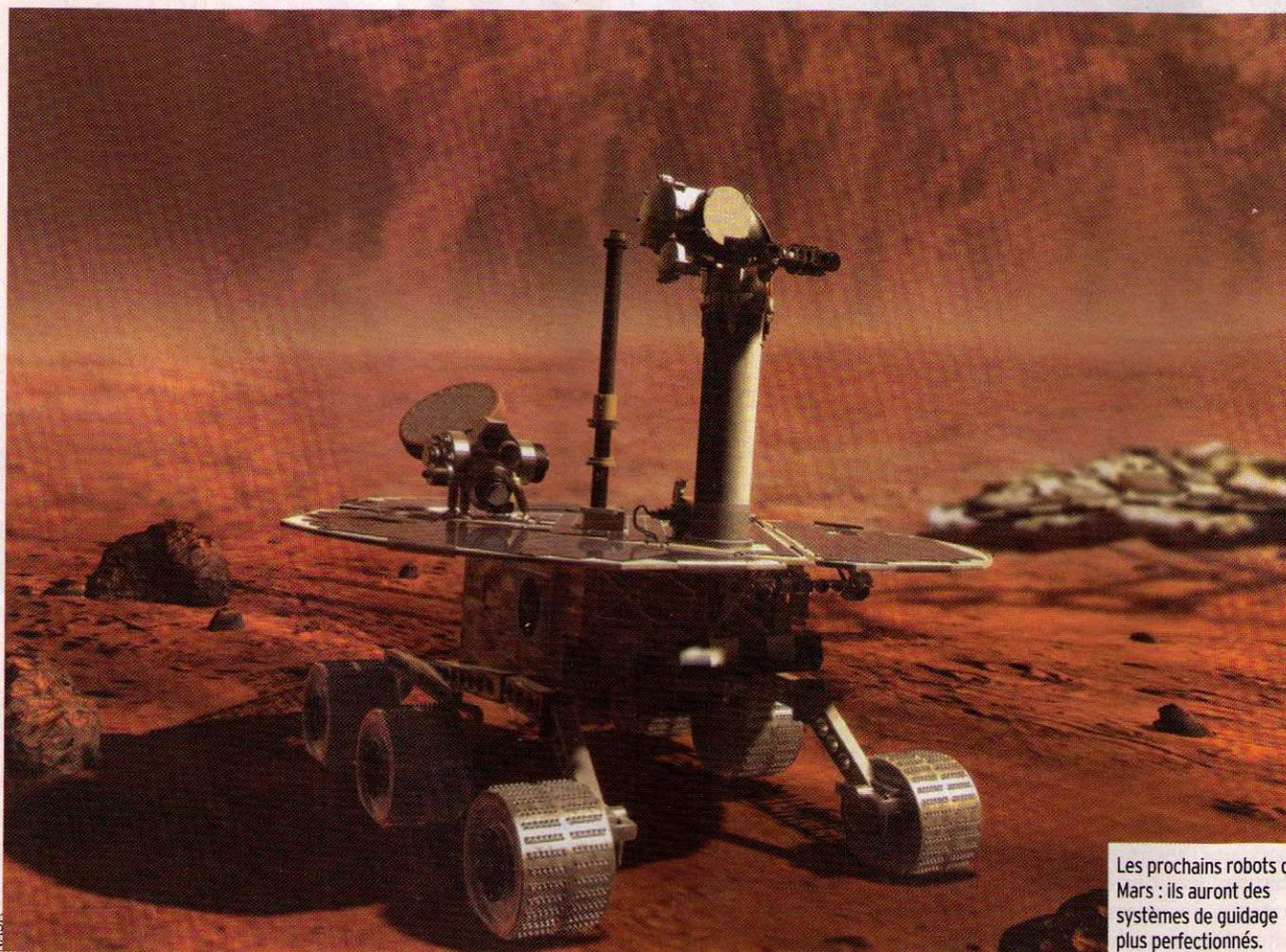


« Air bag » pour sonde martienne. L'idée consiste à amortir le choc lors d'un atterrissage trop périlleux.

On va ramper sur Mars !

L'exploration de Mars relance la recherche en robotique de l'espace.

par Gildas Meneu



Les prochains robots de Mars : ils auront des systèmes de guidage plus perfectionnés.

La planète Mars recevra bientôt un visiteur de 450 millions de dollars. *Mars Odyssey 2001*, un petit bijou d'électronique de 725 kilos, s'installera en orbite autour de la planète rouge. La sonde aura parcouru plus de 460 millions de kilomètres en 7 mois. Elle constitue l'avant-garde d'une armada d'autres robots chargés, au cours des cinq prochaines années, de scruter Mars sous toutes ses couvertures.

À son bord, la sonde de la NASA emporte de quoi mener trois missions préliminaires. La première, c'est le projet Themis. *Mars Odyssey* est équipée d'un spectromètre à infrarouge qui prendra près de 15 000 photos de la surface, chacune d'elle couvrant 400 km², pour établir la carte des ressources minéralogiques de Mars. Le spectromètre est capable d'identifier tous les minéraux dans la mesure où leur concentration dépasse 10 %. La seconde mission

cherche à dresser un portrait de la composition élémentaire de la surface. Beaucoup plus précis que celui de Themis, un autre spectromètre — le GRS — analysera la composition atomique de la croûte martienne, à la recherche d'uranium et de potassium, entre autres. Aux calottes polaires, il détectera la présence d'hydrogène dans le sous-sol jusqu'à un mètre de profondeur. L'hydrogène est le principal constituant d'une molécule que nous connaissons bien : l'eau.

Dernière mission de la sonde, celle de MARIE qui mesurera les radiations de Mars pour déterminer correctement les protections nécessaires aux futurs robots, et éventuellement aux êtres humains s'ils se décident à marcher sur Mars.

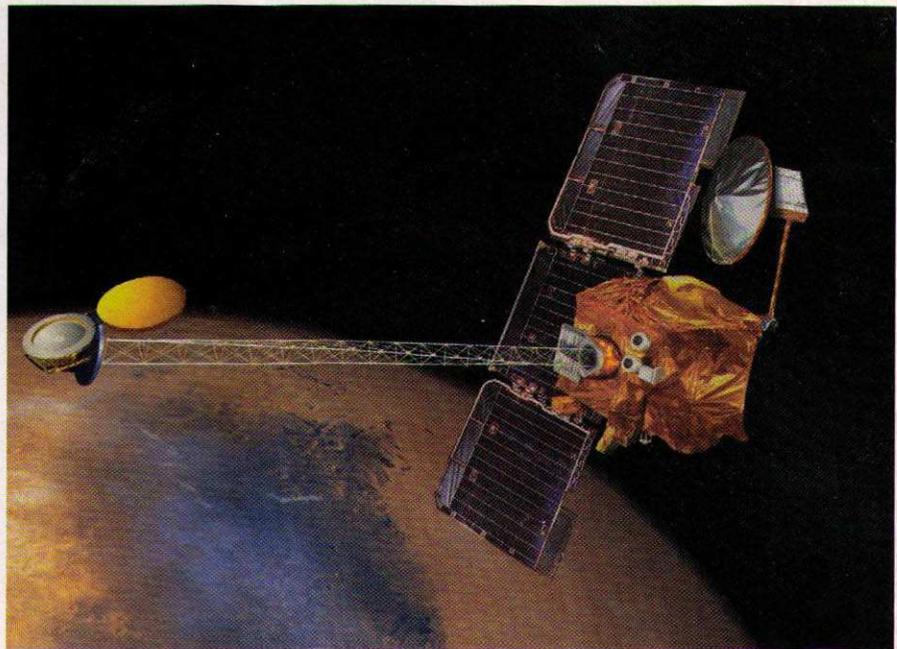
Des hommes sur Mars ? Pas de sitôt, en fait. « D'un point de vue scientifique, dit Samad Hayati, directeur du programme technologique martien au Jet Propulsion Laboratory de la NASA, il n'est pas absolument nécessaire que nous allions sur Mars. Si les humains y vont, ils seront en combinaison spatiale et ne pourront de toute façon rien toucher ni rien sentir. »

Avec ou sans les hommes, les robots sont donc au premier rang de l'exploration des planètes et de leurs satellites. À condition, évidemment, que la robotique spatiale évite de répéter les bourdes de ces dernières années. Rappelons que, en 1999, la NASA avait perdu deux sondes de la mission *Surveyor*. *Climate Orbiter* s'est lamentablement écrasée sur Mars parce que les ingénieurs ont confondu des mètres et des pieds ! Quelques mois plus tard, *Polar Lander*, un atterrisseur qui devait visiter la surface de la planète, a disparu des écrans radar...

Heureusement, la NASA a tout de même pu démontrer que ses robots sont aussi capables du meilleur. En 1997, *Sojourner* a réalisé une mémorable balade martienne. Un exploit impressionnant qui a prouvé qu'il est possible d'envoyer des robots à un moindre coût, en suivant à la lettre la nouvelle politique adoptée par la NASA : « plus vite, meilleur et moins cher ».

Après l'envoi de *Mars Odyssey 2001* par la NASA, ce sera au tour de l'Agence spatiale européenne de prendre le relais avec la mission *Mars Express* prévue pour 2003. Un orbiteur analysera le sous-sol à la recherche d'eau, tandis qu'un atterrisseur, *Beagle-2*, scrutera en profondeur la structure géologique de la planète. Ensuite suivront toute une série d'orbiteurs (*Mars Reconnaissance* en 2005, *ASI/US SAR* en 2009) et d'atterrisseurs (*Scouts* et *Smart Lander* en 2007). Le tout culminera en 2011 : *CNES Return* aura la périlleuse tâche de ramener sur Terre des échantillons du sol martien.

Les défis pour scruter Mars sont énormes. À commencer par l'atterris-



Mars Odyssey 2001, le prochain visiteur de la planète rouge.

sage. « En 2003, on utilisera les mêmes méthodes d'approche que celles des missions *Viking* et *Pathfinder*, explique Samad Hayati de la NASA. On atterrit à l'intérieur d'une ellipse de 300 km de long sur 100 km de large. Pour les missions suivantes, nous voulons développer des technologies capables de poser une sonde dans un rayon plus étroit, de 3 km sur 10 km. » Pour y arriver, le *Smart Lander*, qui doit atterrir en 2007, ne se servira plus seulement des traditionnelles ondes radio pour évaluer sa position. Il sera équipé d'un ingénieux système de navigation par caméra optique qui utilise les deux lunes de Mars, Phobos et Deimos. Il enverra régulièrement des signaux dans leur direction afin d'en connaître la distance. Un calcul géométrique lui donnera alors sa position exacte. La descente sera aussi contrôlée par deux systèmes de radar.

En cas de problème, *Smart Lander* pourrait atterrir de deux façons. D'abord, en gonflant autour de lui des coussins similaires à ceux des voitures. Il deviendrait alors une boule pouvant rouler sur les obstacles. Les coussins se dégonfleraient ensuite afin de laisser le champ libre au robot niché à l'intérieur. L'autre solution est celle de la toile d'araignée. Il s'agit d'une sorte de toile d'aluminium attachée à six bras qui se déploient en dessous de l'atterrisseur et qui absorbe le choc au moment de

toucher le sol. Ce *Smart Lander*, s'il fait ses preuves, permettra d'envoyer des charges utiles ainsi que des robots plus lourds et mieux équipés pour remplir des missions plus complexes, comme le déplacement, la fouille des sols et l'analyse sur place d'échantillons.

Il faut aussi que ces robots aient des « yeux » — des caméras. « Le système est basé sur la stéréovision », explique Marcel Lamboley, du Centre d'études spatiales de Toulouse. Une technique qui permet, en utilisant deux caméras espacées de quelques centimètres, de prendre une photo au même instant mais avec un angle légèrement différent. La combinaison des deux donne une image en trois dimensions. « La paire de caméras est fixée à une structure rigide et reliée à un ordinateur chargé de prendre les photos et de traiter les images », ajoute Marcel Lamboley. Pour consommer un minimum d'énergie, un simple ordinateur cadencé à 248 Mhz (l'ordinateur familial actuel roule à 700 Mhz) traite sur place, en moins de cinq secondes, des images d'une résolution équivalente à celle d'un moniteur de 15 pouces (38 cm).

Le robot doit se déplacer sur un terrain qu'il ne connaît pas. L'idée la plus développée, en matière de mobilité, est le robot modulaire, comme le *ANAT Walker*, conçu par Robotics Design, une entreprise montréalaise. Chaque

ASTRONAUTIQUE

morceau du robot est relié aux autres par des joints pour former une sorte de serpent. La longueur de l'ensemble, ainsi que les fonctions de chaque module, peuvent varier. « C'est comme une boîte à outils dans laquelle on pige pour accomplir diverses tâches », explique Charles Khairallah, son concepteur. Contrairement au robot équipé de chenillettes, *ANAT Walker* pourrait donc se faire tout petit, en se repliant sur lui-même, ou s'allonger et glisser dans un tunnel étroit.

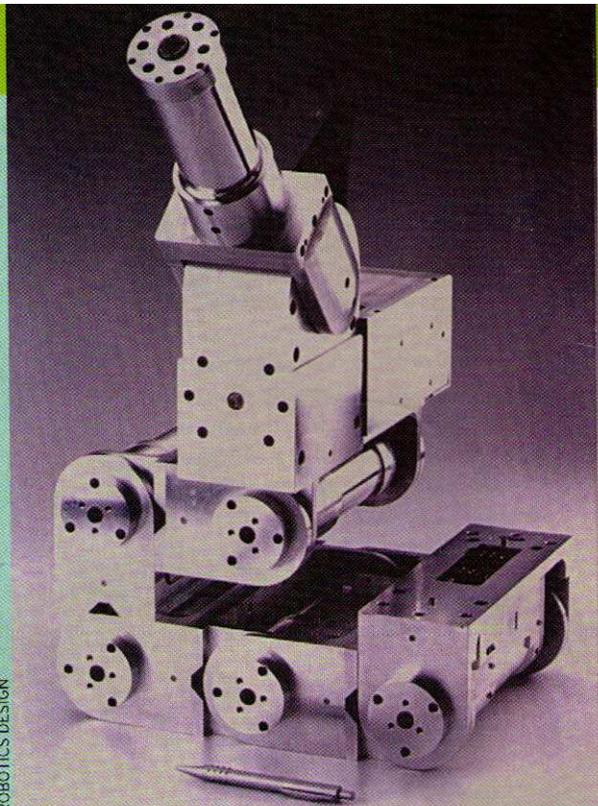
L'autonomie et la fiabilité du robot compteront beaucoup dans les choix de la NASA. Il faut donc qu'il puisse apprendre de ses erreurs et gagner en jugement, même en l'absence de communication avec la Terre. Andrew Barto et Richard Sutton du Massachusetts Institute of Technology ont beaucoup étudié la méthode d'apprentissage par renforcement, qu'une équipe de chercheurs japonais essaient d'appliquer aux robots de l'espace. « Les robots génèrent leur programme de travail en utilisant leur propre logique; ils modifient eux-mêmes leurs plans de façon à compléter la tâche à accomplir », explique Shuichi Matsumoto, du Centre spatial de Tsukuba. Le robot pourrait évaluer lui-même s'il doit revenir vers sa base pour recharger ses batteries ou s'il a le temps d'accomplir une tâche sans tomber en panne !

La planète Mars est donc un terrain d'essai exemplaire pour la robotique spatiale — un domaine où des dizaines d'entreprises spécialisées rivalisent d'ingéniosité. On pouvait s'en rendre compte, en juin dernier, à Saint-Hubert où se tenait le sixième I-Sairas, le Symposium sur la robotique spatiale et l'intelligence artificielle. Toutes ces recherches en technologies robotiques n'ont pas pour seul objectif la planète rouge.

Sur le plancher des vaches

Les robots de l'espace peuvent aussi servir sur Terre. L'*ANAT Walker*, par exemple, le robot modulaire qui explorera Mars, peut aussi inspecter des structures métalliques semblables à celles des ponts, évoluer dans des conditions extrêmes, comme au cœur d'une centrale nucléaire, ou effectuer des tâches répétitives, rapides et délicates. Ses concepteurs songent aussi à l'aide qu'il pourrait fournir lors d'un séisme, pour chercher des survivants, ou dans un champ infesté de mines antipersonnel qu'il pourrait trouver et désamorcer sans risques.

Autre robot très terrien, le *Cryobot*, développé par le Jet Propulsion Laboratory de Pasadena, en Californie. Ce spécialiste du froid sera envoyé sur Europa, une des



ROBOTICS DESIGN

lunes de Jupiter, afin de percer les mystères de la couche de glace qui la recouvre. Sur Terre, le *Cryobot* a déjà été testé en Antarctique. Il a notamment fait ses preuves dans des

recherches pour comprendre la structure interne et l'histoire de ce continent, afin de mieux cerner les causes des changements climatiques sur Terre.

Europa, un satellite de Jupiter qui cacherait un océan sous une épaisse couche de glace, est également dans la mire des explorateurs de l'espace, ainsi que Mercure et Titan. Des immensités que l'homme parcourra avant longtemps... mais à pas de robots. **QS**

» CyberRessources

Le programme d'exploration martienne de la NASA : <http://mars.jpl.nasa.gov>
Le site de Mars Odyssey 2001

<http://mars.jpl.nasa.gov/odyssey>

Agence spatiale canadienne
www.espace.gc.ca

Robotics Design
www.roboticsdesign.qc.ca

Centre national d'études spatiales, France
www.cnes.fr

L'apprentissage par renforcement, une introduction
www.wanw.cs.umass.edu/~rich/book/the-book.html

WWW.
Cybersciences
CYBERSCIENCES
La science et la technologie pour tous
.com

250 000 fois
par mois les amateurs
de science viennent lire
nos plus récentes
informations dans les
domaines de pointe