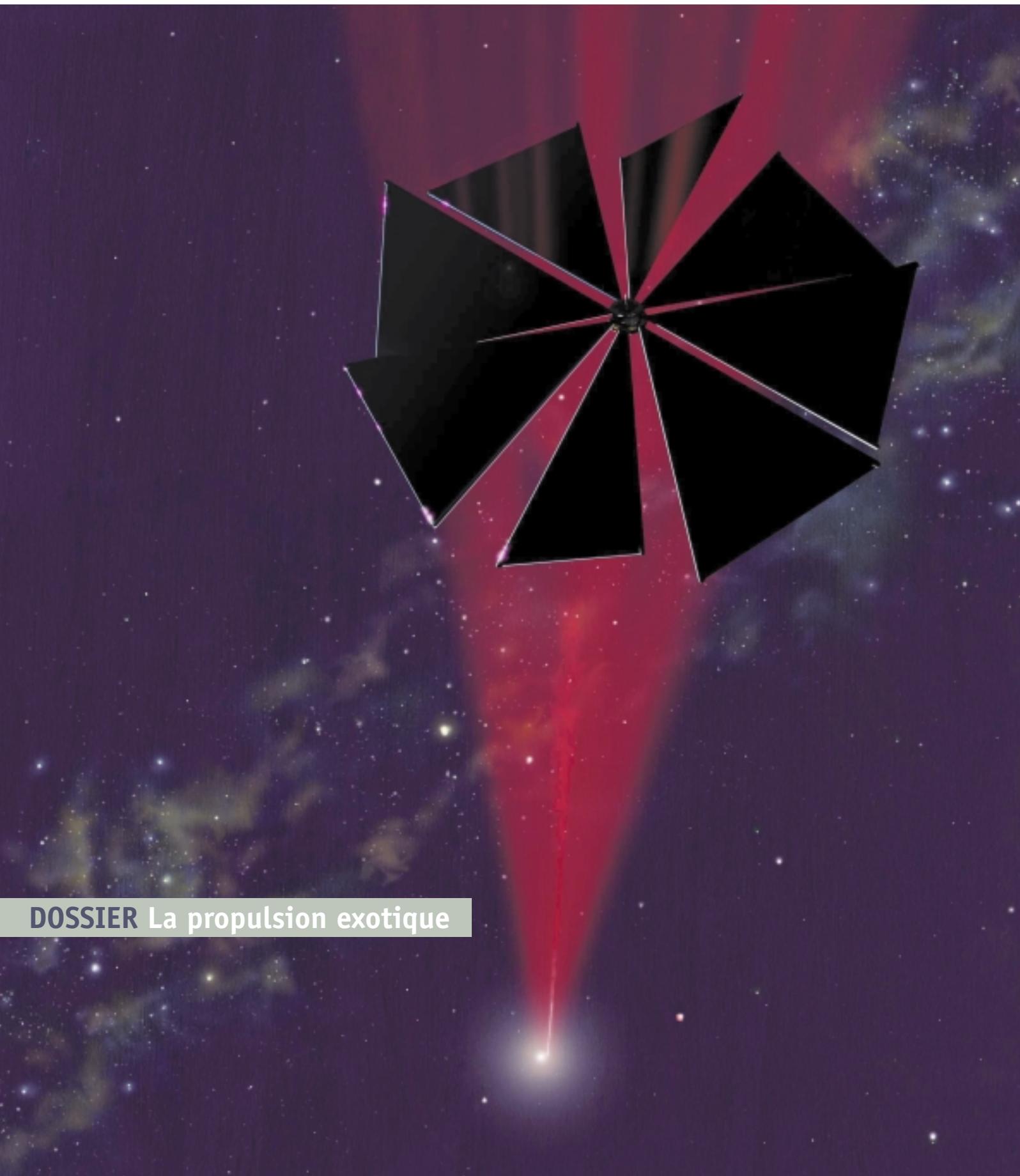


# 37

Décembre 2001

# SPACE CONNECTION



**DOSSIER** La propulsion exotique

# La science est partout

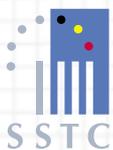
sauf dans un petit coin sombre



Les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC) ont conçu spécialement pour les jeunes un nouveau site web interactif. Les SSTC sont ainsi la première administration publique du pays à présenter ses activités à un jeune public.

## Le site 'jeunes' des SSTC

"La science est partout" présente un échantillon des activités des équipes de recherche sur des thèmes tels que l'espace, les nouvelles technologies, la mer du Nord, la restauration d'œuvres d'art, la gestion de l'environnement, les satellites d'observation de la Terre, etc. On y trouve aussi des tests, une banque d'images, des liens, un glossaire bilingue, etc. De plus, le visiteur peut donner son avis ou envoyer une contribution à publier.



<http://www.belspo.be/young>

## Sommaire



- 03 **Dossier** : La propulsion exotique
- 06 Poussée et impulsion spécifique : les secrets de la propulsion
- 08 Propulsion photonique : le retour des grands voiliers
- 10 SOTV: quand le Soleil fait bouillir la marmite
- 12 L'avenir des satellites pourrait ne tenir qu'à un fil
- 15 Le moteur à explosions prend de l'altitude
- 16 La propulsion électrique
- 20 La propulsion nucléaire par fission
- 22 La propulsion "très exotique"
- 24 Quand une agence spatiale lorgne vers la science-fiction
  
- 25 Le Centre spatial de Liège
  
- 29 **Dossier** : 1971-2001 bilan d'un choix européen
  
- 32 **Actualités**



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

**Coordination:**

Patrick Ribouville

**Gestion des abonnements:**

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

**Photo de couverture:**

D'ici quelques semaines, la voile solaire  
Cosmos, riche de ses huit pétales,  
devrait faire ses preuves en orbite.  
(Planetary Society)

**Numéro 37 - Décembre 2001**

# La propulsion *exotique*



↑ La propulsion exotique pourrait un jour équiper des vaisseaux emportant des équipages humains vers Mars. Tel par exemple cet engin du futur assemblé en orbite terrestre puis dirigé vers la Planète Rouge. (NASA)

Stanley Kubrick, le réalisateur du film culte "2001, odyssée de l'espace" se serait-il trompé de quelques années ? Aurait-il été trop optimiste quant au développement de nouveaux modes de propulsion des vaisseaux spatiaux ? Des modes de propulsion qui donneraient aux Terriens la possibilité d'envoyer des équipages humains aux confins du système solaire en quelques jours, voire quelques semaines...

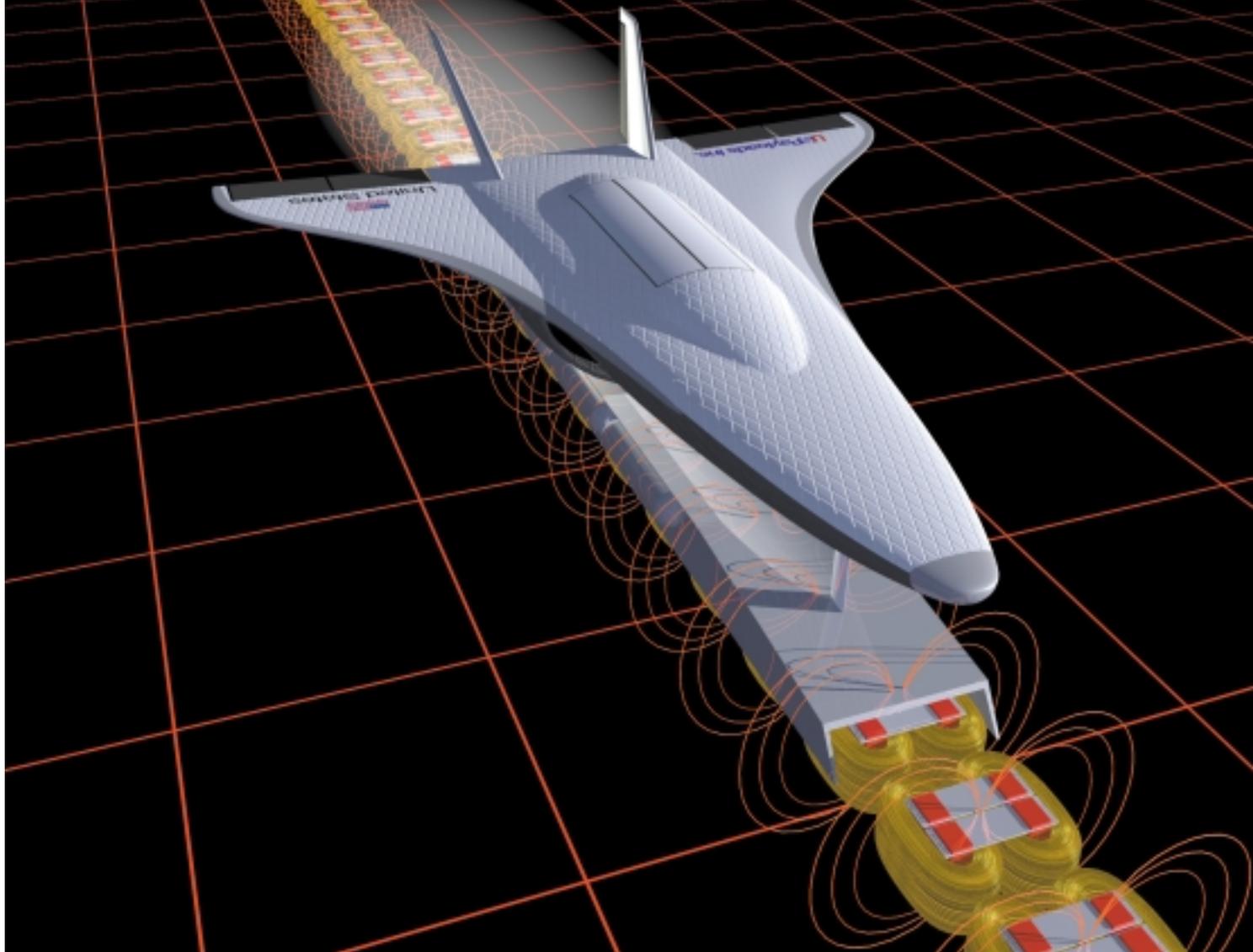
A décortiquer les projets de nouveaux moteurs qui devraient équiper (et qui équipent déjà) plusieurs sondes et satellites, on

est en droit de le penser. Bien sûr, les projets en passe de réalisation et qui sont financés par des agences spatiales ou des entreprises privées n'ont rien de comparables avec les technologies proposées dans le célèbre film. Même si par moments, les nouveaux moteurs mis au point par les acteurs spatiaux font davantage penser à de la science-fiction qu'à de véritables tests technologiques.

Des exemples ? Les engins dotés de propulseurs ioniques sont déjà dans l'espace. Les satellites captifs, équipés de filins électrodynamiques générant de l'électricité ou une certaine propulsion ont déjà volé. Et les voiles solaires aussi, après des vols d'essais, se préparent à entrer dans l'Histoire de l'astronautique par la grande porte. Qu'il s'agisse du projet privé américano-russe Cosmos 1 ou de l'Etoile de la Tolérance sponsorisée par l'Agence spatiale européenne. Ces deux navires d'un nouveau genre vont prendre incessamment le chemin des étoiles. Et on compte sur eux pour montrer qu'à la seule (faible) force de la lumière émise par notre étoile, le Soleil, il est possible de naviguer loin et à des vitesses extrêmes encore jamais atteintes.

C'est que depuis les premiers balbutiements de la propulsion par réaction, quasiment depuis les premières fusées à poudre d'artifice ou de guerre utilisées dès le 12ème siècle en Chine et chez nous au Moyen-âge, rien de bien neuf n'a été imaginé ! Bien sûr, les lanceurs à poudre ont évolué. La nature des carburants également. Les ergols liquides ont fait leur apparition avec Robert Goddard, aux Etats-Unis, en 1926. Mais comme pour la poudre, c'est une réaction de produits chimiques qui assure la propulsion. Cette technique "chimique" est depuis longtemps bien au point. C'est grâce à elle, qu'il s'agisse par exemple des moteurs

[suite page 04]



↑ Système de lévitation magnétique. (NASA)

[suite de la page 03]

principaux ou d'appoint d'Ariane ou encore des moteurs et des "boosters" de la navette spatiale, que nous pouvons aujourd'hui gagner l'espace avec une certaine aisance.

La propulsion chimique produit des gaz dont la détente dans les moteurs fournit une poussée énorme, capable de propulser de lourds engins dans l'espace proche de la Terre. Mais ce mode de propulsion n'a pas que des avantages. L'essentiel de la masse au décollage des lanceurs actuels se compose du carburant nécessaire aux premières minutes du voyage. La charge utile (un satellite, une navette, un Soyouz...) ne représente que quelques pour cent du poids de

l'engin juste avant qu'il ne quitte le sol !

Pour l'instant, la propulsion chimique reste sans alternative en ce qui concerne les lanceurs. A part peut-être, dans l'état actuel de la technologie, la propulsion nucléaire. Mais dans ce cas, d'autres problèmes, plus éthiques, restent à résoudre. Par contre, une fois en orbite, des moteurs offrant des poussées moins gigantesques que les propulseurs chimiques peuvent très bien servir à éloigner un peu plus les satellites de la Terre, pour les amener en douceur sur une orbite géostationnaire par exemple. On peut également imaginer que d'autres modes de propulsion soient utilisés pour accélérer, lentement mais sûrement, des sondes en orbite vers

la Lune ou d'autres planètes du système solaire. Le dilemme reste à réduire au maximum le poids du carburant de bord nécessaire à l'accomplissement de la mission sans nuire à celle-ci. Il faut soit mettre au point des moteurs classiques plus performants, soit... penser à tout à fait autre chose. C'est ici que les concepts de systèmes de propulsion "exotique" mais aussi réalistes entrent en ligne de compte.

Même si les ingénieurs, les techniciens ou, comme on le lira ci-dessous, l'administrateur sortant de la NASA, Daniel Goldin, se prennent aussi à rêver de vaisseaux évoluant dans le cosmos grâce à la puissance du laser ou... de l'annihilation de la matière avec de l'antimatière !

La science et la technologie effectivement étudiées dans les laboratoires rejoignent alors la fiction. Même à l'ESA, l'Agence spatiale européenne, on se penche, avec sérieux, sur les inventions (les fantasmes ?) des auteurs de science-fiction pour tenter d'y déceler "la" bonne idée oubliée. Celle qui demain permettra peut-être de mettre au point un concept révolutionnaire de propulsion spatiale. C'est le projet ITSF, *Innovative technology from science fiction*, diligenté par David Raitt depuis l'ESTEC, le centre technologique de l'ESA implanté aux Pays-Bas. Comme quoi, Jules Verne et Stanley Kubrick ne sont jamais très loin...

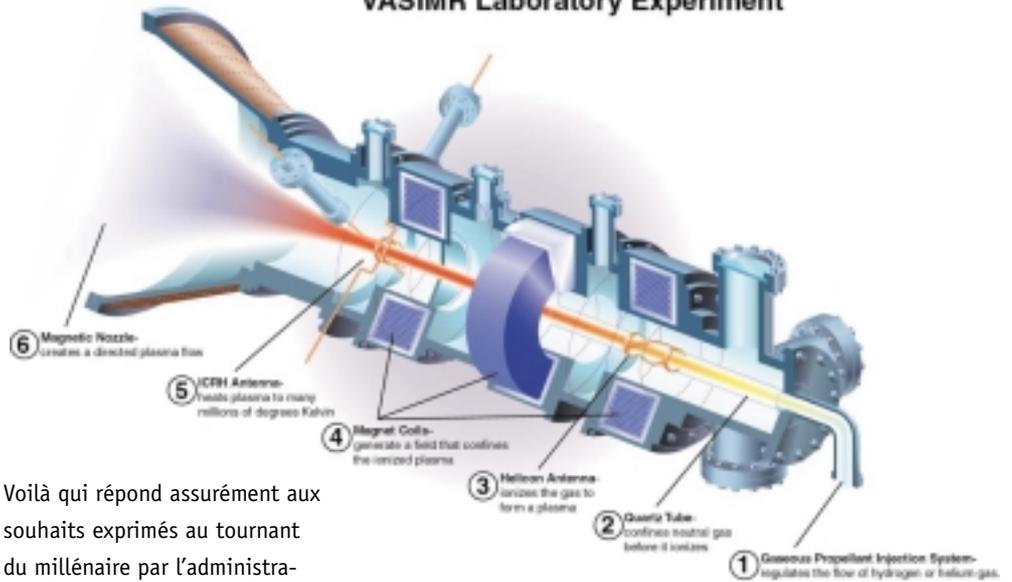
Plus pragmatiquement, les Européens comme les Américains

→ Principe du prototype Vasimr. (NASA)

organisent régulièrement des ateliers et des congrès internationaux axés sur les nouvelles techniques de propulsion. Lors de la dernière réunion du genre, organisée en France l'automne dernier, il a beaucoup été question de propulsion ionique. Aux Etats-Unis, le 12<sup>e</sup> atelier annuel sur la propulsion avancée s'est concentré sur la propulsion par fusion nucléaire, par photons, par micro-ondes, par laser et même par l'utilisation d'antimatière. Plusieurs structures de recherches permanentes ont d'ailleurs été mises sur pied au sein de la NASA afin d'étudier ces concepts et de développer des applications précises. Notons tout particulièrement le ASTP (Advanced space transportation program) ou "Programme de transport spatial avancé" hébergé au centre Marshall. Autre exemple américain : le BPPP (Breakthrough propulsion physics project), le "projet de physique avancée pour la propulsion", en quête des sauts technologiques nécessaires à la mise au point de nouveaux concepts.

Voilà qui répond assurément aux souhaits exprimés au tournant du millénaire par l'administrateur général de la NASA lors de son intervention au congrès de la Fédération astronautique internationale organisé au Brésil en 2000. Dans son allocution, intitulée "Aux frontières du possible", il estimait que "les concepts avancés pour la propulsion, sans carburant, d'engins spatiaux doivent être développés par tous les moyens. Avec les voiles solaires, les photons peuvent nous propulser à plus de 20 kilomètres par seconde. C'est bien. Mais nous devons aussi étudier les engins qui peuvent générer des bulles de plasma. Utilisées comme les "voiles solaires", ces bulles nous per-

VASIMR Laboratory Experiment



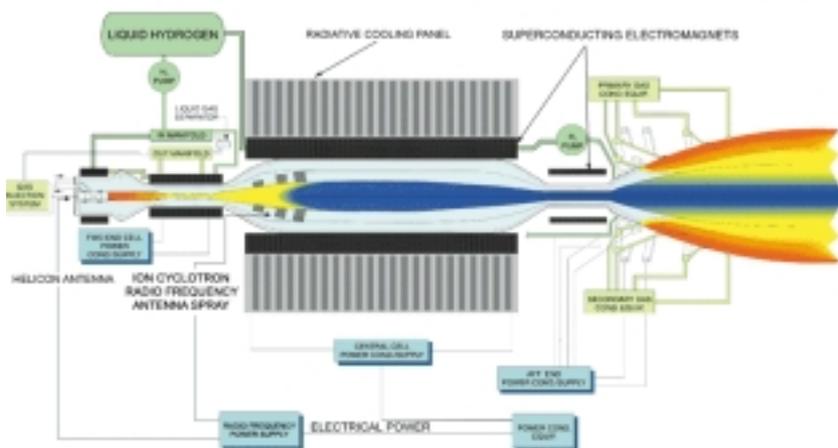
mettront d'aller encore deux fois plus vite. Nous devons aussi développer les nanotechnologies, histoire de gagner sur la masse des engins. Le but est de réduire d'un facteur dix cette masse mais aussi les exigences énergétiques de nos vaisseaux".

gérer de manière autonome toutes les phases de vol et... les problèmes survenant en cours de mission : diagnostic, auto-réparation, auto-assemblage et évolution des systèmes qui sont appelés à explorer de nouveaux environnements..."

Daniel Goldin voit encore plus loin. Notamment en ce qui concerne l'intelligence des engins du futur. "Nous devons pouvoir allier à l'informatique et aux nanotechnologies moléculaires une composante biologique. Ces réseaux intelligents embarqués seront capables de

Bref, un programme ambitieux et sans doute aussi quelque peu futuriste mais un programme qui démarre effectivement et qui est porteur de renouveau technologique. Le présent dossier entend donner un aperçu de ces nouveaux "moteurs" spatiaux élaborés actuellement sur Terre.

Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket Concept



← Le moteur Vasimr serait hybride. Il fournirait une forte impulsion au décollage puis fonctionnerait dans l'espace de manière moins gourmande en énergie, ce qui lui assurerait une plus longue période de propulsion. (NASA)

## Dossier La propulsion exotique

# Poussée et impulsion spécifique : les **secrets** de la propulsion

*Les différents moteurs spatiaux, qu'ils servent à placer des engins en orbite ou à faire évoluer des vaisseaux dans l'espace, sont caractérisés par deux paramètres pas toujours simples à assimiler: la poussée et "l'impulsion spécifique" ou "ISP".*

Comme n'importe quel moteur sur Terre (celui d'une voiture par exemple), ceux qui équipent les engins spatiaux brûlent un carburant: le propergol. Celui-ci est traditionnellement d'origine chimique.

En ce qui concerne les lanceurs, ce carburant est composé de deux ergols liquides ou d'un ergol solide (on appelle propergol l'ensemble des ergols utilisés par un moteur). Un moteur à propergol solide (en fait une sorte de gélatine) développe une poussée extrêmement importante mais pendant un temps très court, de l'ordre de quelques dizaines de secondes pour les boosters de la navette américaine ou les propulseurs d'appoint de la fusée européenne Ariane 5.

De plus, ils ne sont pas rallumables. Ce qui n'est pas très intéressant pour les satellites ou les sondes spatiales qui une fois à pied d'oeuvre, dans l'espace, volent généralement sur leur trajectoire sans moteur allumé. Ce n'est que pour corriger des orbites, des attitudes ou une trajectoire interplanétaire que des allumages sont commandés depuis les stations de surveillance et de poursuite au sol. Dans ce cas, on fait appel à de petits moteurs utilisant des ergols liquides.

On retrouve aussi des ergols liquides sur les lanceurs. La fusée Semyorka russe par exemple (plus de 1650 exemplaires produits et lancés à ce jour!) dont on se sert notamment pour propulser les vaisseaux habités

Soyouz, utilise exclusivement des ergols liquides. Dans le cas de la Semyorka, il s'agit de kérosène et d'oxygène liquide. L'étage principal d'Ariane 5 ou encore les moteurs de la navette spatiale utilisent aussi des propergols liquides. Ces moteurs peuvent être éteints et rallumés à souhait. Ils offrent par contre une poussée moindre que les engins à ergols solides. Par contre, ces moteurs sont moins gourmands en carburants. Au final, ils peuvent donc fonctionner plus longtemps.

Ce qui nous amène à parler des performances de ces différents moteurs et donc de leur poussée et de leur "impulsion spécifique". La poussée correspond à la masse des gaz éjectés par le moteur chaque seconde multipliée par la vitesse d'éjection. L'impulsion spécifique indique pour sa part la durée pendant laquelle le moteur fournit une poussée égale au poids du propergol consommé. Plus cette durée est importante, plus le moteur possède un bon rendement. Mais pas nécessairement une bonne poussée ! Suivant les utilisations envisagées (satellisation, correction d'orientation) ou la nécessité d'accélérer rapidement et puissamment un engin, les responsables de missions et de vaisseaux optent pour les moteurs les mieux adaptés à leur projet. Le tableau reprend quelques exemples de performances de moteurs.

Tableau comparatif des performances de quelques systèmes de propulsion

Type de moteur	Propergols	Impulsion spécifique	Poussée
Vulcain (liquide) Ariane 5	O2-H2	433 secondes	1.000.000 Newtons
Moteur d'attitude de satellites	Hydrazine	232 secondes	3,5 N
Thermonucléaire* (Fission)	H2	700 à 1.200 secondes	250.000 N à 350.000N
Ionique	Gaz rare	5.000 à 10.000 secondes	1 à 100 N
Voile solaire	photons	Tant qu'il existe des photons disponibles	9 microN/m <sup>2</sup>
Fusion nucléaire*	Deutérium/hélium <sup>3</sup>	36.000.000 secondes	
Annihilation*	Matière-antimatière	300.000.000 secondes	

(\*) projets



☞ La puissance de la propulsion chimique est indispensable pour quitter le sol. Mais ce type de propulsion est très gourmand en masse d'ergols. Seuls quelques pour cent du poids total d'un lanceur au décollage sont constitués par la charge utile. Le reste est réservé au carburant. (NASA)

## Dossier La propulsion exotique



# Propulsion photonique : le retour des *grands voiliers*

*Un des moteurs les plus surprenants qui soit pour des engins d'exploration spatiale n'est autre que... la voile solaire. Tels les majestueux gréments qui au cours des siècles derniers ont permis de circonscrire les mers et les océans de notre planète en ne comptant que sur la force du vent pour avancer, les engins spatiaux dotés de voiles solaires peuvent aussi compter sur une certaine "brise" pour évoluer.*

↑ Un des pétales de la voile solaire privée "Cosmos" est testé avant le vol. (*Planetary Society*)

Ce petit vent spatial n'a bien sûr rien à voir avec celui de nos bateaux. Dans le vide cosmique, on ne peut pas compter sur le mouvement de masses d'air pour se mouvoir. Ce qui "gonfle" les voiles solaires n'est autre que le flux des photons, ces grains de lumière émis en permanence par notre étoile: le Soleil.

L'idée d'utiliser ce flux de particules pour propulser des sondes spatiales n'est pas neuve. Au XVII<sup>e</sup> siècle déjà, Kepler émettait cette hypothèse après avoir constaté que la queue des comètes ne suivait pas le noyau dans sa course mais était déviée à l'opposé du Soleil. L'astronome en avait fort judicieusement déduit que la lumière de notre étoile exerçait une pression sur la queue cométaire, ce qui la repoussait au loin.

Sur Terre, cette force est inexploitable. Elle est tellement faible - de l'ordre de 9 micro newtons par mètre carré, soit le poids d'une pièce de monnaie sur un terrain de football - que la force de gravité en empêche toute exploitation. Par contre dans l'espace, en l'absence de gravité, cette énergie peut s'avérer utile. Et elle pourrait même propulser des vaisseaux d'exploration planétaire, pourvu que les voiles soient assez vastes...et légères.

Les avantages potentiels de ces voiles sont évidents. Pour propulser un vaisseau, aucun carburant embarqué n'est nécessaire. Ce qui procure un gain de poids appréciable au lancement. De plus, les engins équipés de tels systèmes de propulsion devraient pouvoir atteindre des

Cette observation a été remise au goût du jour au début des années 1900 par le Russe Constantin Tsiolkovski, un des pères de l'astronautique moderne. Puis encore par des agences spatiales et des groupes "privés" qui ont tenté, ces dernières années (telle la voile russe Znamia lancée en 1993), et qui tentent encore, de lancer dans l'espace de gigantesques voiliers solaires.

Pour accélérer et propulser les engins munis de voiles solaires, tous comptent donc sur l'infime

vitesse encore inaccessible aux sondes traditionnelles. Bien que la poussée soit extrêmement faible (9 newtons par km<sup>2</sup>, alors qu'un seul des moteurs de la navette spatiale développe au décollage 1,67 million de newtons...), l'accélération fournie par les voiles solaires est continue. Et avec le temps, les ingénieurs estiment qu'elle devrait dépasser les 90 kilomètres par seconde, soit une vitesse onze fois supérieure à celle des satellites qui évoluent actuellement en orbite terrestre. A cette vitesse, un voilier solaire rattr

perait en huit ans la sonde Voyager 1, partie en 1977 !

Bien sûr, l'efficacité de la voile solaire dépend de sa proximité avec sa source d'énergie : le Soleil. Au plus elle s'en éloigne, au moins elle est accélérée par son rayonnement. D'où l'idée de doubler le moteur photonique "naturel" d'un laser embarqué. Des expériences en ce sens ont déjà eu lieu. En décembre 1999, une équipe dirigée par Leik Myrabo, un ingénieur du JPL (Jet Propulsion Laboratory), a réussi à propulser en laboratoire, et grâce à un laser, une fine feuille d'un nouveau matériau élaboré à partir de fibre de carbone.

En ajoutant un laser ou un générateur de micro-ondes aux "voiliers de l'espace", certains rêvent déjà de vitesses presque inimaginables : 30.000 kilomètres par seconde, soit un dixième de la vitesse de la lumière. A ce rythme fou, les voyages interstellaires seraient à portée de main...

Contrairement aux apparences, ce mode de propulsion ne relève pas uniquement de la science-fiction. Dans les années 70, la NASA avait déjà pensé à cette technologie pour propulser certains de ses engins. Et aujourd'hui encore, un programme technologique "voile solaire" est en cours au Jet Propulsion Laboratory, (Californie). Le mylar aluminé répond aux contingences de résistance, de souplesse et de légèreté indispensables à une bonne voile solaire. Mais il y aurait encore moyen de faire mieux. La NASA travaille actuellement à la mise au point d'un matériau en fibre

de carbone tressé encore plus léger. Ce "tissu" devrait notamment équiper une future sonde interstellaire qui pourrait être lancée en 2005. Une sonde dont la voile devrait atteindre un demi kilomètre de long !

Plus près de nous, L'ESA et DLR, l'agence spatiale allemande, soutiennent aussi un projet de voilier solaire. Il a été baptisé "Etoile de la Tolérance". Lancé au milieu des années 90, ce projet devait symboliser l'entrée dans le nouveau millénaire de l'aéronautique européenne. L'Etoile de la Tolérance est en fait une voile solaire pilotable de 1600 mètres carrés (40m sur 40m) dont le lancement est actuellement prévu dans le courant de l'année 2002.

Afin de valider les technologies mises en œuvre pour l'Etoile de la Tolérance, une première "petite" voile du même genre (de 20 mètres sur 20m) a été construite et testée en Allemagne. Elle a permis de confirmer que le système de déploiement des quatre mâts en fibre de carbone et des quatre "pétales" géants en mylar aluminé d'une épaisseur de 12 microns de "l'Etoile" était au point. Au départ, les mâts et les pétales tiennent dans une boîte de 60cm X 60cm X 80cm. Quand l'engin arrive à pied d'œuvre, les mâts se gonflent et se déploient, entraînant avec eux l'éclosion des pétales.

C'est un cube à peine plus gros que le modèle de test qui contiendra la véritable Etoile de la Tolérance. Une étoile qui affichera une masse totale d'une centaine de kilos à peine. Une

fois satellisée (éventuellement en charge additionnelle sur Ariane 5) l'Etoile de la Tolérance brillera dans le ciel pour tous. Ses panneaux réfléchissants devraient la rendre aussi brillante que Vénus pour les Terriens. Après quelques années en orbite terrestre, elle serait ensuite orientée vers le cosmos, pour un voyage sans fin...

Un autre projet en voie de réalisation est celui mis en œuvre par la *Planetary Society* américaine. Lors de l'été 2001, cette entreprise privée a tenté de lancer en vol suborbital "deux pétales" de sa première voile solaire. Ce premier vol du projet Cosmos 1 a été un échec. Le lanceur qui devait placer l'engin en orbite a connu des ratés. Il s'agissait d'un ancien missile balistique intercontinental russe Volna, reconverti en lanceur spatial. Tiré le 20 juillet 2001 depuis un sous-marin navigant en mer de Barents, les deux pétales de la voile n'ont malheureusement pas pu atteindre leur destination. Selon le Russe Viascheslav Danyelkin, directeur de la firme Makeev qui est responsable du lanceur, le tir a été parfait... jusqu'à ce que le troisième étage du lanceur fasse défaut. La perte de puissance du moteur a été à l'origine du largage prématuré de la charge utile. Résultat: le test de déploiement des deux pétales n'a pas pu avoir lieu.

Mais les promoteurs de ce projet n'ont cependant pas perdu la foi en la réalisation de voiles solaires. Ils ont d'ores et déjà prévu un nouveau vol de leur enfant en 2002... à bord d'une autre fusée Volna : un lanceur dont le taux de réussite (146



↑ C'est au moyen d'un ex-missile balistique russe Volna reconverti en lanceur spatial, que la voile solaire Cosmos sera lancée depuis un sous-marin. (*Planetary Society*)

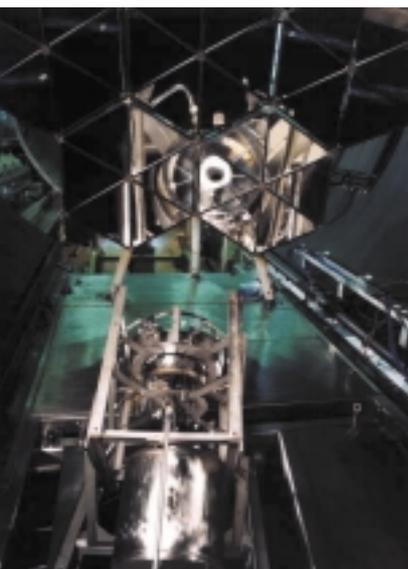
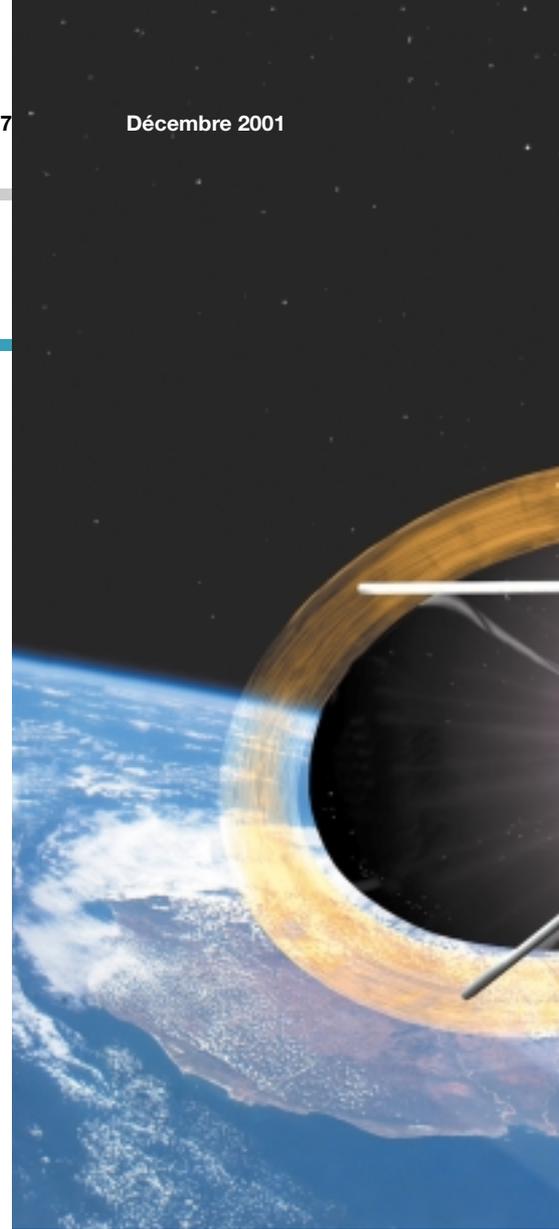
lancements consécutifs sans incident) est, malgré l'échec de 2001, impressionnant. Particularité de ce nouveau test : cette fois, ce sont les huit pétales d'une voile complète qui devraient prendre le chemin de l'espace. Grâce au Soleil, le nouveau satellite devrait peu à peu augmenter sa vitesse orbitale et ainsi s'écarter de la Terre.

Enfin, notons encore qu'il existe aussi aux Etats-Unis un projet de voilier solaire sans voile ! Au lieu de compter sur un ensemble de pétales bien palpables pour avancer, cet engin créerait devant lui une bulle magnétique. C'est elle qui capterait non plus les photons mais le vent solaire : les particules chargées émises par notre étoile. Une source d'énergie sans doute moins intéressante que celle utilisée par les voiliers photoniques, qui eux, peuvent compter sur des particules voyageant... à la vitesse de la lumière !

## Dossier La propulsion exotique

*Utiliser le soleil comme source d'énergie n'est pas l'unique apanage des projets de voiliers solaires. C'est également l'idée retenue par le Laboratoire de recherche de la force aérienne américaine (AFRL/Air Force Research Laboratory) dans le cadre d'une technologie spatialement "exotique": le SOTV.*

# SOTV: quand le **Soleil** fait bouillir la marmite



↑ Gros plan sur les concentrateurs de lumière du système SOTV. (NASA)

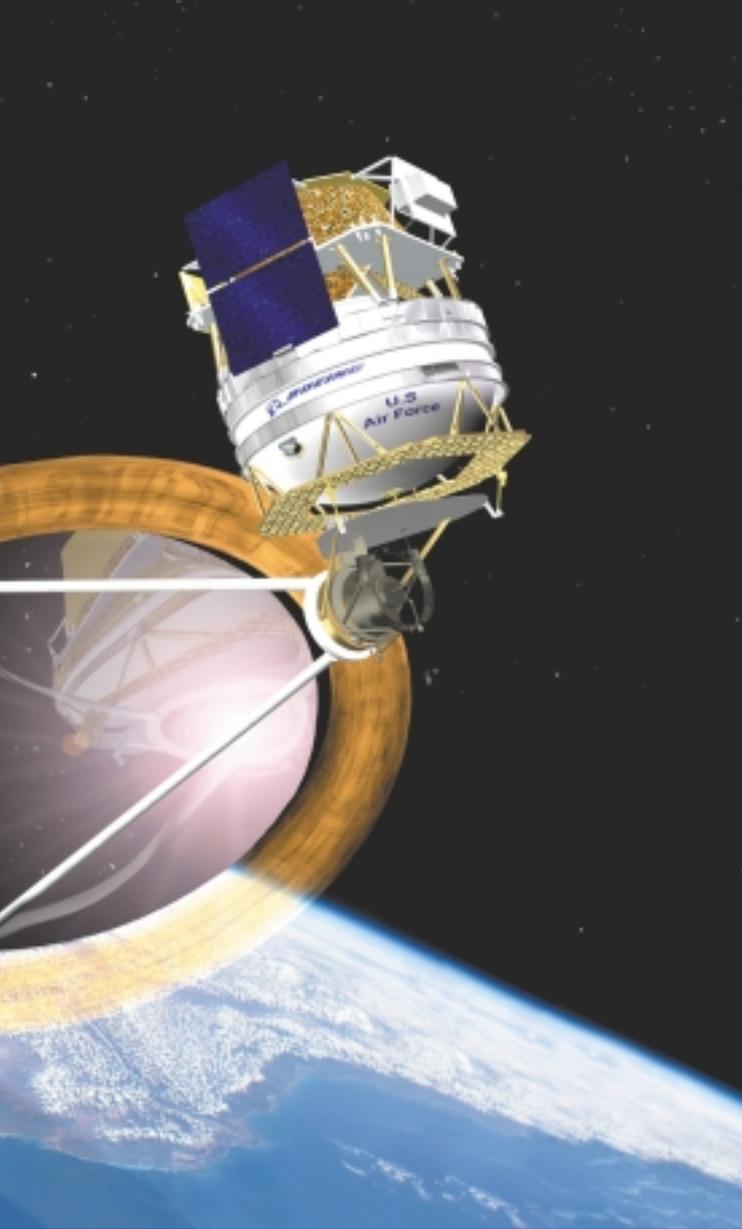
Il n'est pas question ici d'avoir recours à notre étoile pour effectuer des voyages interplanétaires. Ni d'utiliser ses rayons lumineux ou son plasma pour propulser un engin hors du système planétaire. Le SOTV (les initiales de "Solar Orbit Transfer Vehicle" ou véhicule solaire de transfert orbital) ne devrait servir, du moins dans un premier temps, qu'à élever les orbites de satellites placés de manière traditionnelle en orbite basse.

Dans le cahier des charges établi par le directeur des engins spatiaux du laboratoire de recherches de l'US Air Force (USAF), il est ainsi question de montrer qu'un engin doté d'un moteur de type SOTV puisse gagner l'orbite géosynchrone en trois, quatre semaines. C'est nettement plus lent qu'au moyen d'un système propulsif clas-

sique (chimique), mais le gain de poids en ergols, dans l'étage chargé d'assurer le transfert de l'engin vers sa destination finale, autorise des charges utiles plus importantes: de l'ordre de 50 à 100 % supplémentaires !

Et ce n'est pas tout. Une fois la charge utile amenée en orbite géosynchrone, le nouveau concept pourrait très bien encore être utilisé pour générer de l'électricité. Selon les projets de l'USAF et ses partenaires dans cette expérience, le SOTV devrait encore fournir pendant 7 à 10 ans de l'électricité au satellite. Comment ce "miracle" technologique est-il possible?

Grâce à Denis Papin serait-on tenté d'écrire ! Papin est cet inventeur français (du XVII<sup>e</sup> siècle) qui développa le moteur à



← Un des prototypes du SOTV pourrait prendre cette configuration de vol à miroir concentrateur gonflable unique. (Boeing Phantom Works)

vapeur après avoir observé l'énergie développée par l'eau amenée en ébullition dans une marmite. En ce qui concerne le SOTV, c'est exactement le même principe qui est exploité. A quelques nuances près. En orbite, grâce à une série de miroirs, l'énergie thermique de notre étoile est concentrée en un foyer qui sert à réchauffer le carburant embarqué à bord du SOTV. Celui-ci est gazéifié et envoyé dans une tuyère qui propulse le vaisseau spatial. Contrairement à la machine de Papin qui fonctionnait avec de l'eau, c'est de l'hydrogène liquide qui est embarqué sur le satellite.

Bien entendu, les matériaux utilisés présentent des caractéristiques très précises. Ainsi, les miroirs concentrateurs sont gonflables, ce qui permet de développer de grandes (et légères) structures en orbite

tout en n'occupant dans le lanceur initial qu'une place réduite. Pour maintenir le carburant solide avant son usage, des matériaux cryogéniques sont utilisés pour les réservoirs d'hydrogène liquide. Quant à l'échangeur de chaleur, qui transfère l'énergie solaire concentrée vers le système de propulsion, lui aussi bénéficie de matériaux spéciaux à base de graphite. Ce qui lui permet d'encaisser des chocs thermiques de plus de 2.400 degrés kelvin. De plus, une isolation parfaite lui évite des pertes de chaleur par conduction ou radiation. Le premier modèle de vol du SOTV devrait être testé en orbite d'ici un an ou deux, en charge additionnelle sur une fusée Delta III.

Les avantages de cette technologie sont évidents. Gains de poids en ergols au lancement d'où possibilité d'envoyer des charges

utiles plus importantes mais aussi source d'énergie en orbite finale intéressante. Selon les promoteurs de ce projet, le SOTV pourrait développer entre 2 et 50 kw d'électricité en orbite géosynchrone. De quoi alimenter des engins gourmands en électricité tels des radars ou des systèmes laser. Deux applications spatiales qui intéressent tout particulièrement les militaires... Plus techniquement, notons encore que les ingénieurs qui travaillent sur ce projet estiment qu'un tel moteur affichera une impulsion spécifique de l'ordre de 750 à 800 secondes. Soit plus de deux fois celle des propulseurs chimiques actuels.

## Dossier La propulsion exotique

# L'avenir des satellites pourrait ne tenir qu'à *un fil*



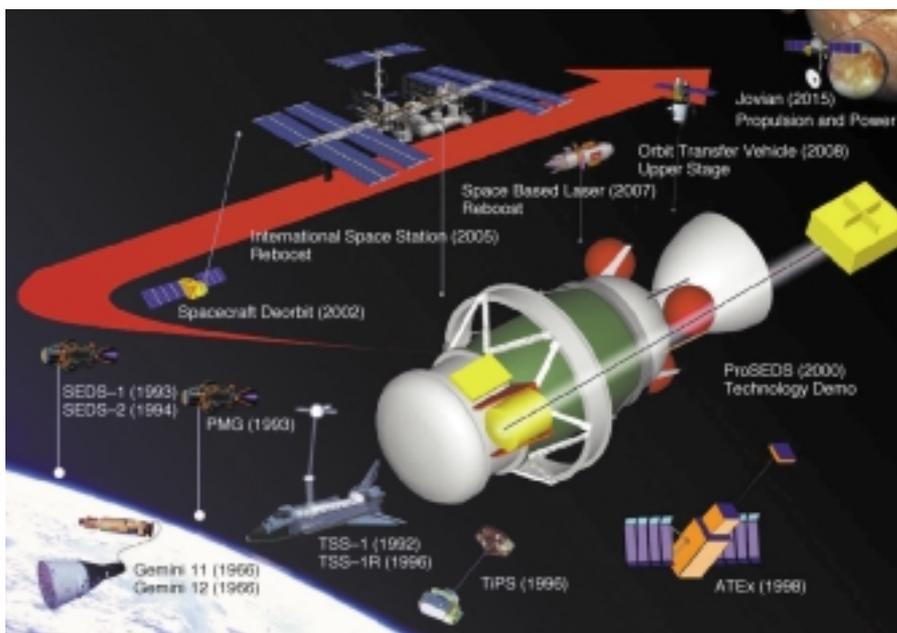
**Tous les engins qui évoluent dans l'environnement immédiat de la Terre sont soumis à l'influence de la magnétosphère. Tel un aimant, notre planète crée dans l'espace un gigantesque champ magnétique aux lignes de force bien connues. C'est par exemple lorsque le vent solaire entre en relation avec la magnétosphère que les aurores polaires, les phénomènes de luminescence que l'on peut parfois apercevoir sous nos latitudes, se produisent. Bref, la magnétosphère, dont l'exploration n'a débuté qu'il y a une cinquantaine d'années, constitue un vaste réservoir énergétique. Ce qui intéresse les opérateurs spatiaux qui aimeraient pouvoir utiliser ce carburant spatial.**

↓ Les filins électrodynamiques ont déjà été testés à de multiples reprises dans l'espace, comme en atteste ce résumé. Et à en croire les projets en cours aux Etats-Unis, ils sont encore promis à un bel avenir, y compris en orbite jovienne. (NASA)

Cette piste est en voie d'exploration depuis des années, notamment par l'Agence spatiale italienne et l'ESA. En collaboration avec la NASA, deux expériences européennes basées sur des filins électrodynamiques ont été embarquées à bord de navettes spatiales américaines, lors des missions STS-46 (été 1992) et STS-75 (février 1996). Si malheureusement des ennuis techniques n'ont pas permis de réaliser tous les tests prévus, les résultats partiels ont cependant montré l'intérêt que cette technologie pouvait avoir pour les satellites comme pour la passivation (destruction) des derniers étages de lanceurs. En effet, si ces filins peuvent servir à produire de l'électricité, d'autres pourraient également propulser directement des masses sur des orbites différentes telles de gigantesques frondes.

### Le filin électrodynamique

Le fonctionnement et l'utilité d'un long filin électrodynamique, déployé dans l'espace proche de la Terre pour générer du courant électrique, sont faciles à comprendre. Un long et mince câble est déroulé dans l'espace depuis un satellite, une navette ou



→ Le filin électrodynamique pourrait servir de moteur à la station spatiale internationale. Notamment en la rehaussant (la maintenant) sur son orbite. (ESA)





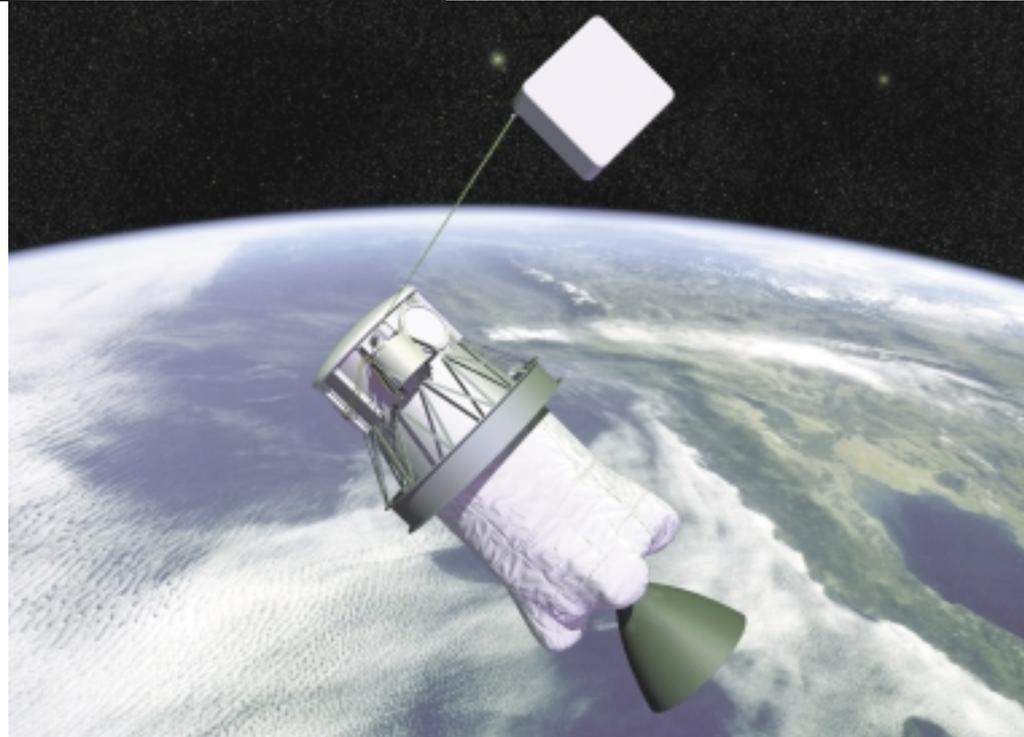
← Le long câble qui doit servir à désorbiter plus rapidement le dernier étage d'un lanceur est extrêmement mince. (NASA)

↓ L'expérience Proseps démontrera l'intérêt du filin pour nettoyer l'espace proche de la Terre des derniers étages de lanceurs, une fois leur mission accomplie. (NASA)

même la station spatiale internationale. La gravité a tendance à amener ce câble dans une position verticale. A la vitesse de 7 à 8 kilomètres par seconde, ce filin traverse les lignes de force du champ magnétique, ce qui induit un champ électrique. Cette électricité peut ensuite être récupérée, puis utilisée, par exemple pour alimenter des moteurs.

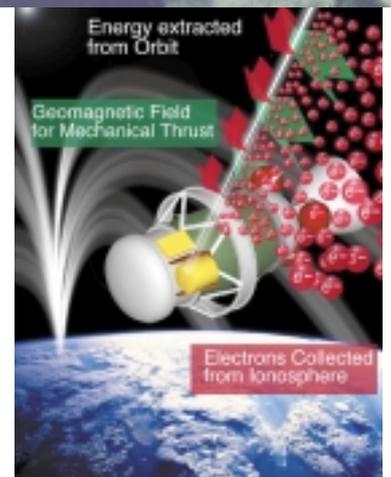
Lors de la mission STS-75 (qui a en fait été la répétition de celle programmée sur STS-46, laquelle avait été rapidement annulée, suite à un incident technique), un système de satellite captif (TSS) a lentement été déployé en direction de la Terre par l'astronaute italien de l'ESA Umberto Guidoni. Tandis que le câble se déroulait petit à petit, l'engin captif (une boule d'1,6 mètre de diamètre) s'écartait de plus en plus de la navette grâce à un petit moteur. Au fur et à mesure que la distance entre les deux vaisseaux augmentait, l'apparition d'un courant électrique généré par le passage à grande vitesse de ce filin dans la magnétosphère a été enregistré. Mieux encore, l'intensité de ce courant a augmenté tout au long du déroulement du câble.

Soudain, ce fut la déception. Le câble qui reliait le satellite à la navette et qui avait été déroulé sur 19,7 kilomètres (initialement, il devait être déroulé sur 20,7 kilomètres) s'est rompu. Pour l'équipage et les scientifiques qui participaient à cette mission, c'était à nouveau l'échec. Celui-ci a toutefois été quelque peu compensé par les



impressionnantes mesures effectuées lors du déploiement. Un courant de 3.500 volts s'était développé dans le filin, avec une intensité de 480 milliampères. Soit 200 fois plus que ce que la première expérience (de 1992) avait donné. Pour les responsables de TSS, la preuve était cependant faite de l'intérêt de cette technologie. Près de la Terre, de longs câbles peuvent générer de l'énergie électrique !

L'usage de ces longs filins électrodynamiques dans l'espace ne se cantonne pas au rôle d'une simple dynamo. En inversant les rôles, ce même câble peut se transformer en moteur, pourvu qu'il soit lui-même alimenté en électricité. Dans ce cas, le câble électrofié génère à son tour un champ magnétique. Confronté à celui de la Terre, il se produit



↑ Illustration du principe de génération d'électricité par un filin électrodynamique en orbite basse. (NASA)



(ESA)

une interaction. Un peu comme l'aiguille de la boussole qui pointe vers le nord parce que son propre champ magnétique interagit avec celui de la Terre.

Lorsqu'il s'agit de deux pôles identiques, ils se repoussent, ce qui suscite le mouvement du câble et avec lui celui de l'ensemble des engins qu'il relie. C'est exactement ce type de principe de moteur qu'on envisage de tester sur ISS. Actuellement, pour compenser la lente chute continue de la station spatiale internationale vers la Terre (due au frottement de la station sur les hautes couches de l'atmosphère), la station est régulièrement remontée par des "boosters" : en fait, par les moteurs des vaisseaux qui viennent s'y arrimer. L'idée est ici de remplacer ces coûteuses manœuvres par le déploiement d'un long câble sous la station. Ce câble serait alimenté en permanence par le surplus d'électricité produit par les panneaux solaires d'ISS. Ce qui lui permettrait d'agir comme un moteur en fonctionnement

permanent (l'anti-dynamo). Selon certaines simulations, ce système permettrait éventuellement de maintenir la station sur son orbite optimale, voire de la "remonter". Il est plus vraisemblable de penser que ce type de "moteur" ne contribuerait qu'à ralentir l'usure d'orbite d'ISS.

### Le filin de désorbitation

La NASA devrait tester au mois de juin 2002 un autre type de filin dans le cadre de son expérience PROSEDS (Propulsive Small Expendable Deployer System experiment). Il s'agit en fait d'un engin destiné à désorbiter des satellites ou des pièces de lanceurs devenus inutiles et qui encombrant l'espace proche de la Terre.

Dans le cadre de Proseds, il s'agit de réduire le temps de destruction du dernier étage d'un lanceur Delta II. En juin prochain, une telle fusée doit mettre en orbite moyenne un satellite GPS de deuxième génération. La

mission de Proseds, qui se présente sous la forme d'une charge utile auxiliaire, sera de déployer un câble non conducteur de 10 kilomètres de long depuis le deuxième étage de la fusée Delta II une fois sa mission accomplie. Un second câble, moitié moins long mais tressé en aluminium celui là, sera également déployé. Le câble en aluminium servira à recharger une batterie auxiliaire qui alimente un système de collecte et de transmission de données. Le long câble non conducteur est quant à lui utilisé pour abaisser le centre de masse de l'étage à détruire. L'usure de l'orbite est ainsi accélérée. La partie supérieure du lanceur, qui se trouvera sur une orbite de 375 km sur 414 km, sera donc ramenée plus vite vers l'atmosphère terrestre où elle se désintègrera. La NASA estime que ce "nettoyage" électrodynamique pourrait être ramené à un peu plus d'une dizaine de jours (au mieux) alors qu'habituellement, un étage supérieure de Delta II met quasiment six mois à replonger vers le sol.

## Dossier La propulsion exotique

**Sur Terre, les moteurs à explosions se trouvent partout, à commencer sous le capot des voitures. Leur principe de fonctionnement est bien connu. Dans un cylindre fermé par une pièce mobile, on injecte du carburant. Celui-ci est comprimé puis enflammé par une étincelle générée par la bougie. Le carburant enflammé "explose" et rejette par la même occasion le piston qui l'avait comprimé. Le cycle recommence ensuite.**

Le moteur à onde de détonation pulsée (Pulse detonation rocket engine) sur lequel travaillent actuellement les ingénieurs du Bureau des projets de lanceurs du futur au centre spatial Marshall (Alabama) de la NASA, fonctionne sur le même principe. Dans ce type de moteur, le carburant est injecté dans de longs cylindres fermés d'un côté et ouverts de l'autre. Quand le gaz injecté a envahi tout le cylindre, une étincelle y met le feu. Il y a alors explosion.

L'onde de choc générée par cette explosion, qui évolue à plus de 10 fois la vitesse du son, expulse les gaz brûlés hors du cylindre. C'est ce qui génère la poussée. Avantage de ce type de moteur : il ne nécessite aucune turbopompe.

Ce nouveau type de mode de propulsion devrait s'avérer intéressant pour les derniers étages des lanceurs : ceux qui sont chargés de placer les satellites sur leur orbite définitive. Selon le Bureau des projets de lanceurs du futur, on devrait aussi retrouver de tels moteurs sur les sondes d'exploration chargées de se poser sur la Lune, sur Mars ou sur tout autre objet spatial. En réglant très précisément la fréquence des détonations, les pilotes de ces engins pourront déterminer avec précision la poussée développée par

ces engins, histoire de leur assurer un atterrissage en douceur.

Les ingénieurs de la NASA, en collaboration avec le secteur privé, ont déjà mis au point et testé un modèle réduit de ce moteur. Il a permis de montrer qu'un mélange d'oxygène et d'hydrogène injecté dans la chambre de combustion pouvait être "allumé" une centaine de fois par seconde. De même, cette recherche préliminaire a également apporté la preuve qu'un tel moteur développait effectivement une certaine poussée dans le vide. Bref, tous les ingrédients pour passer à l'étape suivante ont été réunis. D'ici 2005, un premier démonstrateur de vol devrait être réalisé. Et quatre ans plus tard, un premier moteur opérationnel. Il sera alors temps de penser à la fabrication en série de

## Le moteur à *explosions* prend de l'altitude

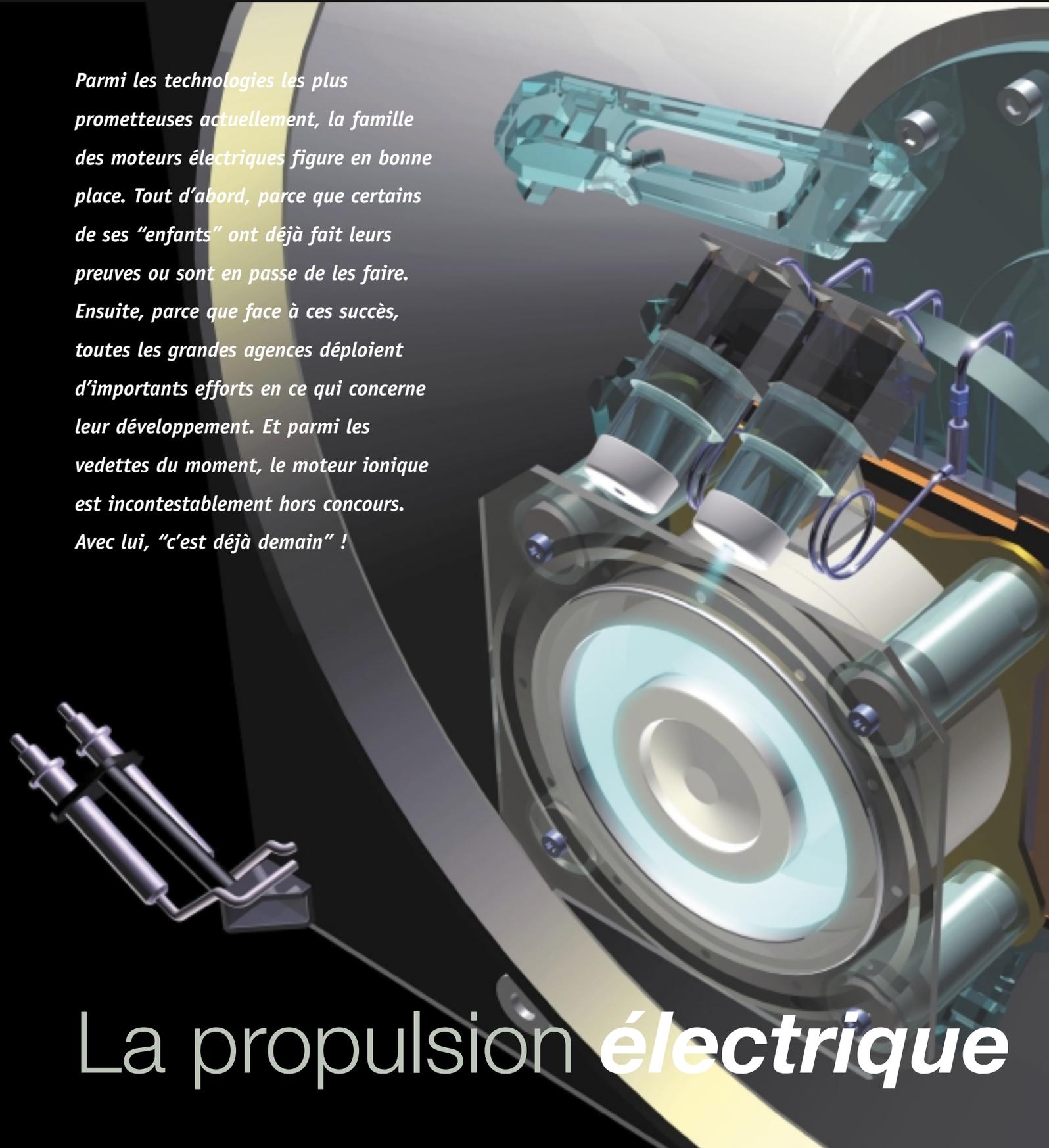


ce moteur à onde de détonation pulsée. Ce qui, toujours aux yeux des promoteurs de cet engin, ne devrait poser aucun problème. Vu la simplicité de cette nouvelle technologie (même les valves qui distillent le carburant dans le cylindre ne seraient autres que les injecteurs de carburant automobile à peine modifiés) la production devrait être rapide et... peu coûteuse.

← Parmi les propulseurs les plus futuristes, on retrouve la fusée à détonations pulsées qui, comme les moteurs de voitures, brûle son carburant dans des cylindres. (NASA)

## Dossier La propulsion exotique

*Parmi les technologies les plus prometteuses actuellement, la famille des moteurs électriques figure en bonne place. Tout d'abord, parce que certains de ses "enfants" ont déjà fait leurs preuves ou sont en passe de les faire. Ensuite, parce que face à ces succès, toutes les grandes agences déploient d'importants efforts en ce qui concerne leur développement. Et parmi les vedettes du moment, le moteur ionique est incontestablement hors concours. Avec lui, "c'est déjà demain" !*



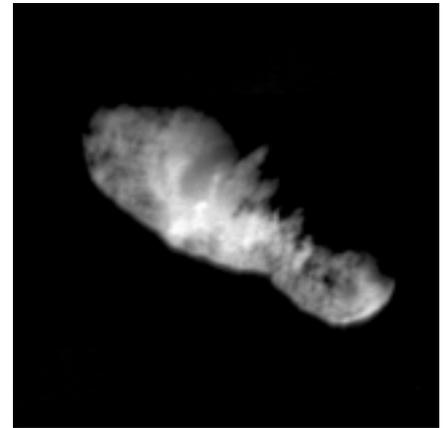
# La propulsion *électrique*



Coup sur coup, deux démonstrations éclatantes de l'intérêt, de l'utilité et de la fiabilité des moteurs ioniques ont été faites ces derniers mois en Europe et aux Etats-Unis. Chronologiquement, c'est d'abord à la NASA qu'on a démontré l'intérêt des moteurs à ions. La sonde interplanétaire Deep Space 1, lancée en 1998, disposait en effet d'un moteur de ce genre comme principal mode de propulsion. Et celui-ci a rempli sa mission au-delà de toutes les espérances. Bien que sa mission initiale se soit terminée en 1999 à la satisfaction générale, DS1 continue toujours à fonctionner actuellement. Son moteur ionique lui a notamment permis d'aller l'automne dernier à la rencontre de la comète Borrelly et de prendre des clichés exceptionnels de son cœur à moins de 2.200 kilomètres de distance. Un beau "bonus" pour les concepteurs de l'engin.

L'autre succès éclatant enregistré par un engin doté d'un moteur ionique est européen et paradoxalement résulte en partie... d'un échec. En juillet 2001, Ariespace lançait depuis Kourou le satellite de télécommunications Artemis de l'ESA au moyen d'une fusée Ariane 5. Malheureusement, le moteur Aestus (dernier étage du système de

↓ Gros plan du noyau de la comète Borrelly pris par la sonde Deep Space 1 en septembre 2001. (NASA)



lancement) n'a pas fonctionné de manière optimale. Il s'est arrêté trop tôt. De ce fait, Artemis n'a pas été placé sur l'orbite visée. Ce qui hypothéquait ses chances de survie, voire même, tout simplement, la possibilité d'un jour pouvoir l'exploiter.

Les responsables du lancement défaillant ont immédiatement mis un comité de crise sur pied. En quelques jours, une solution a été dégagée. En utilisant le système de propulsion ionique dont est doté Artemis, ils lui ont peu à peu fait prendre de l'altitude en l'accéléralent lentement mais sûrement. Au fil des semaines, Artemis a ainsi quasiment été placé sur son orbite de travail.

←↓ La sonde lunaire Smart1 devrait se lancer à la conquête de la Lune à la seule force de son moteur ionique. Une double première pour l'Europe spatiale. (ESA)



↓ Pour envoyer loin de la Terre un équipage humain, il faudra soit recourir aux gigantesques lanceurs SaturnV du programme lunaire américain, soit mettre au point de nouvelles technologies.



Initialement, ce système de propulsion devait surtout servir à garder Artemis sur la bonne orbite et à l'orienter tout au long de sa vie active. Le carburant utilisé pour relever son orbite n'est bien sûr plus disponible pour cette mission. Toutefois, il en reste assez dans les réservoirs du gros démonstrateur de télécom pour lui assurer au moins cinq années de travail en orbite, au lieu des dix années initialement prévues.

### Comment dompte-t-on les ions dans l'espace?

Ce mode de propulsion apparemment révolutionnaire n'est pas tout neuf. A la fin des années 50, la NASA avait déjà tenté de mettre au point un moteur ionique. Mais il s'usait trop vite. Avec la mise au point de nouveaux matériaux, des solutions techniques ont été trouvées et les durées de fonctionnement passablement allongées. Aujourd'hui, les moteurs ioniques fonctionnent sans discontinuer pendant des centaines d'heures.

Leur principe de fonctionnement est le suivant. Un gaz rare, du xénon (quatre fois plus lourd que l'air) est ionisé (bombardé par des électrons) lorsqu'il passe dans le champ magnétique généré entre une cathode et une

anode. Cette collision arrache à l'atome de xénon un de ses 54 électrons, ce qui lui donne une charge positive. Ce bombardement se déroule au coeur du moteur. A une de ses extrémités, deux grilles percées de milliers de trous et chargées électriquement, mais chacune de manière différente (une négative et une positive) attirent de manière électrostatique les ions de xénon. Un tiers de ces ions sont expulsés, ce qui génère par réaction la poussée recherchée. Les autres ions se collent quant à eux aux grilles où ils sont rapidement neutralisés par les électrons ambiants. Récupérant ainsi leur électron perdu, ces atomes de xénon sont à nouveau disponibles dans la "chambre d'ionisation" et continuent d'alimenter le moteur en carburant.

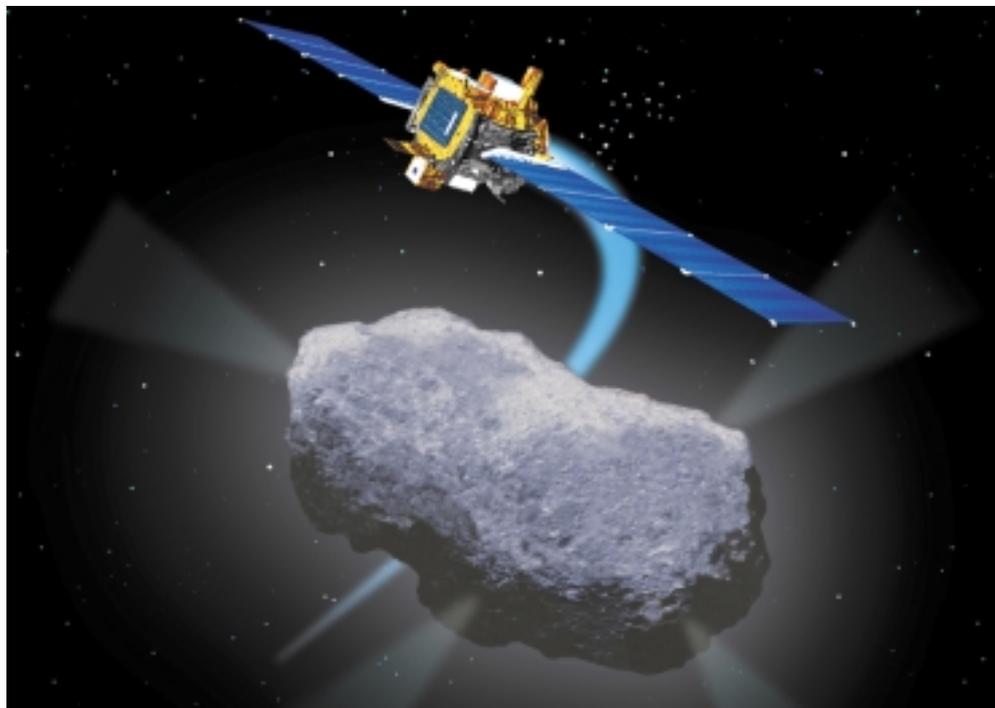
La poussée délivrée par de tels moteurs est, on s'en doute, extrêmement faible, de l'ordre de quelques fractions de newton à quelques newtons. Par contre, ces moteurs peuvent fonctionner pendant des mois. Ce qui, au final, leur confère des performances dans le vide très intéressantes. On le sait, l'efficacité d'un moteur est fonction du volume du "gaz" craché par la tuyère mais également de leur vitesse d'éjection. C'est ce paramètre qui est primordial dans le

moteur ionique. Les ions de xénon sont éjectés des grilles à la vitesse de 30 kilomètres par seconde, soit plus de 100.000 kilomètres à l'heure. Dix fois mieux qu'un moteur chimique.

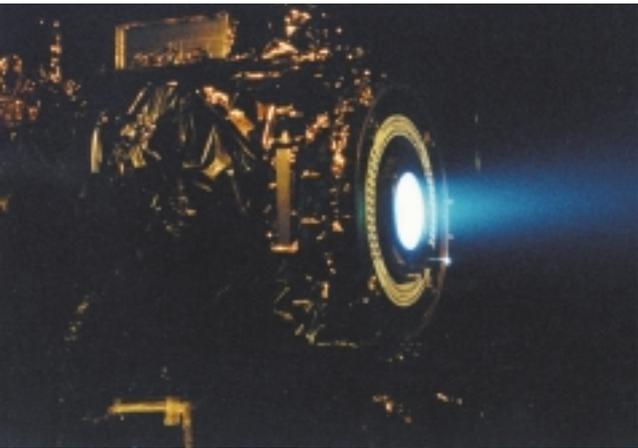
De plus, les moteurs ioniques ne sont pas gourmands en carburant. DS1 par exemple ne disposait que de 81 kilos de xénon. De quoi fonctionner sans arrêt pendant une vingtaine de mois. Une poussée faible mais régulière et longue : voilà qui est intéressant pour les missions automatiques interplanétaires. La preuve par Deep Space 1. Bien que faible, l'accélération constante de son moteur lui a, au final, conféré une vitesse complémentaire de 4,5 kilomètres par seconde.

Notons aussi que l'amélioration des performances de tels moteurs est envisageable. Si on augmente la taille des panneaux solaires qui alimentent le moteur en électricité, on améliore la "puissance" du moteur. De même si on embarque plus de carburant, l'accélération sera plus longue et avec elle, la vitesse finale de l'engin.

La famille de moteurs électriques ne se limite pas à l'ionique. Les moteurs plasmiques, qui éjectent un plasma plutôt que



→ La sonde Deep Space 1 de la NASA, propulsée par un moteur ionique, s'est approchée à quelques 2.200 kilomètres à peine de la comète Borrelly. (NASA)

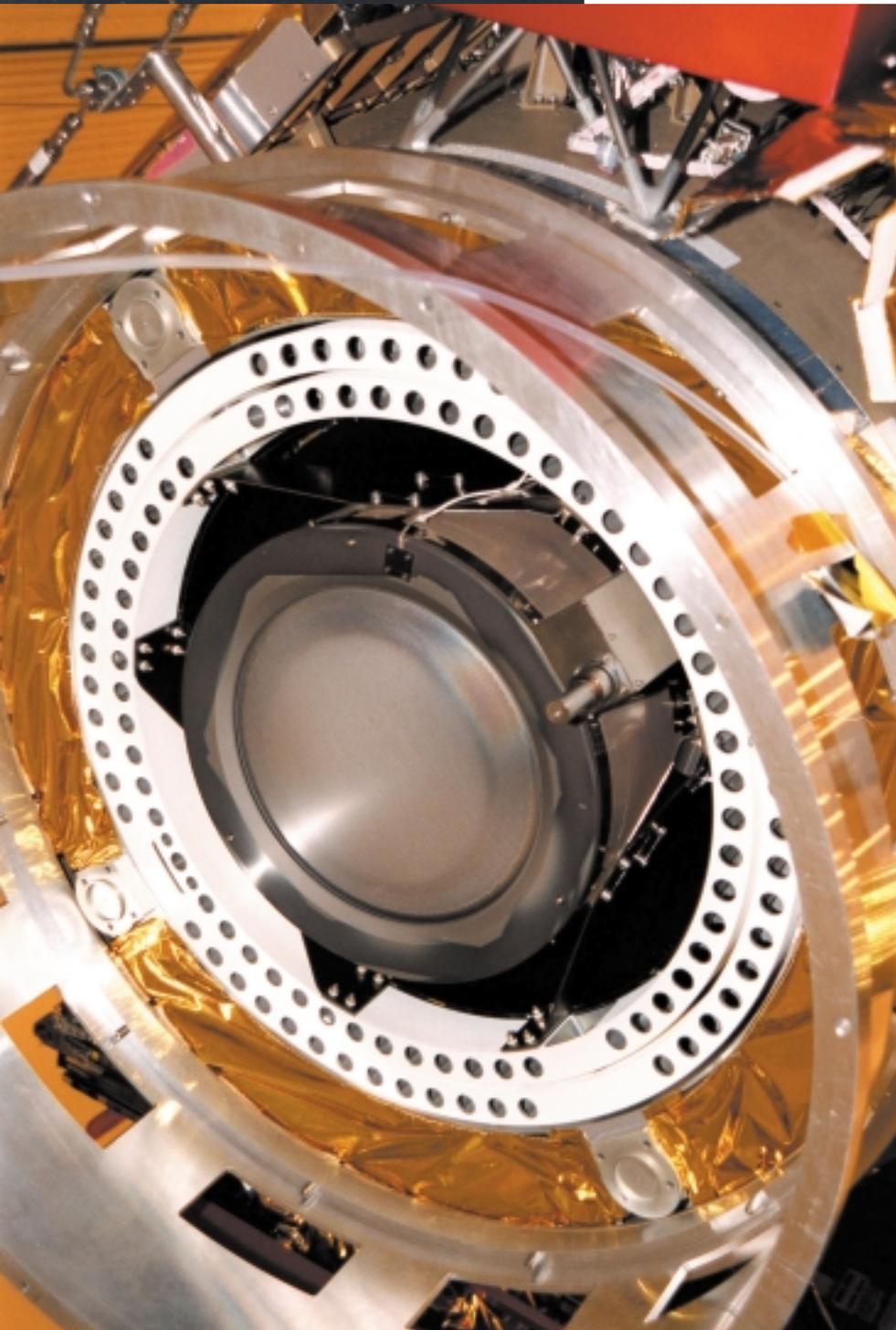


← Science ou fiction ? La NASA a plagié la couverture d'un magazine de science-fiction du début du siècle dernier pour vanter les mérites de sa mission Deep Space 1. Un succès. (NASA)

des ions, font également l'objet d'études et de tests intenses. Tout comme les moteurs ioniques, ils utilisent eux aussi des champs électriques (plutôt que de la chaleur comme c'est le cas des moteurs chimiques par exemple) pour accélérer leur "gaz propulseur". Dans la famille des électriques, on notera encore le moteur électromagnétique. A la différence des deux premiers, il utilise un champ magnétique, (plutôt qu'électrique), pour accélérer son "carburant".

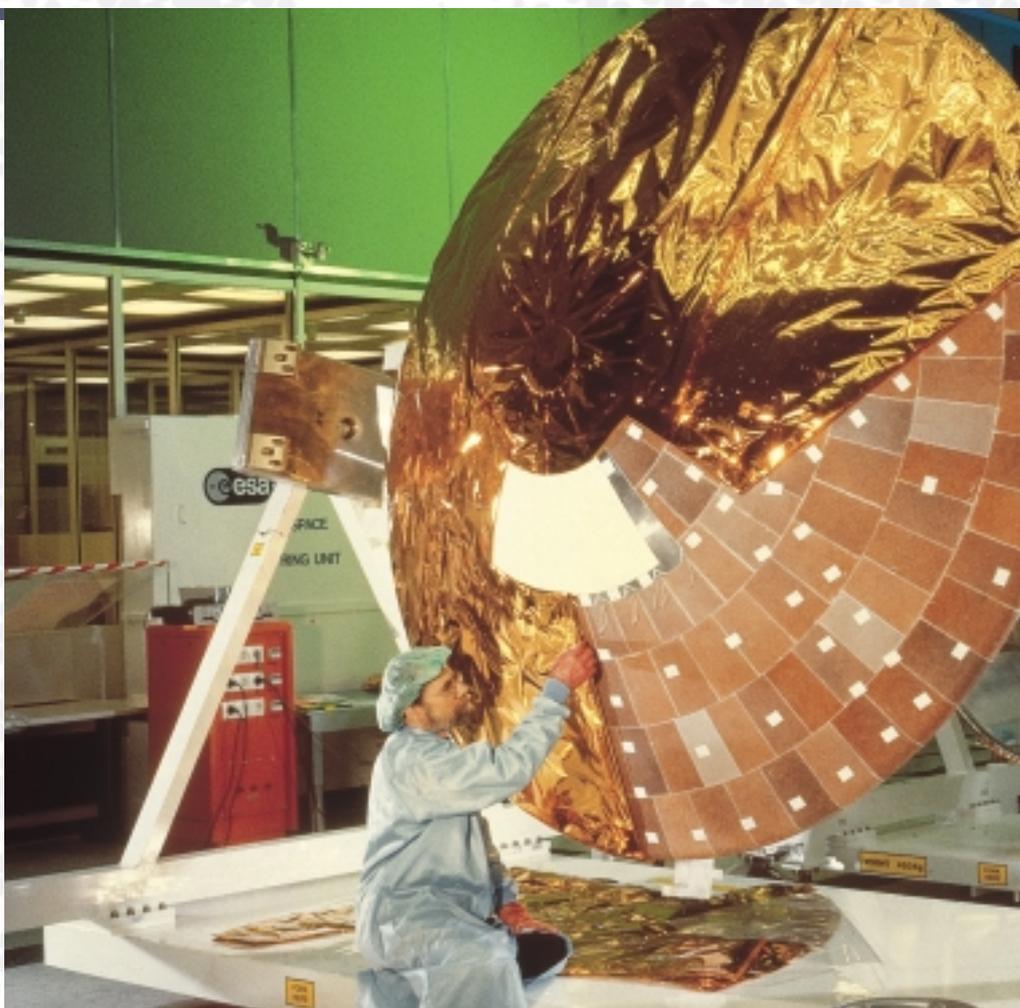
Les grandes agences lorgnent désormais sur ce type de moteurs pour leurs futures missions interplanétaires. A l'ESA par exemple, la sonde Smart-1 de 350 kilos, premier engin lunaire européen dont le décollage est programmé pour la fin 2002, sera exclusivement doté d'un moteur fonctionnant au xénon. Pour être précis, signalons que celui-ci ne sera pas de type ionique mais plutôt plasmique: une variante des moteurs ioniques qui sont plus compacts et plus performants. Le "Satellite de télécommunications pour expérimenter de nouvelles technologies en orbite" ou "Stentor", un engin français qui devrait être lancé dans les mois qui viennent, en sera également équipé.

La société Snecma, qui fabrique notamment les puissants moteurs du lanceur européen Ariane, n'a pas attendu les bons résultats engrangés par Artemis pour se voir commander de tels systèmes de propulsion. En 2000, sa division moteur a reçu une commande ferme de 40 moteurs plasmiques au profit de fabricants de satellites. De quoi équiper la moitié des commandes du marché civil des engins géostationnaires de télécommunication cette année-là. Car ne l'oublions pas : si les moteurs électriques sont désormais utilisés pour faire voyager dans l'espace des engins automatiques, ils ont d'abord servi de moteurs de corrections d'attitude.



↑ Gros plan sur le moteur ionique de la sonde Deep Space 1, lors d'un test dans une chambre à vide en laboratoire. (NASA)

## Dossier La propulsion exotique

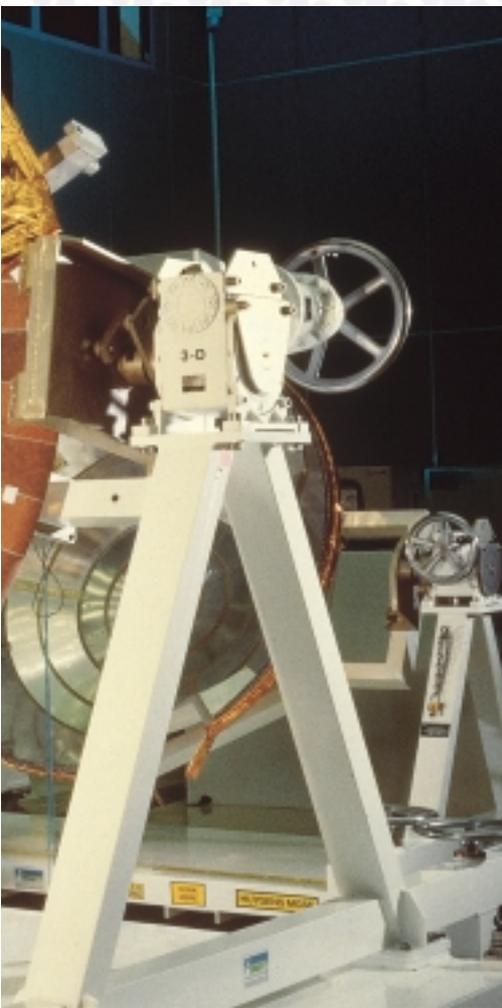


# La propulsion nucléaire par *fission*

*Utiliser la fission nucléaire comme source d'énergie pour la propulsion des vaisseaux est aujourd'hui encore un sujet quelque peu tabou, voire "politiquement incorrect".*

Cependant, les projets, les études et mêmes les prototypes de moteurs thermonucléaires ont largement été étudiés en Russie (et ex-URSS) ainsi qu'aux Etats-Unis. Il est bon de noter que si l'énergie nucléaire n'a pas encore été utilisée dans l'espace

pour propulser l'un ou l'autre engin, elle a cependant déjà servi à bord de nombreux satellites afin de produire de l'électricité. Les satellites espions soviétiques de la famille des Rorsat en sont l'exemple le plus connu. Avec leur petit réacteur nucléaire, ils se faisaient discrets. En Occident aussi, des mini centrales électriques nucléaires ont été embarquées sur des engins spatiaux. Pour ne prendre qu'un exemple, on peut citer la célèbre mission scientifique américano-européenne Cassini Huygens, qui vogue depuis 1997 en direction de Saturne et de son satellite naturel Titan et qui, lors de son lancement, suscita une vague de protestations. En cause, le plutonium embarqué.



← La sonde Cassini-Huygens en route vers Saturne et Titan utilise l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité et non pour se mouvoir. (ESA)

Force est de constater que loin du Soleil, là où les panneaux solaires ne sont plus efficaces, ce type de source énergétique s'avère quasi indispensable au fonctionnement de tels engins. En ce qui concerne les systèmes de propulsion, le principal défi que les promoteurs de ce type de moteur doivent aujourd'hui relever est celui de l'opinion publique. En ce qui concerne les moteurs à fission nucléaire, la technologie est quasi prête. Dans les années 50, Américains et Soviétiques ont beaucoup travaillé sur des moteurs nucléaires. Le projet américain Nerva, développé en pleine période Apollo, a cependant été abandonné en 1970. Les Nerva devaient servir à remplacer certains

moteurs de la fusée lunaire Saturn V afin de pouvoir emmener un équipage vers Mars.

Côté soviétique, dès 1962, Korolev, qui venait d'envoyer le premier homme dans l'espace (Youri Gagarine) quelques mois plus tôt, envisageait la mise au point d'un moteur nucléaire pour propulser un vaisseau interplanétaire. Par la suite, les Soviétiques ont travaillé sur les moteurs YaERD et dans les années 70, ils ont même envisagé le développement d'un système nucléaire pour leur avion spatial Bourane. Pendant ce temps, en Amérique du Nord, les prototypes Kiwi, Phoenix et NRX passaient au banc d'essai.

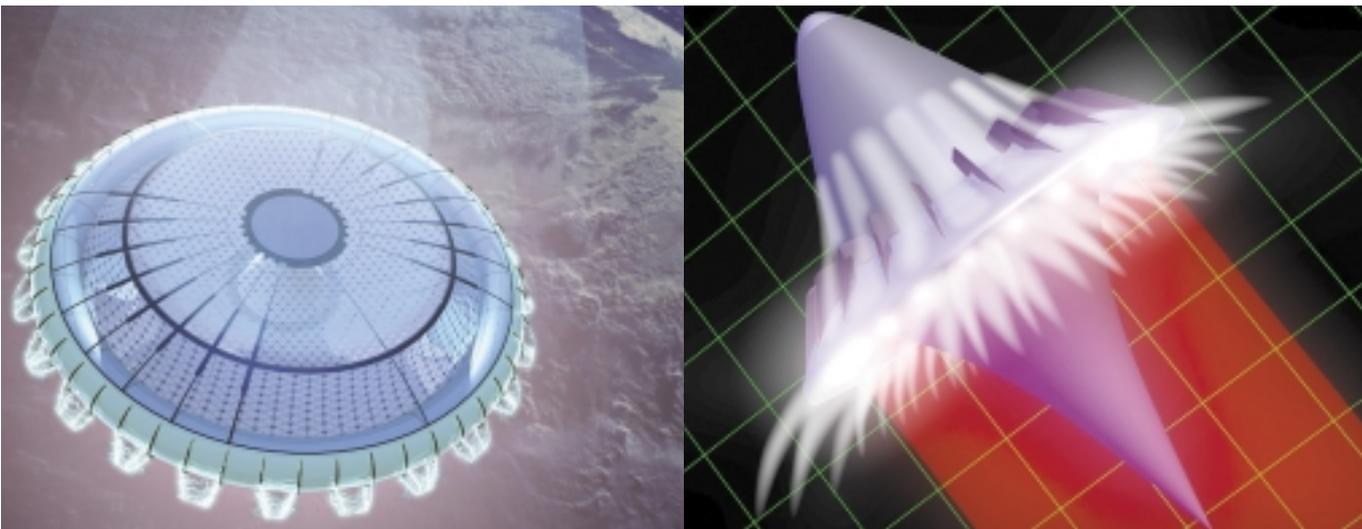
Actuellement encore, au centre de recherches Marshall de la NASA, une équipe travaille sur des moteurs à fission. Le projet, baptisé "Heat pipe bimodal fuel element test", vise à tester un système de propulsion thermonucléaire complet... sans toutefois utiliser de carburant atomique. Afin de tester le comportement des composantes du moteur en question, les ingénieurs font appel à des résistances électriques pour générer les hautes températures, similaires à celles que la fission de l'uranium dégagerait.

Comment fonctionne un moteur thermonucléaire ? En fait, ce type de moteur utilise un petit cœur nucléaire solide, liquide ou gazeux et de l'hydrogène liquide. Le flot d'hydrogène qui sert à la propulsion du véhicule est injecté par turbopompe dans le cœur muni de barres de contrôle qui peuvent accélérer ou atténuer la réaction nucléaire. Lors de son passage dans le cœur, l'hydrogène est porté à

plus de 2.500 degrés puis est éjecté à grande vitesse par la tuyère, ce qui propulse l'engin.

Dans l'état actuel de la recherche, on ne prévoit pas d'utiliser de tels moteurs pour faire décoller des lanceurs depuis le sol. Toutefois, certains projets envisagent d'activer dans un premier temps des boosters classiques pour le décollage puis, au delà de dix kilomètres d'altitude, d'assurer le relais par le système de propulsion nucléaire. Mais il ne s'agit, répétons-le, que de projets "sur papier".

Ce type de moteurs fournit une impulsion spécifique (ISP) de l'ordre du millier de secondes. Dans le cas des moteurs thermonucléaires à corps liquide on peut envisager une ISP de 2600 secondes. Quant à celui à corps gazeux (le combustible nucléaire est alors une sorte de plasma confiné de manière électromagnétique), une ISP de 7000 secondes est envisageable. Vu les limites des moteurs chimiques actuels, ils apparaissent comme une alternative pour des voyages interplanétaires rapides ou encore pour envoyer un équipage humain vers Mars, un projet qui semble devenir de plus en plus à la mode dans les colloques et les séminaires spatiaux organisés ces derniers mois en Europe comme en Amérique. Un propulseur thermonucléaire autoriserait l'emport direct depuis la Terre, d'un véhicule habité "complet" (quartier de vie, module martien, système de propulsion, réserves alimentaires indispensables, oxygène etc.) pour un long voyage vers Mars. Voilà sans aucun doute une thématique dont on n'a pas fini d'entendre parler.



↑ Un autre concept de propulsion par laser ressemble à celui de la voile solaire. Mais ici, c'est un laser qui "souffle" sur le vaste vaisseau, et non les photons du Soleil. (NASA)

↑ Le petit vaisseau à laser imaginé par Leik Myrabo a déjà volé, expérimentalement, à 71 mètres d'altitude. (NASA)

## La propulsion **"très exotique"**

*Au delà des technologies exotiques les plus réalistes étudiées actuellement, certaines catégories de systèmes de propulsion séduisent certes les concepteurs d'engins spatiaux à cause de leurs performances mais elles ne semblent pas devoir être effectivement mises au point avant... très longtemps. Dans ce registre, on retrouve les moteurs utilisant comme sources d'énergie les rayons laser, la fusion nucléaire, l'antigravité et même... l'antimatière. Ici, la science relève encore de la fiction. Mais qui sait si un jour, ces technologies sans aucun doute futuristes ne seront pas la clé de voyages spatiaux interstellaires ?*

### Propulsion par laser

Cela ressemble à une grosse toupie de 50 grammes d'une douzaine de centimètres de diamètre. Fabriqué en aluminium, cet engin n'est pourtant pas un banal jouet d'enfant. Il s'agit ni plus ni moins d'un des premiers exemplaires de vaisseaux photoniques : un engin quasiment dépourvu de carburant qui est propulsé par des impulsions laser émises depuis le sol. Une technologie révolutionnaire

dont la faisabilité a déjà été démontrée en laboratoire mais qui avant d'envahir l'espace proche de la Terre nécessitera encore la mise au point de laser surpuissants.

D'un point de vue technique, le vaisseau photonique utilise l'énergie d'un faisceau laser pour porter à très haute température l'air situé juste sous lui. Cet air surchauffé à près de 30.000 degrés Celsius se détend en une explosion lors de chaque impul-

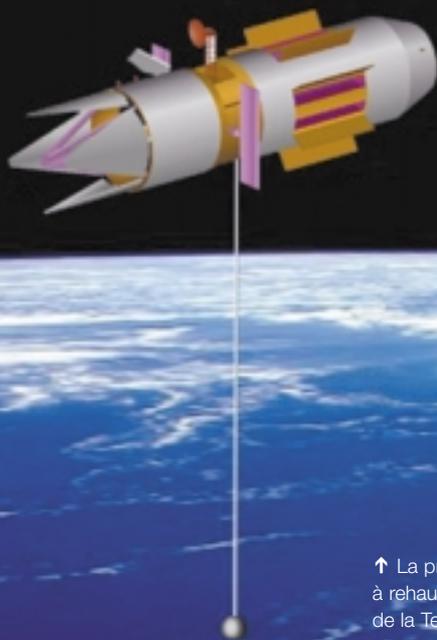
sion laser (Il s'en produit 25 à 28 par seconde). C'est cette explosion qui propulse l'engin. Voilà pour le principe de fonctionnement du vaisseau photonique dans l'atmosphère. En absence de celle-ci, c'est l'hydrogène embarqué dans un petit réservoir qui sert à alimenter l'explosion et donc la propulsion.

Très concrètement, Leik Myrabo, chercheur à l'Institut polytechnique Rensselaer situé à Troy (Etat de New York), a déjà fait

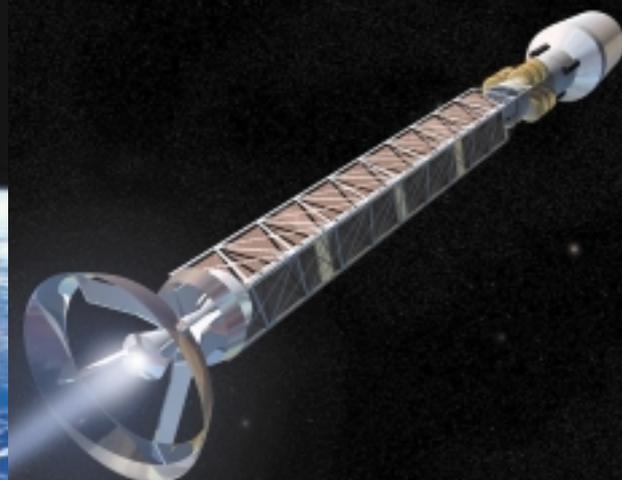
voler un pareil engin. Son prototype de 50 grammes, qui est muni sous sa face arrière de miroirs concentrant la lumière issue d'une source laser pulsée (de 10 kilowatts) située au sol, s'est élevé jusqu'à une trentaine de mètres en laboratoire. Le même test, réalisé en octobre 2000 sur le site d'essai de missiles de White Sands, au Nouveau Mexique, a permis de propulser le vaisseau photonique jusqu'à une altitude de 71 mètres. Le concepteur de cette technologie estime que pour propulser en orbite basse un satellite d'un kilo, il faudrait disposer d'un laser d'un mégawatt de puissance..

### La fusion nucléaire

Dans l'espace comme sur Terre, la fusion nucléaire est loin d'être exploitée. Sauf bien entendu par les gigantesques machines à fusion que sont les étoiles. Au sein de celles-ci, dans des températures extrêmes,



↑ La propulsion par laser pourrait aussi servir à rehausser l'orbite d'engins tournant autour de la Terre. Du moins, en théorie. (NASA)



↑ Le vaisseau à antimatière existe déjà à la NASA, mais... sur papier uniquement. (NASA)

des éléments légers (hydrogène, deutérium etc.) fusionnent en éléments plus lourds tout en dégageant une énergie énorme. Ces réactions atomiques, quoique bien connues en théorie, sont très difficilement réalisables sur Terre. Et jusqu'à présent, elles n'ont pas encore produit plus d'énergie que celle qui leur a été apportée. En 1997, en Angleterre, une réaction de fusion a été initiée dans le tokamak européen. Elle a produit 65 pour cent de l'énergie qui lui avait été initialement fournie pour l'amorcer.

Dans la perspective du transport spatial, l'énergie potentiellement utilisable d'un moteur à fusion est énorme. De plus, ce moteur ne produit pas de déchets radioactifs. Mais la médaille a son revers. Pour amorcer et entretenir un moteur à fusion nucléaire, il faut pouvoir maîtriser les très hautes températures, de l'ordre de 100 millions de degrés... la technologie et les matériaux destinés à construire un jour de tels systèmes spatiaux doivent encore être inventés !

### La propulsion par antimatière

Même au Bureau des technologies de transport spatial avancé de la NASA, on avoue quelque peu rêver quand on envisage de doter, "d'ici la fin du 21ème siècle..." un vaisseau d'un moteur à antimatière. D'un point de vue strictement physique, l'énergie produite par l'annihilation de matière et d'antimatière est ce qu'on peut aujourd'hui imaginer de plus puissant. Mais de là à produire et à maîtriser ce type de réactions...

L'antimatière est exactement la même chose que la matière, mais de charge opposée. Ainsi, à toute particule comme le neutron, le proton et l'électron correspond une antiparticule de même masse mais opposée: respectivement l'antineutron, l'antiproton et le positon (soit l'antiélectron ou électron positif). L'antimatière est donc constituée d'antineutrons, d'antiprotons et d'électrons positifs de même que la matière est constituée de neutrons, protons et électrons négatifs.

Matière et antimatière ne peuvent voisiner. Des masses égales de ces deux espèces s'annihileraient très rapidement en particules très légères (finalement en photons, électrons et neutrinos qui emporteraient toute l'énergie correspondant à la destruction de ces masses. L'énergie produite par l'annihilation d'un proton avec un antiproton est cent fois plus importante que la fission ou la fusion nucléaire. Elle est dix milliards de fois plus importante que celle issue de la combustion de l'oxygène et de l'hydrogène. Ainsi, si on réussissait à annihiler un gramme d'antihydrogène avec autant d'hydrogène, cela fournirait autant d'énergie que celle dispensée par le carburant embarqué dans 23 réservoirs ventraux de navettes spatiales !

Avec cette énergie, on atteindrait la Lune en moins de 8 minutes et la planète Mars en une petite journée de voyage à peine, estime la NASA... qui toutefois garde la tête sur les épaules. La production d'antimatière et la technologie nécessaire à son confinement ne sont pas pour demain. Actuellement, les

laboratoires de physique qui s'intéressent à l'antimatière (par exemple le Fermi lab aux Etats-Unis ou le Cern, à Genève), et qui tentent de la produire dans de gigantesques accélérateurs de particules, n'en produisent, bon an mal an, que un à deux milliardième de gramme...

### L'antigravité

Citons encore, pour mémoire, une piste explorée par le centre Marshall de la NASA dans le cadre du programme Breakthrough Propulsion Physics (BPP) et concernant l'antigravité et son utilisation comme source d'énergie potentielle pour la propulsion. Deux expériences ont été réalisées en cinq ans. Il s'agissait de mesurer une hypothétique minuscule variation du champ gravitationnel à proximité d'un supraconducteur tournant dans un champ magnétique. Cette variation, si elle avait été détectée, aurait confirmé la réalité d'une interaction électromagnéto-gravitationnelle. Ce fut un échec. Assurément, ici aussi, la route vers les étoiles semble encore fort longue.

## Dossier La propulsion exotique

On l'a vu tout au long de ce dossier : si certains modes de propulsion exotique sont aujourd'hui devenus réalité ou sont en passe de l'être, d'autres relèvent encore de la fiction. Et a priori, on pourrait penser qu'ils n'intéressent pas les ingénieurs ou les directeurs de projets spatiaux. A la lecture de ce dossier, on remarque aisément que les faits nous donnent tort.

# Quand une agence spatiale lorgne vers la *science-fiction*



↑ La couverture du magazine ESA br-176 sur ITSF : Pour dénicher des technologies novatrices, l'ESA n'a pas hésité à écumer les œuvres de science-fiction. (ESA)

Voici deux ans, à l'ESA, l'Agence spatiale européenne, on a même été plus loin. On a mis sur pied un programme d'exploration technologique étroitement lié à la science-fiction et aux concepts parfois étranges et souvent surprenants que des générations d'auteurs du genre ont couché au fil des ans sur papier ou traduit en documents cinématographiques. Quel rapport peut-il bien exister entre Arthur C. Clarke et l'avenir de la propulsion spatiale ? L'ESA vient d'établir, en juin 2001, toute une série de liens de ce genre dans sa publication (br-176) intitulée "Innovative technologies from science fiction for space application" (ITSF), soit la "Quête de technologies innovantes dans la science-fiction adaptables à des applications spatiales".

C'est "la Maison d'Ailleurs" d'Yverdon-les-Bains (Suisse), ([www.ailleurs.ch](http://www.ailleurs.ch) et [www.itsf.org](http://www.itsf.org)) unique musée consacré à la SF en Europe, et la "Fondation OURS", également installée en

Suisse, qui ont été chargées de diriger cette étude sur les technologies imaginaires décrites dans les œuvres de science-fiction. But de l'opération, détecter dans cet inventaire des idées sur lesquelles faire plancher (éventuellement) les ingénieurs de l'Agence spatiale.

Au terme de deux années de travail, les innovations répertoriées touchent à de nombreux domaines concernant l'astronautique. On retrouve entre-autres des analyses sur divers modes de... propulsion, dont les voiles solaires, les moteurs ioniques ou encore la propulsion par antimatière. La présence de l'homme dans l'espace, les stations orbitales et les éventuelles colonies que l'homme constituera peut-être un jour loin de sa planète d'origine, font l'objet d'études sur l'habitat, les nouveaux matériaux, les écrans de protection contre les radiations. Bien entendu, l'intelligence artificielle, la robotique, l'informatique font l'objet d'analyses spécifiques, tout comme des techniques futuristes de "terra formation"...

Au total, 250 concepts ou technologies ont été analysés dans le cadre de ce programme. Cela a abouti à la rédaction d'une cinquantaine de rapports précis et 35 dossiers techniques. David Raitt, chef de ce projet à l'ESTEC, le centre technique de l'ESA situé aux Pays-Bas, reconnaît bien volontiers que cette initiative est plutôt anti-conformiste. Mais, ajoute-t-il, en citant Hugo Gernsback, le créateur du magazine des "histoires extraordinaires", cette démarche est aussi utile socialement, parce qu'elle stimule la recherche et l'inventivité.

Qui a dit que l'espace ne faisait plus rêver ? Le temps des pionniers est sans doute révolu. Place à présent aux nouveaux visionnaires. Ceux qui révolutionneront le transport spatial grâce à de nouveaux concepts propulsifs.

# Le Centre Spatial de Liège

*Peut-être vous souvenez-vous du professeur Hippolyte Calys, l'astronome imaginé en 1946 par Hergé dans l' "Etoile mystérieuse" qui, avant de mener l'expédition européenne vers l'aérolithe à bord de l'Aurore, suivait la course de la comète, l'œil rivé à son télescope.*

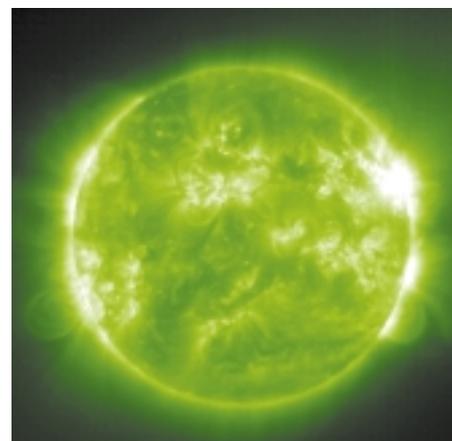
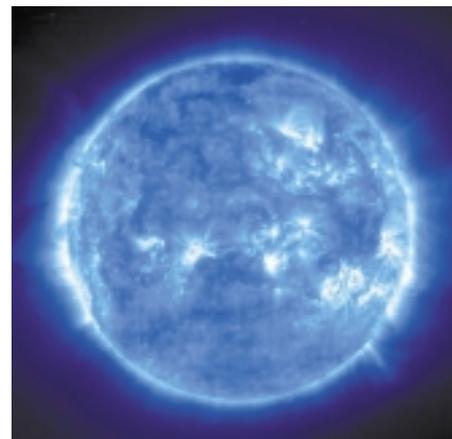
Cette image est aujourd'hui définitivement révolue car qui parle astronomie (et à plus forte raison astrophysique) pense désormais espace et recherche spatiale. Une évolution que l'Institut d'Astrophysique de Liège (IAL) a parfaitement vécue depuis qu'en 1959, au sein de l'Université de Liège, il évolua à la fois en un centre de recherche où travaillaient des dizaines de scientifiques et en une entreprise qui concevait et réalisait ses propres instruments, collaborait à des programmes spatiaux et participait à la fabrication d'engins et d'appareils de mesure destinés à être lancés dans l'espace.

Aujourd'hui, le "Centre Spatial de Liège" est devenu un centre de recherche (toujours dépendant de l'Université de Liège) connu dans le monde entier et un centre de tests coordonné par l'ESA qui développe ses propres instruments scientifiques. Il mène également diverses activités technologiques, comme par exemple la réalisation de structures intelligentes, du coating, de l'usinage ionique, de la micro-optique, du traitement d'images radar spatiales (SAR), etc. Et Pierre Rochus, directeur du département Instrumentation spatiale, rêve de se lancer un jour dans des activités de micro-satellites.

Depuis trois ans, grâce au financement de la Région Wallonne, le CSL réoriente les technologies développées dans le secteur spatial pour en faire des produits nouveaux. Dans ce but, Wallonia Space Logistics, un incubateur de jeunes entreprises fut créé en juillet 2001. Il est implanté au Sart Tilman, au sein du Spatiopôle Liégeois qui regroupe déjà plusieurs acteurs dans le domaine spatial.

## De belles réalisations

IAL Space a débuté en 1962 par le lancement d'une vingtaine de fusées sondes destinées à l'observation d'aurores polaires avant de travailler sur le design et la calibration d'une expérience destinée à l'observation d'étoiles dans l'ultra-violet sur le satellite TD1 de l'ESRO (précurseur de l'ESA). Ce furent ensuite des expériences scientifiques embarquées à bord de la sonde Giotto partie à la rencontre de la comète de Halley et la réalisation de tests sur les radiomètres montés à bord du satellite Météosat (1974-1979). Vinrent alors des travaux de qualification et de calibration d'instruments scientifiques embarqués sur le télescope spatial Hubble (1978-1988) et du "géomètre de l'espace", le satellite Hipparcos (1983-1986).



↑ La couronne solaire enregistrée par EIT dans l'extrême ultraviolet (NASA)

*"Ceci a entraîné,"* explique Pierre Rochus, *"la construction d'une cuve de 5 mètres et... un déménagement de Cointe vers le Sart Tilman en 1984. En 1988, IAL Space a obtenu le statut de Centre de recherche, au sein de l'ULg et, quatre ans plus tard, changea de nom pour devenir le Centre Spatial de Liège (CSL)."*

*"Les activités du département Instrumentation Spatiale couvrent des domaines très variés, financés par les SSTC via le programme PRODEX de l'ESA,"* poursuit Pierre Rochus, *"et font appel aux expertises optique, mécanique, thermique et électronique ainsi qu'aux activités liées aux essais dans ces mêmes domaines".* Parmi les réalisations, il faut citer encore le développement du télescope solaire EIT (Extreme UV Imaging Telescope) qui a fait partie de la charge utile scientifique de la plate-forme solaire SOHO lancée en décembre 1995 et destinée à l'étude du soleil. Piloté par le Goddard Space Flight Center de la NASA aux Etats-Unis, les dizaines de milliers d'images obtenues reçoivent encore aujourd'hui les éloges des spécialistes de la physique solaire. Face à l'importance de maintenir à jour un étalonnage précis des données retransmises, un second instrument EIT a été construit à partir des éléments de rechange de celui

↓ L'Optical Monitor Camera (ESA)

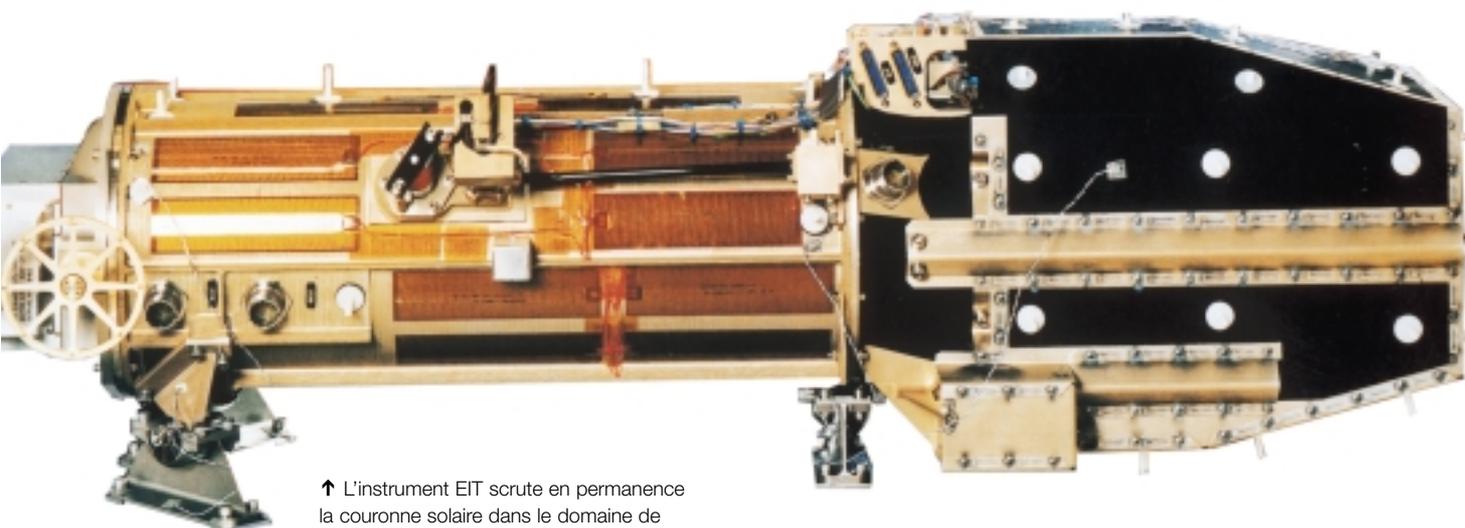


existant sur Soho et a été monté à bord d'une fusée sonde de la NASA. Cette mission, baptisée CALROC, permet d'assurer la recalibration du premier EIT grâce à des observations conjointes de la couronne solaire.

En 1995 le CSL et le laboratoire de physique atmosphérique et planétaire de l'Institut d'Astrophysique de Liège ont été sollicités par les scientifiques américains pour concevoir et réaliser l'expérience Far UV (FUV) embarquée à bord d'un satellite de la NASA. Cette mission, nommée IMAGE (Imager for Magnetopause-to-Aurora Global Exploration), étudie la réponse globale de l'environnement magnétique de la Terre aux changements dans le vent solaire. Le FUV observe depuis mars 2000 la haute atmosphère pour l'étude

des aurores boréales dans l'ultraviolet et travaille dans deux canaux spectraux qui permettent de discerner les aurores de protons des aurores d'électrons.

Enfin, et toujours dans les missions en cours et les réalisations du CSL, il faut citer l'Optical Monitor (OM) qui équipe le satellite XMM-NEWTON de l'ESA lancé en décembre 2000 et destiné à l'étude de l'état physique et de l'évolution des objets les plus chauds de l'Univers ainsi que l'étude de la dynamique des phénomènes les plus énergétiques qui s'y déroulent. Le télescope OM, coaligné aux autres télescopes X du satellite, fait des observations simultanées de l'espace dans le domaine visible et ultraviolet (150 nm à 50 nm). La Belgique a joué un rôle impor-



↑ L'instrument EIT scrute en permanence la couronne solaire dans le domaine de l'extrême ultraviolet. (CSL)

tant et à différents niveaux dans la réalisation de cet instrument puisque l'Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège a contribué à la définition de ses objectifs scientifiques et assure toujours le dépouillement de résultats de la mission, et que le CSL a dirigé dans ses installations les tests de qualification spatiale de l'engin ainsi que sa calibration optique. Du côté industriel, la société anversoise Sparnex a fourni ses deux alimentations et les sociétés OIP d'Oudenaarde et AMOS d'Angleur ont livré l'équipement de test optique au sol.

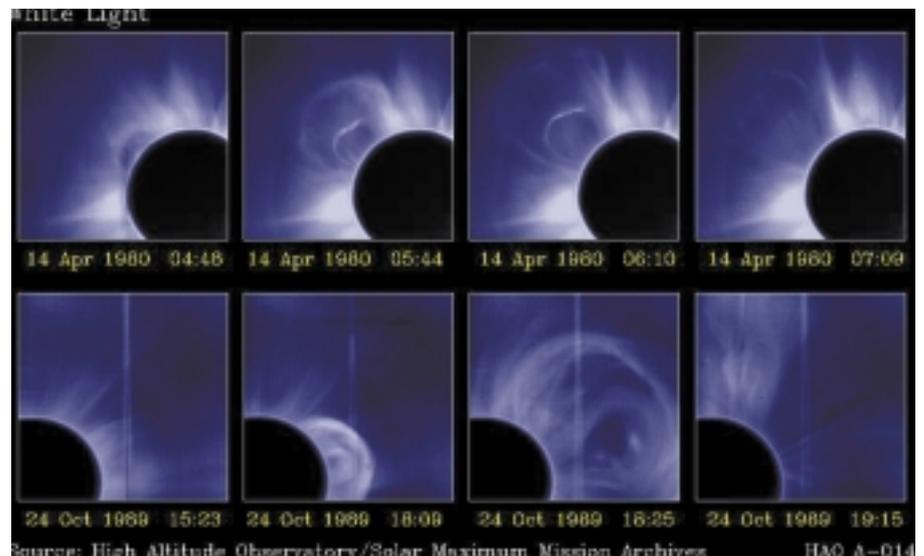
### Et les projets en cours

Au cours de l'année 2002 devrait être mis sur orbite l'observatoire astronomique européen INTEGRAL destiné à des observations de haute résolution spectrale et à de l'imagerie de haute résolution angulaire du ciel dans les ondes gamma. A son bord, l'Optical Monitoring Camera (OMC) observera l'émission visible des sources de haute énergie pointées par les instruments principaux du satellite. Le CSL est responsable du système optique complet: l'objectif à lentilles et le baffle optique, c'est-à-dire le système destiné à cacher la lumière parasite du soleil, et du mécanisme de porte qui s'ouvrira lorsque l'engin sera arrivé sur son orbite définitive.

Pour le successeur du satellite ISO, l'observatoire astronomique Herschel-Planck, le CSL est responsable du mécanisme cryogénique du Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS), un spectro-photomètre infra-rouge travaillant dans la gamme de longueurs d'onde 60-120 micromètres et dont la mission englobe la formation des étoiles et galaxies ainsi que l'univers lointain. "Quand on fait des observations à ces longueurs d'onde" explique Jean-Marc Defise, responsable du développement d'instruments scientifiques, "on cherche à éviter toute perturbation extérieure. En général, c'est l'instrument lui-même qui perturbe

les mesures par sa température et il faut donc le refroidir au maximum. C'est ainsi qu'il faut arriver à 2 ou 3 degrés... du zéro absolu !". En outre, le CSL est responsable de l'électronique de contrôle des mécanismes et détecteurs du plan focal ainsi que des harnais électriques. Ce projet occupe actuellement 6 à 7 personnes tant les problèmes qui se posent sont complexes et inhabituels comme par exemple le fonctionnement d'un simple roulement à billes à des températures cryogéniques.

Enfin, les chercheurs liégeois participent à la réalisation du télescope COROT destiné à des mesures d'astéro-sismologie et à la détection d'exoplanètes. Pendant 150 jours, de façon ininterrompue, il observera la luminosité des étoiles et, suivant ses variations, il fournira des informations sur son activité sismique et le passage (éventuel) d'exoplanètes. Ici encore, le CSL est en charge de l'étude et de la réalisation du baffle optique ainsi que de la porte. "Il s'agit d'un cylindre de 1,2 m de haut, 80 cm



↑ Ejections de matière coronale du Soleil. (NASA)

Dans le cadre de la mission américaine STEREO, le centre belge est en charge d'un imageur héliosphérique qui va observer les éjections de matière coronale du soleil dans la couronne solaire étendue. Baptisé Heliospheric Imagers (SECCHI/HI), cet instrument doit disposer d'un grand champ de vision puisqu'il englobe même la Terre, et être très sensible car plus on s'éloigne du soleil, plus les éjections sont faibles et donc deviennent difficiles à détecter sur le fond zodiacal. Travaillant en collaboration avec le Naval Research Laboratory américain et l'Université de Birmingham (Grande-Bretagne), le CSL est responsable des systèmes optiques, des baffles ainsi que des tests optiques.

de diamètre et qui doit peser moins de 15 kg alors que la porte qui doit s'ouvrir dans l'espace mesurera également 80 cm de diamètre et pèsera moins de 3 kg", précise Jean-Marc Defise. Ces deux éléments seront réalisés par l'industrie belge. Conjointement à ces travaux, une équipe scientifique de l'Institut d'Astrophysique de l'ULg se prépare à l'analyse des futures données de COROT.

Encore au stade de projets plus lointains, se profilent les missions Eddington et Darwin de l'ESA ayant pour objectif la détection d'exoplanètes et pour lesquelles il est déjà fait appel au savoir faire des chercheurs liégeois.

## Observation de la Terre

Si de nombreux tests sur des satellites d'observation de la Terre et des simulations d'objectifs (Terre ou étoiles) sont régulièrement réalisés au CSL, la conception d'un instrument spécifique lui a encore échappé mais... l'espoir demeure.

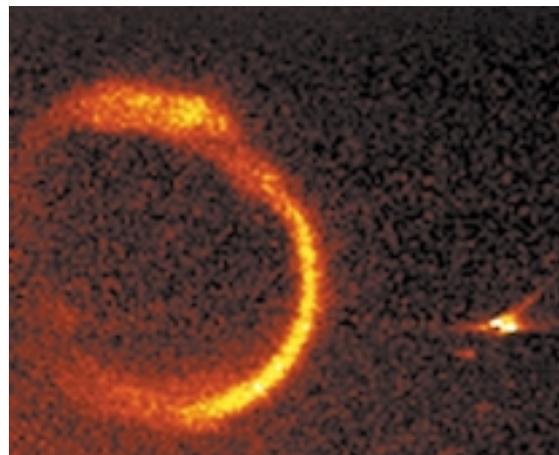
Parmi les activités de développements de moyens de tests au sol du centre, on relève les tests de Vegetation-I, l'instrument développé dans le cadre d'une coopération entre la France, la Belgique, la Suède et l'Union européenne, pour le compte du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales français) et l'Aérospatiale ainsi que la définition des tests optiques à effectuer pour caractériser et étalonner l'instrument. En outre, le CSL a effectué les modifications à apporter à Vegetation-II (qui sera monté sur la plateforme SPOT-5) à la lumière de l'expérience acquise sur Vegetation-I. Ceci concerne plus particulièrement la sphère intégrante, l'alimentation électrique et un système de monitoring de la stabilité de la luminance de la sphère.

Le CSL a également réalisé pour le compte de l'ESA et de l'Aérospatiale, les tests optiques (géométriques, radiométriques et spectrométriques) nécessaires pour caractériser l'instrument MERIS installé sur ENVISAT et, pour les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC), une étude destinée à rassembler les spécifications des scientifiques belges intéressés par un imageur hyperspectral, un instrument entrant éventuellement dans le cadre du programme PLEIADES. Enfin, il a étudié pour le compte de l'ESA en collaboration avec la société OIP, le système de calibration interne de l'instrument APEX (Airborne Prism Experiment), un spectro-imageur hyperspectral qui permettra à bord

d'un avion de faire des campagnes préparatives aux missions spatiales hyperspectrales.

Dans le domaine du traitement des images de la Terre fournies par les satellites équipés de radars, les activités du CSL se situent dans l'étude et la fourniture à l'ESA d'une famille d'algorithmes sous forme de logiciels et dans l'exploitation des images radar, l'interférométrie radar. A cette fin, le CSL dispose d'une chaîne complète de traitement d'interférométrie radar, développée dans le cadre du programme national de télédétection TELSAT. Cette expertise, unique en Belgique, a été mise à la disposition des utilisateurs scientifiques à travers diverses collaborations avec l'Université Catholique de Louvain, les Facultés Agronomiques et le Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux (sur le suivi du processus de croissance végétale dans une région agricole belge), avec la Vrije Universiteit Brussel (sur le suivi du déplacement des glaciers dans l'Antarctique), avec le Musée Royal de l'Afrique Centrale (pour des recherches géologiques) et avec l'Université Gent (en hydrologie). Depuis octobre 2000, dans le cadre d'un accord bilatéral entre la Belgique et l'Argentine, le CSL est responsable du développement de la chaîne complète de traitement et post-traitement des données radars du satellite argentin SAOCOM, dont le lancement est attendu en 2004.

Aujourd'hui, par ses relations avec les plus prestigieux centres de recherches européens et américains, par ses accords avec l'ESA et la NASA ainsi que par l'expertise acquise depuis quarante ans dans de nombreux domaines de haute technologie, le Centre Spatial de Liège jouit d'une renommée mondiale qui lui a ouvert les portes des Etats-Unis, de l'Australie en passant par l'Europe, la Russie, l'Argentine et l'Inde (réalisation d'un centre de tests)



↑ Aurores de protons observées par IMAGE. (NASA)

Pour en savoir davantage sur le CSL, consultez le site : [www.ulg.ac.be/csulug](http://www.ulg.ac.be/csulug)

Pour en savoir davantage sur les satellites, consultez les sites :

- l'Agence Spatiale Européenne (ESA) : [www.sci.esa.int](http://www.sci.esa.int)
- l'Agence Spatiale Américaine (NASA) : [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
- Centre Nationale d'Etudes Spatiales français (CNES) : [www.cnes.fr](http://www.cnes.fr)
- la société Aérospatiale : [www.aerospatiale.fr](http://www.aerospatiale.fr)
- la société Spotimage : [www.spotimage.fr](http://www.spotimage.fr)
- le télescope spatial : [www.stsci.edu](http://www.stsci.edu)
- l'observatoire du Soleil : [www.sci.esa.int/soho](http://www.sci.esa.int/soho)
- des SSTC : <http://telsat.belspo.be>

# 1973-2001

## Bilan d'un choix européen

*Bruxelles, 31 juillet 1973. A l'issue d'une conférence ministérielle marathon, dix pays européens jetaient les bases d'une nouvelle coopération spatiale en décidant la création d'une agence unique, l'ESA, et le développement du lanceur Ariane. Vingt-huit ans plus tard, les choix politiques à l'origine de ces décisions ont démontré leur justesse en favorisant le développement d'une industrie spatiale des lanceurs et des satellites non seulement en Europe mais dans le monde entier.*



↑ Jean-Marie Luton, Pdg d'Arianespace, en visite chez le constructeur Boeing dont 47 satellites ont été lancés par Ariane. (Arianespace)

Ariane est née d'un constat simple : le développement d'une industrie spatiale forte, en Europe en particulier, ne saurait être possible sans la maîtrise d'un accès autonome à l'espace. Au début des années 70, celui-ci restait encore largement l'apanage des grandes puissances. Le développement d'un secteur spatial ambitieux, principalement pour les télécommunications mais également pour l'observation de la Terre et des applications d'importance stratégique comme la météorologie ou la navigation, supposait de disposer d'une capacité de lancement propre, fiable, performante, disponible et compatible avec les ressources budgétaires. En un mot, il fallait que ce système de lancement soit compétitif.

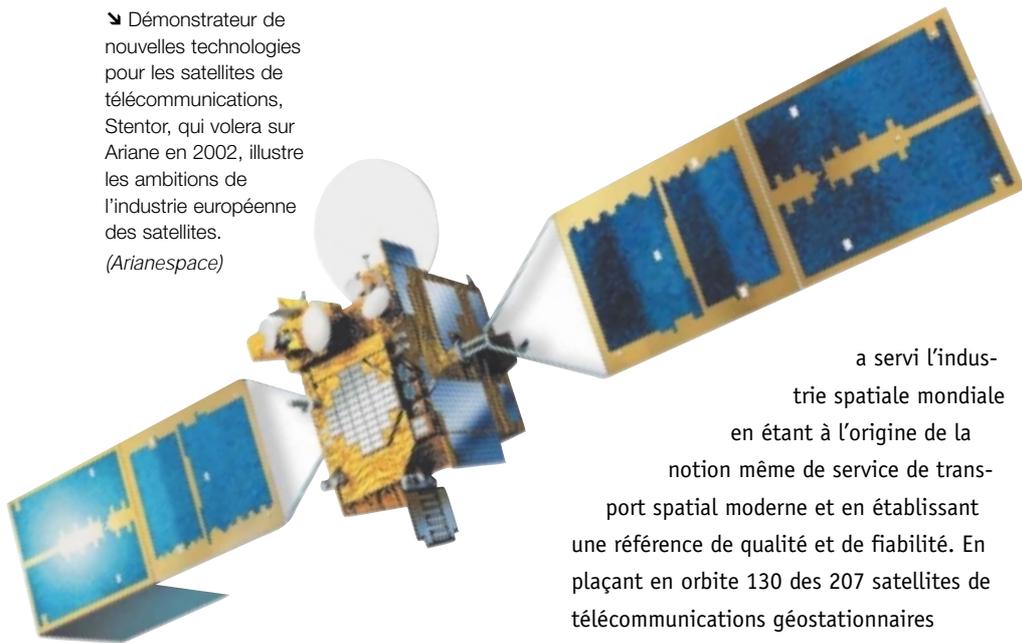
### Un lanceur à vocation mondiale

Au-delà de l'Europe, dès le début des années 70, plusieurs pays dont la géographie rendait difficile l'implantation de réseaux de communications terrestres se sont tournés

vers le satellite pour leur développement, comme le Canada en 1972 ou l'Indonésie en 1976. L'Inde, les pays de la Ligue Arabe ou le Brésil ont également entamé le développement ou l'étude de leur propre système avant la fin de cette même décennie. Pour tous ces projets, le développement d'Ariane représentait une diversification majeure de l'offre de lancement alors disponible avec comme corollaire, la mise en place de services réellement compétitifs. La création d'Arianespace, en 1980, vient concrétiser la volonté européenne de proposer ses services de lancements sur le marché mondial. Le succès remporté depuis lors par les lanceurs Ariane a largement démontré le bien-fondé de cette approche.

Grâce à l'offre commerciale d'Arianespace, 23 pays et 11 organisations internationales ont pu placer leurs satellites en orbite. De 1979 à 2001, 56 opérateurs et agences spatiales ont bénéficié des services des lanceurs Ariane.

↳ Démonstrateur de nouvelles technologies pour les satellites de télécommunications, Stentor, qui volera sur Ariane en 2002, illustre les ambitions de l'industrie européenne des satellites. (Arianespace)



### Un retour industriel exceptionnel

Le retour industriel a largement compensé les investissements consentis par les pays européens en 1973. Si l'on prend en compte l'ensemble des budgets gouvernementaux alloués au programme Ariane depuis l'origine jusqu'à Ariane 4, le retour industriel généré directement par ces programmes représente plus de quatre fois les sommes engagées. Mais se limiter à ce chiffre serait oublier l'ensemble des revenus induits par l'existence même d'Ariane. Sans lanceur européen, l'industrie européenne des satellites n'aurait vraisemblablement jamais pu connaître la croissance qui l'a amenée à générer en 2000 un chiffre d'affaires de plus de 1,5 milliard d'euros et à occuper une place enviée dans le secteur civil. Les constructeurs américains ont également pu bénéficier de la capacité de lancement européenne pour contrebalancer des systèmes nationaux contrôlés par leurs concurrents directs ou monopolisés par les services gouvernementaux.

Car, au-delà du développement d'une politique spatiale ambitieuse en Europe, Ariane

a servi l'industrie spatiale mondiale en étant à l'origine de la notion même de service de transport spatial moderne et en établissant une référence de qualité et de fiabilité. En plaçant en orbite 130 des 207 satellites de télécommunications géostationnaires actuellement en service, le système de lancement Ariane a largement contribué à l'émergence et la consolidation d'un secteur des télécommunications spatiales dont le chiffre d'affaires annuel, en croissance constante, dépasse les 50 milliards d'euros. Le succès des programmes européens en la matière, rendu possible par cet accès à l'espace, a permis la naissance en Europe d'opérateurs capables de faire jeu égal avec leurs concurrents internationaux.

### Une nécessité toujours actuelle

Au début des années 2000, la problématique de 1973 se pose à nouveau. Le tassement du marché des lancements, la restructuration des industries spatiales et la consolidation des opérateurs de satellites sont autant de facteurs susceptibles de limiter la diversité et l'indépendance des offres de services. Le maintien d'un service de lancement Ariane compétitif doit toujours être considéré comme un impératif stratégique pour garantir l'accès de l'Europe à l'espace. C'est aussi un facteur fondamental pour la poursuite du développement des industries spatiales et des télécommunications en Europe et dans le monde.



↑ Monique Wagner, chef de la section spatiale. (Arianespace)

“La Belgique et Ariane, c'est une longue histoire d'amour”, annonce d'emblée Monique Wagner, chef du Service de recherche et applications spatiales au sein du gouvernement belge. A l'origine du programme, ce pays est resté l'un des piliers du transport spatial européen. Rencontre...

Au regard des propositions en préparation pour le Conseil d'Edimbourg, il ne fait nul doute que la Belgique entend rester un fervent défenseur des programmes Ariane. En parfaite porte-parole de la volonté de son pays, Monique Wagner, chef de la section spatiale des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles, assène ses convictions : “Il nous faut achever le programme Ariane 5 Plus pour rester compétitifs, nous avons besoin du programme ARTA pour maintenir la qualité du lanceur et, si l'on considère les investissements consentis par Arianespace dans un secteur de plus en plus concurrentiel, nous devons manifester notre solidarité européenne si nous souhaitons garder un accès autonome à l'espace.”

### Ariane en héritage

En 1973, lors de la Conférence de Bruxelles, c'est le ministre belge Charles Hannin,

## Ariane et la Belgique

# L'amour et la raison

visionnaire, qui avait su concilier les ambitions contradictoires des "grands pays" européens et poser les bases de l'Europe spatiale moderne en faisant adopter les résolutions qui engageaient le programme Ariane, la coopération avec les Etats-Unis sur les vols habités et la création d'une filière de satellites de télécommunications. Vingt-huit ans plus tard, la Belgique peut, avec raison, s'enorgueillir de son héritage. "Ce qui était vrai en 1973 l'est toujours aujourd'hui", s'exclame Monique Wagner, même si les conditions générales ont évolué avec l'apparition de la dimension commerciale au sein du secteur spatial. "Aujourd'hui, nous devons assurer à Ariespace la possibilité d'être sur un pied d'égalité avec ses concurrents américains ou presque... Car il est évident que nous ne pourrions jamais atteindre les niveaux de financements consentis par le Pentagone. C'est pour cette raison que l'Europe doit au moins prendre à sa charge le financement des coûts fixes du Centre Spatial Guyanais et des infrastructures à Kourou."

### La carte de la solidarité

Le transport spatial reste un enjeu majeur pour la Belgique. D'où son soutien à Ariane 5 Plus, pour continuer à répondre aux besoins du marché, et les efforts de ses

industriels sur la réduction des coûts de production. Au-delà, il s'agit de réfléchir dès à présent sur "l'après Ariane 5", en identifiant et en développant les technologies qui seront nécessaires pour mettre en oeuvre les décisions de demain.

Concernant l'évolution du paysage industriel et les restructurations à venir, Monique Wagner considère que l'organisation actuelle doit être maintenue au moins jusqu'à la fin des développements en cours. "Toute réflexion sur une restructuration éventuelle du système Ariane ne pourra intervenir qu'après l'adaptation de la stratégie du transport spatial européen dont elle doit être l'outil, en vue de tenir compte de son évolution à long terme".

Pour la Belgique, quelle que soit l'organisation en charge du programme, elle ne doit jamais oublier de tenir compte de l'intérêt de tous les pays, – y compris les petits – qui ont largement investi dans Ariane. "Il faut que les grands pays européens jouent la carte de la solidarité et ne fassent pas passer les intérêts du système après leurs intérêts politiques propres." De l'avis de Monique Wagner, il n'y a qu'un seul credo : "Ariane passe avant tout."

(extrait du magazine e.space n° 170, novembre 2001, édité par Ariespace)

☛ Au-delà des télécommunications, Ariane a rendu possible en Europe l'éclosion d'applications d'une importance stratégique comme le support logistique aux vols habités avec l'ATV, l'observation de la Terre avec la filière Spot la veille environnementale avec Envisat et à l'avenir la navigation avec Galileo. (Ariespace)

## Actualités belges

### Premier *incubateur* européen de technologie spatiale

*"Du projet au concret: mettre en orbite des start-up nés du spatial"*: telle est l'ambition de Wallonia Space Logistics (WSL), qui a inauguré en juillet 2001 un "spatiopôle" dans le Parc scientifique du Sart Tilman à Liège. Ce premier incubateur européen de technologies nouvelles issu de retombées de la recherche spatiale a démarré en 1999 sous l'impulsion de l'Université de Liège. D'ores et déjà, WSL a permis l'éclosion de six PME innovantes qui misent sur les avancées technologiques pour développer de nouvelles activités économiques :

- *LASEA (Laser Engineering Applications)*, créée en 1999 par un ingénieur du Centre Spatial de Liège, réalise des solutions laser sur mesure aux problèmes industriels, comme des procédés de nettoyage d'équipements, des prototypes de systèmes de gravure...
- *Micromega Dynamics* met en oeuvre des systèmes d'amortissement actifs de vibrations pour le spatial ainsi que pour le transport et la construction.
- *EHP (Euro Heat Pipes)* exploite un développement technologique en physique des fluides de SABCA et du Service Chimie-Physique de l'Université libre de Bruxelles. (voir l'article sur EHP)
- *Open Engineering* se spécialise dans les logiciels de modélisation multi-physique et dans les codes de simulation pour des applications industrielles.
- *KeyObs* travaille sur l'imagerie spatiale, sur le traitement des données des satellites d'observation multispectrale et radar, sur la mise à jour rapide des systèmes d'information géographique (cartographie, géologie, géo-management...); il collabore avec le Centre Spatial de Liège et le MICA de l'Université de Liège.
- *Optrion* se réfère au savoir-faire de CSL en métrologie optique pour commercialiser une caméra holographique pour des contrôles de haute qualité et de grande précision, ainsi que ses composants qui sont les cristaux réfractifs et la fibre optique. Le capteur que cette nouvelle PME propose comme prestataire de services permet d'établir une cartographie des déformations de surfaces.
- *SVA (Special Vacuum Applications)*, avec le partenariat de la société AMOS de Liège, propose des services de développement et d'ingénierie autour des procédés de revêtements sous vide.

## Protection thermique dans l'espace : Euro Heat Pipes (EHP) à bord de l'ATV

Le parc industriel de Nivelles se met à l'heure spatiale avec la nouvelle infrastructure d'Euro Heat Pipes (EHP). Cette société a été créée en avril par l'Université Libre de Bruxelles (52 %), la SABCA (24 %) et Sokoval (24 %) pour exploiter une technologie performante de contrôle thermique pour les engins spatiaux. Son concept innovant de caloducs a été testé lors d'expériences technologiques dans

Expérience de caloduc à bord de la navette. (THP/SIC)

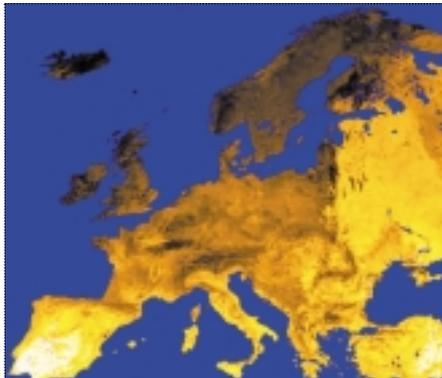


la navette. Le Microgravity Research Center (MRC), que dirige le Professeur Jean-Claude Legros de l'ULB et qui s'est spécialisé dans la physique des fluides en impesanteur, collabore depuis des années avec la SABCA dans l'étude et la mise au point de caloducs (heat pipes) ainsi que de boucles biphasiques (*capillary pump loops*, avec transfert de fluide d'évaporateur à condensateur). *"Nous avons amorcé cette collaboration sur le contrôle thermique pour réaliser une expérience à bord de la plate-forme Eureka qui a volé entre août 1992 et juillet 1993"*, explique le Professeur Legros. *"Aujourd'hui, nous sommes en mesure de produire des systèmes très performants de refroidissement des structures dans l'espace."*

La SABCA de Bruxelles a décidé de transférer à EHP l'activité de développement et de production de caloducs et de boucles biphasiques, avec le personnel et le savoir-faire, les brevets et les outils. Plusieurs modèles de boucles biphasiques de la SABCA vont équiper pour des démonstrations le satellite technologique français Stentor. Certains constitueront un radiateur déployable avec des conduits

flexibles et avec un évaporateur parallèle. *"Il s'agit de préparer la technologie destinée à la prochaine génération de satellites de forte puissance qui auront beaucoup d'énergie à dissiper"*, précise le Professeur Legros. Dans le cadre du Programme ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) de l'ESA, EHP a réalisé une boucle biphasique pour refroidir sur un mât un équipement laser destiné aux liaisons intersatellites.

Pour les opérations avec l'International Space Station, l'entreprise a obtenu un premier contrat de 3 millions d'euros pour fournir les prototypes des caloducs pour le système ATV (Automated Transfer Vehicle). *"Nous devons fournir pour l'été 2002 une cinquantaine de pièces de 2,1 m de long pour des essais de qualification. Les premières viennent d'être produites, sur base de spécifications décidées en décembre. Ce qui est assurément une belle prouesse pour une équipe qui a dû travailler jour et nuit."* EHP entend être bien placée pour obtenir le contrat des caloducs pour le lot de neuf ATV qui seront lancés entre 2003 et 2014 par des fusées Ariane 5 vers l'ISS.



(ESA)

## Des parlementaires européens veulent une *nouvelle Europe* dans l'espace

La 3<sup>e</sup> CIEE (Conférence Interparlementaire Européenne sur l'Espace), qui s'est tenue à Bruxelles les 24 et 25 septembre, a réuni des parlementaires de Belgique, de France, d'Espagne, d'Italie, de Norvège, du Royaume Uni et de Suisse.

Deux thèmes d'actualité ont marqué les travaux de cette CIEE sous la présidence belge : le rapprochement de l'Agence spatiale européenne, de l'Union Européenne et des agences spatiales nationales, ainsi que l'usage dual, civil et militaire, des systèmes spatiaux.

Dans une déclaration finale et en adoptant des résolutions, qui seront communiquées à leurs gouvernements et aux institutions européennes, les groupes parlementaires ont précisé des objectifs pour l'Europe spatiale :

- l'implication du Parlement européen et du Conseil européen dans la définition, l'adoption et la mise en oeuvre de la politique européenne pour l'espace;
- la nécessité d'une politique industrielle équilibrée qui tient compte des intérêts respectifs des maîtres d'oeuvres, des sous-systémiers et des équipementiers, avec une attention particulière aux petites et moyennes entreprises;
- la coopération spatiale internationale au service de la paix et du développement, notamment en collaboration avec la Russie et l'Ukraine;
- l'autonomie stratégique pour l'accès indépendant à l'espace, avec la pérennité de la filière Ariane grâce à la compétitivité de l'Ariane 5 dans ses versions améliorées;
- la nécessité d'une synergie accrue entre les activités civiles et militaires des systèmes spatiaux;
- l'adoption définitive, d'ici la fin de cette année, par les Conseils de l'Union Européenne et de l'ESA du programme Galileo de navigation par satellites, en complément du système américain GPS de nature militaire;
- le démarrage de l'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security)

dans le but de coordonner au niveau européen les moyens spatiaux d'étude de l'environnement et de surveillance de la sécurité.

**Michel PRAET,**  
Chef du Bureau  
ESA à Bruxelles,  
commente  
les travaux  
de la CIEE



Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 1999, Michel Praet est responsable du Bureau de liaison ESA avec l'Union Européenne à Bruxelles. Il est au coeur des négociations qui concernent le rapprochement des institutions européennes sur une politique spatiale commune. Aux côtés d'Armand de Decker, le président du Sénat belge, il a été un chaînon essentiel dans la réalisation de la 3<sup>e</sup> Conférence Interparlementaire Européenne sur l'Espace.

**Que peut apporter une telle conférence à l'Europe dans l'espace ?**

*Du côté exécutif, les gouvernements sont sensibilisés au thème spatial par les Conseils ministériels de l'Union et de l'ESA. Mais du côté législatif, chez les parlementaires, on est fort peu au courant des implications stratégiques des systèmes spatiaux. Les parlementaires veulent aider à orienter la politique spatiale commune, politique qui, si les Ministres le décident, pourrait être examinée durant le premier semestre de 2002 par un "Space Council" européen réunissant le Conseil Recherche de l'Union Européenne et le Conseil de l'ESA.*

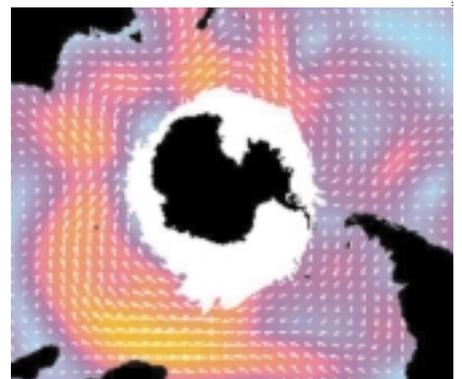
Des vents de surface autour de l'Antarctique vus par ERS-1. (ESA)

**Comment les parlementaires réagissent-ils à l'emploi dual des systèmes spatiaux au niveau européen ?**

*Ils ont souligné la nécessité d'une coopération plus forte entre les activités spatiales à des fins militaires et civiles... Les événements récents en font prendre conscience : la frontière entre le civil et le militaire devient de plus en plus floue. Le déplacement des populations est un drame humain d'ordre civil qui soulève des questions d'ordre environnemental. Mais c'est aussi un sujet lié à la sécurité commune qui peut provoquer des tensions géopolitiques. L'Europe a besoin de la composante spatiale pour ses missions à caractère humanitaire, le maintien de la paix, la gestion des crises. L'initiative GMES peut y aider.*

**Qu'en est-il de l'ouverture de l'Europe vers l'Est dans le domaine spatial ?**

*Les parlementaires ont estimé que l'Europe dans l'espace doit intensifier ses collaborations, notamment avec la Russie et l'Ukraine. Ils ont également souligné que la mise en oeuvre du lanceur russe Soyouz depuis Kourou devait être étudiée avec la plus grande attention, dans le souci de ne pas porter préjudice à la filière Ariane.*



## Actualités belges

### De l'accès à l'espace au *trafic* à Bruxelles

Quel pourrait bien être le point commun entre un lancement d'Ariane et une circulation de plus en plus dense dans la capitale européenne ? C'est Alcatel ETCA de Charleroi qui s'est spécialisée dans les équipements complexes de contrôle au sol de systèmes spatiaux. Elle a réalisé l'ensemble des bancs qui procèdent à l'examen minutieux de chaque Ariane avant l'envol avec la collecte et l'analyse, en temps réel, de milliers de paramètres. Alcatel ETCA a à Kourou une équipe d'ingénieurs et de techniciens qui assure la maintenance de ces équipements. "Forts de notre expérience dans la collecte rapide et le traitement immédiat des données, nous avons pu proposer un système efficace pour la gestion du trafic dans Bruxelles et en Wallonie", note Pierre Rousseau, directeur commercial d'Alcatel ETCA. Ce système en cours d'installation est implanté de façon progressive pour la Région de Bruxelles-capitale et pour la SRWT (Société Régionale Wallonne des Transports).

### Un avant-projet de *loi spatiale* en Belgique

Depuis plus d'un an, les SSTC travaillent sur un avant-projet de loi relative aux activités de lancements, d'opération de vol ou de guidage d'objets spatiaux. Ce projet s'inscrit dans un effort législatif commun à plusieurs Etats européens (France, Allemagne, Pays-Bas, Italie, etc.). Les objectifs de base d'une telle législation sont:

- la transposition en droit interne de certains engagements contractés dans le cadre des traités internationaux;
- la création d'un régime d'autorisation et de surveillance des activités portant sur l'opération d'objets spatiaux menées sous la juridiction de la Belgique par des opérateurs privés;
- l'institution d'une Commission de contrôle des activités spatiales.

En outre, à l'instar du système adopté dans le cadre de l'exploitation du lanceur Ariane, l'avant-projet de loi prévoit un recours de l'Etat à l'encontre de l'opérateur privé en cas de dommage causé par l'objet spatial. La possibilité de "plafonner" cette responsabilité de

l'opérateur est envisagée à certaines conditions de manière à lui permettre de s'assurer pour le risque encouru.

Enfin, l'avant-projet de loi traduit en droit interne les directives européennes en matière de protection de l'environnement. Il prévoit à cet égard que l'exploitation d'objets spatiaux (en particulier de lanceur) doit faire l'objet, à différents stades, d'une étude d'incidence prenant en compte le risque écologique spécifique à ce type d'activités.

L'avant-projet doit être finalisé au début de l'année 2002. Il sera alors présenté au Conseil des Ministres et au Conseil d'Etat avant d'être soumis au Parlement.

Pour toute information à ce sujet : contactez Jean-François Mayence SSTC - Service de recherche et applications spatiales e-mail: maye@belspo.be

## Initiatives belges de *services par satellites*



(ESA)

L'ESA a décidé de lancer une initiative en faveur des petites et moyennes entreprises qui veulent exploiter des technologies de l'information par satellites pour des applications Internet et multimédia, pour des services de navigation et avec les mobiles. L'emploi des satellites géostationnaires pour des liaisons du type VSAT (Very Small Aperture Terminal) est préconisé par des opérateurs belges. La société Belgacom, actionnaire d'Eutelsat, d'Intelsat et d'Inmarsat, commercialise de la capacité "à la demande" sur un satellite Hot Bird pour la transmission numérique à partir de sa station de Liedekerke (près de Bruxelles) en utilisant une station mobile du type SNG (Satellite News Gathering). Belgacom coopère avec la compagnie néerlandaise Aramiska pour réaliser un réseau européen de plusieurs milliers de terminaux interactifs en bande Ku, connectés par le satellite Atlantic Bird 2

d'Eutelsat. Le système Aramiska sera mis en oeuvre dès 2002 avec des terminaux "2Way-Sat" fournis par la société Newtec de Sint-Niklaas.

SpaceChecker à Louvain est une entreprise conjointe de Botcorp (Canada) et de SpaceCapital Services Investment (Belgique). Elle exploite une technologie développée avec le soutien de l'ESA pour proposer des liaisons bidirectionnelles SDS (Satellite Data Service) pour la messagerie et pour la navigation avec des bateaux et des camions. Elle utilise de la capacité sur les satellites géostationnaires Italsat F2/EMS, Gorizont/Volna à 11 degrés Ouest (Océan Atlantique) et Gorizont/Volna à 53°Est (Océan Indien). Elle a Telesat/TMI comme partenaire pour son service en Amérique du Nord. Elle prévoit l'emploi de deux satellites supplémentaires en 2002 pour une couverture globale.

<http://telecom.esa.int>

## Poster *Belgian Cities* seen from space

Une initiative des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC)

Dans un but de valorisation de l'utilisation des images satellitaires, et notamment des images fournies par la nouvelle génération de satellites équipés de capteurs à très haute résolution spatiale (de 4 à 1m), les Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC) ont publié le poster "Belgian cities seen from space". Ce poster, réalisé par le Laboratoire Surfaces de l'Université de Liège, montre des images en couleurs naturelles et à 1m de résolution de Bruxelles, Liège et Gent obtenues à partir d'images Ikonos.

Il s'inscrit dans le projet "City promotion", site internet visant à promouvoir ces trois villes sur le web par le biais de l'imagerie satellitaire: <http://www.geo.ulg.ac.be/eduweb/city-promotion/index.html>

### Utilisation des images satellites à très haute résolution spatiale

Avec le troisième millénaire, une ère nouvelle commence pour l'histoire de l'observation spatiale de la Terre. La nouvelle génération de satellites équipés de capteurs à très haute résolution spatiale – de 4 à 1 m – offre de nouvelles possibilités en matière de télédétection avec des images dont la qualité approche celle des photographies aériennes.

Les avantages de ces images sont nombreux : fréquence des prises de vue élevée – le nombre de satellites en orbite ne cessant d'augmenter –, enregistrement sous format numé-

rique directement exploitable par les systèmes d'information géographique, importance des superficies couvertes en une seule prise de vue, etc.

Aujourd'hui, l'utilisation des images à très haute résolution spatiale joue un rôle prépondérant dans des domaines tels que l'aménagement du territoire, la planification urbaine, le géo-mercatique, l'évaluation des risques et sinistres pour les compagnies d'assurance, etc.

La résolution spatiale de 1 m offerte par *Ikonos*, permet l'édition à grande échelle comme le 1/3 000 présenté sur le poster. En complément aux canaux enregistrés dans le spectre visible, le canal proche infrarouge s'avère utile dans les applications de suivi végétal.

Les images du poster sont le résultat d'une fusion intégrant à la fois les trois canaux du visible à 4 m et le canal panchromatique Noir et Blanc à 1 m. Le résultat obtenu est une image à 1 m en couleurs naturelles.

Pour toute information complémentaire, veuillez contacter l'EODesk SSTC, Rue de la Science, 8 1000 Bruxelles  
Tél. : 02/238 35 59 - e-mail: [eodesk@belspo.be](mailto:eodesk@belspo.be)

Le poster "*Belgian cities seen from space*" est mis gratuitement à disposition du public aux points de distribution suivants :

#### Bruxelles

**Office de Promotion du Tourisme Wallonie Bruxelles - Toerisme Vlaanderen**  
63, rue du Marché aux Herbes  
1000 Bruxelles  
Tél. : 02 504 03 90  
[info@opt.be](mailto:info@opt.be)  
<http://www.opt.be>



#### Planétarium de l'Observatoire royal de Belgique

10, avenue de Bouchout  
1020 Bruxelles  
Tél. : 02 474 70 50  
[rodrigo.alvarez@oma.be](mailto:rodrigo.alvarez@oma.be)  
<http://www.orb.be/PLANET/menu.html>

#### Bibliothèque de Géographie humaine Université Libre de Bruxelles

Campus de la Plaine  
Boulevard du Triomphe, Accès 5  
1050 Bruxelles  
Tél. : 02 650 50 68  
<http://www.ulb.ac.be/docs/campus/plaine.html>

#### Liège

**Université de Liège Département de Géomatique**  
Bâtiment de Physique – B5 (3<sup>e</sup> étage)  
17, allée du 6-Août  
4000 Liège  
Tél. : 04 366 57 45  
[city.promotion@geo.ulg.ac.be](mailto:city.promotion@geo.ulg.ac.be)  
<http://www.geo.ulg.ac.be>

#### Office du tourisme de la ville de Liège

92, Féronstrée 4000 Liège  
Tél. : 04 221 92 22  
[office.tourisme@liege.be](mailto:office.tourisme@liege.be)  
<http://www.liege.be>

#### Gent

**Universiteit Gent Vakgroep Geografie**  
Krijgslaan 281 (S8-D1) 9000 Gent  
Tél. : 32-9-2644709  
[Rudi.Goossens@rug.ac.be](mailto:Rudi.Goossens@rug.ac.be)  
<http://geoweb.rug.ac.be/>

#### Stad Gent

**CoördinatieDienst Dienst Informatietechnologie en GIS**  
W. Wilsonplein 1 9000 Gent  
Tél. : 32 9 266 73 09  
[margo.swerts@gent.be](mailto:margo.swerts@gent.be)



