

## L'environnement martien

Si les astronautes débarquent un jour sur Mars, ils percevront immédiatement les différences avec la Terre : la faible gravité de la Terre modifiera leur démarche. La cadence de la marche étant gouvernée par la gravité (comme la cadence d'un pendule), la vitesse de progression des astronautes sera environ 60 pour cent de celle qu'ils auraient sur Terre, tout en brûlant le même nombre de calories.

Dans l'atmosphère ténue de Mars (équivalente à celle de la Terre à une altitude de 35 kilomètres), la température et la pression varient vite et beaucoup, mais les caractéristiques météorologiques sont généralement uniformes. Bien que le vent atteigne 100 kilomètres par heure, la force qu'il exerce est faible, en raison de la faible densité de l'atmosphère. Les astronautes verraient du brouillard, du givre et de minces nuages bleus tôt le matin. Le ciel change de couleur selon le lieu et le moment de l'observation. Le lever et le coucher du Soleil sont bleus ; sinon, le ciel est couleur caramel. La lumière crée des illusions d'optique. En raison de la proportion variable de lumière solaire directe et d'une lueur indirecte des cieux, la couleur des roches diffère selon l'heure de la journée (voir ci-dessus).

Mars est ennuyeusement plate. Les Pics jumeaux, sur le site de *Mars Pathfinder*, ont à peine 50 mètres d'altitude et sont pourtant clairement visibles à un kilomètre de distance. Même le mont Olympe, la plus haute montagne du Système solaire, avec ses 22 kilomètres d'altitude, ne présente qu'une pente moyenne de quelques pour cent. La topographie devient plus intéressante sur les bords de *Valles Marineris*, une région de gorges et de canyons.

En raison de l'absence de relief, les astronautes verraient que Mars est plus petite que la Terre : la distance à l'horizon est proportionnelle à la racine carrée du rayon de la planète. Deux personnes de 1,70 mètre se verraient à une distance de sept kilomètres. L'horizon est également la limite des communications radio directes sur Mars, qui est dépourvue

d'ionosphère. Les astronautes auraient besoin de satellites relais.

Les poussières martiennes pourraient gêner considérablement les astronautes qui séjourneraient sur la planète rouge. Mars est couverte de poussières d'environ deux micromètres de diamètre, comparables aux particules de la fumée de cigarette. La poussière collerait aux combinaisons spatiales, rayerait les visières des casques, provoquerait des courts-circuits électriques, décaperait les instruments et encrasserait les moteurs. Sur la Lune, également très poussiéreuse, les combinaisons fuyaient après deux jours d'utilisation. De surcroît, les analyses de la sonde *Viking* indiquent que les particules sont enrobées de produits chimiques corrosifs tel le peroxyde d'hydrogène. Bien qu'en faible concentration, ces composés détérioreraient lentement les joints en caoutchouc.

Si une petite proportion des particules est constituée de quartz, comme le laissent supposer les résultats de *Mars Pathfinder*, une autre menace pèse sur les astronautes : la silicose, une maladie pulmonaire qui tue chaque année plusieurs milliers de mineurs et d'ouvriers du bâtiment. Pour conserver leur habitat exempt de poussières, les astronautes devraient se nettoyer soigneusement avant d'y entrer. Cela ne serait pas facile : aimantées et chargées électriquement, les poussières collent partout. Les astronautes pourraient porter des combinaisons constituées de deux couches, dont la couche externe serait laissée dans un sas spécial, hors de la cabine principale.

Enfin la production d'électricité pâtirait également de ces poussières.

Sur *Mars Pathfinder*, la production de courant des panneaux solaires diminuait de un pour cent tous les trois jours, à mesure que de la poussière s'y accumulait. Une tempête de poussière réduirait de moitié la production de courant. C'est pourquoi une mission pourrait nécessiter un réacteur nucléaire de 100 kilowatts.

Les microbes qui accompagneraient inévitablement les astronautes sur Mars compliqueraient la recherche de vie martienne. Inversement, d'éventuels organismes martiens risqueraient d'arriver vers la Terre, au retour d'une mission. Ces organismes ne provoqueraient probablement pas de maladies chez l'homme ou chez d'autres espèces (la plupart des biologistes pensent qu'ils seraient trop différents des formes de vie terrestres), mais le risque d'une catastrophe globale n'est pas nul. La NASA étudie un système de bio-isolément pour les échantillons rapportés, mais la décontamination des astronautes est impossible. Durant le programme *Apollo*, les quarantaines étaient contraignantes, controversées et pas infaillibles. En 1992, les experts ont recommandé que l'on établisse l'existence de vie active ou dormante sur Mars avant d'y envoyer des astronautes ; ainsi les astronautes sauraient quelles régions de la planète peuvent être explorées en toute sécurité et quelles précautions ils devront prendre ailleurs pour éviter un contact direct avec une éventuelle forme de vie martienne.

George MUSSEY et Mark ALPERT sont journalistes à la revue *Scientific American*.



**5. YOGI, la roche la plus photographiée par la sonde *Mars Pathfinder* en 1997, a un aspect très différent le matin (à gauche) et l'après-midi (à droite), en raison des variations de la lumière martienne.**

# Un direct pour Mars

ROBERT ZUBRIN

*Comment réduire les coûts de l'envoi d'astronautes sur la planète rouge.*

« L'espace est là, et nous allons y monter. » Par ces mots prononcés en 1962, John Kennedy lançait le programme d'exploration de la Lune. Toutefois, pendant plus de 30 ans après l'alunissage d'*Apollo*, le programme spatial américain a manqué de vision cohérente sur ce que devrait être la prochaine étape. Je soutiens que l'exploration humaine de Mars et sa colonisation sont clairement les meilleurs objectifs.

Ce but n'est pas inaccessible. Toutes les techniques nécessaires pour envoyer des hommes sur Mars existent. Nous pouvons atteindre la planète rouge à l'aide d'un vaisseau de taille relativement réduite, lancé par des fusées analogues à celles qui emmenèrent les astronautes vers la Lune voilà plus d'un quart de siècle. La clef du succès est la stratégie qui fut celle de nombreux explorateurs du Globe : voyager léger et utiliser les ressources du pays. La première mission habitée vers Mars pourrait atteindre la planète dans moins d'une décennie. Voici comment se déroulerait cette mission, que j'ai nommée *Mars Direct*.

Projetons-nous dans quelques années, en 2005 par exemple. Un lanceur lourd, d'une puissance équivalente à celle des fusées *Saturne 5* de l'époque *Apollo*, décolle de cap Canaveral, en Floride. Lorsque le vaisseau est suffisamment haut, l'étage supérieur se détache du propulseur usagé, allume son moteur et expédie une charge utile inhabitée de 45 tonnes en direction de Mars.

Cette charge utile est le véhicule de retour qui ramènera les astronautes sur Terre. Ce véhicule transporte six tonnes d'hydrogène liquide, des compresseurs, une unité de traitement chimique automatique, quelques robots automobiles scientifiques de taille modeste, et un petit réacteur nucléaire de 100 kilowatts monté à l'arrière d'un robot automobile plus grand, alimenté par un mélange de méthane et d'oxygène. Le véhicule

a des réservoirs de méthane et d'oxygène pour le retour, mais ils sont alors vides.

Huit mois après le décollage, le véhicule de retour arrive près de Mars, ralentit par «aérofreinage», une technique qui utilise le frottement de son bouclier thermique contre l'atmosphère de la planète. Le vaisseau se place en orbite autour de Mars, puis se pose sur la surface en utilisant un parachute et des rétrofusées. Dès que le vaisseau touche le sol, les ingénieurs du centre de commande sur la Terre pilotent le grand robot automobile et l'éloignent de quelques centaines de mètres. Les contrôleurs de mission activent alors le réacteur nucléaire, qui fournira l'énergie aux compresseurs et à l'unité de traitement chimique.

Dans cette unité, de l'hydrogène apporté de la Terre réagit avec l'atmosphère martienne, composée à 95 pour cent de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) : on obtient de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et du méthane ( $\text{CH}_4$ ). Grâce à cette méthanation locale, inutile d'emporter et d'entreposer de l'hydrogène liquide pour le voyage de retour. Le méthane est liquéfié et entreposé, et les molécules d'eau sont électrolysées, c'est-à-dire dissociées en hydrogène et en oxygène. L'oxygène est conservé pour un usage ultérieur, tandis que l'hydrogène est recyclé par l'unité de traitement chimique, où il crée à nouveau de l'eau et du méthane.

Au total, ces deux réactions de méthanation et d'électrolyse fournissent 48 tonnes d'oxygène et 24 tonnes de méthane, qui seront les carburants du véhicule de retour. Pour assurer une combustion efficace du mélange méthane-oxygène, 36 tonnes supplémentaires d'oxygène doivent être produites, par dissociation du dioxyde de carbone de l'atmosphère martienne.

**1. L'ENVOI D'ASTRONAUTES SUR MARS** permettrait la recherche de signes de vie sur la planète rouge (cartouche supérieure). Dans le projet *Mars Direct*, un véhicule de retour sur Terre se posera d'abord sur la planète, afin de préparer l'arrivée des astronautes, deux ans plus tard (cartouche du milieu). De nouvelles missions auront lieu tous les deux ans, établissant une série de camps de base comme ceux qui sont représentés ici (cartouche inférieure).