



# PLANÈTE MARS



Numéro 28 *Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris* [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)

Juillet 06

ISSN 1772-0370

## EDITO : DE VIKING À EXOMARS, À LA RECHERCHE DE LA VIE

Il y a trente ans, le 20 juillet 1976, la sonde américaine Viking 1 se posait en douceur sur Mars, dans la région de Chryse Planitia, et allait livrer au monde les premières photos du sol de la planète. Bien sûr, ce n'était pas la première fois que des informations rapprochées nous parvenaient de ce monde. Déjà, le 14 juillet 1965, Mariner 4 avait survolé rapidement Mars en transmettant 22 photos et des informations sur la faible pression de l'atmosphère et sa constitution de gaz carbonique. Ces informations et la découverte de nombreux cratères avaient donné une image lunaire de la planète, bien loin de la vision, qui avait souvent prévalu jusque là, d'un monde pouvant abriter une forme de vie.

Viking n'était à vrai dire pas la première sonde à se poser en douceur sur Mars. La capsule russe Mars 3 avait atteint le sol martien le 2 décembre 1971 et émis une vingtaine de secondes, avant de se taire. Ce premier atterrissage a été oublié par l'Histoire. Viking 1 et Viking 2 (arrivé sur Mars le 9 septembre 1976) ont, eux, conquis une place d'honneur, parce qu'ils ont véritablement permis aux Terriens de découvrir la Planète rouge. D'abord en restant en vie très longtemps, transmettant des milliers de photos et nous faisant vivre les quatre saisons martiennes. Également parce que les atterrisseurs étaient accompagnés d'orbiteurs qui ont cartographié Mars avec un niveau de détail bien meilleur que les précédents engins satellisés par l'Homme, les russes Mars 2 et 3 et l'américain Mariner 9.

Mais, surtout, les sondes Viking ont capté l'attention grâce à la batterie de quatre instruments (trois instruments dédiés et un spectromètre) qui visaient à détecter la présence de vie au sol. Malheureusement les résultats ne furent pas probants. Une chimie active liée à la présence d'oxydants puissants fut bien détectée, mais pas de traces de vie corroborées par les différents instruments. L'un de ceux-ci a bien donné des résultats positifs, mais les résultats négatifs des autres ont fait conclure à l'absence d'activité biologique. Il a fallu ensuite attendre près de trente ans avant de voir une nouvelle mission biologique lancée vers Mars, celle de l'atterrisseur Beagle 2, qui s'est soldée par un échec. Les astromobiles MER, encore à l'œuvre en ce moment, ne sont que des géologues, même si un de leurs objectifs essentiels était de prouver l'existence passée d'étendues d'eau à la surface de la planète, prérequis supposé à une émergence de la vie.

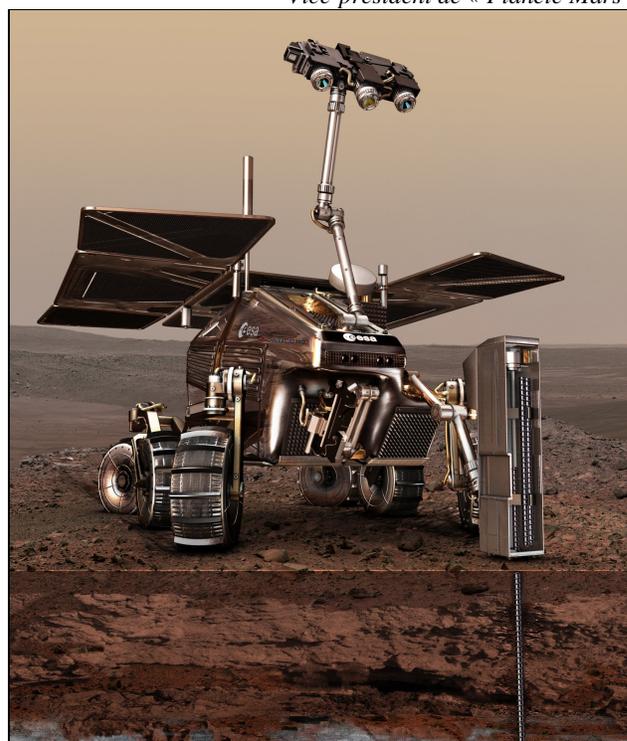
Le programme Viking a fait comprendre que la recherche de la vie demanderait une approche beaucoup plus fine et, en particu-

lier, qu'il faudrait probablement creuser pour chercher des niches propices à une activité biologique. En effet, le rayonnement ultraviolet intense et la présence d'oxydes puissants en surface sont peu propices à la vie. Mais où chercher ? Dans les glaces des pôles, dans les zones sédimentaires, les anciens lits de rivière, les écoulements récents photographiés ces dernières années, à proximité des volcans, dans d'anciennes sources hydrothermales (pas encore détectées) ou dans les zones où l'on vient de trouver des concentrations de méthane ? Et faut-il creuser pour trouver de l'eau liquide, le sol étant, comme sur Terre, de plus en plus chaud en profondeur ?

Depuis l'époque Viking, on a beaucoup appris sur Terre sur les extrémophiles, ces organismes qui vivent dans des conditions extrêmes, près des sources hydrothermales dans les profondeurs des océans ou à 3 000 m sous terre, dans des événements de méthane ou sous la surface de roches dans l'Antarctique. Et les instruments d'analyse ont fait des progrès en sensibilité et en miniaturisation. En 2012, l'astromobile européenne ExoMars va à nouveau tenter de détecter une activité biologique sur Mars au moyen d'une batterie d'instruments, mini-laboratoire qui a reçu fort justement le nom de « Pasteur ». Elle bénéficiera non seulement des progrès scientifiques et technologiques mentionnés ci-dessus, mais aussi de sa mobilité et d'un système de forage jusqu'à deux mètres de profondeur. L'Europe apportera-t-elle ainsi une réponse, trente-six ans après, aux questions laissées en suspens par Viking ?

**Alain Souchier**

*Vice-président de « Planète Mars »*



*ExoMars, robot européen équipé d'une foreuse (doc. ESA)*

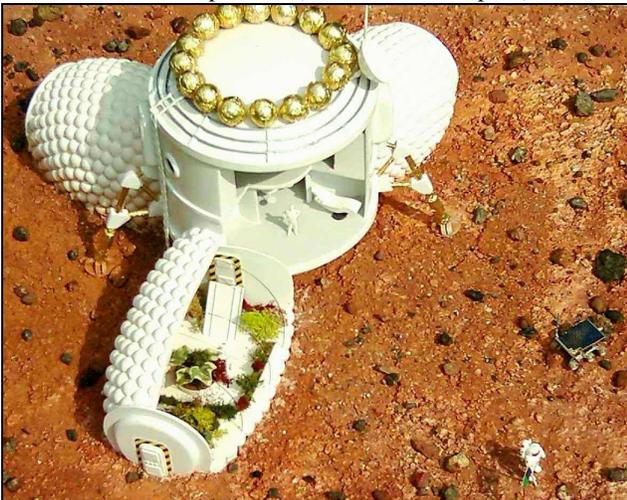
### Dans ce numéro :

- Edito : de Viking à Exomars, la recherche de la vie p. 1
- Habitat et scaphandres : quelles pressions ? p. 2
- L'image du trimestre : un point c'est tout ! p. 4
- Affiche du congrès p. 5
- Bulletin d'inscription p. 6
- La vie de l'association p. 7
- Vol 714 pour Chandor Chasma p. 8

*prochain numéro : octobre 2006*

## HABITAT ET SCAPHANDRES : QUELLES PRESSIONS ?

Dans l'habitacle de la navette la pression est à 1 bar, identique à la pression atmosphérique (100 000 Pascal en unités légales, 1 kilogramme force par cm<sup>2</sup> en unités anciennes). La composition est aussi identique à celle de l'atmosphère terrestre : 0,79 bar d'azote et 0,21 bar d'oxygène. C'est bien sûr l'oxygène qui est nécessaire à notre confort respiratoire. Lorsque les astronautes de la navette se préparent à exécuter une sortie dans l'espace, ils passent 4 heures dans le sas à respirer de l'oxygène pur. Une autre procédure, utilisée ces dernières années, consiste à respirer de l'oxygène pur pendant une heure puis, juste avant la fin de cette période, à dépressuriser l'ensemble de l'habitacle à 0,7 bar en gardant toujours 0,2 bar d'oxygène. Ces caractéristiques sont maintenues pendant 12 heures, à la fin desquelles les astronautes qui sortent respirent à nouveau de l'oxygène pur pendant 40 minutes. Ainsi une sortie rapide n'est pas possible. Pourquoi ? Parce que les pressions sont différentes dans la navette et dans le scaphandre (une fois dans l'espace).



*Sur Mars, on voudra sortir de l'habitat sans longues périodes de décompression. Il faut choisir en conséquence la pression et la composition de l'atmosphère interne. (doc. A. Souchier)*



*La même question se pose pour un véhicule pressurisé. Les explorateurs ne devront pas perdre de temps dans des opérations fastidieuses de décompression. (doc. NASA)*

Les scaphandres doivent être pressurisés le moins possible pour faciliter les mouvements, la pression interne les rigidifiant quels que soient les dispositifs de compensation de pression installés au niveau des articulations. Celui de la navette est ainsi à 0,3 bar. Et il n'est pas possible de passer brutalement de

1 bar à 0,3 sans risquer un accident de décompression comme un plongeur qui remonterait trop vite.

Le phénomène redouté est le dégazage de l'azote dans le sang et les tissus du corps. Les bulles dans le sang, si elles ne sont pas microscopiques, conduisent à des accidents par manque d'irrigation, en particulier de zones du cerveau, entraînant des paralysies locales ou même la mort. Tout le monde sait ce qui se passe lorsque l'on ouvre une boisson gazeuse sous pression interne. Le gaz (en l'occurrence du gaz carbonique) qui jusque là était dissous dans le liquide, passe à l'état gazeux d'une manière quelque fois si brutale que le mélange liquide gaz vient arroser le candidat buveur. Quand un liquide et un gaz sont en contact, du gaz se dissout dans le liquide jusqu'à un certain équilibre entre la pression de gaz et la concentration du gaz (masse de gaz divisée par le volume) dans le liquide. Il y a proportionnalité entre les deux. Si la pression au-dessus du liquide est multipliée par 2, la concentration dans le liquide est multipliée par 2 aussi. En partant de l'état d'équilibre, si l'on baisse la pression instantanément mais d'une petite quantité, il n'y aura pas de dégazage de bulles. Mais si on baisse la pression d'une grande quantité, il va y avoir des bulles. On a ainsi le droit d'avoir une concentration dans le liquide plus élevée que ce que permet la pression externe, mais il ne faut pas exagérer. La limite à partir de laquelle des bulles vont se dégager définit un coefficient de sursaturation critique. Ce coefficient de sursaturation critique est le rapport entre la pression de gaz qui correspondait à l'équilibre avec la concentration qu'il y a dans le liquide, et la pression de gaz nouvelle, plus basse, à laquelle des bulles vont se dégager :

$$Csc = P \text{ équilibre} / P \text{ où bulles apparaissent}$$

Dans le corps humain, pour les tissus les plus critiques, cette valeur est d'environ 1,5. La pression peut passer de 3 à 2 bar sans qu'il y ait apparition de bulles (c'est limite !). Si on passe de 3 à 1 bar, il y a apparition de bulles. Telle est la loi physique quand on ne parle que d'un seul gaz. Quand il y a un mélange de gaz il faut considérer qu'au numérateur on ne prend que la pression partielle du gaz considéré. Dans de l'air à 1 bar qui contient 79 % d'azote, la pression partielle d'azote est de 0,79 bar.

Si on monte brutalement du niveau de la mer au sommet du Mont Blanc (passage de 1 bar à 0,554 bar) le coefficient de sursaturation vaut :  $0,79/0,554 = 1,43$ . On est encore à la limite de l'acceptable. En fait les données disponibles indiquent 5 % de risque d'accident quand on monte brutalement à 6 250 m soit 0,456 bar. Dans ce cas le coefficient vaut 1,73. On vérifie bien qu'il est au-dessus de l'acceptable. Il en irait de même pour l'astronaute navette qui sortirait brutalement dans son scaphandre à 0,3 bar : le coefficient atteint 2,6.

Pour descendre la concentration d'azote dans le sang avant de se trouver exposé à une pression plus faible, il y a deux méthodes : baisser la pression (progressivement ou par paliers) ou bien respirer de l'oxygène pur. Quand on respire de l'oxygène pur, l'azote contenu dans les tissus et dans le sang ne trouve pas de contre-pression d'azote externe : il dégaze, et sans violence puisque le coefficient de saturation vaut  $0,8/1 = 0,8$ . C'est cette procédure que suivent les astronautes navette.

Sur Mars comme sur la Lune, il faudra utiliser des scaphandres aussi peu pressurisés que possible afin de minimiser la fatigue des astronautes. Une pression de 0,21 bar avec une atmosphère d'oxygène pur offre le même confort respiratoire que sur Terre au niveau de la mer puisque sous 1 bar et avec 21 % d'oxygène dans l'air, la pression partielle d'oxygène y

est aussi de 0,21 bar. L'essoufflement que l'on ressent en altitude n'est en effet pas lié à la baisse de la pression totale mais à la baisse de pression partielle d'oxygène. C'est pourquoi l'alpiniste qui respire de l'oxygène pur voit disparaître les symptômes liés à l'altitude.



*L'auteur dans le caisson d'altitude de la cité de l'air à Paris en 1988 à l'occasion d'un test préparatoire à des vols en avion 0 g. La montée à 5 500 m est effectuée en 8 mn. La pression n'est plus que de 0,5 bar ; le coefficient vaut presque 1,6 ce qui est élevé vis-à-vis des risques d'accident de décompression. Mais ceux-ci dépendent aussi du temps passé à faible pression.*

(doc. A. Souchier).



*après un séjour prolongé à 23 m, en cas de remontée brutale le risque d'accident de décompression est, en première approximation, le même que pour un astronaute navette qui sortirait rapidement en scaphandre (doc. A. Souchier)*

En fait les scaphandres Apollo étaient à 0,26 bar d'oxygène pur car il existe un effet secondaire dans les alvéoles pulmonaires qui demande une légère augmentation de la pression partielle d'oxygène quand la pression totale diminue. Cet effet commence à apparaître en dessous de 0,5 bar. Si l'habitat est à la même pression que le scaphandre (cas du module lunaire Apollo), il n'y a pas besoin de temps de décompression pour sortir ; on pourrait donc adopter cette solution pour l'habitat martien ; mais cette composition d'atmosphère favorise les risques d'incendie et il est souhaitable d'ajouter de l'azote. Ainsi une pression totale de 0,52 bar avec 0,26 bar d'oxygène et 0,26 bar d'azote minimise fortement les risques d'incendie tout en autorisant des sorties rapides avec un bon coefficient de sécurité. Le coefficient de saturation vaut :

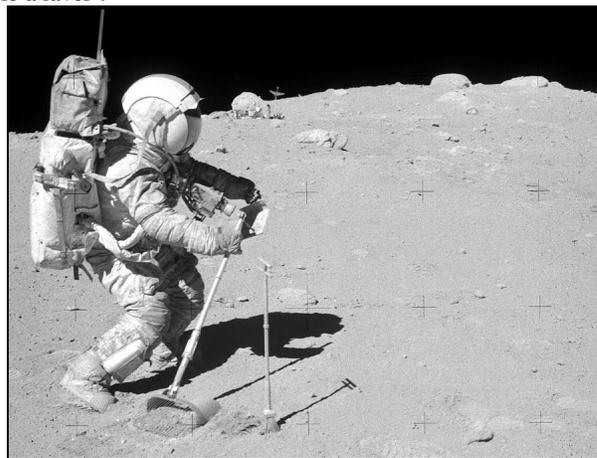
$$0,26 \text{ (azote habitat)} / 0,26 \text{ (scaphandre)} = 1$$

et l'on est donc loin de la valeur critique de 1,5. Il faut noter que cette valeur de 1,5 est valable pour le plongeur sous-marin qui remonte à la surface, alors que la médecine aérospatiale considère qu'il y a encore risque à 1,4 quand il s'agit de descendre à une pression faible par rapport à la pression atmosphérique. Cela serait dû au fait qu'une bulle de masse donnée est 5 fois plus grosse à 0,2 bar qu'à 1 bar. Un coefficient de 1,2 serait acceptable, ce qui autorise dans l'habitat 0,26 bar d'oxygène et 0,31 d'azote pour une pression totale de 0,57 bar. La première station orbitale US, Skylab, avait une pression de 0,35 bar avec 0,25 bar d'oxygène, ce qui autorisait des sorties

sans procédures particulières. Mais ces caractéristiques favorables avaient tout de même quelques inconvénients. Au repos, les astronautes avaient une sensation de chaud liée au fait que la convection dans un air moins dense évacuait moins la chaleur du corps.

En cas d'exercice la situation s'inversait : la sueur s'évaporait plus vite, le refroidissement est plus rapide que sous un bar. De même, à la fin d'une douche les astronautes ont signalé une sensation de froid plus intense liée à l'évaporation plus rapide des gouttes d'eau. La faible pression empêche aussi la voix de porter loin.

Elle limite également le refroidissement par convection naturelle des équipements électriques et électroniques et il faut penser à les requalifier dans ces conditions. Enfin la présence de 30 % d'azote n'est pas suffisante pour limiter fortement les risques d'incendie. Sur Skylab il avait fallu interdire les peintures (remplacées par de l'oxydation anodique sur les murs) et les vêtements étaient en polybenzimidazole, une matière impossible à laver !



*un scaphandre opérationnel, adapté à l'exploration longue durée d'une planète, ne doit pas entraver les mouvements ni entraîner une fatigue rapide de l'astronaute (doc. NASA)*

Pour la navette, un intense programme de qualification a permis de sélectionner des matériaux ininflammables sous 30% d'oxygène. Un nouveau programme de sélection serait nécessaire pour l'habitat martien à 0,57 bar et 46% d'oxygène proposé dans cet article. Du moins la pression plus élevée que dans Skylab permettrait de limiter les défauts signalés par les astronautes de cette station. Et la pression totale de 0,57 bar correspond à une altitude de 4 600 m à laquelle vivent couramment des humains (avec 2 fois moins d'oxygène que ce qui est proposé) et aussi... des appareils électroniques !

D'autres solutions ont été proposées : réserver une partie de l'habitat à ceux qui exécutent les sorties. Ils vivraient ainsi à une pression différente des autres membres d'équipage. Pas très réaliste tant que l'on n'en sera pas au stade des villes martiennes. Une autre solution, plus astucieuse, consiste à faire fonctionner le scaphandre à une pression plus élevée au début de la sortie et à baisser progressivement la pression quand la désaturation en azote de l'astronaute le permet. Il faut que le scaphandre soit dimensionné pour cela, mais cette voie est intéressante si le taux d'oxygène à 46% proposé dans cet article s'avère trop gênant vis-à-vis des risques d'inflammation des matériaux. Avec un début de sortie à 0,4 bar dans le scaphandre, on pourrait avoir un habitat à 0,21 bar d'oxygène et 0,48 bar d'azote soit 0,69 bar de pression totale ne contenant donc que 30% d'oxygène. L'habitat et tout son équipement pourraient alors faire usage des matériaux ininflammables qualifiés pour la navette dans ces mêmes conditions.

**Alain Souchier**

## L'IMAGE DU TRIMESTRE : UN POINT C'EST TOUT !

Comme sur Terre, toutes les régions martiennes possèdent leurs propres caractéristiques géomorphologiques. Toutefois, les régions polaires se distinguent et présentent souvent des originalités que l'on ne rencontre nulle part ailleurs. Cela est encore plus vrai pour les régions polaires Sud, dont les paysages sont largement influencés par un élément - a priori - inconnu ailleurs sur Mars et inexistant à l'état naturel sur Terre : la glace carbonique.

On ne sait pas grand-chose de sa dynamique dans le temps et dans l'espace. Saisonnière assurément, personne ne sait toutefois ni dater ni expliquer avec certitude l'origine des phases de dépôt, leur vitesse et les raisons exactes de leur présence ou de leur retrait actuel, même si les caractéristiques astronomiques de la planète en sont probablement la cause... Seule la sonde Mars Express avait pu évaluer son épaisseur...

[http://www.planete-mars.com/missions2003/express/p\\_resultats06.html](http://www.planete-mars.com/missions2003/express/p_resultats06.html)

Voici pour ce nouveau numéro de notre revue interne, un cliché MOC étonnant. Il s'agit d'une petite butte claire (stratifiée ?) située dans les terrains polaires Sud. Cette butte est entourée de couches de sédiments déposées là (par un processus non identifié) et fortement altérées par des agents de l'érosion (non identifiés également). S'agit-il d'une conséquence des phases de dépôts et de sublimations passées de la glace carbonique qui recouvre la région à chaque hiver ? Il semble que les sédiments aient flué et que la butte témoin visible sur l'image se soit dressée là comme un obstacle, obligeant une partie des sédiments à la contourner...

On notera par ailleurs que, lors de la prise de vue, la fine couche saisonnière de glace carbonique était encore présente sur les terrains de cette région. En effet, les petits points noirs en rayons, plus ou moins coalescents et visibles çà et là, sont les témoins du début du dégel et laissent apparaître le substratum à mesure que le soleil estival commence à réchauffer et sublimer la surface...

Ce cliché couvre une région de 3 km de large environ, vers 84,2°S par 138,3°W, tandis que la lumière solaire provient du haut gauche de l'image. C'était le printemps austral lors de la prise de vue, en avril 2005...

Retrouvez chaque semaine cette chronique et ses archives (plus de 250 articles) sur le site Internet de l'Association : [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)

**Gilles Dawidowicz**



© Image : NASA/JPL/Malin Space Science Systems.

# MARS SOCIETY

## 6<sup>ème</sup> CONGRÈS EUROPÉEN

*PARIS 20/22 octobre 2006, IPSA  
24 rue Pasteur Le Kremlin-Bicêtre (M° Pte d'Italie)*

**Rencontrez les spécialistes !**

- le point des connaissances
- la question de la vie
- l'exploration robotique
- l'Homme sur Mars
- exploration et société
- démonstration de robot,  
exposition, librairie

*Samedi 21, à 20h30*

**SOIRÉE PUBLIQUE** (*entrée libre*)

**Mars: du mythe à la réalité  
sur Mars, dans le désert de l'Utah**



*informations : [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)*

(C) Manchu/APM





## PARTICIPEZ, VOUS AUSSI, À CE GRAND RASSEMBLEMENT MARTIEN

### INFORMATIONS :

horaires, programme des sessions et événements, accès, hôtels... sur le site de l'association :

**www.planete-mars.com**

*Nota : s'agissant d'un congrès international, sa langue sera l'anglais, à l'exception de la soirée du samedi 21 octobre, ouverte au public (entrée libre, dans la limite des places disponibles).*

### COMMENT S'INSCRIRE :

-en ligne, sur le site de l'association ;

-en remplissant le formulaire ci-dessous et en l'envoyant, accompagné de votre chèque de règlement, à :

**Association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris**

### TARIFS :

**Inscription au congrès :** pour les inscriptions prises par avance :

Membres : 30 €

Non membres : 60 €

Moins de 25 ans : demi-tarif, soit : 15 € pour les membres, 30 € pour les non membres

*Nota :*

*-un supplément de 10 € s'appliquera à toute inscription sur place ;*

*-si vous n'êtes pas déjà membre de « Planète Mars », profitez de cette occasion pour le devenir aux conditions très avantageuses résultant du tarif préférentiel d'inscription au congrès réservé aux membres ; adhérez !*

*-vous aurez aussi la possibilité de le faire, et de bénéficier ainsi des tarifs " membres ", au moment de votre enregistrement sur place ;*

*-néanmoins, pour vous assurer de pouvoir participer, inscrivez-vous dès que le pourrez ; les inscriptions ne sont en effet garanties que dans la limite des capacités d'accueil des locaux.*

**Inscription à la soirée parisienne du 20 octobre : lunch et bateau-Mouche** (transferts en car assurés) :

Congressistes : 40 €

Non inscrits au congrès : 50 €

*Nota : pour cette soirée, les inscriptions seront closes le 16 septembre 2006*

**Annulation :** il sera possible d'annuler les inscriptions au congrès et à la soirée parisienne jusqu'au 16 septembre, par email ou par courrier postal (le cachet de la poste faisant foi). Une somme forfaitaire sera néanmoins défalquée : 5 € pour le congrès (frais de dossier), 10 € pour la soirée parisienne (frais de réservation). Les éventuels frais bancaires pour transferts internationaux seront déduits du montant du remboursement.

---

### BULLETIN D'INSCRIPTION :

(\* : champs obligatoires)

**Nom\* :**

**Prénom\* :**

**Organisme :**

**Adresse\* :**

**Ville\* :**

**Code postal\* :**

**Pays\* :**

**Email :**

Je suis :

membre de « Planète Mars » ou je joins mon bulletin d'inscription à l'association, bénéficiant ainsi du tarif « membres » pour l'inscription au congrès

membre d'une autre section de la Mars Society

J'aurai moins de 25 ans le 20 octobre 2006

Je souhaite être inscrit :

au congrès EMC6

à la « soirée parisienne » du 20 octobre

Date :

Signature :

## LA VIE DE L'ASSOCIATION

### ASSOCIATION PLANÈTE MARS

Le 20 mai, nous avons présenté au Séminaire Inter-Écoles, organisé par l'IPSA au CNES-Paris, des projets d'étude relatifs à l'exploration martienne. Le thème du rover pressurisé, sur lequel travaille déjà le Strate College (Olivier Walter), nous semble particulièrement riche, compte tenu de son caractère multidisciplinaire, de son potentiel d'innovation technologique et de son importance en termes de capacités d'investigation et de sécurité. Le thème de la mission de retour d'échantillon avec production d'ergols in situ (concours « Mars Drive », soutenu par la Mars Society et la Planetary Society) a également été présenté, ainsi que celui des drones martiens (Franck Marodon), qui a soulevé beaucoup d'intérêt.



rover d'exploration martienne, vu par Manchu (doc. APM/Manchu)

Toujours dans le domaine des activités étudiants, l'association a rejoint son homologue autrichienne pour soutenir l'organisation d'un **Atelier Jeunes**, fin septembre, à Salzbourg, sur le thème de l'exploration martienne. Cet atelier doit permettre aux participants de suivre des conférences, d'effectuer des travaux d'étude, de discuter avec des spécialistes et d'échanger entre eux (voir le site Internet).

Le 28 juin, nous avons organisé, grâce à Alain Souchier, une **visite du centre Snecma de Vernon**, où sont développés, produits et essayés les moteurs de la fusée Ariane. La quinzaine de nos membres qui avaient pu faire le déplacement ont apprécié cette opportunité. A reproduire.

La préparation du **6<sup>ème</sup> Congrès Européen de la Mars Society (EMC6)** avance très favorablement, grâce, en particulier, au soutien de l'IPSA, de la ville du Kremlin-Bicêtre, de l'Agence Spatiale Européenne et du club Magnitude 78, qui fera évoluer un robot sur un terrain martien reconstitué ! Toutes les informations sur le site Internet. Rappelons que si le congrès, international, se tiendra en anglais (et sur inscription), il s'ouvrira au grand public le samedi 21 octobre, avec une soirée entrée libre et en français. Faites-en profiter vos amis !

A noter encore notre présence à la « **Soirée martienne** » organisée par « **Planète Sciences** » à Evry le 7 juillet (Gilles Dawidowicz et Elisa Cliquet), ainsi que - pour la deuxième année - aux **Journées Auriolaises d'Espace Magazine** (Olivier de Goursac et Franck Marodon).

Concernant notre fonctionnement, nous avons mis en place l'option d'un **service par voie électronique** du bulletin trimestriel, avec une **nouvelle grille de tarifs** particulièrement attractive, encore à la baisse !



l'entrée des locaux de l'IPSA, qui accueillera le congrès (doc. IPSA)

### THE MARS SOCIETY

La structure d'**EuroMars** est désormais assemblée sur son lieu d'exposition, à Wroughton. Mais nos amis britanniques se heurtent à des difficultés nouvelles, liées aux règlements de sécurité d'une installation devant recevoir le public. Cela contraint en particulier à revoir la conception du plafond provisoire prévu pour la durée de l'exposition. La préparation du matériel à exposer (posters, vidéos) et l'aménagement du stand se sont poursuivis en parallèle et (fin juin) il restait prévu d'admettre les visiteurs à partir du mois d'août.

Le projet de **ballon martien Archimède** de nos confrères allemands de la Mars Society fait parler de lui ! Le New York Times lui a consacré un article phare soulignant l'originalité du concept et la démonstration qu'il donnait des résultats étonnants qu'on pouvait attendre de ce genre d'initiative privée.



test de déploiement du ballon en vol parabolique (doc. MS Germany)

### COURRIER DES MEMBRES (de Nicolas Ménard)

Le peu d'intérêt que porte pour le projet de mission habitée l'ensemble des décideurs politiques est, j'en suis sûr, au moins en partie causé par un défaut d'information sur la faisabilité d'une telle mission, son coût et les enjeux qui en découlent... Je pense qu'il serait judicieux de prendre le contre-pied du discours scientifique type (recherche de vie fossile, planétologie comparée, etc.) et d'argumenter sur les retombées exploitables à court terme : renforcement de la notion d'identité européenne dans l'opinion publique ; retombées technologiques et économiques ; positionnement international ; projet historique, dont le bénéfice politique reviendra avant tout à celui qui donnera l'impulsion initiale (Kennedy).

Richard Heidmann

## VOL 714 POUR CANDOR CHASMA

### L'Aréonef, un aéronef martien : pourquoi faire ?

Mars figure aujourd'hui en bonne place dans les stratégies d'exploration du système solaire. Le fait qu'elle soit la planète tellurique la plus proche de nous et la moins hostile de toutes permet d'y effectuer de nombreuses missions scientifiques robotiques, et à terme habitées. La présence d'une atmosphère, même ténue, offre des possibilités d'utilisation de la 3<sup>ème</sup> dimension que n'offrent pas par exemple la Lune ou Mercure. Si celle de Vénus est beaucoup plus dense, c'est un véritable enfer et il est très difficile d'y envoyer des sondes robotisées au sol ou même aériennes, ce qui pour le moment nous cantonne aux observations depuis l'orbite.

Mais puisque qu'il est de toutes façons obligatoire de passer par l'espace interplanétaire pour rejoindre la Planète rouge, pourquoi ne pas se contenter d'observations satellitaires et de dépose de charges utiles directement en des points précis pour des missions de surface ?

La réponse tient à la nature même de deux activités principales identifiées comme pouvant bénéficier de la mobilité aérienne : l'observation et le transport de point à point.

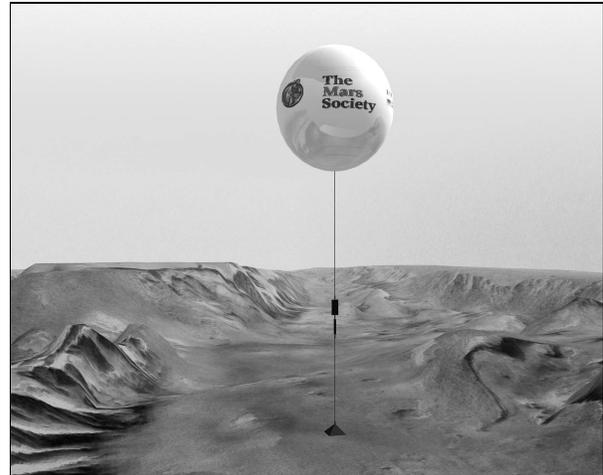
**L'observation** satellitaire, tout comme sur Terre, offre deux intérêts principaux : une couverture systématique du globe à étudier et la possibilité de repasser au-dessus du même point à intervalle régulier. On peut ainsi affiner les mesures, en effectuer d'autres complémentaires, suivre l'évolution d'une zone dans le temps.

Cependant, l'altitude, la résolution des capteurs et l'obligation de choisir entre une orbite stationnaire ou défilante ne permettent pas d'effectuer des reconnaissances plus fines de certaines zones d'intérêt particulier. D'où l'idée de disposer d'une plateforme mobile évoluant dans la troisième dimension, à vitesse plus faible et avec une plus grande flexibilité dans le choix de trajectoires.

**La mission de transport** apparaîtra avec la dépose de robots évolués ou d'équipages à la surface de la Planète rouge. Les architectes du projet Apollo, avec leur « Jeep lunaire », et Robert Zubrin dans son livre « Cap sur Mars » ont clairement identifié l'importance de la mobilité pour maximiser le retour scientifique et faire le meilleur usage possible de « l'heure d'astronaute » passée à la surface d'un nouveau monde. Mars offre cependant une diversité de reliefs géologiques à la fois très attirante et en même temps problématique pour la progression à sa surface. Le « Rover » pressurisé indispensable aux premières missions pour combler partiellement ce besoin de mobilité aura de toutes façons une progression lente et parfois difficile dans des reliefs cahoteux, puisque les plaines ne constituent probablement pas les zones les plus intéressantes à étudier. Le Rover ne permettra sans doute pas de dépasser un niveau régional et son contexte géologique associé.

Par la suite, dès qu'un embryon de base permanente aura été établi quelque part, se posera le problème du transport de personnes et de matériels vers des avant-postes d'exploration ou même d'autres foyers de peuplement potentiellement distants. Comme il leur faudra atteindre des tailles importantes avant de relier ces centres d'activités humaines les uns aux autres par le (mono)-rail, et que la question du péage aux autoroutes martiennes est encore réservée à un avenir lointain, la mobilité via la troisième dimension est sans aucun doute le grand chantier

technologique à mener dans la continuité des missions d'exploration initiales.



le ballon Archimède, développé par la Mars Society allemande (doc. Mars Society Deutschland)



un aréonef d'observation (doc. NASA)

### Comment faire ? Et pourquoi pas un ballon ?

La sagesse populaire considère que tout ce qui est gratuit est bon : la portance par exemple. Avec 1/3 de la gravité terrestre, la technologie des « blimps » (enveloppe souple) semblerait bien se prêter aux contraintes de masse et de volume liées au lancement...

Hélas, l'aérostation a ceci de particulier que la force d'Archimède est une force extérieure proportionnelle à la masse volumique du fluide ambiant  $\rho$ , à la gravité locale (le « g » martien) et au volume qu'occupe le ballon  $V$ , c'est-à-dire que celui-ci « déplace » (voir le terme maritime de « déplacement » pour caractériser la taille d'un navire). Comme le poids de l'Aréonef (de masse  $m$ ) est lui-même proportionnel à cette grandeur  $g$ , on voit tout de suite que la gravité n'a rien à voir avec l'efficacité de la portance hydro ou aérostatique.<sup>1</sup>

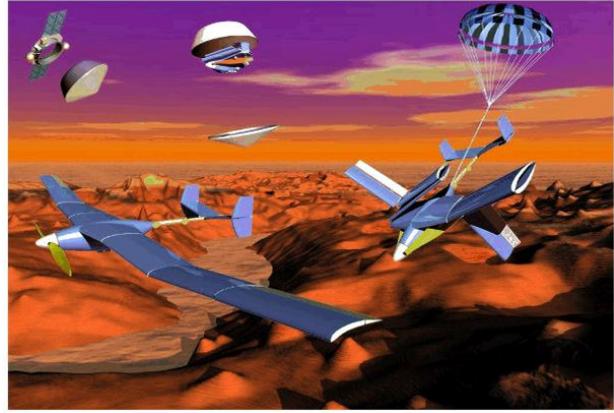
Ne restent donc que le volume et la masse volumique du milieu ambiant (très faible sur Mars) pour s'opposer à la masse de l'Aréonef. Sur Terre, les montgolfières et ballons dirigeables montent jusqu'à réaliser cet équilibre à une altitude donnée. On pilote alors la hauteur en lâchant ou en admettant plus de gaz dans le ballon (variation du volume  $V$  du ballon) ou en lâchant du lest, subissant au passage les variations de température et de pression de l'atmosphère au cours de la journée. Il est déjà beaucoup plus simple sur Terre pour une mission donnée de faire un « plus lourd que l'air » de taille raisonnable et volant

même beaucoup plus haut mais, sur Mars, les dimensions de l'enveloppe prendraient des proportions gigantesques pour une même charge utile, et la contrainte de légèreté rendrait sans doute plus que problématique sa tenue dans le temps. Enfin, pour rester dans le technologiquement faisable, ces ballons ultralégers voleraient à des altitudes d'équilibre relativement basses (hauts plateaux potentiellement inaccessibles par exemple, sans parler des grands volcans). Ils sont donc réservés à des missions scientifiques automatiques très particulières (voir les projets du CNES de « guiderope » traînant sur le sol martien, le projet « Archimède » de la Mars Society allemande). Sauf à envisager peut-être des missions sur Vénus ou Titan, les plus lourds que l'air constituent la seule voie efficace pour se déplacer dans la troisième dimension sur Mars.

Même les plus lourds que l'air ne pourraient avoir accès à toute la surface de Mars : la Caldeira d'Olympus Mons se trouve au-delà de l'essentiel de l'atmosphère martienne. Mais ils sont sans doute mieux armés pour mener à bien leur mission... à condition déjà de l'avoir définie (sans cahier des charges, pas de projet viable).

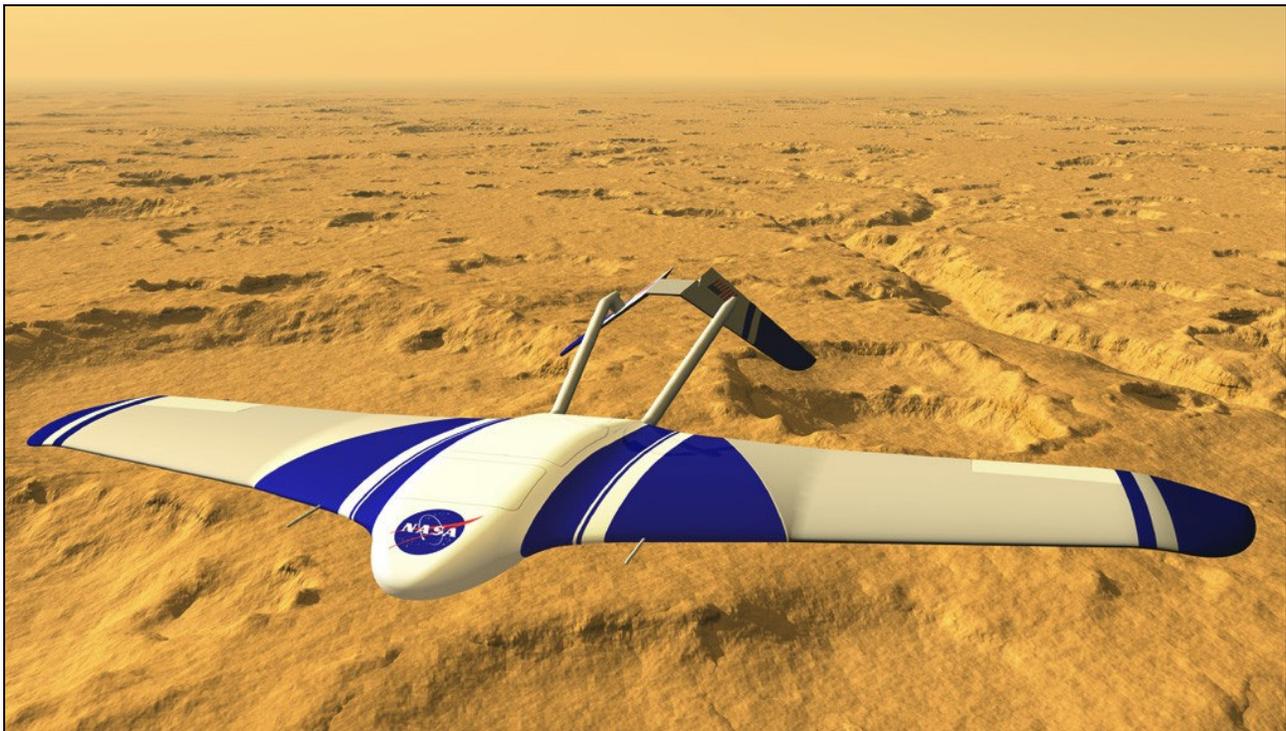
On peut faire un parallèle avec le monde des drones terrestres de type MALE et surtout HALE, (Moyenne/Haute Altitude - Longue Endurance), à ceci près que les conditions de la basse altitude martienne ressemblent à celles des très hautes altitudes terrestres, ce qui n'est pas sans conséquences sur la morphologie et la propulsion.

Pour une mission scientifique ou de relais de télécommunication pour laquelle on veut maximiser le temps de vol, on a tout intérêt à être économe en énergie et donc à voler le plus « lentement » possible. Les projets d'avions martiens allant dans ce sens sont donc dotés d'ailes de très grand allongement afin de minimiser la traînée induite (comme les planeurs terriens, mais avec en plus des problèmes d'encombrement pour le voyage et éventuellement de déploiement dans le ciel martien).



*le déploiement automatique du drone, après son entrée dans l'atmosphère, une manœuvre délicate (doc. JPL)*

Ils sont propulsés pour la plupart par de très grandes hélices tournant très lentement afin de maximiser le rendement de propulsion. Cette propulsion est le plus généralement électrique ou anaérobie si elle est à combustion. Dans tous les cas, les problèmes de stockage de l'énergie constituent le vrai défi pour le vol prolongé. Difficile de faire fonctionner des cellules photovoltaïques, l'ensoleillement martien étant plus faible que sur Terre et sujet à des variations imprévisibles (tempêtes de poussières). Les batteries, générateurs nucléaires ou équipements de stockage des fluides réactifs de piles à combustibles pèsent très lourd au regard des puissances délivrées, avec des conséquences importantes sur la taille du véhicule que l'on désire aussi petit que possible, l'important étant sa charge utile (elle-même consommatrice d'électricité). En tenant compte de la basse température ambiante comme source froide, une machine thermique basée sur le cycle de Stirling pourrait être intéressante à étudier (excellents rendements thermodynamiques), par exemple en utilisant de l'énergie thermique liée à une petite source



*le projet « Ares » (doc. NASA)*

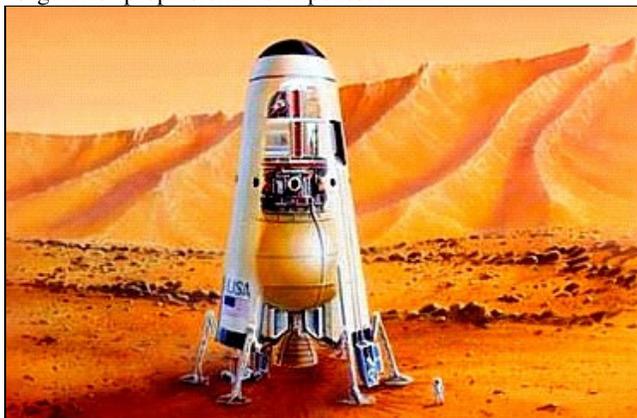
chaude nucléaire. Mais la solution viendra probablement d'une combinaison de technologies et de l'optimisation très poussée de l'appareil en ce qui concerne les bilans thermique et électrique : profiter de la surface alaire pour disposer des capteurs solaires d'appoint, gérer de manière intelligente la régulation thermique des équipements de mission, etc.

### Quelles perspectives pour le transport Aréien ?

Sur Mars, même une telle formule « motoplaneur » est d'un usage limité : quand on parle de voler « lentement », c'est en terme de pression dynamique (la force ressentie lorsque l'on met sa main dehors sur l'autoroute). Un anémomètre terrien (indicateur de vitesse) monté sur un Aréonef indiquerait une vitesse très faible (une centaine de km/h) alors que la vitesse réelle serait en revanche très élevée (plusieurs centaines de km/h !). Cette différence due à l'échelle de l'anémomètre est déjà importante en altitude sur un appareil long-courrier comme nous les empruntons sur Terre, mais sur Mars, cela se traduirait par des vitesses de décollage et d'atterrissage extrêmement élevées, puisque les conditions au sol sur Mars ressemblent à la haute altitude sur Terre. Et c'est cette dernière phase du vol qui est problématique.

On sait que sur Mars, l'atmosphère est trop ténue pour amortir la chute d'un équipement avec le seul parachute et que les systèmes d'airbags ne sont adaptés que pour des petites charges utiles (toujours avec des rétrofusées en prime). Une piste martienne extrêmement longue et lisse étant inenvisageable, restent deux options : le « vol perpétuel », sans que personne ne sache encore si c'est réalisable, ou le drone « consommable » de très petite taille, déployé dans l'atmosphère ou depuis le sol à l'aide d'une fusée à poudre ou d'une catapulte (on peut envisager à la rigueur une récupération dans une sorte de filet, mais c'est un véritable missile de croisière qu'il faut récupérer). La charge utile est déjà tellement faible qu'il n'est pas envisageable de doter ce genre de motoplaneurs de tels packs de rétrofusées et/ou de parachutes/airbags.

En revanche, la question est posée pour une mission de transport. Puisqu'il faut dans tous les cas décoller (à pleine charge et sans l'aide d'une piste ou d'une catapulte pour rester « pratique »), puis atterrir verticalement à l'aide de fusées, il semble logique de réfléchir à un véhicule assez différent, qui fasse bon usage de sa propulsion à forte poussée.

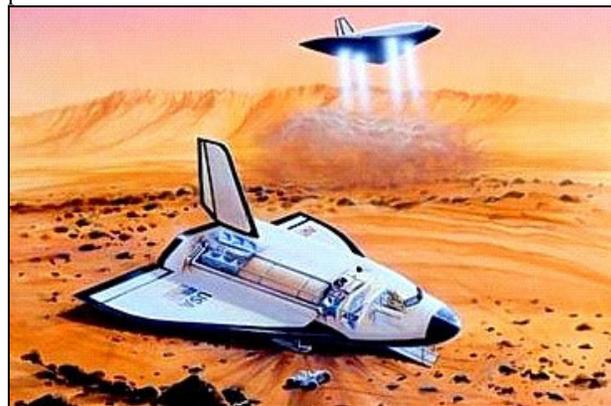


un « NIMF » d'excursion planétaire par « sauts de puce »  
(doc. R. Murray/Lockheed Martin)

Robert Zubrin a suggéré l'option NIMF pour « Nuclear rockets using Indigenous Martian Fuel » : des véhicules fusée nucléaire chauffant très fortement le gaz carbonique de l'atmosphère emmagasiné dans des réservoirs. Même si la propulsion qui en résulte est de piètre qualité, le fluide propul-

sif est disponible sans effort (voir à ce sujet le Mars « Gas Hopper » mis au point par sa société « Pioneer Astronautics »).

Les concepts présentés soit sont purement balistiques, soit rappellent des conceptions de navettes spatiales, dont les ailes sont pourtant dimensionnées pour les basses vitesses. Il est sans doute préférable d'opter pour une formule aérobalistique intermédiaire autour d'un fuselage porteur et de surfaces de contrôle optimisées pour les grandes vitesses (supersoniques), c'est-à-dire quand la pression dynamique devient significative (dans l'atmosphère ténue de Mars, les problèmes de compressibilité et le vol supersonique sont une réalité avec laquelle il faut compter). Par ailleurs, une fois en l'air et à ces grandes vitesses, il n'est plus obligatoire de ne devoir compter que sur le fluide accumulé en interne. Des statoréacteurs, aussi appelées « tuyères thermopropulsives » et utilisant la même source de chaleur nucléaire, peuvent communiquer au fluide entrant à de fortes pressions dynamiques de l'énergie thermique, comme le ferait un dispositif de post-combustion ou d'accroche flamme dans un équivalent terrien (voir la saga des avions français Leduc par exemple). Les gaz ressortant avec une énergie et une vitesse bien supérieures délivrent une poussée d'autant plus importante que la vitesse de vol augmente elle-même (puisque le débit augmente). Un tel moteur combiné stato-fusée nucléaire permettrait à cet Aréonef ayant lui-même une certaine portance, et donc une certaine finesse, au minimum d'augmenter considérablement son allonge sur une trajectoire plus rasante, au mieux d'entretenir un vol quasi-perpétuel, durant lequel, l'appareil pourrait même refaire le plein de ses réservoirs pour accélérer en vue d'une mise en orbite.



navette spatiale martienne, combinant fusée et stato à énergie nucléaire (doc. R. Murray/Lockheed Martin)

On disposerait ainsi d'une véritable navette spatiale martienne pouvant, grâce à une phase de vol atmosphérique, faire la liaison entre n'importe quelle orbite et n'importe quel point de la planète, le tout bien sûr avec une excellente précision. Un outil de développement formidable qui reste conditionné par l'existence à terme de générateurs nucléaires compacts et légers, mais par ailleurs indispensables au débarquement de l'Homme sur Mars.

**Franck Marodon**

Ont collaboré à ce numéro : Gilles Dawidowicz, Richard Heidmann, Franck Marodon, Alain Souchier  
Achévé d'imprimer : GRAFICOUL'EURE 27200 Vernon  
Dépôt légal : juillet 2006