



ÉDITO : HLV, L'OPTION DÉCISIVE

Parmi les options retenues dans le plan d'exploration spatiale de la NASA, le choix d'un lanceur lourd, capable de placer 125 tonnes en orbite terrestre (HLV, Heavy Lift Vehicle), constitue indéniablement l'élément le plus décisif pour l'avenir. Sans ce lanceur, non seulement le retour vers la Lune deviendrait une opération alambiquée et hasardeuse mais, surtout, les futures expéditions vers Mars seraient pratiquement irréalisables.

Cette option présente par ailleurs de nombreux avantages : elle utilise des éléments de propulsion dont la fiabilité a été très largement démontrée en vol ; elle évite de « ferrailer » l'investissement technologique et industriel considérable du programme Navette ; enfin, elle va permettre de terminer ce dernier dans de bonnes conditions d'environnement technique.

La configuration du HLV n'est autre que celle du projet Ares, proposé dès 1991 dans le cadre du projet Mars Direct, défendu par Robert Zubrin ! Le bon sens l'emporte.

On savait le nouveau patron de la NASA convaincu de la nécessité de ce choix. Mais la partie était loin d'être gagnée ; l'US Air Force aurait vu sans déplaisir l'Agence utiliser les lanceurs EELV, dont elle a financé le développement, mais dont les performances sont limitées à 25 tonnes...

A ceux - ils étaient nombreux - qui prônaient le recours aux lanceurs « commerciaux » (en fait militaires) et proclamaient qu'un HLV ne saurait voir le jour, il convient de faire remarquer que ce lanceur existe déjà virtuellement ; en effet, la Navette place en orbite 25 tonnes, plus les 80 tonnes de l'avion spatial lui-même...

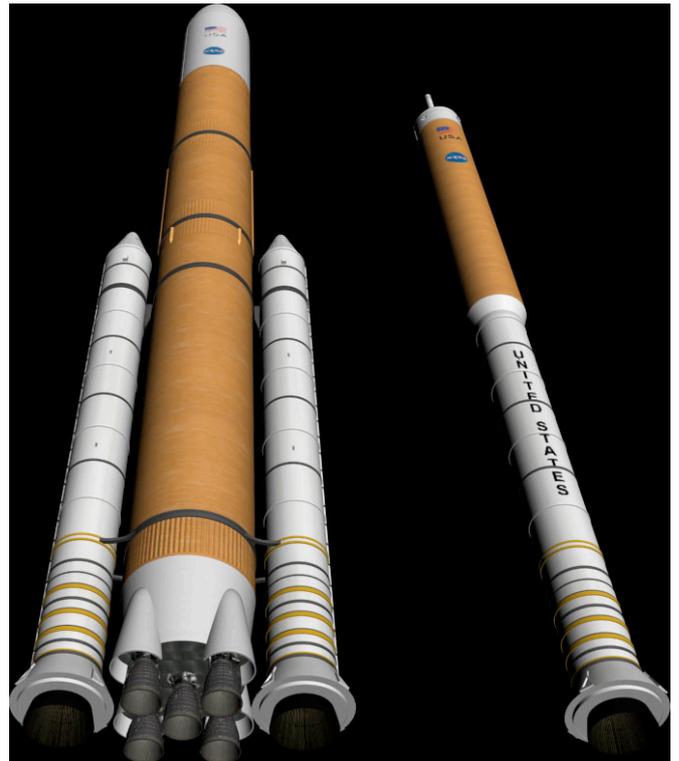
Seule ombre au tableau, la NASA, pour des raisons budgétaires, prévoit de ne lancer ce développement qu'en 2011. Un report de cinq ans qui affaiblit le programme en en réduisant la dynamique. Un arrêt plus rapide des vols de Navette permettrait, indépendamment des problèmes industriels et de coopération internationale que cela poserait, d'éviter un tel étalement, tout en soulageant les contraintes financières.

Richard Heidmann

Président de « Planète Mars »

VERS LA LUNE, MARS ET AU-DELÀ

Le 19 septembre, la NASA a révélé les résultats de l'étude de 60 jours sur l'architecture des premières missions d'exploration spatiale. Il faut d'abord pouvoir lancer, entre 2012 et 2014, le successeur de la Navette : le Crew Exploration Vehicle (CEV), qui sera une grosse capsule conique (5,5 m de diamètre) de forme semblable à Apollo. Le CEV aura une masse de 25 tonnes et devra prendre le relais de la Navette pour desservir la Station internationale. Pour cette mission, un lanceur, de capacité semblable à celle d'Ariane 5, doit être développé. Son premier étage est constitué d'un booster de Navette et son deuxième étage cryotechnique, emportant 110 tonnes d'ergols, est propulsé par un moteur SSME de la Navette.



à droite le lanceur du CEV, à gauche le lanceur lourd capable de placer 125 tonnes en orbite basse

Dans ce numéro :

- Edito : HLV, l'option décisive p. 1
- Vers la Lune, Mars et au-delà p. 1
- Les véritables pentes martiennes p. 4
- L'image du trimestre : dunes d'Arabia Terra p. 7
- La vie de l'association p. 8
- La mission MRO p. 9

prochain numéro : janvier 2006

Pour repartir à l'assaut de la Lune vers 2018, un plus gros lanceur est nécessaire. Sa configuration générale ressemble à Ariane 5 : au centre, un gros étage cryotechnique propulsé par cinq moteurs de Navette, entouré de deux boosters également dérivés de ceux du Shuttle par addition d'un segment ; l'étage supérieur, également cryotechnique, utilise deux moteurs J2S, évolution de ceux qui avaient propulsé les Américains vers la Lune en 1969. On voit que ces choix sont dictés par une grande prudence technologique et programmatique liée à la volonté d'aboutir le plus vite possible. Pour

une mission lunaire, il faudra un vol de lanceur lourd pour mise en orbite terrestre du module lunaire et de l'étage supérieur, puis un deuxième vol pour que le CEV, avec quatre astronautes à bord, rejoigne le gros du train lunaire.

L'étage supérieur donne alors à l'ensemble les quelque 3 km/s nécessaires au transfert vers la Lune. Trois jours plus tard, à l'approche de notre satellite, le moteur à oxygène et méthane liquides du module de service (entre 2,5 et 7 tonnes de poussée) est mis à feu pour réduire la vitesse et placer le train en orbite lunaire. Les 4 astronautes passent alors dans le module lunaire qui utilise son moteur de descente à oxygène et hydrogène liquides à poussée variable pour atterrir. L'utilisation de ces ergols cryotechniques, 1,5 fois plus performants que le mélange N_2O_4/MMH employé lors des missions Apollo, permet la réalisation d'une mission beaucoup plus ambitieuse (quatre astronautes sur la Lune pendant sept jours contre deux pendant trois jours), avec pratiquement la même masse, de l'ordre de 145 tonnes au départ de l'orbite terrestre. Certains sites d'alunissage sont déjà proposés : l'océan des Tempêtes, la région d'Aristarque, la rainure de Bode, la mer de la Tranquillité, la mer de Smyth, le bassin d'Aitken, la mer Orientale (ces deux derniers sites sur la face cachée). Le pôle Sud est intéressant aussi, avec la présence supposée de glace dans le sol susceptible de fournir à terme oxygène et hydrogène. Seuls les sites à proximité de l'équateur ou des pôles permettent aux astronautes de regagner à tout moment le CEV en orbite en cas d'urgence.

Après leur séjour d'exploration, les astronautes décollent de notre satellite au moyen d'un moteur à oxygène et méthane liquides, abandonnant l'étage de descente sur la Lune. Ils rejoignent le CEV qui attend, vide, en orbite. Le moteur à oxygène et méthane liquides du CEV est rallumé pour transfert de retour vers la Terre ; le module lunaire est abandonné en orbite lunaire. Trois jours plus tard la capsule conique entre dans l'atmosphère, déploie des parachutes et des airbags autorisant un atterrissage sur la terre ferme, sur une base aéronautique suffisamment vaste, comme Edwards.

L'ensemble du programme est évalué à 104 milliards de dollars jusqu'au premier alunissage, contre 100 milliards réactualisés pour Apollo. La totalité du programme Apollo, avec six alunissages réussis, avait coûté 170 milliards de dollars.



NASA/John Frassanito and Associates

Et Mars dans tout cela ?

Les missions martiennes semblent bien avoir été prises en compte par la NASA.

Tout d'abord le CEV est vu comme le véhicule de retour des astronautes depuis Mars. Le module de service du CEV et le moteur de remontée du module lunaire utilisent des moteurs à oxygène et méthane liquides. La technologie de ce type de moteur va donc être mise au point et l'on sait que la production d'oxygène et méthane sur Mars (avec un peu d'hydrogène importé) est le moyen qui rend possible l'aller-retour Terre-Mars à des conditions techniques et économiques acceptables.

Il est même possible que les moteurs « lunaires » soient directement utilisables pour les missions martiennes (groupements de moteurs, par exemple). Il y a quelques mois, le lanceur lourd de 80 à 110 tonnes semblait surdimensionné pour l'orbite basse. Finalement c'est la version « gonflée » à 125 tonnes qui a été choisie. Elle permet non seulement d'économiser un rendez-vous lunaire mais aussi les missions martiennes avec seulement trois lancements, comme dans le scénario *Mars Direct*.

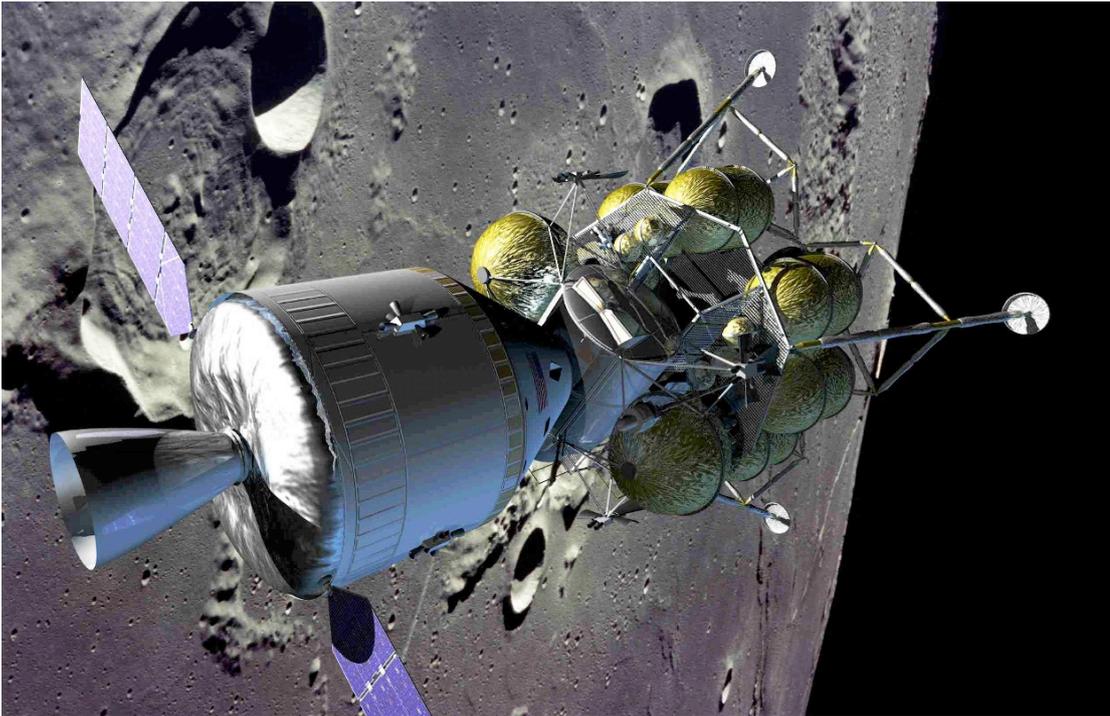
Un travail à rebours

Le directeur de la NASA, Michael Griffin, a lui même affiché la couleur : « C'est vraiment la prise en compte de l'exécution d'une mission vers Mars dans des conditions raisonnables qui a déterminé la philosophie retenue pour l'exploration lunaire. Ainsi, nous sommes partis de ce dont nous aurions besoin pour aller sur Mars et nous avons travaillé à rebours ».

Alain Souchier

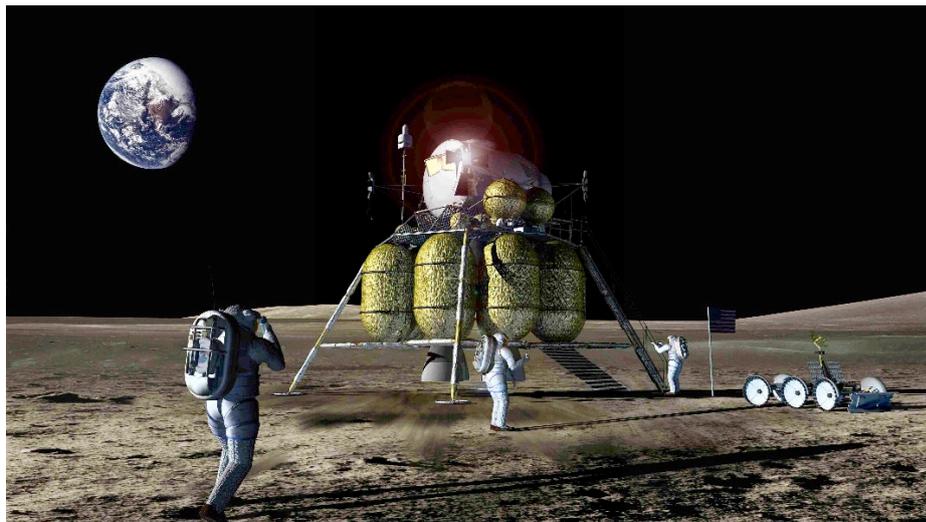


2018 : en route pour la Lune.



Le train spatial en orbite lunaire. Le CEV dispose de panneaux solaires. Le module lunaire est suffisamment vaste pour permettre une sortie sur la Lune via un sas sans tout dépressuriser comme lors des missions Apollo. En version cargo inhabitée, le module lunaire dépose 21 tonnes sur la Lune

Quatre hommes sur la Lune. Et pour repartir, un moteur à oxygène et méthane liquides comme pour repartir de Mars plus tard ?



*Retour !
Mais sur terre et pas sur mer comme Apollo.*

*Toutes les images de cet article sont :
(doc. NASA/John Frassanito and Associates)*



LES VÉRITABLES PENTES MARTIENNES

Pour rendre plus spectaculaires les vues prises par les sondes en orbite autour de Mars, les laboratoires et les agences publient souvent des images dans lesquelles les hauteurs sont fortement exagérées par rapport aux dimensions horizontales. Les pentes paraissent alors vertigineuses, alors que la réalité est tout autre. Nous avons déjà connu une illusion semblable sur les représentations de paysages lunaires avant l'arrivée de l'homme sur la Lune. Partant des photos et observations de la Lune en lumière rasante, les illustrateurs avaient dessiné des pics acérés, des failles à parois verticales, alors que les pentes lunaires, en l'absence d'érosion active due à l'eau, et compte tenu du remodelage permanent (sur le long terme) exercé par les chutes de météorites, restent douces.

Mars voit le même type d'illustrations avec des astronautes explorant des falaises verticales. C'est d'ailleurs ce genre d'image qui a poussé l'association Planète Mars à réaliser les différentes versions de démonstrateur de véhicule de reconnaissance de paroi (VRP) essayé en France et en conditions martiennes simulées dans l'Utah en 2002, 2004 et 2005.



Des parois verticales et même en surplomb : est-ce réaliste ?
(doc. NASA)

Les volcans

Examinons de près un volcan martien comme Olympus Mons. Il est entouré d'une « falaise » de 5 km de haut qui donne accès à un cône en pente douce (de type hawaïen) qui file jusqu'au sommet, où s'ouvre le bord vertigineux d'une caldeira. Quelles sont les pentes réelles ? La falaise de base mesure bien 5 km mais s'étend sur 15 km de distance : la pente moyenne est de 20 degrés. Le cône volcanique s'élève de 17 km sur une distance de 275 km : la pente moyenne vaut 3,5 degrés ; l'ascension peut se faire à vélo et en bien des endroits l'explorateur à pied n'arrive pas à se faire une idée de la direction qui correspond à la montée et de celle qui correspond à la descente ! Seuls les nuages accrochés au

point le plus élevé, le rebord de la caldeira, doivent indiquer la direction de la montée.



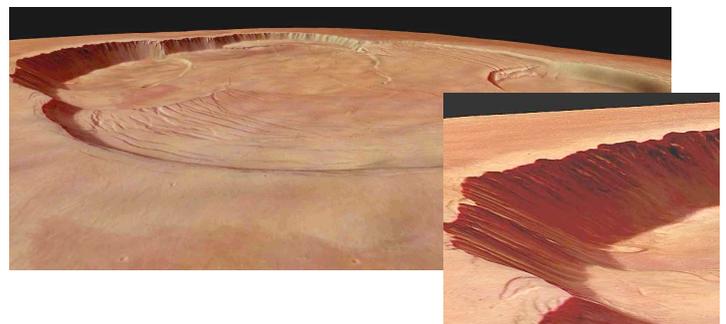
Olympus Mons, le plus grand volcan du système solaire avec 22 km d'altitude et 550 km de diamètre, mais des pentes peu impressionnantes, sauf dans la caldeira

(doc. NASA/JPL)



détail de la « falaise » qui entoure Olympus Mons
(doc. ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum)

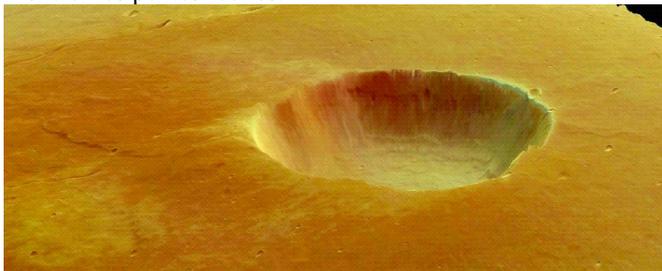
En arrivant au bord de la caldeira, le vaillant explorateur martien découvrira un paysage plus vertigineux : la pente atteint 30 degrés sur une profondeur de 3 km ! Telle quelle, la valeur de 30 degrés paraît faible, mais c'est ce que l'on appelle un « mur » sur une piste de ski ; sur 3 km de dénivelé, c'est une pente impressionnante. Elle révèle probablement les différents effondrements qui ont modelé le volcan, au moins dans le tiers supérieur, les deux tiers inférieurs semblant masqués sous des éboulis. La pente moyenne de 30 degrés est cohérente avec celle d'éboulis. Pour ceux-ci la pente d'équilibre extrême est de 34 degrés (valeur qui ne dépend que des coefficients de frottement entre particules et n'est donc pas influencée par la pesanteur martienne).



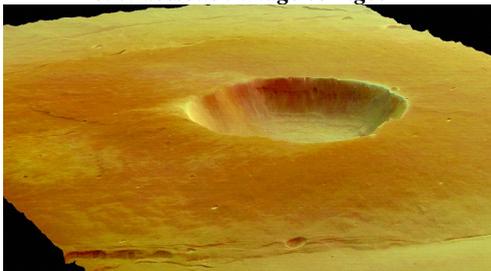
Cette vue de la caldeira d'Olympus Mons prise par la sonde européenne Mars Express, est présentée avec la même échelle horizontale et verticale : les pentes sont respectées. Le secteur de la coulée à gauche est présenté agrandi à droite : on y voit les vraies pentes
(doc. ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum)

Une spectaculaire image du volcan Albor Tholus dans Elysium Planitia prise par Mars Express montre sur la gauche de la caldeira trois coulées de vent chargées de poussière, déva-

lant les pentes. La caldeira mesure 30 km de large pour 3 de profondeur, ce qui permet de calculer que les hauteurs sont exagérées dans un rapport 2 et de corriger la photo pour montrer les pentes réelles.



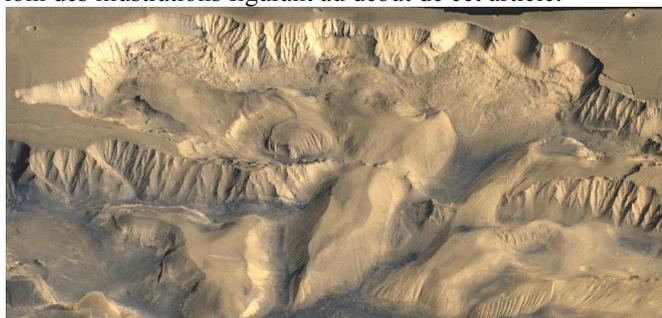
Albor Tholus avec une multiplication par 2 de l'échelle verticale et ci-dessous l'image corrigée



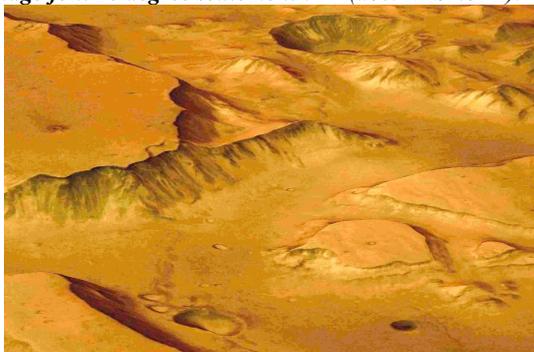
(doc. ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum)

Le canyon Valles Marineris

Valles Marineris est souvent présenté comme le canyon du Colorado martien. Avec plus de 3 000 km, il est d'ailleurs 10 fois plus étendu. Mais il n'est pas plus vertigineux. Les pentes restent relativement modestes à l'échelle moyenne (ce qui n'exclut pas des falaises locales) : dans la partie principale du canyon (Ius, Melas et Coprates Chasma), les pentes présentent 3 à 4 km de dénivelé sur une largeur de 15 km, donc des angles de 15 degrés au maximum. La réalité semble loin des illustrations figurant au début de cet article.



Détail des bords de Valles Marineris : Ophir Chasma en haut et Candor Chasma en bas. La profondeur atteint 2 km dans Ophir Chasma et 4 km dans Candor Chasma. Les « falaises » en haut de l'image font 10 degrés seulement ! (doc. NASA/JPL).



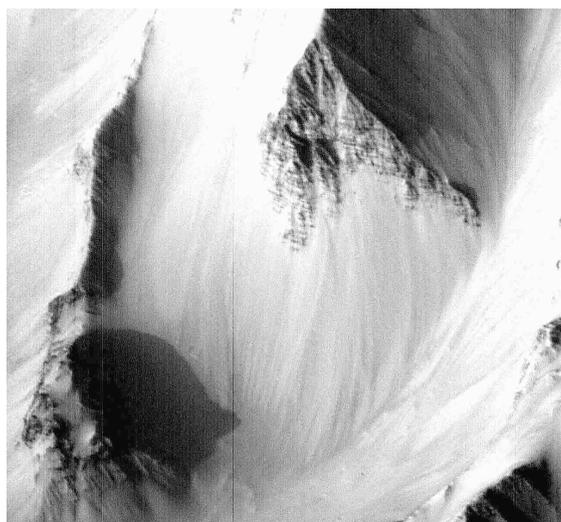
Détail de mesas vers l'extrémité est de Valles Marineris. Sur cette image les pentes ne sont pas exagérées. Le rebord de la mesa de gauche commence peut-être par une falaise ou une pente forte de 100 m de hauteur. (doc. ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum)



Gros plan sur une mesa située au milieu de la partie est de Coprates Chasma dans Valles Marineris, près du débouché sur Capri Chasma. On ne voit qu'un cinquième de la pente qui s'étend sur un dénivelé de 3 km sur 20 km de large (pente moyenne à 14 degrés). Dans le haut, détaillé ici, la pente est plus forte. Le liseré noir est peut être proche d'une falaise. Le triangle sommital mesure 1,6 km de large. (doc. MGS NASA/JPL/MSSS)



Coprates Catena dans Valles Marineris, tel que publié et corrigé (ci-dessous) pour montrer les pentes réelles (doc. ESA/DLR/FU Berlin/G. Neukum)

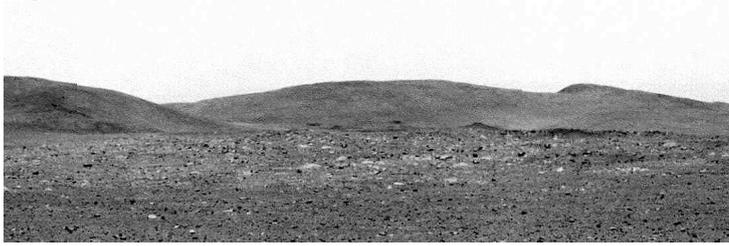


Pente de Valles Marineris à l'ouest de Tithonium et Ius Chasma. Le soleil, à 17 degrés au-dessus de l'horizon, accentue le relief. La « falaise » triangulaire en haut présente, sur 1000 m de haut, environ 80 strates d'épaisseur variant entre 5 et 50 m. L'examen d'une photo sans autres indications d'échelle ne peut apporter beaucoup d'informations sur les pentes. On peut juste affirmer que les coulées d'éboulis sont à moins de 34 degrés. Le repérage de la falaise sur une photo à grande échelle a permis d'évaluer sa largeur à 1,2 km. Sa pente serait de 38 degrés.

(doc. MGS NASA/JPL/Malin Space)

Spirit et Opportunity

Au sol, les sondes Viking ou Pathfinder, les rovers Spirit ou Opportunity n'ont jamais montré de pentes impressionnantes. Les collines gravies par Spirit ne présentent pas d'inclinaisons supérieures à 30 degrés.



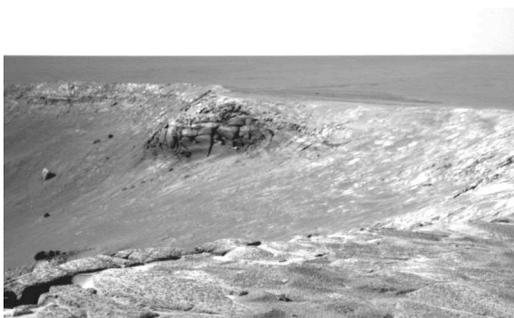
Columbia Hills : des pentes faibles ; les 30 degrés sont atteints sur le flanc gauche de la colline, à droite de l'image ci-dessus.

(doc. NASA/JPL)

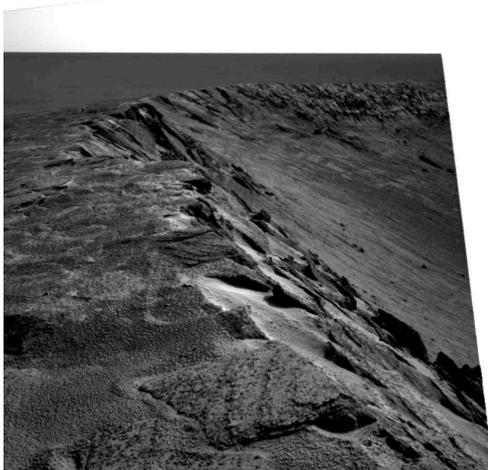


Approchant du sommet des collines Columbia, Spirit découvre depuis Look Out Point la plaine du cratère Gusev et ses remparts au loin. Toutes les pentes sont très faibles ! (doc. NASA/JPL).

La plaine Meridiani est particulièrement plate, mais lorsqu'Opportunity a abordé puis exploré le cratère Endurance, il y a trouvé une mini falaise de 3 m de haut. Par endroit les bords du cratère atteignent 45 degrés, mais également sur une faible hauteur d'environ 2 m.



une mini falaise dans le cratère Endurance (doc. NASA/JPL)



Les bords du cratère Endurance : des pentes jusqu'à 45 degrés sur 2 m de haut.(doc. NASA/JPL)

Peu de falaises verticales ?

Cette brève analyse de photographies montre que les falaises verticales ou de pente supérieure à 45 degrés ne sont pas fréquentes sur Mars ; les fortes pentes détectées sont plutôt de l'ordre de 30 degrés, voire 40. De nombreuses photos montrent des strates sur ces pentes, où un véhicule type VRP (martianisé !) devrait être fort utile pour étudier les couches géologiques en place. Notons toutefois, pour ce qui concerne les pentes d'éboulis, que l'exploration d'une pente en limite de stabilité vers 30 degrés doit être pénible en scaphandre, puisque le sol va rouler sous les pieds (sans compter le risque d'éboulement nouveau). Un équipement de type VRP peut également être utile sur ce type de terrain. Mais par définition un éboulis est constitué de débris descendus des parties supérieures de la pente. On peut y faire de la géologie individuelle sur les rocs et cailloux mais on n'y accède plus à l'empilement des strates initiales.

Les paysages de l'Utah et Mars

Les environs de la base de simulation martienne de la Mars Society dans l'Utah sont réputés pour l'aspect extraterrestre du paysage. Hollywood avait d'ailleurs repéré l'endroit pour le tournage de films. On y trouve des collines arrondies mais aussi des canyons de toutes tailles, aux parois verticales creusées par l'action vigoureuse de l'eau. Les équipages des simulations y font de belles photos mais celles-ci ne préfigurent probablement pas les images que nous rapporteront les premiers explorateurs martiens.



Candor Chasma (surnom donné par les équipages) à proximité de la station MDRS de simulation martienne de la Mars Society dans l'Utah) : des paysages probablement peu martiens car façonnés par une action très active et encore actuelle de l'eau.

(doc. A. Souchier/équipage MDRS 7).

Alain Souchier

L'IMAGE DU TRIMESTRE : dunes d'Arabia Terra...



(doc. NASA/JPL/MSSS)

Les dunes martiennes ont, par de nombreux aspects, beaucoup de ressemblances avec les dunes terrestres, sur leurs formes, leurs tailles, leurs dynamiques... mais elles présentent aussi de grandes différences, sur les modes de mise en place notamment, différences que l'on ne s'explique toujours pas. Voici ce trimestre une illustration de ce que les dunes martiennes peuvent être étonnantes, de beauté mais aussi de mise en place et d'évolution... Le cliché provient de la caméra MOC de la sonde MGS. Il couvre une région de 3 km de large environ, près de 6,4°N par 346,2°W, tandis que la lumière solaire provient du bas à gauche de la scène. C'est alors l'automne dans l'hémisphère Nord de Mars... et l'on se trouve dans un cratère d'impact de l'Ouest d'Arabia Terra. On observe sur la partie droite de l'image un vaste champ de dunes très sombres, à l'albédo faible. Il semble que les dunes ont commencé par se former en dunes-boutons, puis qu'elles ont évolué vers des formes barchaniques très déformées, pour finalement se transformer en dunes coalescentes. Il est fréquent de rencontrer de telles dunes dans la région et elles sont souvent la source de structures géantes profilées et modelées par les vents dominants, comme c'est ici le cas. Les pentes les plus raides, sous les vents dominants, font face au Sud-Est et indiquent, comme les traînées coalescentes sombres qui les prolongent, que ces vents soufflent du Nord-Ouest vers le Sud-Est (soit sur le cliché du haut à gauche vers le bas à droite).

Quelques questions restent en suspens :

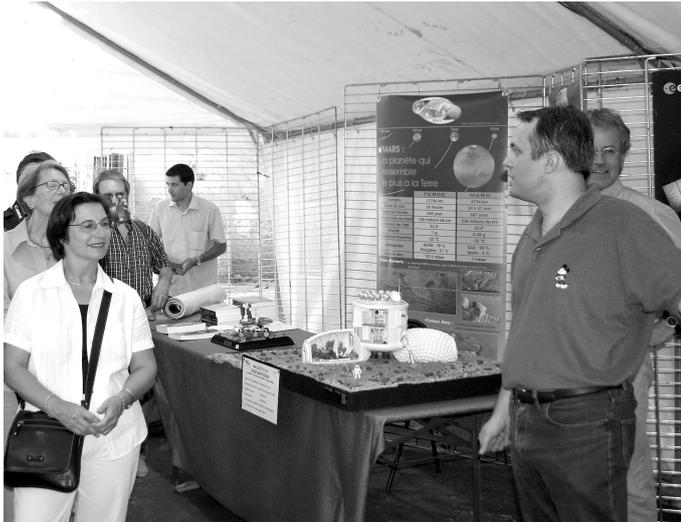
- l'origine des « sables » noirs qui composent ces dunes,
- les raisons de la soudaine et inexplicable mise en place de ce champ de dunes,
- son mode d'évolution actuelle...

Gilles Dawidowicz

LA VIE DE L'ASSOCIATION

ASSOCIATION PLANÈTE MARS

Invités par Espace Magazine, nous étions présents les 23 et 24 juillet aux **Rencontres Auriolaises Spatiales**, dont c'était la deuxième édition. Une manifestation très réussie, relevée par la présence de Jean-Pierre Lebreton, responsable de la mission Huygens, et de l'astronaute américain Mark Polansky, commandant de bord de la future mission STS-116. La maquette de base martienne a connu un franc succès, en particulier auprès des plus jeunes. L'occasion également de faire paraître dans le magazine un encart de présentation de l'association.



Olivier Sanguy, rédacteur en chef d'Espace Magazine, présente le stand de Planète Mars aux visiteurs

Richard Heidmann et Charles Frankel ont par ailleurs assuré un certain nombre de conférences à l'occasion de la semaine de la **Fête de la Science**, à Charleville-Mézières, Nantes, Clermont-Ferrand et Nevers.

Les premiers **produits « Planète Mars »** arrivent ! Nous pourrions vous proposer prochainement des tee-shirts « Cap sur Mars », ainsi qu'une série de cinq posters réalisés à partir d'œuvres originales commandées à l'artiste Manchu, un travail de toute beauté dont la reproduction ci-dessous (noir et blanc...) ne peut vous donner qu'un piètre aperçu. Vous serez avertis sur notre site dès qu'ils seront disponibles.



« chasseurs de diables de poussière » (doc. APM/Manchu)

THE MARS SOCIETY

Nous étions représentés au **congrès annuel** de la Mars Society,

à Boulder (Colorado), par Diane Beaulieu. Le Comité de Pilotage a été renouvelé en partie, permettant entre autres l'arrivée d'un nouveau représentant européen, Artémis Westenberg (Pays-Bas). Parmi les interventions, celles de Scott Horowitz, depuis lors nommé responsable NASA du programme d'exploration, et de Chris Shank, conseiller spécial de Mike Griffin, ont été remarquées. Le congrès a été évidemment marqué par l'évolution considérable imprimée par le nouveau patron de l'agence dans la mise en application concrète de la politique d'exploration. Jamais la situation n'a été aussi favorable aux vues et souhaits de l'association, même si les difficultés budgétaires provoquent des inquiétudes. Le congrès de 2006 aura lieu à Washington, un choix stratégique en cette année d'élections aux États-Unis.

La Mars Society a publié sa **prise de position** sur la présentation du programme NASA du 19 septembre (voir traduction et analyse sur notre site). Tout en se réjouissant de ce plan, elle regrette tout particulièrement que le développement du lanceur lourd HLV soit, pour des raisons qui n'ont rien de technique, reporté à 2011, ce qui retarde de 5 ans le retour à la Lune et le futur débarquement sur Mars. Elle plaide en faveur d'un arrêt immédiat des vols de Navette, dans le but d'avancer ce développement...

Au niveau des **sections européennes**, nous avons finalisé la rédaction d'un protocole d'accord visant à mieux coordonner nos actions et à pouvoir nous présenter de façon unie vis-à-vis de l'Agence Spatiale Européenne. Nous espérons signer ce protocole à l'occasion du prochain congrès européen (EMC5), qui se tiendra du 4 au 6 novembre en Grande-Bretagne. Il devrait en particulier favoriser la poursuite du projet Euro-MARS d'installation d'un habitat simulé en Islande (le module sera en exposition à l'EMC5).

Richard Heidmann

LES GRANDES TENDANCES DU SONDAGE

Voici donc les résultats du sondage auquel vous avez bien voulu participer. Premier point : la maquette est jugée satisfaisante pour deux tiers d'entre vous. Toutefois, un tiers estime qu'elle devrait être modifiée. Une remarque qui revient souvent : éviter les coupures sur les articles. Nous l'avons déjà prise en compte. Côté contenu, la planétologie et l'astronautique remportent l'adhésion pour plus des 2/3 des votants (légèrement moins pour l'astronautique). Une tendance se confirme : l'évolution du contenu, puisqu'à la question « Souhaitez-vous voir apparaître de nouvelles rubriques ? », environ 60 % d'entre vous sont favorables à l'apparition d'une rubrique « Actus Martiennes ». Autres souhaits : des portraits de personnalités ayant œuvré pour Mars, des interviews et des critiques de livres ou de DVD, qui représentent, pour chacun de ces trois paramètres, 25 % des votants. Vous avez été également pratiquement un tiers à réclamer l'introduction d'un contenu plus prospectiviste ; nous essayerons d'en tenir compte. Concernant le prêt du bulletin...Pensez-y ! Vous êtes 70 % à le garder pour vous. Faites-le circuler auprès de vos proches. En tant que membres, vous êtes aussi les premiers porte-parole de l'association. Plus le bulletin circulera et plus vous ferez connaître votre association. Et notre action gagnera en amplitude.

Antoine Meunier

LA MISSION MRO



Elle est partie ! La sonde *Mars Reconnaissance Orbiter* (MRO) a quitté la Terre le 12 août 2005 à 13h43, sous la coiffe d'une fusée Atlas V-401, depuis Cape Kennedy. Après un voyage de 7 mois dans l'espace interplanétaire et un parcours de près de 500 millions de kilomètres, MRO se placera en orbite autour de la planète Mars. Lors de son insertion orbitale, la sonde survolera la surface martienne à une altitude de 300 km. A l'issue de cette manœuvre, elle aura atteint une orbite polaire très elliptique (300 km x 45 000 km), qu'elle bouclera en 35 heures environ. Après six mois de freinage atmosphérique, la sonde se calera sur son orbite finale (une orbite héliosynchrone quasiment circulaire de 255 km x 320 km) et commencera alors sa phase de cartographie. Cette nouvelle sonde américaine devrait fonctionner deux années en orbite, puis sera reconvertie en satellite de télécommunication pendant encore deux années. MRO fournira en outre de nombreux autres services aux futures sondes orbitales martiennes, dont une aide à la navigation et à l'approche ainsi que des signaux permettant une mise à jour de leur horloge de bord. En outre, MRO fournira une couverture radio UHF pour les futures sondes au sol (landers et rovers). Officiellement, la mission MRO doit se terminer en décembre 2010, mais il est probable que, si tout va bien, la NASA débloque des budgets exceptionnels et prolonge sa mission de cinq ans au moins...

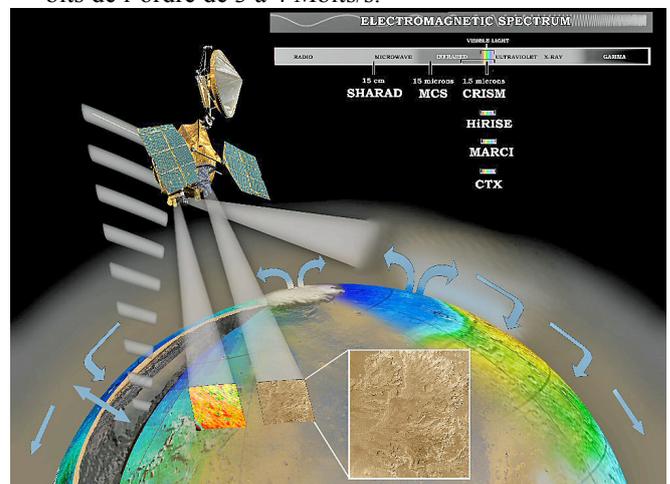
Une sonde exceptionnelle

MRO est un engin remarquable de 6,5 m x 13,6 m. D'une masse de 2,180 t, la sonde emporte une charge utile de 139 kg constituée de 6 instruments scientifiques et de 3 démonstrateurs technologiques. Son ordinateur de bord est basé sur un processeur de 133 Mhz doté de l'OS VxWorks et dispose de 160 Go d'espace de stockage. MRO a été construite par *Lockheed Martin Astronautics*, pour un coût d'environ 720 millions de dollars.

- Ses deux panneaux solaires sont longs de 5,35 m et larges de 2,53 m. D'une surface totale de 20 m², ils chargeront des batteries de type Nickel-Hydrogène et fourniront autour de Mars une puissance électrique de 2 000 watts.
- Ses moteurs consomment de l'hydrazine, stockée dans des réservoirs de 1 187 kg. 70 % du carburant sera consommé lors de la manœuvre d'insertion orbitale finale. Le reste aura essentiellement servi aux corrections de trajectoire. L'insertion orbitale se fera à l'aide de 6 moteurs-fusées capables de délivrer une poussée de 170 N. Quant aux corrections de trajectoire, elles se feront grâce à un groupe de six autres petits moteurs de 22 N de poussée. Enfin, huit autres petits moteurs d'appoint de 0,9 N de poussée et quatre roues à réaction seront utilisés pour contrôler et modifier l'attitude de la sonde une fois sur place autour de Mars.
- Pour gérer son attitude (vitesse, orientation, position, rotation...), huit capteurs (plus huit autres de secours) permet-

tront à MRO de déterminer à tout moment la position exacte du Soleil. Deux caméras stellaires (dont une de secours) permettront à la sonde d'identifier dans le ciel des groupes d'étoiles et de calculer ainsi sa position exacte. Deux centrales de navigation inertielle (dont une de secours) dotées d'accéléromètres et de gyroscopes lasers mesureront la rotation de la sonde.

- Pour communiquer avec la Terre, MRO est dotée d'une antenne grand gain de 3 m de diamètre fonctionnant en bande X (8 GHz). Deux autres antennes plus petites et à faible gain sont par ailleurs fixées sur l'antenne principale. Bien moins puissantes, ces deux antennes n'ont cependant pas besoin d'être pointées vers la Terre pour transmettre et recevoir des données et serviront de relais lors de manœuvres futures ou en cas de panne de l'antenne principale.
- Pour la première fois dans l'histoire de l'exploration martienne, MRO transmettra également sur la bande Ka (sur une fréquence de 32 GHz), ce qui permettra de hauts débits de l'ordre de 3 à 4 Mbits/s.



MRO au travail en orbite martienne (doc. NASA)

L'exceptionnel équipement de MRO fait penser aux ingénieurs de la NASA que la sonde devrait avoir transmis, après 2 ans de fonctionnement, près de 34 Tbits, soit plus de données que l'ensemble des sondes spatiales américaines n'en ont jamais renvoyées. C'est, à elle seule, 5 fois ce que l'ensemble des sondes martiennes ont renvoyé vers la Terre !

Des objectifs scientifiques fondamentaux

Mars Reconnaissance Orbiter embarque à son bord des instruments d'exception. C'est un véritable tour de force des Américains, qui avec cet orbiteur souhaitent frapper très fort et répondre au succès insolent de la sonde européenne *Mars Express*. MRO, avec son équipement, pourrait modifier profondément notre vision de la planète Mars en bouleversant nos connaissances actuelles de cette voisine encore mystérieuse. En effet, pour la première fois dans l'histoire spatiale scientifique, une sonde observera un corps planétaire à la résolution militaire de 20 cm par pixel ! Tout un programme mené par une caméra à l'acuité incroyable: *HiRISE*... Certes la cartographie globale de la planète à cette résolution n'est pas gagnée (environ 1 % de la surface totale de Mars observée en deux années terrestres), mais, dans une nouvelle approche de sélection de sites potentiels bien mieux ciblés, MRO aura la part du lion. *MGS* et *MEX* feront du « slicing » puis MRO fera du « drilling »...

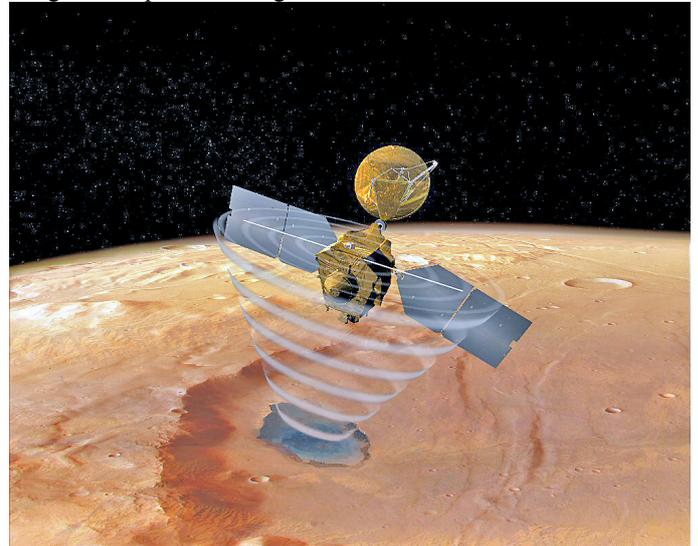
MRO pourra par ailleurs cartographier précisément les minéraux de surface, localiser les lentilles de glace en sub-surface,

détecter les poches d'eau liquide en profondeur, cartographier la distribution spatiale de la molécule d'eau sur tout le globe, mesurer avec précision la répartition des poussières atmosphériques, faire des observations météo quotidiennes, et enfin obtenir des relevés climatologiques à moyen terme.

Voici donc une rapide présentation des instruments embarqués.

- HiRISE, pour *High Resolution Imaging Science Experiment* (d'un coût de 30 M\$), fournira des images en couleurs et stéréoscopiques à très haute résolution de la surface de Mars. Cette caméra nous révélera l'intimité des zones étudiées. Son miroir de 50 cm de diamètre apportera un gain de précision d'un facteur 2 à 5 par rapport à la caméra MOC de la sonde MGS (dont la résolution maximale native est de 1,4 m par pixel). Ainsi, une image obtenue par HiRISE pourra « peser » jusqu'à 28 Go ! Dotée d'un capteur CCD de 4 000 pixels de côté, HiRISE fonctionnera dans le visible et dans le proche infrarouge. La sonde, grâce à cette super caméra, pourra enfin mesurer les vitesses de déplacement des fluages, des coulées sèches, des dunes... Elle pourra également observer en détail les couches sédimentaires des pôles, des cratères et des canyons. Elle permettra aussi l'étude des ravines et le suivi en pleine évolution des *dust devils* ...
- CTX est une caméra de contexte qui réalisera des prises de vue très larges et en noir et blanc de la surface martienne. CTX permettra de géo-référencer les régions qui seront imagées par la caméra HiRISE et par le spectromètre CRISM. Les planétologues pourront ainsi très facilement les replacer dans leur contexte local et régional. La caméra CTX possède une résolution de 6 m par pixel et observera des régions de 40 km de côté.
- MarCI, pour *Mars Color Imager*, est une caméra grand angle couleur de 1 à 10 km par pixel de résolution. Elle fonctionnera dans le visible et l'ultraviolet et fournira des vues globales de Mars. Elle participera activement aux études météorologiques et climatologiques de la planète. Cette caméra est dérivée de la caméra MARCI qui équipait la sonde *Mars Climate Orbiter*.
- CRISM, pour *Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars*, est un spectro-imageur de 20 à 30 m par pixel de résolution, fonctionnant dans le domaine du visible et de l'infrarouge (entre 370 et 3 940 nm). Il réalisera une cartographie minéralogique détaillée de surface. Grâce à son amplitude d'observation, il recherchera les minéraux déposés en présence d'eau liquide. D'un coût de 20 M \$, CRISM est presque 10 fois plus puissant que le spectro-imageur OMEGA à bord de *Mars Express*.
- MCS, pour *Mars Climate Sounder*, est un radiomètre qui fonctionnera entre 0,3 et 50 microns. Dédié aux observations météorologiques et aux études climatologiques, il observera, de jour comme de nuit, les variations de la pression atmosphérique et celles des températures de 0 à 80 km d'altitude. Il permettra également de mesurer le taux d'humidité de l'air martien et sa teneur en poussières. Le radiomètre MCS est du même type que les radiomètres PMIRR (perdus avec *Mars Observer* en 1993 et avec *Mars Climate Orbiter* en 1999). On espère tous que cette nouvelle version arrive à bon port ...
- ShaRad, pour *Shallow Radar* est un radar exceptionnel. Il

permettra de pénétrer le sous-sol martien sur quelques centaines de mètres de profondeur. Il y recherchera à haute résolution des poches d'eau liquide et des lentilles de glace. Contrairement à MARSIS (qui équipe *Mars Express* et qui utilise des basses fréquences comprises entre 1,3 et 5,5 MHz pour sonder la croûte sur plusieurs kilomètres de profondeur), ShaRad fonctionnera dans une gamme de hautes fréquences (de 15 à 25 MHz). ShaRad devrait confirmer la découverte réalisée par *Mars Odyssey* de la présence de grandes quantités de glace en sub-surface...



le radar de MRO à la recherche d'eau souterraine (doc. NASA)

D'autres expériences sont également prévues

- *Radio Science* est un ensemble d'expériences qui seront réalisées à l'aide des systèmes de communication de la sonde MRO. Il ne s'agit donc pas d'un instrument particulier mais plutôt d'un usage habilement détourné des instruments radio. L'étude du décalage Doppler des signaux radio transmis vers la Terre informera sur le champ de gravité martien et donc sur la structure interne de la planète. MRO survolera Mars à une altitude plus faible que *Mars Global Surveyor* et *Mars Odyssey*, ce qui permettra d'obtenir des cartes de gravité plus précises.
- MRO emporte également 3 instruments d'ingénierie, véritables démonstrateurs technologiques.
- *Electra* est un package radio qui relayera les communications des futures sondes de surface (landers et rovers) tout en servant de balise de navigation à ces mêmes futures sondes.
- Un dispositif de navigation optique permettra à MRO de naviguer en utilisant les deux lunes Phobos et Deimos. Cette caméra de navigation (de 6 cm de diamètre) permettra de réaliser des économies de carburant, mais aussi de contrôler la position exacte de la sonde par rapport à Mars. Dans le futur, ce type d'instrument, couplé à d'autres sondes orbitales, se révélera précieux pour guider les landers et les rovers qui devront se poser très précisément sur Mars...
- Enfin, MRO effectuera pour la première fois des communications en utilisant la bande Ka, au lieu de la classique bande X.

Mars Reconnaissance Orbiter promet des aventures exceptionnelles l'année prochaine, en attendant de voir débarquer le prochain rover MSL...

Gilles Dawidowicz
Président de l'observatoire de Triel-sur-Seine

Ont collaboré à ce numéro : Gilles Davidowicz, Richard Heidmann, Antoine Meunier, Alain Souchier
Achevé d'imprimer : Quadri Copie Service 27200 Vernon
Dépôt légal : novembre 2005