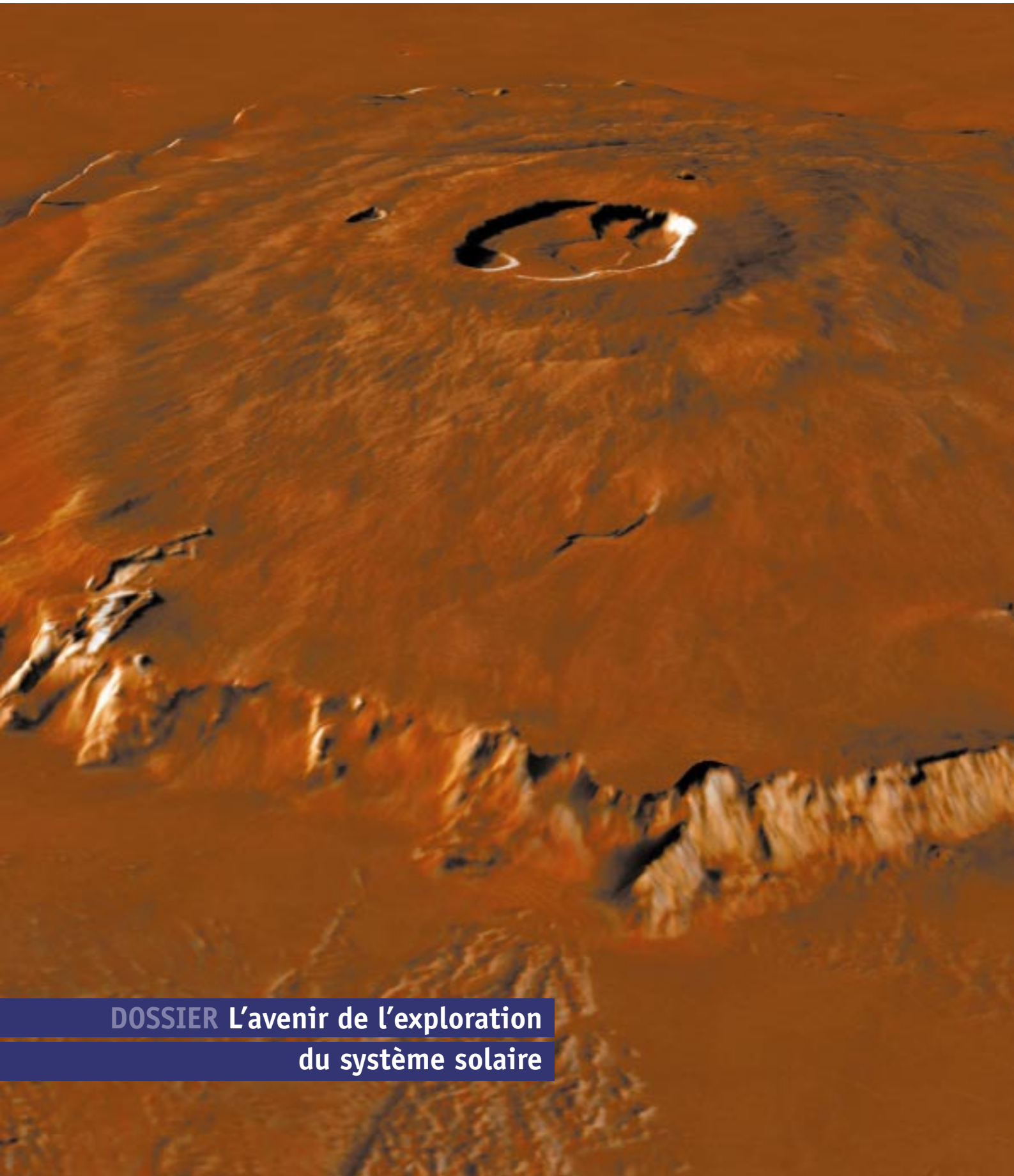


31

Avril 2000

SPACE CONNECTION



DOSSIER L'avenir de l'exploration
du système solaire

Sommaire



03 **Dossier:** L'avenir de l'exploration du système solaire

03 Introduction

04 Mars

- Nozomi
- Mars Surveyor 2001 Orbiter
- Mars Surveyor 2001 Lander
- Mars Express
- Mars Micromissions
- Mars Surveyor 2003 / Mars Sample Return

10 Jupiter

- Europa Orbiter

12 Mercure

- Messenger
- BepiColombo
- Planet-C

15 Saturne et Titan

- Cassini et Huygens

18 Pluton et la ceinture de Kuiper

- Pluto-Kuiper-Express

21 Planétoïdes et comètes

- Deep Space 1
- Stardust
- NEAP
- Muses-C
- Contour
- Rosetta
- Deep Impact

26 Coup d'œil sur un avenir plus lointain

30 **Actualités**

Numéro 31 Avril 2000

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 aux:



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

Service Information
8 rue de la Science
1000 Bruxelles
ou envoyez un e-mail à
dhae@belspo.be
<http://www.belspo.be>

Editeur responsable:

Ir. Eric Beka, Secrétaire général des Services fédéraux des affaires scientifiques, techniques et culturelles (S.S.T.C.)

Rédaction:

Service Information des S.S.T.C.
8, rue de la Science
B-1000 Bruxelles

Collaboration extérieure:

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

Coordination:

Patrick Ribouville

Gestion des abonnements:

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

Photo de couverture:

Vue du Olympus Mons par Mars Global Surveyor (NASA).

Introduction

L'avenir de *l'exploration* du système solaire

L'exploration du système solaire semble tout à coup s'accélérer. Après une accalmie dans les années 80, de nouvelles sondes d'exploration interplanétaire inhabitées sont lancées à tour de bras. Le mantra de l'agence spatiale américaine la NASA "meilleur, moins cher et plus rapide" a entraîné la construction de nombreuses sondes peu coûteuses, dont une au moins est lancée chaque année. C'est une rupture flagrante par rapport au passé. A l'époque, le programme spatial était dominé par des projets mégalomanes engloutissant des dizaines de milliards et se prolongeant durant plus de dix ans. Mais comme le démontre le double échec des deux sondes martiennes en 1999,



le "meilleur, moins cher et plus rapide" a des limites. L'objectif "plus rapide" et "moins cher" est déjà atteint, le "meilleur" pas encore. Il n'est probablement pas conciliable avec les deux autres, mais l'avenir nous le dira. Il apparaît néanmoins qu'un vent de renouveau souffle dans le monde de la conquête spatiale interplanétaire.

Ce dossier récapitule les principaux projets prévus par les diverses agences spatiales, mais surtout l'agence américaine, la NASA, et l'europpéenne, l'ESA. Les projets sont répertoriés par planète de destination, avec à chaque fois, une brève

description de la planète et des principales questions auxquelles la science espère pouvoir répondre au cours des prochaines années. Les missions d'étude du Soleil et de la Lune ne sont ici pas abordées, puisqu'une large part des deux prochaines éditions de Space Connection leur sera consacrée.

Notre attention se concentre sur des projets en maturation ou ceux qui ont déjà des formes concrètes et dont, dans la plupart des cas, le financement a été adopté ou le sera presque certainement dans un proche avenir. Le dernier paragraphe qui aborde l'avenir des prochaines générations des missions de reconnaissance évoque aussi brièvement les projets au stade de la préétude ou dont le financement demeure incertain. Il reprend également les propositions de missions de reconnaissance inhabitées au-delà de notre système solaire, premiers pas hésitants de l'homme vers les étoiles...

Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

La planète rouge fascine depuis des siècles. A la fin du dix-neuvième siècle, quelques astronomes pensaient distinguer des "canaux" à la surface de Mars. Ils tissèrent toute une théorie à propos d'une planète victime de désertification, peuplée d'habitants intelligents ayant aménagé un gigantesque réseau de canaux pour répartir efficacement l'eau devenue rare sur les terres agricoles. Ces fameux canaux se sont ensuite avérés être des illusions optiques. Lorsque les premières sondes spatiales ont photographié Mars de près, la surface de la planète est apparue comme un désert aride, mort, sec et glacial, à l'atmosphère ténue. Les deux atterrisseurs américains Viking n'ont découvert aucune vie dans le sol de Mars.

Carte d'identité

MARS

Eloignement moyen du Soleil • 228 millions de kilomètres

Révolution sidérale • 1,88 an

Durée de rotation • 24 heures 37 minutes

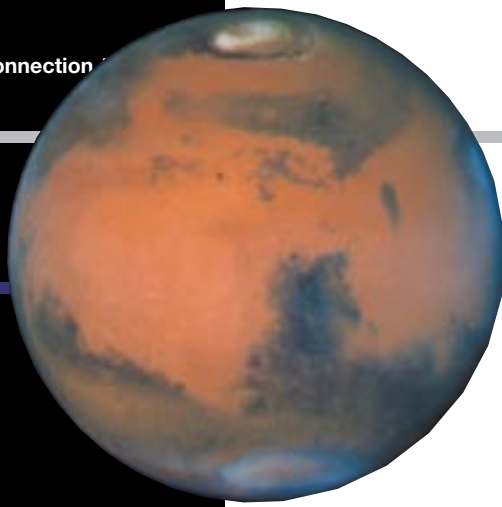
Diamètre • 6794 kilomètres

Masse • $6,4 \times 10^{23}$ kg (0,107 fois la masse de la Terre)

Vitesse cosmique • 5,0 km/s

Densité moyenne • 3940 kg/m³

Température • de -140°C à +20°C



Mars

D'autres indices surprenants montrent qu'à une époque reculée, Mars bénéficiait d'un climat nettement plus agréable. Des photos prises en orbite révèlent des lits de rivières asséchés qui semblent indiquer la présence d'eau sur Mars. Certains géologues prétendent qu'un gigantesque océan aurait existé sur Mars.

Ces découvertes ont transformé Mars en cible favorite des chercheurs sur la piste de traces de vie extraterrestre. La planète est aujourd'hui morte et abandonnée, mais la vie s'y est peut-être épanouie il y a plusieurs centaines de millions d'années. Il reste peut-être des traces fossilisées de cette vie antérieure. Il y a quelques années, on a même pensé retrouver des fossiles de micro-organismes martiens dans un météorite provenant de Mars et découvert en Antarctique. Les indices de microfossiles dans ce météorite n'ont cependant pas réussi à convaincre la plupart des experts.

Des scientifiques affirment que toute trace de vie n'a pas nécessairement disparu de Mars. Ils pensent que l'eau qui à l'époque coulait en abondance, est à présent dans le sous-sol, probablement sous forme de glace. Il n'est nullement exclu de retrouver des micro-organismes vivants profondément enfouis dans le sol, à l'instar des organismes unicellulaires présents dans le sol de notre planète.

Tous les deux ans, des circonstances favorables au lancement de sondes martiennes se présentent. La NASA a l'intention d'exploiter chacune de ces 'fenêtres de tir' et d'envoyer dès lors, dès 2001, tous les deux ans, des explorateurs inhabités vers la planète rouge. En 1999, deux sondes martiennes ont toutefois échoué : Mars Climate Observer et Mars Polar Lander. Une commission d'enquête a été mise en place après ces échecs et il a été envisagé de revoir les plans des futurs explorateurs. Les conclusions ne sont pas encore connues. Il est par conséquent possible que les missions martiennes décrites ici, et notamment celle de 2001, soient revues, voire annulées.

Nozomi (Planet B) (Japon)

Le petit explorateur spatial japonais Nozomi (appelé 'Planet B' avant le lancement) se dirige vers Mars depuis 1998 et devrait y arriver au début de 2004. L'arrivée était initialement prévue pour 1999, mais une panne l'a retardée. Nozomi aurait dû s'élancer vers Mars après avoir, à plusieurs reprises, exploité la pesanteur de la lune et de la Terre. Mais lors d'un passage près de la Terre,

↑ Vue de Mars prise par Hubble Space Telescope (David Crisp / WFPC2 Science Team [Jet Propulsion Laboratory / California Institute of Technology])

← Vue du volcan du Olympus Mons par Viking 1 (NASA)

↓ Cratère sur l'hémisphère sud de Mars (NASA)





le 18 décembre 1998, une valve d'un moteur de fusée de Nozomi s'est bloquée. De grandes quantités de carburant ont été perdues à cette occasion et la sonde était incapable de poursuivre son voyage comme prévu. Un scénario d'urgence a été mis au point pour qu'elle puisse atteindre Mars après trois révolutions autour du Soleil et deux passages au large de la Terre.

Dès son arrivée, Nozomi sera mise en orbite autour de Mars. La sonde doit étudier les couches supérieures de l'atmosphère et l'interaction de l'atmosphère avec le vent solaire. Nozomi photographiera également la surface de Mars. A condition, bien entendu, que tous les instruments de bord aient survécu à ce voyage plus long que prévu.

Le projet Nozomi a coûté cent millions de dollars. En dehors de l'ISAS, l'agence spatiale japonaise, des organisations et instituts des USA, du Canada, d'Allemagne, de France et de Suède ont également participé au projet.

Mars Surveyor 2001 Orbiter (NASA)

Le Mars Surveyor 2001 Orbiter doit – sauf modification du programme après l'échec des deux sondes martiennes en 1999 – effectuer une analyse minéralogique détaillée du sol de Mars. Le véhicule servira aussi de station relais pour les communications avec *Mars Surveyor 2001 Lander* et d'autres futurs atterrisseurs martiens. Le lancement est provisoirement fixé au 30 mars 2001, avec une fusée Delta II et l'arrivée est prévue le 20 octobre 2001. Le vaisseau sera placé sur une orbite polaire à quatre cents kilomètres d'altitude.

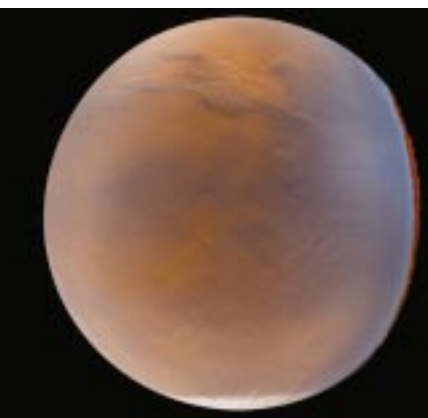
Les instruments à bord sont le *Martian Radiation Environment Experiment (MARIE)*, le *Thermal Emission Imaging System (THEMIS)* et le *Gamma-Ray Spectrometer (GRS)*. MARIE mesurera la quantité et la nature des rayons ionisants de Mars - élément intéressant pour d'éventuelles missions habitées vers la planète. THEMIS, à l'aide d'une caméra à haute résolution et d'un spectromètre infrarouge composant des images, doit étudier la minéralogie de la surface. Le GRS identifiera les éléments chimiques présents en surface et mesurera la quantité d'hydrogène présente dans les couches supérieures du sol (indice quant à l'éventuelle présence d'eau ou de glace). Le Mars Surveyor 2001 Orbiter devrait fonctionner trois ans minimum.

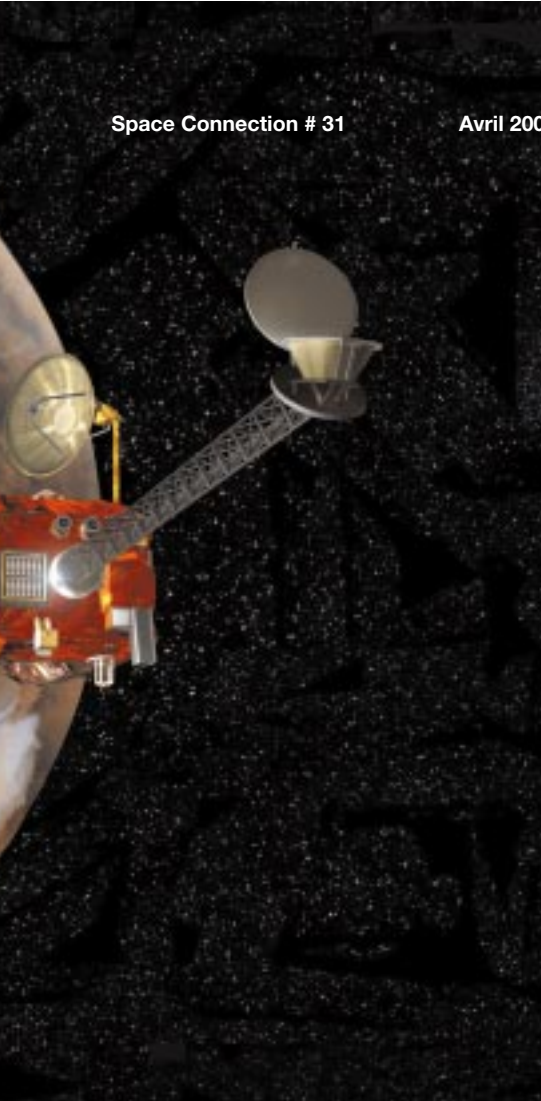
Mars Surveyor 2001 Lander (NASA)

Le Mars Surveyor 2001 Lander doit être lancé le 10 avril 2001 et atterrir sur Mars le 22 janvier 2002. Le sort de ce projet est néanmoins très incertain après l'échec en 1999,

↑ Nozomi (ISAS)

↓ Mars et la "Valles Marineris" qui s'étend sur plus de 4000 km (NASA)





de Mars Polar Lander. La conception du Mars Surveyor 2001 Lander présente de nombreuses similitudes avec le malheureux Mars Polar Lander. Ils disposent notamment du même système d'atterrissage, avec fusées propulsées pour freiner la descente. Le mauvais fonctionnement de ce système est l'une des causes éventuelles de l'accident de Mars Polar Lander.

Le Mars Surveyor 2001 Lander doit principalement étudier la faisabilité d'une mission habitée vers Mars. Des photos de Mars seront prises durant l'atterrissage par le *Mars Descent Imager (MARDI)*. *Mars Radiation Environment Experiment (MARIE)* mesurera l'intensité et la nature des rayons ionisants sur Mars (pour compléter celles de l'instrument homonyme du Mars Surveyor 2001 Orbiter). Des informations sur ces rayonnements sont précieuses pour d'éventuels vols habités à destination de la planète. La *Panoramic Camera (PanCam)* photographiera le site d'atterrissage. Le petit *Thermal Emission Spectrometer (Mini-TES)*

étudiera la composition de l'environnement. Le Mars Environment compatibility Experiment (TECA) devra vérifier si le sol martien et les poussières en surface sont toxiques pour l'homme. Le *Mars In-Situ Propellant Production Experiment (MIP)* doit examiner la possibilité de produire du carburant pour fusée sur Mars (lors d'une éventuelle mission habitée, le carburant produit sur Mars serait utilisé pour le retour sur Terre). L'ensemble de ces expériences a été baptisé *Athena Precursor Experiment (Apex)*. Un petit cadran solaire est également présent à bord.

Mars Express (ESA)

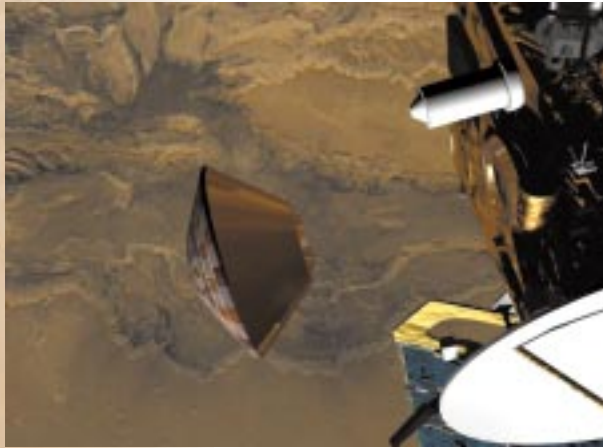
Mars Express est la première mission européenne vers la planète rouge. C'est également l'une des premières missions de l'ESA placée sous l'adage de la NASA "meilleur, moins cher et plus rapide". Mars Express est composé d'un orbiteur chargé d'étudier la planète et d'une petite sonde d'atterrissage. Le lancement par une fusée russe Soyouz est prévu pour le 1^{er} juin 2003 et l'arrivée, pour le 25 décembre 2003. Le budget du projet est de 150 millions d'Euros (six milliards de francs).

Les instruments de bord du Mars Express Orbiter seront les suivants : l'*Observatoire pour la minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité (OMEGA)*, spectromètre composant des images dans la lumière visible et le proche

← Mars Surveyor 2001 Orbiter
(NASA-JPL)

↑ Mars Surveyor 2001 Lander
(NASA-JPL)

Vue d'un cratère interne prise par Mars Orbiter Camera (NASA/JPL/Malin Space Science Systems)



infrarouge, chargé d'étudier le sol martien. Le *Planetary Fourier Spectrometer (PFS)* et *Spectroscopic Investigation of the Characteristics of the atmosphere of Mars (SPICAM)*, spectromètres ultraviolet et infrarouge qui étudieront l'atmosphère. Le *Mars Advanced Radar for subsurface and ionospheric sounding (MARSIS)* peut, grâce à des ondes radio pénétrant le sol, détecter la présence éventuelle d'eau et de glace dans le sous-sol. L'*Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms (ASPERA)* étudiera l'ionosphère de Mars et son interaction avec le vent solaire. Le *Mars Radio Science Experiment (MARS)* étudiera l'atmosphère et l'ionosphère de Mars. La *High Resolution Stereoscopic Camera (HRSC)* doit livrer les images les plus nettes jamais obtenues de la surface de Mars. Depuis une orbite, l'appareil sera capable d'effectuer des clichés avec une résolution supérieure à un mètre. Cela suffit pour pouvoir observer en principe les instruments débarqués sur Mars, comme par exemple les engins américains Vikings, Pathfinder et Mars Surveyor 2001 Lander, ou l'épave du Mars Polar Lander accidenté.

La minisonde d'atterrissage de soixante kilogrammes de Mars Express a été baptisée *Beagle 2* (d'après le nom du bateau avec lequel Charles Darwin a parcouru le monde). L'atterrisseur dispose d'un chromatographe à gaz et d'un spectromètre de masse pour analyser la composition du sol,

→ La constellation Mars Network (NASA-JPL).

d'un bras automatique pour prélever des échantillons du sol, de caméras, d'un microscope, de spectromètres Mössbauer et à rayons X et de senseurs pour enregistrer les conditions du lieu d'atterrissage. Beagle 2 est un projet britannique. Son financement (25 millions de livres) n'est pas encore bouclé. Le gouvernement britannique a déjà concédé 5 millions de livres; pour le solde, un appel est lancé aux sponsors privés. Le groupe pop britannique *Blur* soutiendra le projet et a enregistré la chanson 'Beagle 2' qui sera amenée sur Mars par l'atterrisseur.

Mars Micromissions (NASA, CNES)

Dès 2003, en collaboration avec l'agence spatiale française CNES (Centre National d'Études Spatiales), la NASA veut régulièrement envoyer des *micromissions* petites et bon marché vers Mars, pour compléter les grands explorateurs martiens. La NASA fournit le véhicule, le CNES assure le lancement. Ces micromissions coûteraient chacune à peine vingt à cinquante millions de dollars et seraient lancées par des fusées européennes Ariane 5 au titre de charge "additionnelle", en même temps qu'un satellite commercial de communications.

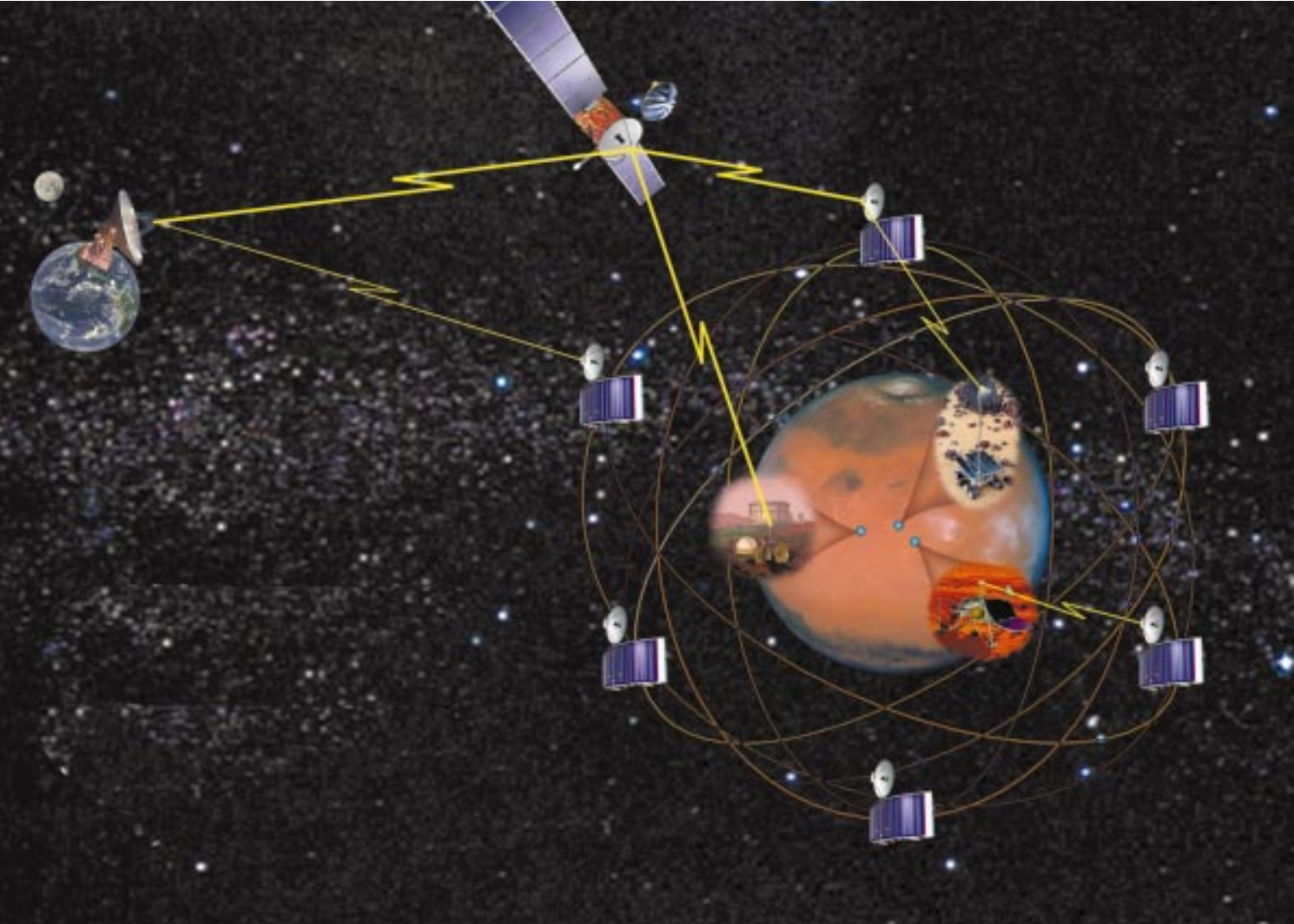
La première micromission sera un satellite de communications autour de Mars pour faciliter les communications avec d'autres explorateurs martiens inhabités. Le satellite émettra aussi des signaux pouvant être utilisés pour la navigation sur et autour de Mars, comme les signaux des satellites de navigation GPS sur Terre. Le satellite de communications devrait être lancé au printemps 2003.

Pour les micromissions suivantes, on envisage la construction d'un petit avion adapté à l'atmosphère ténue de Mars. Ce projet aurait dû démarrer en 2003 (pour commémorer le premier vol des frères Wright), mais a

↑ Le Beagle 2 quitte Mars Express (Beagle2)

↓ Le Beagle 2 avec panneaux solaires déployés (Beagle2, voir aussi www.beagle2.com)





depuis lors été ajourné. D'autres options sont des satellites de communications et de navigation supplémentaires, un ballon et des réseaux de stations de mesure sismique et météorologique sur Mars.

Mars Surveyor 2003-2005 / Mars Sample Return (NASA, CNES)

En 2003, la NASA et le CNES (France) comptent lancer un ambitieux et complexe programme destiné à ramener des échantillons du sol martien sur Terre. Les plans décrits ci-dessous seront peut-être amendés à la suite de l'échec en 1999, de Mars Climate Observer et de Mars Polar Lander.

Selon les plans provisoires, un premier engin américain, *Mars Surveyor 2003 Lander*, devrait atterrir en douceur sur Mars pour y prélever des échantillons. L'atterrisseur sera équipé d'une foreuse construite par plusieurs pays européens et capable de creuser jusqu'à cinq mètres. Une voiturette automatique sera aussi déployée sur Mars (d'une

conception plus perfectionnée que celle des véhicules de Mars Pathfinder et Mars Surveyor 2001 Lander) et recueillera des échantillons du sol.

Ces échantillons seront rassemblés dans une capsule ayant une capacité d'une quarantaine de pièces. Cette capsule de trente à soixante kilogrammes sera ensuite projetée en orbite autour de Mars par le MAV (*Mars Ascent Vehicle*), petite fusée à trois étages alimentée par du carburant solide et dérivée d'une ancienne fusée de la marine américaine. La capsule, équipée d'une balise radio, attendra d'être récupérée par une sonde française qui sera lancée en 2005 par une Ariane 5. En orbite autour de Mars, elle effectuera une *manoeuvre de rendez-vous* avec la capsule et la ramènera sur Terre. En 2005, en même temps que cet engin du CNES, quatre petits atterrisseurs martiens seront lancés ('Netlanders'), ainsi qu'un nouvel atterrisseur américain (Mars Surveyor 2005 Lander), qui prélèvera à nouveau des échantillons du sol et les propulsera en

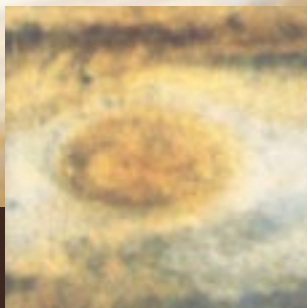
orbite autour de Mars d'où, (avec les échantillons de 2003), ils seront rapatriés sur Terre. La capsule et ses échantillons devraient atterrir sur Terre en avril 2008. La capsule sera conçue pour supporter un atterrissage violent, éventuellement dans le désert australien. La NASA tient à manipuler les échantillons avec la plus grande précaution pour éviter que d'éventuels micro-organismes martiens dangereux ne contaminent la Terre, même si ce risque est minime.

A condition de trouver l'argent nécessaire, le scénario pourra être répété avec de nouveaux atterrisseurs lancés en 2007 et 2009 et un lancé en 2009, par une fusée américaine pour ramener des échantillons du sol sur Terre. Cette deuxième série d'échantillons arriverait sur Terre en 2012. Les Etats-Unis prévoient pour l'instant un budget de deux milliards de dollars pour la première phase du programme *sample return*, tandis que la France prévoit un budget de deux milliards et demi de francs français.

Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

Jupiter et ses satellites

Jupiter est la plus grande planète du système solaire. Elle est principalement composée de liquides et de gaz entourant un noyau relativement petit. A elle seule, Jupiter a une masse supérieure à celle de toutes les autres planètes réunies.



Elle a déjà reçu plusieurs visites de sondes spatiales venant de la Terre, la plus récente étant celle de la sonde américaine Galileo qui a étudié la planète et ses satellites durant des années. La planète est caractérisée par des phénomènes atmosphériques d'envergure, comme la *Grande Tache rouge*, un tourbillon qui fait rage depuis des siècles et dont l'ampleur dépasse les dimensions de la Terre.

Outre une série de petits satellites, Jupiter en compte quatre grands, les fameux satellites galiléens, qui sont pratiquement des planètes. Il s'agit d' *Io*, *Europe*, *Ganymède* et *Callisto*. *Io* est le plus proche de Jupiter et se caractérise par une intense activité volcanique. *Europe*, le plus petit satellite, est un monde gelé. La surface est entièrement recouverte de glace sillonnée de crevasses. Sous la glace pourrait se trouver un océan d'eau. Pour certains scientifiques, *Europe* est l'endroit où pourraient être découvertes des traces de vie extraterrestre. Au cours des prochaines années, la NASA espère pouvoir vérifier l'exactitude de cette théorie. *Ganymède* et *Callisto* sont aussi lar-

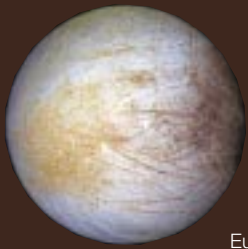


Io (NASA-JPL)

gement recouverts de glace, mais la couche y est probablement plus épaisse (si un océan existe, il sera plus difficile à atteindre) ; ils sont également couverts de poussières et de débris d'impacts.

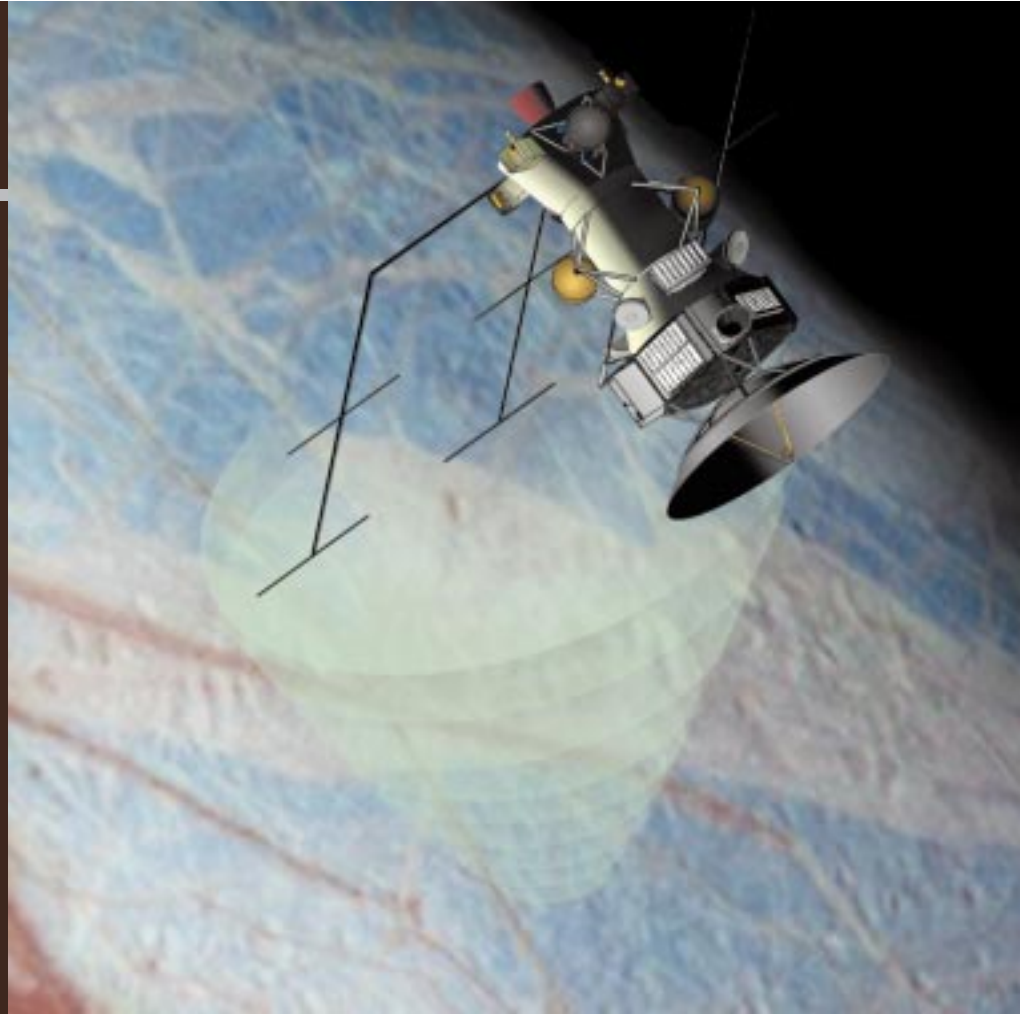
Europa Orbiter (USA)

Depuis une orbite autour du satellite *Europe*, l'*Europa Orbiter* doit vérifier si, sous la couche de glace d'*Europe*, se dissimule effectivement un océan d'eau. Si c'est le cas, à quelle profondeur se trouve-t-il sous la glace. Le projet n'a pas encore été approuvé par le Congrès américain, mais il bénéficie du soutien total de la direction de la NASA.



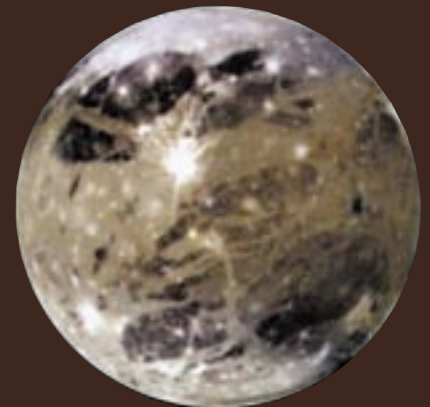
Europa (NASA-JPL)

Au vu des photos de la surface d'Europa réalisées par Galileo, certains scientifiques supposent qu'à certains endroits, l'épaisseur de la glace ne dépasse pas un kilomètre. Cela devrait permettre de forer. L'Europa Orbiter doit mesurer l'épaisseur de la glace à l'aide d'une espèce de radar. Il émettra des ondes radio de très grande longueur, capables de pénétrer la glace de plusieurs kilomètres. L'analyse des échos reçus révélera à quelle profondeur se situe la limite entre la glace et l'eau, pour autant qu'elle existe. D'autres instruments doivent effectuer le relevé cartographique détaillé d'Europa, avec une résolution de cent mètres, afin d'étudier la 'géologie glaciaire' du satellite glacé de Jupiter et d'identifier éventuellement un site d'atterrissage approprié. Un altimètre laser serait utilisé pour établir très précisément la cartographie du relief d'Europa et l'étude de l'orbite de l'Europa Orbiter devrait permettre aux scientifiques d'étudier le champ gravitationnel d'Europa et de compléter ainsi les connaissances sur la structure interne des satellites de Jupiter.



Europa Orbiter (NASA/JPL)

Selon les plans provisoires, l'Europa Orbiter serait lancé en novembre 2003 par une fusée porteuse ou depuis une navette spatiale. Le voyage vers Jupiter durerait trois ou quatre ans. Après une année de manoeuvres à proximité de Jupiter, la sonde serait placée en orbite à deux cents kilomètres au-dessus d'Europa. D'après les estimations, l'orbiteur n'y fonctionnerait qu'un mois, l'intense rayonnement à proximité de Jupiter endommageant gravement l'électronique de bord. Le prix de l'Europa Orbiter pesant 950 kilogrammes est évalué à près de douze milliards de francs.



Ganymède (NASA-JPL)



Callisto (NASA-JPL)

Carte d'identité

JUPITER

Eloignement moyen du Soleil • 778 millions de kilomètres

Révolution sidérale • 11,9 an

Durée de rotation • 9 heures 50 minutes

Diamètre • 143 000 kilomètres

Masse • $1,9 \times 10^{27}$ kg (318 fois la masse de la Terre)

Vitesse cosmique • 59,5 km/s

Densité moyenne • 1330 kg/m³

Température • moyenne -110°C

Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

Mercur est à une unité près, la plus petite planète du système solaire et la planète la plus proche du Soleil. L'intense rayonnement solaire du côté jour fait grimper la température jusqu'à 430°C, assez pour faire fondre des métaux comme le plomb et le zinc.

Mercur

← Mercur vue par Mariner 10
(NASA/National Space Science Data Center)

L'atmosphère de Mercur est insignifiante. Sa surface est parsemée de cratères, donnant à la planète l'aspect d'une version agrandie de la Lune. Des météorites peuvent tranquillement atteindre la surface sans se consumer par frottement avec l'atmosphère et creuser un cratère.

L'absence d'atmosphère provoque de grands écarts thermiques entre la face éclairée et la non éclairée. La nuit, la température descend à -170°C. Certains chercheurs soupçonnent la présence de glace sur Mercur, probablement dans des cratères plongés en permanence dans l'obscurité. Des indices (mais non des preuves !) de la présence de glace ont été révélés par l'analyse des échos radar réfléchis par la planète. Vérifier si la glace est effectivement présente sur Mercur, l'une des planètes les plus brûlantes du système solaire est l'une des missions les plus originales des futurs explorateurs.

La naissance de Mercur est l'un des autres mystères à éclaircir. En dépit de ses dimensions réduites, la planète présente une masse relativement grande. Cela indique une densité moyenne élevée et la présence probable d'un gros noyau de fer et de métaux

Carte d'identité

MERCURE

Eloignement moyen du Soleil • **57,9 millions de kilomètres**

Révolution sidérale • **88 jours**

Durée de rotation • **58,6 jours**

Diamètre • **4879 kilomètres**

Masse • **3,30 x 10²³ kg** (0,055 fois la masse de la Terre)

Vitesse cosmique • **4,3 km/s**

Densité moyenne • **5430 kg/m³**

Température • **moyenne nocturne -170°C**
moyenne diurne +350°C, max. +430°C

lourds. D'après les estimations, le noyau de fer représente 75 pour cent du diamètre de la planète. Par comparaison : pour la Terre, ce chiffre n'est que de 55 pour cent. Le mystère persiste quant à l'origine de ce noyau géant. Une théorie affirme qu'à l'origine, la planète était plus grande que maintenant, mais que peu après sa naissance, elle a été impliquée dans une terrible collision. Une grande partie de ses couches extérieures aurait été emportée dans l'espace, laissant le noyau intact.

Mercure est difficile à observer depuis la Terre, car elle est toujours à proximité du Soleil. Peu de sondes spatiales lui ont rendu visite. Seule la sonde américaine Mariner 10 a survolé plusieurs fois Mercure en 1974. Une carte complète de la planète n'existe pas encore. Mais le mystère de Mercure devrait bientôt être percé. Les Etats-Unis, le Japon et l'Europe travaillent chacun à un explorateur inhabité pour cette planète.

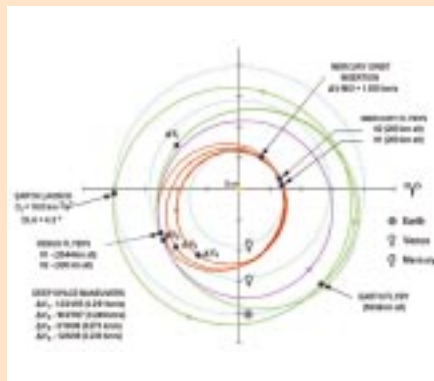
Messenger (USA)

Au printemps 2004, la sonde américaine Messenger sera la première mission prévue à quitter la Terre pour Mercure. En route vers Mercure, l'explorateur inhabité survolera Vénus à deux reprises pour profiter de la pesanteur de cette planète et frôlera ensuite deux fois Mercure en janvier et octobre 2008. La sonde devrait arriver en orbite autour de Mercure le 30 septembre 2009. Depuis cette orbite, Messenger étudiera la planète pendant une année.

'Messenger' signifie *Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging*. Le budget du projet est de 286 millions de dollars (environ dix milliards de francs) et est dirigé par le laboratoire de physique appliquée de la *Johns Hopkins University*, où l'engin sera construit. Le chef de projet est le scientifique Sean Solomon du *Carnegie Institute* de Washington. Le projet Messenger

s'inscrit dans le programme Discovery, série d'explorateurs spatiaux relativement bon marché. Lunar Prospector qui a décelé des indices de présence de glace sur la Lune et la sonde NEAR qui a visité les planétoïdes Mathilde et Eros sont deux exemples de précédentes missions Discovery.

Du côté toujours exposé au Soleil, Messenger est protégée de l'intense rayonnement solaire par un bouclier réfléchissant. L'énergie est fournie par des panneaux solaires qui ne doivent pas être grands pour la petite sonde Messenger. Elle sera très proche du Soleil. Messenger emportera sept instruments de bord miniatures (notamment des caméras et spectromètres) pour effectuer le relevé cartographique détaillé de Mercure et pour étudier la surface, l'atmosphère et le champ magnétique de la planète.



↑ Trajet intégral de la sonde Messenger (Johns Hopkins University)

BepiColombo (ESA)

La sonde européenne BepiColombo est, pour le moment, la plus ambitieuse des missions Mercure en chantier. Le projet porte le nom de l'astronome, mathématicien et ingénieur italien *Giuseppe (Bepi) Colombo* (1920-1984), qui a largement contribué à l'étude de Mercure. Le projet BepiColombo n'est pas encore définitivement approuvé, mais a d'excellentes chances d'être sélectionné comme l'un des futurs "cornerstones" du programme *Horizon 2000 Plus*, le programme

scientifique de l'ESA. Cornerstones (pierres angulaires) sont les grands projets dans lequel s'inscrit l'ensemble du programme.

D'après les plans provisoires, BepiColombo comporterait trois appareils séparés voyageant ensemble vers Mercure. Une fois arrivés, ils seront séparés. Il y a l'orbiteur planétaire chargé d'étudier la planète depuis une orbite polaire, l'orbiteur magnétosphérique et un 'élément de surface' qui doit atterrir sur Mercure.

L'orbiteur planétaire, principal élément de BepiColombo, pèse 460 kilogrammes et étudiera Mercure à l'aide de deux caméras (une avec un 'grand angle' et une avec un 'téléobjectif', fonctionnant dans la lumière visible et dans le proche infrarouge) et d'une demi douzaine d'autres instruments. Des spectromètres infrarouges et ultraviolets et des détecteurs de rayons X et de rayonnements gamma étudieront la composition de la surface de Mercure. Un spectromètre à neutrons cherchera la présence de glace sur Mercure. De plus, l'orbiteur planétaire surveillera le Soleil, avec un Solar Monitor observant les rayons X et il étudiera également le champ gravitationnel de Mercure. Des observations très précises de l'orbite de l'orbiteur permettront de vérifier l'exactitude de la théorie de la gravitation d'Einstein. L'orbiteur décrivant une orbite au-dessus des pôles de Mercure, il pourra effectuer le relevé cartographique complet de la planète. Il est conçu pour fonctionner un an. L'orbiteur planétaire servira de station relais pour les communications avec la Terre. Les communications en provenance des deux autres éléments de BepiColombo passent dès lors par l'orbiteur planétaire.

L'élément surface ne pèse que trente kilogrammes et atterrira près de l'un des pôles de Mercure (où la température est plus clémente). La descente de l'atterrisseur sera ralentie par de petits moteurs de fusée, mais l'atter-

rissage restera néanmoins assez dur. Une partie de l'instrument devrait d'ailleurs pénétrer le sol de Mercure d'un mètre environ lors de cet atterrissage. L'atterrisseur emporte une caméra, un sismographe, un appareil pour étudier la composition chimique, un thermomètre et des outils pour analyser la capacité thermique, la densité et la dureté du sol. L'atterrisseur devrait fonctionner au moins une semaine.

L'orbiteur magnétosphérique est plus petit que l'orbiteur planétaire et ne pèse que soixante kilogrammes. Il contiendra sept instruments de mesure chargés d'étudier le champ magnétique de Mercure et son interaction avec le vent solaire. L'orbiteur magnétosphérique devrait fonctionner un an.

Pour voler vers Mercure, BepiColombo utilisera un moteur électrique à ions alimenté par des panneaux solaires. Ce moteur produit un rayon d'ions xénon et peut fournir durant des mois une propulsion (modeste). Grâce à ce moteur, le voyage de BepiColombo ne durera que deux ans et demi. A son arrivée, un moteur de fusée chimique mettra BepiColombo en orbite autour de Mercure. Le calendrier définitif de BepiColombo n'a pas encore été fixé, mais la date de départ actuellement avancée est de 2009. La sonde arriverait en 2011 ou 2012.

Planet-C (ou Muses-D) (Japon)

Le Japon aussi travaille sur une mission inhabitée vers Mercure. Le projet encore en phase de définition, sera exécuté par l'agence spatiale ISAS (Institute of Space and Aeronautical Sciences) probablement en collaboration avec les Américains du Jet Pro-

pulsion Laboratory (JPL). Le projet n'a pas encore reçu de nom définitif.

La sonde japonaise est un orbiteur chargé d'explorer la planète depuis une orbite. Le principal objectif de la mission consiste à mesurer et à cartographier précisément le champ magnétique et gravitationnel de Mercure. L'ISAS veut caser à bord de l'orbiteur douze instruments scientifiques différents, pesant ensemble cinquante kilogrammes. Une caméra photographierait la surface de Mercure avec une résolution de trente mètres. Il est également envisagé de mitrailler Mercure à l'aide de petits projectiles.

L'orbiteur pèsera une tonne et demie, aura 4,4 mètres de long et un diamètre de 2,2 mètres. Il serait recouvert de matériel réfléchissant pour le protéger de la chaleur aux abords de Mercure. L'appareil tournerait sur son axe afin de répartir également la chaleur. En route vers Mercure, le vaisseau spatial se rapprocherait à 37 millions de kilomètres du Soleil et devrait résister à une température de 260°C.

D'après le programme provisoire, l'orbiteur serait lancé en août 2005. Le voyage de cet explorateur d'une tonne et demie durerait quatre ans. Il atteindrait Mercure après une manoeuvre d' " assistance gravitationnelle " auprès de Vénus en 2006, manoeuvre répétée auprès de Vénus en 2007 et de Mercure en 2008. Ce n'est que le 30 septembre 2009 que l'explorateur arriverait en orbite autour de Mercure. On envisage d'équiper l'appareil de " moteurs électriques à ions " actuellement en cours de développement chez le fabricant de matériel électronique Toshiba. Le coût du projet est évalué à environ trois milliards de francs.

Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

Saturne et Titan

Saturne est la deuxième plus grande planète du système solaire et est essentiellement composée de liquides et de gaz. L'atmosphère de Saturne est plus paisible que celle de Jupiter : les violentes tempêtes y sont absentes. Jusqu'à présent, Saturne a reçu la visite de trois sondes spatiales: Pioneer 11, Voyager 1 et Voyager 2.

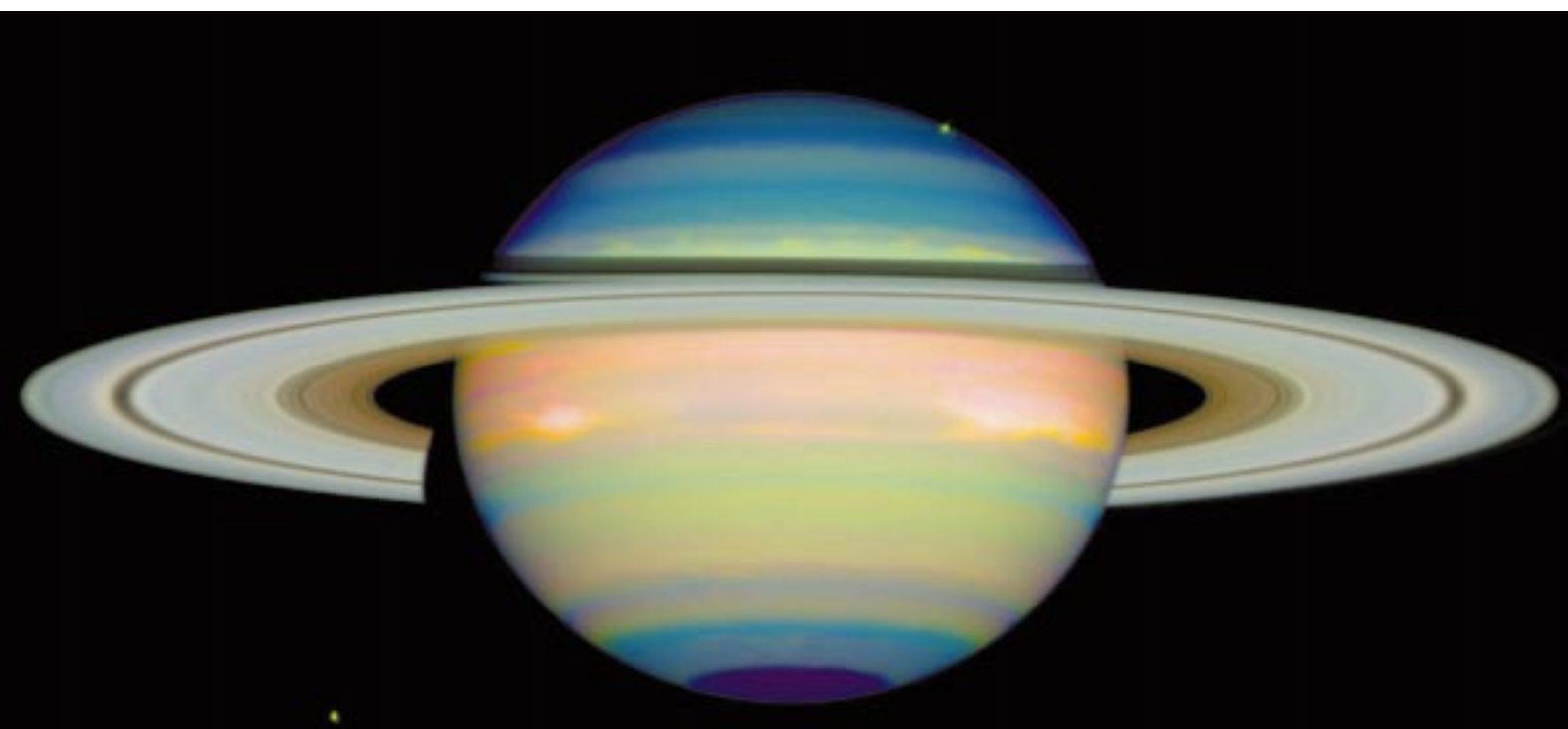
La particularité la plus significative de Saturne sont ses superbes anneaux. Il ne s'agit pas de disques immuables : ils sont composés d'innombrables morceaux de glace et de pierre qui chacun tournent autour de Saturne comme des satellites miniatures. Des photos prises par les Voyagers ont révélé la structure très complexe des anneaux, composés de milliers de mini-anneaux dont certains sont même enchevêtrés. Cette

structure complexe est la conséquence de la pesanteur des nombreux satellites de Saturne.

Titan est le plus grand satellite de Saturne ; son atmosphère est dense, phénomène exceptionnel pour un satellite. La pression atmosphérique y est supérieure à celle de la Terre. L'atmosphère de Titan renferme notamment du méthane, de l'azote, des hydrocarbures et probablement

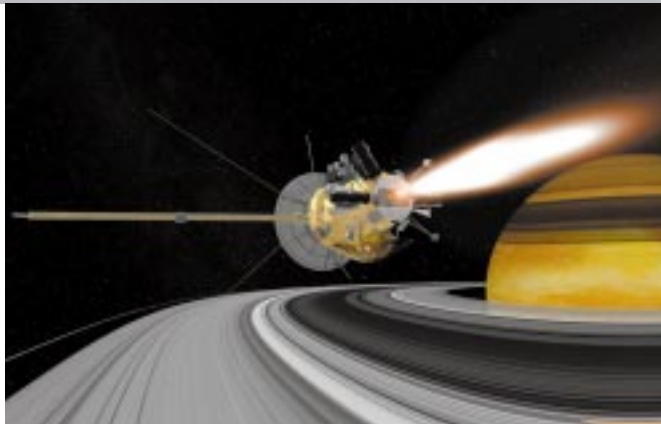
des molécules organiques 'pré-biotiques' complexes. Cette composition est probablement liée à la composition initiale de l'atmosphère terrestre, à l'époque de la naissance de la vie sur notre planète. La température sur Titan étant extrêmement basse, il est peu probable qu'il y ait de la vie, mais des processus chimiques très intéressants pourraient y être découverts. Les chercheurs considèrent Titan comme une

↓ Prise de vue infrarouge de Saturne par le télescope spatial Hubble (JPL/NASA)



→ La sonde Cassini arrivant sur une orbite autour de Saturne (JPL/NASA)

→→ Les anneaux de Saturne vus par Hubble (JPL/NASA)



Carte d'identité

SATURNE

Eloignement moyen du Soleil • **1,43 milliard de kilomètres**

Révolution sidérale • **29,4 ans**

Durée de rotation • **10 heures 14 minutes**

Diamètre • **120 000 kilomètres**

Masse • **5,7 x 10²⁶ kg** (95 fois la masse de la Terre)

Vitesse cosmique • **35,5 km/s**

Densité moyenne • **690 kg/m³**

Température • **de -180°C**

copie congelée et bien conservée de la Terre d'il y a quatre milliards d'années. L'atmosphère dense et très brumeuse n'entraîne pas l'observation de la surface de Titan. Certains pensent que la surface pourrait être partiellement recouverte d'océans d'éthane liquide.

Japetus est un autre satellite intéressant de Saturne et il a un aspect très particulier : il a un hémisphère blanc et un noir. La frontière entre les deux est irrégulière, mais bien distincte, comme le montrent des photos prises par Voyager. Personne ne sait quelle est la matière qui donne sa couleur noire à l'une des moitiés et comment le phénomène s'est produit. On pense aux conséquences de l'impact d'une comète.

Cassini (USA) et Huygens (ESA)

Cassini-Huygens est un projet américano-européen. La sonde

américaine Cassini est une très grande sonde inhabitée en route vers Saturne, afin d'étudier la planète, ses anneaux et ses satellites depuis une orbite. Huygens, l'européenne, emmenée par Cassini jusqu'aux abords de Saturne est une sonde qui descendra dans l'atmosphère de Titan (baptisée du nom de l'astronome hollandais *Christiaan Huygens*, le découvreur de Titan).

Cassini-Huygens est un ambitieux projet d'avant l'époque du "meilleur, moins cher et plus rapide". L'ensemble, y compris le carburant pour freiner lors de l'arrivée près de Saturne, pèse près de 5,8 tonnes. Le vaisseau a la taille d'un petit camion. Le lancement a été effectué le 13 octobre 1997, par une lourde fusée *Titan IV* (du nom du point de destination, Titan, mais c'est pur hasard). Le coût total du projet, y compris le coût de la direc-

tion de vol et du personnel au sol jusqu'en 2008, est estimé à 120 milliards de francs et la part de l'Europe est d'environ 15 milliards de francs. La préparation du projet Cassini a commencé au début des années quatre-vingt.

Même la puissante Titan IV n'est pas suffisamment forte pour envoyer un colosse comme Cassini directement vers Saturne. L'explorateur suit dès lors un itinéraire complexe, exploitant la pesanteur de plusieurs planètes. Cassini a d'abord survolé Vénus à deux reprises. Ensuite, en août 1999, elle a effleuré la Terre. En décembre 2000, l'explorateur survolera Jupiter qui l'entraînera enfin vers sa destination finale qu'il atteindra en juillet 2004. La descente d'Huygens sur Titan est programmée pour le 27 novembre 2004. D'après les plans, Cassini devrait fonctionner jusqu'en 2008, voire plus longtemps. Au cours des quatre

années passées près de Saturne, elle effectuera près de soixante révolutions autour de la planète. Lors de chaque révolution, les directeurs de vol peuvent modifier la trajectoire afin de rapprocher Cassini de chacun des satellites et d'examiner Saturne et ses anneaux sous tous les angles. En dehors de Saturne, l'attention se concentrera sur Titan. Lors de 33 révolutions, Cassini survolera Titan.

Cassini est un joyau scientifique bourré d'instruments de mesure. Elle renferme plusieurs caméras, des spectromètres pour l'ultraviolet, l'infrarouge et la lumière visible pour étudier la composition de Saturne, de ses satellites et de ses anneaux, un magnétomètre, une installation radar



pour percer les nuages de Titan, un appareil pour analyser les poussières provenant des anneaux, un spectromètre plasma pour analyser les gaz brûlants entourant la planète et un spectromètre de masse pour analyser les ions et les particules neutres des couches supérieures de l'atmosphère de Titan.

Les téraoctets d'informations recueillies par ces instruments seront provisoirement stockés dans deux *solid state recorders* modernes (instruments de stockage avec puces de mémoire) et ensuite envoyés sur Terre par le biais d'une antenne parabolique. Il ne s'agit pas d'une antenne pliable (s'est avérée peu fiable lors de la mission Galileo vers Jupiter qui se retrouve coincée

avec une antenne bloquée), mais d'un modèle fixe. La même antenne sera utilisée pour les expériences radar et pour envoyer des signaux radio de l'atmosphère de Titan vers la Terre, pour enrichir nos connaissances sur cette atmosphère. De nombreux systèmes à bord de Cassini sont doublés ou triplés pour des raisons de sécurité.

La sonde européenne Huygens descendra accrochée à un parachute dans l'atmosphère dense de Titan. Durant cette descente de plus de deux heures, la sonde fera des clichés et les enverra, en espérant y voir autre chose que du brouillard. Au cours de la descente, Huygens mesurera régulièrement la température, la pression atmosphérique et la vitesse

du vent. La sonde cherchera aussi la présence d'éventuels éclairs et procédera à une analyse chimique de la composition de l'atmosphère. Tous les résultats seront transmis par radio au vaisseau-mère Cassini qui les enverra ensuite vers la Terre. Personne ne sait ce que rencontrera Huygens au terme de cette longue descente. Le sol pourrait être ferme ou liquide. Huygens pourrait atterrir sur un sol rocheux, mais pourrait plonger dans un océan de méthane ou d'éthane liquide. Ou encore dans une épaisse couche d'humus chimique.

Les concepteurs d'Huygens ont tenté de tenir compte de toutes les hypothèses. L'appareil est suffisamment solide pour survivre à un atterrissage sur les rochers et suffisamment léger pour pouvoir flotter s'il atterrit sur du liquide. Il est calculé pour résister aux assauts du vent et même des éclairs. En cas d'obscurité intense sur Titan, une lampe puissante a été prévue. Huygens est équipée d'un instrument pour mesurer la dureté d'un sol éventuellement solide et d'un autre capable de mesurer l'impact des vagues dans une éventuelle mer. Au cas où il y aurait des bruits à capter, un microphone a été prévu. L'équipe d'Huygens espère que la sonde résistera une demi-heure après son atterrissage pour transmettre des données.

Aux Etats-Unis, le projet Cassini a soulevé la colère des militants écologistes qui protestent contre les batteries alimentées

par des déchets radioactifs (générateurs RTG ou radio-isotopes thermo-électriques) chargées de fournir l'énergie à Cassini. Les RTG contiennent 32 kilogrammes de dioxyde de plutonium. Les opposants craignaient qu'en cas d'accident, lors du lancement ou d'un passage à proximité de la Terre en août 1999, le plutonium ne se libère dans l'atmosphère terrestre. Les deux opérations se sont déroulées sans problème.

Cassini et Huygens n'emportent pas que des instruments scientifiques. Des milliers de signatures et de messages personnels d'habitants de la Terre voyagent également dans la sonde. La NASA et l'ESA ont donné la possibilité à ceux qui le désiraient d'envoyer gratuitement leur signature dans l'espace, stockée sur deux compact-disques sous forme électronique, un à bord de l'atterrisseur Huygens et le second sur le vaisseau mère Cassini. Sur Cassini, le disque contient 614.400 signatures, plus les empreintes digitales d'animaux domestiques et de bébés. Parmi les signataires, l'acteur de Star Trek, Patrick Stewart et Mary Cassini, descendante de l'astronome du dix-septième siècle, Jean-Dominique Cassini, dont le vaisseau spatial porte le nom. Sur le cd européen d'Huygens figure notamment le message suivant : " Terrien français, 1,83 mètre, cherche extraterrestre grande, séduisante, de préférence romantique. "

Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

→ Pluto-Kuiper Express (NASA-JPL)

Pluton

et la ceinture de Kuiper

Pluton est la plus petite, la plus éloignée et peut-être la plus mystérieuse des planètes du système solaire. C'est aussi la seule qui, jusqu'à présent, n'a pas reçu la visite de sondes spatiales terrestres.

Pluton est toujours considérée comme une originale parmi les planètes. Elle ne semble pas faire partie du cercle des huit autres. Le système solaire compte quatre petites planètes semblables à la Terre, proches du Soleil et quatre planètes géantes, éloignées du Soleil. Et, perdue dans ce domaine des planètes géantes, se trouve Pluton, la plus petite de toutes.

De plus, Pluton a une orbite particulière : une ellipse relativement excentrique (étirée), visiblement inclinée par rapport au *plan écliptique* dans lequel se situe l'orbite des autres planètes. De par son orbite très étirée, la distance entre Pluton et le Soleil varie fortement : de 4,3 à 7,5 milliards de kilomètres. L'orbite de Pluton empiète même légèrement sur celle de Neptune. De temps

en temps, Pluton est par conséquent la deuxième planète la plus éloignée du Soleil. En 1999, cette période s'est achevée : Pluton est à nouveau la plus lointaine.

Ces dernières années, Pluton a quelque peu perdu son caractère unique. Aux frontières externes du système solaire, au-delà de l'orbite de Neptune, des dizaines d'objets similaires mais plus petits ont été découverts. On les appelle parfois nains de glace. Ils forment ensemble *la ceinture de Kuiper* ou *ceinture de Kuiper-Edgeworth*, sorte de disque de petits planétoïdes, essentiellement de glace, gravitant sur des orbites éloignées du Soleil. Actuellement, Pluton est considérée plutôt comme un représentant typique des nains de glace.

Il semble que les nains de glace de la ceinture de Kuiper soient les restes de la naissance du système solaire, pierres de l'édifice n'ayant jamais réussi à former une grande planète, la matière aux limites du système solaire étant trop rare. Cela rend les nains de glace très intéressants. Ils peuvent nous renseigner sur la matière à partir de laquelle le système solaire s'est constitué. Les nains de glace sont étroitement apparentés aux comètes. A la différence près que, de temps à autre, les comètes se situent dans une orbite qui les rapproche du Soleil, tandis que les nains de glace restent toujours cantonnés aux froides limites extérieures du système solaire. Si l'orbite d'un nain de glace était perturbée au point de l'amener dans la partie intérieure du système solaire, nous verrions une comète.

Carte d'identité

PLUTON

Eloignement moyen du Soleil • **5,92 milliards de kilomètres**

Révolution sidérale • **248 ans**

Durée de rotation • **6,39 jours**

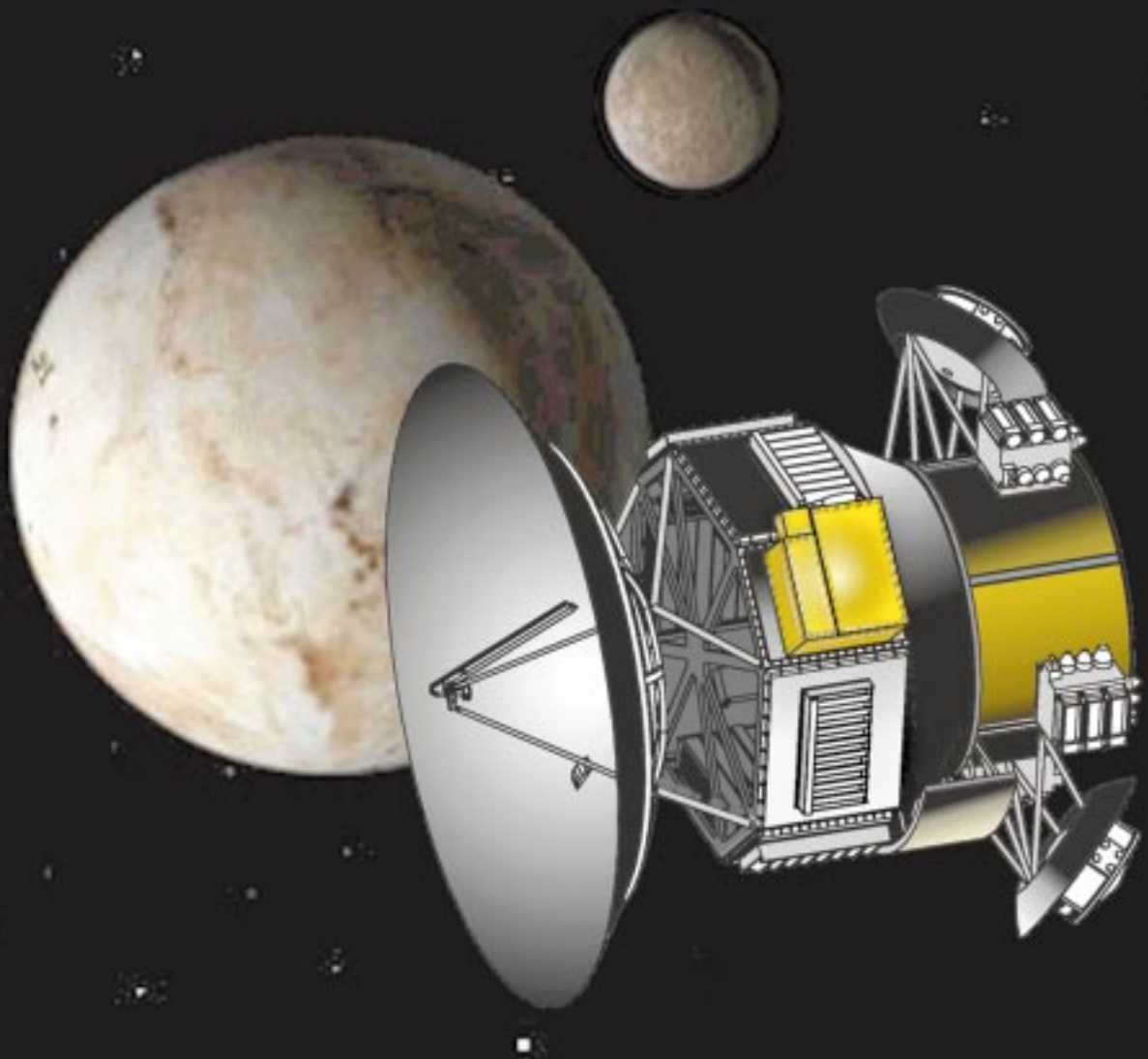
Diamètre • **2300 kilomètres**

Masse • **1,3 x 10²² kg** (0,002 fois la masse de la Terre)

Vitesse cosmique • **1,2 km/s**

Densité moyenne • **2030 kg/m³**

Température • **moyenne nocturne -223°C**



Pluton est probablement constituée en grande partie de glace. Le Soleil n'y est qu'un point lumineux dans un ciel sombre, une étoile lumineuse procurant de la lumière, mais peu de chaleur. L'atmosphère de Pluton est ténue et elle a un satellite naturel, *Charon*. Avec un diamètre de 1200 kilomètres, Charon n'est pas tellement plus petit que Pluton et on évoque parfois la 'planète double' Pluton-Charon.

Pluton-Kuiper-Express (USA)

La NASA envisage d'envoyer une ou même deux sondes vers Pluton et la ceinture de Kuiper. Le fameux projet Pluton-Kuiper-Express en est toutefois encore au stade de pré-études (avancées) ; aucun budget n'a encore été approuvé pour son exécution. Mais les prévisions sont favorables.

Le gros problème d'un voyage vers Pluton est l'énorme distance. Avec les technologies

actuelles, ce voyage prendrait au moins huit ans, en optant pour un itinéraire économique (donc raisonnable) ne nécessitant pas trop de carburant et un lanceur de taille modeste. Il faut plus de quatre heures aux signaux radio pour parvenir de Pluton à la Terre. La faible puissance de la lumière solaire autour de Pluton impose la présence de panneaux solaires sur l'explorateur. L'énergie des sondes doit être fournie par des piles à déchets radioactifs ou RTG (générateurs radio-isotopes thermo-électriques). Pour Pluton-Kuiper-Express on songe à utiliser les réserves de RTG du projet Cassini.

Pluton-Kuiper-Express partirait le 18 décembre 2004 pour arriver en 2012. Les concepteurs aimeraient envoyer deux sondes identiques vers Pluton, mais il est peu probable de trouver les ressources financières nécessaires. Le lancement serait effectué par une fusée Delta ou depuis la soute d'une

navette spatiale. Pluton-Kuiper-Express devrait survoler Jupiter en juin 2006 et profiter de la pesanteur de la planète géante pour acquérir la vitesse suffisante pour atteindre Pluton. Si l'opportunité est manquée en 2004, le projet de lancement de la sonde se complique. La position de Jupiter sera ensuite moins favorable pour pouvoir entraîner la sonde en direction de Pluton. Il faudrait alors utiliser une fusée plus puissante (et plus chère) pour lancer l'explorateur. Ou alors, le projet devrait être reporté de dix ans et l'explorateur ne rejoindrait la planète qu'au cours de la quatrième décennie du siècle prochain.

Pluton-Kuiper-Express est un projet meilleur, plus modeste et moins cher, son coût ne dépassant pas douze milliards de francs. Le poids des deux sondes spatiales jumelles n'excédera pas cent kilogrammes (dont sept kilogrammes d'instruments) chacune. Les explorateurs sont équipés des

instruments indispensables : une caméra couleur et deux spectromètres (infrarouge et ultraviolet) pour déterminer la composition du sol et de l'atmosphère.

La conception des sondes est très simple. Aucun des éléments n'est dépliable. Tous les instruments sont fixes, y compris les caméras. L'élément le plus remarquable est la parabole d'un mètre et demi pour le contact avec la Terre. L'ordinateur de bord est un *RISC (Reduced Instruction Set Computer)* simple, mais moderne, équipé de 400 mégabits de mémoire pour le stockage des données.

Lors de leur arrivée près de Pluton, les sondes ne freineront pas pour se mettre en orbite autour de la planète. Le carburant nécessaire augmenterait le poids et le coût des vaisseaux spatiaux. En quelques minutes, elles dépasseront l'objectif de leur dix années de voyage. A une vitesse de 17 à 18 kilomètres par seconde, elles voleront près (environ 15.000 kilomètres) de Pluton et de son satellite Charon, tout en photographiant et en mesurant. Il s'agit de photographier la surface de la planète avec une résolution de près d'un kilomètre. L'atmosphère de Pluton sera sondée à la recherche d'azote, de monoxy-

de de carbone, de méthane et d'autres gaz. Au cours des quelques minutes de ce passage rapide, les données mesurées seront stockées dans l'ordinateur de bord. Elles seront ensuite transmises sur Terre, opération qui prendra plusieurs mois. Après avoir survolé Pluton, Pluton-Kuiper-Express pourra poursuivre son voyage vers un ou éventuellement plusieurs objets de la ceinture de Kuiper pour les soumettre au même type d'observations.

Pour éviter qu'une panne due à un hasard stupide ne vienne saboter le projet au cours de ces précieuses minutes, les concepteurs aimeraient envoyer deux sondes identiques vers Pluton. Leur arrivée, à quelques mois d'intervalle, serait programmée afin qu'elles survolent chacune une face de Pluton. Si les deux sondes fonctionnent, elles nous fourniront une carte de l'ensemble de la planète.

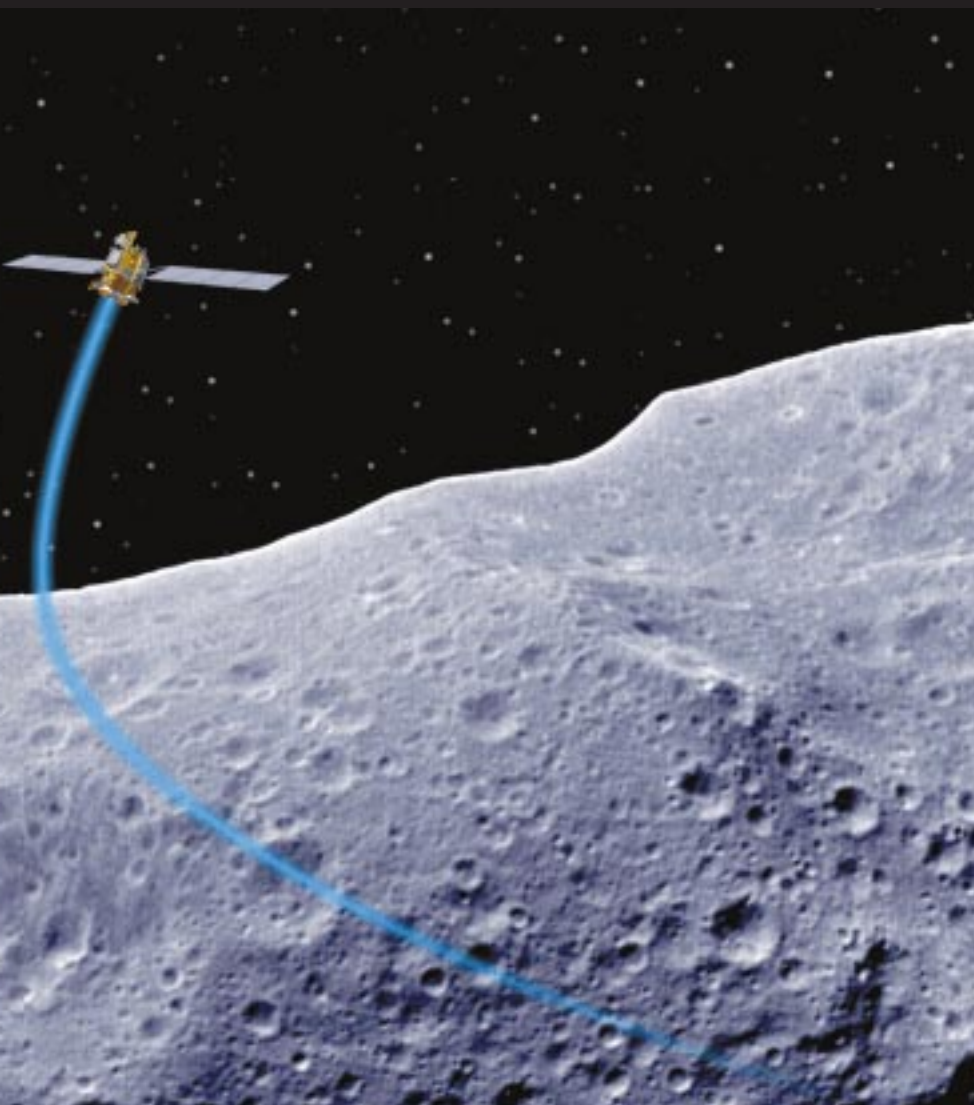
Mise à part la position de Jupiter, une deuxième raison justifie la hâte de Pluton-Kuiper Express. Pour l'instant, Pluton s'éloigne du Soleil et il y fait progressivement plus froid. Selon les prévisions, les gaz rares de l'atmosphère de Pluton pourraient se condenser à la surface et dans quelques décennies, l'atmosphère risque d'avoir disparu.



Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

Les planètes connues ne sont pas les seules à tourner autour du Soleil. Des millions d'objets plus petits le font également : les planétoïdes (ou astéroïdes ou 'petites planètes') et les comètes.

Planétoïdes et comètes



← Deep Space 1 à la rencontre de l'astéroïde 9969 Braille (NASA-JPL)

Les planétoïdes sont en majorité des corps rocheux qui gravitent sur une orbite semblable à celle des planètes autour du Soleil (pas trop excentrique, ou en d'autres termes, presque circulaire). La plupart des planétoïdes se trouvent entre Mars et Jupiter, mais on les retrouve partout dans le système solaire. Les comètes gravitent près ou loin du Soleil sur une orbite très étirée (excentrique). Elles sont essentiellement composées de glace (elles sont parfois qualifiées de 'boules de neige sale' ou d'icebergs'). Chaque fois qu'une comète se rapproche du Soleil, une partie de la glace s'évapore et un gros nuage de gaz et de matière se forme autour de l'iceberg. L'iceberg est considéré comme le 'noyau' de la comète ; le nuage entourant le noyau est appelé la 'virgule'. La longue 'queue' qui fait la notoriété des comètes se forme lorsque le Soleil expulse les gaz de la virgule.

La distinction entre planétoïdes et comètes n'est pas toujours aussi tranchée. Il existe parfois des cas ambigus, par exemple des objets sur une orbite planétoïde présentant des activités similaires aux comètes (formation d'un nuage de gaz et de poussière par la chaleur solaire) et des planétoïdes sur des orbites correspondant à celles des comètes.

En réalité, planétoïdes et comètes sont proches parents. Tous deux sont des restes de la formation du système solaire. A l'époque, des milliards de 'fractions de planètes', des 'briques' de quelques kilomètres gravitaient autour du Soleil et sont à l'origine des futures planètes. A proximité du Soleil, ces fractions de planètes étaient

constituées principalement de pierres; dans les zones éloignées du Soleil, c'était de la glace. De nombreuses fractions de planètes ont été absorbées par les planètes, mais certaines survivent encore. Entre Mars et Jupiter, la gravitation de Jupiter a empêché la formation de planètes et on y retrouve les fractions de planète, baptisées ensuite planétoïdes. Dans la zone où sont nées les planètes géantes, de nombreuses fractions de planètes ont été emportées au loin par la pesanteur des planètes géantes sur des orbites qui les ont éloignées du Soleil. Certaines gravitent sur des orbites qui les rapprochent de temps en temps de la Terre. Ce sont les comètes. Des fractions de planètes subsistent près de Neptune, dans la fameuse ceinture de Kuiper (cf. supra).

Les comètes sont particulièrement intéressantes, car elles constituent probablement des témoins bien conservés des fondements du système solaire. Dans les planètes, le matériau initial a subi trop de métamorphoses géologiques complexes pour pouvoir encore être identifié. Cela semble valoir aussi pour les plus grands planétoïdes. Au cours des milliards d'années, les planétoïdes ont subi de nombreuses collisions. Rares sont les missions ayant sondé les planétoïdes et les comètes. Les plus célèbres sont la mission européenne *Giotto*, qui en 1986 a survolé la comète de Halley, la mission américaine *Galileo* qui, en route vers Jupiter, a survolé deux planétoïdes et la mission américaine *Near* qui a visité le planétoïde Eros. De nombreuses nouvelles missions sont prévues et quelques sondes spatiales se dirigent déjà vers des comètes ou de planétoïdes.

Deep Space 1 (USA)

Deep Space 1 (DS 1) est une sonde inhabitée, destinée essentiellement à tester de nouvelles technologies, notamment un moteur à ions (moteur de fusée 'électrique'

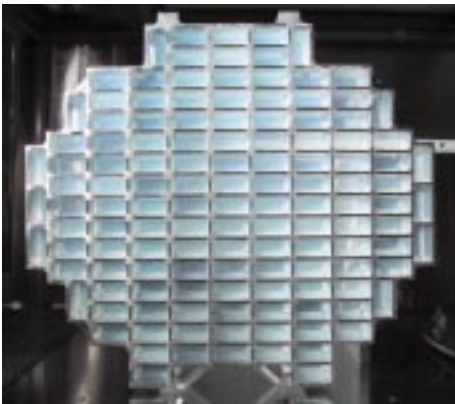
qui fonctionne en accélérant les ions dans un champ électrique pour les expulser ensuite), de nouveaux types de cellules solaires et un ordinateur de bord à "intelligence artificielle". En juillet 1999, Deep Space 1 a déjà rendu visite au planétoïde 1992KD, et la NASA, si le budget le permet, envisage le survol par la sonde en janvier 2001, de la comète Wilson-Harrington et de la comète Borelly en septembre 2001.w

Stardust (USA)

Stardust doit prélever des échantillons du nuage de gaz et de poussière (chevelure) autour d'une comète et les ramener sur Terre. La sonde a été lancée le 7 février 1997 vers la comète Wild 2. Le 2 janvier 2002, Stardust traversera la chevelure de la comète à la vitesse de 6,1 kilomètres par seconde. La sonde déploiera un appareil ayant la forme d'une raquette de tennis qui doit capturer des particules de la chevelure à l'aide d'un 'aérogel', matière très poreuse qui emprisonne les particules de poussière. Après le survol de la comète, le filet gorgé de particules sera stocké dans une capsule spéciale à bord de Stardust. La capsule reviendra sur Terre le 15 janvier 2006. La capsule sera cueillie par un avion lors de sa descente, suspendue à un parachute.

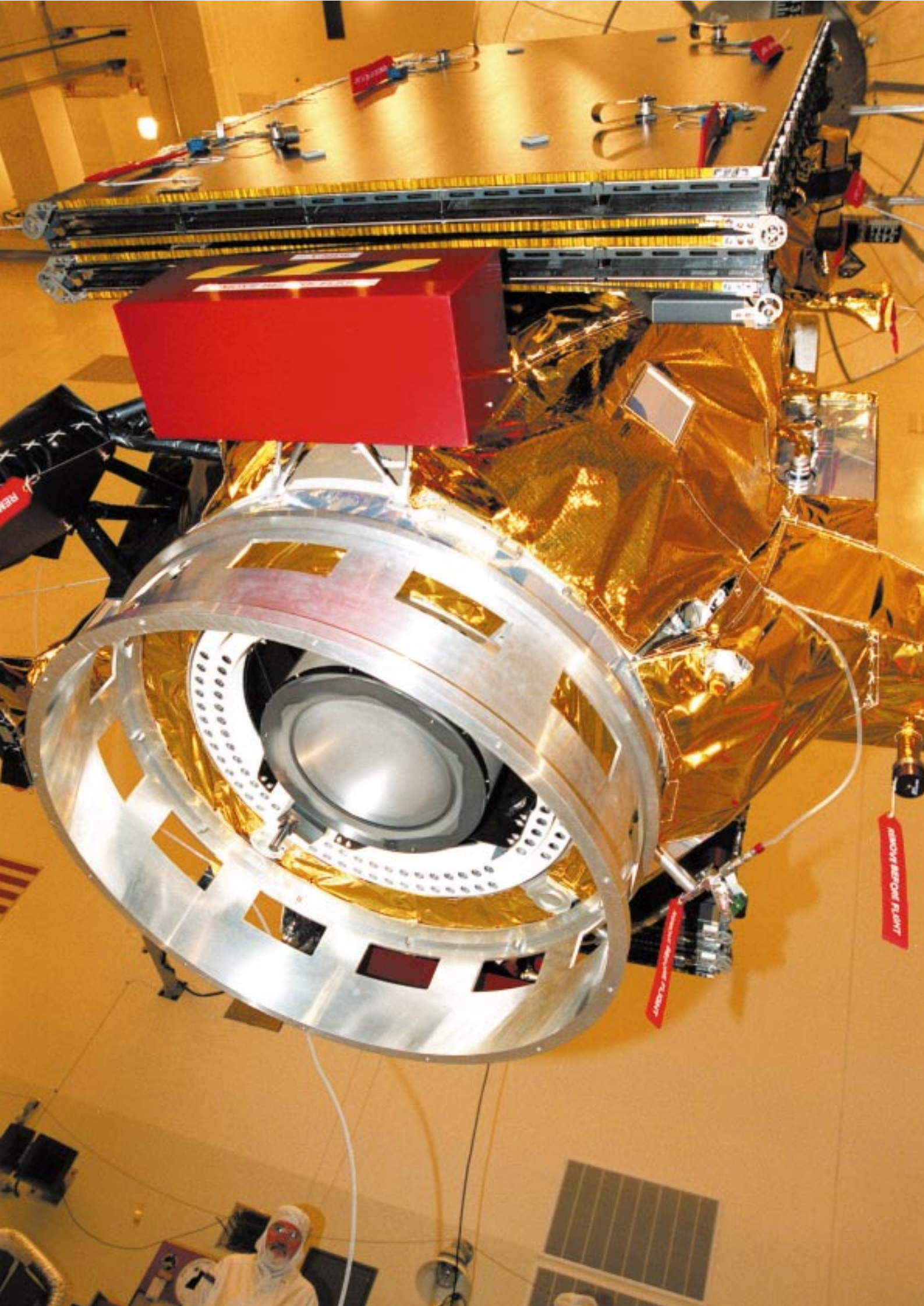
NEAP (USA)

NEAP (Near Earth Asteroid Prospector) est une mission de reconnaissance inhabitée vers un planétoïde, mise sur pied par l'entreprise privée SpaceDev. NEAP devrait partir en avril 2001 vers le planétoïde Nereus et le survoler en janvier 2002. La situation financière du projet reste floue. SpaceDev espère gagner de l'argent dans ce projet en vendant des espaces à bord de NEAP à des instituts scientifiques et à des universités. Les prix oscillent entre dix et quinze millions de dollars.



↑ Le "dust collector" ou collecteur de poussière avec l'aérogel de la sonde Stardust (NASA-JPL)

→ Le moteur à ions de Deep Space 1 (NASA-JPL)





Le nom du projet fait référence à la 'pierre de Rosette', une découverte archéologique qui a permis de décrypter les hiéroglyphes égyptiens. L'ESA espère que Rosetta fera, elle aussi, progresser notre connaissance des comètes et la compréhension de la naissance du système solaire.

Le lancement par une Ariane 5 est fixé au 21 janvier 2003. Dans un premier temps, Rosetta survolera Mars, ensuite la Terre pour profiter de la pesanteur de ces planètes et gagner de la vitesse. Le 10 juillet 2006, Rosetta passera à mille kilomètres du planétoïde *Otawara*. Suivra un survol de la Terre et du planétoïde Siwa le 23 juillet 2008. Rosetta atteindra finalement Wirtanen en août 2011.

Tout d'abord, l'explorateur inhabité gravitera quelques mois à proximité du noyau d'un kilomètre à peine de la comète, se rapprochera progressivement et adaptera sa vitesse à celle de la comète. En mai 2012, Rosetta sera placée en orbite autour de la comète, à environ deux kilomètres. Après avoir effectué le relevé cartographique du noyau, cinq zones seront sélectionnées pour une étude plus approfondie et de plus près. Un site d'atterrissage sera ensuite choisi. Rosetta propulsera une sonde d'atterrissage qui atterrira en douceur sur la surface du noyau de la comète. Durant un mois, l'atterrisseur enverra au vaisseau-mère Rosetta des résultats de mesure qui seront ensuite transmis vers la Terre. Rosetta devrait graviter deux ans en orbite autour de Wirtanen.

Lors de l'arrivée de Rosetta près de Wirtanen, la comète sera encore assez éloignée du Soleil et le froid la placera en 'léthargie'. Mais durant l'étude de la comète par Rosetta, elle se rapprochera du Soleil et le rayonnement solaire provoquera l'évaporation de gaz du noyau de la comète. C'est la première fois que ce phénomène sera étudié en détail et d'aussi près.

Muses-C (Japon)

Muses-C doit ramener un échantillon d'un planétoïde sur Terre. Le lancement est programmé pour 2002 ; destination, le planétoïde *1989ML* (à l'origine, comme pour NEAP, c'est Nereus qui était prévu, mais cette destination a été abandonnée). Muses-C observera d'abord le planétoïde à une distance de vingt kilomètres et effectuera ensuite une série d'atterrissages en douceur pour prélever quelques grammes de sol à trois endroits. Une voiturette-robot américaine sera déployée simultanément ; elle ne pèse qu'un kilogramme, mais est toutefois équipée d'une caméra et de deux spectromètres pour analyser la composition chimique du sol. En 2006 ou 2008, la capsule devrait ramener les échantillons sur Terre. Comme Deep Space 1, Muses-C sera propulsée par un moteur à ions.

CONTOUR (USA)

Le *Comet Nucleus Tour (CONTOUR)* doit survoler trois comètes et sera lancé le 4 juillet

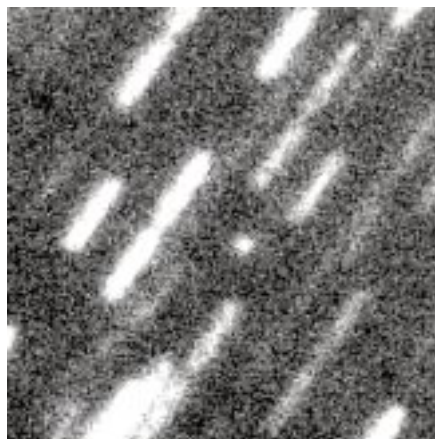
2002 par une fusée Delta. Le 12 novembre 2003, il rencontrera la comète Encke, le 18 juin 2006, la comète Schwassmann-Wachmann et le 16 août 2008, la comète d'Arrest. CONTOUR pourrait ensuite être envoyé vers une quatrième comète, une comète découverte durant sa mission. Pour l'étude des comètes, CONTOUR est équipé d'une caméra-spectrographe, d'une deuxième caméra, d'un instrument pour analyser la matière des comètes et d'un spectromètre de masse pour analyser la composition chimique de la matière de comète traversée. Les caméras doivent effectuer le relevé cartographique de la comète avec une résolution de quatre mètres.

Rosetta (ESA)

Rosetta est la troisième 'pierre angulaire' du programme scientifique de l'ESA. Rosetta sera incontestablement l'étude d'une comète la plus fouillée jamais réalisée. La sonde spatiale doit atterrir sur la comète *Wirtanen* et survolera au passage deux planétoïdes.

Rosetta mesure 2,8 m x 2,1 m x 2,0 m et pèse, hors carburant, 1300 kilogrammes. La sonde est équipée de panneaux solaires de 32 mètres produisant 850 watt d'électricité. Une parabole de deux mètres assure les communications avec la Terre. Lors du départ, 1578 kilogrammes de carburant chimique seront emportés nécessaires pour les manoeuvres orbitales et pour l'approche de la comète.

L'orbiteur Rosetta (vaisseau mère) est équipé d'une caméra, d'un spectromètre pour la lumière visible et l'infrarouge, d'un spectromètre de masse au gaz et à ions, d'un appareil d'analyse de la matière, d'un appareil pour mesurer la quantité et la masse de la poussière de comète, d'un spectromètre à ultraviolet, d'un spectromètre à micro-ondes, d'un chromatographe gazeux, de deux expériences radio, d'un microscope 'atomic force' pour étudier les particules de la comète et d'un instrument pour étudier le plasma à proximité de la comète. L'atterrisseur de cent kilogrammes s'arrimera à la surface de la comète grâce à un harpon (à cause de la faible pesanteur, le moindre bond supplémentaire l'éloignerait de la comète). L'atterrisseur comporte aussi une série impressionnante d'instruments de mesure, différents types de spectromètres pour étudier la composition du noyau de la comète. Parmi les autres mesures à effectuer, on notera celles notamment des tremblements, "séismes" sur la comète, les propriétés magnétiques et électriques du sol,



← La comète Wirtanen vue par le télescope KUEYEN du VLT (ESO)

← ← Muses-C près de Nereus (ISAS)

sa porosité, sa densité, la puissance et les propriétés thermiques du sol. L'atterrisseur prélèvera des échantillons du sol jusqu'à vingt centimètres de profondeur.

Deep Impact (USA)

Deep Impact est la plus agressive des missions inhabitées prévues vers les comètes. L'engin tirera un projectile de cuivre de cinq cents kilogrammes sur la comète *Tempel 1*. Le projectile frappera la comète à la vitesse de dix kilomètres par seconde et creusera un cratère de cent mètres de diamètre et vingt de profondeur. L'explosion sera visible depuis la Terre. Ensuite, la sonde spatiale traversera le nuage de poussière soulevé par l'explosion afin d'en étudier la composition. La sonde se rapprochera à sept cents kilomètres du noyau de la comète. Le lancement est fixé au 1^{er} janvier 2004. Le 3 juillet 2005, le projectile sera tiré. Il atteindra la comète un jour plus tard.



Dossier L'avenir de l'exploration du système solaire

Mis à part les plans évoqués jusqu'à présent, tous relativement concrets, les diverses agences spatiales développent également des idées pour un avenir plus lointain. Il s'agit de plans encore en phase de pré-étude (parfois tout au début) et qui n'ont pas encore réuni de financement concret (même si cette situation peut changer rapidement). Voici un bref aperçu des idées les plus intéressantes concernant des missions de reconnaissance interplanétaires (voir plus loin), succédant à la génération actuelle.

Coup d'œil sur un avenir plus lointain

Après Mars Sample Return déjà programmée, les Etats-Unis et l'Europe envisagent des missions "sample return" à destination de plusieurs planètes. Lors d'une mission "sample return", des échantillons du sol sont ramenés sur Terre. L'ESA a déjà pensé à une mission sample return vers Mercure, mais cette option a été abandonnée dans le projet BepiColombo (suffisamment complexe et ambitieux sans y ajouter la collecte d'échantillons).

Pour Vénus également, la NASA et l'ESA retiennent l'option d'une mission sample return. Cette planète est quelque peu négligée dans l'actuelle génération des missions d'exploration planétaire. Au cours de la

deuxième décennie du XXI^e siècle, une sonde pourrait aller recueillir des échantillons du sol, mission techniquement difficile à cause des températures extrêmement élevées, la pression écrasante et la composition chimique agressive de l'atmosphère de Vénus. De plus, il s'agit d'une grande planète dont la pesanteur équivaut presque à celle de la Terre, ce qui signifie qu'il faut une fusée puissante pour s'arracher à la surface de Vénus et rejoindre l'espace. La capsule contenant les échantillons pourrait d'abord être amenée par un ballon à haute altitude dans l'atmosphère de Vénus et là, une fusée alimentée par du carburant solide la propulserait dans l'espace.

↑ Vénus, négligée dans l'actuelle génération des missions d'exploration planétaire ? (NASA)

Après avoir prélevé des échantillons sur Mars, viendrait le tour de *Phobos* et *Deimos*, les deux petits satellites martiens. Aladdin, le projet américain, prévoit le prélèvement et le rapatriement sur Terre de quatre échantillons du sol, deux par satellite. La Russie aussi songe à une mission sample return vers Phobos. Cette sonde, conçue par l'Institut Keldysh de Moscou, serait propulsée par un moteur à ions. Il est toutefois peu probable que l'argent nécessaire puisse être réuni. La suite logique des missions de reconnaissance inhabituées actuellement programmées vers Mars, serait un vol habité. Dans le meilleur des cas, la NASA pense pouvoir réaliser ce projet dès 2014, même si en réalité, il pourrait être reporté de quelques années. Pour limiter le poids au lancement, ainsi que le coût, le carburant nécessaire pour le retour sur Terre des astronautes serait produit, dans la mesure du possible, sur Mars, à partir de produits chimiques présents dans l'atmosphère et le sol. Pour des raisons de sécurité, il serait produit dans une petite usine automatique, avant le départ des astronautes. Les astronautes ne quitteraient la Terre que lorsque tout aura été préparé sur Mars pour garantir leur retour.

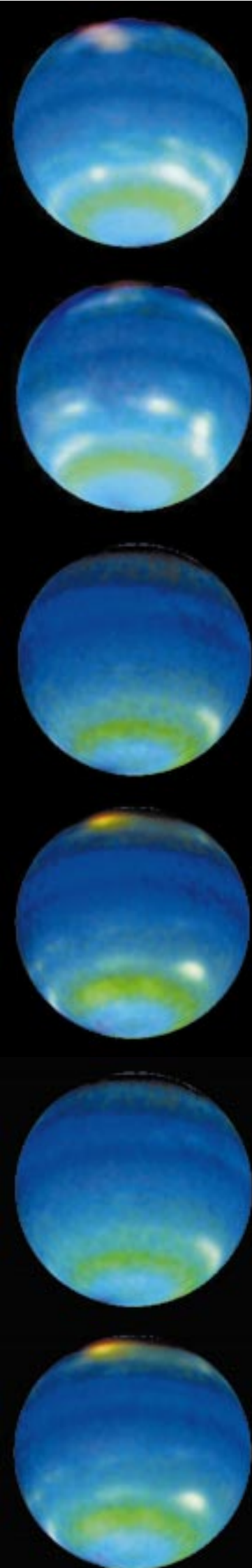
Dans la prochaine décennie, l'exploration de Jupiter sera principalement axée sur ses satellites et plus spécialement Europe. Si, comme espéré, l'Europa Orbiter découvre des

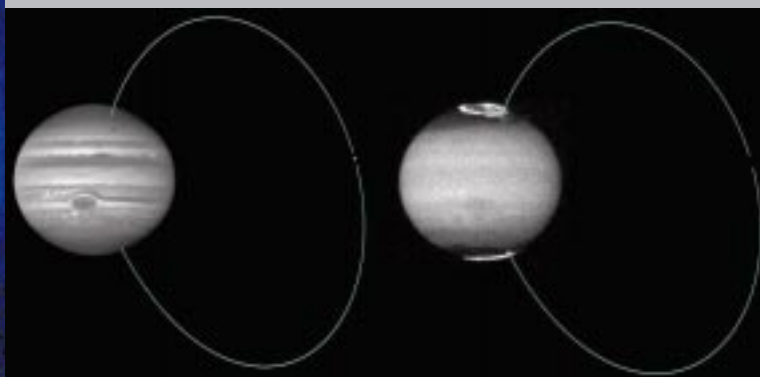
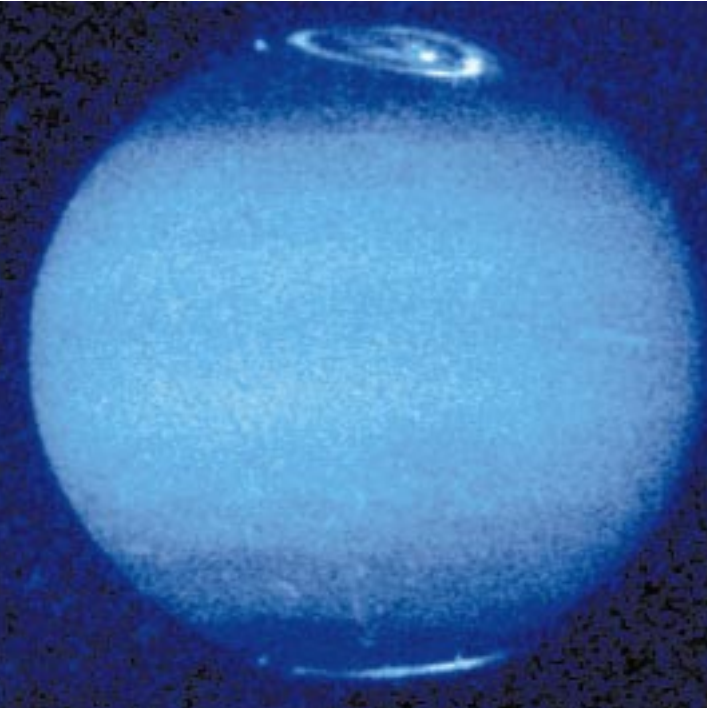
endroits où la glace n'est pas trop épaisse, une série de missions de suivi peuvent être envisagées pour finalement percer la glace et partir à la recherche de vie dans l'océan ainsi mis à jour. Le projet *Ice Clipper* tirerait, depuis l'espace, un projectile en direction d'Europe pour soulever un gros nuage de débris et de glace évaporée, dans lequel le satellite pourrait prélever un échantillon et l'analyser. *Europa Ocean Observer* ferait atterrir trois sondes inhabituées sur la surface d'Europe. Elles seraient équipées de sismographes. Grâce aux mesures des 'tremblements de terre' sur Europe, ce réseau pourrait dresser la carte de l'intérieur de ce satellite de Jupiter. Un atterrissage plus violent sur Europe permettrait aux sondes de pénétrer la glace de quelques mètres. Percer la glace, objectif final, ne pourra probablement pas être réalisé par forage. Il s'agit d'une tâche trop complexe pour une sonde inhabituée. Il est plus facile de construire une sonde qui *fait fondre la glace*, chauffée par une source de chaleur interne (probablement nucléaire) et qui s'enfonce sous son poids. Cette sonde robuste déroulerait un câble à son sommet pour assurer les communications avec la surface et la Terre. L'eau gèlerait à nouveau par-dessus la sonde, autour du câble de communications. Une fois immergée sous la glace, la sonde libérerait un petit sous-marin automatique qui explorerait l'océan d'Europe. Avant leur arrivée, la sonde et le sous-marin devront être entière-

→ Vues de Neptune par Hubble (NASA-JPL)

ment stérilisés pour éviter la contamination de l'océan d'Europe par des micro-organismes venus de la Terre. Les scientifiques espèrent progresser dans cette technologie à l'occasion de l'étude du lac *Vostok* en Antarctique. Il s'agit d'un lac d'eau liquide situé à trois kilomètres sous la glace. La NASA envisage de glisser un petit robot dans l'eau, instrument comparable à celui qui serait envoyé plus tard sur Europe.

L'*Io Volcanic Observer* est proposé pour l'étude d'Io, le plus actif du point-de-vue géologique des quatre satellites galiléens de Jupiter. Galileo a très peu étudié Io, les ceintures de rayonnement entourant Jupiter rendant l'environnement hostile pour les instruments électroniques. L'étude d'Io a dès lors été reportée jusqu'à la fin de la mission Galileo. Un passage au large d'Io, tout au début de la mission Galileo, n'a pas donné de renseignements exploitables, à la suite d'une panne. Pour l'instant, l'*Io Volcanic Observer* n'est qu'une proposition. L'engin décrirait une orbite autour d'Io durant un an pour y étudier surtout l'activité volcanique du satellite géant. Le petit satellite serait lancé par une fusée Delta et atteindrait Jupiter en deux ans. Après son arrivée à proximité de Jupiter, la pesanteur des satellites galiléens serait utilisée pour aider la sonde à se placer en orbite autour d'Io. La sonde serait équipée d'une caméra visuelle et infrarouge et d'un spectromètre ultraviolet.





↑ Jupiter vue par Hubble (John T. Clarke, Gilda E. Ballester (University of Michigan), John Trauger, Robin Evans (Jet Propulsion Laboratory), NASA)

Les instruments de bord électroniques devront être spécialement traités contre les rayonnements, plus encore que la plupart des sondes spatiales.

Jamais au cours de sa longue mission, l'explorateur de Saturne, *Cassini*, ne s'aventurera près des anneaux de Saturne. Pour combler cette lacune dans l'étude de la planète, la NASA envisage une sonde, spécialement construite pour se rapprocher, voire pénétrer les anneaux, afin de pouvoir visualiser les petits morceaux de glace qui les composent. Dans le prolongement éventuel de la mission *Huygens*, les Etats-Unis pensent à une sonde pour analyser plus longuement et plus en détail l'atmosphère de Titan. Le *Titan Biologic Explorer* serait une espèce de ballon pouvant flotter longtemps dans l'atmosphère de Titan, entraîné par le vent. L'engin serait lancé par une fusée Delta III et un orbiteur saturnien (éventuellement *Cassini*) servirait de relais pour les communications avec la Terre. Le Titan Biologic Explorer doit effectuer

l'analyse chimique de l'atmosphère de Titan, à la recherche surtout de molécules organiques. Des caméras et spectromètres seraient embarqués.

Pour l'exploration de la planète Neptune, la NASA songe à un orbiteur neptunien, survolant régulièrement Triton, le plus grand satellite de Neptune. L'appareil atteindrait Neptune en six ou sept ans, propulsé par un moteur à ions, alimenté en énergie par de grands collecteurs solaires gonflables.

Les agences spatiales ne veulent pas que des échantillons des planètes. Une mission sample return est également envisagée au centre du noyau d'une comète. La NASA et l'ESA avaient déjà retenu cette option, mais ces plans n'ont jamais été concrétisés. Contrairement à *Stardust*, qui se contentera de prélever des échantillons du nuage de poussière entourant le noyau de la comète, une telle mission pénétrerait de quelques mètres dans le noyau de la comète.

Une fois l'exploration du système solaire terminée, l'étape suivante est inévitablement l'espace interstellaire, le saut vers les étoiles. Quelques engins construits par l'homme sont déjà en route vers les étoiles, notamment les sondes américaines *Pioneer 10*, *Pioneer 11*, *Voyager 1* en *Voyager 2*. Mais leur vitesse de déplacement est tellement lente qu'il leur faut des centaines de milliers d'années pour rejoindre les étoiles les plus proches et ce ne sont que des tentatives symboliques d'astronautique interstellaire. Dans la catégorie symbolique figure aussi le projet commercial *Millennial Voyage* de l'entreprise américaine Encouter 2001. L'entreprise désire lancer une petite capsule comme charge secondaire d'une fusée Ariane 5 et, moyennant paiement, chacun pourra envoyer dans l'espace un petit échantillon d'ADN. Pour cinquante dollars, Encouter 2001 expédie votre ADN (prélevé sur un cheveu) dans les étoiles.

Plus sérieux est le projet *Interstellar Probe* de la NASA. Il

s'agirait d'une petite sonde équipée d'instruments de mesure qui n'atteindrait pas les étoiles mais dépasserait les limites de l'espace interstellaire franchies jusqu'à présent. En vingt ans, elle devrait se rapprocher du Soleil à une distance de deux cents unités astronomiques (trente milliards de kilomètres). La vitesse d'Interstellar Probe doit être trois fois supérieure au moins à celle des sondes Voyager. Aucune décision n'a encore été prise quant au mode de propulsion, mais on envisage notamment les manoeuvres d'*assistance gravitationnelle*, avec survols rapprochés de Jupiter ou du Soleil, à un moteur à ions alimenté par un réacteur nucléaire, à une voile solaire et à une nouvelle espèce de *propulsion au plasma mini-magnétosphérique*, utilisant les champs magnétiques et le vent solaire. La sonde devrait étudier la matière extrêmement ténue de l'espace interstellaire et durant son voyage, transmettre des informations sur *l'héliopause*, limite entre la sphère d'influence du Soleil et l'espace interstellaire.

Prochaines étapes dans l'exploration du système solaire

* (Les projets assortis d'un point d'interrogation [?] ont un calendrier encore à confirmer ou leur financement n'est pas encore acquis)

Date	Nom	Description*
■ 2001	Mars Surveyor 2001 Orbiter	• lancement et arrivée sur Mars [?]
	NEAP	• lancement vers le planétoïde Nereus [?]
	Mars Surveyor 2001 Lander	• lancement [?]
	Deep Space 1	• survole les comètes Wilson-Harrington et Borelly [?]
■ 2002	Muses-C	• lancement
	Stardust	• survole la comète Wild 2
	Contour	• lancement
	Mars Surveyor 2001 Lander	• arrivée sur Mars [?]
■ 2003	NEAP	• survole le planétoïde Nereus [?]
	Rosetta	• lancement
	Mars Surveyor 2003 (Sample Return)	• lancement et arrivée première sonde d'atterrissage [?]
	Mars Express	• lancement et arrivée près de Mars
	Contour	• survole la comète Encke
■ 2004	Mars Micromission 1	• lancement et arrivée près de Mars [?]
	Europa Orbiter	• lancement [?]
	Nozomi	• arrivée près de Mars
	Deep Impact	• lancement
	Messenger	• lancement
	Cassini-Huygens	• arrivée près de Saturne et Titan
■ 2005	Pluto-Kuiper-Express	• lancement [?]
	Deep Impact	• passe près de la comète Tempel 1
	Planet-C (of Muses-D)	• départ vers Mercure [?]
■ 2006	Mars Surveyor 2005 (Sample Return)	• lancement deuxième atterrisseur + premier instrument pour prélever des échantillons [?]
	Stardust	• retour sur Terre avec échantillons de la comète Wild 2
	Contour	• survole la comète Schwassmann-Wachmann
	Rosetta	• passe au large du planétoïde Otawara
■ 2007	Pluto-Kuiper-Express	• survole Jupiter [?]
	Mars Sample Return	• lancement troisième atterrisseur [?]
■ 2008	Europa Orbiter	• arrivée près de Jupiter et Europe [?]
	Messenger	• survole Mercure
	Contour	• passe au large de la comète d'Arrest
	Rosetta	• survole le planétoïde Siwa
	Mars Sample Return	• atterrissage premiers échantillons sur Terre [?]
■ 2009	Muses-C	• retour sur Terre avec échantillons du planétoïde 1989ML [?]
	BepiColombo	• lancement [?]
	Messenger	• arrive en orbite autour de Mercure
■ 2011	Mars Sample Return	• lancement quatrième atterrisseur + Appareil pour prélever des échantillons [?]
	Rosetta	• arrive près de la comète Wirtanen
	BepiColombo	• arrive près de Mercure [?]
■ 2012	Mars Sample Return	• atterrissage deuxième cargaison d'échantillons sur Terre [?]
	Pluto-Kuiper-Express	• survole Pluton [?]

Actualités

Certains le savent depuis longtemps, pour d'autres ce sera peut-être une surprise : la physique ne va pas si bien en Europe ! Des études montrent que les connaissances élémentaires en physique manquent souvent chez les citoyens et qu'il y a aussi une baisse inquiétante du nombre de ceux qui choisissent la physique comme orientation aussi bien dans les écoles que dans les universités.

'Physics on stage' ou toute une année de physique passionnante



Trois institutions scientifiques de pointe européennes vont s'atteler ensemble à inverser cette tendance. Il s'agit du CERN (European Organisation for Nuclear Research), de l'ESA (European Space Agency) et de l'ESO (European Southern Observatory). Elles ont lancé, le 1^{er} mars, le programme 'Physics on stage', une initiative de grande envergure qui, dans les 22 pays participant, placera la physique sous les feux de la rampe jusqu'à la fin de l'année. Les groupes visés sont : l'homme de la rue, les étudiants de tout âge et les professeurs de physique.

La pensée directrice de 'Physics on stage' est que la société en tirera profit pour maintenir vivant, auprès de larges couches de la population, l'intérêt pour la physique. Notre vie quotidienne est de plus en plus dépendante de moyens technologiques complexes ; la connaissance est donc importante pour pouvoir participer d'une façon juste aux processus de décisions qui se présentent aussi bien dans la vie quotidienne qu'au niveau politique. Un manque de physiciens pourrait aussi hypothéquer notre effort scientifique dans le contexte national

et international et donc nuire à la prospérité économique.

'Physics on stage' comporte trois volets :

- **jusqu'en novembre**, des initiatives sur le plan national seront prises pour promouvoir la physique, orientées aussi bien vers la population que vers l'enseignement. On cherchera des formes d'enseignement innovantes et passionnantes ainsi que de nouvelles méthodes pour amener la physique dans la vie quotidienne, de manière compréhensible et intéressante.

- **du 6 au 10 novembre** se tiendra à Genève une réunion internationale des délégués. Les expériences nationales seront échangées et discutées. Cette semaine s'inscrit dans le cadre de la 'Semaine européenne pour la Science et la Technologie 2000' de l'Union Européenne.

- **En novembre et décembre**, on procédera à une évaluation de l'ensemble de l'action et les résultats concrets seront communiqués aux responsables politiques et aux gens sur le terrain. Le travail à long terme pourra alors commencer...

Dans la pratique, 'Physics on stage' compte des comités directeurs dans les pays participants; ceux-ci organiseront le premier volet du projet ainsi que la manifestation en novembre. Pour la Belgique, cela signifie:

- Inventorier les initiatives d'information et d'éducation en matière de physique qui sont organisées de façon permanente ou temporaire dans notre pays. Le site web belge de 'Physics on stage':

<http://numat.rug.ac.be/pos> présente toutes ces initiatives et les diffuse vers les media.

- Stimuler les organisateurs potentiels de tels événements à entreprendre des initiatives concrètes (institutions scientifiques, entreprises, musées, etc.).

- Stimuler les journalistes scientifiques à informer le public concernant "Physics on stage".

- Développer et stimuler de nouvelles méthodes pédagogiques de vulgarisation et d'enseignement de la physique.

- Sélectionner de nouvelles initiatives éducatives afin de les présenter à la manifestation de Genève en novembre. Le financement des frais de participation est prévu.

Le comité directeur belge de 'Physics on stage' a lancé un appel à tous les intéressés pour réaliser ensemble les objectifs précités.

Vous pouvez les joindre à l'adresse e-mail:

petra.rudolf@fundp.ac.be

et sur le site web: <http://numat.rug.ac.be/pos>.

Le site web international de 'Physics on stage' est:

<http://www.estec.esa.nl/outreach/pos>.

Par Werner Verschueren, Services des Recherches et Applications spatiales et membre du comité directeur belge de 'Physics on stage' en tant que délégué des SSTC.

Actualités

Le télescope spatial *Hubble* "plus fringant que jamais"

Après les réparations effectuées durant le vol STS 103 de la navette spatiale Discovery en décembre, le Hubble Space Telescope (HST) est à nouveau pleinement opérationnel et les images qu'il transmet à la Terre semblent meilleures que jamais. Le 13 novembre de l'année dernière, un quatrième gyroscope du télescope avait rendu l'âme et les observations scientifiques étaient devenues impossibles. Au cours d'un vol Discovery, les six gyroscopes ont été remplacés et un nouvel ordinateur ainsi que d'autres instruments électroniques installés.

"Hubble est plus fringant que jamais", dit-on à la NASA. "Après un arrêt de deux mois, chacun est particulièrement stimulé par la renaissance de Hubble." Le HST est un programme de coopération entre la NASA et l'ESA.

Le télescope spatial Hubble après les réparations de décembre 1999. On aperçoit l'atmosphère terrestre entre le télescope et les panneaux solaires. (NASA)



La Belgique participe à *Vegetation 2*

Le Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO) de Mol participe largement au projet Vegetation 2, destiné à l'analyse des écosystèmes de notre planète. Le 21 décembre dernier, un accord de coopération a été signé à cet effet entre la France, la Belgique et la Suède. Le VITO traite les données reçues par la station terrestre Kiruna en Suède. La participation de la Belgique au programme représente 7,5% pour un budget total de 1,062 milliard de francs. Internet: www.vgt.vito.be

Les inondations au Mozambique (28 février 2000, CNES)



Mission réussie pour *Fluidpac*

Une nouvelle capsule Foton a été lancée par une fusée russe Soyuz le 9 septembre dernier. Foton transportait les équipements Fluidpac, un labo destiné à l'étude des liquides en microgravité. Fluidpac ou Fluid Physics Facility a été conçu et construit pour l'ESA pour la somme de 521 millions de francs par un consortium européen dirigé par Verhaert Design and Development à Kruibeke. Le développement de Fluidpac a duré 6 ans. Grâce à Fluidpac, les températures peuvent être réglées avec une précision de 1/100°C. Tâche loin d'être facile dans des conditions "cosmiques" où peu d'énergie peut

être utilisé avec des pompes silencieuses et ne présentant pas la moindre vibration. Les expériences Fluidpac peuvent être réalisées tout-à-fait automatiquement.

Des expériences belge, italienne et allemande ont été réalisées durant la mission Foton. L'expérience belge venait du professeur Legros de l'ULB. Via une telescience unit, les scientifiques peuvent suivre leurs essais depuis la Terre et les ajuster, le cas échéant. Une expérience a donné de moins bons résultats que prévu, mais Fluidpac même s'est parfaitement comporté. Fluidpac doit encore effectuer deux vols.

Actualités

L'ESA et la microgravité : **3600 emplois** hautement qualifiés en Europe



John Glenn à bord de la navette Discovery (NASA)

Pas de problème pour les **personnes âgées** dans l'espace

Selon les scientifiques de la NASA, en 1998, durant son deuxième vol spatial historique de neuf jours, John Glenn ne paraissait pas ses 77 ans. Comme ses collègues, ayant la moitié de son âge, Glenn s'est parfaitement adapté aux conditions de l'espace. Son cœur s'est même mieux comporté que la moyenne des 12 astronautes plus jeunes. Glenn s'est seulement distingué de ses collègues par la quantité de nourriture absorbée. Ce phénomène demeure inexplicé. Pour le reste, il ne semble manifestement y avoir aucune raison d'interdire les vols spatiaux aux personnes âgées en bonne santé. Glenn a encouragé la NASA à le faire, mais aucun projet concret n'existe pour le moment dans ce domaine.

En 1962, Glenn a été le premier Américain à effectuer un vol autour de la Terre. Il a été sénateur de l'Etat d'Ohio durant 24 ans et n'a pris sa retraite qu'en 1998. Et pour ce qui est de Glenn... "Je retournerais bien volontiers dans l'espace".

On Station est la nouvelle lettre d'information de l'ESA et succède aux précédentes lettres d'information Microgravity News en Columbus Logbook ; elle donne des informations sur tous les projets de microgravité de l'organisation. Une large part est évidemment consacrée à l'International Space Station (ISS), projet auquel l'ESA et la Belgique participent. Mais les activités européennes dans le domaine de la microgravité ne se limitent pas à cette seule initiative ; elles recouvrent également des essais à bord de la navette spatiale américaine, des capsules russes Foton et des fusées sondes européennes. Il y a aussi des vols

Le module européen Columbus Orbital Facility (COF) sera attaché à la station spatiale internationale en 2002 (NASA)



paraboliques et des essais du haut de tours d'imposanteur pour de brèves expériences en microgravité.

Dans son préambule, Jörg Feustel-Büechl, directeur du programme ESA des vols spatiaux habités et de microgravité déclare qu'actuellement, plus de 20 projets de microgravité existent. "Ils vont du laboratoire Columbus pour l'Automated Transfer Vehicle et la participation européenne au Crew Return Vehicle (CRV) jusqu'à l'utilisation de l'International Space Station, en passant par des équipements de microgravité pour les programmes Columbus et EMIR. Globalement, ils représentent un budget annuel moyen de 500 millions d'euros, dont 85% de contrats avec l'industrie européenne. Près de 3600 emplois hautement qualifiés sont directement associés à ces programmes et projets."

- On Station paraît quatre fois par an et peut être obtenu gratuitement à l'adresse suivante On Station, ESA Publications Division/DG-P, ESTEC, Postbus 299, 2200 AG Noordwijk, Nederland. Elle peut aussi être consultée sur le site esapub.esa.int/
- L'ESA Directorate of Manned Spaceflight & Microgravity figure sur l'Internet à l'adresse: www.estec.esa.int/spacelight

Moins de risques de **chutes** catastrophiques d'objets célestes **sur Terre**

Selon la revue Nature, il n'y a qu'environ 700 grands planétoïdes capables de se rapprocher de la Terre et de provoquer une catastrophe mondiale lors de leur chute. Ce chiffre est nettement inférieur aux 1000 à 2000 exemplaires qui croiseraient régulièrement l'orbite terrestre et dont l'un d'eux aurait 1% de risque de toucher la Terre au cours des 1000 prochaines années. Il est toutefois important de continuer à surveiller le ciel. L'avantage est que la plupart de ces gros blocs d'un diamètre de 1 à 10 km seront connus dans 20 ans. Mais il reste des masses d'objets plus petits qui ne constituent pas une menace pour la Terre, mais qui pourraient cependant anéantir des villes. D'une manière générale, il est admis que l'impact d'un planétoïde sur Terre a fait disparaître les dinosaures de la surface terrestre il y a 65 millions d'années.

Vingt ans de lancements pour **Ariane**, célébrés par trois lancements en 19 jours !

Le lanceur européen Ariane peut sans conteste être revendiqué comme une réussite par les Européens. Après une phase de développement de 6 ans, le 24 décembre 1979, la première fusée Ariane a été lancée dans l'espace depuis la base de Kourou en Guyane française. Quatre ans plus tard, Arianespace reprenait l'exploitation d'Ariane avec un succès commercial éclatant et inattendu à l'époque.

Vingt ans après, plus de 125 fusées ont été lancées pour des opérateurs satellites du monde entier et ceci avec un pourcentage de réussite très élevé (96,7% pour Ariane 4 et 50 lancements successifs réussis pour une Ariane 4). Au fil des ans, l'Ariane 1 de 1979 a été rejointe par de nombreuses petites soeurs et après des débuts hésitants, la cinquième semble vouloir se comporter aussi bien que ses cadettes.

Lors du premier vol commercial d'une Ariane 5 le 10 décembre 1999 (avec le lancement du satellite scientifique et européen XMM, voir Space Connection 30), Jean-Marie Luton, directeur d'Arianespace, déclarait : "Ariane 5 est désormais un lanceur totalement opérationnel et en 2000 cinq à six lancements sont prévus. La plupart des fusées sont au stade final de production. Au total, 32 fusées Ariane 5 ont été commandées à l'industrie. Nous poursuivons le développement de nouvelles versions d'Ariane 5 et dès 2002, nous voulons lancer huit exemplaires par an."

Décembre 1999 a été un mois chargé pour le "port spatial" de Kourou. Ariane 5 est partie le 3 décembre, 6 jours à peine (un nouveau record !) après le vol 124 d'une Ariane 4, chargée de lancer dans l'espace le satellite militaire français d'observation de la Terre

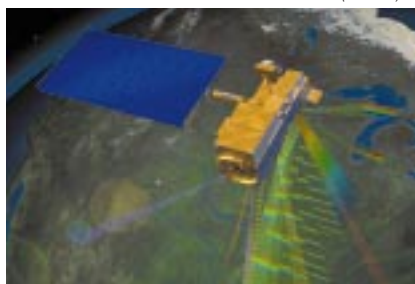
Helios 1B et le microsatellite technologique Clémentine. Le 22 décembre venait le tour d'une nouvelle Ariane 4 pour le vol 125 avec le satellite de télécommunications Galaxy 11 de l'opérateur PanAmSat.

Avec un carnet de commandes d'environ 40 satellites, en dépit de la féroce concurrence internationale, l'avenir d'Arianespace se présente sous de bons auspices. 1999 a été une année relativement faible, mais selon Luton, une relance se manifeste clairement sur le marché des lancements de satellites. Ariane 4 resterait en fonction jusqu'en 2002, pour passer ensuite définitivement le flambeau à Ariane 5. Par le biais des entreprises SABCA, ETCA et Techspace Aero, la Belgique participe à Arianespace à concurrence de 4,17%.

Arianespace sur l'Internet: www.arianespace.com

Lancement de **Terra**, premier satellite du Earth Observing System

Décembre a été marqué par le lancement du premier d'une série de trois gros satellites de l'Earth Observing System (EOS). Ce satellite de 5 tonnes a été baptisé Terra et a été lancé depuis la base de Vandenberg en Californie. Le budget du programme EOS est de 300 milliards de francs et est destiné à vérifier comment naît le climat de notre planète et le rôle joué par l'homme dans ce domaine. Au cours des trois prochaines années, Terra doit être rejoint par les satellites Aqua et Chem. Les satellites peuvent fonctionner durant 10 ans, mais des observations ne sont pas programmées au-delà de 2006. Dès 2008, une nouvelle génération de satellites d'observation pourrait être mise en orbite



Terra (NASA)

autour de la Terre, grâce au lancement d'un satellite de transition en 2005 ou 2006. En l'absence de plans à long terme et étant donné le coût élevé, EOS a été victime de nombreuses critiques. Certains experts préconisent une stratégie "internationale" dans laquelle les Européens pourraient aussi trouver leur place.

Le **Brésil** ne joue pas encore dans la cour des "grands"

Le Brésil n'a pas encore réussi à entrer dans le club fermé des pays ayant lancé un satellite par leurs propres moyens, soit pour l'instant l'ex-Union soviétique, les Etats-Unis, la France, le Royaume-Uni, le Japon, la Chine, l'agence spatiale européenne ESA, l'Inde et Israël).

En décembre, le lancement depuis la base d'Alcantara au nord du pays, de la fusée VLS construite par le Brésil a échoué. Trois minutes après son départ, il a fallu détruire la fusée après l'absence d'allumage du deuxième étage. VLS est tombée dans l'Océan Atlantique avec un satellite chargé d'étudier l'atmosphère et le champ magnétique de la Terre. Une première tentative de lancement d'une VLS en 1997 avait également échoué.

Actualités

Initiatives de **formation** en disciplines spatiales adressées aux **étudiants belges**

Voici une liste sommaire des formations, colloques, cours et activités éducatives qui s'offrent aux élèves, étudiants ou jeunes diplômés dans le domaine des disciplines spatiales.

1. programmes destinés aux étudiants et jeunes diplômés

European Center for Space Law (ECSL)

Le "Summer Course in Space Law and Policy" organisé chaque année par l'ECSL rassemble des étudiants européens (Droit, Sciences politiques,...) et propose une formation (sanctionnée par un certificat de participation) en Droit et Politique spatial(e).

La sélection se fait sur recommandation de l'Université d'origine de l'étudiant. Les frais d'inscription couvrent le transport, le logement et la nourriture et s'élèvent à +/- 1000 FF. Le cours se donne habituellement les **15 premiers jours de septembre**. La session 2000 a lieu à l'Université de Cologne, Allemagne.

Langues: anglais et français

Informations de contact:

Internet: <http://esapub.esrin.esa.it/ecsl/ecsl.htm>

Adresse:

ECSL c/o European Space Agency

8-10, rue Mario Nikis

75738 Paris Cédex 15 France

• tél.: +33 (0)1 53 69 76 05

• fax: +33 (0)1 53 69 75 60

• e-mail: ecsl@hq.esa.fr

International Astronomical Union (IAU)

Cette association propose diverses formations en sciences spatiales.

Langue: anglais.

Informations de contact:

Internet: www.iau.org/edu.html

Space Generation Forum

Ce Forum s'est tenu dans le cadre de la Conférence internationale UNISPACE III, à Vienne, Autriche, en juillet 1999. Il rassemblait des étudiants ainsi que des jeunes professionnels dans le domaine des disciplines spatiales. Les conclusions de ses travaux peuvent être consultées dans le *Rapport de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique* disponible sur Internet dans sa version anglaise : www.un.or.at/OOSA/unisp-3 Langue: anglais principalement.

International Astronautical Federation (IAF)

L'IAF organise chaque année un *Congrès international* réputé avec de nombreux colloques, conférences et ateliers dans les différentes disciplines spatiales. En marge du Congrès, une série d'événements éducatifs se tiennent, notamment la "Manfred Lachs Moot Court Competition", organisée par l'International Institute for Space Law (IISL). Le Congrès est aussi l'occasion de rencontrer de nombreux professionnels de l'Espace venant de tous les pays. Le Congrès IAF 2000 se déroulera à Rio de Janeiro, Brésil, du **2 au 6 octobre 2000**.

En outre, l'IAA (International Academy of Astronautics) propose des formations et des programmes éducatifs divers. Langue: anglais

Informations de contact: Internet: www.iafastro.com

Summer School Alpbach

L'Agence spatiale autrichienne (ASA) organise un cours d'été intitulé "Extragalactic Astronomy and Cosmology from Space". Il est destiné à des étudiants en post-graduat et se donnera du **18 au 27 juillet 2000**. Le financement est en principe assuré par l'ESA. Langue: anglais (à confirmer)

Informations de contact:

Internet: www.asaspace.at

Renseignements complémentaires auprès des SSTC (cfr. in fine).

International Space University (ISU)

• Session d'été (SSP):

Programme multidisciplinaire (sciences, techniques, politique spatiales) de 10 semaines destiné aux jeunes diplômés intéressés ou confirmés dans le domaine des sciences ou/et techniques spatiales. Le lieu varie d'année en année (session 2000: Valparaiso, Chili - les inscriptions sont clôturées mais n'hésitez pas à vous renseigner dès maintenant pour la session 2001). La sélection (2 étudiants max.) se fait sur dossier et sur recommandation officielle (SSTC et ESA). Les frais de participation (+/- 70.000 FF) peuvent être financés partiellement ou totalement. Langue: anglais

• Session académique (MSS):

Le "Master in Space Studies" est une formation multidisciplinaire dédiée aux diplômés universitaires. Elle est dispensée au siège de l'ISU, à Strasbourg, France, dans le courant de l'année académique. Langue: anglais

Informations de contact:

Internet: www.isunet.edu

adresses: Jean-François MAYENCE

SSTC - Service recherche et applications spatiales

Rue de la science, 8 • B-1000 Bruxelles

• tél.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

International Space University

Strasbourg Central Campus

Parc d'Innovation

blvd. Gonthier d'Andernach

67400 Illkirch-Graffenstaden - France

• tél.: +33 (0)3 88 65 54 30

• fax: +33 (0)3 88 65 54 47

Actualités

Accord entre **SAIT-RadioHolland** et l'ESA pour un système de **messagerie par satellite**

2. programmes destinés aux élèves et étudiants

US Space and Rocket Center

Chaque année, l'US Space and Rocket Center invite deux élèves (15 à 18 ans, un garçon et une fille si possible) ainsi qu'un professeur. Durant une semaine, il dispense une formation introductive aux sciences et techniques spatiales de pointe. Les cours se donnent à Huntsville, Alabama, USA. Les frais de transport et d'assurance médicale temporaire sont à charge du participant. Les frais restants sont pris en charge par l'US Space and Rocket Center. Langue: anglais.

La session 2000 se tiendra du **29 juillet au 4 août 2000**. Les candidatures doivent être adressées aux SSTC. Les candidatures pour cette année ont été déjà sélectionnées.

Informations de contact:

Internet: www.spacecamp.com

adresse: Jean-François MAYENCE

SSTC - Service recherche et applications spatiales
rue de la Science, 8 • B-1000 Bruxelles

• tél.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

International Astronomical Youth Camp

Cette initiative européenne offre la possibilité à 70 jeunes européens (de 16 à 24 ans) de recevoir une formation en astronomie. La session 2000 se déroulera du **1^{er} au 22 août 2000** à Montanú, Espagne. Les frais de participation sont de 350 Euros (14.000 BEF). Le formulaire d'inscription est disponible sur le website. Langue: anglais.

Informations de contact:

Internet: www.iayc.org

adresse: e-mail: Info@iayc.org

Pour tout renseignement supplémentaire, vous pouvez contacter: Jean-François MAYENCE

SSTC - Service recherche et applications spatiales
rue de la Science, 8 • 1000 Bruxelles

• tél.: 02/ 238 35 17 • fax: 02/ 230 59 12

• e-mail: maye@belspo.be

ou consulter le site des SSTC: www.belspo.be

EUDIS, société contrôlée par SAIT-RadioHolland, et l'ESA viennent de signer un accord pour l'exploitation du LLMS (Little-LEO Messaging System). Le contrat porte sur la location de LLMS à EUDIS aux fins d'exploitation commerciale exclusive. Par ce contrat, SAIT-RadioHolland est en outre l'unique responsable pour l'obtention et le maintien de toutes les licences et/ou autorisations nécessaires au démarrage et à la mise en oeuvre de LLMS à l'échelon mondial. Le nom commercial donné à l'opération du système LLMS est IRIS (Intercontinental Retrieval of Information via Satellite).

Cette phase de commercialisation constitue la première étape d'un vaste programme visant à déployer une constellation de six satellites dans un délai de trois ans. Il s'agit d'un projet qui porte sur le développement de la prochaine génération de satellites sous forme de microsatellite indépendant ("Free Flyer"). Le lancement du premier microsatellite est prévu pour 2002, avec déploiement complet de la constellation en 2003. Le système vise à offrir des applications de télésurveillance d'installations et d'équipements fixes ou mobiles, aussi bien que des applications de messagerie électronique. A part la couverture globale, le service se caractérise par les prix très abordables offerts aux utilisateurs.

SAIT-RadioHolland est un groupe belge qui se profile comme intégrateur de systèmes et pres-

tataire de services pour la communication sans fil à l'intention du marché professionnel. Sa Business Unit "Space" a pour mission le développement et la commercialisation de produits, de systèmes et de services de communication hautement sophistiqués par satellite. SAIT-RadioHolland se concentre actuellement sur la technologie par satellite du type "Little-LEO". Celle-ci permet d'assurer un service global de messagerie et de transfert de données.

Les systèmes de communication LEO (Low-Earth Orbit - orbite basse) reposent sur des satellites à orbite non-géostationnaire. "Little" (petit) s'applique à des systèmes utilisant des fréquences inférieures à 1GHz et fournissant uniquement des services de données. L'ESA avait déjà confié au groupe SAIT-RadioHolland le développement de LLMS-IRIS, incluant le lancement de la charge utile de communication.

A de nombreux égards, LLMS-IRIS constitue une première. Il s'agit du premier système Little-LEO commercial ayant une charge utile en orbite et basé sur une technologie d'étalement spectral. En outre, c'est le premier système à satellite développé au sein de l'ESA pour lequel une société belge assure la responsabilité de premier contractant.

Pour de plus amples renseignements :

• Christian Deglain – Communication Manager

e-mail: c.deglain@brussels.sairh.com

internet: www.sairh.com

(communiqué de SAIT-RadioHolland)

