



PLANÈTE MARS



Numéro 71 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

avril 17

ISSN 1772-0370

EDITO

Les incertitudes sur la politique spatiale américaine après le changement d'administration seraient bien en train de se dissiper. Le nouveau président a signé le 21 mars la loi cadre, ou Authorization Act, votée à une grande majorité par le Congrès, qui réaffirme l'objectif Mars pour les missions humaines américaines à l'horizon de la décennie 2030. La date de 2033 est indiquée clairement pour une première mission qui concernerait le satellite Phobos. La NASA, qui bénéficie d'un budget accru d'un milliard de dollars (19,5 Md\$), a jusqu'à la fin de l'année pour préciser la feuille de route qui conduit à cet objectif et à un séjour de l'homme sur Mars avant la fin de la décennie 2030.

Il y a par ailleurs à l'œuvre des facteurs d'accélération. La NASA examine si le premier vol du lanceur lourd SLS ne pourrait pas déjà embarquer des astronautes à bord d'Orion pour un vol circumlunaire. La NASA laissera-t-elle SpaceX conduire les premiers vols habités hors de l'orbite basse depuis Apollo ? Elon Musk a en effet annoncé son intention d'envoyer deux passagers payants faire le tour de la Lune fin 2018. Encore faut-il que le Falcon Heavy et la capsule Dragon habitée (desserte de l'ISS) aient été qualifiés en vol d'ici là. L'envoi d'un premier vaisseau Red Dragon sur Mars, démontrant un nouveau mode d'atterrissage (passage direct du freinage de rentrée atmosphérique à l'allumage de moteurs fusée, en sautant l'étape parachute) a été reporté à 2020. D'ici 2030, si chaque fenêtre de lancement est utilisée comme l'a promis Elon Musk, cela laisse la possibilité de commencer à accumuler sur le sol martien quelques infrastructures utiles pour les vols humains.

Sur Terre, les essais des nouveaux moteurs BE-4 (Blue Origin) et Raptor (SpaceX) se poursuivent, avec la promesse d'équiper de nouveaux lanceurs lourds nécessaires pour l'exploration humaine. Et bien sûr, l'exploration robotique de Mars continue, avec deux rovers au sol et six sondes en orbite, dont la récente ExoMars TGO européenne. Les instruments scientifiques de cette dernière ont démontré qu'ils étaient pleinement opérationnels lors de deux périodes d'essai.

Alain Souchier
président

Dans ce numéro :

- L'eau ne manquera pas aux astronautes martiens ! p.1
- Présentation ITS : commentaires et réflexions p.3
- La vie de l'association p.5
- Retour sur les performances du projet ITS p.6
- L'attrait de la colonisation de Mars sur le public p.6
- Curiosity ne détecte pas de carbonates p.8
- Un roman sur la colonie p.8

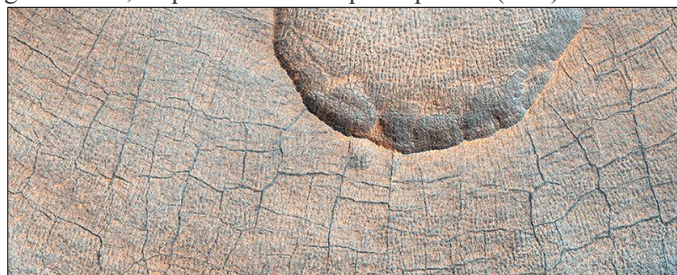
prochain numéro : juillet 2017...

L'EAU NE MANQUERA PAS AUX ASTRONAUTES MARTIENS !

Un dépôt récent de plusieurs milliers de km³ de glace d'eau a été identifié dans l'Est d'Utopia Planitia. C'est ce que conclut un document de recherche publié il y a peu (29 septembre) par Cassie Stuurman (Institute of Geophysics, University of Texas) et al. dans les Geophysical Research Letters, sur la base de données recueillies par SHARAD, le radar embarqué par Mars Reconnaissance Orbiter, qui tourne autour de Mars depuis 2006 et qui sonde son sous-sol immédiat.

Il en ressort que, sur les bords de cette « planitia », à des latitudes moyennes (40° à 50° de latitude Nord), dans les Basses Terres du Nord au contact des Hautes Terres du Sud (à l'est de la région de Nili Fossae), se trouve un énorme inlandsis de glace d'eau, fragmenté, dont le volume est estimé à au moins 8400 km³ et au plus à 14300 km³*. Il s'étend sur 375.000 km² et il a une épaisseur moyenne de 80 à 100 mètres, allant jusqu'à 170 mètres, sous une couche de régolite très fine puisqu'elle ne devrait pas dépasser un à deux mètres. Il ne s'agit pas d'eau pure ; elle est mélangée à de la poussière de laves volcaniques, mais la teneur en eau est élevée (de 50 à 85%). C'est considérable ! ⁽¹⁾

L'attention des chercheurs avait été attirée par un relief de mesas (tables surmontant un relief plus ancien), dans un paysage périglaciaire caractéristique comportant notamment des craquelures polygonales, des dépressions festonnées ou des cratères entourés de coulées de boue. Orienté sur cette zone, le radar SHARAD a identifié une diélectricité élevée du sol dans les mesas (moyenne $\epsilon = 2,8 \pm 0,8$), jusqu'à un réflecteur sous-jacent correspondant au socle plus ancien sur lequel elles ont été déposées. La diélectricité est de plus en plus forte en s'enfonçant vers le socle. L'interprétation est que le matériau traversé jusqu'au socle, après une fine couche de poussière, ne peut être que de la glace d'eau ($\epsilon = 3,6$) légèrement poreuse, ou un dépôt lithique fortement poreux, ou encore un mélange de glace d'eau, de poussière et d'espaces poreux ($\epsilon = 2$).



Exemple de thermokarst (sol riche en glace d'eau desséché en surface) observé au sol de Mars par la caméra HiRISE, à bord de Mars Reconnaissance Orbiter (NASA). A noter, les lignes de dessiccation et l'effondrement du sol là où une grande quantité d'eau souterraine s'est sublimée. (doc.NASA)

(1) Pour comparaison, le Lac Baïkal, plus grand réservoir d'eau douce du globe terrestre, fait 23615 km³, mais le lac Léman, qui ne semble pas si petit, ne fait que 89 km³.

Le plus vraisemblable est que ce soit 30 % de matériaux lithiques, 50 à 85 % de glace d'eau et 15 à 50 % d'espaces poreux (vides). La glace d'eau étant plus importante vers le fond des mesas (et au contact du socle) et les espaces poreux vides, vers le haut. La profondeur du réflecteur a été estimée par rapport au socle ancien visible entre les mesas (cf photo ci-dessous). Ce socle est plus clair que les mesas et cratérisé, alors que la surface des mesas ne l'est pratiquement pas, ce qui implique qu'elles ont été formées pendant l'Amazonien tardif (de 100000 à quelques centaines de milliers d'années). A la surface des mesas on constate d'abondants signes de « déflations » (effondrements) du terrain. C'est l'indication que la glace superficielle a été sublimée plutôt qu'elle n'a coulé (il n'y a pas de traces d'écoulement) et qu'elle était plutôt pure puisqu'il reste peu de débris laissés par la sublimation (ou bien, il faut l'envisager, que ces débris ont été emportés par le vent).

Ces réservoirs de glace d'eau sont, en surface, d'aspect similaire au « Latitude Dependent Mantle » (« LDM ») de glace qui recouvre la planète par larges bandes à diverses latitudes moyennes sous le régolite et sur quelques décimètres d'épaisseur. Ils devraient donc remonter à la même époque (autrement ils se seraient totalement sublimés). Ils en diffèrent cependant par leur épaisseur. Les deux doivent avoir été déposés à l'occasion des changements d'obliquités (inclinaison de l'axe de rotation de la planète sur son plan orbital) qui interviennent pour Mars par cycles d'environ 120000 ans. En effet, Mars, à la différence de la Terre, ne possède pas de gros satellite naturel comme la Lune, suffisant pour la stabiliser. Le phénomène de fonte des glaces polaires et de dépôt sous forme de neige aux latitudes moyennes, qui résulte de l'influence des autres planètes sur son plan orbital et de la précession causée par le différentiel de force gravitationnelle du soleil s'exerçant sur la planète selon sa latitude, se produit lorsque l'inclinaison dépasse 30° (nous sommes actuellement à 25,1° et l'axe se redresse) ; celle-ci varie de 14,9° à 35,5°. A noter que cette glace d'eau quasi atmosphérique (différente de celle qui reste dans le sous-sol profond) ne disparaît pas pour autant aux périodes « sèches » ; elle change simplement de place (plus ou moins concentrée aux pôles).

Alors, quelle peut être la cause de l'existence de ces mesas épaisses ? On ne la connaît pas encore mais elles doivent résulter d'un concours de circonstances, probablement un événement volcanique important survenu lors de la dernière obliquité forte. L'atmosphère épaissie par les rejets de gaz aurait facilité les précipitations de pluie ou de neige qui, dans cette zone, auraient pénétré un amoncellement de cendres fraîches où elles auraient ensuite gelé.

Les chercheurs estiment que l'inlandsis pourrait être plus étendu que les 375000 km² clairement identifiés car le même type de relief se prolonge sur une surface d'environ un million de km². Mais pour le moment la généralisation ne peut être confirmée puisque SHARAD n'a pas examiné la totalité de la zone et que, d'après les tendances observées, la quantité d'eau semble diminuer en allant vers l'Est (mesas de plus en plus basses).

Le radar SHARAD (SHallow RADar) a été fourni à la NASA par l'ASI, l'agence spatiale italienne ; les opérations sont con-

duites par l'Université de La Sapienza, à Rome. Il pénètre les premières centaines de mètres du sol, jusqu'à 1 km (en fonction de la nature du sol).

Plusieurs conséquences sont à tirer de cette découverte :

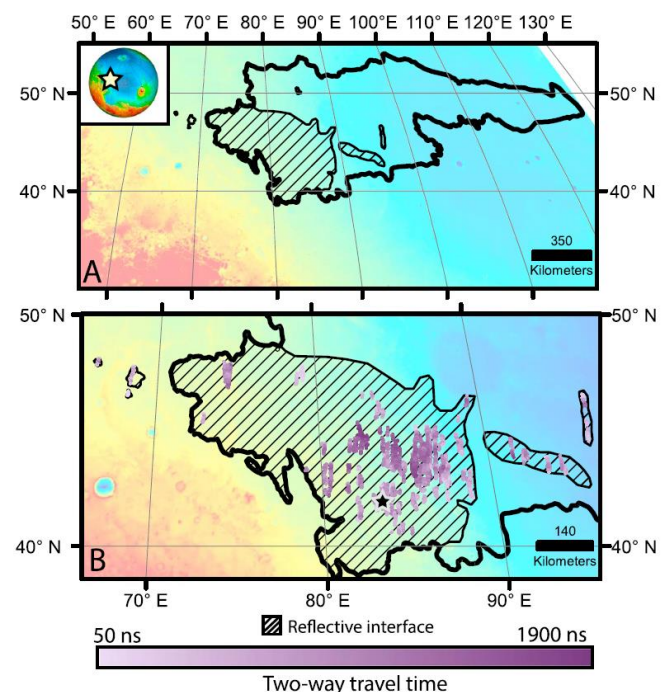
(1) les Basses Terres du Nord confirment leur vocation à être le réceptacle des eaux martiennes du fait de leur altitude basse (force de gravité qui guide les rivières vers ces altitudes et atmosphère plus épaisse qui permet le maintien d'une eau liquide dans des fenêtres de pression moins étroites) ;

(2) les astronautes n'auront vraiment pas de difficulté à se procurer de l'eau sur Mars ;

(3) l'eau martienne accessible pourra faire l'objet de multiples utilisations, son hydrogène et son oxygène pourront servir, par réaction de Sabatier, avec du CO₂ atmosphérique, à produire du méthane brûlant dans l'oxygène pour propulser les véhicules. L'oxygène pourra aussi servir à réapprovisionner les réserves atmosphériques des bases habitées (même recyclé l'oxygène des bases subira des pertes) ;

(4) il peut y avoir un peu d'eau liquide sous la glace, ce qui, comme chacun sait, favorise les échanges biologiques. Cette eau n'a pu être biologiquement active que si le sol était déjàensemencé par la vie mais au cas où des spores auraient été laissées par la glaciation précédente, elles auraient été réactivées (on évalue la capacité de survie des bactéries terrestres, sous forme de spores, à plusieurs millions d'années).

Pierre Brisson



Carte de la zone explorée, crédit image NASA/JPL-CalTech/Univ. de Rome/ASI/PSI (22/11/16). Les barres violettes montrent la profondeur des dépôts riches en glace telle qu'observée par SHARAD. Plus la couleur est foncée plus l'épaisseur est importante (variation de 170 à 10 mètres).

Source : *Geophysical Research Letters*, 'SHARAD detection and characterization of subsurface ice deposits in Utopia Planitia, Mars' doi:10.1002/2016GL070138, publié le 29 septembre 2016.

PRÉSENTATION ITS DE SPACE X : COMMENTAIRES ET RÉFLEXIONS

DEUXIÈME PARTIE : Pistes de réflexion pour un concept de système de transport interplanétaire amélioré.

Dans la première partie de cet article j'ai mis en évidence, et expliqué pourquoi, certains aspects du projet de transport interplanétaire de SpaceX me semblaient poser problème et mériter un réexamen. Dans cette deuxième partie je propose quelques pistes de réflexion pour améliorer la proposition initiale sur ces points. A ce stade, il s'agit seulement de définir un concept général, comme base de discussion. Il sera toujours temps le cas échéant de s'attacher à définir un design plus détaillé et de procéder à des calculs de dimensionnement précis, avec le support de véritables experts de ces questions, lorsqu'un consensus aura été obtenu sur la meilleure manière de réaliser globalement un tel STI.

Cadre général de la réflexion

Le contexte est celui d'une phase de colonisation de la planète Mars, au-delà des premières missions d'exploration. Ceci suppose que des infrastructures ont déjà été mises en place sur la planète rouge, en particulier pour la production de CH_4 et O_2 in situ, que des structures d'habitation sont à disposition et que cet habitat est extensible pour accueillir de nouveaux arrivants (grâce à des modules gonflables recouverts de régolite martien probablement). L'objectif est de transporter de la Terre vers Mars, à un coût par personne « raisonnable », de l'ordre d'une centaine de « colons » à la fois. Ceux-ci doivent être considérés plus comme des passagers (par ailleurs payants) - donc devant bénéficier d'un minimum de confort pendant le voyage et d'un niveau de sécurité relativement élevé - que des astronautes professionnels.

Note : Le système en question doit évidemment également être capable de transporter sur Mars une certaine quantité de fret (équipements, ravitaillements divers, etc.), mais en quantité restant limitée. S'il devait s'avérer nécessaire de faire transiter de la Terre vers Mars des masses de fret relativement importantes, il faudrait alors concevoir un système dédié à cet effet étant donné les contraintes très différentes : exigences de sécurité réduites, pas de nécessité de gravité artificielle, possibilité de supporter des accélérations/décélérations plus fortes, etc. Par rapport au concept défini par Space X, l'idée ici est de proposer un système dont les composants soient mieux optimisés et spécialisés pour les différentes phases du vol et tâches spécifiques à accomplir, qui présente d'autre part de meilleures garanties de sécurité/ fiabilité (répartition des risques, redondances, « plans B ») et offre des conditions de vol plus adaptées à un statut de « passagers » (gravité artificielle, minimum d'intimité, etc.). On se fixe par ailleurs pour conditions :

- que les éléments du système soient entièrement réutilisables (de l'ordre d'une quinzaine de fois) sans nécessiter de trop importantes opérations de maintenance ;

- qu'il soit possible de procéder à la mise en orbite de ces éléments à l'aide d'un lanceur de la classe de puissance SLS (environ 1/3 de la poussée au décollage du BFR envisagé par Space X) ; le recours à un hyper-lanceur du type BFR ne paraît pas souhaitable en raison des risques qu'un tel lanceur présente, surtout si cela exige d'avoir une multitude de moteurs

au premier étage (voir plus bas) ;

- que les ergols de retour (CH_4 , O_2) soient fabriqués sur Mars, au moins pour la remontée en orbite.

Configuration de STI proposée

La configuration de STI proposée (voir Fig. 1) comporte, outre un lanceur multiusage réutilisable (LMR) de la classe de puissance SLS comme déjà mentionné, deux éléments principaux : un vaisseau interplanétaire (VIP) assemblé en orbite terrestre, restant ensuite dans l'espace (pas d'atterrissages sur Mars ou sur la Terre), et des véhicules (VAD, 3x) effectuant les transferts sol-orbite et réciproquement, tous également réutilisables évidemment.

Le VIP se compose lui-même de 3 modules d'habitation spatiaux (MHS), réunis en étoile dans l'espace et mis en rotation pour créer une gravité artificielle, un module de production d'énergie (MPE), un module de propulsion pour le transfert entre la Terre et Mars (et retour) et un module de connexion central qui relie entre eux les différents éléments.

Des informations plus détaillées sur ces différents éléments sont données à la suite de la figure.

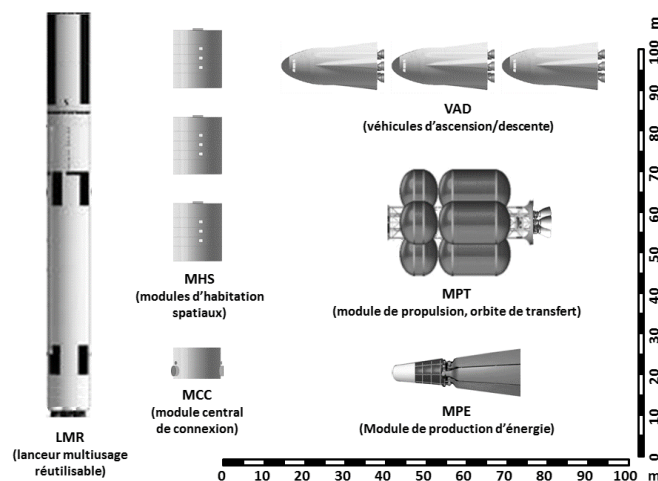


Fig.1. Éléments du système de transport interplanétaire (STI) proposé (échelles à titre indicatif à ce stade). (doc. P-A. Haldi)

LMR : Ce « booster » est utilisé pour le lancement des différents éléments du STI en vue de leur assemblage en orbite terrestre ; rappel : une fois assemblé dans l'espace, le VIP y reste et sert à de nombreux transferts Terre-Mars et retour, les VAD, plus le LMR au départ de la Terre, assurant les navettes sol-orbite et vice-versa. Le LMR devrait typiquement permettre de mettre de l'ordre de 150 tonnes en orbite basse (à vérifier après calculs de dimensionnement si cela est suffisant). Pour des raisons de sécurité/fiabilité - voir l'argumentation dans la dernière section de cet article - le nombre de moteurs au premier étage ne devrait pas dépasser 6 (SLS : 4 moteurs + 2 propulseurs d'appoint).

VAD : Ces « navettes » permettent de transférer une trentaine de passagers avec leurs « bagages » entre sol et orbite (Terre et Mars). Une variante pourrait être de se limiter à un seul VAD (connecté alors sur le module central) qui ferait à chaque fois 3 rotations pour amener tous les « passagers » à bon port, mais ce serait moins satisfaisant du point de vue de la sécurité/redondance. Le plein d'ergols des VADs est effectué au sol, sur Terre et sur Mars respectivement.

MPT : Ce système de propulsion doit permettre au STI de s'élancer vers Mars depuis l'orbite terrestre, de se mettre en orbite autour de la planète rouge, et réciproquement au retour de quitter l'orbite martienne pour retourner vers la Terre et s'y mettre en orbite.

Idéalement (faisabilité à vérifier), le principe serait de prévoir un « échange standard » des réservoirs aussi bien en orbite terrestre qu'en orbite martienne (dans ce dernier cas, en utilisant un VAD adapté envoyé précédemment sur la planète rouge; ne pas oublier qu'on suppose ici qu'un minimum d'infrastructures existe déjà sur Mars), afin d'éviter tout transvasement de fluides cryogéniques en apesanteur.

MHS : Chacun des 3 modules est prévu pour 30 occupants, répartis sur 3 ponts d'habitation comportant chacun 5 cabines pour 2 personnes. L'espace offert par cabine est de 9,5 m² environ ; à titre de comparaison, la surface d'une cabine pour 2 passagers sur le paquebot de croisière « Costa Favolosa » est de 12 m², avec un lit double et non des couchettes rabattables. Le volume utile total est par ailleurs comparable à celui offert par l'ITS de SpaceX. Les volumes à disposition « au-dessus » et « au-dessous » des quartiers d'habitation sont destinés aux équipements techniques et de support de vie, matériel de maintenance et réparation, réserves en eau et nourriture, sas (connexions au VAD et MCC respectivement), etc. La Fig.2 présente schématiquement à quoi pourrait ressembler un pont d'habitation. L'idée serait de renforcer par ailleurs les parois du pont central, qui servirait ainsi d'abri aux 30 occupants le temps de laisser passer une tempête solaire, voire même de dortoir général, par rotation de 10 personnes à la fois, pour réduire l'irradiation globale reçue par chaque passager en « vol de croisière ».

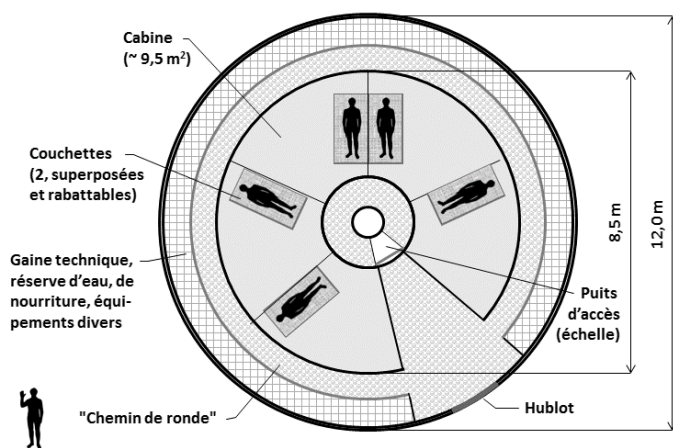


Fig. 2 Coupe schématique d'un pont d'habitation de MHS.
(doc. P-A. Haldi)

MPE : La source d'énergie qui paraît clairement la plus appropriée dans un tel contexte est sans conteste la fission nucléaire.

Des solutions existent, par exemple le « Heatpipe Power System » (HPS), un réacteur rapide compact produisant 100 kWe sur une durée pouvant atteindre 10 ans et destiné aussi bien à l'alimentation de vaisseaux spatiaux que de bases planétaires, voire de véhicules de surface. Ce type de réacteur a été développé aux États-Unis par le Los Alamos National Laboratory depuis 1994 comme un système robuste et à faible risque technologique, en mettant l'accent sur une fiabilité et une sécurité de haut niveau. A terme, l'énergie nucléaire pourrait aussi

être envisagée pour la propulsion (MPT).

Une autre possibilité, bien sûr, serait de faire appel à des piles à combustible pour la production de l'électricité nécessaire ; cette solution est néanmoins pénalisante en volume et masse supplémentaire de fluides à embarquer.

MCC : Outre la connexion entre les différents éléments du STI, voir Fig. 3, le MCC sert aussi de « salle de transit » entre les 3 MHS en « configuration orbitale ».

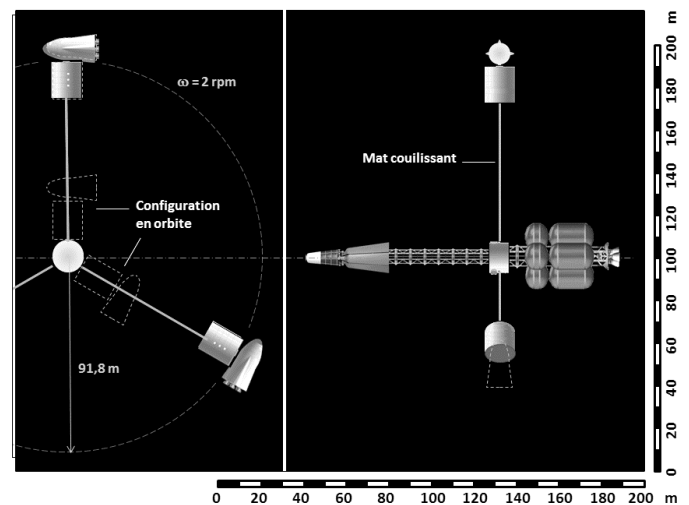


Fig. 3 Le STI en configuration de transfert interplanétaire.
(doc. P-A. Haldi)

Considérations de sécurité/fiabilité

La conception du STI proposée ci-dessus vise en particulier à renforcer les aspects de sécurité/fiabilité par rapport au système de SpaceX, étant bien entendu que, moins encore que dans d'autres domaines peut-être, le « risque zéro » n'existe pas dans un tel projet. Mais au moins les risques de pertes de vies humaines et de matériels en cas d'un accident au lancement par exemple sont ici déjà divisés par trois (on répartit ses « œufs » dans trois « paniers » au lieu d'un seul !).

Le concept de STI présenté plus haut offre par ailleurs la possibilité, pour diverses phases de vol, de « plans B » que ne permet pas la solution beaucoup plus « monolithique » de SpaceX. Par exemple, en cas de grave problème avec un des trois modules d'habitation spatiaux (MHS) sur le trajet terre-Mars ou retour, il serait possible, en se serrant un peu mais dans des conditions demeurant néanmoins convenables, de reloger les occupants de celui-ci dans les deux modules restants. Les VAD pourraient également servir de « chaloupes de sauvetage » en cas de situation extrême, comme le LM l'avait fait lors de l'accident d'Apollo XIII. Étant réutilisables, après avoir « refait le plein » au sol, ils pourraient aussi remplacer l'un d'entre eux éventuellement défilant pour amener quand même à bon port les occupants du vaisseau restés de ce fait « coincés en orbite ». Transportant 30 personnes, et non 100, il est également plus facile d'imaginer une capsule éjectable en cas de problème avec le lanceur au départ de la Terre. Etc., etc. Concernant ce dernier point, le gros avantage de ce STI est d'éviter le recours à un lanceur comportant une multitude de moteurs à son premier étage. Les petits calculs élémentaires qui suivent illustrent en quoi une telle multiplication des moteurs est problématique et l'avantage sur ce point d'en rester à un lanceur ne dépassant pas 6 moteurs au premier étage.

Si on se fixe pour condition que la fiabilité du lanceur doit être de 99,9% (1 échec sur 1000 lancements) et que l'on prend l'exemple d'un étage à un seul moteur, la fiabilité de ce dernier doit évidemment également être de 99,9% en supposant pour simplifier que ce soit la seule source de défaillance pour le lanceur. Avec deux moteurs, l'exigence de fiabilité par moteur, l'un **et** l'autre devant fonctionner correctement, passe à 99,95%, car $0,9995 \times 0,9995 = 0,9990$ (défaillance supposées indépendantes), soit les 99,9% recherchés pour le lanceur. Pour 6 moteurs, la fiabilité exigée par moteur est de 99,9833%, ... et 99,9976% pour 42, ou seulement une défaillance en moyenne sur 42000 mises à feu environ ! A noter que plus on s'approche d'une exigence de fiabilité frôlant les 100%, plus cela devient difficile et coûteux à réaliser.

Avec 6 moteurs, si on veut garantir la même fiabilité globale, à savoir 99,9%, la fiabilité pour chacun des 3 lancements nécessaires doit alors être de 99,9667%, ce qui impose pour chaque moteur une fiabilité de $0,999667^{(1/6)} = 0,999944$ ou 99,9944% (1 échec en moyenne sur environ 18000 mises à feu). Le gain, déjà substantiel, est en fait plus net encore si l'on raisonne en termes de perte potentielle de vies humaines et de matériel et pas seulement en échec ou succès total.

En effet, l'échec d'un des 3 lancements par exemple n'entraîne pas la perte totale des 90 vies humaines et de l'ensemble des éléments matériels de l'ITS mais « seulement » d'un tiers de ceux-ci; seuls 3 échecs sur 3 lancements conduiraient à la même perte (en oubliant la légère différence du nombre de passagers) que dans le cas de la BFR. Si on pondère les probabilités respectives d'avoir 1, 2 ou 3 échecs au lancement par la fraction de pertes humaines et matérielles correspondante (soit 1/3, 2/3, 3/3), on obtient une valeur de 0,017%. Alors que dans le cas de l'ITS de Space X (perte de 100% en cas d'accident) la valeur correspondante en supposant le même niveau de fiabilité par moteur (99,9944%) est de 0,233%, plus d'un ordre de grandeur supérieure !

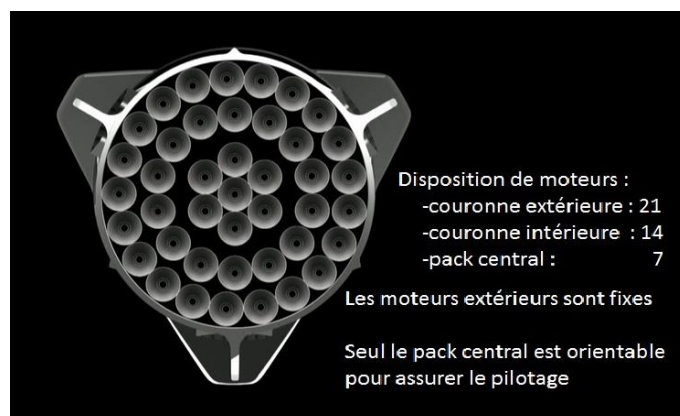
Compte tenu par ailleurs des autres avantages déjà mentionnés, il paraît ainsi nettement plus raisonnable et sûr de choisir l'option des trois lanceurs à 6 moteurs plutôt que celle du BFR unique à 42 moteurs de Space X.

Pierre-André Haldi

NOTA :

Elon Musk considère, contrairement à l'auteur du présent article, qu'un grand nombre de moteurs est fiabilisant, car le lanceur peut, selon lui, assurer sa mission après une ou plusieurs pannes de moteurs. Cette différence d'appréciation repose sur le fait de considérer ou non qu'une panne de moteur n'ait d'autres conséquences sur l'étage que la perte de sa poussée (pas de propagation catastrophique aux moteurs voisins, voire à l'étage). C'est évidemment un point essentiel, qui touche à la conception du moteur et de son système de surveillance en temps réel (Health Monitoring), mais aussi au système de propulsion dans son ensemble (logique de surveillance, aménagement de la baie de propulsion). L'expérience qui sera acquise avec le Falcon Heavy - lorsqu'il aura enfin volé - permettra un premier éclairage sur ce point, puisqu'il comporte déjà 27 moteurs en premier étage (dans une configuration, il est vrai, moins compacte).

Richard Heidmann



La configuration à 42 moteurs du booster de l'ITS proposé par SpaceX. Elle suppose que la panne d'un moteur ne se propage pas à son voisinage de façon catastrophique. (doc. SpaceX)

LA VIE DE L'ASSOCIATION

Ce premier trimestre de l'année a vu se confirmer le rétablissement de notre président, victime d'un grave accident de santé début novembre. Il a pu rentrer chez lui en février, tout en ayant à supporter le lent processus de récupération musculaire.

Alain Souchier a ainsi pu être présent à notre **AGO du 18 mars**. Cette AGO a procédé à l'élection du nouveau Conseil d'Administration ; étaient démissionnaires statutaires : Charles Frankel, Stephan Gérard et Patrick Sibon, tous trois se représentant pour un nouveau mandat ; étaient démissionnaires : Olivier Lau et Lucie Poulet. Deux de nos membres se présentaient également aux suffrages : **Philippe Clermont**, qui a gardé de sa première carrière d'ingénieur de l'Armement de précieuses relations dans les milieux officiels, en particulier au CNES ; et **Aline Decadi**, ingénieur travaillant au profit de l'ESA, à la direction des lanceurs. Ces cinq candidats ont été élus. Le nouveau CA désignera son bureau lors de sa première réunion, à prévoir fin avril ou début mai.

Fin janvier, **Richard Heidmann** et **Yves Monier** ont finalisé l'opération « Planète Mars » à l'IPSA, avec la soutenance des 5 projets de fin d'études proposés et suivis. Comme chaque année, les résultats sont de qualité très inégale. Nous avons été intéressés par les travaux des groupes « dimensionnement des moyens de production d'eau » et « conception de l'implantation d'un générateur électronucléaire ». Ce dernier s'est tout particulièrement penché sur l'utilisation du sol martien comme source froide du cycle thermodynamique du fluide de travail, solution sur laquelle nous avons peu d'informations.

Nous avons constaté un accroissement des sollicitations médiatiques, en particulier lié aux missions de simulations de la Mars Society impliquant des élèves-ingénieurs français que nous sponsorisons et qui ont su s'entourer d'un excellent soutien en communication. Beaucoup de demandes d'informations et d'interviews avaient aussi trait à la « colonisation » de Mars. Ce thème, jugé plutôt « sulfureux » il y a encore peu, a visiblement été mis au goût du jour par la révélation par SpaceX de son projet de transporteur interplanétaire. Nos études internes nous donnent une base solide pour la communication.

Les résultats très satisfaisants des ventes de notre ouvrage collectif « Embarquement pour Mars » ont certainement bénéficié de ce regain d'intérêt. Ces résultats ont conduit notre éditeur (A2C Médias) à accepter de procéder à une troisième édition. Merci à **Jean-François Pellerin**, qui en particulier a géré les mises à jour à introduire.

Bien que l'indisponibilité d'**Alain Souchier** ait conduit à un ralentissement de nos prestations, un certain nombre de conférences et de participations à manifestations (dont signatures de notre ouvrage) ont été assurées. Citons en particulier l'activité de **Jean-Marc Salotti** et celle de **Jean-François Pellerin**. Pour cette année, **Liam Fauchard** est parvenu, comme l'an dernier, à monter une suite de manifestations en Bretagne, auxquelles **Dominique Ledevin** a accepté d'apporter son concours. Début mars est sorti un numéro spécial de Ciel et Espace « L'homme sur Mars », auquel ont contribué six membres de l'association. Notons aussi notre participation (**Alain Souchier**, **Richard Heidmann**) à une table ronde organisée à l'ESTACA dans le cadre du séminaire spatial ISAE 2017 : quel espace dans 20 ans ?

RETOUR SUR LES PERFORMANCES DU PROJET ITS DE SPACEX

La présentation du projet ITS (ex-MCT) par SpaceX le 26 septembre, à l'IAC, contenait un certain nombre de résultats de dimensionnement qu'il est intéressant de regarder de plus près, car ils permettent de donner une image plus précise de la philosophie d'emploi du système. Les principales données dimensionnelles jouant sur les performances sont les suivantes :

-masse sèche navette	150 T
-masse sèche tanker	90 T
-charge utile LEO Navette	300 T
-charge utile LEO Tanker	380 T
-capacité Rés. Booster	6700 T (7% pour récup.)
-capacité Rés. Navette	1950 T
-capacité Rés. Tanker	2500 T

Un point déterminant est la capacité considérable des réservoirs de la navette, qui implique un équipement de production d'ergols in situ puissante. Ce qui impose ce fort tonnage, c'est la volonté de SpaceX d'adhérer totalement aux principes d'un système :

- simple (critères : sûreté de fonctionnement, coûts) ;
- totalement réutilisable (critère : coûts) ;
- autorisant des transferts de passagers rapides (critère : conditions de voyage, minimisation dose radiations).

Les calculs cumulant le ΔV de remontée en orbite martienne (4,1 km/s avec pertes) et le ΔV d'injection en orbite de transfert montrent que le système permet effectivement, en fonction de l'époque, un retour d'une durée de 3 mois et 10 jours à 5 mois (cas défavorable de Mars au voisinage de l'aphélie) ¹.

La taille de ces réservoirs détermine les performances du système à l'aller, que ce soit en termes de charge utile (missions cargo pour lesquelles des temps de transfert longs sont acceptables) ou de durée (transport de passagers). On trouve :

	Durée (j)	Propergol(T)	C.U.(T)	Tankers
PASSAGERS	<i>courte</i>			
Mars~Périhélie	116	580	100	1
Mars~Périhélie	75	960	100	2
Mars~Périhélie	64	1340	100	3
Mars~Aphélie	96	1340	100	3
Mars~Aphélie	87	1720	100	4
CARGO (100 T)		<i>masse min.</i>		
Mars~Périhélie	Hohmann ~ 8 mois	464	216 ²	1
Mars~Aphélie	Hohmann ~ 9 mois	531	149 ²	1

La dernière colonne donne le nombre de vols de ravitaillement en orbite de parking avant l'injection en transfert. Notons :

-que les vols cargo (en mode Hohmann) ne nécessitent qu'un vol de ravitailleur (avec de plus une charge utile supérieure à 100 T) ;

-que **la réduction de la durée des transferts passagers impose des ravitaillements multiples** en LEO ;

-qu'il est possible d'augmenter considérablement la charge utile en vol cargo en y affectant plus d'un ravitailleur.

Richard Heidmann

L'ATTRAIT DE LA COLONISATION DE MARS SUR LE PUBLIC

A la lecture des statistiques 2016 de notre site (planete-mars.com), il apparaît bien que les sujets liés à la colonisation de Mars ou à des cités martiennes et tout ce qui va avec des implantations pérennes et de grande ampleur constituent la majorité des visites (en vue unique soit par visiteur et pas au nombre de clicks). Il suffit de taper « colonisation de Mars » pour voir s'afficher sur Google actualité une belle liste d'articles sur ce sujet, avec dernièrement le projet de cité martienne des Émirats Arabes Unis. Si on fait « cités martiennes » on a moins de succès, mais « colonisation de la Lune » ne ramène pas énormément d'articles non plus.

Le terme de colonisation (même s'il est « sulfureux » en Europe) est plus habituel que celui des cités sur Mars ou encore d'implantations, ou d'infrastructures, et les résultats se ressentent sur les articles et liens Internet, mais cela donne encore quelques résultats ; par contre, les mêmes termes avec Lune sont encore moins porteurs, sauf colonisation lunaire qui donne une série d'articles. Mais on y trouve des articles qui comparent avec Mars. Même chose pour base, base martienne gagne sans problème au jeu du nombre d'articles parus.

Cela confirme ce qu'on constate avec les statistiques de notre site. Un autre fait vient s'ajouter à ces constatations : on n'a jamais eu de mouvement Moon One qui ferait le cirque médiatique et verrait autant de participants que l'a été le phénomène Mars One. On peut penser ce qu'on veut de cette entreprise mais l'engouement qu'elle a suscité et le nombre de personnes qu'elle a mobilisées dans de nombreux pays montrent bien que l'intérêt du public en général s'oriente vers des implantations pérennes et massives sur Mars. Si un portail de SF pouvait être ouvert entre la Terre et Mars, ce sont des milliers de personnes qui s'y engouffreraient, même avec des conditions de vie mar-

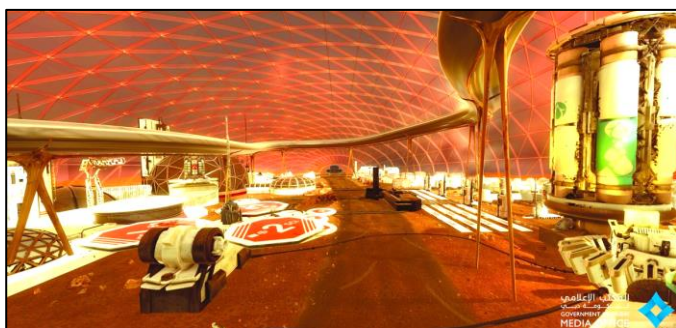
1- En supposant une charge utile de 50 T au retour (100 passagers).

2- Avec l'apport du ravitailleur, une partie de la charge initiale de propergol de la navette peut être remplacée par du cargo.

tiennes difficiles et confinées.

Si on trouve pléthore de romans et d'essais sur le sujet des (futurs) cités, villes et colonies martiennes, il y a peu de séries, de documentaires et de films sur cette question. Le seul film où l'action se déroule en grande partie dans une cité martienne, c'est « Total Recall », avec Schwarzenegger, ou bien les cités martiennes de John Carter sur Barsoom, mais là on est dans un autre registre. Films, séries et documentaires se cantonnent à l'habitat d'exploration et sa serre (... à patates !), ou au mieux la base, mais rien de plus ; comme si se projeter vers une colonie et ses cités martiennes était un futur trop difficile à concevoir !

Et pourtant tout indique que le public (médias, particuliers et experts) accueillerait avec un grand intérêt une telle vision, qui va au-delà de l'exploration suivie par une base scientifique permanente. Il suffit de constater l'affluence lors de la conférence d'Elon Musk à l'IAC pour présenter son ITS. Et encore, combien ont écrit avoir regretté de ne pas avoir plus de détails sur la cité martienne qu'il projette de créer sur Mars ! Films, documentaires, projets évidemment futuristes de cités et infrastructures martiennes sont plus « parlants » pour le public que de simples habitats d'exploration dont on sait depuis la « conquête lunaire » qu'ils ne s'inscrivent pas dans une perspective d'avenir.



Vue d'artiste du projet des EAU.

(doc. Dubaï Media Office)

La colonie, avec ses cités et infrastructures associées, son aéroport, ses mines, ses serres, ses réseaux, ses engins et véhicules divers, indique un futur de progrès, un futur « solide », celui où l'on peut se projeter ou y projeter ses descendants et s'imaginer un avenir pour une humanité multi-monde délivrée de l'extinction ou de la décadence sur un seul. Un futur où y émigrer ne serait pas venir s'enfermer à vie dans un habitat étroit en forme de boîte de thon ou un igloo, mais dans des implantations peut-être enfouies ou closes, mais avec des vastes volumes en dômes adaptés pour les loisirs et où l'exploration ne serait pas la seule activité possible. Un futur qui serait suffisamment attractif pour ceux qui ne seraient pas des pionniers de la première heure, ceux qui viendraient après les « 100 premiers » ...

La colonie martienne, c'est un sujet de droit, sociologique, biologique, architectural, technologique ; il interpelle le retraité jardinier (pour les serres) comme l'architecte ou le chercheur, l'hôtelier, le restaurateur ou le balayeur, le pompier, le juge et le policier ; il « parle » à tous les corps de métiers et tous peuvent en comprendre le concept, les difficultés, et entrevoir le quotidien, voire fournir des propositions et remarques sur les activités.

C'est moins évident pour l'habitat et les activités d'exploration, qui seront celles d'astronautes entraînés et puissamment motivés, tel notre compatriote Thomas Pesquet. Pour le public les cités martiennes sont une page d'histoire à venir, à écrire dans les sables de Mars.

Patrick Sibon



Nul besoin de s'enterrer ; des volets visières rabattables, remplis de glace, permettraient de gérer les doses de rayonnement.



Plongeons sous 1/3 g ! La piscine martienne, un must pour l'offre touristique.

(docs. APM/R. Heidmann)

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Pierre-André Haldi, Richard Heidmann, Patrick Sibon, Alain Souchier

Achevé d'imprimer : QuadriCopie 27200-Vernon.

Dépôt légal : avril 2017

CURIOSITY NE DÉTECTE PAS DE CARBONATES



(doc. NASA/JPL)

Cet extraordinaire panorama des terrains traversés récemment par le rover Curiosity a été choisi par le JPL pour illustrer une énigme majeure à laquelle les planétologues sont confrontés. Ces terrains sédimentaires témoignent en effet que des étendues d'eau liquide ont séjourné en ces lieux dans un lointain passé. Pour expliquer qu'une température supérieure à 0°C ait pu régner à cette époque alors que, de surcroît, le soleil rayonnait moins puissamment, l'hypothèse la plus couramment avancée est la présence d'une atmosphère de gaz carbonique beaucoup plus épaisse qu'à présent. Mais dans ce cas, comment expliquer qu'on ne détecte pas de carbonates dans ces dépôts sédimentaires ?...

UN ROMAN SUR LA COLONIE

Pourquoi un roman de SF sur la colonie ?

Ces dernières années, je me suis intéressé au thème de la colonie martienne, récemment mis en vedette par la présentation du projet martien de SpaceX. Trois dossiers ont été publiés sur le site de l'association : Essai d'analyse technique, Réflexion sur les habitats, Modèle économique (ce dernier avec le soutien de l'expertise financière de **Pierre Brisson**). Mais ces études restant d'un abord assez technique, il m'est apparu qu'un récit d'aventure, basé sur ces résultats, pourrait permettre de donner une vision plus accessible et plus vivante de ce que pourrait être la colonie. C'est ce que j'ai tenté avec « **Alerte à Mars City** », les Éditions **Ed2A** (Auteurs d'Aujourd'hui) ayant accepté d'en assurer la publication. Date de parution : 28 mars.

Richard Heidmann

Âgée d'un demi-siècle seulement, la colonie martienne est déjà en proie à des troubles ! Depuis la terre, Olivier Tranbec part à destination de la Planète rouge pour réaliser un reportage sur le mouvement « réformiste » dont l'objectif est le renouveau de la civilisation.

Avec sa guide « martienne », Victoria, il va se trouver mêlé aux péripéties de la lutte de Mars City pour sa survie et celle de l'humanité, face aux visées paranoïaques des extrémistes du mouvement.

