

# Propulsion nucléaire : la route ouverte vers Mars !

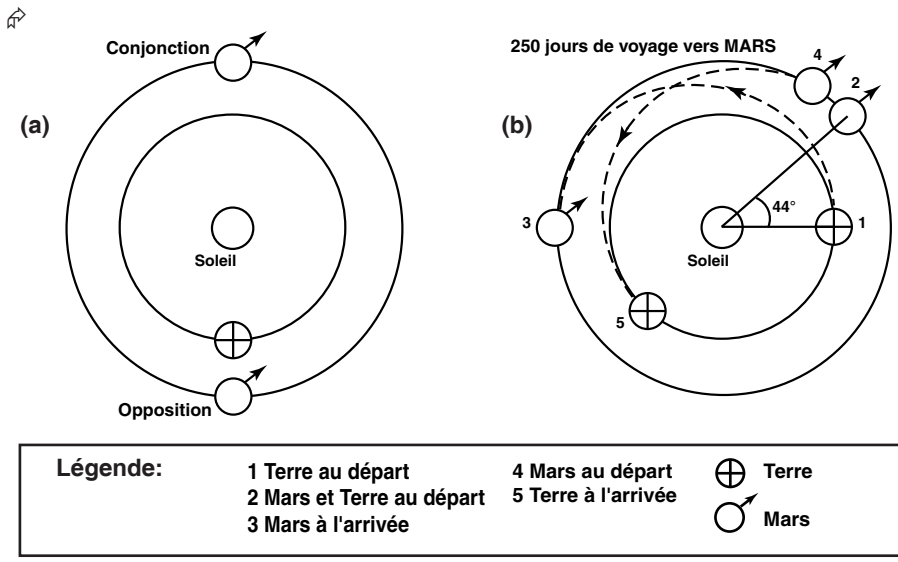


**PHILIPPE JAMET**

**S**elon Pascal Pempie, chargé de l'évolution technique à la division des lanceurs du CNES, « Un delta-V très important est nécessaire pour un voyage vers Mars, notamment pour un trajet rapide. La charge utile à faire atterrir à la surface dans le cas d'une exploration humaine est également très importante : entre 20 et 30 tonnes. Ces deux aspects nécessitent un système propulsif très efficace en particulier avec une impulsion spécifique et une poussée élevées. De ce point de vue, la propulsion nucléaire est un candidat intéressant. » L'exploration de la planète Mars à propos de laquelle réfléchissent depuis des années des scientifiques visionnaires redevient de plus en plus d'actualité, après la décevante Space Exploration Initiative de George Bush père, du fait qu'il existe de plus en plus de présomptions selon lesquelles non seulement la vie aurait existé dans le passé sur la planète rouge mais y existerait encore sous forme primitive

dans des écosystèmes particuliers liés à la présence de glaces souterraines et peut-être d'eau liquide dans le sous-sol. Parmi ces présomptions sur la présence de microorganismes vivants, notons la présence de méthane dans l'atmosphère au dessus de régions particulières soupçonnées de contenir des quantités importantes de glaces (méthane détecté par la sonde européenne Mars Express), celle de carbonyle de fer (les liaisons carbonyle sont la marque incontestable de l'existence de processus vivants) et de magnétite dans la fameuse météorite martienne ALH84001. Certains scientifiques de renom comme Gilbert Levin, Patricia Straat et Imre Friedman pensent que la vie existe actuellement sur Mars et justifient l'envoi d'une importante mission habitée (complétée par des robots) du fait de la supériorité de l'homme sur le robot en cas de conditions imprévues et de phénomènes non répétitifs. A part ces raisons scientifiques, il existe d'autres justifications tout aussi importantes. Il est donc urgent que nous entreprenions ce projet aussi pour des raisons économiques et technologiques : il y

a en effet certaines catégories de problèmes techniques et économiques spécifiques à une économie limitée au cadre terrestre que nous ne résoudrons pas sur Terre sans avoir recours à certains des sous-produits scientifiques et économiques d'un projet de colonisation de Mars. Selon Marsha Freeman, spécialiste en matière spatiale de notre confrère *21<sup>th</sup> Century Science and Technology*, « Au cours de ce millénaire, avec un ensemble de stations spatiales et l'industrialisation de la Lune, la route vers Mars sera ouverte. Notre planète voisine peut devenir une seconde Terre et la base pour la migration de la civilisation humaine en provenance de sa terre originelle. Contrairement à la Lune, Mars possède une atmosphère. Le défi sera de créer les conditions pour la survie et l'expansion de la vie. La terraformation de Mars produira les technologies rendant possible l'amélioration de notre planète Terre. Pour cultiver des aliments sur Mars, traiter des matières premières et établir des capacités industrielles, développer des technologies de propulsion avancées pour poursuivre



**LA FENÊTRE DE LANCERMENT VERS MARS ET LES ORBITES D'HOHMAN :**

En raison de la durée du voyage, le vaisseau spatial doit partir un peu avant que les planètes arrivent au point d'opposition (a) (où la Terre et Mars sont à leur plus petite distance). Le temps que le vaisseau arrive, Mars et la Terre se déplaceront le long de leur orbite. La révolution de Mars autour du soleil durant presque deux années terrestres, le voyage vers Mars n'est économiquement possible qu'à ce rythme. En 1925, le Dr Walter Hohmann conçut les orbites de transfert à énergie minimum montrées en (b). L'équipage part lorsque la Terre est à 44° en avant de Mars (2) sur son orbite. Les astronautes intersectent Mars sur son orbite au point (3) après avoir voyagé 255 jours. Après une durée de séjour sur Mars supérieure à 1 an, les astronautes quittent l'orbite de Mars (4) et reviennent sur la Terre 250 jours plus tard au point (5).

Les orbites sont simplifiées en (a) comme des cercles et non comme des ellipses.

l'exploration du système solaire et sa colonisation, changer l'atmosphère et le climat martien, la science doit repousser les frontières des technologies sur les plasmas, les énergies dirigées et la biophysique optique ». Selon Lyndon LaRouche : « Arrêter la date de la colonisation de Mars devrait attendre que nous ayons commencé à maîtriser 4 domaines concernant de nouvelles percées physiques : la fusion thermonucléaire contrôlée comme source primordiale d'énergie utilisée, les lasers et d'autres formes de pulsions électromagnétiques cohérentes comme outils de base, de nouveaux développements dans la science biologique du type qui surgit maintenant autour de la biophysique optique et des systèmes informatiques plus compacts, plus puissants pour nous aider dans la manipulation de ces nouvelles technologies physiques ». On ne peut qu'acquiescer à ces assertions à condition, toutefois, de considérer qu'il ne faut pas attendre l'arrivée de ces nou-

veaux développements scientifiques et technologiques pour organiser un débarquement important et fort bien doté en moyens d'investigation et en moyens de propulsion plus classiques et plus accessibles que la fusion. Dans le numéro 101 de cette revue, nous avons souligné combien était fort le mouvement de retour vers le nucléaire spatial et estimé qu'une dizaine d'années seraient suffisantes, si les politiques le veulent bien, pour nous doter de propulseurs nucléothermiques et nucléoélectriques capables d'emmener un équipage de 5 à 6 hommes vers la planète Mars. Laissons de côté le projet peu crédible de Robert Zubrin (Mars Society NdR), même s'il est très accessible financièrement, en considérant qu'il ne faut pas faire de funambulisme technologique et qu'il est nécessaire de présenter des propositions crédibles. Le problème posé par Mars vient du fait qu'elle est plus éloignée que la

Lune (distance moyenne par rapport à la Terre de 356 000 kilomètres). Mars est au plus proche de la Terre à 56 millions de kilomètres (ce qui se produit tous les deux ans). Pour qu'une mission habitée martienne soit crédible, il faut que notre vaisseau soit lancé lorsque les deux planètes forment un angle de 44 degrés avec le Soleil afin que le vaisseau habité puisse se trouver 6 mois plus tard en trajectoire d'intersection avec la planète Mars qui orbite plus lentement que la Terre autour de notre étoile. L'éloignement de Mars, outre d'impératives lois de mécanique céleste à respecter, implique également des conséquences sur le niveau requis des moyens de lancement, la stratégie à suivre dans ce domaine, la masse des ergols à transporter et la masse du matériel scientifique et de survie indispensables à la réussite de l'expédition. Il faut y ajouter une importante quantité de matériel indispensable pour traiter les matières premières martiennes et préparer le retour après que l'équipage soit resté un peu moins de 500 jours à opérer sur la planète rouge. Même si cela est possible, au prix d'un projet pharaonique, le lancement direct à partir de la Terre est à proscrire et les plus sérieux scénarios impliquent comme solution l'assemblage du vaisseau martien en orbite terrestre. Nous pensons qu'un assemblage dans l'espace à partir de produits finis et semi-finis lunaires serait judicieux...

Ce choix d'un assemblage de grands vaisseaux martiens en orbite terrestre fût, dans le passé, soutenue par Von Braun et, pendant un certain temps, par Krafft Ehrlicke qui peu à peu marqua sa préférence pour une solution lunaire. Actuellement les bénéfices apportés par l'assemblage en orbite terrestre d'un vaisseau martien sont défendus, entre autres, par Megham Campos, de l'Université du Colorado à Boulder, qui préconise que les éléments assemblés en orbite terrestre soient lancés par deux variantes de HLLV (Heavy Lift Launch Vehicle) permettant respectivement l'emport de 150 et 200 tonnes en orbite basse. Les études montrent que la solution 200 tonnes est la plus économique mais le point faible du scénario est que le transport des équipages vers l'orbite basse était dévolu à la navette mono-étage totalement récupérable X33-Venture Star de Lockheed Martin qui a été abandonné en 2002 par la NASA. Parmi les nombreux scénarios

existants, le plus crédible nous semble celui de Stanley Borowski, Leonard Dudzinski et Melissa Mc Guire du centre de recherches Glenn, connu sous le vocable « Bimodal Nuclear Thermal Rocket NTR, Propulsion for Power-Rich Artificial Gravity, Human Exploration Missions to Mars ». Vers la fin des années 90, un certain nombre d'études relatives à l'exploration de Mars ont été effectuées par la NASA. Elle a envisagé une mission segmentée impliquant un prédéploiement à la surface de la planète rouge. Un cargo amènerait du matériel par parachutage. Suivrait une mission pilotée impliquant un long séjour à la surface, d'un peu moins de 500 jours au prix d'un temps de transit de 6 à 7 mois. Dans le cas d'une mission d'atterrissage humain à la surface était étudié également un véhicule qui permettrait à celui-ci de se détacher du vaisseau martien CTV et d'y retourner une fois les objectifs scientifiques accomplis. Une étude de référence de la NASA envisage l'utilisation d'un étage consommable propulsé par des moteurs nucléothermiques afin de placer le véhicule sur sa trajectoire vers Mars. Néanmoins, dans un memorandum technique publié fin 1998, Stanley Borowski et ses collaborateurs se montraient très critiques envers la NASA en soulignant que l'usage du moteur NTR constituait une « utilisation coûteuse et inefficace » de cet étage à hautes performances. A la place ils proposaient une famille de véhicules modulaires à moteurs nucléothermiques double mode qui disposeraient d'un étage central commun propulsé par 3 moteurs de 6800 N de poussée. Ils produiraient aussi 50 kw de puissance électrique pour le système d'alimentation en oxygène de l'équipage et pour d'autres instruments à bord du vaisseau. Celui-ci serait assemblé en orbite basse à partir d'éléments lancés par des dérivés cargo de la navette comme Magnum ou le SDHLV capables de placer 80 tonnes en orbite basse où serait intégré le propulseur nucléaire NTR. L'avantage de la conception de mission martienne de l'équipe Borowski est qu'il faut un minimum d'éléments différents pour le système de transport, la masse initiale en orbite basse est réduite et les opérations spatiales sont simplifiées : les ingénieurs du centre Glenn ont élaboré une option tout MIR en utilisant un moteur et d'autres composants standardisés. Avec cette approche

modulaire, la sécurité et la souplesse sont améliorées, la conception des véhicules et leur assemblage sont simplifiés et les coûts réduits.

La première étape de ce vol habité consiste à livrer l'étage central commun nucléothermique en orbite basse par le SDHLV. A peu près 30 jours plus tard, un second lancement de SDHLV livrera sur la même orbite (où se fera le rendez-vous et la jonction avec l'étage central) une armature de structure en forme de poutre, un réservoir de propergol, un module habitat et des réserves de bord. Puisque l'étage nucléaire possède des performances supérieures aux systèmes de propulsion chimique, il sera possible de diminuer le risque de la mission pour l'équipage en embarquant une seconde capsule de retour. Ainsi il en disposera d'une en réserve. Le moteur nucléaire double mode, qui restera en orbite autour de la planète rouge après que le module d'atterrissage aura posé l'équipage et le fret à la surface, pourra produire de l'électricité pour des fonctions orbitales telles que les communications avec la Terre. Il procurera aussi l'énergie nécessaire à l'étage pour le retour de l'équipage à la fin de son séjour martien. Mais Borowski et ses collaborateurs ne se sont pas contentés d'un choix optimum en matière de propulsion. Ils ont tenu compte des inconvénients de vivre environ 900 jours avec une gravité réduite dont environ 500 jours sur Mars dont la gravité est égale à 38% de la gravité terrestre.

Le dessein de produire sur le CTV une gravité artificielle capable de contrebalancer les éventuels effets dommageables sur le plan physiologique d'une gravité zéro a influencé la conception de la propulsion par concept bimodal-NTR qui est une extension, à un niveau plus élevé, des navettes lunaires étudiées par Borowski et ses collaborateurs. Avec sa haute impulsion spécifique (Isp allant de 850 à 1000 secondes) et son haut niveau de poussée, le NIEZ martien a également montré sa faisabilité : de tous les projets martiens actuellement étudiés, le système bimodal NTR apparaît comme le plus prometteur pour la future exploration humaine concernant des missions vers la Lune, Mars et les astéroïdes géocroiseurs. Une des raisons donnant un avantage à ce concept tient à la quantité relativement modique d'uranium 235 consommée durant les manoeuvres

de propulsion principales d'une mission caractéristique martienne. Dans le cadre de cette mission l'engin est configuré pour être propulsé par deux moteurs de poussée dont la matrice fournit également une source d'énergie électrique conséquente pour les fonctions et sous fonctions du vaisseau : toutes ces caractéristiques font du bimodal NTR la base permettant la mise en oeuvre efficace d'une solution de capture par Mars du CTV. Un étage « coeur commun » bimodal NTR(BNTR) peut fournir une poussée de 7 500 tonnes tout en fournissant 50 kw de puissance électrique pour le support vie de l'équipage, le système de réfrigération active assurant à long terme le maintien permanent à la température requise du réservoir de stockage d'hydrogène liquide. Pour ce qui concerne le pilotage du CTV, l'étage central bimodal est connecté au module gonflable contenant l'équipage par le biais d'une poutrelle qui peut être actionnée par un cric et capable de rotation pour une longueur approximative de 22 mètres. Le CTV peut amorcer une rotation du véhicule de 4 révolutions par minute pour fournir à l'équipage du Transhab une gravité comparable à la gravité martienne durant tout ou partie du voyage aller. Lorsque, après la mission effectuée sur Mars, l'équipage retourne dans le Transhab, un haut niveau de rotation de 6 tours par minute produit 0,86 G pour, pendant tout ou partie du voyage retour, aider à réadapter l'équipage à la gravité terrestre après presque 500 jours sur la planète rouge. En addition de la fourniture d'une gravité artificielle et d'une énergie abondante pour l'équipage, l'architecture des véhicules de transfert faisant appel au système BNTR permet une plus basse masse de lancement et une plus grande charge utile rendant non compétitifs les systèmes chimiques non nucléaires ou une option comme la propulsion solaire électrique. Les concepts proposés par Borowski et ses collaborateurs représentent la solution à moyen terme la plus crédible pour la conquête de Mars mais, si l'on fait un peu de prospective, à long terme apparaissent aussi des voies plus prometteuses comme l'utilisation de la Lune comme tremplin vers la planète rouge et la propulsion par fusion nucléaire : nous aborderons ces sujets dans deux prochains articles. ■