



PLANÈTE MARS



Numéro 66 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com janvier 16

ISSN 1772-0370

LES PIÈCES DU PUZZLE

Fin octobre à Houston s'est tenu le premier workshop consacré à la recherche du meilleur site pour les premières missions humaines sur Mars. Le site idéal doit offrir dans un cercle de 100 km de rayon : une zone favorable pour l'atterrissage, de nombreux lieux d'intérêt scientifique et des gisements de ressources naturelles. La NASA a d'ailleurs mis en ligne une vidéo illustrant les différents éléments d'une base martienne en pleine extension.

Peu après a été dévoilée une nouvelle version du scaphandre que devraient porter les premiers explorateurs martiens. Et à partir du 14 décembre la NASA a ouvert un appel à candidature pour une nouvelle classe d'astronautes, dont certains pourront faire partie des premières missions vers la Planète rouge.

En début d'année des contrats d'étude d'habitats interplanétaires avaient été passés par l'agence américaine, et le congrès vient de demander l'accélération de ces activités. Les modules gonflables Bigelow, dont l'un doit s'amarrer à la station en 2016, et le vaisseau Cygnus, qui vient de reprendre ses vols de ravitaillement, constituent des bases à partir desquelles de tels habitats pourraient être développés. L'industrie européenne fournit le module pressurisé de Cygnus. Et le premier module de service européen du vaisseau interplanétaire Orion vient d'être livré aux USA alors que le développement du lanceur lourd SLS se poursuit.

Certes l'exploration martienne vient de connaître un revers provisoire avec le report de deux ans de la mission InSight. Pareille mésaventure était arrivée à la mission Curiosity et l'incident est bien oublié aujourd'hui.

L'année 2015 s'est achevée sur le retour réussi en vol rétro propulsé d'un premier étage Falcon 9 à son point de départ alors que Blue Origin avait aussi réalisé, dans des conditions moins difficiles, ce type d'opération peu avant. Le retour et la réutilisation d'étages font partie du plan de SpaceX pour des missions très lourdes vers Mars. On attend pour le début 2016 la révélation des grandes lignes de ce projet, ainsi que le premier retour en vol d'un étage récupéré.

Les différents composants des missions humaines vers Mars se mettent en place, mais la route sera encore longue...

Alain Souchier

président de l'Association Planète Mars

Dans ce numéro :

- La route de Mars p.1
- La vie de l'Association p.4
- Le dôme de la base Ascræus p.6

prochain numéro : avril 2016...

LA ROUTE DE MARS

Johann-Dietrich Woerner, Directeur Général de l'Agence Spatiale Européenne, a récemment présenté dans différents médias le concept de « Moon Village », c'est-à-dire la poursuite de l'exploration spatiale en se focalisant dans un premier temps sur des missions habitées lunaires de plus en plus ambitieuses.



Le « Village Lunaire » ; une accumulation d'infrastructures propre à tarir les budgets de la préparation de la « Route de Mars » pendant des décennies.
(doc. NASA)

En juillet 2015, par exemple, un journaliste de la BBC a relevé ces propos :

« Woerner says he is voicing the idea of a Moon village to encourage discussion about the future of space research, exploration and the applications of space technology. "I will be very happy if someone else has a better idea." ». Ce qui donne en français : « Woerner expose son idée de Village Lunaire pour encourager les discussions sur le futur de la recherche spatiale, de l'exploration et des applications des technologies spatiales. [Je serais très heureux si quelqu'un d'autre avait une meilleure idée à proposer.] ».

Lors du Congrès International d'Astronautique qui a eu lieu en octobre 2015, Woerner a exposé à nouveau son idée. Et il a également insisté sur le fait que s'il y avait d'autres idées, il fallait les faire entendre et que cela pouvait se faire par média interposé. **Dont acte. Nous proposons ici de débattre d'une autre idée, qui peut s'intituler « La route de Mars ».**

Il convient de préciser dans un premier temps le contexte, et notamment les objectifs recherchés et les raisons qui expliquent pourquoi il n'y a pas encore eu de mission martienne habitée. Ensuite, nous proposons un scénario de mission raisonnable du point de vue des efforts financiers et programmatiques. Cette mission repose sur un certain nombre de technologies et de systèmes importants qu'il faudra développer

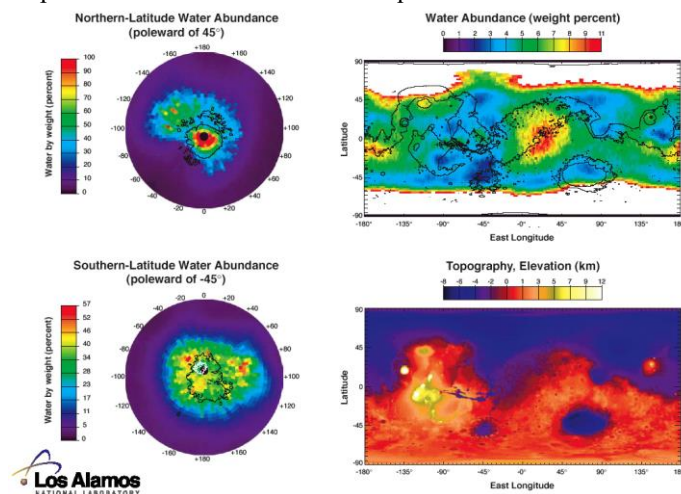
et qualifier pour le vol spatial. Cela nous conduit à proposer une véritable feuille de route pour un programme spatial international qui pourrait s'échelonner sur une quinzaine d'années avant la première mission martienne habitée.



J-D. Woerner exposant son idée de Village Lunaire lors de l'IAC 2015. (doc. ESA/C. Diener)

Objectifs d'une mission martienne habitée

De nombreux articles scientifiques présentent une argumentation détaillée des objectifs associés à une telle mission. En général, les objectifs se déclinent en plusieurs catégories : du point de vue scientifique, il s'agit de procéder à des expériences plus complexes et plus complètes que ce qui a été fait avec les robots, afin, notamment, de trouver d'éventuelles traces de vie dans des zones difficiles d'accès. Au-delà des aspects scientifiques, il s'agit également de poursuivre la conquête spatiale, au sens noble du terme, en étudiant les possibilités de vie humaine et d'ensemencement d'autres espèces animales et végétales sur une autre planète, dans la perspective, à terme, d'une expansion multi-planétaire, Mars n'étant qu'une étape. Il est important de noter que Mars possède de nombreuses ressources intéressantes relativement faciles à exploiter, notamment de l'eau, du gaz carbonique et des sels, et que, pour cette raison, il est probablement beaucoup moins difficile de parvenir à l'autonomie sur Mars que sur la Lune.



L'eau, ressource essentielle, est disponible partout, soit sous forme de pergélisol, soit même sous forme de glace pure. (doc. LANL)

D'autres motivations méritent d'être cités, aux premiers rangs desquels la promotion des matières scientifiques et technique auprès des jeunes, l'investissement dans de nouvelles technologies qui peuvent trouver une application sur Terre (par

exemple les techniques de recyclage de l'eau) avec un fort retour sur investissement et enfin la focalisation des gouvernements sur un projet international susceptible de rapprocher les peuples plutôt que de les dresser les uns contre les autres.



L'aventure martienne passionne la jeunesse et s'avère être un puissant levier de motivation pour les métiers techniques et scientifiques, ressorts essentiels de nos capacités d'innovation. (doc. APM)

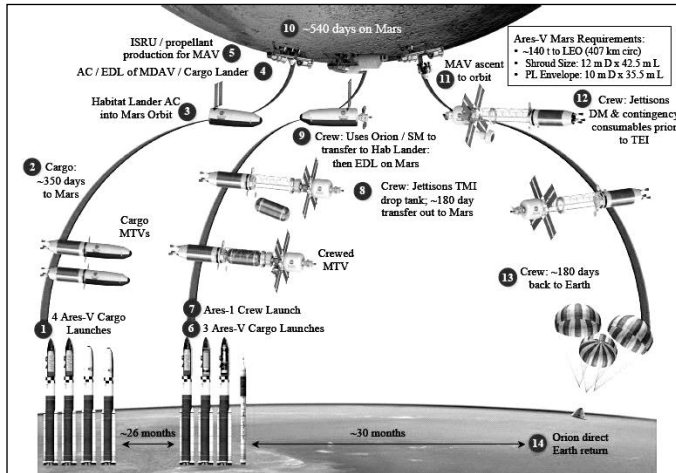
Pourquoi une telle mission n'est-elle pas d'actualité ?

Cette question est fondamentale, car de nombreux spécialistes d'astronautique prétendent qu'une telle mission est trop dangereuse, d'autres que cela implique un investissement financier trop important, et d'autres encore qu'il faut d'abord investir 20 à 30 ans dans le développement de nouvelles technologies de propulsion avant d'entreprendre une telle mission. Reprenons point par point.

Concernant les risques, ils existent, on ne peut les nier. Cependant, la gestion des risques est précisément une spécialité du domaine spatial. La NASA a publié de nombreux rapports sur le sujet et indique qu'il y a plusieurs types de risques. Certes, les taux de radiation dépassent peut-être le seuil actuel d'acceptabilité, cela fait toujours l'objet de débats, mais le risque associé est en vérité négligeable devant les autres risques importants de la mission. Il faut en effet rappeler que le décollage et l'atterrissage d'un vaisseau spatial présentent toujours un danger important et que la plupart des astronautes tués en mission l'ont été lors d'une de ces manœuvres. Les risques estimés de perte d'un astronaute en mission devront être minimisés par tous les moyens possibles, mais il sera difficile de descendre sous les 1%, ce qui est l'objectif préconisé dans un rapport de la NASA pour la première mission. Dans ces 1%, il faut noter que le risque dû aux radiations est négligeable. Autrement dit, la NASA suggère que les risques sont importants, mais qu'ils ne sont pas de nature à empêcher une mission habitée vers Mars. La gestion des risques devra obéir aux mêmes règles que pour les autres missions, notamment en testant et en qualifiant comme il se doit tous les systèmes envisagés pour ce voyage de longue durée, de sorte que les risques ne dépassent pas le seuil préconisé.

Concernant les investissements à réaliser, là encore, on ne peut nier qu'ils seront importants. Néanmoins, il convient de préciser l'objet principal de la discordance entre spécialistes. La

NASA a publié plusieurs rapports volumineux suggérant qu'une mission martienne habitée nécessitait une architecture de mission extrêmement complexe, avec un grand nombre de lancements lourds, un assemblage en orbite, etc. Cette étude NASA a convaincu nombre de spécialistes et de décideurs que le voyage vers Mars était vraiment très complexe et très risqué et que la réduction des risques devait passer par de nombreuses missions préparatoires afin de gagner en maturité. D'où la proposition de missions vers la Lune.



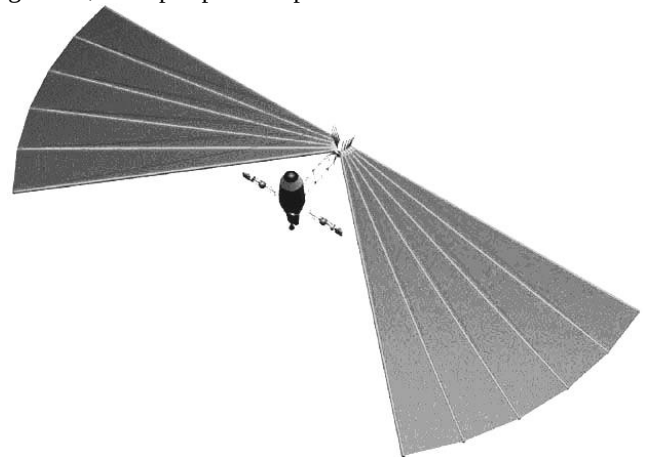
Le projet de la NASA (DRA5) : non contraint et ampoulé (oublié, le fiasco de « l'étude de 90 jours » ?), ce projet totalement inacceptable budgétairement apparaît comme un « project killer » destiné à justifier la décision d'arrêt du programme Constellation. Malheureusement, il reste la référence des adversaires du voyage vers Mars.

(doc. NASA)

Cependant, plusieurs publications scientifiques ont montré que l'étude NASA était basée sur des options très (trop) ambitieuses et parfois peu efficaces. En particulier, si on exploite la technique dite d'aérocapture pour placer le vaisseau en orbite martienne et qu'on se contente d'un équipage de 3 astronautes au lieu de 6, nous avons montré que la mission devenait beaucoup plus simple, que les missions préparatoires pouvaient être moins nombreuses et plus simples également et que, in fine, le coût total baissait d'un ordre de grandeur, de l'ordre de 50 milliards au lieu de 500 milliards de dollars, comme certains ont pu le prétendre. Autrement dit, nous contestons le fait qu'une mission martienne ne puisse être mise en œuvre pour des raisons de complexité et de nécessité de préparation, publications spécialisées à l'appui.

Concernant la nécessité de développer des systèmes de propulsion plus performants, notamment pour le transit entre l'orbite basse terrestre et Mars, ainsi que pour le retour, des raisons similaires peuvent être invoquées : en effet, si on estime, comme le suggère l'étude NASA, que le choix de la propulsion chimique conduit à un nombre de lancements prohibitif et une architecture de mission extrêmement complexe, il est parfaitement rationnel d'envisager un autre type de propulsion plus économe en carburant. Cependant, encore une fois, le constat de départ est erroné ; nous contestons le fait qu'une telle mission nécessite un grand nombre de lancements. Malgré tout, pourquoi ne pas développer ces nouvelles techniques si on pense que cela permettrait une réduction substantielle de la complexité de la mission ? Il y a à cela deux raisons essentielles : premièrement, pour atteindre un niveau de maturité

important sur ces nouvelles techniques (par exemple la propulsion nucléaire électrique), il faut un investissement long dans un programme spatial coûteux sans aucun retour sur investissement avant longtemps et alors que le besoin n'existe que pour la mission martienne (pas pour une mission vers la Lune). Deuxièmement, ces nouvelles techniques ne permettent pas d'exploiter l'aérocapture pour l'insertion en orbite martienne. Autrement dit, le gain obtenu sur l'économie de carburant n'est pas aussi important qu'on pourrait l'espérer a priori. En particulier, si on envisage une mission « légère », avec seulement trois astronautes, le gain en termes de masse à envoyer en orbite n'est même pas assuré, cela dépend des options et de ce qu'on appelle l'énergie spécifique du nouveau système de propulsion. Ce type d'investissement est donc nécessaire sur le long terme, mais pas pour les premières missions.



En propulsion électrique, l'imposante surface des panneaux solaires (propulsion solaire électrique, ici représentée) ou du radiateur (propulsion nucléaire électrique) interdit le recours à l'aérocapture pour la mise en orbite martienne d'un vaisseau devant assurer aussi le retour vers la Terre.

(doc. NASA)

Proposition de mission

La mission proposée a été récemment présentée lors d'un congrès et elle est en cours de publication dans un journal spécialisé. Elle est illustrée sur la figure ci-après. En résumé, il s'agit de procéder à 4 lancements lourds, typiquement avec la version la plus puissante de la fusée appelée SLS, actuellement développée par les Américains. Chacune de ces fusées doit acheminer une masse d'environ 45 tonnes vers Mars. Deux des quatre lancements servent à prépositionner des modules importants avant l'envoi des astronautes, selon une stratégie qualifiée de "split" par les spécialistes. Cette disposition capitale permet d'offrir un important potentiel de redondance supplémentaire, sans ajout de matériels.

En dehors du lanceur lourd, les principaux éléments sont les suivants :

- un véhicule, appelé « MAV » pour Mars Ascent Vehicle, capable de décoller de Mars et de revenir en orbite martienne. Son design est précisément celui proposé par la NASA. C'est le premier module qui doit être envoyé vers Mars et qui doit y atterrir ;

- un habitat qui ne sert que lors du trajet retour vers la Terre. Il comporte des consommables de secours qui permettent un séjour prolongé dans l'espace. Il est envoyé pratique-

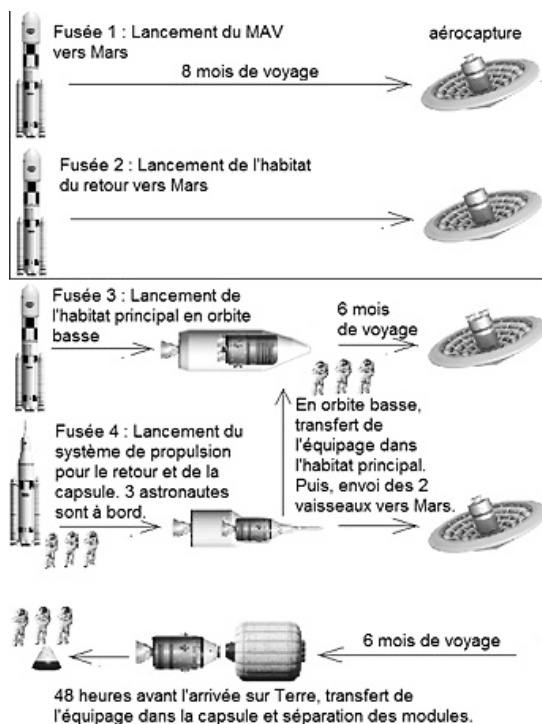
ment en même temps que le module précédent. Ce module doit attendre en orbite martienne ;

- un habitat principal, qui sert à la fois dans l'espace lors du trajet aller et sur la surface de Mars ;

- un étage propulsif avec le plein d'ergols pour le retour, associé à la capsule comportant un bouclier thermique pour le retour final sur Terre. Cette capsule peut typiquement être Orion, en cours de qualification par la NASA. Les astronautes doivent décoller dans cette capsule, puis être transférés en orbite basse dans l'habitat principal.

Enfin, il faut développer des boucliers thermiques de grande taille permettant l'aérocapture et la descente dans l'atmosphère martienne.

Outre ces éléments, il faut également développer des scaphandres, des véhicules tout terrain de surface et de nombreuses autres systèmes, mais leur complexité et criticité sont un ordre de grandeur en dessous de celles des systèmes ci-dessus. Il faut noter qu'une étude précise a été réalisée concernant l'estimation de masse de ces systèmes, à partir de données fournies par la NASA, ce qui crédibilise ce scénario.



(doc. J.M. Salotti/APM)

Missions préparatoires

Une étude détaillée a permis de lister les principaux systèmes qu'il fallait tester et qualifier pour le voyage martien. Il ressort de cette étude qu'il est possible de qualifier presque tous ces systèmes au moyen de seulement deux missions spatiales essentielles :

- une mission de retour d'échantillons en tout automatique permettrait pratiquement de réaliser une grande répétition des principales manœuvres à effectuer lors de la mission habitée : lancement lourd vers l'orbite basse, puis vers Mars, voyage interplanétaire, aérocapture et atterrissage d'un module d'au moins 20 tonnes, test de certains systèmes prévus pour la surface, et enfin décollage de Mars et retour vers la Terre ;

- une mission habitée de longue durée en orbite autour de la Lune, afin de tester les systèmes support vie et les facteurs humains sur une période similaire à celle qui est envisagée.

Ces deux missions d'envergure nécessitent une préparation d'une dizaine d'années, puis un suivi opérationnel d'au moins 3 ans. Cela explique qu'une mission martienne habitée ne puisse raisonnablement être envisagée avant une quinzaine d'années.

Conclusion

Cette proposition nécessite un investissement important pendant une quinzaine d'années, pour un total de l'ordre de 30 milliards, sans compter le lanceur SLS et Orion. C'est beaucoup, mais on est loin des 500 milliards annoncés par certains et justifiés par des scénarios compliqués, avec près d'une dizaine de lancements lourds, des assemblages complexes en orbite basse, des nouveaux modes de propulsion et des techniques d'atterrissage incertaines. 4 milliards par an pendant 15 ans, c'est sans doute à la portée des Américains qui pourraient y aller seuls, ou qui pourraient le faire en 20 ans au lieu de 15, mais ce serait tellement plus profitable pour tous si cela était envisagé par une collaboration internationale étendue. Il y a suffisamment d'éléments distincts à réaliser pour qu'une répartition intelligente et pragmatique puisse être mise en œuvre. Il faut simplement convaincre les décideurs.

Jean-Marc Salotti

Professeur des Universités, Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, Bordeaux Institut National Polytechnique, ainsi qu'Association Planète Mars, auteur de nombreux articles spécialisés sur les missions martiennes habitées.

LA VIE DE L'ASSOCIATION

Le 17 octobre le conseil d'administration de l'association s'est réuni au siège. Le compte-rendu est disponible dans les pages des membres de notre site.

Elisa Cliquet est intervenue à titre professionnel lors de deux tables rondes à Nantes le 29 octobre, dans le cadre de la manifestation de Science-fiction « Les Utopiales ».

Pierre Brisson a développé le 4 novembre à Muri, en Suisse, le thème des missions martiennes. Le 9 novembre, à l'initiative de la Mars Society Switzerland et du Swiss Space Center, **Jean-Marc Salotti** a présenté son étude de « Mars Semi-Direct revisité » à l'EPFL de Lausanne.

Le 21 octobre **Jean-François Pellerin** a été interviewé sur le thème de Mars sur la radio BTLV. Le même jour, **Alain Souchier** a présenté « L'exploration robotique de Mars » lors de la manifestation « Chroniques martiennes – rencontre prospectives 2015 » organisée par **Liam Fauchard** à L'Estran de Guidel. La manifestation était accompagnée sur 5 jours d'une importante exposition de matériels de l'association, maquettes, globes, panneaux photos et scaphandre de simulation, accompagnée de vidéos. Le scaphandre a été essayé par de nombreux volontaires. L'opération s'est terminée sur l'animation « Jazz des étoiles » de **Liam Fauchard**.



Guidel : une exposition très complète.

Le 31 octobre, **Lucie Poulet, Pierre Brisson, Richard Heidmann et Alain Souchier** ont répondu en direct sur Reddit aux questions de différents interlocuteurs.

Un numéro de l'Express de fin octobre est paru avec un dossier « Bienvenue sur Mars » avec des interviews de **Pierre Brulhet, Alain Souchier, Cyprien Verseux et Olivier Walter**.

Sur les pentes du Mauna Loa, **Cyprien Verseux** poursuit la mission de simulation HISEAS4 de un an, commencée le 28 août et organisée par l'université d'Hawaï. **Lucie Poulet** fait partie de l'équipe support. La mission a aussi fait l'objet d'un article dans l'Espace et Exploration de novembre-décembre et de nombreuses autres communications.



Cyprien Verseux revêtant un scaphandre de simulation avant une sortie.
(doc. C. Verseux)

Le 14 et le 15 novembre **Jean-François Pellerin** a dédié l'édition 2 toute récente du livre « Embarquement pour Mars » à Toulouse lors de la manifestation « Des étoiles et des ailes ». Le 23 novembre **Alain Souchier** a été invité par Pascal Lee à l'avant-première du film « Passage to Mars » de Jules Verne Aventures. Pascal Lee, du NASA Ames Research Center, est l'initiateur des simulations sur l'île Devon dans le grand Nord canadien (projet Houghton) qui se poursuivent maintenant avec la présence de deux rovers Humvee, le film relatant le transfert de l'un de ces rovers sur le site de simulation. **Christian Lardier** a également participé à la rencontre.

A Marseille **Armande Zamora** et **Patrick Sibon** ont continué à travailler sur le revêtement extérieur du nouveau scaphandre de simulation Gandolfi 2 de la Comex. Une des difficultés à

affronter est que ce scaphandre doit pouvoir opérer sous l'eau. Il a fait l'objet d'une présentation à Cologne au centre d'entraînement des astronautes ESA.



Patrick Sibon et le scaphandre Gandolfi 2 en cours d'élaboration.



Le scaphandre en essais sous l'eau à la Comex.

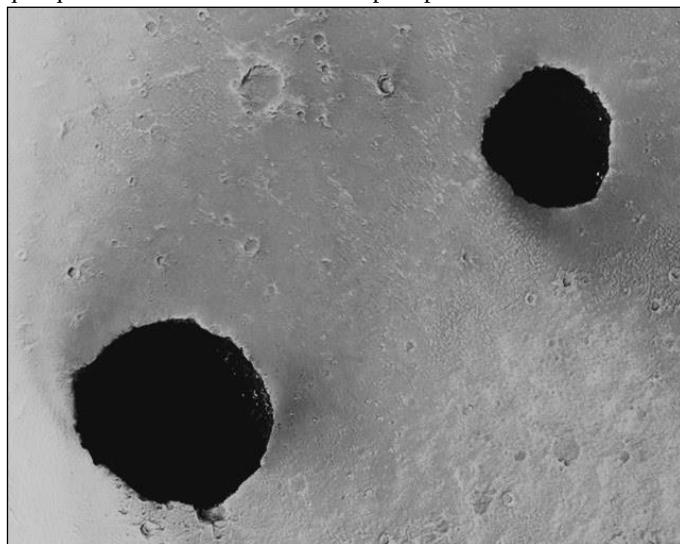
Comme tous les ans à l'automne, l'association a été consultée par de nombreux groupes d'élèves de terminale pour des TPEs concernant Mars. Les consultations ont aussi été le fait d'étudiants d'université. Par rapport à l'an dernier, ces demandes d'information ont été en très forte augmentation, sans doute en raison de la sortie du film « Seul sur Mars ». C'est d'ailleurs le thème « Vivre sur Mars » qui a été majoritairement choisi. Environ 270 documents et liens ont été envoyés. Les activités sur le projet de Cubesat martien Birdy se sont poursuivies sous la conduite de **Boris Segret**, avec une douzaine d'étudiants en France (Observatoire de Paris, écoles Centrale Lille et Paris) et des étudiants de l'université NCKU de Taïwan.

Alain Souchier

LE DÔME DE LA BASE ASCRAEUS

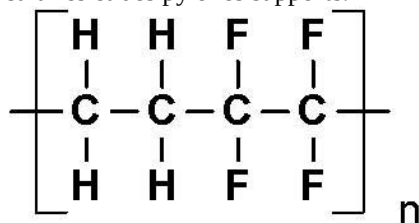
Depuis son arrivée sur Mars, l'Homme a toujours été à la recherche de sites naturels qu'il puisse aménager pour y vivre. La philosophie est toujours la même : faire plus avec moins, obtenir le maximum de volume habitable pour le minimum d'efforts (énergie et main d'œuvre) et utiliser au maximum les ressources locales.

Dans cet esprit, les gouffres que l'on trouve dans les régions volcaniques sont des endroits rêvés puisqu'ils offrent un volume semi-enterré important, que l'on n'a pas à excaver. Dès 2010, la caméra HiRISE en avait identifié deux, à 17,2° de latitude Nord, dans la région de Tharsis, au Nord-Ouest du volcan Ascraeus. L'un fait 180 mètres de diamètre, l'autre 310 mètres. Nous les avons explorés et avons entrepris il y a quelques années de transformer le plus petit en habitat.



Les gouffres d'origine volcanique repérés, dès 2010, dans la région de Tharsis. A droite, celui choisi pour l'édification du dôme pressurisé, d'un diamètre record de 180 m. (doc. NASA/JPL)

Il a d'abord fallu consolider les parois, qui pouvaient s'effondrer par endroits, puis coffrer les fondations en duricrete (matériau à base de régolite) capables de supporter l'énorme poids martien de la sphère pressurisée (16000 T) et comprenant des appuis circulaires et des pylônes supports.



Structure moléculaire de l'ETFE. Sa synthèse requiert une source de fluor, élément dont la présence sur Mars, sous forme de dépôts de fluorite, a été révélée par le rover Curiosity.

On a ensuite robotiquement édifié à partir du fond du gouffre, niveau par niveau, une sphère géodésique, constitué de cadres triangulaires métalliques supportant, pour l'hémisphère supérieur, des panneaux d'ETFE (éthylène tétrafluorure éthylène), éléments fabriqués à partir des ressources locales (l'ETFE, plus complexe à synthétiser que le polyéthylène, est, contrairement

à ce dernier, transparent en forte épaisseur et plus solide que le verre). Pour l'hémisphère inférieur, des panneaux métalliques suffisaient. L'épaisseur de l'ETFE (4 cm) a été calculée (avec marge) pour résister à la pression interne de 700 mbar.

On a ensuite pressurisé l'intérieur de la sphère avec un mélange d'oxygène et d'azote (produits sur Mars à partir de l'atmosphère). Lorsque la pression recherchée a été atteinte, on a recouvert la surface de « boîtes » (parpaings) en plexiglas remplies d'eau martienne gelée, en les accrochant à la structure métallique comme pour construire un igloo. Le but était de créer un bouclier efficace (car riche en hydrogène) contre les radiations ionisantes, d'où le choix de l'eau, matériau riche en hydrogène. Le plexiglas, quant à lui, procure l'indispensable protection contre les UV, 600 fois plus intenses que sur Terre et capables de dégrader à la longue l'ETFE ; c'est un matériau relativement facile à synthétiser in situ. On a utilisé des robots pour positionner les boîtes les unes après les autres et les remplir d'eau. Le poids martien de ces « briques », d'une épaisseur de 50 cm, est négligeable par rapport à la force exercée sur la paroi par la pression interne de l'habitat.

A l'intérieur, le dôme apparaît comme une coupole translucide. On ne voit pas le ciel mais la lumière diffusée est légèrement bleutée car on a injecté dans l'eau un léger colorant. Son intensité varie avec le passage des heures et avec l'évolution des conditions météorologiques extérieures. A certains emplacements, les boîtes de plexiglas sont remplacées par de simples panneaux, ce qui permet de ménager quelques fenêtres bien agréables pour les résidents. Ceci dit, le contraste reste fort avec le haut de la coupole, où l'on a positionné un grand miroir métallique, surélevé par rapport au dôme et éclairé indirectement par des miroirs disposés en cercle, de telle sorte que le grand miroir zénithal puisse concentrer et réfléchir la lumière solaire vers l'intérieur du dôme en y créant une véritable colonne de lumière. Au fond de la sphère, cette colonne arrive sur un plan d'eau qu'elle chauffe et sur les rives duquel on a planté une bambouseraie. Le long de la colonne, des miroirs captent la lumière naturelle pour la renvoyer aux différents étages de la base.

Un dispositif renforce cet éclairage qui pourrait être insuffisant compte tenu des dimensions du gouffre. Il s'agit d'un système de fibres optiques de type « échysse » tel que conçu au début des années 2000 par la société Echy. Ces fibres courent dans toute la base. Elles sont alimentées par des batteries de panneaux équipés de lentilles de Fresnel.

La colonie nécessite beaucoup d'énergie. Celle-ci provient d'un champ de panneaux solaires fixes, complété par un pack de batteries pour le stockage jour/nuit et pour assurer une alimentation de secours en cas de tempête de poussière prolongée.

A l'intérieur du gouffre tout est fait pour créer un confort maximum. La composition de l'atmosphère est soigneusement contrôlée tant en pourcentage des gaz qui la composent que de contenu bactériologique (à l'aide d'un équipement du type MiDASS de l'ESA/BioMérieux).

Au niveau « zéro » (celui du bord du gouffre), on a échafaudé sur tout le pourtour du dôme des fermes verticales, du type de celles conçues par la compagnie singapourienne Skygreens, où poussent toutes sortes de végétaux comestibles alimentés par hydroponie, afin de mieux contrôler leur état sanitaire et leur croissance. Plus au centre, une couronne d'aquariums d'un

mètre de profondeur permet la pisciculture des tilapias. Accessoirement à leur utilité pour l'alimentation des colons, ces végétaux et ces aquariums procurent une protection complémentaire contre les radiations aux niveaux inférieurs.

Le sol de ces installations est à claire-voie de façon à laisser passer la lumière aux deux étages en dessous, qui sont ceux où vivent les résidents. Les installations du niveau zéro, comme les planchers des niveaux inférieurs, disposés en couronnes autour du centre du gouffre, sont tenus par des câbles tendus à divers endroits du dôme, où ont été fichées et soudées en cercles des cimaises métalliques. Leur poids et celui des masses qu'ils supportent compensent quelque peu la force de la pression interne exercée sur l'intérieur du dôme.



Concept de serre hydroponique de la compagnie singapourienne Skygreens, représentatif de ce qu'on pourrait voir sous le dôme.

On ressort du dôme par un des deux sas, dont l'un est précédé d'une salle des scaphandres. Dans le premier sas, des aspirateurs puissants enlèvent non seulement l'air martien, irrespirable, mais aussi la poussière martienne, nocive du fait de la finesse de ses grains. Le second sas est similaire aux manches d'embarquement des passagers dans les avions de ligne terrestres. La porte extérieure de la manche ne s'ouvre qu'après jonction avec les grands rovers pressurisés qui servent d'habitats et de laboratoires lors des expéditions lointaines en surface, avec des objectifs d'exploration ou de prospection.

A l'extérieur on peut accéder à toutes les installations annexes qu'il n'est pas nécessaire de pressuriser. Il y a des ateliers, les garages des rovers non pressurisés, la station de forage qui permet d'atteindre une couche géologique riche en glace, à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, de la chauffer et de recueillir l'eau liquide. Dans le même ensemble se trouve une installation permettant la production des éléments chimiques nécessaires à la vie et aux transports (oxygène, monoxyde de carbone, méthane, azote, hydrogène). Un mât d'antennes permet les communications vers la Terre, vers les satellites orbitant autour de Mars et avec l'environnement martien proche. A quelques km, sur un astroport au sol soigneusement entretenu, quelques MAV attendent la prochaine conjonction planétaire favorable pour rejoindre l'orbite martienne et transférer leurs chargements dans l'un des grands vaisseaux qui les ramèneront vers la Terre. Une piste surfacée en duricrete, la seule existant

sur Mars, y conduit. A son entrée, pressurisé lors de chaque lancement ou atterrissage, un abri en cas de survenance d'un incident quelconque.

C'est à partir de ce dôme que se poursuit l'étude et l'exploration de la planète, par des robots envoyés tous azimuts et contrôlés d'ici en temps réel. C'est le cœur du développement futur d'une implantation humaine permanente plus importante à la surface de Mars.

Quelques ordres de grandeur

Sans qu'il soit nécessaire de procéder à un dimensionnement détaillé du concept ici imaginé, de simples évaluations d'ordres de grandeur permettent d'en rendre palpable l'ambition :

-diamètre	180 m
-surface au sol	2,5 ha
-effort de pression	7 T/m ² (à 0,7 atm.)
-poussée verticale	175000 T

poids martiens pour l'hémisphère supérieur :

-ETFE	1300 T (ép. 4 cm)
-armature métallique	1900 T (masse 100 kg/m ²)
-eau	9500 T (ép. 50 cm)
-effort linéaire équatorial	287 T/m !

Il est probable qu'une réalisation aussi imposante, en particulier par la masse de matériaux à mobiliser, serait précédée par celle de « prototypes » de moindre ampleur. C'est d'ailleurs à l'échelle d'un diamètre limité à 30-35 m qu'est représenté le concept sur l'illustration réalisée pour APM par Manchu.



Bel exemple de structure géodésique : la Biosphère de Montréal, conçue pour l'Exposition universelle par les architectes Buckminster Fuller et Cambridge Seven. (publié dans la revue Architecture)

Nota Bene

Cette description n'est qu'un exercice de prospective, avec les risques que cela implique, même s'il a été mené avec le plus grand souci du vraisemblable. L'émergence récente de la technologie d'impression 3D comme, de façon générale, les progrès de la robotique, montrent que l'évolution des techniques peut rendre rapidement caduques nos idées.

Par ailleurs, il reste possible que l'Homme refuse à jamais de sortir de son cocon terrestre... Nous sommes un des leviers pour que, au contraire, l'humanité s'engage résolument dans la voie d'un établissement permanent sur Mars. Continuez à nous soutenir dans notre effort !

Pierre Brisson

(conseils techniques de Richard Heidmann)

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Richard Heidmann, Jean-Marc Salotti, Alain Souchier.

Achévé d'imprimer : QuadriCopie 27200-Vernon.

Dépôt légal : janvier 2016



Vue du dôme d'une base analogue à celle d'Ascræus, mais à échelle réduite, en cours d'achèvement : pose des derniers panneaux réflecteurs au sommet du dôme. Au-dessus des colons on aperçoit un drone en matériaux ultralégers. Il communique ses vidéos sur les travaux en cours en instantané au poste de surveillance à l'intérieur du dôme. Les colons au sol viennent d'inspecter le revêtement du dôme et d'effectuer quelques réparations aux jointures entre les boîtes de plexiglas remplies d'eau gelée qui le constituent.

Vous pouvez nous commander un ou plusieurs posters de l'illustration (largeur 90 cm, tirage haute définition). Le prix est de 45 euros en France métropolitaine (12 euros de port compris). Paiement par chèque à envoyer au siège de l'association, 28 rue de la Gâtée, Paris 75014.