

36

Septembre 2001

SPACE CONNECTION



DOSSIER La station spatiale
internationale ISS

Sommaire



Rapport annuel 2000

Le rapport annuel 2000 des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles vient de sortir de presse. Il peut être obtenu auprès de Mr S. Degeest, SSTC, 8 rue de la Science, 1000 Bruxelles, e-mail: dege@belspo.be. Vous pouvez aussi le télécharger à la page internet suivante:

http://www.belspo.be/belspo/ostc/geninfo/publ/rapport99_fr.stm

Dossier : La station spatiale internationale ISS

- 03** Des châteaux en Espagne à l'International Space Station ISS
- 05** La station spatiale et la science: une nouvelle approche de problèmes anciens
- 09** Surveiller l'ISS : interdiction de dormir
- 10** La station spatiale et la recherche spatiale commerciale : des affaires sont possibles, mais difficiles
- 12** Un assemblage de milliers de pièces
- 16** L'ESA et l'ISS
- 20** Et après la station spatiale ?
- 21** La Belgique et la station spatiale
- 29** L'International Space Station sur le web
- 30** L'Institut d'aéronomie spatiale de Belgique (IASB)
- 36** **Actualités belges**



**Services fédéraux des affaires
scientifiques, techniques
et culturelles (S.S.T.C.)**

Space Connection est une lettre d'information éditée par les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (S.S.T.C.) contenant des informations sur les réalisations récentes dans le domaine spatial. Cette lettre d'information s'adresse à tous les passionnés de l'espace et en particulier aux jeunes.

*Comment obtenir gratuitement
le Space Connection ?*

Envoyez vos nom et adresse à la :

**Cellule e-info
Secrétariat général
S.S.T.C.**

Rue de la Science, 8
1000 Bruxelles
ou envoyez un e-mail à
dhae@belspo.be

<http://www.belspo.be>

Editeur responsable:

Ir. Eric Beka
Secrétaire général des S.S.T.C.

Rédaction:

Cellule e-info
Secrétariat général
S.S.T.C.
Rue de la Science, 8
1000 Bruxelles

Collaboration extérieure:

Benny Audenaert (dossier),
Paul Devuyt, Christian Du Brulle,
Théo Pirard, Steven Stroeykens.

Coordination:

Patrick Ribouville

Gestion des abonnements:

Ria D'Haemers
e-mail: dhae@belspo.be

Photo de couverture:

Thomas Jones participe à l'ultime
sortie spatiale pendant le vol STS-98 à
destination de l'ISS (NASA).

Numéro 36 - Septembre 2001

Introduction

Des *châteaux* en Espagne à l'International Space Station *ISS*

Fin d'une époque, début d'une ère nouvelle...

Le vendredi 23 mars 2001, vers sept heures du matin, heure belge, une pluie de météores provenant d'un objet de fabrication humaine était visible dans l'Océan indien depuis les îles Fidji : il s'agissait de la station spatiale russe, *Mir*. Ce monument des missions spatiales habitées avait été délibérément expédié dans l'atmosphère pour y connaître une fin flamboyante. Une large part de cette masse de près de 150 tonnes a brûlé, certains débris sont tombés dans l'océan, sans provoquer le moindre dégât dans cette zone abandonnée de la Terre.



↑ L'ancêtre direct de l'ISS : la station russe *Mir* qui s'est consumée dans l'atmosphère le 23 mars 2001. Cette photo a été prise durant un vol de la navette spatiale américaine *Discovery* à destination de *Mir* en juin 1998 (NASA).

Fin d'une expédition triomphale. Le premier des six grands éléments de *Mir* avait été lancé quinze ans plus tôt, par l'Union soviétique d'alors, depuis le "cosmodrome" de *Baïkonour*. Ensuite, à l'image d'un énorme mécano, grâce à ses différents modules, *Mir* est devenue la première station spatiale géante de l'histoire.

Mir a fonctionné trois fois plus longtemps que prévu. Pendant toutes ces années, *Mir* a été pratiquement habitée en permanence. Près de 100 cosmo-, astro-, spatio- et euronaves de 15 pays différents y ont vécu et travaillé, réalisant 17.000 expériences.

Mir était en même temps le symbole des profondes mutations politiques qui ont secoué le monde dans les années '80 et '90. A l'origine, elle était une prestigieuse vitrine du savoir-faire technologique et scientifique de l'Union soviétique. En 2001, l'Union soviétique a disparu et pour la Russie, la principale héritière du programme spatial, le mot d'ordre est la coopération. En 1986, personne n'aurait imaginé que *Mir* serait pour les... Américains, une parfaite préparation pour l'*International Space Station* qui inaugure une ère nouvelle de la conquête de l'espace.

[suite page 04]



↑ Le laboratoire spatial américain Skylab en orbite autour de la Terre, photographié en 1973 (NASA).



↑ Les astronautes Shepherd, Thomas, Richards, Wetherbee, Helms, Usatsjov et Voss dans le module laboratoire américain Destiny de l'ISS (NASA).

De la rivalité à la coopération

En 1973, les Américains ont lancé leur premier et pendant longtemps, unique laboratoire spatial, *Skylab*. Il était trop modeste pour pouvoir être qualifié de "station spatiale", mais c'était un premier pas. La construction d'une grande station spatiale en orbite autour de la Terre est devenue l'objectif prioritaire du programme spatial habité américain. En 1983, le président Reagan a qualifié la station spatiale *Freedom* de "prochaine étape logique dans l'espace". La nouvelle navette spatiale partiellement réutilisable devait devenir le ferry vers la nouvelle station. En 1984, d'autres nations furent invitées à participer au projet. En un an, neuf des 13 Etats membres de l'ESA de l'époque sautèrent dans le train, ainsi que le Canada et le Japon.

Pendant ce temps, l'Union soviétique franchissait une étape supplémentaire. Elle fit de *Mir* le successeur des laboratoires spatiaux *Saliout*, plus modestes, dont le premier exemplaire avait été lancé en 1971. Pour le transport de l'équipage, il se servait du "vaisseau spatial jetable" *Soyouz* devenu le taxi spatial russe. *Soyouz* a fait ses débuts habités en 1967 et, de même que la navette spatiale américaine, est utilisé dans la version *Soyouz TM* et bientôt, la version *Soyouz TMA*, pour des missions spatiales à destination de la nouvelle ISS. Car après le démantèlement de l'Union soviétique, la Russie ne peut plus

s'offrir son propre programme spatial, trop coûteux. La rivalité d'autrefois entre les superpuissances a cédé le pas à une coopération internationale très étendue.

Les projets russes et américains pour *Mir 2* et *Freedom* ont été intégrés dans l'*International Space Station (ISS)*. En 1991, il fut convenu d'organiser des vols communs de la navette spatiale américaine à destination de *Mir*, en guise de préparation pour l'ISS. Pour la première fois depuis les vols *Skylab*, les astronautes ont ainsi renoué avec les missions spatiales de longue durée.

L'ISS sera finalement trois fois plus grande que *Mir*. Sa construction a débuté fin 1998. Elle sera composée d'éléments américains, russes, européens et japonais. Mais pas moins de 16 pays participent directement à la construction d'Alpha : onze Etats membres de l'ESA (Belgique, Danemark, Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Norvège, Espagne, Royaume-Uni, Suède, Suisse), les Etats-Unis, la Russie, le Canada, le Brésil et le Japon. Selon les estimations, près de 100 pays sont impliqués d'une manière ou d'une autre dans l'ISS.

La Belgique est de la partie et notre pays - acteur modeste, mais très apprécié dans le secteur de l'espace - est en première ligne. Au cours des prochaines années, la nouvelle station hébergera des astronautes en permanence. Dans quelques mois, viendra le tour du Belge *Frank Dewinne*, sélectionné par la

Belgique en 1990 et nommé candidat astronaute par l'ESA le 19 octobre 1998. Il volera pour le compte de l'ESA qui fournit notamment le module *Columbus* de l'ISS, s'inspirant du laboratoire spatial *Spacelab* conçu pour des missions de la navette spatiale.

L'ISS peut également être considérée comme un tremplin vers de nouvelles explorations de l'espace. Bien qu'il n'y ait pas encore de plans concrets pour des missions habitées sur Mars et les autres planètes, pour le patron américain de la NASA *Daniel Goldin* l'objectif final des missions spatiales habitées est l'exploration des corps célestes du système solaire par l'homme. Cela a pris plus de temps que prévu, mais grâce à l'*International Space Station* une nouvelle part de science-fiction devient réalité. D'après certains astronautes et ingénieurs, la construction de la station est techniquement plus complexe que les vols d'autrefois vers la Lune...

Alpha ou ISS?

Dans le présent dossier, la station spatiale internationale est désignée sous le nom d'ISS (*International Space Station*). Avant, elle a souvent été officieusement appelée *Alpha*. Les membres de l'équipage de l'*Expédition 1* - les Russes Sergueï Krikaliov et Youri Gidzenko et l'Américain Bill Shepherd - ont été autorisés à utiliser le nom Alpha comme signe de reconnaissance radio officiel.

Dossier La station spatiale internationale ISS

La station spatiale et la science: une nouvelle *approche* de problèmes anciens

L'une des principales justifications de la construction de la station spatiale internationale est la recherche scientifique qui peut démarrer après le récent arrimage du module laboratoire Destiny à l'ISS. Selon les prévisions, les résultats des expériences menées à bord de l'ISS seront supérieurs aux essais effectués à bord de Mir. Les technologies utilisées sont en outre plus récentes et de meilleure qualité.

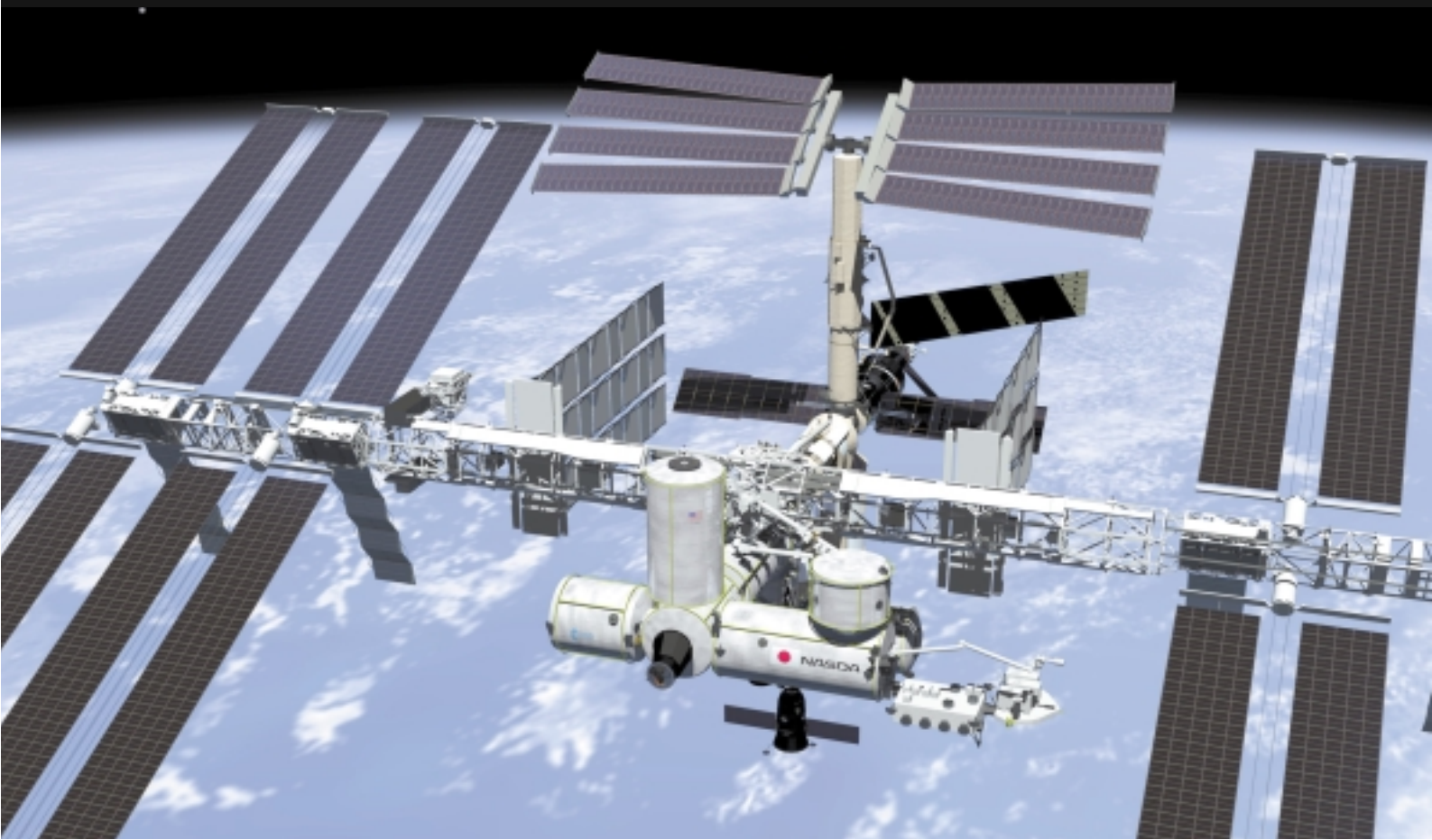
Un millier de scientifiques, parmi lesquels des Belges, préparent des expériences dans divers domaines de la science. La NASA définit leurs objectifs comme suit :

- résoudre des problèmes cruciaux dans divers secteurs de la recherche, comme la médecine et l'environnement;

- jeter les bases d'activités commerciales dans l'espace;
- susciter un plus grand intérêt mondial à l'égard de la recherche spatiale ;
- promouvoir la paix dans le monde en réalisant des recherches internationales de grande qualité à long terme.

La station spatiale internationale est en réalité un ensemble de laboratoires exceptionnels au potentiel scientifique, technologique et peut-être aussi commercial énorme, au service des institutions scientifiques, des universités, des instances officielles et de l'industrie. Grâce à la *télésience*, les experts peuvent suivre le déroulement de leurs expériences en microgravité en direct et intervenir. Dans cette apesanteur presque

➤ Voilà à quoi ressemblera l'ISS, une fois achevée en 2005. (NASA)



↓ Le nouveau module laboratoire Destiny (NASA).



totale, les expériences seront généralement effectuées automatiquement, mais la présence humaine présente néanmoins des avantages. Les astronautes peuvent intervenir en cas de situations imprévues et ajuster la recherche le cas échéant.

Ils peuvent également ramener certains équipements sur Terre pour réparations, améliorations ou remplacement.

Il est difficile d'anticiper l'ampleur de la récolte scientifique engrangée par l'ISS. Roger Crouch, scientifique ISS de la NASA déclare : *"Nous ignorons encore précisément les détails de ce que nous pourrions faire, mais nous avons déjà identifié une série d'éléments de recherche. Il y aura énormément de recherche fondamentale sur les lois de la physique sans que les résultats ne soient faussés par la pesanteur terrestre. Moyennant un brin de réussite, nous pourrions faire reculer les limites et faire des découvertes inimaginables. La qualité de la vie sur notre planète n'en sera que meilleure."*

D'après Crouch, l'ISS sera une réussite si les gens peuvent y travailler en toute sécurité, si des instruments intéressants et utiles peuvent être mis au point et si des résultats scientifiques sont obtenus. S'il faut en croire la biologiste Mary Musgrave de l'University of Massachusetts, qui a déjà dirigé des expériences à bord de Mir et Spacelab, *"Nous n'avons encore jamais eu un laboratoire opérationnel semblable en orbite autour de la Terre. Spacelab et Mir nous ont permis de survoler. L'ISS nous donne en revanche l'occasion de procéder à des recherches 24 heures par jour et 365 jours par an."*

Les expériences à bord de l'ISS couvriront un large champ d'action, des expériences des matériaux aux sciences de la vie, à l'étude de la Terre et de l'univers. Ces expériences se dérouleront sans interruption et des équipements ont été conçus pour pouvoir gérer le flux incessant de données.

Quelques domaines de recherche importants à bord de l'ISS

• Matériaux et fluides

Lors de l'analyse des matériaux, on étudie leur structure et leurs diverses propriétés thermiques, magnétiques et autres. Cela peut se traduire sur terre par de meilleures méthodes de production et la mise au point de matériaux de qualité supérieure. Ce qui permet d'améliorer en outre l'électronique et les moyens de communication. L'étude des propriétés des fluides (incluant aussi les gaz et les plasmas) s'avère notamment utile dans la construction d'édifices plus résistants aux secousses telluriques, de centrales énergétiques plus puissantes et une productivité accrue lors de la transformation des matériaux.

• Procédés de combustion (combustion science)

De nombreuses inconnues subsistent dans ce domaine. Cette recherche est essentielle

pour la lutte contre la pollution atmosphérique et les conséquences du réchauffement de la terre. Les résultats peuvent générer des économies dans les secteurs du transport et de la production.

• Les sciences de la vie (life sciences)

La symbiose entre les progrès technologiques et la microgravité ouvre des horizons prometteurs. Les laboratoires américains, européens, russes et japonais de l'ISS disposeront d'équipements pour mener ce type de recherches. Les travaux porteront sur la recherche d'un meilleur traitement des patients cardiaques et pour des maladies comme l'anémie, le cancer, le diabète et l'ostéoporose. En biotechnologie, on tentera de mettre au point de nouveaux médicaments entraînant moins d'effets secondaires et de mieux comprendre la croissance des tissus dans l'organisme. Cela ouvre des possibilités dans le remplacement de tissus abîmés et d'organes. On se penchera également sur des méthodes permettant de cultiver plus efficacement plantes et végétaux en épargnant les sols, l'eau et l'énergie. Cellules, tissus, plantes, insectes, rongeurs, animaux et organismes vivant dans l'eau, œufs d'oiseaux et de reptiles..., tous seront analysés à bord de l'ISS. L'étude de l'homme, de la faune et de la flore et de leur adaptation en situation d'apesanteur trouvera des applications dans l'astronautique.

• Notre propre planète

Les astronautes jetteront également un regard à l'extérieur. Notre Terre sera un important sujet d'étude. Les sujets ne manquent pas. Comment produire plus efficacement de la nourriture ? Où irons-nous à l'avenir puiser l'eau ? Comment réagir face aux changements climatiques ? Comment la Terre "réagit-elle" face à la pollution naturelle et à celle provoquée par l'homme ? Comment exploiter judicieusement les terres disponibles ? Où en est la couche d'ozone ? Des données concernant l'atmosphère, la végétation et l'utilisation des sols,

les minéraux, les aliments, l'état des rivières et des océans seront collectées. L'homme reste encore impuissant face à des phénomènes naturels comme les ouragans, les volcans, les tremblements de terre et autres catastrophes. Les prévisions météorologiques à long terme ne sont pas encore fiables, en dépit des progrès réalisés dans les prévisions à court terme. Les observations effectuées depuis l'ISS devraient notamment permettre d'identifier des modèles encore inconnus dans les observations et permettre d'établir des prévisions à long terme. C'est essentiel pour des secteurs comme l'agriculture et la pêche. L'ISS survole 75% de la surface de la Terre et 95% de la population terrestre. Ces observations peuvent être réalisées dans plusieurs longueurs d'ondes à l'aide de caméras, de détecteurs et autres instruments.

• Une fenêtre sur l'univers

Étant donné les relations entre la Terre et le Soleil, une meilleure compréhension de ce dernier est évidemment importante pour notre planète. Il semble, par exemple, que le réchauffement général de la Terre soit partiellement la conséquence de modifications périodiques de la dynamique solaire. Des équipements placés à l'extérieur de l'ISS fourniront des mesures et rassembleront des informations sur la structure et l'évolution de l'univers, des corps célestes, mais aussi sur l'origine de planètes et d'autres systèmes solaires.

• Recherche fondamentale

La physique fondamentale n'est pas oubliée à bord de l'ISS. La pesanteur terrestre exerce une influence sur des particules comme les atomes et les quarks; une fois encore, la microgravité à bord de l'ISS ouvre de nouvelles perspectives. Ce n'est pas de la science pour de la science. Selon les prévisions, ces recherches devraient également avoir des retombées pratiques dans des domaines comme la navigation et les

Une note critique : l'ISS est-elle vraiment une bénédiction pour la science ?

Tout le monde n'est pas convaincu de la rentabilité des énormes investissements consentis pour l'ISS. Commentaires qui ont accompagné la fin de la station spatiale Mir : la science justifie-t-elle le coût élevé de la station spatiale ? Le développement et l'exploitation de l'ISS pendant dix ans sont estimés à près de 100 milliards de dollars.

Même pour *Daniel Goldin*, patron de la NASA, la science n'est pas la principale justification de la construction de l'ISS : *"Nous construisons la station pour observer comment l'homme peut vivre et travailler dans l'espace de manière efficace et en toute sécurité. Nous pourrions y effectuer d'impressionnants travaux de recherche, mais cela ne suffit pas à justifier la station."*

Les détracteurs soulignent que la présence d'hommes à bord n'est pas précisément un avantage, mais plutôt un inconvénient pour l'exécution de certaines expériences. Ils dénoncent le caractère "ouvert" du projet ISS aux objectifs scientifiques moins clairement définis. D'après les critiques *"On espère que les résultats des recherches seront bénéfiques pour la Terre, mais d'une manière encore impossible à déterminer. Lorsqu'un satellite scientifique est lancé, c'est dans le cadre d'une longue liste d'objectifs scientifiques qu'on espère voir atteints. Les satellites d'observation de la Terre par exemple doivent étudier des aspects de l'environnement de notre planète ou des sondes observent les propriétés de la surface d'un corps céleste. Ce n'est pas le cas pour l'ISS."*

L'une des critiques fondamentales visant l'ISS est qu'il faudra peut-être attendre 10 à 15 ans avant d'avoir des résultats tangibles. Le physicien *Robert Park* de l'University of Maryland déclare : *"On peut espérer des avancées, mais elles sont peu probables"*. Lui et d'autres craignent que l'argent consacré à l'ISS ne lèse d'autres projets. Il estime que le contribuable aime voir des résultats rapides. *"Je ne prétends pas qu'il y a un problème scientifique à bord de l'ISS, mais simplement que la science n'y joue pas un rôle fondamental."* souligne Robert Park. Il doute que la recherche menée dans la station soit conforme aux ambitieuses prévisions et craint que d'autres projets, ayant à ses yeux une plus valeur scientifique supérieure, ne soient sacrifiés. Il cite un exemple : grâce à la recherche spatiale, notre connaissance de l'univers a considérablement progressé, mais la contribution des missions *habitées* dans ce domaine, comme dans d'autres de la recherche fondamentale, est modeste. L'ISS est-elle une bénédiction pour la science ? La réponse viendra à long terme.

↓ L'ISS servira notamment à des observations de la Terre. Cette prise de vue du Delta du Nil a été effectuée par l'équipage du vol STS-101 (NASA).





← Le fameux «Phantom Torso» à bord du module Destiny est chargé de mesurer les conséquences du rayonnement sur les organes corporels. (NASA)

La route vers Mars commence avec l'ISS

La station spatiale internationale est souvent considérée comme un tremplin vers d'autres explorations du système solaire. On songe évidemment au prochain "rêve" de l'homme : une mission habitée vers la planète Mars. Pour l'instant, des vaisseaux inhabités dévoilent un nombre croissant de mystères de notre planète voisine "rouge", mais qu'en est-il de cet autre élément important pour un voyage spatial vers Mars : l'homme ?

Un aller-retour Terre-Mars dure déjà deux ans et les astronautes passent le plus clair de ce temps en apesanteur. La lutte contre les conséquences de cet état prolongé sera partiellement menée à bord de l'ISS. Des phénomènes comme la perte de masse osseuse, l'affaiblissement musculaire et les modifications du système immunitaire sont à l'étude, pour que des remèdes puissent être développés. Les résultats de ces recherches ne sont pas uniquement destinés à transformer nos rêves interplanétaires en réalité. Ils ont également des retombées sur notre qualité de vie terrestre. Les similitudes sont flagrantes entre l'état de santé des astronautes et les problèmes rencontrés par les personnes âgées sur Terre.

communications, ainsi que dans d'autres applications quotidiennes.

• *Nouvelles technologies*

L'ISS est également un endroit idéal pour la recherche technologique dans des domaines spécifiques comme la mise au point de robots perfectionnés, de nouveaux détecteurs, le stockage et l'utilisation efficace de l'énergie, la qualité de l'eau et de l'air, les systèmes de communication (amélioration des communications téléphoniques, informatiques et vidéos) et la propulsion électromagnétique. Le développement de produits, procédés et services offre de nouvelles possibilités commerciales à l'industrie.

La recherche servira aussi à la mise au point de nouveaux matériaux pour de futurs voyages spatiaux. Grâce au bras robot de la station (pour diriger des expériences réalisées à l'extérieur de l'ISS) des techniques avancées de robotisation peuvent être testées pour trouver de nouvelles applications dans les prochaines stations spatiales, le transport spatial et les bases lunaires et martiennes. Une réponse sera apportée au problème de la résistance des matériaux aux conditions extrêmes de l'espace (le vide, le rayonnement solaire, les températures extrêmement basses, les micrométéorites).

D'une manière générale, l'enthousiasme règne parmi les scientifiques qui pourront effectuer des expériences à bord de l'ISS. Malgré quelques notes critiques (cf. cadre) ils estiment que les recherches à bord de l'ISS amorceront des développements dans de nombreux domaines, qu'il s'agisse de la fabrication de nouveaux médicaments, d'une meilleure compréhension du processus de vieillissement ou - à plus long terme - de la construction de nouvelles bases habitées dans l'espace. Ils ne considèrent pas l'absence de résultats immédiats comme un argument de nature à tout arrêter. L'histoire a par ailleurs prouvé que la science est "imprévisible". De grandes découvertes scientifiques ont souvent été le fruit du hasard.

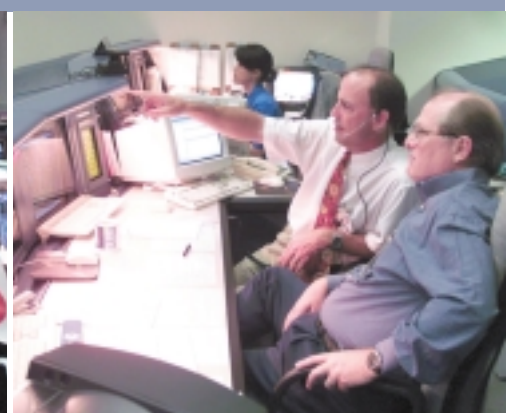
Où se trouve l'International Space Station?

La réponse se trouve sur la page internet suivante :

<http://spaceflight.nasa.gov.realddata/tracking/index.html>

Vous y lirez également depuis combien de temps la station est en orbite terrestre et depuis quand des astronautes y sont présents. Nous y apprenons aussi que l'ISS tourne autour de la Terre à la vitesse de 28.000 km/h (près de 8 km par seconde!) et à une altitude d'environ 400 km (cette distance varie). Le site <http://www.heavens-above.com> indique le moment où la station est visible de votre lieu d'habitation.

Dossier La station spatiale internationale ISS



↑ Suivi d'une sortie dans l'espace depuis le Mission Control Center (MCC). (NASA)

↑ Le lancement du module russe Zvezda au Kazakhstan est suivi à des milliers de kilomètres plus loin au Mission Control Center à Houston. (NASA).

Surveiller l'ISS : interdiction de dormir

Les images d'astronautes caracolant joyusement nous font souvent oublier qu'une mission spatiale est impossible sans une petite armée de personnes sur Terre.

Dans les différents centres qui suivent les opérations de l'International Space Station, il est "interdit de dormir". L'interaction entre la Terre et l'espace est permanente, les expériences sont préparées, lancées, exécutées, suivies et dirigées. En cas de pépin, il faut donner l'alarme. La Terre veille à ce que les astronautes puissent vivre et travailler à bord de l'ISS en parfaite sécurité. Tous les partenaires du programme ISS partagent cette responsabilité. Un *Mission Management Team* spécial est habilité à prendre des décisions en dehors des règles opérationnelles normales ou en cas de modification de priorités. La station spatiale est "encadrée" depuis des centres situés aux États-Unis, en Russie, au Canada, en Europe et au Japon. Les principaux sont:

- **NASA Space Station Control Center, Mission Control Center**

Il est situé à Houston (Texas) et est responsable de l'ensemble des opérations ISS et de tous les aspects liés à la sécurité. Il suit le

lancement, les rendez-vous, les arrimages et les assemblages des éléments américains de l'ISS et les missions de la navette spatiale à destination de l'ISS.

- **NASA Payload Operations Integration Center**

Il se trouve au Marshall Space Flight Center à Huntsville (Alabama). Il assure la coordination des différents éléments de la charge utile.

- **TSOEP**

Ce centre de direction de vol est situé à Koroljov (Moscou). Il est responsable du lancement, des rendez-vous, des arrimages, des assemblages et des contrôles des éléments russes. Il est aussi responsable, avec la NASA, du lancement des pièces de l'ISS depuis la base de Baïkonour au Kazakhstan.

- **Columbus Orbital Facility Control Center**

Centre de contrôle terrestre de l'ESA, l'agence spatiale européenne, à Oberpfafen-

hoffen (Allemagne) pour le module européen Columbus et les missions des véhicules ATV (Automated Transfer Vehicle). Il se charge du planning, de la préparation, du suivi et du contrôle des ces engins spatiaux et de leur charge utile.

- **Tsukuba Science City**

Centre de contrôle de la NASDA, National Space Development Agency, agence spatiale japonaise pour le Japanese Experiment Module (JEM, rebaptisé Kibo). Il est responsable du planning, de la préparation, du suivi et du contrôle de ce module et d'autres éléments japonais destinés à l'ISS.

- **CSA Mobile Servicing System Operations Complex**

Situé à St. Hubert au Québec (Canada), c'est un centre opérationnel d'appui du bras robot livré par l'agence spatiale canadienne, CSA, à l'ISS. Le CSA remplira cette mission pour le compte du Space Station Control Center de la NASA.

Dossier La station spatiale internationale ISS

La station spatiale et la recherche spatiale commerciale : des *affaires* sont possibles, mais difficiles

Même si l'espace d'une manière générale et l'International Space Station en particulier offrent des possibilités d'activités commerciales spatiales, l'ISS ne deviendra pas une "usine spatiale". Certains scientifiques craignent que les activités commerciales ne prennent le pas sur la recherche fondamentale. Selon eux, le moment n'est pas encore mûr pour une approche commerciale à grande échelle dans l'espace et ils considèrent l'ISS comme un précurseur. Il y a cependant déjà eu par le passé une série de développements commerciaux intéressants.

Quelques exemples :

- les développements des *technologies de l'image* et de la *télésience* ont débouché sur diverses applications dans le secteur de la *réalité virtuelle* ;
- des méthodes *CAD* plus pointues (*computer aided desing*) ;
- le développement de meilleures technologies pour les *communications mobiles* ;
- le développement de nouveaux *médicaments* à base de plantes ;
- la culture de *variétés* résistant

aux insectes, aux maladies et à la sécheresse ;

- le développement de meilleures méthodes d'*exploitation pétrolière* ;
- la fabrication de *semi-conducteurs* extrêmement purs.

En collaboration avec les entreprises et les banques, la NASA examine comment faire du *business spatial* et quelles sont les recherches à potentiel commercial. Une étude de 1997 du *Potomac Institute for Policy Studies* a posé trois questions à propos d'une éventuelle exploitation commerciale de l'ISS.

Abordées d'un point de vue spécifiquement américain, voici les questions posées à l'époque :

- Les missions spatiales habitées génèrent-elles un avantage commercial ?
- Les possibilités d'activités commerciales sont-elles réelles ?
- Quel rôle le gouvernement (américain) doit-il éventuellement jouer ?

L'espace semble offrir un *avantage commercial*. La recherche

spatiale commerciale améliorerait la compétitivité des entreprises et il y a des possibilités de spin-off dans des secteurs industriels qui n'opèrent pas spécifiquement dans la recherche spatiale. L'étude évoque aussi le prestige international conquis grâce à la compétitivité économique. De même, la NASA pourrait profiter de la recherche spatiale commerciale, grâce aux technologies nouvelles et moins chères disponibles, issues d'un essor des activités commerciales. Par ailleurs, des activités commerciales précises susciteraient une plus grande curiosité du grand public.

A la question concernant les *réelles possibilités* de recherche spatiale commerciale, l'étude apporte une réponse nuancée. Les possibilités existent, mais de multiples problèmes barrent encore la route des réussites commerciales dans l'espace.

Faut-il, par exemple, forcément aller dans l'espace ? Des réalisations péniblement obtenues dans l'espace peuvent peut-être

être atteintes plus facilement et à moindre coût sur Terre ?

Un obstacle majeur reste le prix de revient énorme du lancement d'une charge utile dans l'espace. Un lancement doit en outre être programmé longtemps à l'avance. De plus, dans le cadre de ses missions, la NASA devrait encourager la commercialisation de la recherche spatiale, mais ses moyens financiers et humains se réduisent sans cesse.

Et le rôle des *instances officielles* ? Selon l'étude, au cours de la prochaine décennie, les missions habitées devraient progressivement passer au secteur privé, comme ce fut le cas pour les satellites de télécommunications et les lancements de satellites. Actuellement, l'intérêt dans ce domaine n'est pas énorme.

L'étude cite neuf domaines de recherche dans lesquels des activités commerciales se déroulent déjà dans l'espace ou y sont prévues : recherche biomédicale/pharmaceutique, étude des matériaux, détection à distance et



météo, communi-
cations, agri-
culture, mines,
approvisionnement
énergétique, mise au
point d'instruments plus
pointus et moins chers pour
une utilisation spatiale et éduca-
tion/loisirs/tourisme. La détec-
tion à distance, les communi-
cations et l'approvisionnement
énergétique concernent essentiel-
lement des satellites inhabités,
les autres domaines offrent des
perspectives prometteuses pour
les missions spatiales habitées.

L'étude formule des suggestions
détaillées en matière de

commercialisation de la recherche
spatiale. *"La NASA pourrait
envisager les actions suivantes :
location de la navette spatiale
pour des missions commerciales,
construction d'un module
commercial pour l'ISS,
introduction de
lanceurs réutili-
sables et
même
une
privati-
sation de
l'ensemble de
l'ISS d'ici à 2010."*

Entre-temps, la NASA
négocie avec plusieurs
entreprises qui veulent

déployer des activités à bord de
l'ISS. Mark Uhran, responsable à
la NASA du développement de
produit affirme : *"L'intérêt existe
et pourrait déboucher sur des
offres au cours des cinq pro-
chaines années."* Il s'agit d'entre-
prises actives dans le secteur de
la bio-ingénierie, du développe-
ment de technologies et de
communications multimédia.
Pour elles, l'accès à l'espace reste
onéreux. Le prix d'accès devrait
descendre d'environ 25.000 euros
par kilo à 2.500 euros.

↑ L'ISS, photographiée depuis la
navette spatiale Atlantis en février 2000,
après l'ajout du module laboratoire
américain Destiny (NASA).

Dossier La station spatiale internationale ISS

Un *assemblage* de milliers de pièces

✎ Avant le lancement, le module Unity est placé dans la soute de la navette spatiale Endeavour (NASA).

Les premiers laboratoires spatiaux Skylab et les premiers Saliout ont été lancés en une pièce. Il s'agissait de grands cylindres dans lesquels les astronautes pouvaient vivre pour une durée prolongée. Les Russes ont sensiblement étendu la capacité de leurs stations Saliout 6 et 7 en y arrimant un module additionnel. Ce n'est qu'avec Mir qu'il est devenu question d'une station spatiale géante, composée de six modules lancés et assemblés séparément.

Cette même méthode est appliquée à une échelle encore plus vaste pour l'International Space Station. La construction de l'ISS est un énorme défi technique. Elle est composée de milliers de pièces grandes et petites fabriquées dans le monde entier avec une précision millimétrique. Une fois achevée, la station aura une masse de 450 tonnes, consommera cinq fois et demi plus d'énergie que Mir et aura quatre fois et demi plus d'espace vital. Elle aura 108,5 m de largeur et 88 m de long (la taille de deux terrains de football) et un volume habitable équivalant à deux Boeing 747.

En cinq ans, il faudra plus de 40 vols de fusées russes Proton et Soyouz et de la navette spatiale américaine pour le lancement et l'assemblage des plus de 100 éléments de l'ISS. Le programme de vol de l'ISS étant régulièrement modifié, les vols prévus ne sont pas mentionnés ici. Ils peuvent être consultés sur <http://spaceflight.nasa.gov/station/assembly/flights/chron.html>. Voici néanmoins un aperçu des vols d'assemblage déjà effectués.

↓ Ravitaillement et équipements prennent beaucoup de place dans le module Zarya (NASA).



Les Russes construisent-ils une Mir 2 ?

La fin de la station spatiale russe Mir a aussi marqué la fin d'un programme russe indépendant de missions spatiales habitées. Provisoirement, la Russie se limitera à l'exécution de missions spatiales habitées dans le cadre de l'ISS. La nostalgie des grandes réussites spatiales d'autrefois incite certains à réclamer la construction d'une *Mir 2*. Mais sa réalisation ne semble pas pour demain. L'argent manque et selon l'agence spatiale Rossaviakosmos des projets similaires ne sont "pas à l'ordre du jour".

Il s'agit donc de simples idées. Une *Mir 2* serait le prolongement des anciennes stations spatiales Saliout et Mir et des éléments actuellement construits par la Russie pour l'ISS. Il faut tirer les enseignements des erreurs passées. Mir a notamment dû faire face à de graves problèmes d'énergie, à la suite d'une mauvaise installation des panneaux solaires. Une nouvelle station devrait également être plus maniable et facile à orienter.

1. 20/11/1998 Zarya (vol 1A/R)

Lancement du module de contrôle russe par une fusée Proton. Premier élément d'une masse de 19.323 kg payé par les Américains. Zarya a 12,6 m de long et 4,1 m de large et une durée de vie de 15 ans. Des vaisseaux Soyuz et Progress peuvent y être arrimés.

2. 4/12/1998 Unity (vol 2A)

La navette spatiale *Endeavour* a lancé ce module américain en même temps que deux *Pressurized Mating Adapters (PMA's)*. Au cours de trois sorties dans l'espace, PMA 1 a été fixé à Zarya. PMA 1 est destiné à assurer la fixation des éléments russes et américains et PMA 2 servira à l'accostage de la navette spatiale. Unity est en réalité un passage vers les espaces d'habitation et de travail de l'ISS. Il a 5,5 m de long et 4,6 m de large et il intègre plus de 50.000 pièces mécaniques (216 conduites pour acheminer les liquides et les gaz et 121 câbles électriques internes et externes d'une longueur totale de 10 kilomètres).

3. 27/5/1999 Vol logistique (vol 2A.1)

Ce vol de ravitaillement a marqué le premier arrimage d'une navette spatiale (*Discovery*) à l'ISS. Un double module *Spacehab* était contenu dans la soute de la navette à cet effet. La navette incluait aussi le collier russe *Strela* pour fixer l'extérieur du segment russe. Le collier est notamment un auxiliaire pour les travaux d'entretien effectués durant les sorties dans l'espace et a été arrimé au fameux *Integrated Cargo Carrier (ICC)* du module *Spacehab*.

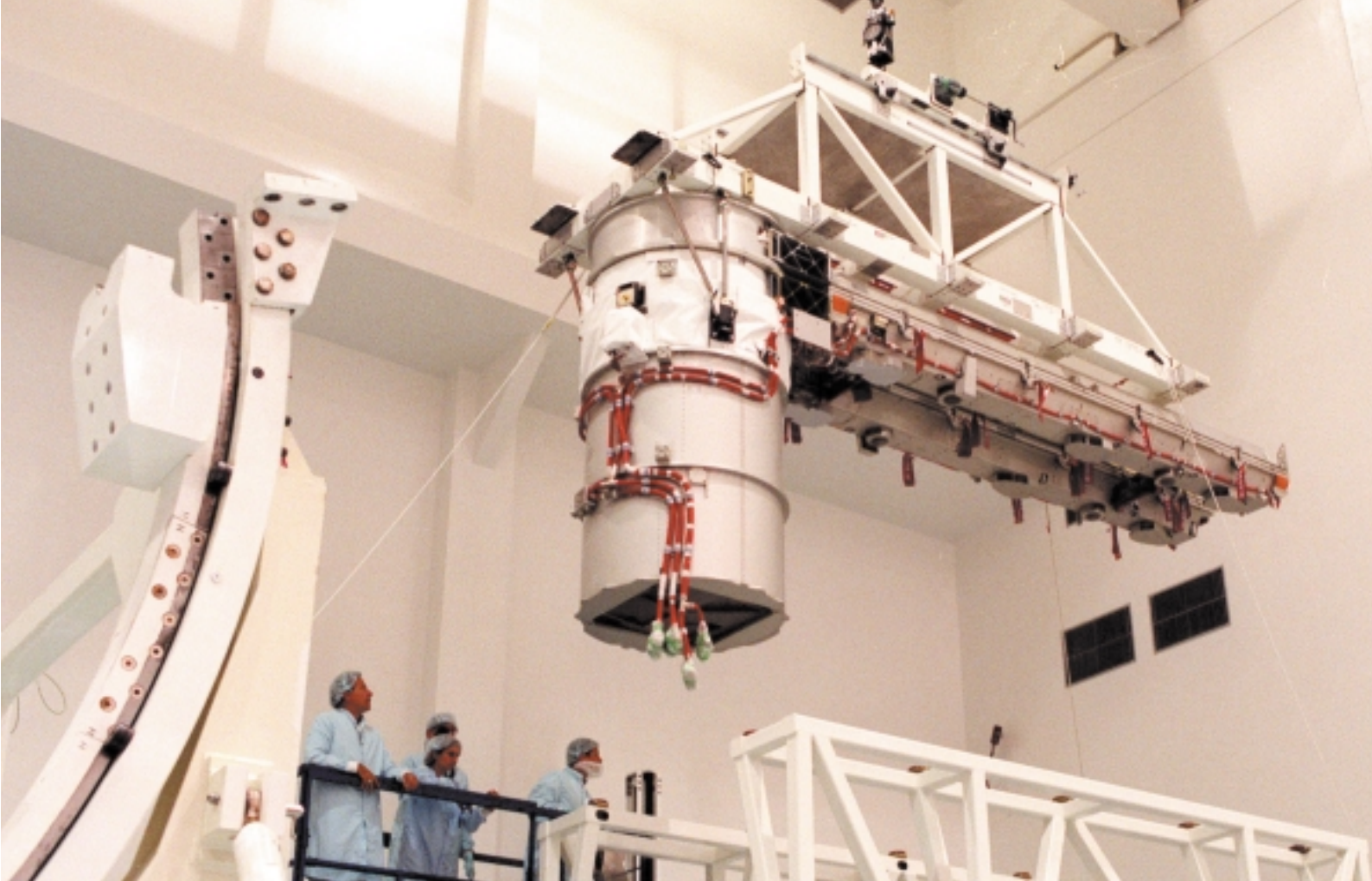
4. 19/5/2000 Vol logistique (vol 2A.2)

Mission de ravitaillement réalisée par la navette *Atlantis* emmenant à son bord un double module *Spacehab*. L'équipage a remplacé quatre batteries à bord de Zarya et a installé des détecteurs de fumée et des ventilateurs. L'installation du collier *Strela* a été achevée à l'occasion d'une sortie dans l'espace. L'ISS a également été propulsée sur une

orbite supérieure (de 370 km à 402 km) en attendant l'arrivée du module russe *Zvezda*.

5. 12/7/2000 Zvezda (vol 1R)

Ce module russe a été lancé par une fusée Proton. *Zvezda* est la principale contribution russe à l'ISS et l'espace d'habitation principal des astronautes pour les premières étapes de l'ISS. Il contient également des éléments de *life support* pour les premières pièces de l'ISS. *Zvezda* compte quatre ports d'arrimage dont le principal, destiné aux vaisseaux d'approvisionnement inhabités *Progress*, est équipé d'un système de rendez-vous et d'arrimage automatique capable de propulser la station spatiale sur une orbite supérieure. *Zvezda* assure aussi l'approvisionnement en énergie, le traitement des données et le contrôle de vol. Beaucoup de ces éléments seront ultérieurement repris et complétés par des éléments américains, mais *Zvezda* demeure le centre du segment russe de l'ISS. *Zvezda* pèse 19.051 kg et a 13,1 m de long. La conception de *Zvezda* s'inspire du module central de l'ancienne station spatiale *Mir*.



6. 8/9/2000 Mission logistique (vol 2A.2b)

Vol de la navette Atlantis avec le module *Spacehab*. Durant cette mission, l'équipage s'est livré à des travaux secondaires et près de 3000 kg de fournitures ont été transportés dans l'ISS. L'équipage a préparé le module Zvezda pour une prochaine occupation et a tiré des câbles pour permettre le passage de l'énergie, des données et des communications entre Zvezda et le reste de la station.

7. 11/10/2000 Integrated Truss Structure (vol 3A)

Vol de la navette Discovery. L'équipage a effectué quatre sorties dans l'espace pour notamment ajouter deux composantes essentielles de l'ISS : le *Pressurized Mating Adapter 3 (PMA 3)* et le fameux *Z1 Truss*. PMA 3 est destiné à l'arrimage de la navette à l'ISS. Z1 Truss est le premier "grillage" permanent de l'ISS, une première étape de la construction de l'armature de l'ISS qui constitue une sorte de colonne vertébrale

de la station. Une fois achevé, il aura la longueur d'un terrain de football avec un axe, perpendiculaire à l'axe principal de la station. Tous les laboratoires, espaces de vie, chargements et équipements de l'ISS y seront reliés, ainsi que des panneaux solaires américains fournissant 105 kW d'énergie (suffisant pour éclairer une ville). A travers cette armature, fils et câbles transporteront l'énergie et les informations jusqu'aux coins les plus reculés de la station. Le bras robot canadien (cf. infra) se déplacera le long de rails fixés à l'armature. L'armature sera également équipée de batteries, radiateurs, antennes et gyroscopes.

8. 31/10/2000 Expédition 1 (vol 2R)

Premier équipage permanent tant attendu (*Expédition 1*) de l'ISS ! Lancement depuis Baïkonour de la capsule *Soyouz TM-31* avec l'américain Bill Shepherd et les Russes Joeri Gidzenko et Sergej Krikaljov. Le vaisseau *Soyouz* est resté arrimé à l'ISS comme "radeau de sauvetage" en cas d'urgence. Le trio a séjourné 136 jours à bord.

9. 30/11/2000 Panneaux solaires (vol 4A)

Vol de la navette spatiale Endeavour. L'équipage passe sept jours à bord de l'ISS en compagnie des trois membres d'*Expédition 1*. Endeavour fournit notamment les premiers panneaux solaires américains, les batteries d'approvisionnement en énergie et des radiateurs pour le refroidissement. Les panneaux solaires sont fixés à l'ISS et déployés au cours de trois promenades dans l'espace. Les astronautes activent également un système de communication pour la téléphonie et la télémétrie.

10. 7/2/2001 Destiny (vol 5A)

Vol de la navette spatiale Atlantis emportant dans sa soute le grand module laboratoire américain *Destiny*, fixé à l'ISS au terme de trois sorties dans l'espace. *Destiny* a une masse de 15 tonnes et coûte 1,4 milliard de dollars. L'arrimage de *Destiny* à l'ISS marque la reprise du contrôle de la station spatiale par la direction américaine des opérations à Houston en lieu et place

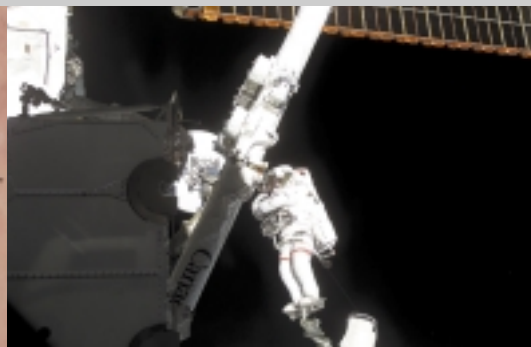
Des Européens en route vers l'ISS à bord de vaisseaux spatiaux Soyouz

Antonio Rodotà, directeur général de l'ESA, et son collègue Joeri Koptjev, de l'agence spatiale russe Rosaviakosmos, ont signé un accord pour le lancement d'astronautes européens vers l'ISS à bord des vaisseaux spatiaux russes Soyouz, pour la période 2001-2006. Ils participeront à des missions taxi d'une durée de 7 à 8 jours, pour échanger la capsule Soyouz, arrimée en permanence à l'ISS comme véhicule de sauvetage, avec un nouveau vaisseau spatial. Ils feront également partie de missions de relève d'équipages qui pourraient durer de 3 à 4 mois. Ainsi, chaque année, un astronaute volera avec des Russes. Les missions sont un instrument idéal pour enrichir l'expérience des astronautes européens dans l'attente du lancement de Columbus, le module européen de l'ISS, en 2004. Après octobre 2001, l'Italien Roberto Vittori sera le premier Européen à effectuer ce type de mission à bord d'un Soyouz.

↓ Les astronautes européens Claudie-André Deshayes et Reinhold Ewald à l'entraînement à Zvjozdnyj Gorodok (Cité des Etoiles) près de Moscou (ESA).



↑ La navette Endeavour approche de l'ISS avec, dans sa soute, le module logistique italien Raffaello. L'Afrique du Nord en toile de fond (NASA).



↑ L'astronaute canadien Chris Hadfield se tient sur le bras robotisé canadien de la navette et travaille au Canadarm2 (vol STS-100) (NASA).

← Panneaux solaires pour l'ISS au Space Station Processing Facility du Kennedy Space Center. Ils ont été conduits à bord de l'ISS en novembre 2000 par Endeavour (NASA).

de leurs collègues de Moscou. Les astronautes pourront y effectuer des recherches en permanence. Ce laboratoire a été conçu pour pouvoir gérer un flux continu de données issues de centaines d'expériences scientifiques et technologiques. Destiny est composé de trois éléments cylindriques et de deux extrémités coniques. Le module est recouvert de matériel isolant et est également protégé des impacts de débris de l'espace et de micrométéorites par un "bouclier contre les météorites", sorte de gilet pare-balles. Le module contient 24 racks, dont 13 sont destinés à des expériences scientifiques et 11 à la fourniture d'énergie, d'eau froide, le contrôle de la température et de l'humidité et l'élimination du dioxyde de carbone et l'alimentation en oxygène.

11. 8/3/2001 Leonardo et Expédition 2 (vol 5A.1)

Vol de la navette spatiale Discovery emmenant le nouvel équipage permanent de l'ISS (Expédition 2). Discovery effectue par ailleurs une mission logistique et approvisionne l'ISS. A bord se trouve aussi *Leonardo*, le module logistique construit par l'Italie. Deux sorties sont réalisées pour fixer Leonardo à Unity, à l'aide du bras robot de la navette (Leonardo a ensuite réintégré la soute de la navette spatiale) et installer du hardware pour une pro-

chaine mission d'assemblage. Leonardo est l'un des trois modules MPLM (outre Raffaello et Donatello) servant de "camions de déménagement" à l'ISS et contenant des racks de laboratoire munis d'instruments, d'expériences et de ravitaillement. L'Italie a construit les modules MPLM pour les Etats-Unis en échange de temps de recherche à bord de l'ISS. Le module cylindrique est long de 6,4 m et a un diamètre de 4,6m.

12. 19/4/2001 Raffaello et le bras robot canadien (vol 6A)

Vol avec la navette Endeavour. La soute contient le module MPLM *Raffaello* et le *Space Station Remote Manipulator System (SSRMS)*. Raffaello transporte des racks pour le module laboratoire américain. SSRMS alias *Canadarm2* est le bras robot mécanique de la station, fourni par le Canada ; il est nécessaire pour l'assemblage lors de prochaines missions. Il fait partie du *Mobile Servicing System (MSS)*, élément fondamental de l'ISS; il est destiné à transporter d'autres équipements et du matériel dans la station, à aider les astronautes durant leurs activités dans l'espace et à commander des instruments placés à l'extérieur de l'ISS. Le nouveau bras robot de 17,6 m de long est muni de sept "coudes", activés par un moteur. Il se déplace sur des rails sur toute la longueur de la station.

Dossier La station spatiale internationale ISS



L'ESA et l'ISS

L'Agence spatiale européenne est l'un des principaux partenaires du programme ISS.

L'approbation officielle de la participation européenne a été actée en octobre 1995.

L'enveloppe financière globale de la phase de développement 1996-2004 a été fixée à l'époque à 2.651 millions d'EUR. Les équipements pour la microgravité à bord de Columbus coûtent 207 millions D'EUR. Dix Etats membres de l'ESA participent à ce projet : la Belgique, le Danemark, l'Allemagne, la France, l'Italie, les Pays-Bas, la Norvège, l'Espagne, la Suède et la Suisse.

↑ Après son lancement en 2004, le labo Columbus deviendra l'un des principaux modules de l'ISS (ESA).

→ Chaque année, les astronautes effectueront des centaines d'expériences à bord de Columbus. Columbus est construit par plus de 40 entreprises dans 14 pays (ESA).

Notre pays est le quatrième participant par ordre d'importance, avec respectivement 3% du programme de développement et 10% des équipements de microgravité. Du matériel européen sera présent au cours de 20 des 50 missions d'assemblage de la station. Il servira également dans les éléments américains, russes et japonais.

Columbus

Le laboratoire *Columbus* est l'un des éléments essentiels de la participation européenne à l'ISS. Il est composé d'un module

pressurisé et d'une série d'éléments fonctionnels pour la gestion des données, l'énergie, la vidéo et les communications, des logiciels et des équipements au sol.

Le module Columbus sera fixé à l'ISS d'ici la fin 2004. Sa construction s'appuie sur l'expérience acquise précédemment par l'Europe pour le laboratoire spatial *Spacelab*, qui a voyagé avec la navette spatiale américaine et a été mis à contribution à plus de vingt reprises. C'était une première expérience pour l'Europe dans le domaine des vols spatiaux habités.

L'ISS en chiffres

Dimensions	Environ 110m x 80m
Poids	Environ 450 tonnes
Alimentation en énergie	Au total 75kw (sans module russe)
Volume total pressurisé	Environ 1200m ³ (comparable au volume d'un Boeing 747)
Modules laboratoires et d'habitation	6 modules laboratoires : Labo américain, modules de recherche russes (2), module européen Columbus (COF), module d'expérimentation japonais (JEM ou Kibo), Centrifuge (CAM)
Modules d'habitation	2 Module d'habitation américain (construit par l'Italie), Module de Service russe (Zvezda)
Localisation des appareils exposés à l'espace libre	4 sur le truss ISS, 10 sur l'Exposed Facility (Kibo)
Nombre de membres d'équipage permanents	3 pour l'achèvement de l'ISS, 7 ensuite
Orbite	Entre 330 et 480 km au-dessus de la Terre, angle de 51.6° avec l'équateur
Transport, construction	Spaceshuttle (USA), Soyouz et Proton (Russie)
Ravitaillement	Spaceshuttle (USA), Soyouz et Proton (Russie), Ariane 5 (Europe), H-II (Japon)
Satellites de liaison	Satellites américains TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) et satellites additionnels de la Russie, du Japon et de l'Europe

Les vols de Spacelab ne dépassaient pas deux semaines. A bord de Columbus, des expériences peuvent être réalisées en permanence pendant dix ans au moins.

Le module Columbus est cylindrique, a un diamètre de 4,5 mètres et une longueur de 6,7 mètres. Chacune des quatre "parois" est équipée de "racks" qui, chacun, peut accueillir 700 kilogrammes d'équipements scientifiques. Columbus servira aux expériences les plus diverses. Il dispose à cet effet de plusieurs équipements spéciaux:

• Biolab

Pour la recherche biologique, avec culture de cellules, de tissus, de micro-organismes, de petites plantes et petits animaux. Il est conçu de manière modulaire et comporte une partie dans laquelle les expériences se déroulent automatiquement et une partie dans laquelle l'équipage peut manipuler des échantillons.

• European Physiology Modules Facility (EPM)

Équipement modulaire pour l'étude de la physiologie humaine. Semblable au *Human*

Research Facility (HRF) de la NASA, il est utilisé en même temps. Des études du cœur, du système nerveux et du squelette seront notamment menées lors de la première mission.

• Materials Science Laboratory-Electromagnetic Levitator (MSL-EML)

Conjugué au DLR allemand, mis au point par l'ESA pour la fusion et la solidification de métaux conductibles, d'alliages et d'échantillons de semi-conducteurs.

• Fluid Science Laboratory (FSL)

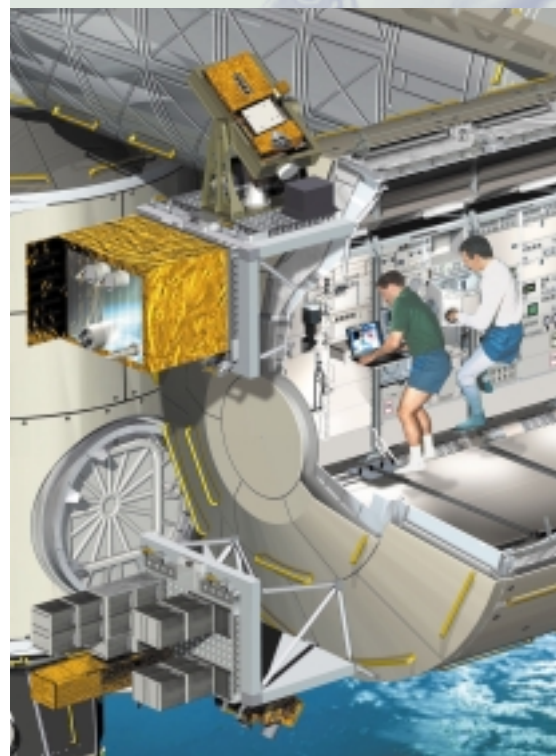
Équipement modulaire pour l'étude des fluides en microgravité. Le FSL peut être commandé par les astronautes ou depuis la Terre grâce à la *téléscience*. Ajouté au *Materials Science Laboratory*, ces quatre équipements font partie du programme *Microgravity Facilities for Columbus (MFC)* de l'ESA. Le but du programme consiste à mener des recherches permanentes à bord de l'ISS dans les domaines de la biologie, de la physiologie humaine, des matériaux et des fluides, afin de collecter un flux constant de données scientifiques de manière ininterrompue et durant toute la durée de vie de l'ISS.

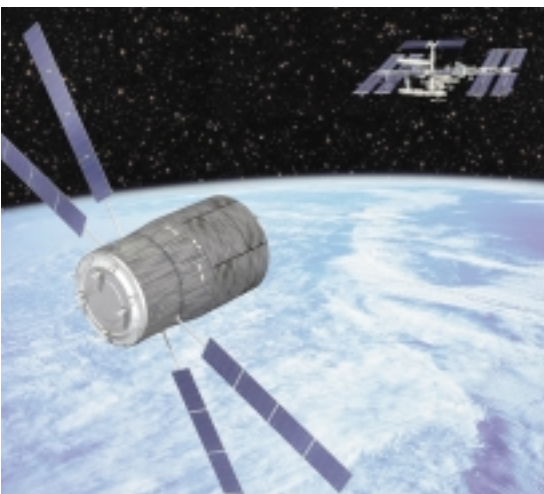


← Dans quelques mois, le Belge Frank De Winne vivra et travaillera lui aussi à bord de l'ISS (ESA).

Astronautes européens pour l'ISS

De nombreux astronautes européens ont déjà volé à bord de la navette spatiale américaine ou de vaisseaux russes Soyouz. Lorsque le module Columbus aura été arrimé à l'ISS, des Européens figureront régulièrement parmi l'équipage de la station et y effectueront des missions d'environ 90 jours. Mais des Européens se sont déjà rendus sur l'ISS. En avril 2001, l'Italien Umberto Guidoni a été le premier Européen à rendre visite à l'ISS, à bord de la navette spatiale. Plus tard dans l'année, la Française Claudie André-Deshays lui succédera à bord d'un vaisseau russe Soyouz. Dans quelques mois, le Belge Frank De Winne ira lui aussi travailler dans l'ISS. La base du corps européen des astronautes est l'*European Astronaut Centre (EAC)* à Cologne.





↑ Grâce à l'ATV (Automated Transfer Vehicle), l'Europe pourra transporter des équipements scientifiques, du ravitaillement et du carburant à bord de l'ISS (ESA).

• **European Drawer Rack (EDR)**

Il peut héberger huit petits modules d'expérimentation interchangeables. On songe à des expériences dans le domaine de l'interaction entre les particules cosmiques et celles de l'atmosphère terrestre, l'étude des plasmas, de la cristallisation des protéines, des fluides et du magnétisme, des émulsions, des huiles, etc. Le plus important est la *Protein Crystallisation Diagnostics Facility (PCDF)* pour la cristallisation de macromolécules biologiques et l'étude de leurs réactions à la pesanteur. Cet instrument permet d'effectuer des mesures détaillées et d'apporter des modifications précises à la température et à la concentration des molécules. Cet appareil approfondit les expériences menées par l'*Advanced Protein Crystallisation Facility (APCF)*. Le module Columbus dispose également d'une *structure extérieure* destinée à des expériences technologiques, à l'observation de la Terre, à l'étude des étoiles et à des expériences dans le domaine de l'exobiologie.

Automated Transfer Vehicle (ATV)

Ce vaisseau spatial inhabité sera lancé par une fusée européenne *Ariane 5* et ira

ravitainer l'ISS. Un ATV restera arrimé à l'ISS pendant plusieurs mois. De temps à autre, les moteurs de l'ATV propulseront la station sur une orbite supérieure, car elle est freinée par les frottements dans l'atmosphère terrestre. Les ATV peuvent transporter jusqu'à quatre tonnes de carburant et cinq tonnes de charge utile (nourriture, eau et autres produits). Un ATV mesure 9 mètres de long et a un diamètre maximum de 4,5 mètres. L'ESA a commandé neuf engins ATV à l'entreprise française *EADS-LV* et à l'allemande *Astrium*. Le premier lancement ATV est programmé pour 2004. Ensuite, environ une fois par an, un nouvel ATV sera lancé. Au terme de sa mission, l'ATV se transformera en une sorte de poubelle cosmique. Il sera rempli de déchets et du matériel devenu inutilisable, détaché de l'ISS pour aller se consumer dans l'atmosphère terrestre.

Crew Rescue Vehicle (CRV)

Pour cet engin, l'ESA coopère avec la NASA. Quatre de ces vaisseaux devraient être construits afin, en cas d'urgence, de pouvoir évacuer jusqu'à sept astronautes et les ramener sains et saufs sur Terre dans un délai de neuf heures. Un CRV pourrait rester arrimé à l'ISS pendant trois ans et être réutilisé, contrairement aux capsules russes Soyouz. Suite à des problèmes budgétaires, la participation américaine est remise en question. L'Europe examine diverses options pour pouvoir éventuellement poursuivre le programme *CRV*.

European Robotic Arm (ERA)

Il est mis au point par *Fokker Space* et constitue un élément crucial du segment russe de l'ISS. Le bras robotisé européen peut évoluer le long des modules russes. Il servira à l'intégration d'éléments russes, à des contrôles, à un soutien durant les sorties dans l'espace et au déplacement des expériences et des instruments. Son bras a 11,3

mètres de long, pèse 630 kg et a une portée de 10 mètres. Il est capable de déplacer des appareils de 8 tonnes. ERA peut être commandé depuis le poste central de contrôle du module *Zvezda* ou par un astronaute en promenade dans l'espace. Le bras doit rester opérationnel pendant 10 ans.

Data Management System (DMS-R)

Le premier hardware européen de la nouvelle station a été lancé en juillet 2000, à bord du module russe *Zvezda*. Il s'agissait d'un système informatique, le "cerveau" de l'élément russe de la station spatiale qui assure par la même occasion le réglage de la position de toute la station.

Coupole (Cupola)

La *Coupole* construite par l'Europe est un espace pressurisé destiné à des observations et à l'exécution d'opérations de contrôle. Il a un diamètre de 2 mètres et 1,5 mètre de hauteur. Le bras robotisé peut se livrer à des activités depuis cet élément. Il doit être lancé en 2005.

Noeuds 2/3 (Nodes 2/3)

Ils sont comparables au module américain *Unity (Node 1)* lancé en 1998. Ces éléments seront construits par l'Europe et en particulier l'Italie. Leur longueur est de 7,1 mètres, leur diamètre de 4,5 mètres et ils ont une masse de 15 tonnes. Ils contiennent des "racks" et remplissent une importante fonction dans le maintien en fonction des autres éléments de la station. Node 3 par exemple, assurera la fourniture d'eau et d'oxygène pour le segment américain.

Autres éléments européens

Une série d'équipements européens sont regroupés dans le module laboratoire américain *Destiny*.

- **Materials Science Laboratory (MSL)**

Destiné à l'étude de phénomènes de coagulation en microgravité, des propriétés thermiques et physiques des matériaux et de la croissance des cristaux.

- **European Modular Cultivation System (EMCS)**

Destiné à l'étude biologique des plantes (croissance, développement, influence de la microgravité).

- **Muscle Atrophy Research and Exercise System (MARES)**

"Chaise" spéciale destinée à mesurer la puissance de certains groupes musculaires.

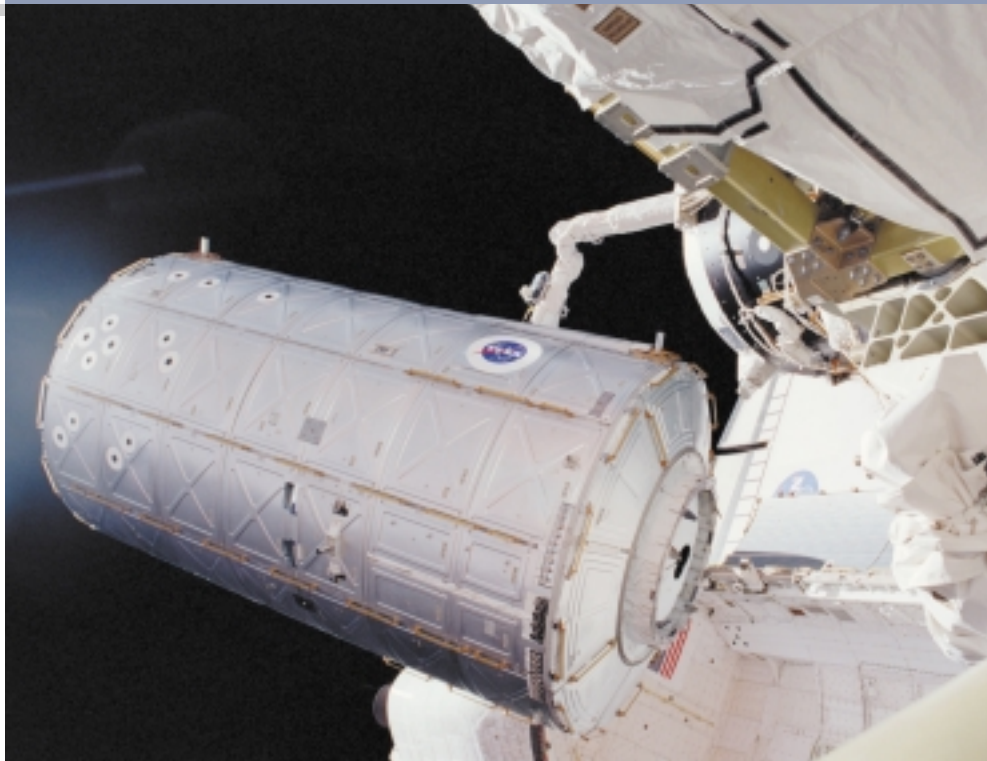
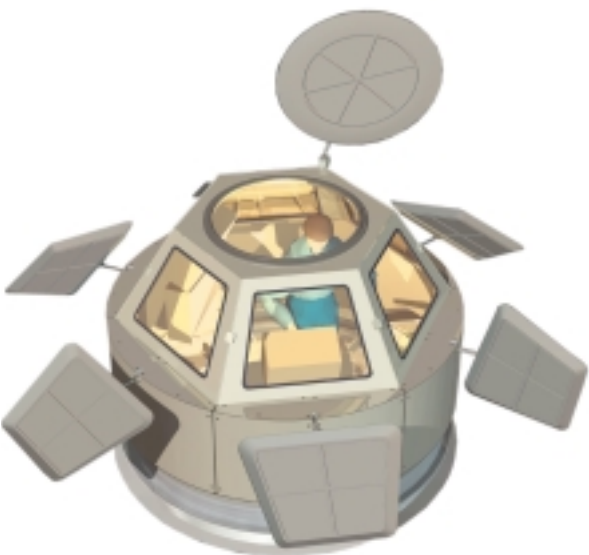
- **Percutaneous Electrical Muscle Stimulator (PEMS)**

Pour la stimulation électrique de certains groupes musculaires.

- **Insert for Investigations on the Combustion Properties of Partially Premixed Spray Systems (CPS)**

Destiné à l'étude de l'allumage et de la combustion, à pression et température élevées. Il sera intégré dans un "rack" de la NASA.

↓ Dessin de la «Cupola» (ESA).



↑ Le nouveau module Destiny est extrait de la soute de la navette par le bras robotisé d'Atlantis. Une série d'expériences européennes seront réalisées à bord de Destiny (NASA).

Une des multiples applications : un bioréacteur européen

"C'est le premier d'une série de plus de 50 contrats que l'ESA signera au cours des prochaines années, pour des projets de recherche appliquée réalisés dans le cadre de l'International Space Station." déclare Jörg Feustel-Büechl, directeur ESA des Vols spatiaux habités et de la Microgravité. Le premier contrat a été signé l'année dernière pour un programme de recherche appelé à jeter les bases scientifiques et industrielles d'un *bioréacteur* dans l'espace pour les applications biomédicales à bord.

Ce bioréacteur sert à la fabrication de bactéries, levures, cellules animales et tissus. Il trouvera des applications médicales dans le domaine de la transplantation de tissus et d'organes, pour lesquelles les donneurs manquent cruellement. Il s'agit de prélever des échantillons de tissus sur le corps d'un patient et de les faire se développer *in vitro*, à l'extérieur du corps. Une réimplantation pourrait constituer une alternative à la greffe de tissus et d'organes provenant de donneurs inconnus. L'absence de phénomène de rejet est le principal atout. Cette fabrication *in vitro* de tissus est l'un des objectifs fondamentaux de la médecine. Cette technique pourrait être appliquée par exemple pour des problèmes d'articulation des genoux qui surviennent souvent à la suite d'accidents sportifs. En Europe uniquement, on estime à 100.000 par an le nombre de ces implantations. Le principe de la culture cellulaire *in vitro* est connu depuis 100 ans, mais des progrès notoires n'ont été réalisés que ces 20 dernières années. L'espace et la microgravité offrent des conditions sensiblement plus favorables pour la fabrication de structures cellulaires tridimensionnelles.

Dossier La station spatiale internationale ISS

Et après la station spatiale ?

Alors que l'ISS est en pleine construction, se pose déjà la question suivante : qu'advient-il des missions habitées après la station spatiale ? Il n'y a pas encore de plans concrets, mais la NASA a déjà quelques idées en tête.

↓ Certains considèrent l'ISS comme un tremplin vers une exploration plus poussée du système solaire. (NASA).



Aux fameux *points de libration* entre la Terre et la Lune d'une part, et entre la Terre et le Soleil d'autre part, un vaisseau spatial pourrait adopter une position "fixe". Ce type de station pourrait être construit dès 2010. Les astronautes pourraient commander des instruments comme les télescopes. A 1 million de km de la Terre, ces points peuvent servir de tremplin pour une exploration plus poussée du système solaire, comme un retour sur la Lune et des missions à destination de notre planète voisine Mars et les planétoïdes. D'après le plan de la NASA, l'homme pousserait lentement mais sûrement toujours plus loin dans le système solaire et y séjournerait de plus en plus longtemps.

La nouvelle conquête de l'espace ne se cantonnerait pas à un projet unique, mais comporterait plusieurs éléments s'intégrant dans un plus large contexte. Un financement plus modeste étalé sur cinq ou dix ans serait plus acceptable pour l'opinion publique et le monde politique, qu'un programme unique au coût exorbitant comme un projet du type un homme sur



↑ L'ISS est-elle un précurseur de colonies spatiales où sera créée une microgravité artificielle ? (NASA).

Mars. Selon Daniel Goldin, patron de la NASA, il est de toute manière impensable que les Etats-Unis se lancent à nouveau dans un projet avant l'achèvement de la station spatiale internationale. Goldin affirme : *"Dans cinq ans, nous serons mieux placés pour prendre des décisions relatives aux programmes qui doivent succéder à l'ISS."* Un objectif semble toutefois prioritaire, à savoir rendre l'accès à l'espace moins cher. L'exemple des coûts élevés des vols de la navette spatiale est souvent cité.

Un petit frère chinois pour l'ISS?

Après la réussite de deux vols d'essai inhabités du nouveau vaisseau spatial *Shenzhou*, la première mission spatiale chinoise habitée semble se rapprocher. Selon des observateurs, dès 2002, la Chine pourrait devenir, après l'Union soviétique/Russie et les Etats-Unis, le troisième pays capable de lancer des hommes dans l'espace par ses propres moyens. Il s'agit ici certainement d'une question de prestige.

A terme, la Chine désire construire sa propre station spatiale. Elle devrait probablement ressembler aux anciens labos spatiaux Saliout de l'Union soviétique. Il n'est dès lors pas inconcevable que dans un

avenir pas trop éloigné - probablement dans dix ans - deux stations spatiales gravitent autour de la Terre ! A l'Expo 2000 à Hanovre, la Chine a présenté un modèle d'éventuelle station spatiale chinoise. Il est composé de modules - versions "étirées" du module orbital du vaisseau spatial *Shenzhou* - d'un diamètre de 2,2 mètres. Comme dans la station russe *Mir*, les colliers d'arrimage sont étonnants. La station chinoise est assez modeste avec ses 20 mètres de longueur et sa masse de 40 tonnes, mais les différentes portes d'arrimage permettent d'envisager une extension.



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.

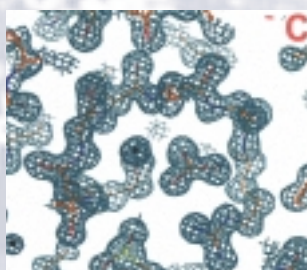
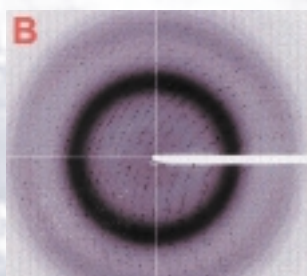
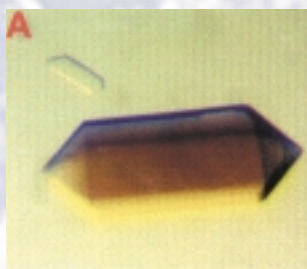
Quelles sont les retombées pratiques de votre recherche ?

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 Ultrastructuur 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."

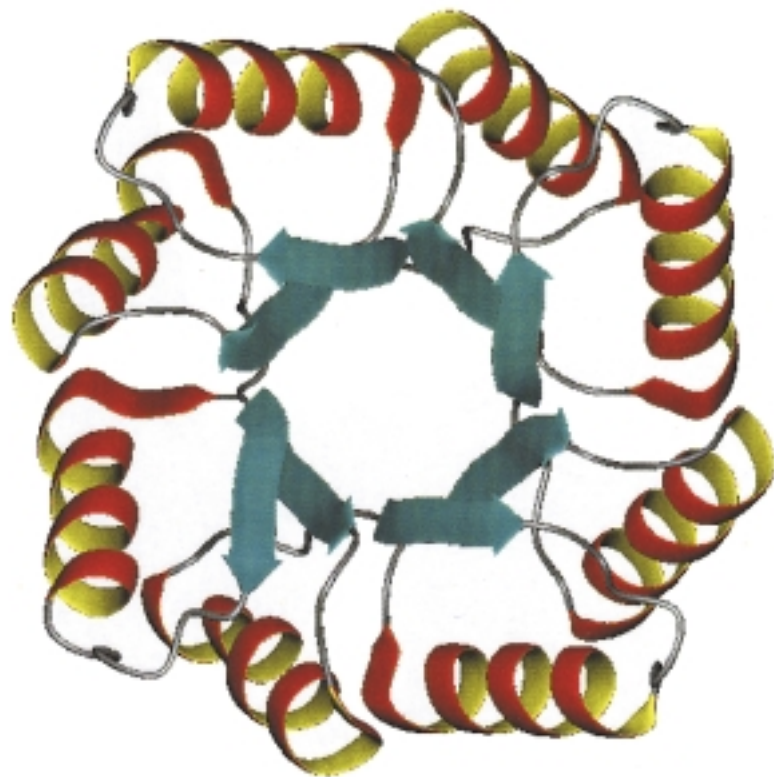
Depuis de longues années, le Laboratoire de Biologie Moléculaire et Génie Génétique du Prof. Joseph Martial de l'Université de Liège considère la fabrication de protéines de synthèse aux caractéristiques soigneusement définies comme un véritable défi. Ce processus comporte plusieurs phases.

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."*

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

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

→ 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/Tele-science_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	Elément
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	Elément
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	Elément
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.

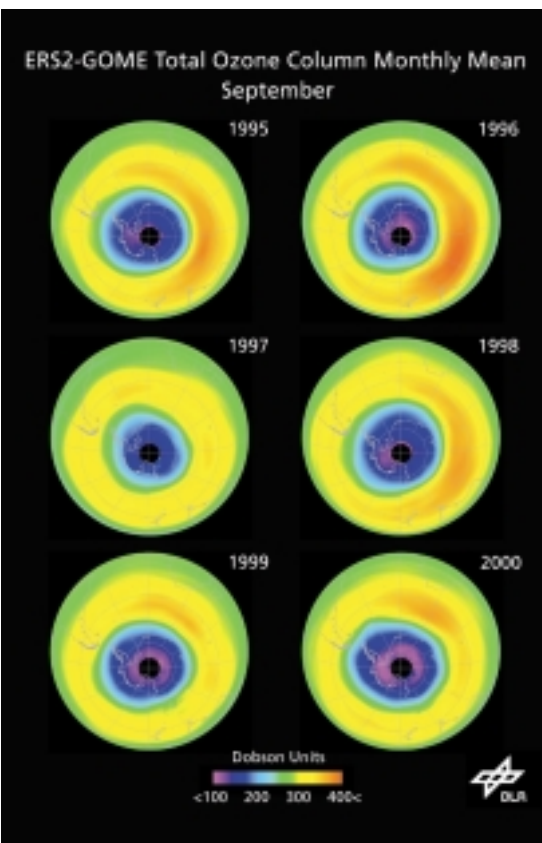
- <http://www.nasa.gov/> Excellent site de la NASA reprenant des informations sur divers programmes et centres de la NASA. Une bonne base de départ pour les informations sur l'ISS.
- <http://www.space.com/> Actualité spatiale et informations relatives aux différentes missions et lancements. Recherche 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/spacenews/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)

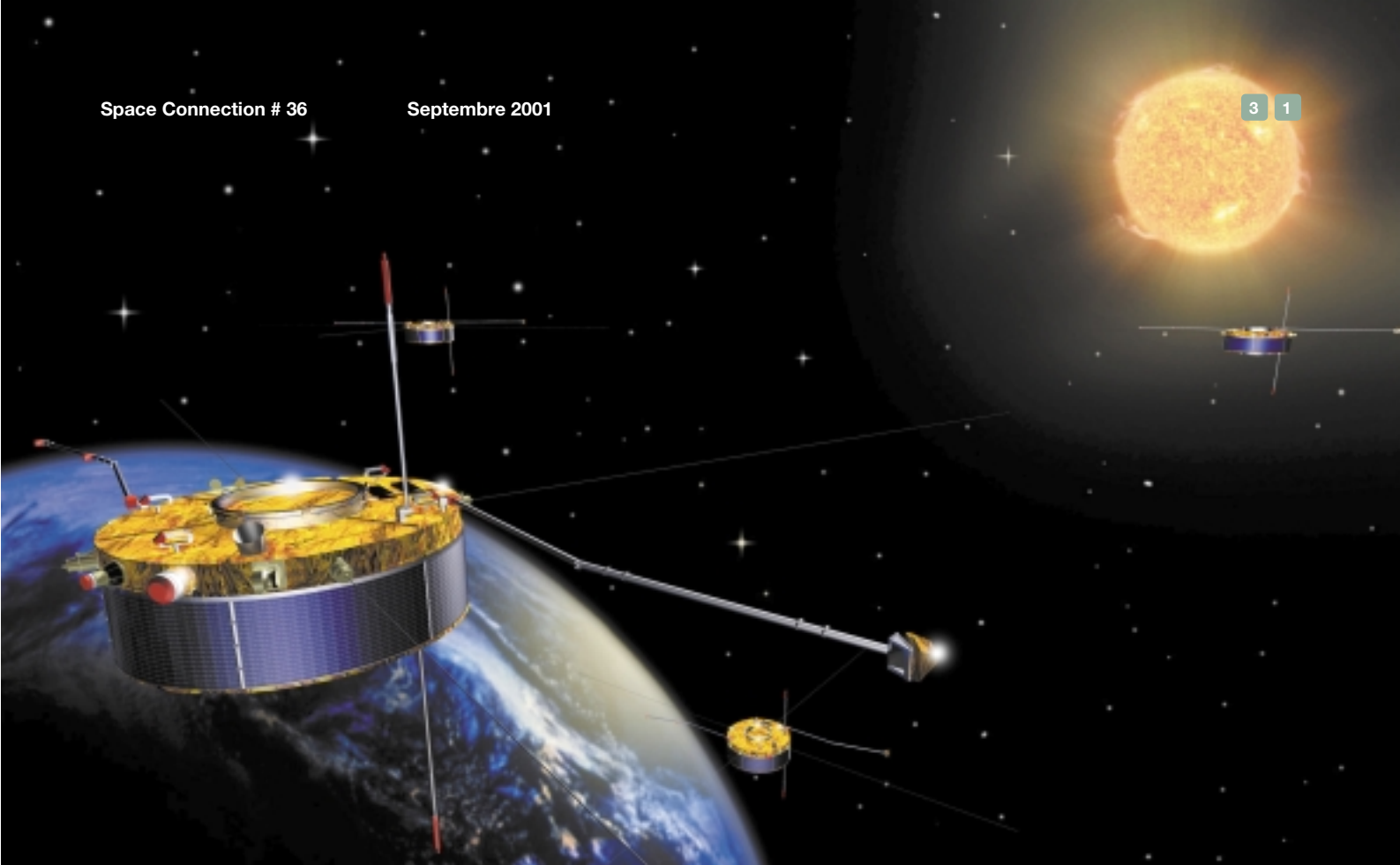


Déjà en 1939, le directeur de l'IRM, J. Jaumotte, avait conçu le projet d'une section de rayonnement au sein de son institution et en avait confié la direction à M. Nicolet. Nommé Secrétaire général du Comité spécial de l'Année Géophysique Internationale 1957-1958, celui-ci partageait l'avis du directeur 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-violet, 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'Esrang 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.

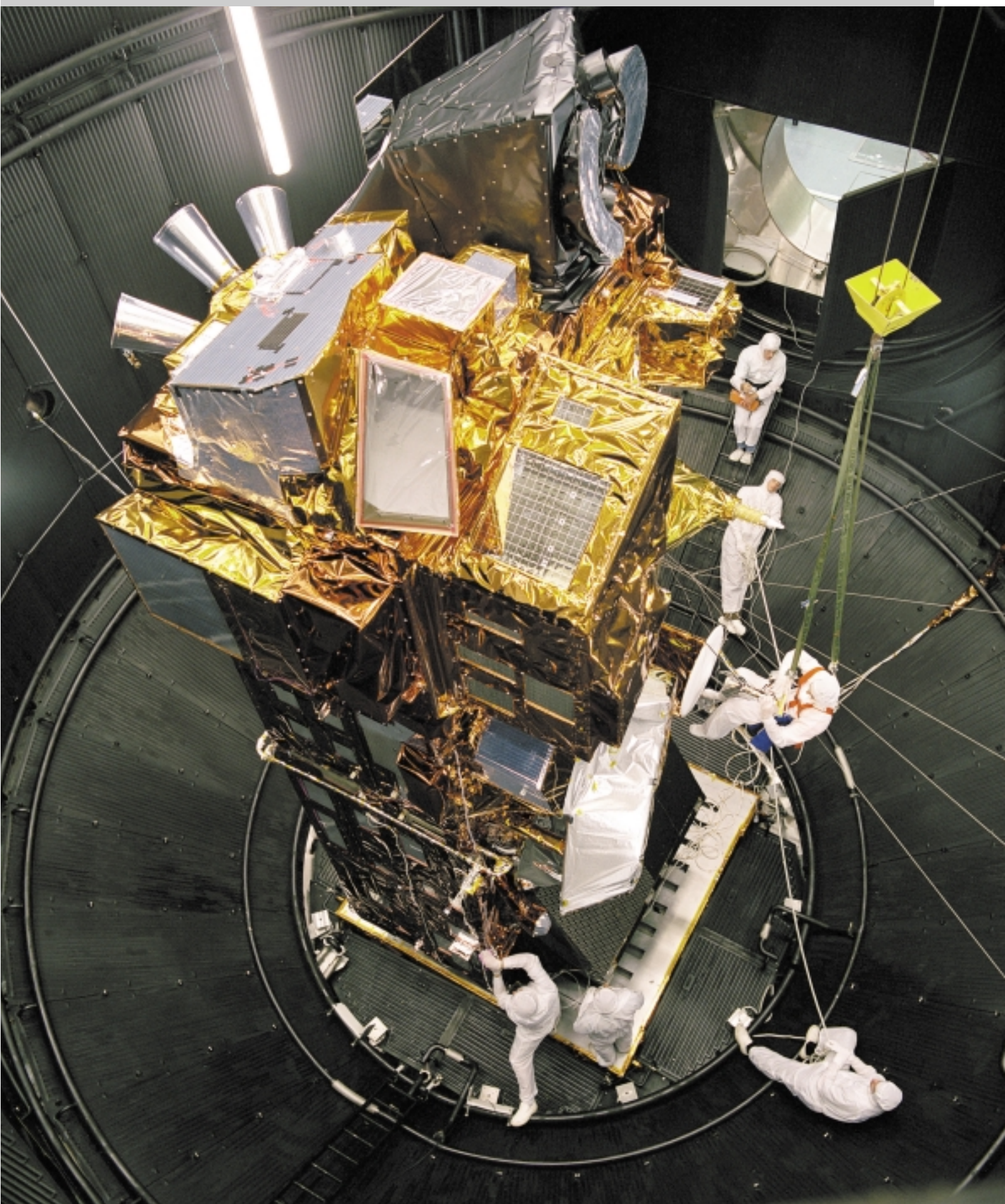
Dans le domaine du rayonnement ultraviolet du Soleil, il faut signaler que c'est à l'IASB qu'a été développé le spectrographe SOLSPEC (Solar Spectrum) mesurant la radiation solaire de 180 à 3200 nanomètres, c'est-à-dire de l'ultraviolet à l'infrarouge. Il détermine comment l'énergie solaire est distribuée 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

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.

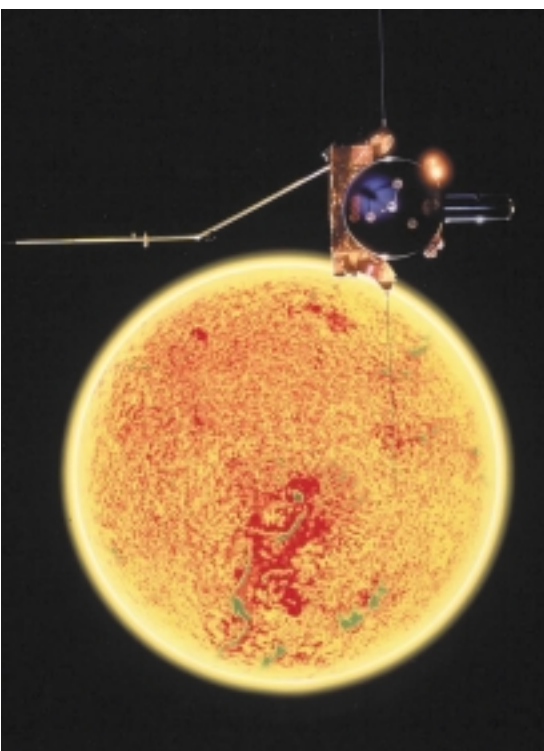
Planètes et comètes

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-

↓ Ulysse (doc ESA).



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%.



(doc ESA)

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 Belgonucléaire (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'Energie (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 *téledétection spatiale*

STEREO (Support To Exploitation and Research in Earth Observation) est un nouveau programme belge de télédétection 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-

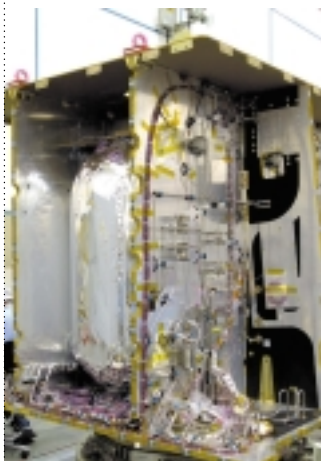
gramme. Lors du Salon du Bourget, la France et la Belgique ont confirmé leur coopération pour l'observation de la Terre au moyen des satellites : cette collaboration franco-belge concerne le satellite SPOT 5 qui doit être lancé au début de 2002 et son instrument Végétation 2 pour la Commission européenne (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 Soyuz, 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 Resources 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 prospector." 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)

Actualités belges

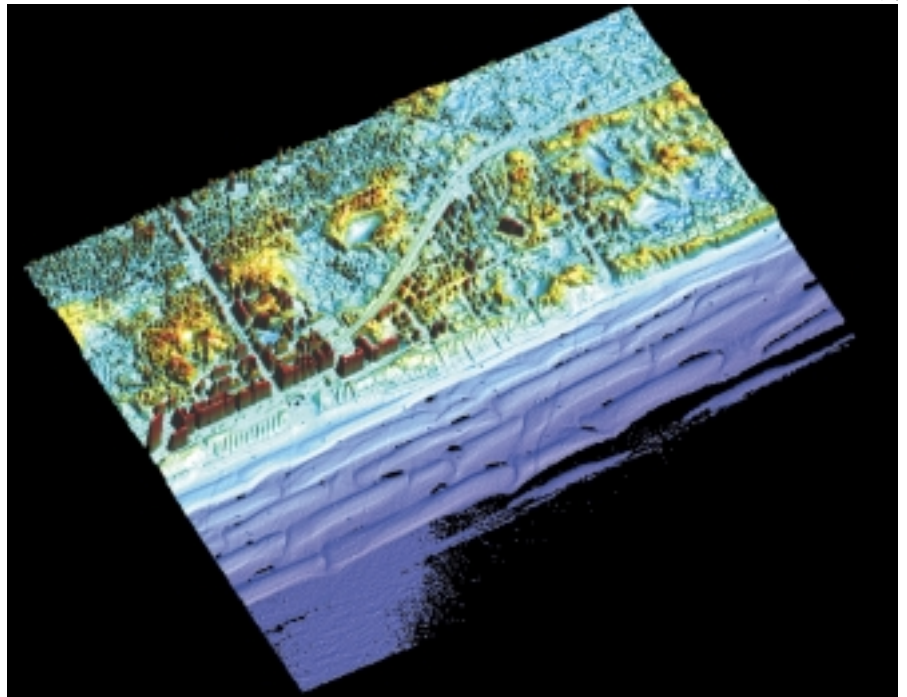
Vito développe un *scanner* pour avion pour l'ESA

(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 Debruyn / VITO

Boeretang 200, B-2400 MOL

Tél. + 32 14 33 68 49

Fax + 32 14 32 27 95

E-mail: walter.debruyn@vito.be

