

LES AUTEURS



Damon LANDAU et Nathan STRANGE travaillent au Jet Propulsion Laboratory pour la NASA.

✓ BIBLIOGRAPHIE

D. Landau et N. Strange, Near-Earth asteroids accessible to human exploration with high-power electric propulsion, *Conférence des spécialistes en astronautique AAS/AIAA, Girdwood*, 2011.
<http://tinyurl.com/ElectricPath>

J.-R. Brophy et al., 300-kW solar electric propulsion system configuration for human exploration of near-Earth asteroids, *47^e conférence Joint Propulsion AIAA/ASME/SAE/ASEE, San Diego*, 2011.
<http://tinyurl.com/300kWSEP>

E. Choueri, L'essor des moteurs à plasma, *Pour la Science*, n° 379, mai 2009.
http://bit.ly/pls379_plasma

complexité croissante: le rythme pourra s'adapter aux financements. Le principal objectif est que le programme habité reste flexible et qu'il s'appuie sur les techniques mises en œuvre dans le programme d'exploration robotique.

Le rapport de la commission Augustine a déclenché une bataille politique féroce, culminant avec la décision de déléguer une bonne partie de la tâche de lancement des astronautes en orbite à des compagnies privées. La NASA peut maintenant se concentrer sur l'innovation. Mais comment avancer sans le soutien politique et les ressources dont elle jouissait pendant les glorieuses années des missions *Apollo*?

L'exploration robotisée suit une approche progressive: on développe un ensemble de techniques qui permettent de préparer des missions de plus en plus ambitieuses. Au lieu de reposer sur une stratégie du « tout ou rien » avec un objectif unique, le programme d'exploration robotisée s'appuie sur des combinaisons innovantes de technologies qui permettront d'atteindre des objectifs variés.

Pour certains, étant donné les bons résultats obtenus avec l'exploration robotisée, nous ne devrions tout simplement pas envoyer d'hommes dans l'espace. Si le seul objectif de la NASA était la découverte scientifique, les sondes robotisées seraient certainement moins chères et moins risquées. Mais telle n'est pas la seule mis-

sion de la NASA: la connaissance n'est qu'un des aspects de la curiosité de l'esprit humain. Si l'exploration spatiale suscite un tel engouement, c'est parce qu'elle apporte sa part de rêve. Les sondes robotisées correspondent à la première phase de l'exploration du Système solaire. Les missions habitées constitueront la deuxième, et la troisième sera celle de l'aventure spatiale que tenteront les Terriens en quête d'aventure ou espérant faire fortune quelque part dans le cosmos. Les capsules lancées vers la station spatiale et les vols suborbitaux seront les premiers maillons de cette reconquête spatiale. La NASA doit maintenant développer la technologie dont nous aurons besoin pour aller plus loin.

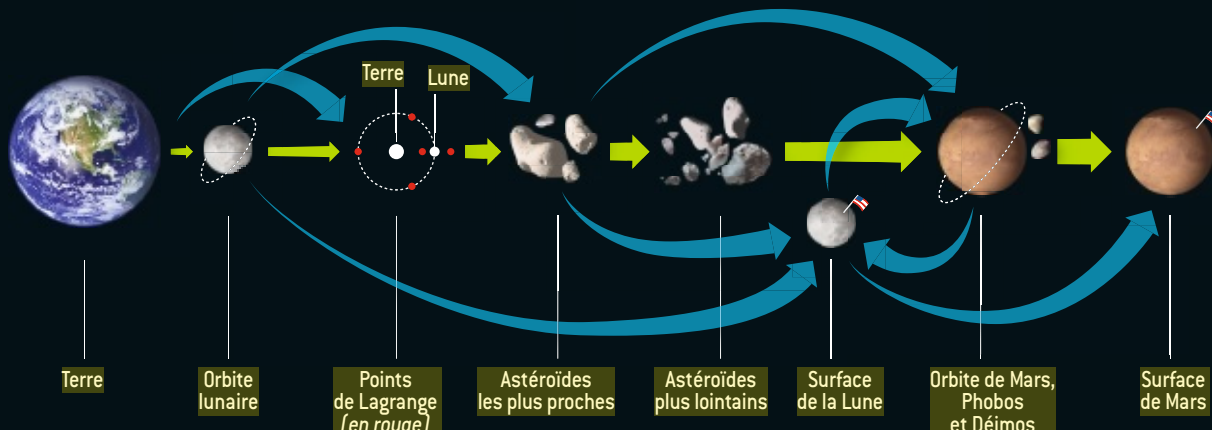
Des missions flexibles avant tout

Nous recommandons trois grands principes. Le premier est celui des « destinations intermédiaires reconfigurables » que la commission Augustine avait suggéré et que le président B. Obama a accepté. Avec cette stratégie, l'itinéraire de la Terre à Mars n'est pas fixé à l'avance, mais divers chemins sont envisageables. Nous commencerions par les destinations proches, tels les points de Lagrange (des endroits où le mouvement des objets est stabilisé par les forces gravitationnelles) et les astéroïdes évoluant à proximité de la Terre. Les

TOUS LES CHEMINS MÈNENT À MARS

Dans le passé, le programme spatial habité américain avait adopté une approche monolithique: il se concentrait sur une cible spécifique, avec un seul système pour s'y rendre. Aujourd'hui, l'approche est différente. L'objectif est de se lancer dans l'espace interplanétaire avec des missions progressivement plus complexes, telles que le programme

proposé par les auteurs (*flèches vertes*) et ses variantes (*flèches bleues*). La liste des destinations est présentée par ordre de difficulté croissante. Le déroulement des missions et le choix des stratégies pourraient être modifiés si des difficultés techniques surgissent ou si les fonds alloués à la mission sont réduits.



Pictix Interactive

destinations reconfigurables requièrent de nouveaux moyens de transport, notamment la propulsion électrique. Nous proposons les moteurs à effet Hall (un type de moteur ionique) alimentés par des panneaux solaires.

Un système de ce type a propulsé la sonde *Dawn* vers l'astéroïde géant Vesta et la conduira en 2015 jusqu'à la planète Cérès. Là où les moteurs chimiques classiques des fusées produisent une poussée puissante, mais brève, les moteurs électriques éjectent un flux modéré, mais régulier, de gaz. Les systèmes fondés sur l'alimentation électrique ont une consommation de carburant réduite. Cependant, ces moteurs ont une poussée plus faible, ce qui allonge la durée des missions.

On imagine souvent à tort que la propulsion électrique est trop lente pour les missions spatiales habitées, mais on peut éviter cette difficulté. Par exemple, en utilisant des remorqueurs robotisés à propulsion électrique pour placer les fusées chimiques d'appoint en quelques étapes clefs d'une trajectoire ; quand le chemin est tracé, les astronautes se mettent en route et récupèrent les fusées d'appoint à mesure qu'ils progressent. Ainsi, les missions bénéficient du rendement énergétique de la propulsion électrique tout en conservant l'avantage de la propulsion chimique en termes de vitesse.

De surcroît, la propulsion électrique permet d'économiser des fonds. Puisque le vaisseau n'a pas besoin de transporter autant d'ergol (mélange de comburant et de combustible), sa masse totale au lancement est réduite de 40 à 60 pour cent. Or le coût des missions spatiales est directement proportionnel à la masse initiale propulsée. Ainsi, diviser la masse par deux réduirait le coût de moitié.

Les astéroïdes : des tremplins vers Mars

Pourquoi vouloir atteindre un astéroïde alors que l'objectif est Mars ? Parce qu'il y en a des milliers parsemés entre la Terre et Mars, autant de tremplins vers l'espace lointain. Mais aussi parce que la gravité y est si faible qu'atterrir sur l'un d'eux demande moins d'énergie que pour atteindre la surface de la Lune ou de Mars. Il est difficile de monter une longue expédition interplanétaire (6 à 18 mois), et



NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

2. L'ASTÉROÏDE VESTA EST ÉTUDIÉ, depuis juillet 2011, par la sonde robotisée *Dawn* de la NASA. Cette sonde utilise des moteurs ioniques à très haut rendement, comme cela pourrait être un jour le cas pour les missions interplanétaires habitées.

l'on recherche tous les moyens d'économiser l'énergie et de réduire les difficultés techniques. Par ailleurs, sur Mars, mais aussi sur les astéroïdes, les astronautes seront soumis à l'impesanteur (la pesanteur sur Mars est de l'ordre du tiers de la pesanteur sur Terre) et exposés aux effets des rayonnements de l'espace : si nous réussissons à les protéger contre ces effets délétères sur un astéroïde, nous saurons comment faire sur Mars. Or aujourd'hui, la question reste ouverte. À mesure que la NASA apprendra comment gérer les risques liés à l'exploration de l'espace lointain, elle perfectionnera les véhicules destinés aux missions martiennes.

Plusieurs astéroïdes intéressants pourraient être visités par des astronautes avec des temps de vol allant de six mois à un an et demi en utilisant un système de propulsion électrique de 200 kilowatts, ce qui serait un progrès non négligeable par rapport à nos capacités actuelles ; la Station spatiale internationale est dotée de 260 kilowatts produits par des panneaux solaires. Une telle mission franchirait la barrière de l'espace lointain, tout en constituant une étape essentielle vers les temps de vol de deux à trois ans et des dispositifs à 600 kilowatts requis pour l'exploration martienne.

Par ailleurs – c'est le deuxième principe de notre projet –, la NASA ne sera pas obligée d'inventer des systèmes complètement nouveaux comme c'était le cas dans les années 1960. Si certains dispositifs, notamment ceux adaptés à l'impesanteur et ceux qui protègent contre les rayonne-

ments spatiaux, nécessiteront de nouvelles recherches, le reste des équipements dérivera directement de dispositifs existants. Le véhicule spatial sera assemblé en combinant quelques modules spécialisés : la structure, les panneaux solaires et les équipements permettant de vivre dans l'espace dériveront de modèles qui ont déjà été utilisés sur la Station spatiale internationale. De nombreuses agences spatiales étrangères et entreprises privées ont des compétences avérées dans ces domaines, que la NASA pourra mettre à contribution.

Enfin – c'est le troisième principe –, il faudra concevoir un programme qui continuera à aller de l'avant même si une composante rencontre des difficultés ou prend du retard. Ce principe devra être appliqué à la composante la plus controversée de la politique spatiale adoptée par le Congrès américain, la fusée de lancement qui acheminera l'équipage et les véhicules d'exploration. Le Congrès a demandé à la NASA de construire un nouveau lanceur lourd, le SLS (*Space Launch System*). Comme annoncé en septembre 2011, la NASA projette de développer ce véhicule par étapes, en commençant par la moitié environ de la puissance du *Saturn V* d'*Apollo*, et d'augmenter progressivement la capacité de lancement jusqu'à dépasser celle de *Saturn V*. Le premier lanceur SLS, couplé à la capsule *Orion* en cours de développement, pourra véhiculer les astronautes pour des excursions de trois semaines vers l'orbite lunaire ou les points de Lagrange, mais pas plus loin en l'état.