'ionisation et de dissociation déclenchés le plus souvent par les rayonnements solaires".

Ces propos évoquent immédiatement les problèmes liés à la couche d'ozone, à l'effet de serre, aux aérosols, aux rayonnements ultra-violets, à la propagation des ondes radio dans l'ionosphère, aux orages magnétiques perturbateurs des télécommunications, aux ceintures de radiations qui sont sources de danger pour les astronautes et les équipements électroniques embarqués sur les engins spatiaux, de perturbations qui affectent les orbites et provoquent la chute des satellites, etc... Autant d'éléments qui montrent l'importance de la connaissance et de la compréhension des phénomènes observés dans la haute atmosphère.

Ceci implique, de la part de l'IASB, la nécessité d'acquérir, interpréter et stocker les

données aéronomiques obtenues grâce aux expériences spatiales effectuées à l'aide de ballons, fusées ou satellites artificiels. De plus, des études en laboratoires sont indispensables pour déterminer les paramètres physiques fondamentaux qui interviennent. L'Institut participe également au développement des techniques instrumentales et informatiques nécessaires pour l'acquisition des données spatiales et pour leur validation à partir du sol. L'interprétation de ces données nécessite de puissants moyens de calcul afin d'établir des modèles atmosphériques destinés à comprendre et à prévoir les processus aéronomiques et à réaliser des simulations basées sur des scénarios représentant d'éventuelles possibilités de modification de notre environnement.

"Les caractéristiques essentielles de la recherche scientifique d'une institution telle que l'IASB sont donc l'interdisciplinarité, la globalité géographique des phénomènes étudiés et la continuité temporelle puisque la plupart des phénomènes géophysiques observés et étudiés s'étendent sur des périodes extrêmement longues. Ces activités s'intègrent dans des programmes nationaux ou

internationaux de l'Union Européenne, de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), des Agences spatiales américaine, russe et française et portent essentiellement sur la surveillance de la couche d'ozone, le rayonnement solaire, la modélisation atmosphérique, les interactions entre le vent solaire, la magnétosphère et l'ionosphère, ainsi que la préparation d'instrumentations spécifiques pour des missions spatiales relatives à ces thèmes" précise le directeur Paul Simon.

Atmosphère et stratosphère

L'atmosphère de la Terre a été subdivisée en différentes "-sphères" en fonction des variations de la température avec l'altitude. C'est ainsi que l'on trouve successivement, au fur et à mesure que l'on s'élève, la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère. Normalement, l'étude de l'atmosphère (qui contient 85% de la masse totale de l'atmosphère) relève de la météorologie et de la climatologie mais certains composés chimiques venus de la stratosphère peuvent y être présents (même sous forme de "traces") et être nocifs à notre santé ou à la végétation.

→ Envisat (doc ESA).

Dans la stratosphère, et à l'inverse de la troposphère, la température croît avec l'altitude en raison de l'absorption de la plus grande partie du rayonnement ultraviolet du Soleil par la couche d'ozone. C'est grâce à elle que la vie est possible sur Terre. Il y a plus d'une vingtaine d'années, des chercheurs ont détecté un trou dans la couche d'ozone au-dessus du Pôle sud. Dans l'hémisphère sud, ce trou est réapparu tous les ans, dans le courant de l'hiver et du printemps et il est admis que ce sont des composés de brome et de chlore fabriqués par l'homme qui sont en grande partie à l'origine de l'appauvrissement en ozone de l'atmosphère. Des modèles mathématiques développés à l'IASB rendent compte de cette réduction générale et de la formation du *trou d'ozone* au-dessus de l'Antarctique mais aussi de l'Arctique.

Il était donc important de suivre l'évolution de cette diminution étant donné que les rayonnements ultraviolets du Soleil peuvent être à l'origine de cancers de la peau ou de cataractes et c'est pourquoi les instruments embarqués sur les prochains satellites européens d'observation de la Terre aideront à mieux comprendre les relations qui peuvent exister entre l'appauvrissement de la couche d'ozone et les changements climatiques. L'IASB, qui participe régulièrement à des campagnes européennes d'observation de l'ozone au moyen de ballons stratosphériques lancés depuis le site de l'Esranga à Kiruna (Suède), s'impliqua également dans l'expérience GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) à bord du satellite ERS-2. Constitué d'un mécanisme de balayage de la surface terrestre, de quatre spectromètres à réseaux et de barrettes de photodiodes, GOME mesure en continu et sur la totalité du globe, le rayonnement spectral diffusé par l'atmosphère, ainsi que le flux solaire incident, de l'ultraviolet au proche infrarouge. L'analyse spectrométrique de ces mesures radiométriques permet de déduire

le contenu vertical intégré de nombreux gaz en trace (ozone, monoxyde de brome, dioxyde d'azote et de chlore, etc...) ainsi que la distribution verticale de l'ozone. Les informations radiométriques et chimiques obtenues grâce à GOME permettent également d'évaluer l'intensité des rayonnements UV-B et visibles, reçus à la surface de la Terre.

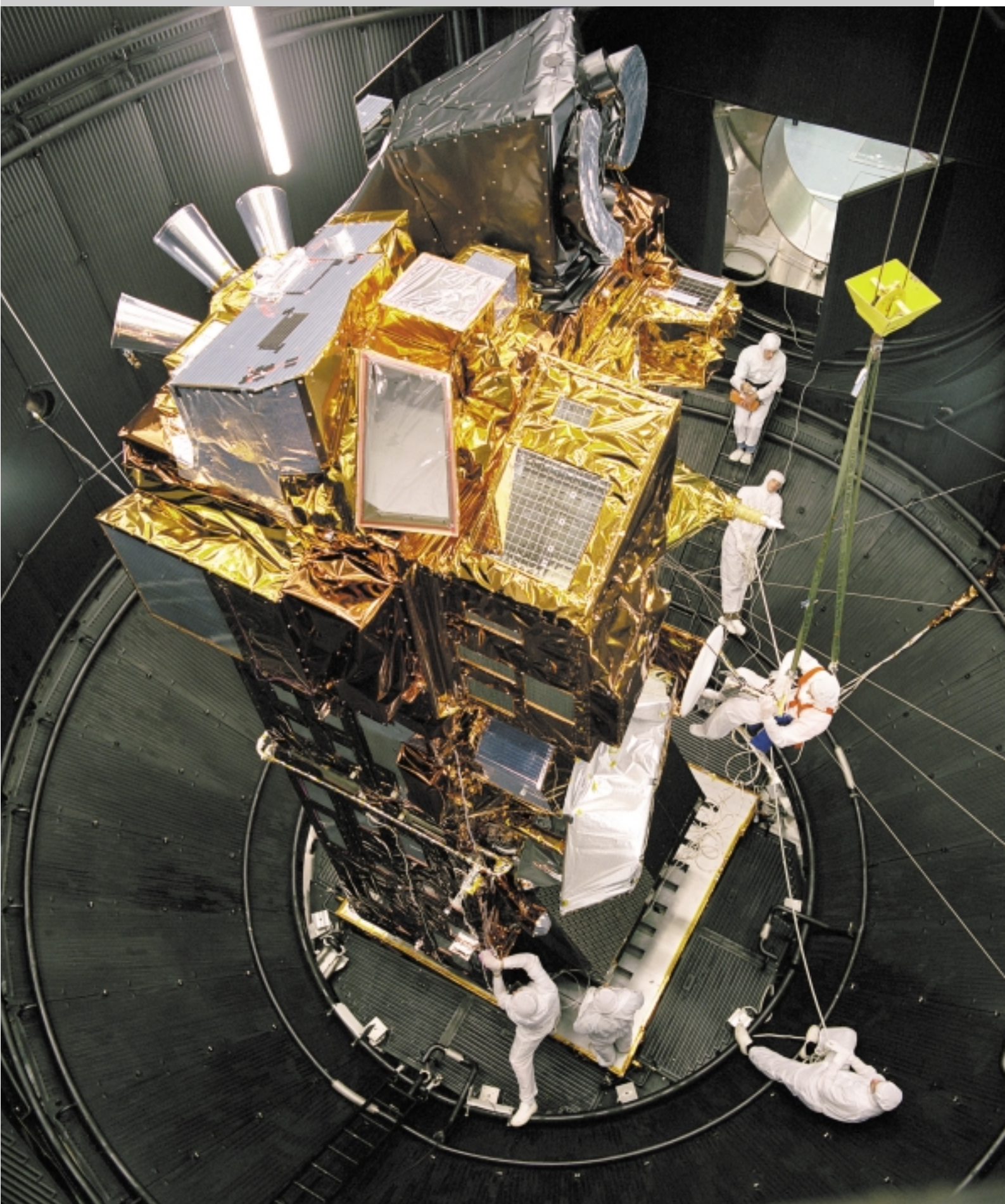
Dans le domaine du rayonnement ultraviolet du Soleil, il faut signaler que c'est à l'IASB qu'a été développé le spectrographe SOLSPEC (Solar Spectrum) mesurant la radiation solaire de 180 à 3200 nanomètres, c'est-à-dire de l'ultraviolet à l'infrarouge. Il détermine comment l'énergie solaire est distribuée en fonction de la longueur d'onde et varie au cours d'un cycle d'activité solaire de onze ans. Il permet aussi d'identifier et de quantifier les liens entre la variation de l'énergie solaire et les changements climatiques. Quatre vols de l'instrument à bord d'une navette spatiale américaine ont eu lieu : Spacelab 1, Atlas-1, Atlas-2 et Atlas-3. Un nouveau vol est prévu à bord de la station spatiale internationale ISS.

Aérosols stratosphériques

Les aérosols stratosphériques constitués de fines particules d'origine terrestre (les éruptions volcaniques) ou cosmiques (des poussières de météorites) qui jouent un rôle important dans le processus de destruction de l'ozone et dans la quantité de lumière arrivant au sol sont également étudiées à l'IASB par une méthode de photographie du limbe terrestre à partir de nacelles stratosphériques. Les aérosols stratifiés sont rendus visibles par la diffusion de la lumière solaire et les chercheurs déterminent leur taille, leur nombre et l'indice de réfraction de la matière qui les constitue en fonction de l'altitude. Leur concentration a aussi été observée par des moyens radiométriques et spectroscopiques à partir d'engins spatiaux.

Le 31 juillet 1992, la navette spatiale américaine Atlantis emportait le porte-instruments récupérable européen Eureka et plaçait l'engin de 4.500 kg sur une orbite située à environ 500 km de la Terre deux jours plus tard. A son bord, quinze instruments entièrement automatisés réalisant 71 expériences différentes préparées par les scientifiques européens et américains dans les domaines de la microgravité, des sciences de la vie et des matériaux, de la radiobiologie et de l'astronomie. Parmi les 37 expériences présentées par l'ESA, on en comptait trois dont l'expérimentateur principal était belge (l'Université Libre de Bruxelles, l'Institut Royal Météorologique et l'Institut d'Aéronomie Spatiale) et une participation dans plusieurs autres, notamment dans la mesure du spectre solaire (SOSP par l'Institut d'Aéronomie Spatiale). L'expérience ORA (Occultation Radiometer) de l'IASB et réalisée en collaboration avec l'Université d'Oxford (Grande-Bretagne), avait pour but d'effectuer pendant une période d'au moins six mois, des mesures de certains gaz minoritaires et des aérosols dans la mésosphère et la stratosphère. EURECA fut récupéré par la navette Endeavour le 24 juin 1993 après avoir transmis à la Terre plus d'un milliard de données !

A l'heure où les opinions publiques découvrent à quel point notre environnement est précieux, l'Europe spatiale met sur orbite le satellite ENVISAT, un monstre de 10 mètres de long (sans compter le panneau solaire de 25 qui l'alimente en énergie) et pesant plus de huit tonnes. Avec ses dix instruments scientifiques, il ausculte en permanence l'atmosphère, les océans, les calottes glaciaires, les continents et la végétation du globe. En ce qui concerne la surveillance de l'atmosphère, on retiendra la participation de l'IASB dans l'expérience GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars). Il s'agit d'un appareil composé d'un télescope et de deux spectrographes montés sur une plate-forme orientable qui analyse la

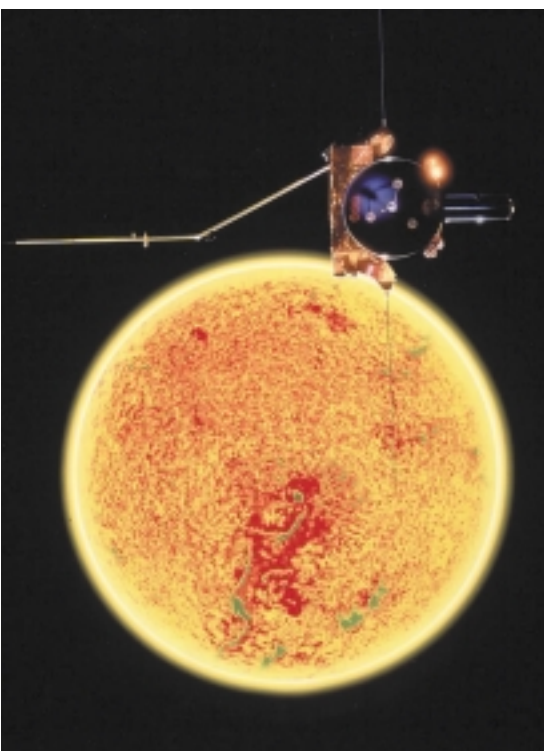


lumière d'une étoile et la modification de celle-ci quand cette étoile est regardée à travers l'atmosphère terrestre. Ceci permet de mesurer la concentration des gaz présents dans la stratosphère, notamment l'ozone mais aussi les profils de NO_2 , NO_3 , H_2O ainsi que des aérosols.

Magnétosphère et vent solaire

Avant l'invention du microscope, le monde de l'infiniment petit était hors de portée des chercheurs. Les engins spatiaux sont devenus nos microscopes car ils nous permettent de découvrir désormais les relations existant entre la Terre et le Soleil. Déjà les photos prises par le satellite américain IMAGE (lancé le 26 mars 2000) révélèrent la forme de la magnétosphère (constituée par les plus hautes couches ionisées -c'est-à-dire chargées électriquement- au-delà de l'atmosphère) qui protège la Terre des rayons cosmiques et de l'incessant bombardement de particules du vent solaire. Elles

↓ Ulysse (doc ESA).



montrèrent que la circulation des gaz ionisés était beaucoup plus complexe que ce que les scientifiques imaginaient.

Les observations réalisées par les quatre satellites Cluster de l'ESA, qui volent actuellement en formation autour de la Terre sur une orbite qui leur permet de traverser régulièrement les zones frontières entre l'influence du vent solaire et celle du champ magnétique terrestre, ont non seulement confirmé ces premières observations mais ont également montré que la magnétopause (la limite de la magnétosphère) n'a pas une forme géométrique simple : elle constitue en réalité une frontière irrégulière et mouvante, parcourue par de grandes vagues de plusieurs centaines de kilomètres de long et qui se déplacent à la vitesse de 80 km/s (288.000 km/h) sous l'effet du vent solaire.

La *mécanique* qui lie vent solaire, rayonnement cosmique, champ magnétique terrestre, ceintures de radiation terrestres (de Van Allen), etc. fait l'objet d'une surveillance permanente de la part d'un laboratoire spécialisé de l'IASB car non seulement les événements qui se produisent au sein de la magnétosphère peuvent avoir des répercussions néfastes sur la charge des satellites (notamment les satellites de télécommunication) ou les satellites eux-mêmes (les panneaux solaires) mais elles peuvent également être à l'origine de coupures dans les grands réseaux de distribution électrique ou de corrosions dans les pipe-lines. Aussi, lorsque ESA et NASA décidèrent de réaliser ensemble un engin spatial (qui reçut le nom d'Ulysse et qui fut lancé le 6 octobre 1990) dont la mission serait d'étudier les propriétés du milieu interplanétaire et du vent solaire en dehors de l'écliptique, l'IASB proposa de participer à cette mission interplanétaire sous la forme d'une analyse et d'une interprétation des observations faites simultanément avec plusieurs des instruments de mesure embarqués. Son but était d'utiliser

ces observations pour tester et affiner les modèles théoriques des discontinuités directionnelles, modèles développés depuis par le laboratoire de Michel Roth et Joseph Lemaire.

Planètes et comètes

Les Grecs ne connaissaient que les planètes visibles à l'œil nu qu'ils ont nommées selon les dieux de leur mythologie; leur traduction latine nous est restée : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Si à cette liste sont venus s'ajouter Uranus, Neptune et Pluton, il n'est toujours pas certain qu'elle soit close... Mais elles ne sont pas les seuls corps célestes de notre système solaire puisqu'au moyen d'un petit télescope nous pouvons aujourd'hui facilement identifier les satellites qui gravitent autour de Jupiter, observer les anneaux couronnant Saturne et, si nous avons de la chance, apercevoir le bref passage d'une comète.

Depuis une quarantaine d'années, les astrophysiciens se sont intéressés à la planète Mars, à son atmosphère et à la possibilité d'y trouver une certaine forme de vie. Fort de l'expérience acquise pour la mission Mars-96 dans l'élaboration de modèles théoriques et dans le développement d'instruments hautement performants, l'IASB a présenté deux expériences pour la mission Mars-Express de l'ESA qui doit démarrer en 2003. Il s'agit des expériences DYMIX qui réunit la France, la Russie, la Hongrie, les Etats-Unis et la Belgique, et de l'expérience SPICAM-Light réalisée conjointement par la France, la Russie, les Etats-Unis et notre pays.

L'expérience DYMIX consiste en l'étude détaillée de l'interaction du vent solaire avec l'atmosphère neutre et ionisée de la planète rouge au moyen de la technique de la spectroscopie de masse. L'expérience SPICAM-Light étudiera la composition chimique et la dynamique de l'évolution de l'atmo-

sphère de Mars au moyen d'un spectromètre UV-IR (ultraviolet et infrarouge). Le spectromètre UV mesurera principalement l'ozone, les aérosols, la température et la composition ionosphérique tandis que le spectromètre IR, entièrement mis au point par l'IASB, mesurera principalement la vapeur d'eau, la densité de l'atmosphère, le CO et les aérosols. Il permettra également de détecter la présence possible de molécules de carbone stable dans l'atmosphère de la planète. Les résultats de ces mesures seront ensuite introduits dans des modèles mathématiques afin d'obtenir une représentation cohérente de la composition chimique et de la météorologie de l'atmosphère de Mars, deux éléments qui devraient permettre de déterminer la capacité oxydante de cette atmosphère ainsi que le flux UV à la surface, deux paramètres d'une grande importance pour l'oxydation des minéraux et des molécules organiques éventuelles.

D'autre part, les scientifiques s'intéressent au plus haut point aux comètes car elles contiennent certaines substances qui se trouvaient dans l'espace interstellaire au moment de la naissance de notre système solaire. Elles sont donc considérées comme des reliquats de la matière primitive à partir de laquelle se sont formés le Soleil et les planètes il y a 4,5 milliards d'années. Elles sembleraient également avoir joué un rôle essentiel dans l'évolution biologique de la Terre au travers d'un apport d'eau et de matières carbonnées. La mission Rosetta de l'ESA a été retenue en 1993 comme troisième pierre angulaire du programme Horizon 2000. Début 2003, une fusée Ariane 5 lancera la sonde vers la comète 46P/Wirtanen. Le rendez-vous est prévu en novembre 2011. Au cours de ce voyage de plus de huit ans, elle survolera les astéroïdes Otawara (en juillet 2006) et Siwa (en Juillet 2008). En 2012 elle se placera en orbite autour de la comète et l'escortera pendant 17 mois tandis que celle-ci se rapprochera du Soleil.

Rosetta larguera aussi un module d'atterrissage sur la surface de Wirtanen pour étudier sa topographie et sa composition chimique. Cet ambitieux projet ne pouvait donc pas laisser indifférents les chercheurs de l'IASB aujourd'hui fortement impliqués dans la réalisation de certaines expériences et la mise au point d'instruments scientifiques.

"La recherche relative aux sciences de la Terre, de nature transdisciplinaire et donc complexe, est tributaire du développement d'outils nouveaux, en orbite et en surface, de la simulation numérique et de campagnes d'observation. L'aéronomie, grâce à ces différents outils, a déjà permis des avancées scientifiques spectaculaires -dans la compréhension du trou d'ozone en Antarctique et des effets globaux des composés chlorés notamment" déclarait récemment Paul Simon, directeur de l'IASB.

**Institut d'Aéronomie
Spatiale de Belgique (IASB)**

avenue Circulaire 3
1180 Bruxelles
tél: 32 (0)2/373.04.04
fax: 32(0)2/374.84.23
www.oma.be/BIRA-IASB/

**Belgian User Support
and Operation Centre (B.USOC)**

avenue Circulaire 3
B-1180 Bruxelles
tél: 32.(0)2/373.04.47
ou 32.(0)2/373.04.49
fax: 32.(0)2/373.04.52
www.oma.be/B.USOC

Actualités belges

Des “gros bras” belges pour piloter Ariane 5

Le pilotage d'un lanceur aussi puissant qu'Ariane 5 serait impossible sans un système capable d'appliquer, avec précision et rapidité, des efforts considérables sur les tuyères des moteurs.

En effet, la poussée, qui atteint 1200 tonnes au décollage, doit être fermement dirigée pour maintenir les 750 tonnes du lanceur sur sa trajectoire. Cette tâche est confiée aux servocommandes réalisées par SABCA, l'un des piliers de la famille Ariane en Belgique.

“Les systèmes hydrauliques du groupe d'activation moteur (GAM), qui pilote le moteur Vulcain, et des groupes d'activation tuyère (GAT), qui dirigent des étages d'accélération à poudre, sont parmi les plus puissants au monde”, déclare Remo Pellichero, l'administrateur délégué de la Société Anonyme Belge de Construction Aéronautique, plus connue sous son acronyme SABCA. A cette puissance considérable, qui dépasse 350 kW en puissance de pointe pour le GAT, ces vérins doivent allier une très grande rapidité nécessaire au pilotage. “Le développement que nous avons réalisé sur Ariane 5 nous a apporté une compétence technologique que nous espérons exploiter dans d'autres applications aéronautiques, comme le futur gros porteur A380 d'Airbus Industrie.”

Outre les systèmes hydrauliques, SABCA réalise également les jupes avant et arrière des étages d'accélération à poudre. *“Ces structures sont bien plus complexes qu'il n'y paraît en raison des contraintes qu'elles doivent supporter”, note Remo Pellichero. SABCA fournit également le châssis du dispositif assouplisseur qui filtre les vibrations entre les étages d'accélération à poudre et la jupe avant de l'étage principal cryotechnique. Au décollage, les EAP se déplacent de 10 à 16 centimètres par rapport à l'EPC.*

Visions d'avenir

Pour Remo Pellichero, SABCA et la Belgique continueront à jouer un rôle important dans le programme Ariane. *“Nous faisons partie de la famille Ariane et nous la soutenons. Nous avons fait des efforts considérables pour atteindre les objectifs mais ils étaient nécessaires pour nous maintenir sur le marché.”*

“Dans le secteur spatial, la Belgique est reconnue comme “le plus grand des petits pays”, car elle bénéficie d'une politique gouvernementale très volontariste” remarque Remo Pellichero. “Nous sommes une terre d'innovation et le programme Ariane est une opportunité exceptionnelle de développer nos compétences. Cela a été très bien compris par nos gouvernants.” En août 1973, le programme Ariane est né à Bruxelles des efforts de conciliation d'un ministre belge visionnaire (Charles Hanin, ndlr). C'est une filiation dont toute la Belgique peut tirer fierté aujourd'hui et sur laquelle elle s'appuiera, lorsqu'il s'agira de préparer l'avenir.

Montée en cadence et en puissance

La montée en cadence de la production est programmée, explique-t-il : *“Nous avons mis en place un plan d'adaptation avec réduction des cycles et un plan d'investissement avec Arianespace pour atteindre la cadence de huit lanceurs par an en 2004.”* Cette progression nécessite de nouveaux équipements spécifiques, comme un tour de grande dimension pour l'usinage des couronnes de 4 mètres de diamètre des jupes dans lesquelles doivent être percés de nombreux trous de grande précision.

Le passage aux nouvelles versions d'Ariane 5 a déjà été accompli et SABCA travaille désormais sur les équipements des Ariane 5 équipées des nouveaux étages supérieurs. Ces derniers introduisent de nouveaux efforts sur les jupes et le pilotage, aussi la capacité de tenue en charge a-t-elle été majorée de 30%.



Actualités belges

Un Belge à la Direction de la Stratégie et des relations extérieures à l'ESA

Le Conseil de l'ESA, réuni à Paris les 20 et 21 juin 2001, a élu pour quatre ans le nouveau Directeur de la Stratégie et des relations extérieures de l'Agence, M. Jean-Pol Poncelet, de nationalité belge.

M. Poncelet, 51 ans, est titulaire d'un diplôme de physique de l'Université Catholique de Louvain (1973). Après avoir occupé un poste pendant un an dans cette même université, il a travaillé en qualité d'ingénieur à Belgonucleaire (1974-1979), puis de chercheur à la Fondation universitaire luxembourgeoise (1979-1985). Depuis 1990, il est chargé d'enseignement de 3^e cycle dans le domaine de l'énergie et de l'environnement. M. Poncelet a également exercé différentes fonctions dans plusieurs ministères (politique scientifique, affaires écono-

miques) et a été conseiller pour les questions de sécurité nucléaire auprès du Secrétaire d'Etat à l'Environnement (1987-1991). Au cours de sa carrière politique, M. Poncelet a été député à la Chambre des Représentants (1991-1995) avant d'exercer les fonctions de Vice-Premier Ministre, Ministre de la Défense et Ministre de l'Énergie (1995-1999). Il siège actuellement à la Chambre des Représentants.

M. Antonio Rodotà, Directeur général de l'ESA, se félicite de la décision du Conseil : "la carrière diversifiée et la grande expérience politique de M. Poncelet aideront sans aucun doute l'Agence à faire les bons choix en matière de stratégie, dans le contexte tant européen qu'international".

(Communiqué de presse de l'ESA, 21 juin 2001)

SAIT à l'heure nordique

Sait Communications (précédemment appelée Sait RadioHolland) située à Bruxelles vient d'être retenue par Iridium Satellite pour être l'un des principaux fournisseurs d'un service mondial de téléphonie et de liaisons numériques par satellite sur tous les océans, à bord d'avions et dans les régions polaires. Elle met ses 80 années d'expérience globale dans les services mobiles de télécommunications au service du système Iridium de 66 satellites en orbite basse. Désormais mis en oeuvre par Boeing, il offre l'avantage de pouvoir connecter directement, en tout point de la Terre, les abonnés au service Iridium. Ce système, conçu par Motorola et réalisé avec la coopération de Lockheed Martin, a coûté 5 milliards de dollars.

N'ayant pu le rentabiliser à cause du prix trop élevé des communications et des mobilophones trop encombrants, la société Iridium a fait faillite. Sa constellation de satellites devait être détruite en précipitant leur rentrée dans l'atmosphère. Elle a pu être sauvée grâce à son rachat par la nouvelle compagnie Iridium Satellite. Ce sauvetage a pu avoir lieu grâce à l'intérêt du Pentagone qui veut en disposer pour des liaisons immédiates avec quelques 20.000 agents gouvernementaux dans le monde. Depuis le mois de juin, Iridium Satellite commercialise un service global, entre ses mobilophones, d'échanges de données et de connexions Internet à faible débit avec l'aide de fournisseurs régionaux, comme Sait Communications.

(www.saitcommunications.com)

Présentation de l'ESO en Belgique

20 novembre 2001, Planétarium

La participation de la Belgique à l'ESO (European Southern Observatory) dure depuis bientôt 40 ans.

Le 20 novembre, au Planétarium, l'ESO, par l'intermédiaire de son Directeur Général, Mme C. Cesarsky, présentera l'état de ses réalisations actuelles, ainsi que ses projets futurs en matière de recherche astronomique de pointe. Les scientifiques utilisant cet observatoire de haut niveau, viendront également communiquer l'intérêt tout particulier de l'ESO, pour la communauté scientifique belge. D'autre part, des industriels feront partager leur expérience de leur collaboration avec l'ESO, dans des secteurs de haute technologie. Pour plus de renseignements à ce sujet, contactez Alain HEYNEN, tél: 02/238.34.17, e-mail: heyn@belspo.be

Le drapeau de la Terre dessiné par des petits Européens



Dessin de la lauréate belge Ségolène Dumez (*doc ESA*).

Le concours de dessin "Un drapeau pour la Terre" organisé par l'Agence spatiale européenne pour fêter le lancement d'Envisat, le nouveau satellite d'observation de la Terre de l'ESA, a remporté un franc succès. Plus de 11000 enfants représentant les 15 Etats membres de l'ESA, ainsi que le Canada qui coopère au projet Envisat, ont envoyé des dessins. Les seize gagnants ont été invités par l'ESA au 44^e Salon international de l'aéronautique et de l'espace du Bourget où été annoncé le vainqueur Anke Hartmanns (Allemagne). Son dessin ornera Envisat qui sera lancé du port spatial de Kourou. La gagnante belge est Ségolène Dumez (10 ans) de Maillen. Lorsqu'il sera en orbite, Envisat sera le plus gros et le plus complexe des satellites d'observation de la Terre jamais construits en Europe et l'un des premiers pourvoyeurs mondiaux de données sur l'environnement. Envisat apportera une contribution majeure à notre compréhension des problèmes d'environnement. Pour admirer tous les dessins, cliquez sur :

<http://www.esa.int/envisatcompetition>

Dessin gagnant (*doc ESA*).



Actualités belges

Alliance franco-belge pour la *télé-détection spatiale*

STEREO (Support To Exploitation and Research in Earth Observation) est un nouveau programme belge de télé-détection spatiale, dont le démarrage a été approuvé par le Conseil des Ministres du 31 mars 2001. Ce programme doit répondre aux besoins spécifiques des Ministères fédéraux de l'Agriculture (contrôles agricoles), de la Défense (applications cartographiques, support aux actions humanitaires), de l'Institut national de statistique et des Ministères régionaux de l'aménagement du territoire (systèmes d'information géographique). Il va s'insérer dans les activités des SSTC (Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et cultu-

relles) en matière de développement durable. Il vise à consolider l'expertise scientifique des chercheurs belges sur la scène mondiale, dans le cadre d'institutions internationales, comme l'ESA, l'Union Européenne, les Nations Unies...

Tirant parti des enseignements du programme Telsat, STEREO accorde une attention particulière à l'implication accrue de l'utilisateur final dans la définition des besoins, dans l'information recherchée, dans les produits et services finaux. Le service existant d'information et d'encadrement Eodesk (<http://telsat.belspo.be>) sera intégré dans la cellule de gestion du pro-

gramme. Lors du Salon du Bourget, la France et la Belgique ont confirmé leur coopération pour l'observation de la Terre au moyen des satellites : cette collaboration franco-belge concerne le satellite SPOT 5 qui doit être lancé au début de 2002 et son instrument Végétation 2 pour la Commission européenne (dont les données sont archivées et traitées au VITO à Mol). Par ailleurs, le Ministère belge de la Défense va participer au financement des satellites-espions français Helios 2. Pour ses opérations d'assistance et de sécurité, il pourra recourir à leurs images de très haute résolution (de l'ordre de dizaine de centimètres).

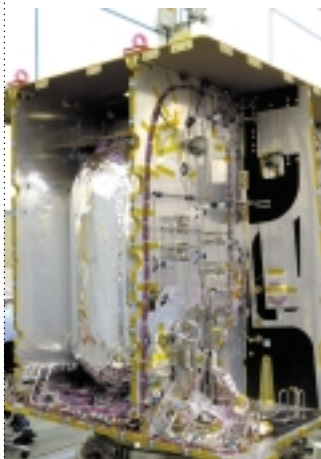
Présence belge à bord de *sondes martiennes*

Tant les industriels que les chercheurs belges sont partie prenante dans l'exploration de Mars. Déjà la sonde japonaise Nozomi, qui est en route vers la Planète Rouge depuis le 4 juillet 1998, emporte un spectromètre imageur doté d'un télescope miniaturisé dont le support du miroir a été réalisé par la société AMOS de Liège. Elle doit se placer autour de Mars au début de 2004 pour une étude de sa haute atmosphère.

En juin 2003, au moyen d'une fusée russe Soyouz, l'Europe doit lancer sa première sonde interplanétaire, Mars Express. En décembre, elle se mettra en orbite martienne pour découvrir des traces d'eau, pour comprendre le fonctionnement de son atmosphère... L'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) participe à la réalisation et à l'utilisation du spectromètre Spicam qui doit analyser les composants atmosphériques. Avant d'arriver à

destination, elle aura largué dans une petite capsule le micro-robot Beagle 2 qui ira se poser, grâce à des airbags, sur le sol de Mars. La SONACA de Gosselies a développé, réalisé et testé la structure en fibre de carbone du bouclier thermique qui doit protéger Beagle 2 lors de son entrée dans l'atmosphère martienne.

Modèle de vol de la sonde Mars Express (doc ESA).



Le *sous-sol révélé* grâce aux satellites

MICA désigne le Laboratoire de Caractérisation des Matières Minérales naturelles de l'Université de Liège, également appelé "Geo-eco Ressources Characterisation Lab". Ce pôle de compétences dans les sciences de la Terre a été mis en place en 1996 par le Professeur Eric Pirard et connaît un rayonnement international. Une dizaine d'ingénieurs-géologues et de techniciens en informatique et mécanique conçoit et expérimente des moyens et méthodes qui permettent d'identifier et d'évaluer les matières premières destinées à l'industrie. Les activités du MICA combinent la modélisation mathématique et l'imagerie numérique depuis l'analyse microscopique des matériaux granulaires avec des outils statistiques jusqu'à la prospection spatiale, grâce à l'analyse des signatures spectrales des surfaces observées.

GIROS (Geological Information from Radar and Optical Satellites) est l'un des projets qui associe les compétences du MICA pour la gestion de l'information géologique, du CSL (Centre Spatial de Liège), pour le traitement de l'imagerie satellitaire, et du BUGECO (Bureau of Geological Consultancy), un consultant belge en géologie minière qui effectue des sondages dans l'Afrique de l'Ouest. Le professeur Pirard explique l'intérêt de ce projet pluridisciplinaire : "Il s'agit d'identifier par satellite, grâce à l'interférométrie radar et à l'observation multispectrale, toutes les zones de fractures géologiques, de les classer en fonction de leur orientation et de leur proximité avec certains types de roches. Ce qui permet de discerner depuis l'espace toute une série d'éléments qui mettent en évidence des zones intéressantes pour des gisements à prospecter." Cette technique de détection retient l'attention du groupe sud-africain Anglo-American, leader mondial dans la prospection de l'or... Ce savoir-faire original est relayé pour une exploitation commerciale par KeyObs, une PME qui vient d'être constituée dans le cadre de WSL (Wallonia Space Logistics). (www.ulg.ac.be/mica)

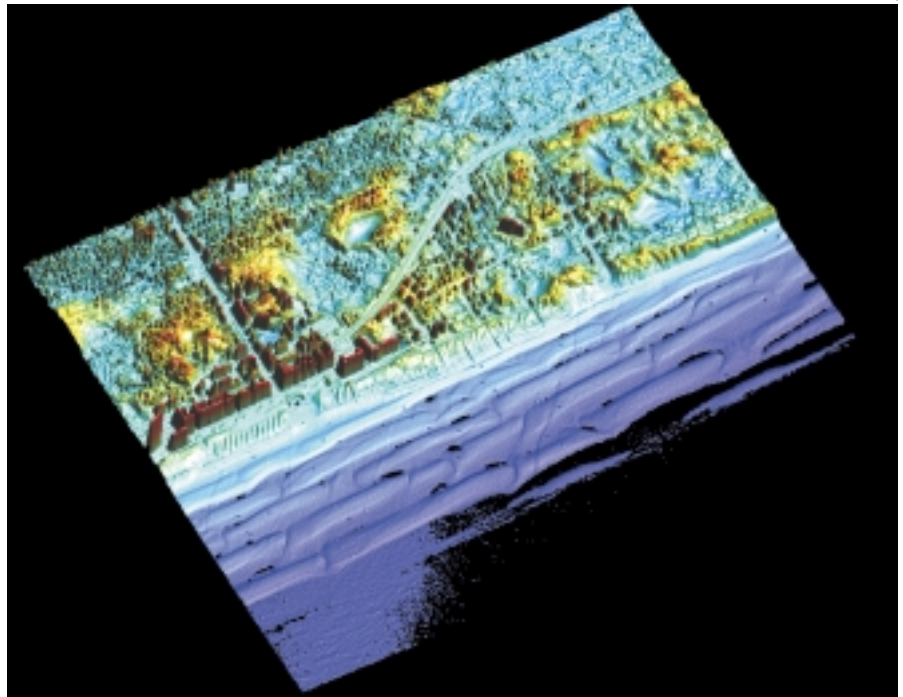
Vito développe un scanner pour avion pour l'ESA

(doc Vito)

L'Agence Spatiale Européenne prépare une mission Explorer afin de mieux comprendre les phénomènes environnementaux et agricoles sur terre. Le Vito participe à cette préparation avec le laboratoire suisse RSL par la mise au point d'un scanner pour avion hyperspectral APEX (Airborne prism experiment). Il mesure la portée totale du rayonnement solaire réfléchi sur la surface de la terre ou de l'eau.

APEX devrait permettre à l'agence spatiale de simuler les vols spatiaux hyperspectraux prévus, de les calibrer ou de les ajuster et de les valider. APEX mesure le rayonnement solaire réfléchi. La portée de ce rayonnement solaire est exprimé en nanomètres, soit un milliardième de mètre. La portée totale de la partie réfléchie du rayonnement solaire s'étend de 400 nm (lumière bleue - aérosols) à 700 et 1200 nm (proche infrarouge - études de la végétation) pour atteindre 2500 nm (infrarouge ondes courtes - études géologiques) et est intégralement mesurée à l'aide d'un instrument APEX d'une résolution très pointue de 5 à 10 nm. L'APEX est capable de mesurer simultanément jusqu'à 300 bandes. L'intérêt de cette technique de mesure réside dans la mesure d'un spectre de réflexion continu. Elle permet d'appliquer des techniques d'analyse spectroscopiques issues de la chimie et de la physique. Des concentrations de sédiments flottants peuvent ainsi être détectées. Les caractéristiques des sols en vue, par exemple, de prospection géologique sont aussi faciles à identifier au moyen de cette technique. Enfin, la technique permet de contrôler l'état de santé de différentes espèces végétales. Il s'agit d'éléments qui seront examinés par la mission Explorer.

La mise au point d'APEX se déroule en plusieurs étapes. La conception du scanner aérien hyperspectral est achevée ; la construction débutera l'automne prochain.



Elle sera réalisée par un consortium belgo-suisse, dans lequel le Vito apporte son soutien scientifique. Le Vito construit également le centre où les données du scanner seront traitées et archivées, pour pouvoir être pleinement opérationnel dès 2003. Durant cette période d'au moins cinq ans, le Vito souhaite mettre le scanner à la disposition de scientifiques dans toute l'Europe. Le Vito se chargera des opérations aériennes ainsi que du traitement et de la distribution des données.

Pour pouvoir calibrer le scanner aérien ou le régler avec précision, un site de calibrage est créé à Coxyde-Oostduinkerke. Cette zone englobe les eaux plus sombres de la mer du Nord, les sables réfléchissants de la ceinture des dunes et les vertes étendues le long des pistes de la base de la force aérienne de Coxyde. Le choix des concepteurs est tombé sur cette zone, précisément à cause de la diversité des terrains, homogènes et très étendus. Les scientifiques peuvent ainsi procéder au réglage de l'APEX.

Durant l'été 2000, le Vito a procédé à la mesure du spectre de l'ensemble du site de calibrage. C'est la première fois que cette technique de mesure était utilisée en Belgique et en Flandre. Dans la figure ci-jointe, vous voyez une représentation 3D d'Oostduinkerke où les différentes couleurs correspondent à diverses intensités. Par exemple la plage 'bleue' représente le sable mouillé et non la mer (indiquée en noir dans le bas de l'image), tandis que le sable 'jaune' représente le sable sec. Observez par ailleurs les intensités différentes dans la végétation des dunes dues à la diversité des espèces. En rouge, on remarque les bâtiments sur la digue.

(texte extrait de la lettre d'information du Vito)

Plus d'info: <http://www.apex-esa.org>

Walter Debruyne / VITO

Boeretang 200, B-2400 MOL

Tél. + 32 14 33 68 49

Fax + 32 14 32 27 95

E-mail: walter.debruyne@vito.be

