

nantes et son climat inhospitalier, sera vraisemblablement exploré par une combinaison d'hommes et de machines. Pascal Lee et ses collègues du Centre Ames de la NASA préparent cette exploration en étudiant le cratère Haughton, dans le Nord canadien. Dans ce désert glacé, ils testent les techniques qui seront utilisées par les futurs explorateurs de la planète rouge. Dans leur quête d'échantillons, P. Lee et ses collègues ont parcouru des centaines de kilomètres et gravi d'innombrables affleurements, dont la plupart n'auraient pu être franchis par un robot non spécialisé.

Coopération pour Mars

L'exploration et la découverte sont deux processus itératifs dont seul l'adaptabilité humaine et la mobilité viendront à bout en un temps raisonnable. Cependant, des machines semi-autonomes seront nécessaires pour effectuer les tâches trop laborieuses ou dangereuses pour les hommes, comme les reconnaissances aériennes, la construction de dépôts, de caches et d'abris pour des longues excursions sur le terrain, et le transport et la conservation des grandes quantités d'échantillons que les géologues ramasseront.

Qui se chargera d'envoyer des hommes sur Mars? Le nationalisme n'est pas un moteur suffisant dans ce cas, car l'envoi d'hommes sur Mars est au-delà des possibilités d'un seul pays. En revanche, on peut imaginer qu'un groupe de nations industrialisées cherchera la gloire en allant sur Mars. Ainsi l'exploration de l'espace profiterait d'un «extranationalisme».

On peut également imaginer que des grandes entreprises contribuent à ce genre de projet, afin de se faire de la publicité, de bénéficier des avancées techniques obtenues au cours du projet ou de vendre les droits de retransmission télévisuelle. De nombreuses aventures humaines, des Jeux olympiques au récent tour du monde en ballon, ont bénéficié du soutien d'entreprises privées. Un projet de 350 milliards de francs éclipserait tous les autres. Est-ce trop cher payer pour laisser une marque indélébile dans l'histoire.

Glenn ZORPETTE est journaliste à la revue *Scientific American*.

Comment aller sur Mars

GEORGE MUSSER • MARK ALPERT

Les solutions techniques pour aller sur Mars sont nombreuses. La difficulté sera de choisir la meilleure.

La difficulté d'un voyage vers Mars a de quoi décourager les plus entreprenants : la planète ne s'approche jamais à moins de 80 millions de kilomètres de la nôtre, de sorte qu'un aller et retour prendrait plusieurs années. Les ingénieurs ont des solutions pour envoyer des hommes sur la planète rouge et les faire ensuite revenir sains et saufs, mais le coût d'un tel projet est considérable.

Le coût d'une mission sur Mars dépend essentiellement de la masse du véhicule spatial, car un engin spatial léger nécessite moins de carburant. Ce dernier ne coûte pas cher en lui-même : c'est le coût du lancement en orbite terrestre qui est proportionnel à la masse du véhicule, laquelle est à 80 pour cent constituée de carburant. Tous les projets de missions vers Mars se sont souciés de minimiser la masse du véhicule sans compromettre la sécurité ou l'intérêt scientifique.

En 1952, Wernher von Braun envisageait la construction d'une armada de véhicules spatiaux propulsés par des fusées chimiques classiques ; il estimait que la masse totale au décollage atteindrait 37 200 tonnes. Ne serait-ce que placer une telle flotte en orbite terrestre coûterait des milliers de milliards de francs. Depuis, les ingénieurs ont imaginé des allègements par l'utilisation de fusées nucléaires ou électromagnétiques à meilleur rendement, par la réduction du nombre d'astronautes, par la réduction du niveau de redondance des équipements et par la fabrication du carburant de retour sur Mars (voir la figure 1).

Aujourd'hui, la mission la plus simple, *Mars Direct*, coûterait 100 milliards de francs en frais initiaux, répartis sur une décennie, plus dix milliards de francs par mission (voir *Un direct pour Mars*, page 38). Le projet de la NASA, nommé «mission de référence», reprend plusieurs idées de *Mars Direct*, mais coûte environ deux fois plus cher, avec une sécurité accrue et un équipage plus nombreux (six astronautes au lieu de quatre).

Ce projet envisage trois engins spatiaux : un module automatique de

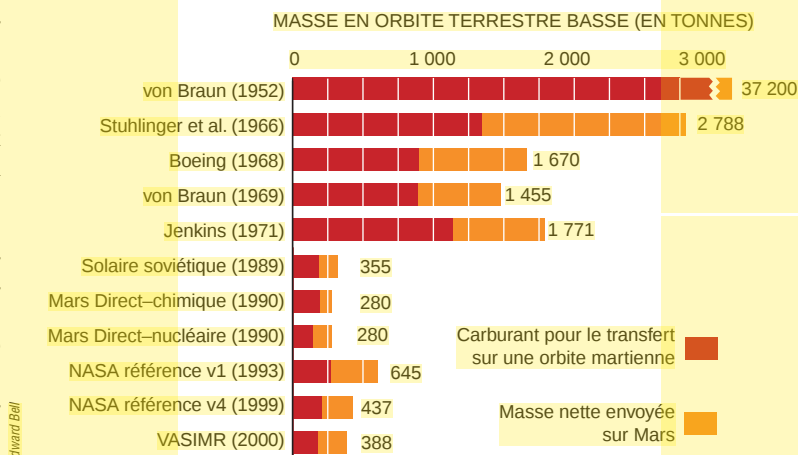
descendraient sur la surface, y resteraient 500 jours, puis repartiraient avec le véhicule ascensionnel. Le module de transfert, qui aurait attendu en orbite, les ramènerait sur la Terre. Tous les 26 mois partirait un nouveau trio d'engins spatiaux, afin de construire finalement une base permanente.

Un tel programme coûterait moins cher que la Station spatiale internationale ou que le programme *Apollo*. Toutefois, la NASA ayant la réputation de dépasser ses budgets, de nombreux partisans des missions vers Mars se sont réunis dans diverses organisations, comme l'Association Planète Mars (*Mars Society*), afin de mettre au point d'autres projets.

Le plus avancé est celui qui émane de *ThinkMars*, un groupe d'étudiants de l'Institut de technologie du Massachusetts et de l'Université Harvard. Ce groupe propose la création d'une société à but lucratif pour gérer le projet Mars, en sous-traitant les diverses tâches à des sociétés privées et aux

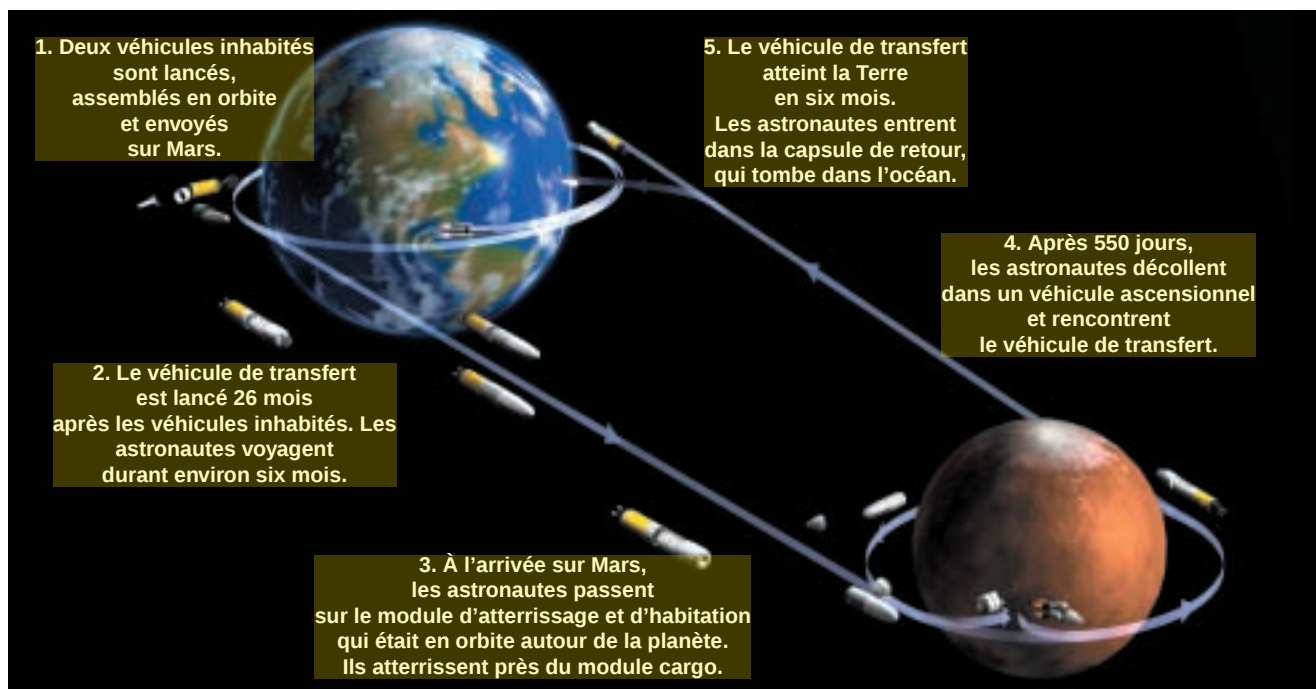
centres de recherche de la NASA. Les gouvernements de différents pays achèteraient des places ou de l'espace pour des expériences à prix réduit. Le reste du financement proviendrait de la vente de publicité, de droits de retransmission télévisuelle et de brevets issus des recherches.

Après avoir montré qu'une mission habitée est techniquement faisable, les partisans de ce type d'opérations cherchent aujourd'hui à convaincre les contribuables, les élus et les industriels.



1. LA MASSE DES ENGINS des missions proposées pour atteindre Mars, déterminante pour le coût, a progressivement diminué. Chaque estimation de la masse d'une mission, donnée au départ pour une orbite terrestre basse, inclut l'équipage et les vols nécessaires pour une équipe d'astronautes (véhicule de l'équipage, cargo, carburant, etc.).

matériel qui dépose un véhicule ascensionnel et une usine de carburant à la surface de Mars ; un module habitable inoccupé, qui se place en orbite martienne ; et un module de transfert de l'équipage, qui, une fois les deux premiers arrivés à destination, se mettra en route lorsque Mars et la Terre seront à nouveau alignés, 26 mois après les premiers lancements. Le module de transfert emmènerait les astronautes vers Mars et s'amarrerait au module habitable. Les astronautes changeraient de vaisseau,



Alfred T. Komajian

2. LA MISSION de référence de la NASA.

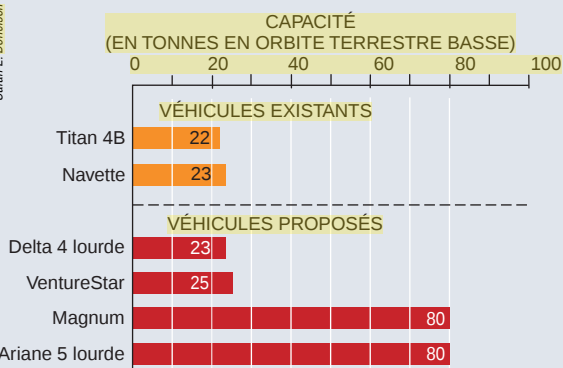
Lancement et assemblage

Toute expédition pour Mars commence par le lancement du véhicule spatial en orbite terrestre basse (à une altitude de 200 à 500 kilomètres). Le problème principal est que tout engin habité à propulsion chimique doit avoir une quantité énorme de carburant pour aller jusqu'à Mars, de sorte qu'il sera extrêmement lourd : au moins 130 tonnes, peut-être même le double. Aucun lanceur spatial actuel ne place une telle masse en orbite. Les navettes spatiales et les fusées de grande capacité, tel *Titan 4B*, emportent des charges utiles de 25 tonnes au maximum. De surcroît, avec des coûts actuels de lancement par la navette qui atteignent 100 millions de francs par tonne, le coût d'un engin spatial pour Mars est prohibitif.

Les sociétés aérospatiales mettent au point des fusées plus rentables et des lanceurs réutilisables, mais aucun n'entrerait en orbite une charge utile de 130 tonnes. La fusée *Saturne 5* de l'époque d'*Apollo* ferait l'affaire, tout comme la fusée russe *Energia*, mais les lignes de fabrication de ces lanceurs ont été démantelées. Selon toute vraisemblance, le véhicule spatial martien devra être lancé par étapes, puis assemblé en orbite, de préférence grâce à des manœuvres d'amarage commandées à partir de la Terre. Une navette spatiale transporterait ensuite l'équipage jusqu'au véhicule assemblé.

Afin de minimiser le nombre de lancements et de rendez-vous en orbite, les ingénieurs de la NASA ont conçu une fusée, nommée *Magnum*, qui emmènerait 80 tonnes en orbite. Ainsi, deux lancements suffiraient pour le déploiement du véhicule pour Mars (le diagramme ci-contre compare les lanceurs). La fusée *Magnum* utiliserait

Sarah L. Donelson



LES LANCEURS ACTUELS sont insuffisants pour assurer une mission humaine sur Mars. Propulser un vaisseau de 130 tonnes en orbite terrestre nécessiterait six lancements d'*Ariane 5*, de *Titan 4B*, d'une navette spatiale, de *Delta 4 Heavy* ou de *VentureStar*, mais seulement deux lancements de la fusée *Magnum* ou d'*Ariane 5* version lourde.

les mêmes pas de tir et les mêmes fusées d'appoint à poudre que les navettes spatiales. Ces dernières pourraient être attachées à une nouvelle fusée bi-étage équipée de trois moteurs RD0120, de conception russe. La fusée *Magnum* emporterait une charge utile de 28 mètres de long, et le revêtement de l'étage supérieur de la fusée servirait également d'écran thermique pour le véhicule martien. La réutilisation de matériel existant réduirait le coût de cette fusée : environ 12 milliards de francs pour la conception et 12 millions de francs par tonne de charge utile à chaque lancement (des coûts dix fois inférieurs à ceux de la navette spatiale).

Par ailleurs, on peut construire un lanceur encore plus puissant à partir des composantes de la navette spatiale. *Ares*, ce nouveau lanceur, utiliserait un moteur d'étage supérieur à forte poussée pour placer le véhicule habité directement sur une trajectoire vers Mars.

En Europe, le Centre national d'études spatiales a étudié en 1991 une version lourde du lanceur *Ariane 5* : quatre boosters au lieu de deux, cinq moteurs SNECMA *Vulcain* au lieu d'un sur le corps central, un deuxième étage cryotechnique équipé d'un moteur *Vulcain*. Cette fusée serait capable de mettre plus de 80 tonnes en orbite basse et d'envoyer 26 tonnes vers Mars. Ce lanceur a plutôt été dimensionné pour des opérations lunaires, mais il entre dans la catégorie des lanceurs lourds susceptibles d'utilisation pour les opérations martiennes. Sa charge utile pourrait être nettement plus élevée, compte tenu des améliorations qui seront apportées aux éléments du lanceur *Ariane 5* d'ici là.