



PLANÈTE MARS



Numéro 35 *Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris* www.planete-mars.com

avril 08

ISSN 1772-0370

NUCLÉAIRE ET EXPLORATION

Le terme énergie nucléaire en lui-même ne facilite pas une approche objective de ses perspectives d'application à l'exploration. D'autant plus que celles-ci - l'alimentation électrique des bases planétaires et la propulsion des vaisseaux - ne sont pas toujours clairement distinguées, alors même qu'elles sont fort différentes.

Le dossier est de surcroît obscurci par le développement, y compris de la part de voix autorisées, d'arguments passionnés, voire non sincères. C'est évidemment dommageable pour l'avenir de l'exploration, car fausser le débat, c'est risquer de fourvoyer et de décrédibiliser les programmes futurs. Deux exemples récents de positions litigieuses sont emblématiques de ce point de vue.

Lorsque la NASA, tout en renonçant dans l'immédiat au développement d'un générateur nucléaire, affirme qu'elle entend retourner sur la Lune pour en reprendre l'exploration de façon extensive, elle tient un discours incohérent, d'ailleurs critiqué par la communauté scientifique : avec des nuits de 14 jours, pas d'exploration possible sans recours à l'énergie nucléaire (voir l'article p. 6).

Plus significativement, affirmer que le voyage vers Mars est impossible sans propulsion nucléaire ressort de la falsification. Il est vrai que cette technologie, largement développée dans les années soixante par les Américains et les Soviétiques, permet, à masse de vaisseau égale, d'accroître la charge utile (ou de réduire la durée des trajets). Mais le même résultat peut être obtenu en augmentant la masse de propergol de moteurs traditionnels et le nombre de lancements à consentir pour l'assemblage en orbite des « wagons » du train martien (de 6 à 8, typiquement).

Où réside l'impossibilité ? En réalité l'option est débattue depuis plus de quarante ans. Le choix dépend de nombreux critères, allant bien au-delà du seul aspect performances et incluant le coût de développement, le coût récurrent, mais aussi l'acceptabilité politique.

Richard Heidmann

Président de « Planète Mars »

« Planète Mars » organise sur ce sujet un débat, ouvert au public, le 7 juin, à l'IPSA (voir « la vie de l'association »).

Dans ce numéro :

- Rovers pressurisés : 50 ans de projets p.1
- Symposium de Houston : Mars à l'honneur p.3
- La vie de l'association p.5
- Quelle énergie sur Mars (et la Lune) ? p.6
- Sous le pont de Tartarus Colles p.8

prochain numéro : juillet 2008...

ROVERS PRESSURISÉS : 50 ANS DE PROJETS

L'efficacité exploratrice des astronautes martiens sera décuplée par l'utilisation d'un rover pressurisé autorisant des voyages de plusieurs jours et l'exécution de sorties en des endroits séparés de plusieurs dizaines de kilomètres. Des périple de centaines de kilomètres seront possibles. Il ne faut pas oublier que la surface de Mars est égale à celle de tous les continents terrestres.

Rovers des années soixante

L'étude de rovers, en français « astromobiles », a commencé dans les années soixante, avec pour objectif l'exploration lunaire. Le seul rover habité jamais utilisé n'était pas pressurisé ; il s'agissait du lunar rover piloté par les astronautes Apollo des missions Apollo 15, 16 et 17.

Mais en même temps la NASA étudiait différents rovers pressurisés capables d'héberger des astronautes, bases mobiles à partir desquelles des sorties pourraient être exécutées au cours de périple d'exploration de plusieurs centaines de kilomètres. La NASA s'appuie alors sur de nombreuses sociétés pour conduire ces travaux : Bell, Bendix, Boeing, Lockheed Martin et Grumann. Parmi les dizaines de configurations étudiées, on peut tracer le portrait robot de deux rovers principaux : le MOLAB et le MOBEX.



Le démonstrateur de MOLAB devant Hopi Butte en 1967. Le caisson qui comporte les roues arrière est lié au reste de la structure par un axe horizontal ; il peut donc pivoter en roulis, ce qui assure un contact permanent avec le sol malgré les inégalités du terrain. Les roues pouvant remonter très haut, l'habitacle comporte deux dégagements importants sur les côtés à l'arrière. (doc. USGS)

Le MOLAB est le plus petit ; il emporte 2 à 3 personnes pendant 14 jours. Le MOBEX est plus ambitieux avec la capacité de recevoir 3 à 4 astronautes pendant 90 jours. La propulsion du MOLAB devait être assurée par des moteurs électriques alimentés par des piles à combustible à hydrogène et oxygène stockés sous forme liquide. Le MOBEX pouvait être propulsé



SYMPOSIUM DE HOUSTON : MARS À L'HONNEUR

Le 39^e congrès annuel des sciences lunaires et planétaires (LPSC), qui s'est tenu du 10 au 14 mars à Houston, a permis de constater la bonne santé de la recherche martienne qui s'est taillée la part du lion, avec dix sessions consacrées à la planète rouge, la concurrence de la Lune se faisant toutefois plus pressante avec sept sessions cette année. Les thèmes martiens ont brassé large : paysages polaires, glace et glaciers, calottes polaires, Spirit et Opportunity, volcanisme et tectonique, impacts et géodynamique, ravines et processus éoliens, géomorphologie fluviale, argiles et sulfates, et stratigraphie minérale depuis orbite.

S'il ne fallait retenir qu'un thème parmi cette pléthore de sujets, ce serait la compréhension des changements qui sont intervenus sur Mars, il y a environ 3,7 milliards d'années, et qui ont fait basculer la planète rouge d'une ère apparemment riche en eau et vraisemblablement tempérée, à une ère plus sèche et plus froide—une transition qui correspond *grosso modo* au passage stratigraphique entre les terrains du Noachien et de l'Hespérien.

Le Noachien est caractérisé par de vieux terrains érodés où l'on rencontre de nombreux réseaux hydrographiques témoignant de précipitations abondantes. Le passage des anciennes images Viking de faible résolution aux images à haute résolution (métrique) de Mars Global Surveyor avait déjà révélé que ces réseaux possédaient beaucoup plus d'affluents qu'initialement soupçonnés : les spécialistes parlent d'un taux d'intégration de 5 ou 6 pour les réseaux les plus matures (degré d'embranchements multiples des affluents). Le passage à une résolution désormais décimétrique (images HiRise de Mars Reconnaissance Orbiter) montre que ces anciens lits de rivière sont envahis de poussière et d'éboulis, mais elle permet aussi de constater que certains lits ont servi plusieurs fois (lits emboîtés et terrasses) : il a donc plu de façon cyclique sur l'ancienne Mars, un cycle sans doute lié aux émanations épisodiques de vapeur d'eau que la construction du massif volcanique de Tharsis a engendrée à cette époque.

Quant aux argiles de cette même époque Noachienne, repérées à l'origine par le spectromètre Omega de Mars Express sous la direction de Jean-Pierre Bibring, leur étude est désormais possible à haute résolution avec le spectromètre CRISM de Mars Reconnaissance Orbiter. Déjà, sur la base des données Omega, la nouvelle génération de planétologues très présents à Houston, parmi lesquels Nicolas Mangold et Damien Loizeau, voit un semblant d'ordre dans la succession des argiles—ferromagnésiennes en bas de pile, alumineuses au sommet. C'est un ordre similaire que reconnaît l'équipe du spectromètre CRISM, notamment dans le versant ouest de Mawrth Vallis, où la résolution plus fine montre des affleurements larges de moins de 100 mètres et des sédiments plus précisément identifiés : nontronite (argile ferromagnésienne) à la base, surmontée de montmorillonite et de kaolinite (argiles alumineuses), et même un soupçon d'opale (silice hydratée).

Le plus dur est maintenant de savoir si cette distribution minérale représente une succession de dépôts à la surface de l'ancienne Mars dans des plans d'eau, ou bien une *altération*

◀ la caméra HiRise de MRO montre la stratigraphie des anciens terrains argileux (couches claires) dans le versant d'un cratère d'impact, non loin de Mawrth Vallis. (doc. NASA/JPL/U. of Arizona)

souterraine de couches déjà formées, traversées par des fluides hydrothermaux, qui pourrait être postérieure à la formation desdites couches et remettrait en cause la chronologie supposée. Selon cette hypothèse, ce contraste d'argiles et de sulfates (comme ceux de Terra Meridiani) ne serait pas nécessairement un changement *temporel* de conditions climatiques à la surface de Mars, mais pourrait représenter des *lieux* différents de formation (superficiels par opposition à souterrain). Le débat est ouvert et Jean-Pierre Bibring organise à Paris un séminaire sur les argiles, les 22 et 23 octobre prochains, qui devrait faire avancer la question.

On le voit : plus on avance dans le détail, avec la meilleure résolution des nouveaux instruments, et plus Mars se révèle complexe et difficile à déchiffrer. C'est le contraire qui eut été surprenant. Et l'une des solutions pour aller de l'avant est de multiplier les études au sol—« la réalité de terrain »—, à l'instar de ce que font les rovers Spirit et Opportunity.

On attend beaucoup du prochain rover Mars Science Laboratory (MSL) qui doit s'envoler pour Mars en 2009, mais dont les dépassements budgétaires et les retards d'intégration font craindre un report à 2010 ou 2011 (dans ces deux cas, l'arrivée serait en 2012). Décision sera prise cet été. Six sites d'atterrissage sont en lice, qui se réduiront à trois, voire à un seul site, lors de la prochaine réunion de sélection au mois de septembre. On notera que si l'une des options est de retourner à Terra Meridiani pour poursuivre vers le Nord le travail d'Opportunity sur les sulfates, les cinq autres sites visent tous les argiles du Noachien, avec en vedette Mawrth Vallis, le delta du cratère Eberswalde, le cratère Holden, le cratère Miyamoto, ou encore Nili Fossae.

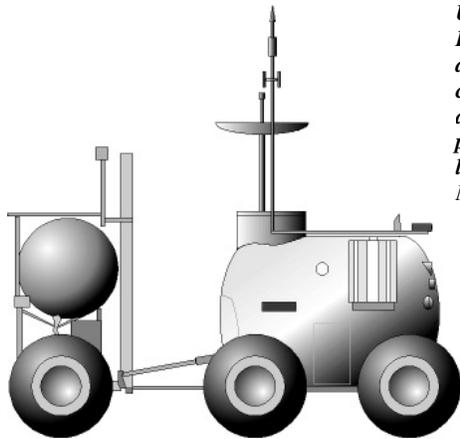
Il est important d'analyser ces argiles sur place pour avoir le cœur net sur leur origine : lacustre et témoin du jeu de nappes d'eau sous une atmosphère humide, ou souterraine et résultat de l'altération hydrothermale de cendres volcaniques ? On n'est pas loin non plus du moment—encore dix ans ?—, quand la technologie des chromatographes et spectromètres de masse embarqués sur les sondes permettra la datation absolue d'échantillons (radiochronologie), ce qui est tout aussi important pour y voir plus clair dans l'histoire martienne.

Mais il y a un bémol. De nombreux chercheurs ont évoqué à Houston leur crainte que la multiplicité des objectifs poursuivis par la NASA—outre Mars, la Lune et les planètes géantes—, dilue la formidable enquête géologique et climatique en cours sur la planète rouge. Déjà, MSL est simplifié et risque d'être retardé comme on l'a vu (faute, il est vrai, à l'ambition trop optimiste des chefs de projet et à leur mauvaise maîtrise du budget), mais par la suite, c'est la mission Scout de 2013 (étude aéroportée dans l'atmosphère martienne) qui risque de pâtir du « grand écart » de la NASA de courir plusieurs lièvres à la fois, et surtout celle de 2016 au budget plafonné à 880 millions de dollars, ce qui exclut d'office tout rover sophistiqué de type AFL (Astrobiology Field Laboratory). Heureusement, l'ESA prépare l'ambitieux rover Exomars pour 2013, ce qui comblera le « creux » relatif de l'effort martien américain durant cette période.

Au-delà, le fait qu'une grande mission de retour d'échantillons martiens reprenne ensuite la vedette en 2018-2020 est loin de satisfaire les chercheurs, car son budget démesuré (5 milliards de dollars) ne procurera que 500 grammes de roche et de sol—bien que d'un point de vue technologique et même psychologique, une telle mission sera une répétition de la complexité des vols pilotés.

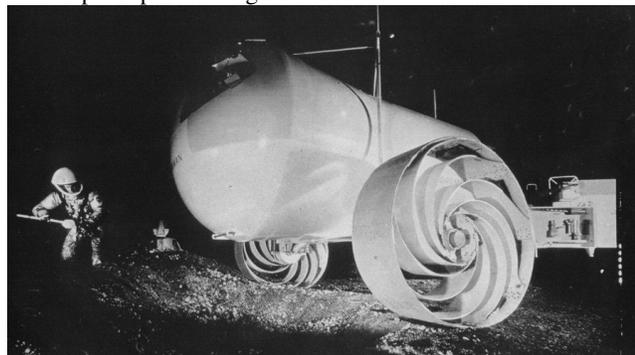
Charles Frankel

(suite de la page 1)



Un dessin de MOLAB datant des années 60. Ce véhicule devait être déposé sur la Lune par un module lunaire cargo. (doc. Mark Wade)

de la même manière, mais une version à source de puissance radioisotopique avait aussi été étudiée. Sa masse pouvait être inférieure à celle des piles à combustible et de leur stockage d'hydrogène et oxygène pour des durées de mission supérieures à un ou deux mois. Mais le bilan complet restait à faire compte tenu du fait que les piles à combustible fournissaient aussi l'eau potable. Ce rover aurait pu être déposé sur la Lune par un module lunaire inhabité « camion », étudié également à l'époque, dans lequel l'étage de remontée avec sa cabine aurait été remplacé par la charge utile.



Astronaute et maquette de MOLAB lors d'une simulation. Remarquer les rayons des roues en spirale faisant office de suspension, solution adoptée pour les rovers Spirit et Opportunity. (doc. NASA)

Un prototype terrestre de rover pressurisé a été réalisé dans les années soixante par General Motors. Il était propulsé par un moteur Chevrolet Corvaire très classique. Seules les solutions utilisées pour articuler le train arrière et le train avant supportant la cabine semblent préfigurer le véhicule opérationnel. Le volume et la forme de la cabine étaient également réalistes. Mais les systèmes d'un rover réel tels que contrôle d'environnement, sas, télécommunications n'équipaient pas ce démonstrateur.

Le véhicule, après des essais sur un terrain lunaire reconstitué dans les locaux de GM, a ensuite été utilisé par l'US Geological Survey pour des missions sur le terrain, avant de finir ses jours au Space and Rocket Center situé à proximité du célèbre Marshall Space Flight Center de Huntsville, où les équipes

dirigées par Werner Von Braun concurent les fusées Saturn.



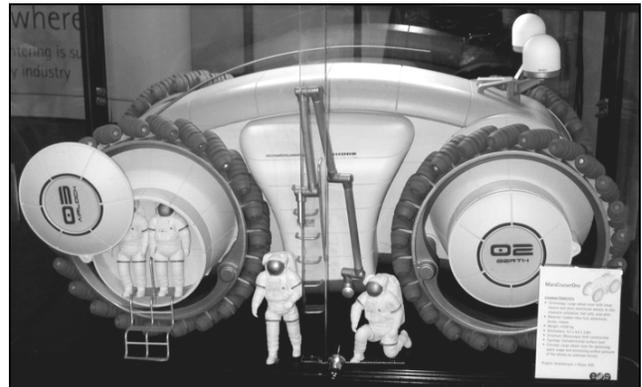
Le rover maintenant à Huntsville. La configuration à pneus n'est valable que pour un démonstrateur terrestre. Un matériau à base de caoutchouc n'accepterait pas les températures extrêmes. (doc. A. Souchier)



Dans les années 60 General Motors avait également réalisé un prototype à 6 roues. Comme il ne comportait pas le reste du rover, son poids terrestre était égal au poids lunaire d'un rover complet. (D.R.)

Un nouvel intérêt pour les rovers pressurisés

Avec la relance de l'exploration humaine de l'espace avec la Lune et Mars pour objectif, les études de rovers pressurisés reprennent. Deux études récentes sont présentées sur les images suivantes : Le MarsCruiserOne d'Astrium et le nouveau rover lunaire de la NASA.

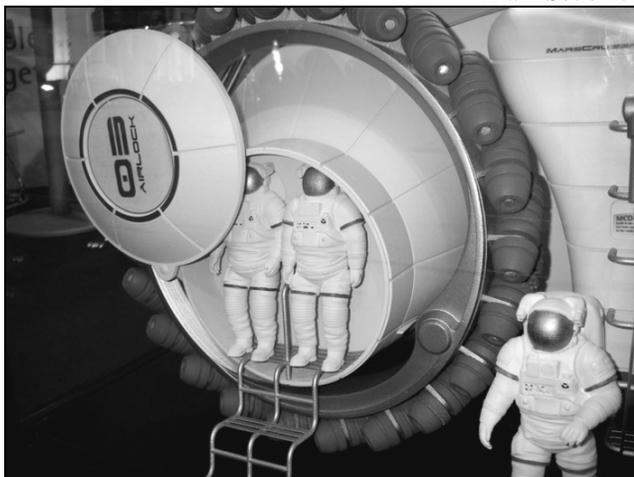


Le MarsCruiserOne d'Astrium EADS Brême. D'une masse de 4 550 kg, il mesure 4,5 X 9,5 X 3,8 m. Les scaphandres sont à entrée dorsale et restent à l'extérieur, évitant ainsi l'entrée des poussières. Il y a toutefois un mini-sas qui permet d'éviter que la sécurité de la pressurisation du véhicule repose sur la tenue du scaphandre lorsque l'astronaute y entre par sa porte arrière. (doc. A. Souchier)

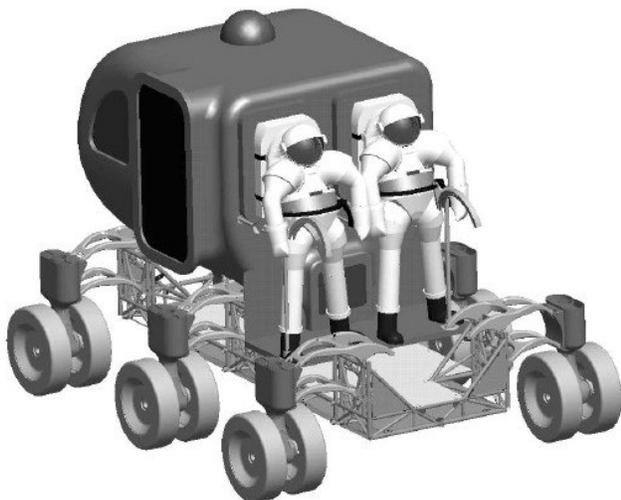
Caractéristiques	Masse (Tonnes)	Consommables (kg)	Equipage	Durée (jours)	Autonomie (km)	Roues (m)	Garde sol (m)	Puissance (kW)
MOLAB	3,8	800	2-3	14	400	2,0	0,9	8
MOBEX	6-10		3-4	90	3 400	2,5	1,1	14

De son côté l'association Planète Mars est impliquée, à son modeste niveau, dans des études de rovers conduites par des équipes d'étudiants dirigés par Yohan Huguet, de l'IPSA. Nous ferons le point sur ces travaux le moment venu...

Alain Souchier



Les roues du projet MarsCruiserOne présentent des solutions originales. La roue est ceinturée de rouleaux inclinés à 45° qui peuvent ne pas tourner. Ainsi le véhicule avance de manière classique quand les grandes roues tournent. Mais ces grandes roues ne tournent pas autour d'un axe central. Ce sont des anneaux qui tournent sur une jante annulaire fixée au véhicule par un axe visible à gauche du casque de l'astronaute debout à droite. La jante pivote autour de cet axe pour absorber les irrégularités du sol. Lorsque l'on veut faire tourner le véhicule, les rouleaux inclinés sont utilisés. Le véhicule est même capable de se déplacer en crabe. (doc. A. Souchier)



Fin 2007 la NASA a présenté ses dernières études de petits rovers pressurisés pour l'exploration de la Lune. Une couche de glace assure la protection contre les radiations dans le toit de la cabine. Des batteries de 415 kg alimentent les systèmes. L'alimentation des moteurs électriques des roues est assurée par une autre source. La masse hors châssis mobile est de 2,4 t. Les scaphandres sont à entrée dorsale. Ce sont eux qui assurent le contrôle d'environnement de la cabine. Une sortie peut être réalisée en 10 minutes. (doc. NASA)

LA VIE DE L'ASSOCIATION

ASSOCIATION PLANÈTE MARS

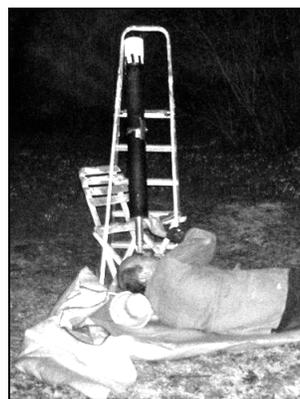
L'Assemblée Générale Ordinaire de l'association s'est tenue le 22 mars, dans les locaux de l'IPSA, au Kremlin-Bicêtre (le compte rendu est accessible aux membres sur le site Internet).

Elle était suivie d'une conférence de présentation de la mission Phoenix par **Gilles Dawidowicz**. Trois nouveaux administrateurs ont été élus : **Yves Blin**, directeur des études de l'IPSA, **Jérémy Geoffroy**, élève ingénieur, membre de la mission MDRS 43 et **Jordan Vannitsen**, également élève ingénieur. Nul doute que ce sang neuf va contribuer à dynamiser nos actions. Le nouveau Conseil d'Administration devait se réunir le 22 avril, et nommer le bureau.

Suite à une proposition faite lors de l'AGO, l'association va inaugurer le 7 juin un nouveau type de manifestation : un **débat « technique »** qui portera, pour cette première édition, sur les avantages et inconvénients de l'utilisation de la propulsion nucléaire pour le voyage vers Mars. Accès libre aux membres, et, sur inscription, pour le public (informations sur notre site).

Un rendez-vous exceptionnel à noter sur vos tablettes : dans la nuit du 25 au 26 mai, en présence d'intervenants prestigieux et avec la participation de Planète Mars, assistez en direct à **l'atterrissage de la sonde Phoenix**, à la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette (renseignements sur notre site, rubrique événements). Souhaitons à Phoenix un sort plus heureux que celui de Mars Polar Lander en 1999, pour lequel Planète Mars, en collaboration avec la SAF, avait déjà organisé un événement mémorable au Palais de la découverte de Paris.

Les œuvres « Planète Mars » de **Manchu** ont un rayonnement international ; déjà sollicités par les Américains du « Homestead Project », nous venons de l'être à nouveau par le Centre des Sciences de l'Ontario, à qui nous avons cédé l'illustration « Retour au terrier » (cf. bulletin n° 30) pour son exposition « Facing Mars ».



Notre vice-président, Alain Souchier, observant la récente opposition : peut-être songer à une monture équatoriale pour la prochaine ?...

THE MARS SOCIETY

Une réunion du comité de pilotage s'est tenue comme prévu les 1^{er} et 2 février, à Austin (Texas). Les représentants européens étaient les présidents des sections néerlandaise et française. Un certain nombre d'actions ont été décidées en vue de redynamiser le mouvement. En particulier, le management a été renforcé, avec la nomination de nouveaux responsables aux postes de secrétaire et de trésorier et, surtout, la prise de fonction à temps plein de **Chris Carberry**, précédemment en charge du lobbying politique, comme « Executive Director ».

Dans le même but, le Conseil d'Administration est renforcé, avec l'arrivée de **Scott Horowitz**, astronaute totalisant pas moins de quatre vols en Navette et récent responsable du programme d'exploration de la NASA, et celle de **Richard Heidmann**, président de l'association Planète Mars. Tous deux sont membres fondateurs. La nomination du président de la section française témoigne de l'influence de celle-ci et de la volonté d'internationalisation plus marquée de la Mars Society.

Le prochain congrès annuel de la Mars Society aura lieu du 14 au 17 août, à Boulder (Colorado), avec un panel d'intervenants prestigieux (dont Scott Horowitz). Deux de nos jeunes membres, **Jordan Vannitsen** et **Alexandre Compagnon**, y seront délégués par « Planète Mars » et y présenteront leurs résultats sur la comparaison des propulsions nucléaire et cryotechnique.

QUELLE ÉNERGIE SUR MARS (ET LA LUNE) ?

Besoins et options

Qu'elle soit installée sur la Lune ou sur Mars, une base planétaire va devoir disposer, de façon fiable et continue, d'une puissance électrique de plusieurs dizaines de kW (*1 kW, c'est-à-dire 1 000 W, est la puissance d'un petit convecteur ou de dix lampes de 100 W*). Les besoins seront nombreux : équipements scientifiques, climatisation et régénération de l'atmosphère de l'habitat, télécommunications, conditionnement des ergols cryogéniques, mais aussi mise en œuvre des premiers systèmes d'exploitation des ressources locales (production d'oxygène liquide sur la Lune, production d'oxygène et de méthane liquides sur Mars), particulièrement gourmands en énergie. On estime le besoin pour les premières expéditions martiennes entre 40 et 100 kW.

Deux sources primaires d'énergie sont possibles : le solaire et le nucléaire. Et l'éolien ? Il est vrai que les vents martiens peuvent à l'occasion atteindre des vitesses considérables (plus de 100 km/h). Mais leur régime normal est plutôt entre 5 et 10 m/s (moins de 36 km/h) et, surtout, la densité extrêmement réduite de l'air rend un vent d'ouragan aussi faible qu'une brise légère...

Dans le cas de la Lune, la durée du cycle diurne (environ 28 jours) impose une contrainte très pénalisante à l'option solaire. En effet, sauf à se cantonner à des régions ponctuelles près des pôles, les nuits interminables (14 jours terrestres) imposent de disposer d'un moyen permettant de stocker pendant le jour les très grandes quantités d'énergie qui vont être nécessaires pour la nuit (ordre de grandeur, à condition de fonctionner au ralenti la nuit : 5 000 kWh). Dans le cas de Mars, deux particularités pénalisent la solution solaire : d'une part l'éloignement de la planète du Soleil, qui induit un éclairage environ deux fois moindre qu'au niveau de la Terre ; d'autre part, la poussière omniprésente à la surface, qui bloque périodiquement le rayonnement solaire (lors des tempêtes de poussière) et qui - l'expérience des rovers MER l'a montré - tend à se déposer sur les panneaux.

La solution nucléaire présente quant à elle deux handicaps : moins mature, elle nécessite un développement préalable évalué à 1,4 milliards \$; d'autre part elle présente un défaut d'acceptabilité auprès du public (cependant moins significatif aux États-Unis qu'en Europe).

L'option solaire

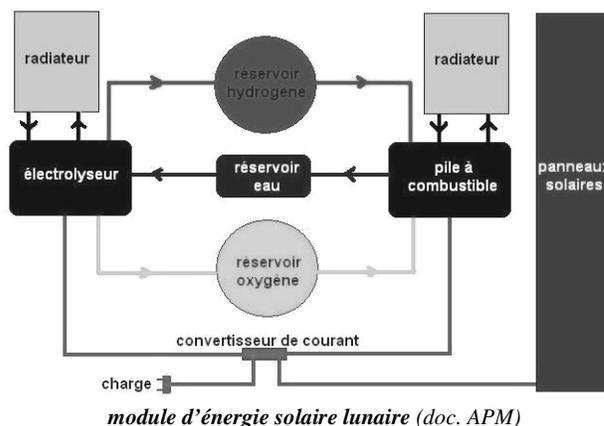
Pourtant convaincue que le générateur nucléaire s'impose pour l'exploration spatiale comme solution universelle, compacte et flexible, la NASA a néanmoins retenu l'option solaire dans sa première étude d'architecture d'exploration lunaire (publiée en décembre 2006). Pour contourner la difficulté des longues nuits, elle a choisi une implantation près d'un pôle, sur un site unique, en un point privilégié où le Soleil reste visible 70 % du temps. Des moyens de stockage de l'énergie sont quand même nécessaires pour les 30 % qui restent. Les spécifications provisoires sont les suivantes :

- puissance de 20-40 kW le jour et de 10-20 kW la nuit pour les besoins de la base proprement dits, sachant que, pour mener à bien l'ensemble des activités technologiques à prétention quasi-industrielle que l'agence imagine, il faudrait prévoir des puissances bien plus importantes (et des surfaces de panneaux équivalentes à plusieurs terrains de football !)

- durée de vie : 5 à 10 ans (dont plus de 10 000 h de vie opérationnelle) ;
- de 100 à plus de 1 000 cycles charge / décharge des accumulateurs ;
- opération automatique ;
- peu ou pas de maintenance.

L'élément de base serait un panneau vertical de 3 m sur 20 m, orientable pour suivre le Soleil et garni de cellules possédant un rendement initial de 32 %. Ces panneaux devraient être dressés verticalement (l'axe des pôles étant pratiquement perpendiculaire à l'écliptique) et suffisamment éloignés les uns des autres pour ne pas se porter ombre...

Pour le stockage de l'énergie il est envisagé d'utiliser de l'eau, qu'on décomposerait par électrolyse en hydrogène et oxygène. A l'inverse, ces gaz seraient recombinaés en eau dans des piles à combustible, restituant l'énergie sous forme électrique. L'ensemble comprendrait 18 modules constitués chacun d'un électrolyseur et de deux piles à combustible, chaque module étant capable de stocker 250 kWh... L'hydrogène et l'oxygène seraient stockés sous forme gazeuse dans des réservoirs sous pression. Les dimensions importantes de ces réservoirs, vu la quantité d'énergie à emmagasiner, déterminent la taille des modules.



module d'énergie solaire lunaire (doc. APM)

Le projet, même dans cette version minimale pour une base lunaire, est déjà extrêmement lourd (18 modules, soit 36 réservoirs haute pression !). Mais si la NASA devait donner suite aux projets de production d'oxygène, voire de cellules solaires, à partir des matériaux lunaires, la puissance installée devrait être bien supérieure. Dans cette perspective, la solution du stockage cryogénique s'imposerait ; plus élégante et plus compacte, elle est cependant plus complexe et plus dispendieuse en énergie (liquéfaction des fluides). Elle présente aussi un bilan de fiabilité moins favorable.

On le voit, une vraie usine à gaz (ou à liquides cryogéniques...), un projet bien peu réaliste.

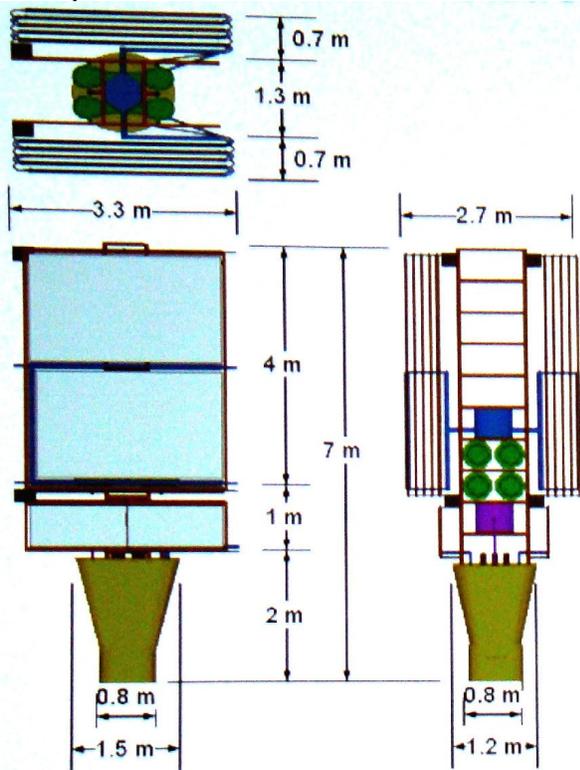
L'option nucléaire

Les limites d'application étroites de la solution solaire, mais aussi la complexité, la masse et l'encombrement des infrastructures auxquelles elle conduit ont amené la NASA à reconsidérer l'option nucléaire. La réaction hostile de la communauté scientifique à un schéma de base lunaire en un lieu unique (polaire), contradictoire avec l'argument qu'il faut retourner sur la Lune pour continuer une exploration sur des sites géologiques variés, y a également contribué : seule une source nucléaire permettra d'atterrir n'importe où, sans avoir à se soucier des longues nuits lunaires.

Dans le cas de Mars, pour les raisons évoquées au début de l'article, la solution solaire est difficilement applicable. Ceci d'autant plus que, pour des raisons d'efficacité et de confort des équipages, mais aussi du fait de la production d'ergols in situ, on souhaite doter les avant-postes d'une puissance électrique correctement dimensionnée. La solution nucléaire s'avère largement gagnante aux points de vue masse, compacité et mise en place à la surface.

Mais attention, le générateur nucléaire martien n'a rien à voir avec nos gigantesques centrales ! L'étude effectuée récemment par le centre Glenn de la NASA conduit, pour une puissance de 40 kW, à un cœur nucléaire de 80 cm de diamètre et à une masse totale de 5 tonnes (tout compris : réacteur, turboalternateur, radiateur). La fonction d'écran anti-radiations est assurée par un blindage métallique et par enfouissement dans le sol.

La température du cœur est limitée à 900 K (627 °C), de façon à garantir largement la durée de vie des matériaux. L'inconvénient, c'est que le radiateur, chargé d'évacuer par rayonnement la chaleur non convertie en électricité dans le turboalternateur, fonctionne à température relativement faible et est donc assez encombrant : deux ailes d'environ 15 m sur 5 m chacune ! Ces dimensions restent cependant compatibles avec un conditionnement compact pour la phase de transport (voir image ci-dessous) ; par contre, elles compliquent la phase de déploiement, surtout si celui-ci doit se dérouler en mode automatique.



projet de générateur nucléaire planétaire de 40 kW en configuration de transfert interplanétaire (doc. NASA)

Deux options de transfert et de positionnement sont envisagées : une configuration « landed » dans laquelle le générateur est déposé à la surface planétaire pratiquement prêt à l'emploi (ce qui nécessite un lourd écran anti-radiations), et une configuration « emplaced » où il est enfoui dans le régolite. L'option « emplaced » est naturellement plus légère, mais son déploiement nécessite des outillages.

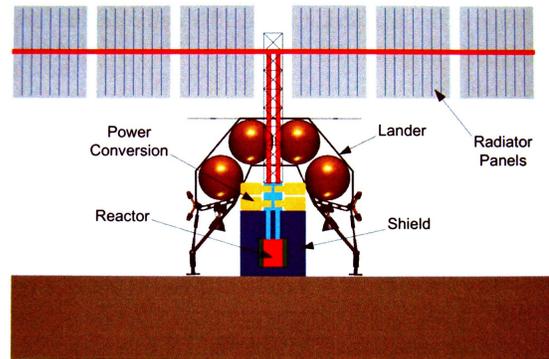


Figure 4.—Landed configuration.

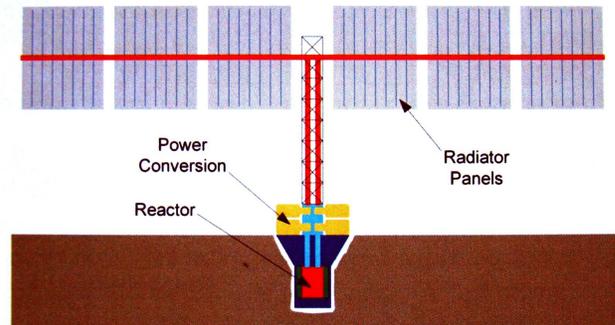


Figure 5.—Emplaced configuration.

configurations de déploiement envisagées (doc. NASA)

La question n'est pas réglée

Du fait des plafonnements budgétaires, l'agence spatiale américaine est contrainte de dérouler son programme d'exploration « Constellation » de façon séquentielle (« go as you pay »), donnant la priorité aux travaux nécessaires à l'atteinte de ses objectifs à court terme : aujourd'hui la capsule Orion et son lanceur Ares 1 pour remplacer la Navette, demain (2010-2011) le vaisseau lunaire Altair et son lanceur lourd Ares 5 pour retourner sur la Lune en 2020. Cette approche, qui explique qu'on mette deux fois plus de temps qu'à l'époque d'Apollo pour atteindre la Lune et que le débarquement sur Mars soit reporté au-delà de 2030, n'est évidemment pas optimale : d'un programme d'ensemble (la Lune, Mars et au-delà), elle fait une suite de programmes dont elle n'exploite pas au mieux les synergies. Le cas du générateur électrique planétaire est parfaitement illustratif de ce point de vue : on sait qu'on en aura besoin, pour Mars mais aussi pour la Lune ! Mais pour éviter un investissement supplémentaire à court terme de 1,4 milliards \$, la NASA n'a pas craint de présenter ces projets de véritables cathédrales solaires...

La réapparition de projets de générateurs planétaires nucléaires montre au moins que la question n'est pas réglée. D'ailleurs, lors du récent congrès de technologies spatiales avancées d'Albuquerque (STAIF, février 2008), un représentant de l'état-major de la NASA rappelait l'objectif n° 6 du plan stratégique de l'agence, édité en 2006 : « construire un programme de retour sur la Lune qui présente l'utilité maximale pour les missions futures vers Mars et vers d'autres destinations ». Ce qui plaide indéniablement pour une prise en considération sérieuse de la solution nucléaire.

Richard Heidmann

(vignette : doc. NASA/JPLU. of Arizona)



Copyright Association Planète Mars / Manchu
www.planete-mars.com

Sous le pont de Tartarus Colles

Les tubes de lave comme celui de Tartarus Colles, représenté ici, sont créés lors d'une éruption volcanique, lorsque la partie supérieure d'une coulée refroidit, s'épaissit et forme une croûte, alors que la lave sous la surface reste en fusion. Souvent la partie supérieure de ces tubes s'est effondrée, ne laissant subsister que de longs canaux à la surface de la planète. Mais parfois, sur une distance plus ou moins grande, la voûte a subsisté, comme ici, dans la région de Tartarus Colles, à l'est du volcan Orcus Patera. Cette formation géologique a été une aubaine pour les explorateurs martiens. En effet, elle leur fournit un abri idéal contre les radiations solaires et cosmiques. L'habitat est une structure gonflable, qui permet un maximum de volume pour un minimum de poids et d'encombrement, ce qui est éminemment important pour des équipements importés de la Terre. Les ateliers qui font la liaison entre l'habitat et le hangar à rovers, que l'on voit sur la gauche, ainsi que la liaison avec la serre, à droite, sont également des structures gonflables. La progression des véhicules à roues dans le fond du tube de lave est difficile à cause des blocs rocheux qui jonchent le sol. Par ailleurs le tube de lave est, par essence, unidirectionnel. C'est pour ces raisons que les astronautes ont édifié un monte-charge qui permet d'accéder très vite à la surface du plateau, y compris avec les rovers. La serre fournit un appoint en végétaux frais et petits animaux, indispensables à l'équilibre alimentaire et psychologique des astronautes.

*Cette œuvre est la 6^{ème} d'une série créée par l'artiste **Manchu** pour Planète Mars.*

Vous pouvez en commander un tirage poster, comme pour les précédentes (à partir de notre site www.planete-mars.com)

Pierre Brisson

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Charles Frankel, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Alain Soucher.
Achevé d'imprimer : Graphicoùl'Eure 27200-Vernon
Dépôt légal : avril 2008