

Un autobus entre les planètes

JAMES OBERG • BUZZ ALDRIN

Grâce aux techniques d'assistance gravitationnelle, les coûts des trajets entre la Terre et Mars seraient considérablement réduits.

Gâce aux fusées à propulsion chimique, l'humanité a fait ses premiers pas dans l'espace. L'un de nous (B. Aldrin), porté jusqu'à la Lune par l'une d'entre elles, connaît leurs mérites, mais il sait aussi qu'elles n'emporteront pas les astronautes très au-delà du satellite naturel de la Terre.

Pour emmener un équipage sur Mars à l'aide de moteurs chimiques et en revenir, il faudrait tant de carburant que la plupart des projets envisagent sa production à la surface de Mars. Cette opération complique les mission projetées. Les fusées à propulsion plasmique, bien plus puissantes, n'équiperont sans doute pas de vaisseau habité avant une décennie.

Pourquoi, alors, ne pas accroître l'autonomie des fusées à propulsion chimique en profitant des forces gravitationnelles des corps célestes ? Si l'on faisait passer les engins spatiaux tout près des planètes, le champ gravitationnel de celles-ci modifierait la vitesse de l'engin. On a souvent utilisé cette méthode pour accélérer une sonde lancée vers les planètes du Système solaire qui, autrement, auraient été inaccessibles.

Les contrôleurs de mission commencèrent à employer l'assistance gravitationnelle dans les années 1970. Lors de la mission *Mariner 10*, lancée vers Mercure, on utilisa le champ gravitationnel de Vénus ; *Pioneer 11*, vers Saturne, profita de Jupiter ; et *Voyager 1*, catapulté par le champ gravitationnel prodigieux de Jupiter, erre aujourd'hui dans l'espace interstellaire à la vitesse de 62 000 kilomètres par heure. Même si, entre la Terre et Mars, il n'existe pas d'objets de taille adéquate, la trajectoire entre les deux planètes peut être calculée de manière à bénéficier de leur gravité.

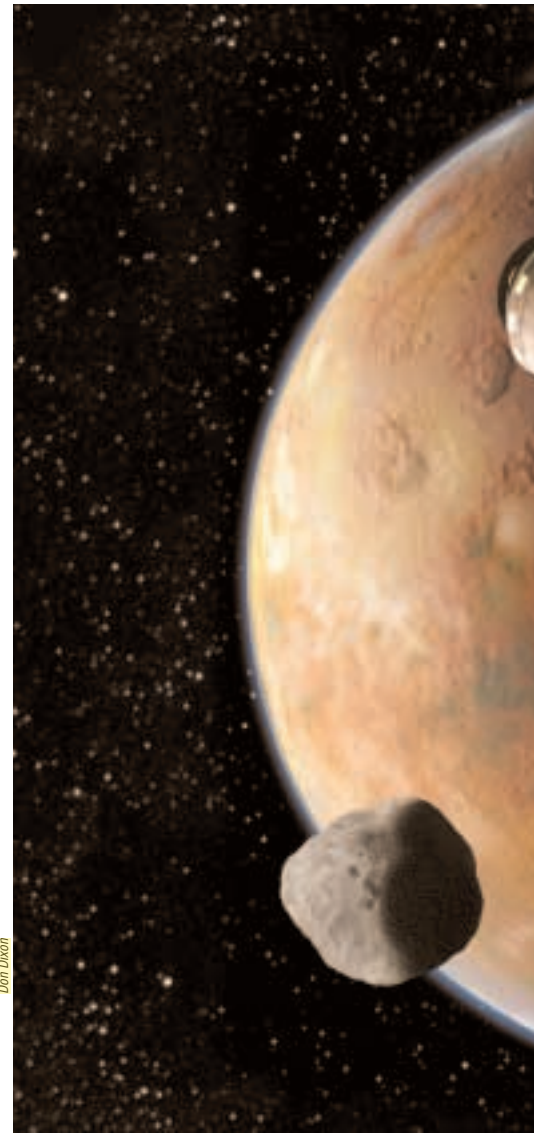
Rebond sur un mur gravitationnel

Une manœuvre d'assistance gravitationnelle s'apparente au rebond d'une balle sur un mur : l'engin spatial est comme la balle, et la planète comme le mur. Dans le cas de la balle, sa vitesse après le rebond augmente ou diminue selon que le mur s'approche ou s'éloigne de la balle au moment du choc. La relation entre les vitesses résulte de la conservation de la quantité de mouvement. La variation de la quantité de mouvement du ballon est égale à la variation inverse de la quantité de mouvement du mur. Si le mur avance vers la balle, la balle prend de la vitesse au mur, qui ralentit un tout petit peu (car il est bien plus massif que la balle).

Ainsi, lors d'une manœuvre d'assistance gravitationnelle, le vaisseau spatial entre en « collision » élastique avec le champ gravitationnel de la planète. Si la planète se meut dans la même direction que l'engin lorsque celui-ci s'approche de la planète, la vitesse du véhicule après « rebond » sera supérieure à sa vitesse d'approche. Comme dans le cas de la balle qui rebondit contre un mur, la quantité de mouvement est conservée : la quantité de mouvement de la planète change autant que celle du vaisseau. Cependant, en raison de l'immense différence de masse, la vitesse de la planète ne varie pas de manière appréciable.

Plus la planète est massive, plus la trajectoire de la sonde peut être modifiée. Jupiter, qui est la planète la plus massive du Système solaire, peut modifier la trajectoire d'une sonde de 160 degrés. Par cette méthode, non seule-

ment les contrôleurs de vol peuvent modifier la vitesse et la direction d'une sonde dans le plan orbital, mais ils peuvent aussi catapulter l'engin dans un plan orbital différent de celui de l'orbite de la planète autour du Soleil (grâce à l'assistance gravitationnelle de Jupiter, la sonde *Ulysse* a quitté le plan orbital des planètes en 1992).



Comment l'assistance gravitationnelle contribuerait-elle à conduire des êtres humains vers Mars? Elle pourrait mettre en mouvement un vaisseau spatial qui fera la navette entre la Terre et Mars. Cet «astrobus», qui ne ralentira pas pour se mettre en orbite autour de Mars, n'aura pas besoin de s'arracher à la planète pour revenir sur Terre : il sera sur une trajectoire cyclique autour des deux planètes. Ce concept est attrayant, car il minimise le recours à des manœuvres propulsives, ce qui diminue les quantités de carburant à emporter.

Des châteaux parmi les étoiles

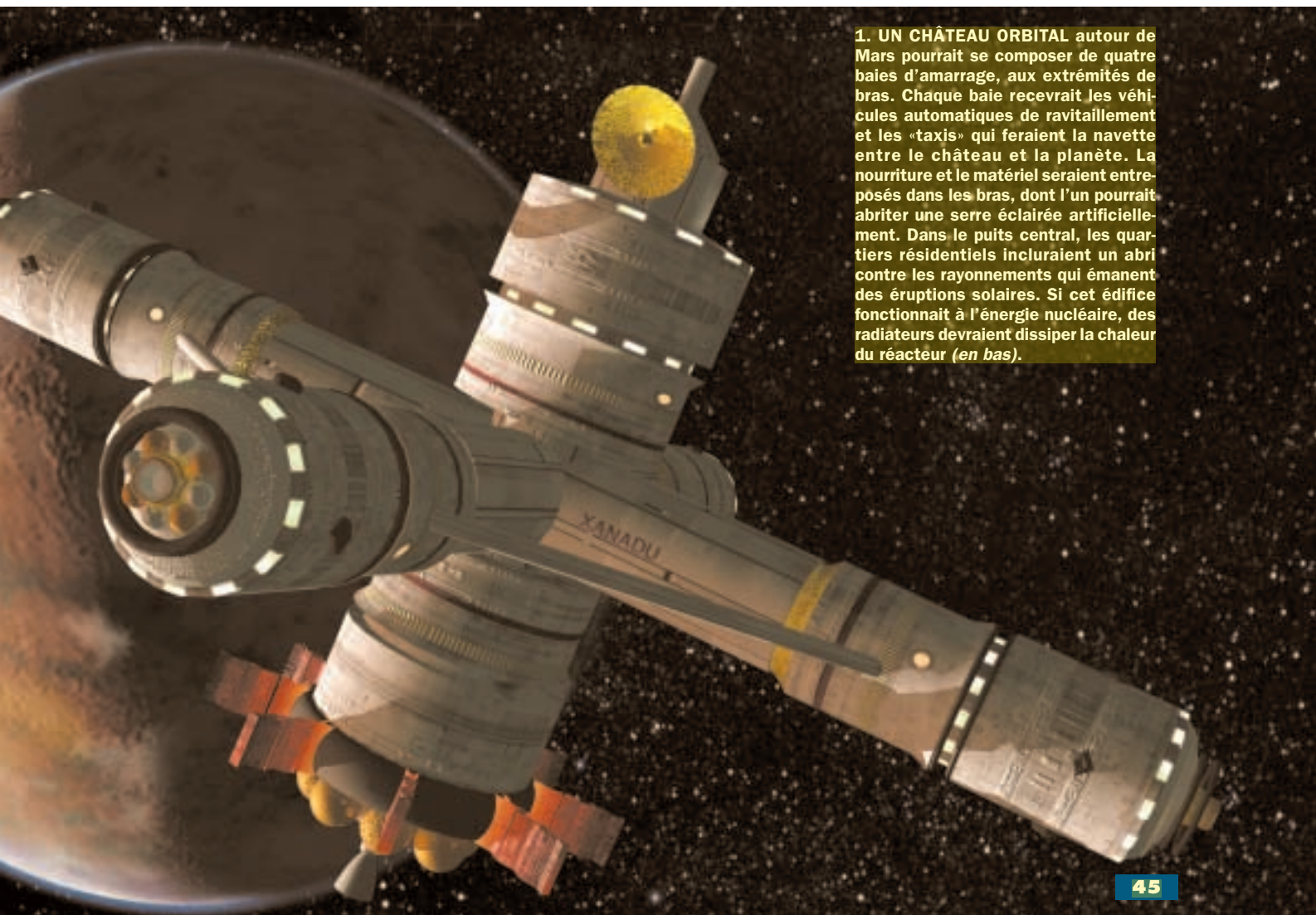
Le concept de l'astrobus date du début des années 1980. Alan Friedlander et John Niehoff, de la Société *Science Applications International*, ont décrit un système où plusieurs stations spatiales (qu'ils nommaient châteaux) occuperaient des orbites héliocentriques qui se rapprocheraient périodiquement de la Terre et de Mars. Les astronautes habiteraient ces châteaux pendant la

croisière interplanétaire, qui durerait au moins deux ans. Lors des rencontres avec Mars ou avec la Terre, les voyageurs utiliseraient des véhicules plus légers – des «taxis» –, pour se déplacer entre un château et la planète. Les châteaux seraient réapprovisionnés à l'aide de fusées propulsées par des moteurs efficaces, tels les moteurs ioniques, mais trop lents pour des passagers humains. Le voyage à bord du taxi entre un château et la planète prendrait moins d'une semaine.

Initialement, J. Niehoff et A. Friedlander avaient prévu que les châteaux tourneraient autour du Soleil, de manière à croiser la Terre environ tous les cinq ans et Mars tous les 3,75 ans. Puis on a trouvé un moyen pour que les astrobus rencontrent la Terre tous les trois ans et Mars tous les 7,5 ans. Aucune de ces orbites ne serait modifiée lors des rencontres planétaires. Une fois placés sur la trajectoire adéquate, ces châteaux suivent leur orbite de manière balistique, sans propulsion ou assistance gravitationnelle. En 1985, B. Aldrin a proposé une

orbite pour l'astrobus qui utiliserait l'assistance gravitationnelle à chaque survol de la Terre. De la même façon que précédemment, ces châteaux tourneraient autour du Soleil. Avec ces orbites, chaque planète est approchée tous les 2,7 ans, et le temps de transit entre planètes ne dépasse pas six mois. Pour maintenir l'astrobus sur cette orbite avantageuse, des phases de propulsion sont nécessaires. Toutefois, comme ces manœuvres n'ont pas besoin d'être particulièrement rapides, elles peuvent être effectuées par des systèmes de propulsion de haut rendement et de faible poussée.

En outre, l'une des manœuvres les plus délicates est obtenue par assistance gravitationnelle. L'intervalle de temps séparant les rencontres entre l'astrobus et Mars n'est pas un multiple exact de l'année martienne. Ainsi, la planète occupe, par rapport au Système solaire, une position différente chaque fois que l'astrobus s'apprête à faire son approche. Pour cette raison, il faut continuellement ajuster l'orbite de l'astrobus pour qu'il croise la planète. En termes techniques,



1. UN CHÂTEAU ORBITAL autour de Mars pourrait se composer de quatre baies d'amarrage, aux extrémités de bras. Chaque baie recevrait les véhicules automatiques de ravitaillement et les «taxis» qui feraient la navette entre le château et la planète. La nourriture et le matériel seraient entreposés dans les bras, dont l'un pourrait abriter une serre éclairée artificiellement. Dans le puits central, les quartiers résidentiels incluraient un abri contre les rayonnements qui émanent des éruptions solaires. Si cet édifice fonctionnait à l'énergie nucléaire, des radiateurs devraient dissiper la chaleur du réacteur (en bas).

les contrôleurs de mission doivent tourner suffisamment la ligne des apsides (la ligne joignant le point de l'orbite le plus éloigné du Soleil à celui le plus proche) de l'orbite de l'astrobus de sorte que la trajectoire coïncide avec la position de Mars lors de la rencontre suivante. Ce décalage peut s'obtenir presque uniquement par assistance gravitationnelle de la Terre.

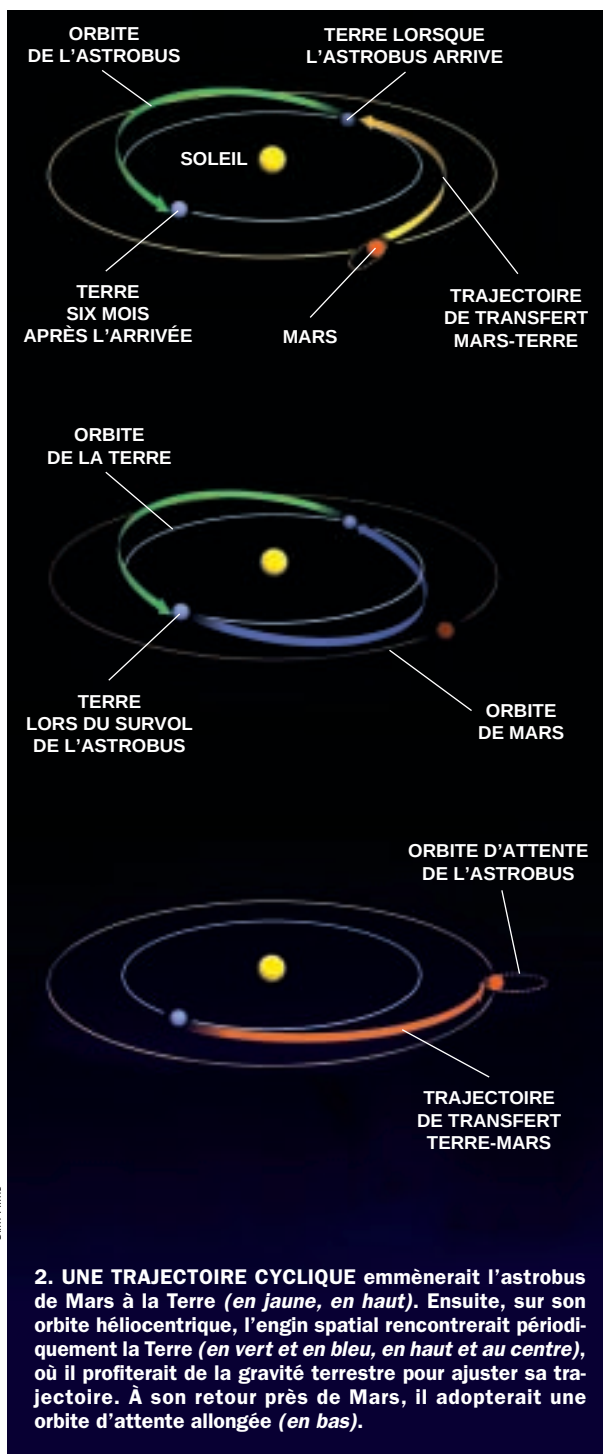
En raison de son orbite allongée, l'astrobus croise la Terre et, surtout, Mars à vitesse relativement élevée. Ce serait gênant si l'on devait freiner l'astrobus massif en vue d'une rentrée atmosphérique. L'utilisation de taxis légers pour aller vers les planètes supprime ce problème.

Quel serait le coût d'une mission fondée sur l'emploi d'astrobus? Les missions de ce genre nécessiteront de nombreuses infrastructures en orbite. Cependant, une fois en place, un astrobus pourra conduire des dizaines, voire des centaines d'astronautes vers Mars.

Des astrobus améliorés

B. Aldrin a affiné ses idées sur les astrobus et sur l'exploration de Mars. Dans son dernier projet, les astrobus suivent des trajectoires qui croisent les planètes à des vitesses inférieures, accordant plus de temps et de flexibilité aux voyages entre l'astrobus et les planètes. Au lieu d'une simple séquence de rencontres alternées Terre-Mars-Terre-Mars, il prévoit un «temps de repos» près de Mars et de la Terre.

Dans ce projet, le passage unique près de la Terre devient une série de rencontres Mars-Terre-Terre-Terre-Terre-Mars (voir la figure 2). Durant la portion terrestre de la trajectoire, l'astrobus demeure sur une orbite héliocentrique, comme la Terre, mais, tous les six mois, il survole la Terre en utilisant le champ gravitationnel de la planète pour ajuster son orbite en vue de la rencontre suivante. Le survol de Mars comporte aussi une période durant laquelle l'astrobus attend que la Terre soit en bonne posi-



Sfr Films

tion pour le retour. La trajectoire se répète tous les 52 mois, laps de temps pendant lequel la Terre et Mars sont deux fois en conjonction.

Pour accomplir les manœuvres de survol bisannuel de la Terre, les contrôleurs profiteraient de la gravité terrestre afin de décaler le plan orbital du vaisseau spatial autour du Soleil vers un autre plan incliné de plus de dix degrés par rapport à celui de la Terre, mais avec la même période orbitale que la Terre (un an). Cette stratégie utilise trois

manœuvres consécutives (ou une rencontre de six mois suivie ou précédée d'une autre rencontre de 12 mois), suivies d'une assistance gravitationnelle vers la partie martienne du trajet. La NASA prévoit d'utiliser la trajectoire de rencontre Terre-Terre de six mois pour la mission *Mars Sample Return* prévue pour 2005 et pour la mission scientifique *CONTOUR* du programme *Discovery*.

L'introduction d'un temps de repos près de Mars présente de nombreuses difficultés. Avec un astrobus de la masse envisagée et avec les vitesses d'approche prévues, Mars n'est pas suffisamment massive pour dévier la trajectoire de l'astrobus ne serait-ce que de dix degrés. Probablement les contrôleurs devront-ils utiliser l'assistance gravitationnelle de Mars, plus une petite phase propulsive, afin de tourner le vaisseau spatial vers le Système solaire interne. Le véhicule rencontrera alors Vénus et exploitera la gravité de cette planète, semblable à celle de la Terre, pour se rediriger en vue d'une nouvelle rencontre avec Mars.

Dennis Byrnes, du Laboratoire de propulsion spatiale de Pasadena, a récemment analysé des options de trajectoire similaires. Il a vérifié la faisabilité d'un système fondé sur trois astrobus qui suivent une trajectoire couvrant trois périodes synodiques (environ 78 mois) avec cinq survols de la Terre, espacés d'un an, entre rencontres martiennes. Un tel système permettrait de faire un voyage de la terre à Mars, ou vice versa, tous les 26 mois.

Les études de l'opportunité de l'astrobus par les spécialistes des missions spatiales ne font que commencer. Grâce à leurs idées, constamment améliorées, il devient probable qu'un jour l'humanité utilisera ce concept remarquablement flexible et robuste pour atteindre la planète rouge, non pas pour un voyage, mais pour une multitude de voyages.

James OBERG et Buzz ALDRIN ont travaillé à la NASA.