

Sommaire

Editorial **P. 2**

Projet I-MIM : déterminer les gisements
de glace martienne exploitable **P. 4**

Quels moyens énergétiques pour
produire les ergols du retour ? **P. 9**

Vie de l'association **P. 14**





Editorial

Par Philippe Clermont,
Président APM



Suspense SpaceX et réveil de l'Europe ?

Nous étions habitués à une Europe suiveuse pour l'ambition spatiale, valorisant ses savoirs faire (de premier plan) par des collaborations ou fournitures de composants – avec les russes, le Rover Exomars (Rosalind), avec la NASA et Boeing pour la fourniture du module de services de la capsule ORION... Depuis les décisions d'arrêt de la navette Hermès, en 1992, l'Europe avait tiré un trait sur l'ambition du vol habité, se contentant de financer des missions d'astronautes européens partant pour l'ISS sur des lanceurs américains ou russes. Deux facteurs géopolitiques majeurs sont passés par là récemment : la guerre en Ukraine et l'arrêt brutal des coopérations avec la Russie, et le programme américain IRA – gros programme de subventions pour attirer des entreprises aux USA. Cela alerte sur les besoins d'autonomie stratégique en Europe.

Peu de décideurs doutent que l'Espace sera dans les 10 ans à venir un secteur majeur de croissance économique et de souveraineté. La question est de savoir la place que l'Europe peut y jouer dans une stratégie de suiveur, à côté des projets de vol habité des USA, de la Chine, de la Russie et prochainement de l'Inde. Cette prise de conscience très récente vient de se concrétiser par un rapport d'experts politiques de haut niveau auprès de l'ESA : la prise de conscience est effective. « Revolution Space » https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/h-lag_brochure.pdf. Bien sûr, un autre défi est de réformer le fonctionnement de l'ESA – le retour géographique – afin de favoriser la mise en place d'une base industrielle européenne dynamique et compétitive, incluant de nouveaux acteurs. Citons quelques extraits de ce rapport, sur le décalage « More than 100 lunar missions have been announced by 2030, both by established and emerging space actors. At present, Europe is only leading two of them.” Et sur l'ambition : “European autonomy in space exploration would also open new opportunities for diplomacy, reinforcing Europe's partnership portfolio through frameworks where Europe is not just a passenger but in the commander's seat.”

Pour nous, association de promotion raisonnée de l'objectif de l'Homme sur Mars, mais avec un prisme européen, c'est une formidable nouvelle. A suivre.



Autre sujet à surveiller, crucial pour nos ambitions : le premier vol orbital du Starship de SpaceX, ce mois d'avril en principe Le Starship est, dans la doctrine de SpaceX, le véhicule pour transporter des colonies vers Mars....

Philippe Clermont

Président

pclermont@planete-mars.com



Projet I-MIM : déterminer les gisements de glace martienne exploitable

Pierre Brisson, APM



Illustration de titre : évolution dans l'espace proche de Mars, de l'orbiteur I-MIM avec son radar (l'ombrelle) envoyant les données reçues vers son relai de communication vers la Terre, situé sur une orbite plus élevée. vue d'artiste. Crédit NASA.

En Août 2022, un « final report » a été remis par un groupe international de chercheurs¹ pour le compte de plusieurs agences spatiales², pour réaliser la cartographie et la caractérisation des gisements de glace d'eau facilement accessibles sur Mars (de 0 à 10 mètres en profondeur) ainsi que leur couverture (rochers ou régolithe). Le projet connu comme « International Mars Ice Mapper Measurement Project » (« I-MIM ») a fait l'objet d'une présentation en session plénière à la Convention 2022 de la Mars Society américaine (samedi 22 octobre), par l'un de ces chercheurs, le Dr. Stefano Nerozzi (Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona). Il est prévu, pour ce travail de recherche, d'utiliser des moyens robotiques compatibles avec les technologies aujourd'hui disponibles, principalement un orbiteur avec radar. Une mission ayant cet objet pourrait partir pour Mars avant la fin de cette décennie. Elle ne semble pas si difficile à réaliser en termes de masse et de volume et même d'instruments. Elle aura clairement pour objectif de préparer un séjour de longue durée de l'homme sur Mars. Il faut donc souhaiter fortement que les Agences (dont bien sûr la NASA) lui allouent les crédits nécessaires.

¹ une soixantaine, dont le Professeur Nick Thomas de l'Université de Bern et Valentin Bickel de l'ETHZ, aucun représentant d'université française.

² Canada, Italie, Japon, Pays-Bas, Etats-Unis



Il n'est pas question de vérifier encore une fois qu'il y a eu de l'eau liquide sur Mars et qu'il y a encore de la glace d'eau dans le sous-sol immédiat (en dehors des pôles, bien sûr). Ceci on le sait depuis longtemps. Il n'est pas question non plus de rechercher l'eau profondément enfouie dans la croûte de la planète. On sait qu'elle existe et le savoir présente un intérêt pour comprendre l'histoire géologique de Mars, qui est exploité par ailleurs. Cette fois-ci les chercheurs se sont orientés sur l'utilisation que les hommes pourront faire de cette eau pour en vivre. D'ailleurs, les régions qui doivent être explorées sont les latitudes basses et moyennes, c'est-à-dire celles où l'on envisage d'atterrir (il est exclu de monter trop haut en latitude pour que les conditions hivernales soient acceptables tant en besoin de chauffage que d'énergie solaire captable continument).

Pour affiner le concept de mission, définir les données à recueillir et les moyens de le faire, les Agences ont constitué une « équipe de définition des mesures », « MDT » (pour « Measurement Definition Team »). Cette MDT a remis son rapport (le « final-report » mentionné ci-dessus) en août 2022 précisant les buts et objectifs de la mission ainsi que sa charge utile principale, un radar polarimétrique à synthèse d'ouverture (SAR), hybride, observant verticalement (Nadir), avec polarisation circulaire à l'émission (angle 40 à 45°, zone couverte d'une trentaine de km de large) et bilatérale linéaire à la réception. La polarimétrie permet la spectrométrie donc l'analyse chimique de la surface réfléchiée par les ondes. Ce radar scrutera le sol dans la bande « L » du spectre électromagnétique (930 gigahertz), cette longueur d'onde étant la plus sensible pour détecter et évaluer l'humidité concentrée dans le sol. Le radar (fourni par l'agence italienne - ASI - fonctionnant sur une structure - « bus » - de l'agence japonaise - JAXA) fonctionnera avec une antenne dotée d'un grand réflecteur déployable, (LDR, « Large Deployable Reflector ») d'un diamètre de 6 mètres (voir ci-dessous). Il aura ainsi une capacité de définition bien meilleure que les autres radars déjà envoyés autour de Mars.

Le MDT émet aussi ses recommandations sur les opérations à effectuer pour tirer profit de la découverte des gisements. Il ne s'agira pas seulement de constater la présence de glace ou les propriétés du manteau rocheux la recouvrant mais aussi d'évaluer si la zone pourra supporter des opérations de surface (notamment l'extraction) ; à quelle profondeur se trouve le socle sous-jacent ; quelle sera la science que l'on pourra effectuer à l'aide de ces gisements. On attend ainsi du radar qu'il puisse donner une image en 3D des gisements et évaluer la pureté de l'eau et ses autres caractéristiques. Rappelons que la surface de Mars est couverte de sels de perchlorates et que l'eau à partir de laquelle la glace s'est formée était très salée (perchlorates et autres) suite à une très forte évaporation/sublimation sur une période très longue. Par ailleurs dans les premiers mètres, il a pu y avoir sublimation par tous les interstices le permettant et il peut donc y avoir beaucoup d'impuretés dans la glace la plus superficielle.



The antenna consists of a 7-element circular phased array arranged for circular polarization illuminating an ASI-provided body-fixed Large Deployable Reflector (LDR) mesh with a 6 m effective diameter (Figure 2.2).

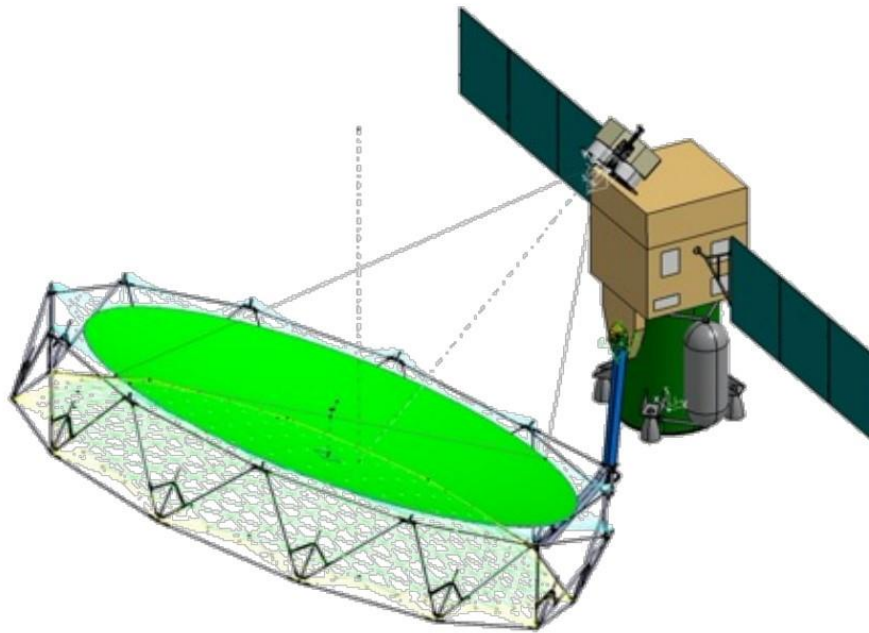


Figure 2.2 ASI-provided LDR with SAR on JAXA-provided Bus

L'orbiteur porteur du radar pourrait arriver vers 2030 et faire ses observations à partir d'une altitude de 255 Km (orbite circulaire) pendant une année martienne (690 jours). Il aura bien sûr une orbite polaire afin de couvrir progressivement toute la surface de la planète. NB : pour comparaison l'ISS évolue autour de la Terre entre 330 et 420 km.

Pendant les premiers 10 mois (période dite de « reconnaissance »), il fera une couverture exhaustive de la surface utile de la planète délimitée par une latitude Nord et une latitude Sud maximum, avec une définition de 30 mètres au sol. Ensuite il reviendra sur les zones les plus intéressantes pour effectuer une étude aussi précise que possible (« detailed characterization ») avec une résolution horizontale de 3 à 30 mètres et une résolution verticale de moins d'un mètre sur plus de 6 mètres de profondeur. C'est nettement supérieur à ce qu'on a pu faire auparavant (la résolution verticale de SHARAD - NASA, à bord de l'orbiteur MRO - est de 8 à 15 mètres, celle de MARSIS - ESA à bord de l'orbiteur Mars Express, de 150 mètres). Il embarquera des équipements complémentaires, « en synergie », qui pourront profiter du transport et contribuer à l'amélioration de la capacité de la mission à remplir ses objectifs (toujours avec en vue le séjour/établissement de l'homme sur Mars) ou aller un peu plus loin.

Ainsi un sondeur VHF (à très haute fréquence) pourra combler le « gap » entre la zone de précision du radar SAR (celui qui sera embarqué) et la couche qui est actuellement observable par les radars SHARAD ou MARSIS. Le premier évolue entre 250 et 316 km et le second entre 800 à 1200 km de la surface (ce dernier est donc beaucoup moins précis, et SHARAD un peu moins). Pour SHARAD, la couche aveugle est d'une vingtaine de mètres (et il sonde le sol jusqu'à un km de profondeur). La couche



aveugle de l'autre radar, MARSIS est un peu plus importante mais sa pénétration peut descendre jusqu'à - 5 km. Le VHF couvrira donc au-delà du SAR, toute la zone exploitable et la zone sous-jacente.

Un imageur à haute résolution (25 cm/pixel) embarqué à bord de la mission I-MIM pourrait par ailleurs permettre de visualiser les sites observés par le radar et aussi les sites visibles directement tels que les cratères récents contenant de la glace d'eau (comme les deux que le sismomètre SEIS de la sonde InSight vient de nous révéler) ou tel que les falaises de glace (« scarps » en Anglais ; on en a déjà identifiée certaines). Sa vision bilatérale (stéréo) pourrait aussi permettre d'affiner la carte topographique MOLA précédemment établie. A noter que la puissance de discernement de la caméra la plus performante actuelle, HiRISE de la NASA (à bord de l'orbiteur MRO), est de 30 cm/pixel et que nous aurons donc une définition un peu améliorée.

Bien entendu les équipements embarqués pourraient aussi collecter des données utiles à d'autres recherches : études géologiques en général (stratigraphie) ; meilleure compréhension des interactions entre atmosphère et surface ; système des vents et leurs effets sur la température ou sur la circulation d'éléments qu'ils peuvent porter (poussière, vapeur d'eau) ; étude de l'ampleur des aurores boréales (pour détecter les champs magnétiques résiduels) ; repérage des sites favorables à l'habitabilité ou à de possibles réactions prébiotiques (outre les gisements de glace, les vides sous la surface correspondant à des cavernes ou les points humides).

Ces études doivent déboucher sur des propositions de sites sur lesquels une implantation humaine pourra être envisagée (quantité de glace adéquate et accessibilité de cette glace notamment sous régolithe et non sous rochers massifs). On recherchera bien sûr un site le plus au Sud possible, dans la zone intertropicale.

L'un des effets annexes de la mission pourrait être l'installation en orbite d'un relai de communication à très forte capacité évoluant de concert avec l'orbiteur I-MIM en très haute altitude (voir illustration de titre). En effet les données recueillies par ce dernier pourraient être très importantes en volume et non transmissibles constamment en direct depuis l'orbiteur. Ce relai pourrait également servir à d'autres missions.

Ce qui manque maintenant c'est le financement et bien sûr, rien n'est gagné. Tout dépendra d'une décision politique, ce qui sera recommandé par la communauté scientifique américaine dans son ensemble et ce qui sera décidé par le Congrès des Etats-Unis. C'est cependant à ma connaissance le projet scientifique (et non seulement ingénieurial) auquel la NASA participe qui est la plus forte contribution à la concrétisation au projet de l'homme sur Mars (même s'il est bien précisé que la motivation sera la recherche scientifique et non le développement d'une nouvelle branche de l'humanité en dehors de la Terre). Cela pourrait profiter à Mars par rapport à la Lune. En effet, pour l'avenir de



l'habitabilité de la planète, l'abondance d'eau accessible est ce qui fera l'une des différences essentielles avec cette dernière (en plus d'une atmosphère non négligeable, de journées de 24h39, d'une gravité plus forte).

On peut remarquer enfin l'absence d'implication de l'ESA, toujours pudiquement en retrait quand il s'agit de missions habitées.

Lien :

https://science.nasa.gov/science-pink/s3fs-public/atoms/files/l-MIM_MDT_Final_Report_24_Aug_2022_exec_sum2.pdf



Quels moyens énergétiques pour produire les ergols du retour ?

Jean-Marc Salotti, APM

1. Importance de l'ISRU

Dans le scénario de Space X, il est indiqué que le Starship atterrit pratiquement à vide sur Mars et qu'il faut donc refaire le plein d'ergols à l'aide des ressources locales (In Situ Resource Utilization). Mais est-ce une option réaliste ?

L'idée de produire les ergols du retour, typiquement du méthane liquide (LCH₄) et de l'oxygène liquide (LO₂), en exploitant l'eau présente dans le sol martien et le gaz carbonique présent dans l'atmosphère martienne avait déjà été proposée par Zubrin dans Mars Direct en 1991. Depuis, pratiquement toutes les architectures de mission sont basées sur la production de tout ou partie des ergols sur place. Les principales options sont les suivantes :

- a) Tout amener depuis la Terre.
- b) Amener uniquement l'hydrogène et produire méthane et oxygène (Zubrin, Mars Direct).
- c) Amener uniquement le méthane et produire l'oxygène (missions de référence NASA).
- d) Tout produire sur place (Space X).

Je propose un focus particulier sur l'option d), c'est-à-dire le scénario de Space X. Il convient de noter qu'il y a également deux cas très différents :

d1) Produire les ergols du véhicule de retour en orbite communément appelé MAV (Mars Ascent Vehicle), mais pas les ergols du véhicule qui effectue le transit vers la Terre depuis l'orbite martienne, communément appelé ERV (Earth Return Vehicle).

d2) Produire les ergols du véhicule de retour depuis la surface martienne, ce qui est le cas du scénario de Space X, le Starship jouant à la fois le rôle de MAV et de ERV.

Pour faire le point sur ce sujet, qui fait l'objet d'une étude de deux étudiants des classes préparatoires de l'Université de Bordeaux, Louis BERTET et Florent CHERUBINI, je prends notamment appui sur plusieurs publications (disponibles sur demande) :

[1] Robert Zubrin, Steve Price, Larry Mason, and Larry Clark, "Report on the Construction and Operation of a Mars In-Situ Propellant Production Unit", American Institute of Aeronautics and Astronautics conference, 1994.



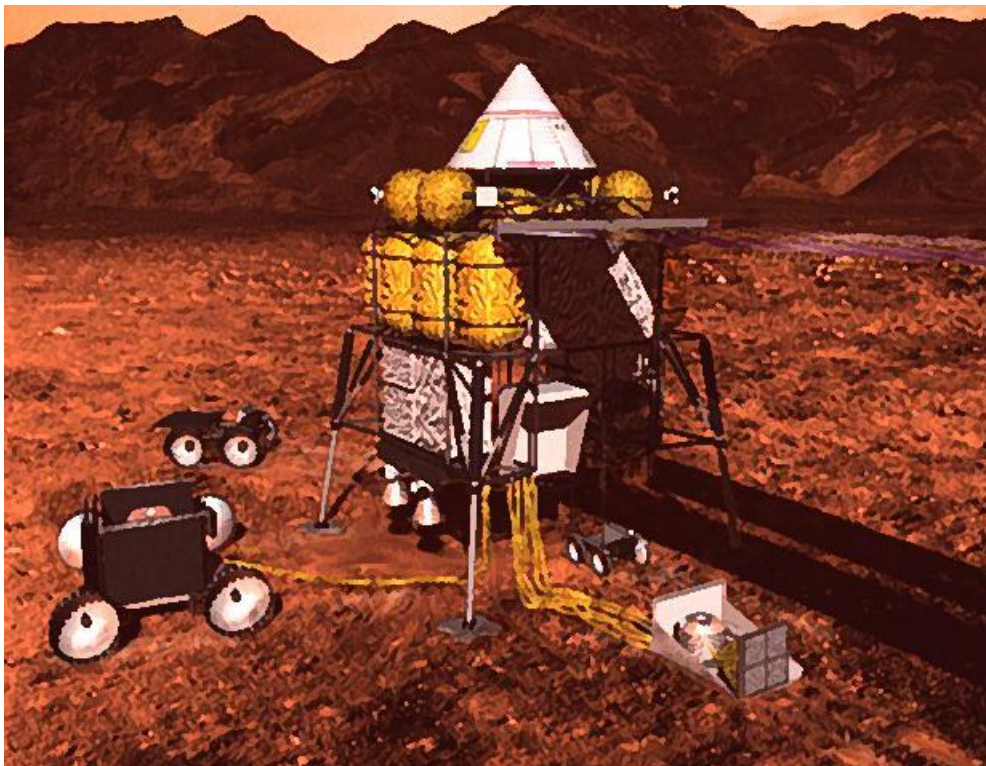
[2] G. Drake ed., Mars Architecture Steering Group, Human Exploration of Mars, Design Reference Architecture 5.0, NASA Johnson Space Center, 2009 (rapport de la NASA).

[3] C. Cooper, W. Hofstetter, J.A. Hoffman, E. Crawley, Assessment of architectural options for surface power generation and energy storage on human Mars missions, Acta Astronautica, vol. 7-8, pages 1106-112, 2010.

[4] Bjarne Westphal, Volker Maiwald, Critical Analysis and Review of Current Mars Mission Scenarios for SpaceX Starship, Actes de la conférence IAC, IAC-22-A5.2.3, Paris, 2022.

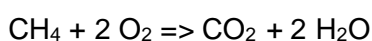
2. Bilan de l'étude NASA

Bien que la NASA privilégie l'option c), dans la référence indiquée précédemment, elle présente en détail l'option d1). Voyons les principaux résultats de cette étude, afin de mieux appréhender les enjeux et difficultés de l'option d2).



Systèmes ISRU pour le MAV. Crédit NASA.

Dans le scénario NASA, 6 astronautes doivent monter dans le MAV pour remonter en orbite. Les besoins sont estimés à 32 tonnes d'ergols composés de LCH4 et LO2. En combustion, on a :





Le ratio est d'environ 4,5 tonnes d'oxygène pour chaque tonne de méthane. L'analyse des coefficients stœchiométriques et de la masse molaire suggèrent un rapport massique de 4 pour 1, mais il faut un mélange un peu plus riche en oxygène.

La NASA propose d'amener sur Mars des robots excavateurs, une unité d'extractions d'eau à partir de sol martien, une unité chimique exploitant la réaction de Sabatier et l'électrolyse de l'eau, et enfin un système de liquéfaction et stockage du méthane et de l'oxygène. Il est possible d'atterrir dans une zone où la glace d'eau est présente en grande quantité à quelques centimètres ou mètres sous la surface. Toutefois, dans le cas général, il n'y a pas de poche de glace exploitable et il faut alors tenter d'extraire les molécules d'eau directement à partir du sol martien. Grâce aux missions martiennes robotiques, on a découvert que la teneur en molécules d'eau était en moyenne de l'ordre de 3 à 8 %. C'est faible, mais suffisant pour tenter une extraction, à condition de collecter une grande quantité de sol martien, d'où la nécessité d'amener des robots excavateurs. Le principe est relativement simple : on collecte quelques kilogrammes de sol qu'on enferme dans un conteneur. On chauffe à plus de cent degrés pour amener l'eau à l'état de vapeur, puis celle-ci se recondense sous forme liquide au contact d'un point froid. Il suffit alors de laisser couler l'eau vers un collecteur. Puis on enlève le sol devenu très sec et on le remplace par un nouvel échantillon apporté par un robot excavateur.

La NASA a quantifié la masse et les besoins énergétiques de tous ces systèmes ISRU en prenant deux hypothèses de travail, un sol à 3% d'eau et un sol à 8% d'eau.

| | Production CH4 et O2 Sol à 3% d'eau | | Production CH4 et O2 Sol à 8% d'eau | |
|---|--|--------------------------|--|--------------------------|
| | Masse (tonne) | Besoin énerg. (kW) | Masse (tonne) | Besoin énerg. (kW) |
| Robot excavateurs | 1,183 | 1,53 | 0,704 | 0,8 |
| Système d'extraction d'eau | 0,615 | 31,9 | 0,474 | 15,81 |
| Système ISRU O2 et CH4 | 0,545 | 23,11 | 0,527 | 24,26 |
| Système de liquéfaction | 0,030 | 4,38 | 0,030 | 4,38 |
| Total (arrondi) | 2,3 tonnes | 61 kW | 1,7 tonnes | 45 kW |

Il convient de noter que la NASA a également pris en compte un complément de production d'eau pour les systèmes support vie dans les estimations indiquées ci-dessus. Les besoins énergétiques sont donc probablement légèrement surestimés. De plus, un tiers des besoins énergétiques concerne l'extraction de l'eau. On comprend donc tout l'intérêt d'atterrir près d'un gisement de glace.



3. Systèmes énergétiques pour les ergols du Starship

Les besoins énergétiques ont été chiffrés dans le tableau précédent pour la production de 32 tonnes d'ergols composés de méthane et d'oxygène. Ces besoins ont été calculés pour le MAV de la NASA ? mais quels sont donc les besoins du Starship ? Rappelons le contexte, tel qu'il est proposé par Space X et résumé également dans la référence [4] ci-dessus. Deux cargos Starship ont amené du matériel à la surface de Mars. Il reste environ 540 jours pour remplir les réservoirs d'ergols de ces deux Starship avant l'arrivée de l'équipage à bord d'un autre vaisseau. La masse à vide est estimée à 200 tonnes par fusée. Selon la Nasa, le DeltaV pour quitter l'orbite martienne et atterrir sur la Terre est estimé à 7267 m/s. En considérant une impulsion spécifique de 361 secondes pour le couple CH₄/O₂, l'équation de Tsiolkovsky nous permet d'estimer un besoin de 1269 tonnes d'ergols par vaisseau et donc de 2538 tonnes au total si 2 vaisseaux doivent être ravitaillés comme le propose Musk. Cela représente une production moyenne d'environ 4700 kg/jour ... ce qui est phénoménal. Si on part d'une concentration en eau à 3%, une estimation des besoins énergétiques par une simple règle de trois nous conduit à environ 4,8 MW. Même si on considère un seul vaisseau, cela représente 2,4 MW, ce qui est colossal. Cette estimation doit cependant être considérée avec prudence, car il existe d'autres procédés pour obtenir du méthane et extraire de l'eau, et des économies d'échelle sont probables. Malgré tout, cela indique un ordre de grandeur. La question est ensuite de savoir quels sont les moyens permettant de produire une telle quantité d'énergie.

L'étude de Cooper et al (référence [3]) fournit des éléments de réponse. Fondamentalement, il n'existe que deux options pour produire de l'électricité sur Mars, la première est basée sur le nucléaire et la deuxième sur les panneaux photovoltaïques couplés à un système de stockage, batteries, piles à combustibles ou autres. De manière un peu surprenante, ces deux méthodes ont pratiquement les mêmes ratios concernant le nombre de watts produits par kilogramme de système acheminé sur Mars, typiquement de 20 à 25 Watts par kilogramme. Autrement dit, pour produire 2,4 MW, il faut acheminer un réacteur nucléaire qui pèserait de l'ordre de 100 tonnes, ou d'immenses rouleaux de panneaux photovoltaïques déployables associés à un système de stockage dont la masse totale serait également de l'ordre de 100 tonnes. Or, il n'est pas prévu que les Starship cargo soient uniquement consacrés à l'acheminement des systèmes énergétiques. En outre, le déploiement de tels systèmes de manière automatique serait extrêmement fastidieux, d'autant plus que la baie de stockage des Starship est positionnée à plusieurs mètres de hauteur, ce qui complexifie la phase de déchargement. L'option la plus simple serait sans doute de considérer un Starship cargo supplémentaire. Et en complément, il faudrait choisir un site d'atterrissage proche d'un gisement de glace facilement exploitable.



Conclusion

La production de méthane et d'oxygène à partir de techniques ISRU est faisable, mais elle reste malgré tout complexe en particulier dans le scénario de Space X, où la quantité d'ergols à produire est phénoménale. La problématique de masse des systèmes énergétiques et la complexité de leur déploiement sont clairement des obstacles qu'il sera difficile de surmonter. Gageons cependant que si aucune solution claire n'était trouvée, les ingénieurs de Space X n'hésiteraient pas à changer radicalement d'approche. Ils l'ont déjà fait par le passé (par exemple en abandonnant les matériaux carbone composite au profit de l'acier). Comme le dit Elon Musk, l'erreur classique des ingénieurs est de chercher à optimiser un système complexe, alors qu'il est possible de se passer du système en question. Affaire à suivre donc.



Vie de l'Association

Cher(e)s membres,

L'année 2023 met en avant de nombreux projets florissant autour de l'exploration humaine de l'espace, qui nous l'espérons, nous permettra de créer les fondations conduisant vers la planète rouge.

L'APM était présent au Festival de Science-fiction « Les Myceliades » à Angoulême le 11 février 2023. Philippe Clermont a fait une conférence sur le thème de «L'Homme sur Mars : quelles Perspectives ?».

Se tournant vers la jeune génération qui est le futur de l'Exploration Spatiale, l'Association Planète Mars soutient de nombreux projets étudiants. Nous souhaitons mettre à l'honneur parmi les projets en cours :

Production d'acier en conditions Martienne

Deux groupes d'étudiants ingénieurs travaillent la production d'acier en conditions Martienne, encadrés par Lucien Bildstein et Richard Heidmann. Trois élèves des Mines de Nancy construisent dans les laboratoires de l'Université de Lorraine un four pédagogique à l'échelle du gramme, pour étudier comment réduire la poudre d'oxyde de fer à l'aide de l'hydrogène qui pourrait être obtenue à partir des glaces martiennes. Cinq élèves de la filière Espace de l'ESTACA travaillent à dimensionner et déterminer les besoins en énergie et matériaux d'une unité de production d'acier à l'échelle de la tonne, permettant de couvrir les besoins d'une colonie Martienne avancée à partir des matériaux locaux.

Energie pour les ergols du Starship

Dans le cadre des projets d'étudiants des Classes Préparatoires de l'Université de Bordeaux (CPBX), Jean-Marc Salotti a proposé l'étude des moyens de production d'énergie sur la surface martienne pour alimenter les systèmes de production d'ergols du Starship de SpaceX. Deux étudiants ont démarré ce projet récemment (voir l'article de ce bulletin). Leur rapport est attendu en mai 2023.

Par ailleurs, l'Association Planète Mars a monté en 2022 une série de webinaires dans lesquels nous avons eu le plaisir de recevoir régulièrement des invités pour parler de Mars. Nos invités sont des



experts internes ou externes à notre Association, et viennent partager avec vous leurs dernières avancées. Notons en particulier les webinaires suivant:

- Le 12 mars 2022 : « Vers une expansion chinoise vers Mars et le système solaire » par Philippe Coué.
- Le 21 avril 2022 : « Fondation, une cité Etat martienne entre la glace et le feu » par Michel Lamontagne.
- Le 31 Mai 2022 : « Les plantes: passage obligé pour l'exploration martienne » par Lucie Poulet.

Tous nos webinaires sont disponibles en replay sur notre chaine Youtube Association Planete Mars ici : <https://www.youtube.com/user/AssoPlaneteMars>

Pour être informé(e)s des prochains évènements organisés par l'Association, inscrivez-vous à la newsletter APM : <http://eepurl.com/gMKVX5>

Retrouvez les défis à relever pour aller sur Mars dans notre livre "Embarquement pour Mars : 25 défis à relever" avec la préface par Thomas Pesquet :

<https://www.amazon.fr/Embarquement-pour-Mars-défis-relever/dp/2916831479>

Vous pouvez soutenir notre Association en devenant membre :

<https://planete-mars.com/devenir-membre/>

Prenez soin de vous et en avant Mars!

Aline Decadi

Responsable communication APM