

SCIENCE  
magazine

# SCIENCE

HS N° 1 - Juin/Juillet/Août 2007 - Trimestriel

magazine

hors-série

## Des hommes vont marcher sur Mars

**MESURER LA MER :**  
Un immense défi enfin réalisé

**LES ANNEAUX DE SATURNE COMME  
VOUS NE LES AVEZ JAMAIS VUS !**  
Les révélations de l'équipée  
américaine Cassini

**TITAN : ON SE CROIRAIT SUR TERRE**  
Les découvertes de la sonde  
européenne Huygens

**AU CERN,  
LE PLUS GRAND  
ACCÉLÉRATEUR  
DE PARTICULES  
DU MONDE EST  
BIENTÔT PRÊT**

[www.entreprendre.fr](http://www.entreprendre.fr)



L 16154 - 1H - F: 6,95 € - RD

7,50€

Robert  
Lafont

# Des hommes sur Mars !

Le programme est lancé ! Cette année, la NASA entreprend l'étude de vols habités en direction de la planète rouge.

Les récentes découvertes de grandes quantités d'eau sur Mars, l'éventualité que la vie ait pu s'y développer, la chance qu'il puisse en rester des traces, ont relancé l'intérêt des scientifiques comme de l'opinion publique pour notre voisine. Les missions de plus en plus nombreuses des satellites américains et européens et les deux robots américains Spirit et Opportunity qui explorent le sol martien depuis trois ans lèvent peu à peu le voile sur les mystères de Mars. Mais rien ne remplacera une mission habitée. Aussi les agences spatiales estiment-elles que le temps est venu de l'envisager...

Le Président américain a annoncé son désir de repartir à la conquête de l'espace avec des missions habitées lors de son discours prononcé au siège de la NASA le 14 janvier 2004. Un grand pas en avant qui autorisait officiellement le financement par la NASA de développements technologiques liés à l'exploration habitée de la Lune et de Mars. Le Président Bush a fait de l'expansion humaine dans le système solaire l'objectif de la NASA, et il a lancé l'idée d'une base lunaire en 2020 comme stratégie pour atteindre cet objectif. Mais si, jusqu'à présent, il n'était question que du scénario lunaire, la NASA a annoncé en janvier dernier le lancement du scénario martien.

## La décision est prise de partir pour la planète rouge

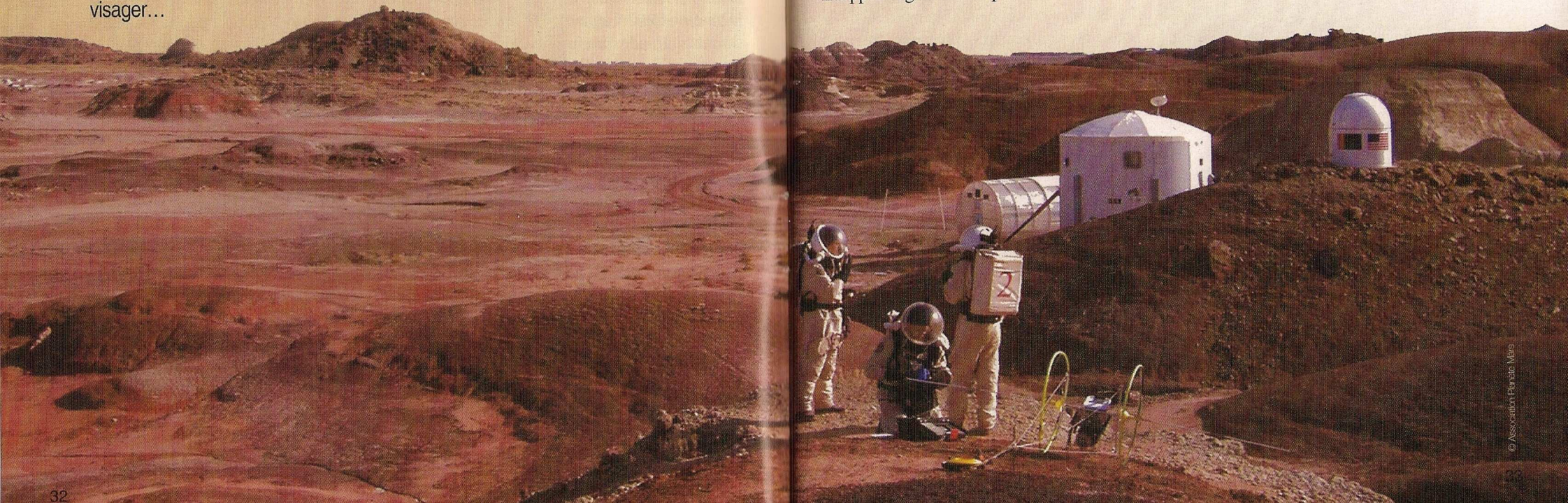
Il n'est pas question pour l'Europe de ne pas prendre une participation très active aux futurs programmes spatiaux vers la Lune et Mars.

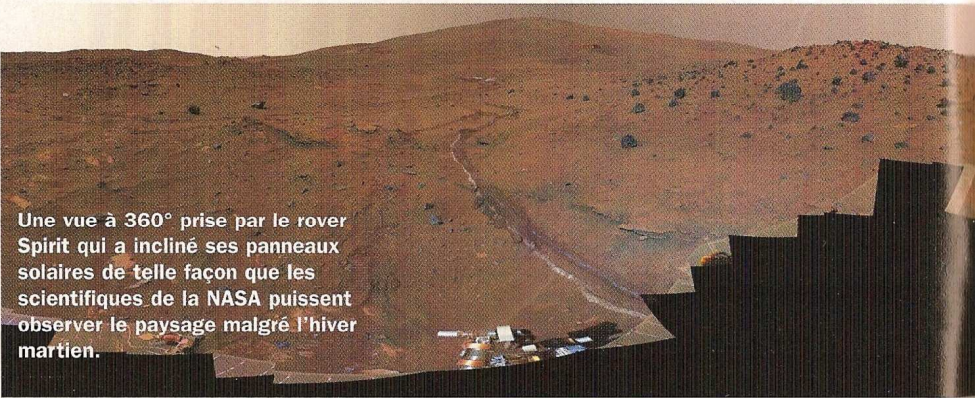
En février dernier, l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques publiait un rapport sur « les grands domaines programmatiques de la politique spatiale du futur » intitulé « Politique spatiale : l'audace ou le déclin – Comment faire de l'Europe le leader mondial de l'espace ». Ses auteurs, le député Christian Cabal et le sénateur Henri Revol, ont consulté de nombreuses personnalités de tous pays pour l'élaborer. Le rapport souligne que l'exploration spatiale et les vols habités sont inséparables et inconcevables sans l'Europe. Il rappelle également la position de « la com-

munauté scientifique française en faveur de Mars ». En effet, « le comité des programmes scientifiques du CNES a placé en première priorité scientifique l'exploration in situ de la surface de Mars, sans exclure l'intérêt de saisir des opportunités de mise en place d'expérimentations scientifiques sur la Lune, à condition que leur coût soit acceptable ».

L'Europe a déjà lancé en 2001 le programme d'exploration Aurora qui la met en bonne place dans la course à l'espace. Cet ambitieux programme présente, pour les 30 années à venir, la stratégie européenne d'exploration robotique et humaine de Mars, de la Lune et même au-delà vers les astéroïdes.

L'Agence Spatiale Européenne (ESA) s'est donnée l'année 2007 pour préciser les modalités de sa contribution aux programmes d'exploration mondiaux dominés par le pro-





Une vue à 360° prise par le rover Spirit qui a incliné ses panneaux solaires de telle façon que les scientifiques de la NASA puissent observer le paysage malgré l'hiver martien.

gramme américain. Elle pourrait, s'il le faut, être indépendante, afin de pouvoir poursuivre son action même en cas d'arrêt du programme américain.



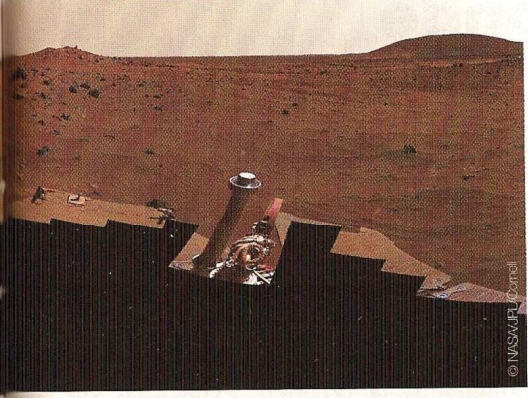
Le robot mobile de la future mission ExoMars (ESA)

Mais, avant d'envoyer des hommes, plusieurs missions robotiques vont se succéder. Côté européen, la mission ExoMars, programmée pour un lancement en 2013, est la première du programme européen Aurora vers Mars. La NASA y participera. Elle doit étudier l'environnement biologique avant l'arrivée de l'homme. Ses données serviront pour des études d'exobiologie – la recherche de vie sur d'autres planètes. Elle nécessitera une sonde en orbite martienne, un module d'atterrissage et un robot d'exploration. La mission NEXT, prévue vers 2015-2018, devra prouver les capacités de l'ESA à effectuer une descente et un atterrissage de précision, nécessaires pour la mission sui-

vante, Mars Sample Return (la mission de retour d'échantillons). Cette dernière requerra cinq vaisseaux spatiaux : l'un pour faire le voyage de la Terre à Mars, l'un en orbite martienne, un module de descente, un autre pour remonter, et un véhicule pour retourner sur Terre.

La concrétisation de ces missions suppose que de nouvelles technologies soient mises au point d'ici là, particulièrement dans les domaines de la production d'énergie à petite échelle, la propulsion, la maîtrise de la phase de rentrée atmosphérique, et enfin « l'atterrissage ».

Côté américain, la NASA poursuivra également son programme d'exploration robotisée. La mission Phoenix sera la première des missions Scout, une nouvelle classe de sondes martiennes peu coûteuses intercalées entre les grands projets. Prévue pour le mois d'août 2007, elle étudiera l'eau sur Mars sous toutes ses formes et tentera de découvrir la capacité du pôle nord martien à conserver dans ses glaces des microorganismes vivants ou des fossiles. En 2009, ce sera un nouveau « rover » (robot d'exploration) qui arrivera sur Mars dans le cadre de la mission Mars Science Laboratory. Ce robot sera deux fois plus grand et trois fois plus lourd




que les deux actuellement en mission, Spirit et Opportunity, et collectera des échantillons du sol martien, les analysera pour savoir s'ils ont pu servir de support à une vie microbienne dans le passé et s'il reste des traces de cette vie aujourd'hui.

Quant à l'étude de missions habitées sur une si longue durée, elle requiert la prise en compte de problématiques beaucoup

plus complexes. Mais, hormis le désir bien naturel qui anime l'espèce humaine lorsqu'il s'agit de découvrir un monde inconnu, l'exploration in situ par l'homme n'a aucune commune mesure avec une mission robotisée. En effet, en trois années, les deux robots Spirit et Opportunity, qui avancent très lentement et avec une extrême prudence, n'ont parcouru que quelques kilomètres. Pour attraper une pierre, ils peuvent mettre jusqu'à quatre jours après avoir calculé la trajectoire à suivre. Au niveau communications, les « conversations » sont également assez réduites.

Avant que les technologies requises soient mises au point et que nous ayons une plus ample connaissance de l'environnement martien, d'autres missions « Scout », ou plus importantes, auront encore lieu. Puis, des hommes prendront le départ pour un voyage comme nul n'en a jamais fait...



Un robot mobile de nouvelle génération pour Mars Science Laboratory (NASA)

## Coupés du monde pendant deux ans et demi

Lorsque l'homme posera son pied pour la première fois sur le sol de Mars, il devra certainement beaucoup à un ingénieur, Robert Zubrin, le premier à avoir mis au point un programme d'exploration martienne habitée, Mars Direct.

La fin des programmes Apollo à destination de la Lune, en 1972, avait mis un terme au rêve de l'espace. Déçus par l'immobilisme ambiant, un petit groupe d'étudiants passionnés crée à la fin des années 80 Mars Underground, une

organisation s'intéressant à des missions habitées vers la planète rouge. Rapidement, des scientifiques assistent à leurs conférences. Parmi eux, un ingénieur de chez Lockheed Martin, Robert Zubrin, le futur fondateur de la Mars Society, une organisation internationale qui prépare depuis longtemps la première expédition sur Mars. C'est suite à l'enthousiasme provoqué par ces travaux que le président américain Georges Bush annonça en 1989 l'intention américaine de repartir sur la Lune et d'envoyer des hommes sur Mars. Simple intention qui, ne fixant aucun délai, n'a par conséquent pas donné lieu à des

réalisations concrètes. Le programme SEI (*Space Exploration Initiative*) qui en découla était si complexe et si coûteux qu'il fut aussitôt refusé par le Congrès.

Des années 50 à nos jours, tous les projets d'exploration de Mars par l'homme prévoyaient d'énormes vaisseaux capables d'embarquer tout le carburant nécessaire à ce grand voyage d'une durée de 2 ou 3 ans, explique-t-on sur le site de l'association Planète Mars, la section française de la Mars Society ([www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)). La taille des vaisseaux était incompatible avec un lancement direct et nécessitait donc un assemblage en orbite terrestre. De gigantesques stations spatiales devaient donc être envisagées pour stocker les énormes quantités de carburant et pour abriter les

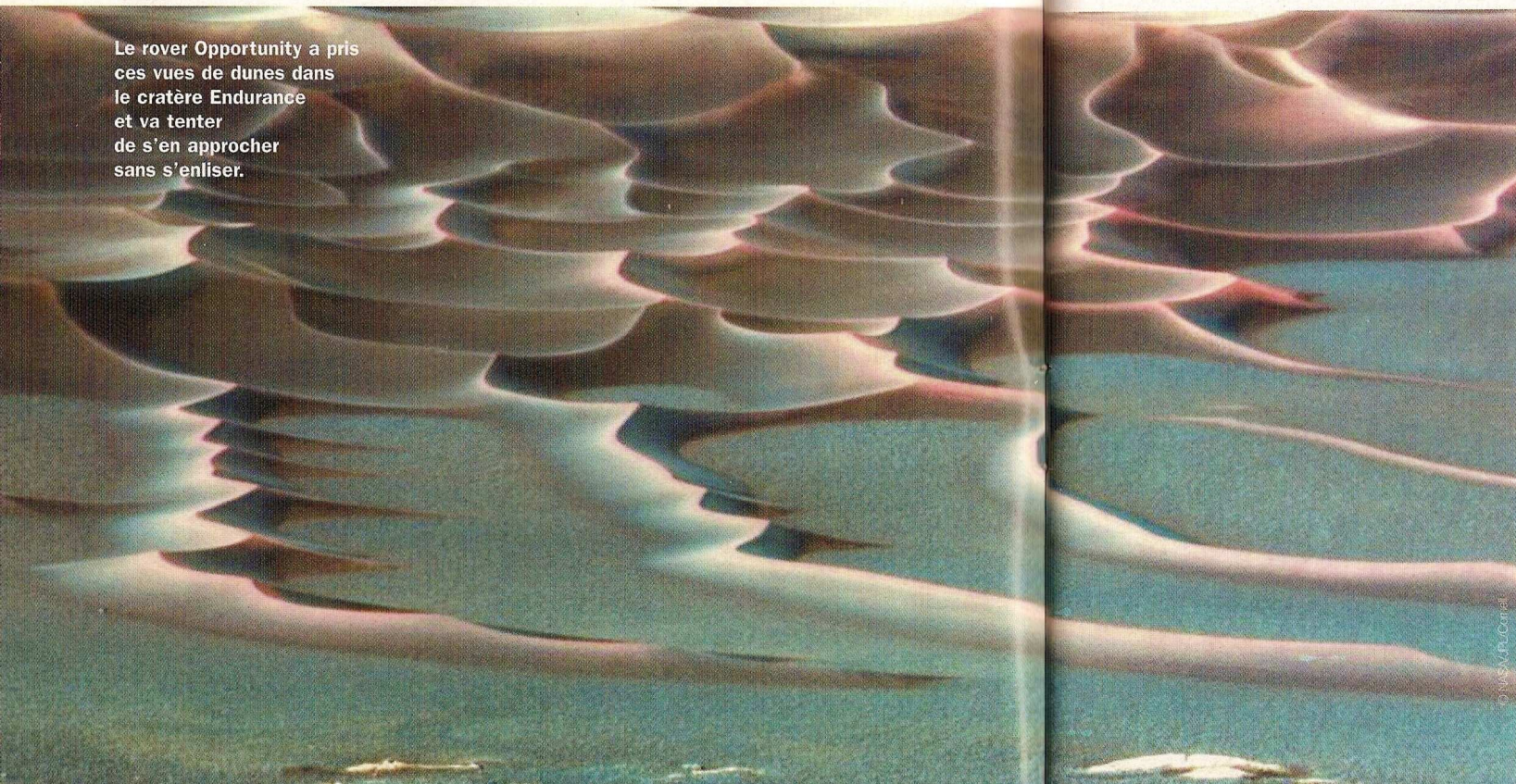
astronautes qui allaient assembler le vaisseau. De tels scénarios étaient évidemment extrêmement coûteux et devaient être étalés sur plusieurs décennies.

La Mars Society proposa dès 1991 son projet, huit fois moins cher que celui de la NASA. Présenté dans l'ouvrage de Robert Zubrin, « The case of Mars » (1), le scénario Mars Direct ne requiert pas de nouvelles technologies pour le trajet Lune-Mars. Un de ses principaux intérêts réside dans l'exploitation des ressources martiennes pour obtenir de l'eau, de l'air et du carburant. Il est prévu aussi de faire pousser des plantes dans des serres pour nourrir les équipages.

Un module lancé directement de la Terre servirait de base habitable sur place. Le voyage ne durerait que 6 mois pour éviter aux astronautes de s'exposer trop longtemps aux dangereuses radiations de l'espace. Par contre, le séjour sur place serait d'un an et demi. Un engin automatique partirait en premier lieu en vue de fabriquer sur place du propergol à partir de matériaux martiens. Il servirait de vaisseau de retour pour les premiers humains qui n'arriveraient que deux ans après. Ils ne décolleraient en effet de la Terre qu'après avoir eu la certitude que le carburant s'est bien fabriqué. Des robots explorateurs leur auraient préparé le terrain. Tous les deux ans, un nouvel équipage de quatre personnes partirait vers la planète rouge. Leur vaisseau augmenterait petit à petit la taille de la base martienne. Tout est étudié et rien n'est laissé au hasard dans le scénario de R. Zubrin. Le voici en détails :

(1) En français, « Cap sur Mars » (Editions Henri Goursau - 2004)

Le rover Opportunity a pris ces vues de dunes dans le cratère Endurance et va tenter de s'en approcher sans s'enliser.



## Janvier 1ère année :

A Cap Canaveral, le nouveau lanceur « Ares » est inspiré de la vieille fusée Saturne qui a permis à l'homme d'aller sur la lune. Réalisé à partir d'éléments existants, il a environ la même capacité de mise en orbite, mais profite des progrès technologiques de ces 20 dernières années. Les 4 moteurs principaux et les 2 boosters sont directement issus de la navette.

Mise à feu, décollage. Loin au-dessus de l'atmosphère, l'allumage du moteur à hydrogène et oxygène liquide de l'étage supérieur expédie les 45 tonnes du véhicule de retour sur terre, l'ERV (Earth Return Vehicle), vers Mars. Cette première mission est inhabitée.

Ce premier module comporte également un petit réacteur nucléaire monté sur un rover (robot mobile), une centrale chimique de production de carburant à partir de l'atmos-

## Un véritable pionnier

Inventeur de plusieurs concepts originaux de propulsion et d'exploration spatiales, l'ingénieur Robert Zubrin est l'auteur de plus de deux cents articles publiés sur le sujet, tant techniques que généraux. Il fut membre de l'équipe de « développement de scénarios » chez Lockheed Martin Astronautics, à Denver (ex-Martin Marietta), chargée d'élaborer de nouvelles stratégies globales pour l'exploration spatiale. Dans ce cadre, il fut responsable du développement du plan de mission Mars Direct qui fait appel à l'utilisation des ressources locales (martiennes), et permet ainsi de réaliser un programme d'exploration martienne habitée pour un coût huit fois inférieur aux estimations de la NASA basées sur des plans de mission plus conventionnels. Reconnu dans le monde comme l'un des ingénieurs les plus créatifs de l'industrie aérospatiale actuelle, il reçut deux récompenses pour ses inventions chez Martin Marietta. D'abord pour son concept de moteur de fusée nucléaire utilisant le CO<sub>2</sub> comme propergol et qui permettrait à un véhicule ainsi propulsé de disposer d'une mobilité illimitée sur Mars. Puis pour son étude de l'architecture de mission Mars Direct. Chez Lockheed Martin, R. Zubrin a aussi travaillé sur de nombreux autres projets qui vont des petits missiles intercontinentaux et systèmes de défense par missiles aux missions martiennes de ballons robots, en passant par l'énergie nucléaire spatiale et l'étude d'avions fusées à ravitaillement atmosphérique.

Depuis la fondation de sa société Pioneer Astronautics en janvier 1996, R. Zubrin a été l'instigateur de nombreux programmes de recherche et de développement dans divers domaines aérospatiaux, dont les systèmes de propulsion de lanceurs et de vaisseaux spatiaux, les technologies d'utilisation de ressources in situ, lunaires et martiennes, les systèmes d'équipement de vie et de propulsion pour activités extra-véhiculaires, et les systèmes d'exploration robotique.

(Source : Association Planète Mars)

phère martienne, et quelques petits rovers scientifiques. La cabine de l'ERV est équipée de tout ce qui est nécessaire à un équipage de 4 membres pour un voyage retour de 8 mois vers la Terre.

Le décollage de Mars consommera 96 tonnes de méthane et d'oxygène alors que l'ERV n'amènera de la Terre que 6 tonnes d'hydrogène liquide nécessaires à la production du carburant sur place.

## Septembre 1ère année :

Voyageant à une vitesse moyenne de 27 km/s, l'ERV atteindra Mars après un voyage de 6 mois. Un freinage aérodynamique mettra le véhicule en orbite mar-

tienne. Cette phase de vol sera utilisée pour tester une dernière fois tous les équipements de bord et attendre une météo optimale pour un atterrissage dans les meilleures conditions.

Alors, à l'aube d'une belle journée sans nuage de poussière, avec des ombres au sol bien dessinés et un vent faible, l'entrée dans l'atmosphère sera commandée. L'ERV utilisera à nouveau son bouclier thermique jusqu'à ce que le véhicule atteigne une vitesse subsonique. A ce moment-là, des parachutes seront déployés pour freiner la chute. À quelques mètres du sol, l'allumage des rétrofusées permettra un atterrissage en douceur sur le sol rouge de Mars.

Une photo qui bientôt  
ne sera plus celle d'une simulation  
(mission française à la base  
de la Mars Society  
dans le désert de l'Utah  
en 2006).



## Une organisation mondiale

La Mars Society, fondée par Robert Zubrin, est une organisation internationale ayant des sections nationales ou locales dans une cinquantaine de pays. Un grand nombre de ses responsables appartiennent à la NASA ou à l'ESA. Elle mène des travaux qui contribueront à la préparation des futures missions sur Mars. Ainsi, elle a réalisé et elle met en œuvre des habitats martiens simulés dans le grand Nord canadien et dans le désert de l'Utah (Etats-Unis).

La première mission de l'ERV pourra alors commencer. Remplir les réservoirs de carburant en utilisant l'air ténu de Mars. Les contrôleurs sur terre vont tout d'abord installer le réacteur nucléaire à une centaine de mètres de l'ERV à l'aide du rover sur lequel il est monté. Ce réacteur d'une puissance de 100 Kilowatts fournira alors l'énergie au module de production de carburant.

L'air martien est composé de 95% de dioxyde de carbone. En combinant ce dioxyde de carbone avec l'hydrogène amené de la terre, le module produira du méthane et de l'eau. Cette réaction de « méthanation » est une réaction chimique simple mise en œuvre dans l'industrie dès 1890. Lorsque l'hydrogène liquide ramené de la Terre aura été complètement consommé, une seconde unité de l'installation permettra la séparation de l'eau produite par la méthanation en hydrogène et oxygène. L'oxygène sera stocké comme comburant alors que l'hydrogène réalimentera la réaction de méthanation pour produire plus de méthane et d'eau. Afin d'ob-

tenir le rapport idéal oxygène/méthane, une troisième unité extraira l'oxygène du dioxyde de carbone martien.

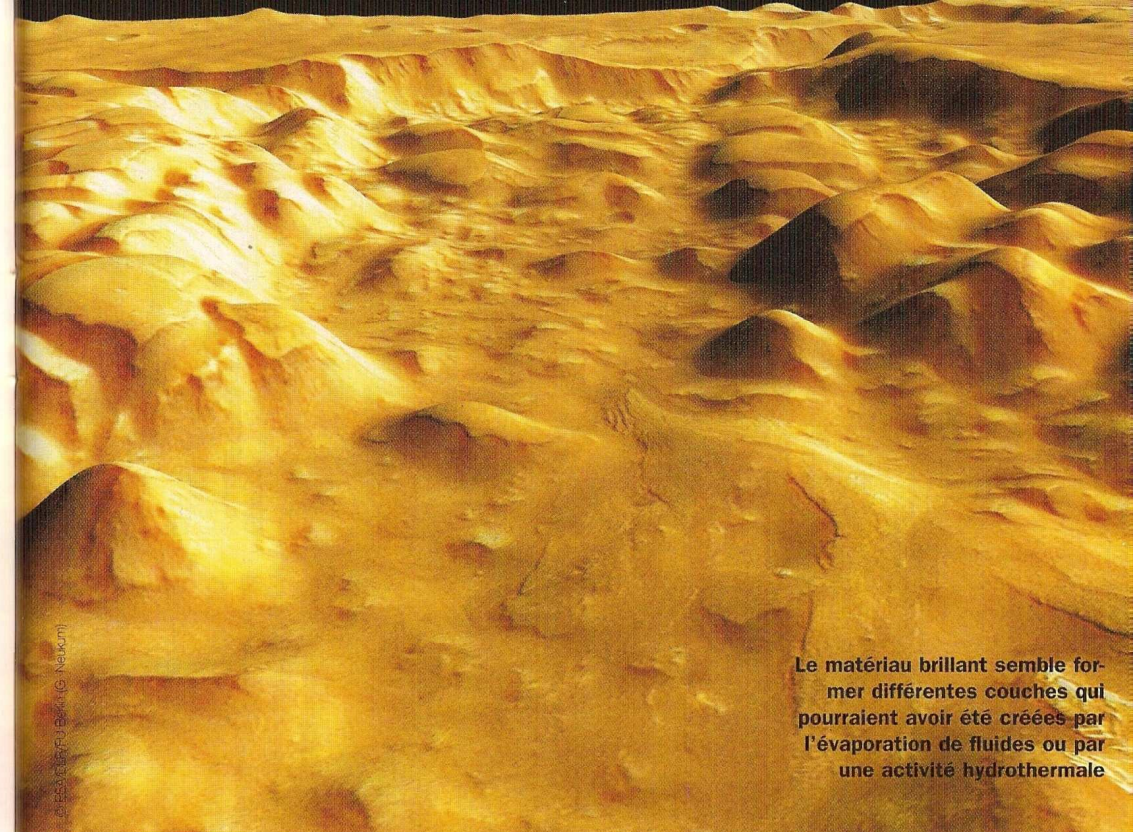
Six mois plus tard, en utilisant la ressource martienne la plus facilement accessible, son air, le module de production de carburant aura transformé les 6 tonnes d'hydrogène liquide en 108 tonnes de méthane et d'oxygène. Cette quantité de carburant sera suffisante pour propulser le véhicule de retour vers la Terre et fournir 12 tonnes de carburant aux véhicules de prospection.

### Avril 2ème année :

Seize mois après son lancement, le véhicule de retour, réservoir plein, attend son premier équipage. Le deuxième volet de cette première mission consistera à repérer et préparer un terrain propice à l'atterrissage de la mission habitée. Dans ce but, plusieurs pe-

## Il faut attendre que Mars soit proche de la Terre

On peut envoyer un vaisseau vers Mars en moyenne tous les deux ans... si l'on veut accomplir un trajet d'une distance raisonnable. En effet, la planète rouge décrit son orbite autour du soleil à l'extérieur de la nôtre en un peu moins de deux ans, et nous la croisons tous les 26 mois. A ce moment, la distance entre les deux planètes peut descendre à 56 millions de km. Tandis que, lorsque les deux planètes se trouvent de part et d'autre du Soleil sur leurs orbites, l'éloignement peut atteindre près de 400 millions de km.



Le matériau brillant semble former différentes couches qui pourraient avoir été créées par l'évaporation de fluides ou par une activité hydrothermale

tits robots équipés de caméras et de sismographes fourniront aux responsables sur Terre les données nécessaires au choix du site. L'endroit retenu sera équipé d'un transpondeur radar qui servira de balise de guidage pour un atterrissage en toute sécurité.

### Avril 3ème année :

Le lanceur « Ares 3 », coiffé d'un vaisseau baptisé « Beagle » en hommage au bateau qui emmena Charles Darwin dans son périple historique, se dresse à Cap Canaveral. Il y a quelques semaines, une fusée « Ares 2 » s'élançait dans le ciel de Floride emportant sous sa coiffe un ERV de secours similaire à celui « d'Ares 1 ». Alors que « Ares 2 » file dans l'espace vers Mars, une immense foule attend avec impatience le décollage du vaisseau qui emmènera les quatre premiers hommes sur Mars.

La partie principale de « Beagle » est le module d'habitation qui ressemble à un gros tambour. Constitué de deux ponts de 2,50 m de haut et de 8 m de diamètre, il offre une surface habitable d'environ 100m<sup>2</sup>, et permet l'hébergement confortable d'un équipage de 4 personnes. Le module est équipé d'un système de support vie qui recycle l'oxygène et l'eau (similaire à celui prévu pour la station spatiale ISS) et est approvisionné en nourriture pour un voyage de 3 ans. De grandes quantités de rations de secours déshydratées sont également prévues.

« Ares 3 » emmènera également un véhicule d'exploration pressurisé, permettant de travailler en manche de chemise, équipé d'un moteur à combustion interne brûlant du méthane et de l'oxygène.

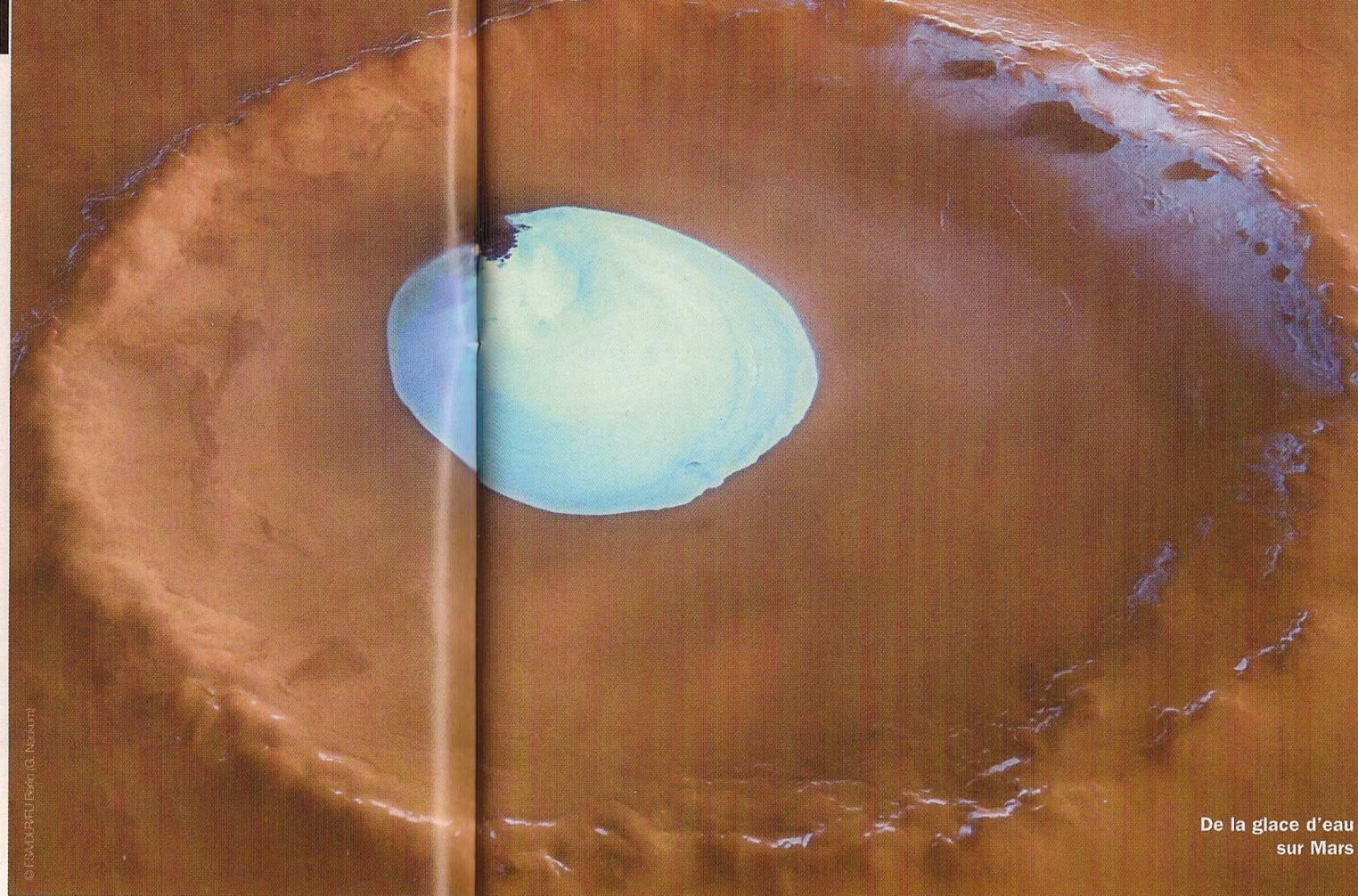
Complètement approvisionné, « Beagle » pèse 25 tonnes. L'équipage sera constitué d'un biogéochimiste, d'un géologue/planétologue, d'un ingénieur de vol/pilote, et d'un homme à tout faire. Ce dernier sera le commandant de bord et aura une formation initiale d'ingénieur de vol. Il pourra également administrer des traitements médicaux de base et aura des notions dans les domaines scientifiques poursuivis par la mission.

À bord de « Beagle », l'équipage se prépare au voyage qui le ramènera sur Terre dans 2 ans et demi. Cette durée correspond environ à celle qui était nécessaire aux grands explorateurs des siècles passés pour faire le tour du monde.

Mise à feu et décollage « d'Ares 3 ». Après quelques minutes de vol s'effectuent la séparation puis l'allumage de l'étage supérieur qui propulsera le vaisseau sur sa trajectoire martienne. Quatre hommes sont en route vers Mars.

## Octobre 3ème année :

Après 180 jours de vol, le module d'habitation atteindra Mars et commencera les manœuvres d'aérofreinage pour se mettre en orbite. L'équipage aura pour objectif d'atterrir sur le site présélectionné près de l'ERV qui est parti vers Mars il y a deux ans. Si, à cause d'un événement imprévu, l'atterrissage ne pouvait avoir lieu à l'endroit prévu, trois options de secours seraient possibles. Premièrement, si l'atterrissage a lieu à moins de 1 000 km du site prévu, l'équipage pourra simplement rejoindre l'ERV à bord du rover pressurisé qui a une autonomie de cet ordre. Dans le cas très improbable où les astronautes manqueraient leur cible de plus de 1 000 km, la deuxième option pourra être envisa-



De la glace d'eau sur Mars

gée. Le deuxième ERV lancé par « Ares 2 » sur une trajectoire plus lente que « Beagle » se placera en orbite martienne après l'atterrissage de ce dernier. Même si l'équipage avait atterri de l'autre côté de la planète, ce second ERV pourrait être manœuvré pour qu'il atterrisse près d'eux. Finalement, dans le pire des cas, une troisième solution pourrait être envisagée. Étant donné que des vivres pour 3 ans ont été embarqués dans « Beagle », l'équipage serait en mesure d'attendre l'envoi d'un autre ERV qui pourrait être lancé l'année suivante.

L'atterrissage réussi de « Beagle » permettra de poser l'ERV 2 comme prévu, à 800 km

de l'ERV 1, où il commencera à remplir ses réservoirs. Cette distance est assez élevée pour ouvrir un nouveau site d'exploration, mais également assez proche pour qu'il puisse servir de secours à l'équipage numéro 1. L'ERV 2 sera utilisé par la deuxième expédition qui arrivera en janvier de la quatrième année accompagnée de l'ERV 3 pour ouvrir un troisième site.

L'équipage de « Beagle » restera 500 jours à la surface de Mars. Contrairement aux missions martiennes conventionnelles, basées sur un vaisseau-mère en orbite et de petits modules d'atterrissages, Mars Direct place tout l'équipage à la surface de Mars d'où il pourra

explorer la planète et apprendre à vivre dans l'environnement martien. Personne ne sera laissé en orbite, exposé au rayonnement cosmique et à l'apesanteur. Un retour d'urgence anticipé n'est donc pas à envisager.

La durée de séjour envisagée permettra de s'atteler à des tâches qui augmenteront considérablement nos connaissances et prépareront les explorations futures et éventuellement la colonisation de la planète. Les études géologiques commenceront à lever le voile sur l'histoire climatique de Mars et peut-être révéleront quand et comment cette dernière a perdu son climat doux et humide. La prospection de minerais et d'autres

ressources sera également entreprise. Mais, avant tout, les astronautes partiront à la recherche de dépôt de glace facilement extractible ou même mieux de nappes d'eau géothermique souterraine. On sait que Mars possède des océans d'eau gelée dans le sous-sol sous la forme de permafrost. Si l'on découvrait de l'eau facilement accessible, il ne serait plus nécessaire d'importer l'hydrogène pour la fabrication de carburant. Il serait également possible d'envisager l'agriculture sous serre lors de l'établissement d'une base permanente. Une serre gonflable expérimentale fera d'ailleurs partie de la première mission.

Mais l'exploration qui retiendra le plus l'attention de la Terre sera certainement la recherche de vie martienne. Des photos de Mars prises en orbite montrent des lits de rivières asséchés et indiquent ainsi que l'eau a déjà coulé à la surface de la planète. Des indices portent à croire que cet épisode doux et humide s'est déroulé durant le premier milliard d'années d'existence de la planète. Soit une durée considérablement supérieure à celle qui fut nécessaire à l'émergence de la vie sur Terre. Certaines théories actuelles suggèrent que l'évolution de la matière inerte vers le vivant est un processus qui se déclenche avec une grande probabilité lorsque les conditions y sont favorables. Si ceci est vrai, alors des chances que la vie ait évolué sur Mars existent.

La recherche de la vie sera intensive et sera orientée vers de nombreux sites. Les lits de rivières et lacs asséchés auraient pu être les dernières oasis d'une biosphère décadente et pourraient contenir des fossiles. Les couches de glaces d'eau qui recouvrent le pôle nord pourraient contenir des organismes bien préservés. Des nappes d'eau souterraine, si elles existent, pourraient, même aujourd'hui, héberger des organismes vivants.

Pour trouver des ressources et des signes de vie, les explorateurs martiens devront parcourir de grandes distances. Le rover pressurisé et le carburant disponible permettront de parcourir environ 24 000 km. De petits robots télécommandés pourront au passage être déposés sur des sites intéressants. Les personnes restées à la base, ou même celles restées sur Terre, pourront ainsi continuer l'exploration de ces sites à distance.

### Mars 5ème année :

Un an et demi après leur arrivée, les astronautes grimperont à bord de l'ERV et décolleront vers la Terre. Ils laisseront derrière eux Mars Base 1 avec un stock de méthane et d'oxygène qui pourra être utilisé par des missions futures, ainsi que tout leur appareillage scientifique.

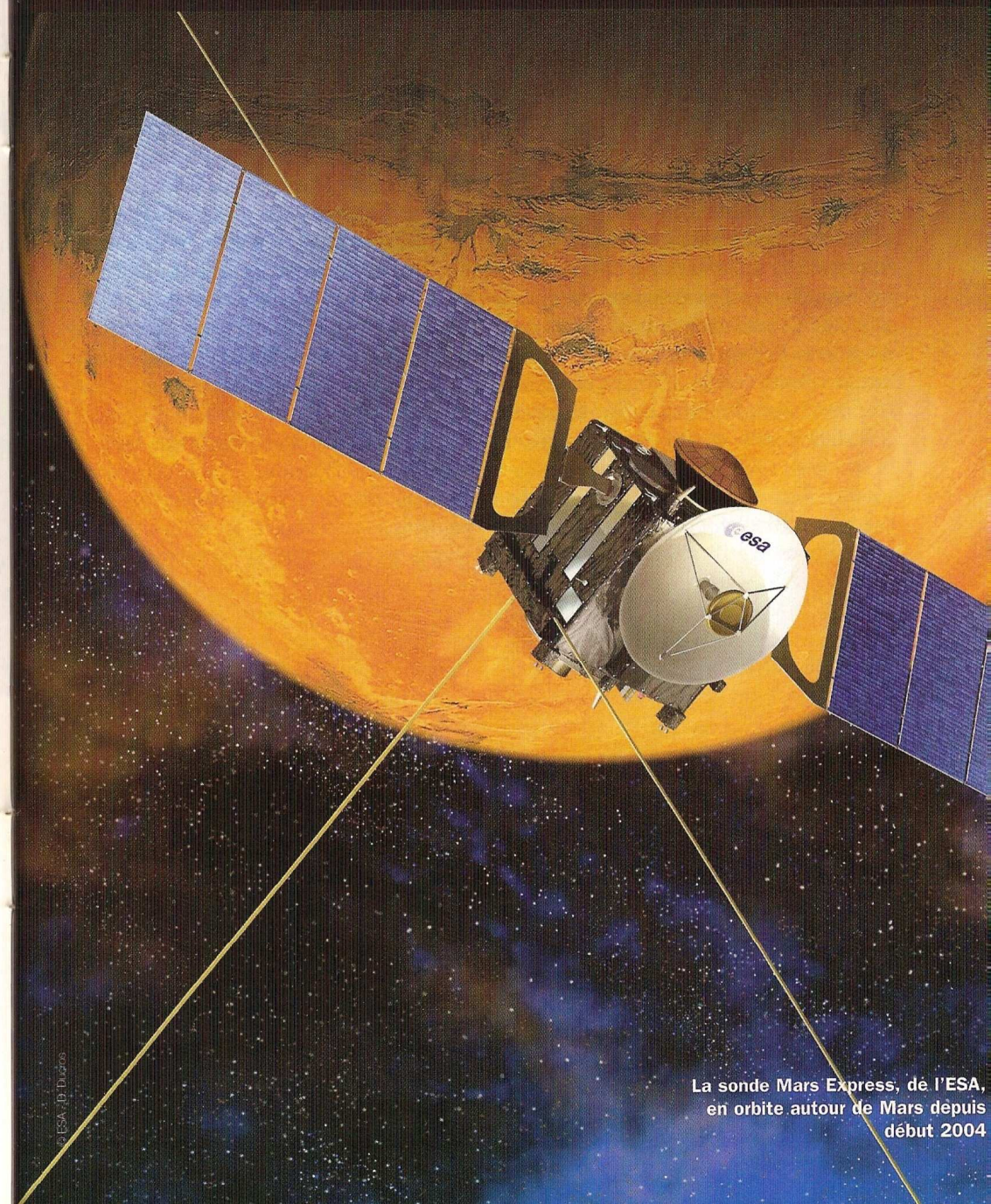
### Janvier 6ème année :

Peu de temps après le retour sur Terre du premier équipage, la deuxième expédition atteint Mars pour installer Mars Base 2. Cette seconde mission se posera à 800 km de Mars base 1 et explorera de nouveaux territoires. Elle pourra également rejoindre la base numéro 1 pour continuer des expériences qui n'auraient pas pu être achevées par le premier équipage.

Tous les deux ans, deux fusées Ares seront mises à feu. Une pour emmener un nouvel équipage avec son module d'habitation. L'autre pour expédier un véhicule de retour pour préparer la mission suivante. Avec le temps, les connaissances recueillies durant ces expéditions permettront d'envisager l'établissement d'une base permanente et la colonisation de Mars.

Mais c'est là une autre histoire...

## Les scénarios de la NASA



La sonde Mars Express, de l'ESA, en orbite autour de Mars depuis début 2004



La NASA s'est largement inspirée du scénario Mars Direct pour ses projets. Elle l'a tout d'abord modifié en Mars Semi Direct. Ce scénario prévoit d'augmenter l'équipage de 4 à 6 personnes, nécessitant alors un lanceur plus lourd. Il résout surtout le problème de la fabrication de carburant sur Mars. La première fusée enverrait bien un module d'habitation mais la seconde enverrait un orbiteur et un véhicule de remontée (avec des réservoirs pleins s'il s'avère impossible de fabriquer le propergol sur Mars). La différence est qu'il faudra très peu de propergol pour le véhicule de remontée puisqu'il aura juste à rejoindre l'orbite basse (tandis qu'un lancement direct depuis Mars est une opération très consommatrice de carburant). L'équipage ne repartira donc pas directement mais empruntera ce véhicule pour rejoindre l'orbiteur et quittera Mars à son bord. La difficulté réside toutefois dans le rendez-vous avec l'orbiteur.

Le scénario Mars Semi Direct a servi de base dans les années 90 aux « Missions de référence » de la NASA (Mars Reference Mission). Consistant donc à envoyer trois équipages de six personnes sur la planète rouge, la mission commencera avec l'envoi sur Mars de deux ou trois vols cargo (selon les scénarios) destinés à mettre en place l'infrastructure permettant aux premiers humains de travailler et de survivre sur Mars. Lancés directement depuis la Terre, le fait de diviser les équipements permet d'utiliser des fusées de type Saturn V ou Energia. De plus, les vols non habités demanderont moins de carburant car ils dureront beaucoup plus longtemps que 6 mois. Le premier vol expédiera un véhicule de retour terrestre (Earth Return Vehicle ou ERV) composé d'une capsule de rentrée atmosphérique, d'un

module de propulsion et d'un module habitable pour le retour sur Terre. Il ne se posera pas sur Mars mais restera en orbite basse et attendra ainsi 4 ans avant de servir pour le retour sur Terre du premier équipage.

Le second vol enverra un véhicule de remontée (Mars Ascend Vehicle ou MAV) pour rejoindre l'ERV en orbite au moment du départ. Le MAV comprendra un réacteur nucléaire de 160 kW (qui se déploiera à quelques centaines de mètres du site), une usine chimique ayant pour tâche de produire du méthane et de l'oxygène à partir de l'atmosphère martienne (pour alimenter les moteurs du MAV), et une petite capsule pour accueillir l'équipage.

Enfin, le troisième vol enverra un module d'habitation/laboratoire de forme cylindrique, des réserves non périssables et des équipements, et un second réacteur nucléaire de secours plus des rovers d'exploration.

Deux ans après, le premier équipage partira pour un voyage de 6 mois vers Mars à bord d'un module d'habitation propulsé par un moteur nucléaire. Le module d'habitation sera relié à celui déjà sur place. Le séjour durera 18 mois, alternant périodes de travail et de repos. Il s'agira d'assurer le bon fonctionnement des infrastructures et des équipements et d'explorer la planète au cours d'excursions brèves (analyse de la zone d'atterrissage) ou longues (jusqu'à 100 jours) dans un rayon de 500 km avec le rover pressurisé.

Lors des prochaines fenêtres de lancement, deux vols cargos emportant un véhicule de retour sur Terre et un véhicule de remontée précéderont le vol habité.

## Lanceur, énergie, eau : de nombreux défis à relever

« Nous avons beaucoup de technologies pour aller sur Mars, mais il en reste encore beaucoup à mettre au point », soulignait François Spiero, du CNES, lors du dernier Congrès européen de la Mars Society. De nombreux équipements sont à développer pour permettre cette extraordinaire aventure. Au niveau technologique, deux éléments essentiels restent à mettre au point. Tout d'abord, le lanceur. Pour aller sur Mars, il faut un lanceur lourd capable d'envoyer des charges de plus de 200 tonnes sur des orbites d'insertion transmartienne. La plus puissante fusée actuelle, le lanceur russe Energia, ne peut propulser que la moitié de cette charge.

Par rapport à nous, Mars est située au minimum 150 fois plus loin que la Lune : à 56 millions de km de la Terre au plus près, 400 millions de km au plus loin. « Voyager vers Mars, c'est vraiment quitter notre monde pour un autre », note Richard Heidmann, ingénieur spatial président de l'association Planète Mars, qui détaille sur le site [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com) les problèmes que rencontrera une telle mission. Faut-il par conséquent une différence importante de comburant pour l'atteindre ? Pas du tout. A partir de l'orbite terrestre, la vitesse supplémentaire minimale à fournir est pour s'élancer vers la Lune de 3,125 km/s, pour s'élancer vers Mars de 3,5 à 3,85 km/s selon la position de Mars sur son orbite. Parce qu'en fait



Le futur rover de la NASA, ATHLETE (All-Terrain Hex-Legged Extra-Terrestrial Explorer), sera capable d'évoluer et de transporter des chargements sur des terrains périlleux de type lunaire, même sur des surfaces rocheuses verticales ou des pentes sableuses, à une vitesse de pointe 100 fois plus rapide que les rovers actuels Spirit et Opportunity.

la majeure partie de la vitesse supplémentaire à fournir est requise pour donner l'élan permettant de s'extraire du champ de gravité de la Terre, pour atteindre la fameuse « vitesse de libération »; le complément pour atteindre Mars plutôt que la Lune est comparativement minime. Pour le retour, sur une trajectoire symétrique de la précédente, l'impulsion à donner depuis l'orbite de départ autour de Mars est par contre supérieure au cas de la Lune : 2 à 2,7 km/s (selon la position de Mars) contre 1,2, car le champ gravitationnel de la planète rouge est plus important que celui de notre petit satellite.

Deuxième élément : il convient de mettre au point les équipements pour l'utilisation des ressources locales afin de permettre de considérables économies. Cela exige des centrales de synthèse chimiques et des sources d'énergie fiables, et les futures centrales nucléaires spatiales sont à cet égard très prometteuses.

Fournir de l'eau et de la nourriture à un équipage de 6 personnes pendant le voyage de 6 mois, puis sur place pendant 18 mois, et enfin pour le voyage de retour, pose un sérieux problème. Impossible bien entendu d'emporter des provisions suffisantes pour deux ans et demi minimum : il faudrait concevoir un recyclage total des déchets et être sûr de pouvoir produire localement, à partir des ressources in situ, les consommables nécessaires pour le séjour sur place et le voyage de retour.

« Plus que de scientifiques, nous avons besoin d'explorateurs pour découvrir un monde inconnu ».

Richard Heidmann,  
président de Planète Mars

La durée de chaque mission complique les choses, mais il est difficile de faire plus court que six mois, avec les modes de propulsion actuels, pour voyager jusqu'à la planète rouge. En dessous de cette durée, le projet deviendrait très coûteux car il nécessiterait en particulier des quantités démesurées de propergol. La date du retour, quant à elle, ne pourra être avancée puisqu'il faut attendre que les positions orbitales de la Terre et de Mars soient suffisamment proches, soit 18 mois plus tard. Deux ans et demi de mission pour les astronautes, ce sont aussi deux ans et demi d'isolement. Impossible de rentrer avant le terme de la mission. « *De plus, du fait du temps de trajet des signaux radioélectriques, il devient impossible de converser en temps réel ; en situation d'urgence, l'équipage devra donc être à même de prendre des décisions de façon autonome.* » Les effets psychologiques de ce type de situation sont largement à prendre en compte. Les situations de simulation sur Terre ne refléteront jamais l'angoisse que ressentiront les astronautes lorsqu'ils verront leur planète comme un petit point brillant dans le ciel. D'autre part, si les équipements n'ont pas besoin d'être plus complexes que pour les missions Apollo, il faut cependant qu'ils fonctionnent sans tomber en panne pendant de longs mois ou du moins que toute panne n'ait pas de conséquences dramatiques. Il faut compter avec l'impossibilité de retour ou de secours. Toute système automatique devra pouvoir être repris en mode manuel et tout équipement devra pouvoir être réparable. Un maximum de modes de secours devra être prévu, la base martienne sera conçue comme un véritable refuge permettant éventuellement d'attendre une mission de secours.

Au niveau des hommes, pas question de défaillance non plus, ni physique ni psychologique. Les astronautes devront être bien sélectionnés pour présenter le minimum de risques au niveau médical et supporter la cohabitation forcée. Lors de la mission, on insistera sur l'hygiène personnelle ainsi que sur celle du vaisseau et de la base et de nombreuses mesures de sécurité seront prises pour effectuer les gestes quotidiens. Un médecin devra faire partie de l'équipage et des équipements de télé-médecine seront mis au point.

## Il y aura beaucoup de volontaires pour faire le voyage

Le facteur psychologique est souvent présenté comme primordial pour une mission aussi longue. C'est compter sans l'esprit aventureux des astronautes et le côté attractif de l'expérience. Comme l'explique le spationaute Patrick Baudry, nous n'aurons aucun mal à trouver des volontaires pour partir vers Mars. C'est la difficulté qui donne la motivation. Il faut avoir confiance dans les facultés d'adaptation de l'être humain. Les expéditions autour du monde des siècles passés duraient aussi longtemps qu'une mission martienne avec tout autant de risques, aucune communication et personne pour venir porter secours aux explorateurs.

Hormis les risques de maladie grave pouvant se déclarer, et qu'il leur faudra accepter avant de partir, les astronautes seront exposés aux dangereux rayonnements ionisants de l'espace et souffriront des maux de l'apesanteur. Les premiers proviennent tout d'abord des orages solaires, événements imprévisibles qui,

une fois par an ou tous les deux ans, expulsent pendant quelques heures des flux intenses de particules, essentiellement des protons. Ils peuvent être mortels pour l'homme mais sont relativement faciles à arrêter : il suffira de prévoir un réduit équipé d'une paroi de 30 centimètres d'épaisseur faite de matériaux riches en hydrogène (par exemple, les réservoirs d'eau). A cela s'ajoute le rayonnement cosmique, permanent et bien plus difficile à filtrer. La meilleure solution est donc de réduire le voyage interplanétaire à six mois. Sur Mars, le rayonnement n'est pas aussi bien dévié par le champ magnétique que sur la Terre, mais il reste dans des doses acceptables, inférieures d'ailleurs à celles de l'ISS.

En ce qui concerne les effets de l'apesanteur (perte de masse osseuse et musculaire, modifications cardio-vasculaires, troubles de l'équilibre), la solution serait de donner un mouvement de rotation au vaisseau spatial pour créer une pesanteur artificielle. Il faut en effet que les astronautes soient en pleine possession de leurs moyens à l'arrivée sur Mars !

## On s'entraîne déjà sur Terre et dans l'espace

Dans la Station spatiale internationale, les astronautes s'entraînent à des missions longues (6 mois). Tandis qu'à la base Concordia, en Antarctique, les habitants sont coupés du monde pendant tout l'hiver. On y étudie les problèmes psychologiques découlant de cet isolement.

Mais la différence avec une mission martienne réside avant tout dans le fait de ne plus voir la Terre et d'avoir l'impression d'être perdu dans l'Univers.

Une fois sur place, d'autres problèmes surgiront. En particulier la si abondante poussière martienne, arrivant parfois en tempêtes, pourrait endommager le matériel ou poser des problèmes respiratoires à l'équipage. « Les astronautes d'Apollo avaient noté le mal qu'ils avaient à se débarrasser de la poussière lunaire, qui collait à leurs combinaisons », rappelle Richard Heidmann. Nul

## L'ESA prépare un équipage pour une mission martienne

Au printemps prochain, l'ESA participera en Russie à une mission de simulation de 500 jours ! Un équipage de 6 personnes, isolé dans une série de cuves en métal communiquant par d'étroits passages, revivra le lancement, un voyage de 250 jours, l'arrivée sur Mars, etc. L'une des cuves représentera même le véhicule de descente sur Mars.

L'équipage devra faire face à des urgences simulées, mais peut-être également à de réelles urgences ou maladies. La totalité de la nourriture nécessaire leur sera remise au départ et les délais de communication avec la « Terre » pourront aller jusqu'à 40 minutes.

L'objectif du IBMP (Russian Institute for Biomedical Problems) qui organise cette simulation est d'étudier les effets psychologiques d'un enfermement de longue durée, de définir quel type de personnalité devront avoir les astronautes sélectionnés pour un voyage martien, et également de savoir comment solutionner à distance des problèmes médicaux qui pourraient surgir.

ne sait d'autre part si elle est ou non toxique. La pesanteur martienne réduite (0,38 fois celle de la Terre) suffira-t-elle également à maintenir les organismes en bonne condition ? Quant aux conditions climatiques martiennes, peu supportables, et au fort rayonnement ultra-violet (600 fois plus que sur Terre), les astronautes n'en souffriront pas à l'abri dans leurs scaphandres.

Enfin peut se présenter un risque biologique. Il ne convient pas de polluer la planète rouge avec des microorganismes terrestres, et inversement lors du retour sur Terre. Travailler avec des instruments stérilisés ou garder l'équipage en quarantaine au retour font partie des choses envisageables.

## Les Martiens s'entraînent sur Terre

La Mars Society réalise depuis plusieurs années des expériences et des simulations en vue de futures missions sur Mars. Des bases « martiennes » sont installées, dans le désert de l'Utah et dans l'Arctique canadien, et des bénévoles du monde entier viennent y séjourner pour prendre part aux expériences. Géologues, scientifiques de la NASA... tous sont volontaires pour une future mission martienne.

**L**a Flashline Mars Arctic Research Station (FMARS) est la première base de la Mars Society. Elle a été construite en 2001 sur l'île de Devon, dans le Grand Nord canadien, à 1 500 kilomètres du Pôle Nord. Elle est établie au bord d'un cratère de météorite de 20 km de diamètre. Impossible d'y accéder en hiver étant données les conditions climatiques extrêmes du lieu. Mais l'été, le soleil y brille jour et nuit. Dans ce désert glacé, les conditions d'approvisionnement sont difficiles. Une génératrice



La base de la Mars Society dans le désert de l'Utah

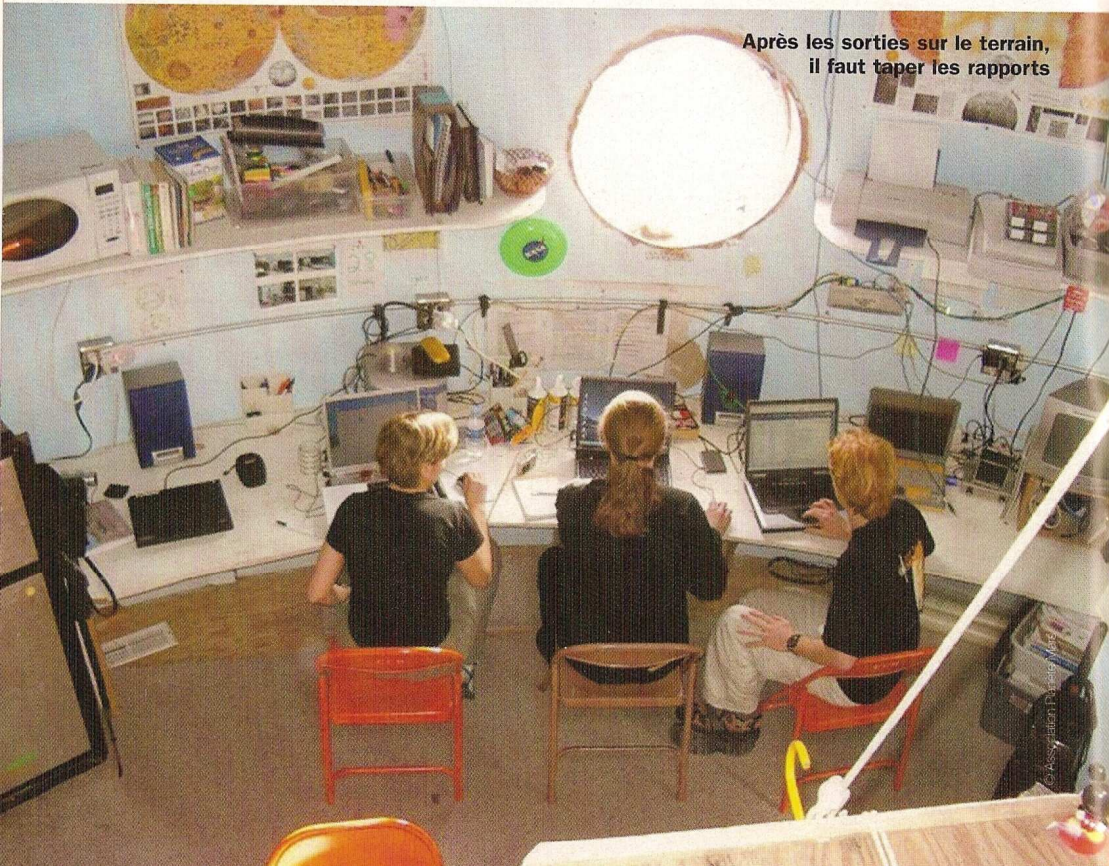
« Les missions des robots sont moins chères que les missions habitées, mais vous ne pouvez pas demander à un robot de faire le travail d'un homme. »

Robert Zubrin

à essence fournit l'électricité et l'eau, puisée dans une petite rivière, doit être sérieusement rationnée. Etant donné son isolement, seul des trajets en avion peuvent assurer le lien physique entre la petite ville de Resolute et la base. Une fois l'avion reparti, l'équipe ne peut alors plus compter que sur sa radio, son lien Internet par satellite et un téléphone satellitaire Iridium.

Comme dans tous les projets de futures bases martiennes, la station est circulaire (10 mètres de diamètre), sur deux étages, conçue pour accueillir six chercheurs. Activités scientifiques et douche en bas, détente et cuisine en haut. Pour dormir, des cellules individuelles sont prévues. Deux sas séparent du monde extérieur. Interdiction en effet de sortir de la base sans combinaison ! Les déplacements proches se font à pied et, pour s'éloigner, l'équipe a à sa disposition l'ATV (*All Terrain Vehicle*, petit véhicule individuel à quatre roues motrices). Les liaisons entre les scientifiques se font par radio et l'orientation s'effectue grâce au GPS. Une équipe de soutien technique reste en relation avec les membres de l'expédition, les com-

Après les sorties sur le terrain, il faut taper les rapports



munications se faisant par courriels. Elle respecte des délais de réponse de 40 minutes minimum pour simuler le délai entre Mars et la Terre.

La *Mars Desert Research Station* (MDRS) a, elle, été construite dans le désert de l'Utah. Elle fonctionne huit mois par an depuis 2002. Le désert de l'Utah ressemble particulièrement à la planète rouge, mêmes paysages, même absence apparente de vie. Son passé géologique (il était autrefois sous les eaux) offre des couches sédimentaires comme on devrait en trouver sur Mars. On y rencontre également des bactéries particulièrement résistantes, les extrémophiles, vivant à la surface des cristaux de sel et ne nécessitant qu'une quantité infime d'eau. Une forme de vie qui pourrait exister sur Mars... Par contre, la base ne connaît pas l'isolement de celle de l'Arctique ; ainsi, les expériences

réalisées sur les deux sites sont-elles complémentaires. Cependant, mêmes contraintes pour la fabrication d'électricité (une génératrice fonctionnant au gaz naturel) et mêmes restrictions d'eau (un réservoir est rempli au début de chaque expédition à partir de la ville voisine située à seulement quelques kilomètres). L'architecture de la station est semblable à celle de la FMARS et les moyens mis à disposition des équipes sont les mêmes.

L'objectif des séjours dans ces bases est de simuler au mieux les opérations d'astronautes sur Mars (vie dans un habitat représentatif, sorties en scaphandre, activités expérimentales sur le terrain, communications en différé avec la « Terre », etc). Les volontaires passent deux semaines dans la base. On comptabilise ainsi, en totalisant les séjours de chacun, plusieurs milliers de

Retour à la base sur un engin tout-terrain

jours de simulation. La Mars Society est la seule à réaliser ce type d'expérience, sans aucune aide financière de l'état. La NASA, l'ESA (Agence Spatiale Européenne) ou l'Agence spatiale russe effectuent quelques simulations, mais aucune ne réunit toutes les conditions des deux bases de l'Arctique et de l'Utah : base, isolement, recherches scientifiques et matérielles, contraintes de simulation, etc.

Le reporter canadien Joan Roch a séjourné dans l'une des bases. Sur son site <http://www.marssurterre.net>, il explique que, bien sûr, ces simulations ne peuvent pas répondre à toutes les questions sur la planète

## Des équipes soudées

L'étude du facteur psychologique étant prépondérante pour des missions de longue durée, la Mars Society utilise fréquemment des tests (questionnaires, exercices sur ordinateur...) employés par la NASA pour les missions à bord de la Station spatiale internationale. Or, mentionne le reporter canadien Joan Roch qui a participé à des simulations, on a pu constater, contrairement à ce que préconisait la NASA, que de nombreuses équipes atypiques ont très bien fonctionné : commandement par une femme, âges variés, différences culturelles, etc.

rouge. Des différences essentielles font que la simulation est incomplète : « *l'atmosphère de Mars est irrespirable, la gravité y est trois fois moindre, les rayonnements solaires intenses, la pression atmosphérique est mille fois plus faible et les températures extrême-*

*ment basses.* » De plus, l'expérience ne dure que deux semaines et non un an et demi, et les secours ne sont pas aussi éloignés, ce qui limite tout stress.

Malgré toutes ces limitations, l'utilité des simulations menées dans l'Arctique canadien ou le désert de l'Utah est évidente : l'expérience pratique est inestimable. Et de nombreux facteurs contraignants peuvent être reproduits efficacement, rendant la simulation bien plus éprouvante qu'on ne le penserait au premier abord.

Il serait faux de croire en effet que les séjours dans ces bases sont des parties de plaisir. Contraintes et difficultés de la vie quotidienne permettent d'étudier et de perfectionner les équipements et de déceler et corriger les imperfections dans l'organisation en général. Par exemple, l'habitat : sas, salle commune, bureaux, cellules individuelles, douche, etc, tout doit être contenu dans un cylindre de 10 mètres de diamètre. Y vivre sur un court séjour suffit pour en détecter les défauts. Ne sortir qu'en combinaison spatiale, même si celle-ci n'a pas besoin d'être pressurisée ni climatisée, reproduit « *la perte de visibilité, de mobilité et de sensibilité vis-à-vis de l'environnement* ». De plus, la combinaison isole des coéquipiers et les communications ne peuvent alors se faire que par radio. De ce fait, comme l'explique Joan Roch, la fatigue en fin de sortie est bien plus importante que si le travail était effectué en plein air. Enfin, tous les comportements humains sont observés et il s'avère que travailler plusieurs semaines avec des gens qui ne se connaissent pas auparavant peut donner lieu à des frictions. On a même dû expulser un participant devenu violent lors d'une simulation ! Par ailleurs, les expériences scientifiques réalisées dans l'Arctique et dans le désert de l'Utah sont tout à fait réalistes et utiles. Les

La mission française à la base de l'Utah en 2006



bases sont positionnées sur des sites présentant des ressemblances géologiques avec la planète rouge. Le matériel qui servira peut-être sur Mars peut réellement être testé ainsi que des technologies telles que les robots téléguidés. Dans tous les cas, une conclusion s'impose : la supériorité de l'homme sur le robot pour l'exploration est évidente (au niveau de la rapidité, des initiatives, etc). En cas de défaillance technique par exemple, le robot est impuissant tandis que l'humain peut réparer et même improviser.

L'an dernier, du 29 janvier au 11 février, la base MDRS de l'Utah a accueilli une mission 100% française. Elle était composée de Richard Heidmann, ingénieur spatial président de Planète Mars, Anne Pacros et Alain Souchier, ingénieurs spatiaux, Jérémie Geof-

fray, élève ingénieur, Pierre Brulhet et Olivier Walter, architectes, ainsi que d'une équipe de France 2 qui a partagé leur quotidien au cours de la première semaine. Le commandant de bord Alain Souchier et Anne Pacros n'en étaient pas à leur première mission. Quant aux architectes, ils étaient là pour corriger les défauts éventuels de l'aménagement intérieur de la base. Un certain nombre d'expérimentations ont été menées : tests psychologiques, essais du Véhicule de Reconnaissance de Paroi, documentation de terrain à l'aide de prises de vue à partir d'un mini-ballon à hélium, prélèvements géologiques, etc... Une expérience inoubliable pour ces scientifiques qui seraient prêts à prendre part sans hésitation aux premières missions réelles. (Voir ci-après notre interview d'Alain Souchier).

## Mars est la seule planète où l'homme peut s'établir



Convaincu de longue date de la nécessité de visiter en détail la Planète Rouge, Robert Zubrin nous en explique les multiples raisons :

« **M**ars est essentielle, parce que c'est la " Pierre de Rosette " qui nous permettra de connaître la véritable place de la Vie dans l'univers. Des photographies de la surface prises en orbite martienne montrent que l'eau y a coulé pendant un milliard d'années au début de son histoire, cinq fois plus longtemps que ce qu'il a fallu à la vie pour éclore sur Terre après l'apparition de l'eau liquide. Donc, si la théorie est correcte selon laquelle la vie est un phénomène naturel d'auto-organisation chimique spontanée de la matière partout où il y a, pendant un temps suffisant, de l'eau liquide, un climat tempéré et des minéraux en abondance, alors il y a eu de la vie sur Mars. Si nous allons sur Mars et que nous y trouvons des fossiles d'une vie passée, nous aurons de bonnes raisons de penser que nous ne sommes pas seuls dans l'univers. Si nous envoyons des explorateurs humains y installer des équipements de forage capables d'atteindre la nappe phréatique où pourraient encore subsister des formes de vie martiennes, nous pourrions l'examiner en détails. Nous saurons enfin si la vie telle que nous la connaissons sur Terre est un modèle universel, ou si nous ne sommes qu'un discret échantillon d'une vaste

biosphère cosmique infiniment riche et variée. C'est une information qui vaut la peine que l'on y consacre du temps et de l'argent. »

« Mais la raison majeure pour laquelle nous devons aller sur Mars, c'est parce que Mars est l'avenir de l'humanité. C'est le seul corps extraterrestre du système solaire intérieur à posséder toutes les ressources nécessaires, non seulement au maintien de la vie, mais aussi au développement d'une véritable civilisation technologique. Par contraste avec les déserts de notre lune, Mars possède de véritables océans d'eau gelée sous sa surface, sous forme de pergélisol, ainsi que de grandes quantités de carbone, d'azote, d'hydrogène et d'oxygène, sous des formes facilement accessibles à des esprits suffisamment ingénieux pour les exploiter. Ces quatre éléments représentent non seulement les constituants de base de l'eau et de nos aliments, mais aussi des plastiques, du bois, du papier, des vêtements et - par-dessus tout - du carburant de nos fusées. »

En outre, Mars a subi les mêmes types de processus volcaniques et hydrologiques que ceux qui ont engendré une multitude de minéraux sur Terre. On sait que pratiquement

tous les éléments qui présentent un certain intérêt industriel existent sur la Planète Rouge. S'il n'y a pas d'eau liquide en surface, en sous-sol c'est une autre histoire. Nous avons toutes les raisons de croire que des sources d'énergie géothermique pourraient bien préserver, de nos jours encore, de vastes poches d'eau chaude dans le sous-sol martien. De tels réservoirs hydrothermiques sont des refuges potentiels pour des microbes survivants d'une ancienne vie martienne. Ils constituent aussi des oasis susceptibles de fournir en abondance ravitaillement en eau et énergie géothermique à de futurs pionniers. Grâce à son cycle circadien de vingt quatre heures et à son atmosphère suffisamment dense pour protéger sa surface des éruptions solaires, Mars est la seule planète extraterrestre capable d'accueillir de vastes serres chauffées par la lumière solaire. Mars peut être colonisée. Pour notre génération et beaucoup de celles qui suivront, Mars est le Nouveau Monde. Quand nous établirons notre premier avant poste sur Mars, nous amorcerons la transformation de l'humanité en une espèce multi-planétaire. »

Un groupe de réflexion de l'association Planète Mars a également fait un bilan des attraits et des enjeux de l'exploration martienne.

Au niveau scientifique, de multiples découvertes sont attendues qui nous aideront à mieux comprendre notre planète. Des études seront faites sur la vie dans l'univers, le cycle de l'eau, le climat, l'effet de serre, l'atmosphère, etc. L'histoire géologique et climatique de Mars est en effet comparable à celle de la Terre. La planète rouge constituerait également un avant-poste idéal pour la surveillance des astéroïdes qui nous menacent de trop près.

Du point de vue technologique, de nombreuses retombées peuvent être espérées pour l'industrie, la médecine, etc. De nouveaux modes de propulsion spatiale plus performants seront inventés, ainsi que des systèmes complexes de production et de stockage d'électricité. Seront développées aussi les capacités d'autoréparation de ces systèmes. Des avancées seront indispensables en télé-médecine et dans le domaine de la protection physiologique en milieu radiatif. Enfin, la vie quotidienne sur la planète rouge nécessitera des aménagements dont l'économie de notre planète pourra bénéficier : gestion de l'eau avec un maximum d'économies, culture de plantes hors-sol ou sur sol pauvre fournissant des apports protéiniques, etc. S'il est encore trop tôt pour dire à quelle date partira la première mission habitée (2030, 2040, 2050 ?), il est certain que la mise au point d'un tel projet devra se faire dans le cadre d'une coopération internationale, comme la Mars Society en donne l'exemple, afin qu'aucune puissance ne plante son drapeau sur la planète rouge. D'autant que cette exploration aura une signification pour l'ensemble de l'humanité.

### Objectif Mars !

Sur l'écran géant de la Géode, à la Cité des Sciences et de l'Industrie (Paris - La Villette), le fabuleux documentaire « Objectif Mars ! » retrace l'épopée des missions MER, les deux rovers actuellement sur la planète rouge.

*Cité des Sciences et de l'Industrie*  
Tél : 01.39.17.10.00  
[www.lageode.fr](http://www.lageode.fr)  
et [www.cite-sciences.fr](http://www.cite-sciences.fr)

Des livres sur Mars

« Planète Mars, une attraction irrésistible »,  
**R. Heidmann - Editions ALVIK - 2005**

« 2003 : la catastrophe de Columbia scelle la fin d'une ère, celle des vols spatiaux sans autre enjeu que de tourner indéfiniment autour de la Terre. Les États-Unis réagissent en engageant un vaste programme d'exploration du système solaire. La destination qui donne à ce projet sa raison d'être, c'est Mars. Les enjeux sont considérables : progrès scientifique, mais également développement économique, implications géostratégiques, portée sociétale... ».

« On a marché sur Mars », **R. Zubrin - Presses de la Cité - 2006**

« Ce livre de science-fiction décrit l'aventure du premier débarquement sur la Planète rouge.

Écrit par le concepteur du projet de mission Mars Direct, dont la NASA s'est inspirée pour ses propres projets, il nous fait participer, de façon haletante mais parfaitement réaliste, à cette extraordinaire épopée ».

« La planète Mars : Histoire d'un autre monde », **F. Forget, F. Costard, P. Lognonné - Belin - Nouvelle édition 2006**

« Comme la Terre, Mars est un monde. Un monde complexe, immense, et marqué par une longue histoire. Pour le prouver, ce livre plonge au cœur de la recherche actuelle en « planétologie », habitée de grands doutes et de quelques certitudes. »

« Planète rouge – Dernières nouvelles de Mars », **F. Rocard - Dunod - 2<sup>ème</sup> édition 2006**

« Un ouvrage qui retrace l'histoire d'une exploration et propose quelques esquisses d'un avenir plus lointain, où l'on verra peut-être l'homme faire un deuxième "grand pas pour l'Humanité" en foulant le sol de la planète rouge. »

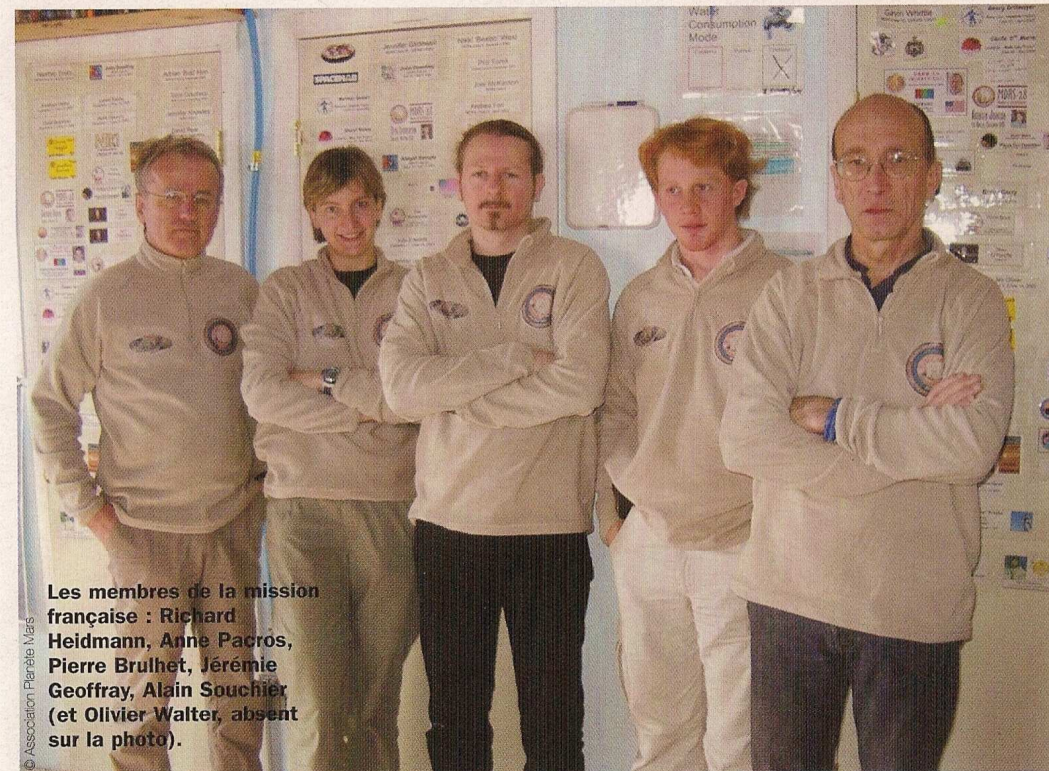
# Alain Souchier : La mission martienne comme si vous y étiez

**A**u cours de ses 36 ans de carrière à la SEP (Société Européenne de Propulsion) et à la Snecma, société du groupe Safran, Alain Souchier fut responsable en particulier de la propulsion de la fusée Ariane. Il est aujourd'hui en charge du Programme Préparation du Futur avec pour mission la préparation de l'avenir de la propulsion des lanceurs européens sur les 20 prochaines années. En 1999, il a été l'un des fondateurs de l'association française "Planète Mars" dont il est aujourd'hui vice-président.

Dans le cadre de la mission française de simulation martienne dans la base MDRS du désert de l'Utah, Alain Souchier assurait les fonctions de commandant de bord.

**Ce n'était pas la première fois que vous preniez part à une mission de la Mars Society...**

Non. En novembre 2002, j'avais déjà participé à une simulation semblable dans la même base sous le commandement de l'écrivain scientifique et planétologue Charles



Les membres de la mission française : Richard Heidmann, Anne Pacros, Pierre Brulhet, Jérémie Geoffroy, Alain Souchier (et Olivier Walter, absent sur la photo).



Le Véhicule de Reconnaissance de Paroi est testé sur une falaise abrupte

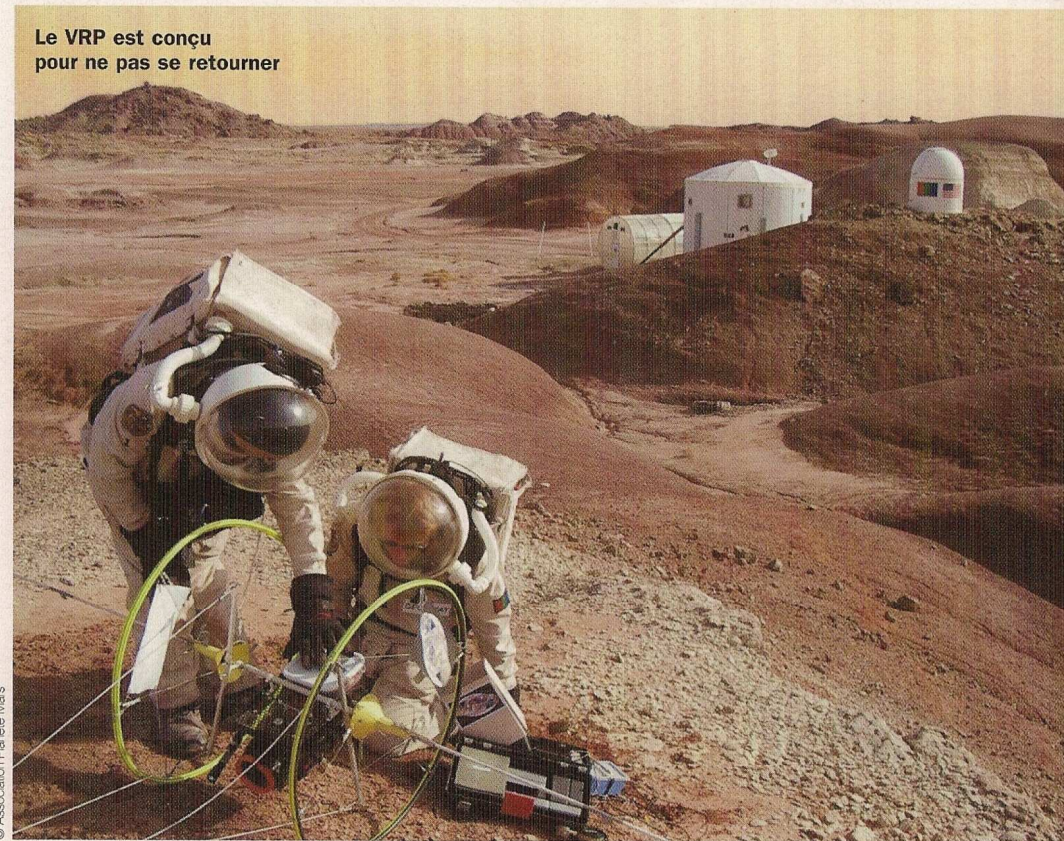
© Association Planète Mars

Frankel. Comme en 2006, l'opération avait duré deux semaines.

**Quels matériels avez-vous testés lors de cette mission ?**

De mon côté, j'avais à nouveau emporté mon Véhicule de Reconnaissance de Paroi (le « VRP »). C'est un démonstrateur simple qui préfigure un système que les astronautes pourraient utiliser sur Mars pour reconnaître, avec une caméra de télévision ou d'autres équipements, des pentes abruptes, trop dangereuses pour qu'un astronaute en scaphandre ne s'y aventure, mais qui constituent des coupes naturelles au travers des strates géologiques qui peuvent racon-

ter des millions d'années de l'histoire de la planète. Dans nos essais, nous vérifions les configurations qui sont capables de faire du « tout terrain » sur ces pentes abruptes, voire des verticales, sans se retourner ou se coincer. Nous regardons également quelles informations vidéo recevoir en haut de la pente pour « piloter » au mieux le véhicule. Et toute la mise en œuvre se fait en scaphandres simulés avec de gros gants qu'il n'est bien sûr pas question d'enlever pour faire des opérations délicates. Cela m'a conduit ainsi à expérimenter des tiges, avec différentes longueurs et différents positionnements sur les gants, comme « aides à la dextérité ». Très vite on ne peut s'en passer, ne serait-ce que pour manipuler un appareil photo !



Le VRP est conçu pour ne pas se retourner

© Association Planète Mars



Le ballon équipé d'une caméra donne un relevé du trajet suivi



© Association Planète Mars

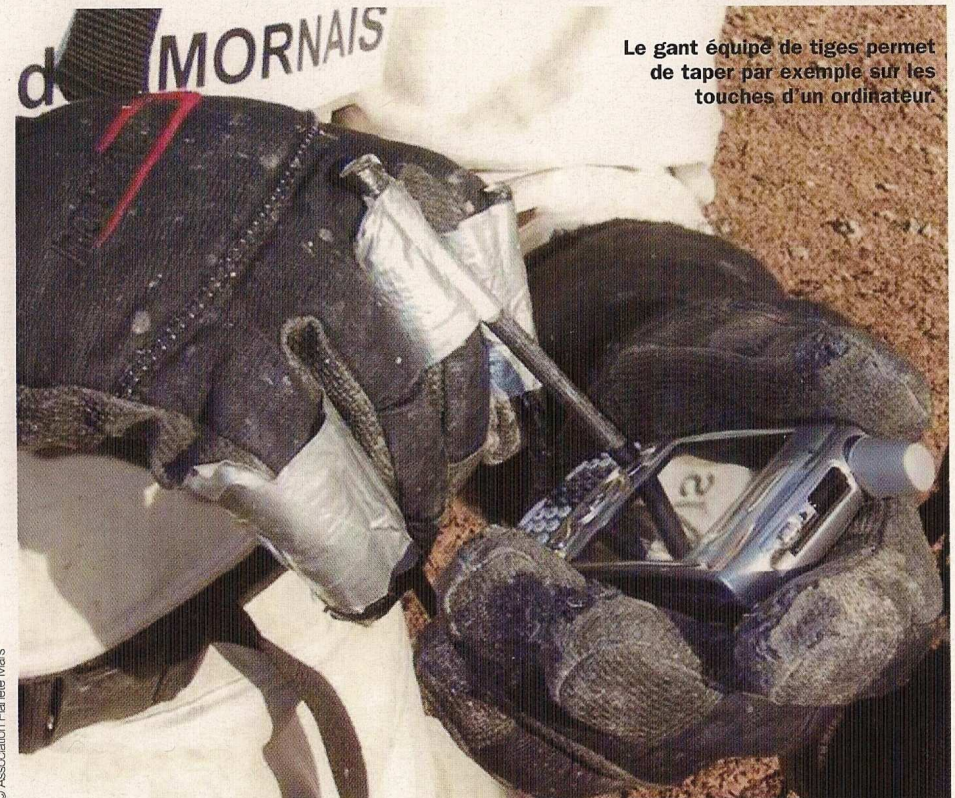
**A quoi servait le ballon qui accompagnait vos déplacements ?**

Nos collègues architectes qui faisaient partie de l'équipage avec pour objectif l'étude de l'ergonomie et de l'habitabilité de la base, étaient venus avec un ballon porteur d'une caméra. Les astronautes, en sortie simulée, tractaient, à 20 m d'altitude, ce ballon qui effectuait un relevé du trajet suivi, donnant par exemple le positionnement d'échantillons ramassés au sol. Une perche de 4 m équipée aussi d'une caméra fut utilisée pour « voir » des zones inaccessibles, face supérieure de gros rochers ou petite grotte dans une falaise. Sur Mars, notre ballon aurait dû être 77 fois plus volumineux en raison de la pression très basse (150 fois plus faible que sur Terre).

Avec la miniaturisation de la caméra, nous pourrions sûrement opérer sur Mars avec un ballon 8 fois plus gros seulement. Une opération impossible sur la Lune, qui n'a pas d'atmosphère !

**Aussi bien en extérieur qu'au sein du Hab, diverses expériences ont été menées...**

L'étude de nos différents types d'activités pour comparaison aux prévisions NASA, l'évaluation des surfaces de terrain explorées pour tenter d'extrapoler à ce que pourront faire des astronautes en 500 jours de séjour sur Mars, ainsi que l'étude psychologique du groupe. A l'évaluation des surfaces explorées (déjà réalisée lors de mon premier séjour de 2002),



Le gant équipé de tiges permet de taper par exemple sur les touches d'un ordinateur.

© Association Planète Mars

La perche munie d'une caméra permet de voir des zones inaccessibles



J'ai ajouté cette fois un premier exercice d'appréciation des capacités d'observation, naturellement un peu limitées par le port du scaphandre, en faisant chercher à mes équipiers des objets anormaux disposés sur leur terrain. Je leur ai demandé aussi de détecter des fossiles plus ou moins évidents (bois fossilisé, os de dinosaures, racines fossilisées) dont je connaissais les emplacements, mais que, bien sûr, eux n'avaient jamais vus!

### **Une sortie sur Mars ne se révèle pas si facile a priori...**

Effectuer toute une sortie en scaphandre, exécuter toutes les opérations avec le handicap des gants et de la visibilité limitée, faire face à tous les petits imprévus d'une sortie de deux ou trois heures sur le terrain, est à chaque fois une expérience. Dans l'opération de la caméra sur perche, mes collègues architectes devaient par exemple opérer sur un ordinateur portable ! A noter qu'avec nos scaphandres de simulation assez légers, une quinzaine de kilogrammes, nous avions un poids voisin de celui que nous aurions eu sur Mars avec un scaphandre réel et la pesanteur qui ne vaut que 0,38 fois la pesanteur terrestre.

### **Dans l'habitat MDRS, vous n'avez pas de liaison téléphonique avec la « Terre »...**

Effectivement. L'équipe de support de mission de la Mars Society, à qui nous pouvons demander conseil en cas d'anomalies, n'est pas joignable par téléphone. Emis depuis Mars, un signal met de 3 à 20 minutes pour atteindre la Terre (selon la position relative des deux planètes). Impossible donc de tenir une conversation en direct. Au MDRS, nous ne lisons un mail que plus de 5 minu-

tes après son arrivée, pour respecter un cas moyen. Et, de même, le destinataire du message doit attendre 5 minutes avant de le lire. Le « dialogue » devient particulier; il est préférable d'avoir une autre activité en même temps; et je me suis aperçu avoir engagé en fait deux « conversations » entrelacées sur deux sujets différents avec le même interlocuteur, ce qui augmente le rythme des échanges. Quand des astronautes exploreront la banlieue de Saturne, auront-ils ainsi cinq ou six conversations simultanées ? L'analyse des délais entre échanges de messages avec la base MDRS a d'ailleurs montré que nous aurions pu être localisés aux environs de Jupiter et avoir échangé de la même manière. Certes, nous n'avons pas eu de situation d'urgence !

### **Avez-vous des anecdotes à nous livrer ?**

J'ai plus de souvenirs d'ambiances que d'anecdotes. Quand on est dans le Hab [le module d'habitation] et que l'on regarde par les hublots les collègues qui rentrent de sortie, en scaphandre sur leurs véhicules, soulevant la poussière de la piste, on a l'impression d'être loin, très loin de la Terre ! Et l'impression s'est fréquemment renouvelée, comme au coucher de soleil quand, au delà de l'ombre du Hab qui s'allonge, le paysage prend des teintes vraiment martiennes. On se sent déjà loin et pourtant on sait pertinemment qu'on est encore sur Terre. Alors que ressentiront vraiment les astronautes en situation réelle ! A notre échelle modeste de simulation, nous percevions le Hab comme une oasis centrale, un refuge, le « Hab, sweet Hab » comme nous disions. Et la civilisation n'était qu'à 10 km; alors imaginez-vous à 200 millions de km des humains les plus proches !



Dans le sas, prêts pour une sortie !

**Qu'est-ce qui vous a paru le plus difficile à supporter ?**

Finalement, le plus difficile fut la préparation de la mission, avec un mois et demi d'activité intense, et, pour le commandant de bord, l'échange de 514 mails avec l'équipe ou l'équipe de support de mission. Pen-

dant la mission elle même, il faut surtout éviter l'accumulation de fatigue et s'octroyer des temps de sommeil raisonnables. Le plus risqué fut peut être le trajet routier de Salt Lake City à la base, 460 km dans la neige, avec un passage de col à 2300 mètres, dans un véhicule un peu usagé (c'est un euphémisme). Comme pour une vraie mission, le

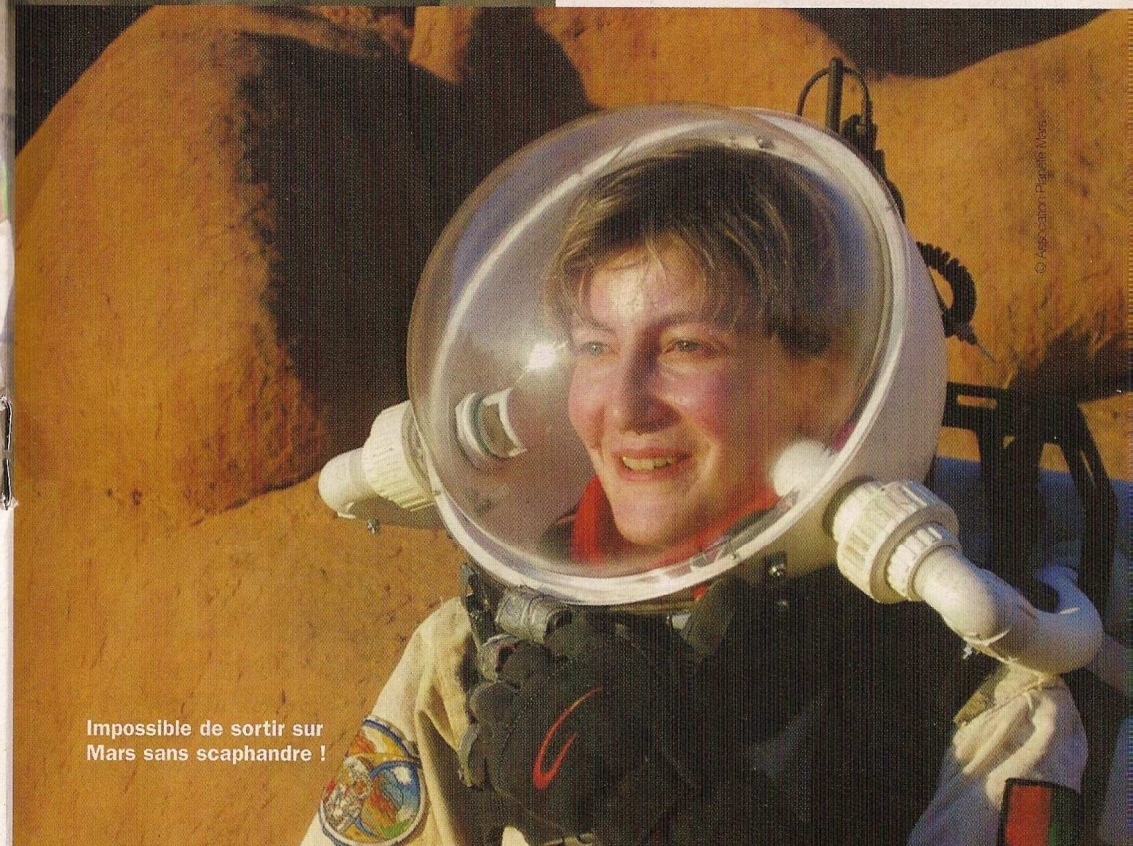


© Association Planète Mars

plus dangereux était le voyage. Mais, de France au MDRS, il n'y a que deux jours (et 8 254 km au GPS), contre 6 mois (et 250 millions de km) pour atteindre Mars ! Nos séjours de simulation étant limités à deux semaines, nous n'avons pas atteint la durée critique à partir de laquelle les relations peuvent se détériorer entre les membres d'équipage.

**La Mars Society développe des technologies en vue d'une mission habitée martienne. Quelles sont celles actuellement à l'étude ?**

Aux USA, la Mars Society poursuit surtout son lobbying pour que le programme américain s'engage le plus rapidement possible vers l'exploration humaine de Mars.



© Association Planète Mars

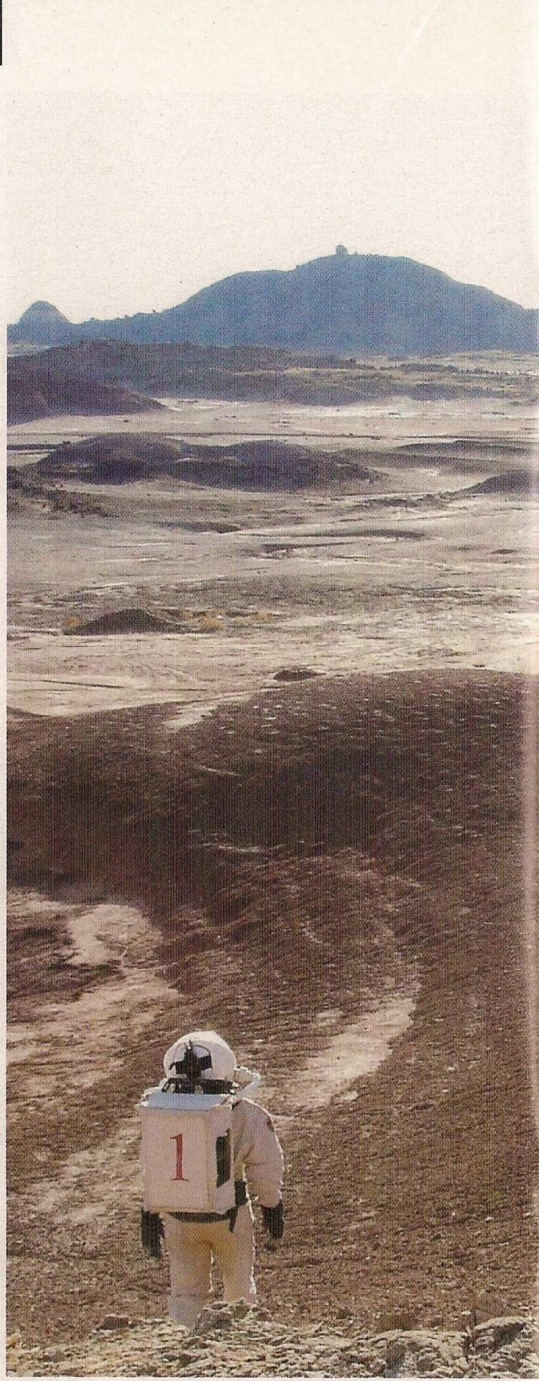
Impossible de sortir sur Mars sans scaphandre !

Sur le plan technique et opérationnel, elle vise à valoriser l'utilisation de ses habitats de simulation. En particulier à partir de mai, elle va conduire une simulation de 4 mois dans son habitat arctique du Nord canadien, qui permettra de mieux représenter les conditions d'un séjour martien. Ce ne sera encore que le quart de la durée d'un véritable séjour martien mais les facteurs psychologiques vont devenir plus importants que dans nos séjours de 2 semaines. Sur le plan scientifique, l'équipe étudiera en particulier comment la remontée en température joue sur l'activité biologique dans le sol. Vous pourrez suivre le déroulement de cette mission sur le site de la Mars Society.

Dans l'habitat de l'Utah, les équipes se succèdent et comportent des chercheurs d'université qui viennent avec leurs expériences souvent sponsorisées par la NASA. Parmi les expériences, certaines portent sur l'interaction entre homme et « machine », par exemple comment un ordinateur en liaison avec différents capteurs (GPS, appareil photo, etc) permet d'aider l'astronaute dans sa tâche d'exploration en lui disant où il est, en notant le lieu des prises de vue, le temps de sortie écoulé, la distance au Hab, etc. Chaque équipage vient avec 5 ou 6 expériences et nous en sommes au soixantième équipage !

En France, l'association Planète Mars, l'école d'ingénieurs IPSA et le Strate College Designers ont entamé l'étude d'un véhicule pressurisé qui devrait déboucher sur un véhicule de simulation à tester sur notre planète.

**En janvier, la NASA annonçait son intention de lancer le programme d'exploration humaine vers Mars. Doit-on s'attendre à des modifications des scénarios précédemment élaborés ?**



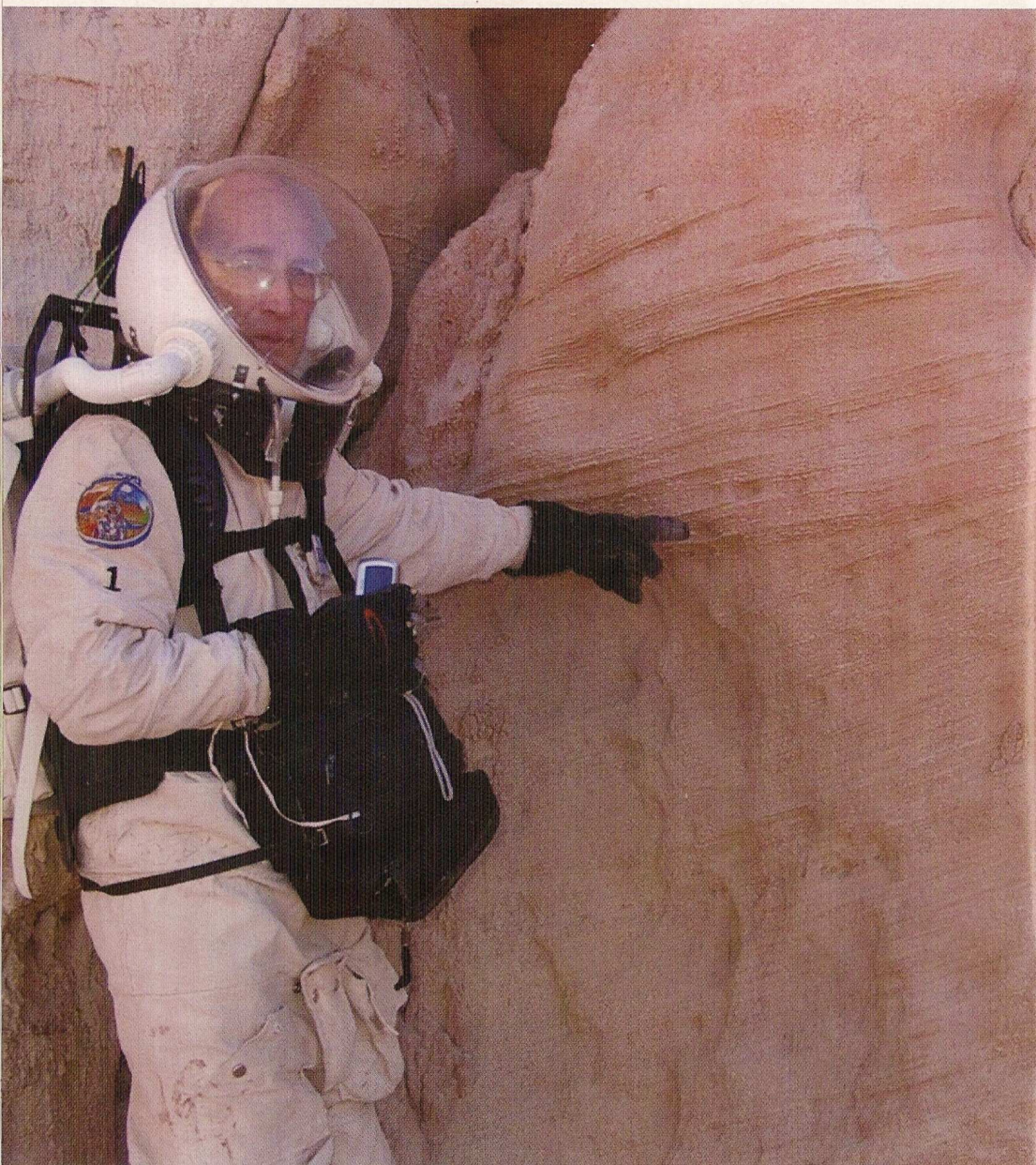
En 2007, la NASA va étudier la mission martienne alors que jusqu'à présent elle avait surtout étudié la mission lunaire. Il n'y a plus eu d'études de mission martiennes



« Hab, sweet Hab »

depuis les années 90. A l'époque, la NASA avait repris certains éléments du scénario de Robert Zubrin, avec en particulier l'idée de produire des ergols sur Mars pour le voyage

de retour (ou une partie du voyage de retour). Plusieurs scénarios avaient été construits désignés « Missions de référence ». On attend avec impatience de voir



Alain Souchier effectue des études géologiques comme il en sera fait sur Mars

© Association Planète Mars

comment la NASA envisage les missions martiennes dans la continuité des missions lunaires et quels seront les objectifs « préparation de la mission martienne » qui se-

ront donnés aux voyages lunaires. Il est très important que le matériel lunaire soit développé avec cette compatibilité martienne. On sait déjà toutefois que le gros lanceur

**Un scénario qui obligerait à passer par la Lune serait, selon vous, une erreur. Pouvez-vous nous en expliquer les raisons ?**

Aller sur Mars en partant de la Lune ne sera intéressant que lorsqu'une industrie lunaire sera capable de produire lanceurs, vaisseaux et ergols sur place : ce qui n'est pas pour demain ! Dans les décennies à venir il y a un autre risque : celui que les USA et les terriens en général ne s'engagent dans des opérations trop onéreuses sur la Lune (comme une base permanente habitée par exemple), ce qui assècherait les disponibilités budgétaires pour passer à l'étape martienne. Or, les scientifiques s'accordent pour dire que l'exploration de Mars est plus intéressante que celle de la Lune avec une histoire planétaire plus riche (géologie, climatologie, cycle de l'eau...) et surtout l'éventualité d'une apparition de la vie dans le passé, voire même son maintien aujourd'hui en sous sol.

**Dans quels délais entrevoyez-vous l'arrivée de l'homme sur la planète rouge ?**

Dans une vingtaine d'années; mais nous pourrions y être plus tôt si une motivation aussi forte que celle qui a conduit l'homme sur la Lune pouvait être réinsufflée.

**Vous qui aviez franchi la première étape de sélection comme astronaute pour la mission Spacelab 1, il est sans doute superflu de vous demander si vous auriez rêvé de faire partie de la première mission humaine en partance pour Mars...**

Bien sûr, faire partie du voyage martien, et même si ce n'est pas le premier, est un rêve. Mais je me contenterais même d'un simple séjour en orbite terrestre !

*Propos recueillis par Sacha Lorens*

Ares 5 (140 tonnes en orbite terrestre) est compatible avec le voyage vers Mars. Mais là où un seul lancement Ares 5 suffira pour la Lune, il en faudra 3 pour Mars.