



© CNES/B. GUINDRE, 2007

Tournage du film *Premiers pas sur Mars* au Centre spatial de Toulouse.  
Filming of *Premiers pas sur Mars* (First steps on Mars) at the Toulouse Space Centre.

## ROBOTIQUE PLANÉTAIRE

# Vers un premier robot européen autonome et intelligent

**Dans la perspective de la mission Exomars**, l'équipe robotique du CNES a conçu un robot nouvelle génération, sous maîtrise d'œuvre Esa. En cours de validation au Sérom, site d'essais des robots mobiles installé sur le CST, les technologies et algorithmes de pointe bénéficient d'un terrain d'exercice inédit, dont le sol de pouzzolane simule la surface martienne.

**S**i l'exploration planétaire a longtemps fasciné les hommes, elle a aujourd'hui résolument quitté le domaine du rêve pour celui de la recherche scientifique. De ce point de vue, les enjeux sont fondamentaux et l'on attend beaucoup de l'étude détaillée de l'environnement martien, par exemple, pour mieux connaître et donc comprendre l'origine du système solaire. Mener à bien

ces investigations passait par des modes opératoires spécifiques autres que la seule cartographie des planètes à explorer. Les véhicules planétaires ont fait la preuve de leur adéquation à ces investigations. Toutefois, la première génération de ces robots présentait quelques insuffisances qui contrariaient les objectifs scientifiques et technologiques. Le premier problème à résoudre était celui de l'effet retard observé entre l'envoi de la commande et la réception de celle-ci. Pour les robots lunaires, ce délai varie seulement de 1 à 10 secondes, ce qui représente malgré tout un écart préjudiciable à la qualité d'intervention. Mais plus encore, la réactivation des missions martiennes imposait de réfléchir à l'autonomie des robots. En effet, le temps de latence induit par la transmission entre la Terre et Mars (soit une quarantaine de minutes) et l'ajustement au créneau de visibilité du satellite rendaient inadéquat le pilotage par téléopérateurs depuis la Terre.

#### UN CALCUL AUTONOME DE TRAJECTOIRE

Pour contourner ce problème, la robotique planétaire s'est orientée vers la conception de robots mobiles autonomes. Dans la perspective de la mission Exomars, programmée pour 2013, l'équipe robotique du CNES a donc, depuis quelques années, investi beaucoup d'énergie dans la conception d'un modèle sous maîtrise d'œuvre Esa. Les phases d'études se terminent et devraient déboucher sur un passage en phase de réalisation fin 2007 pour aboutir, dans les prochaines années, au développement du modèle de vol. Le robot nouvelle génération est, notamment, équipé d'un calculateur de bord qui intègre la somme des algorithmes nécessaires à la mission, en particulier à un déplacement totalement autonome. Il utilise un banc de stéréovision spécifique; deux caméras indépendantes et séparées par un entraxe mémorisent les images du proche environnement; à chaque pixel de caméra est associée, par corrélation, la distance des objets. Le robot est en capacité d'analyser si son environnement est ou non navigable sans supervision au sol. Il peut ainsi, au sein des zones

navigables, générer une trajectoire vers ledit objectif, jusqu'à la limite du connu. Il procède ensuite par succession de cycles. Pendant la phase d'exécution des tâches, le robot peut stocker les informations. Il vide sa mémoire, de manière sélective, exclusivement au moment du passage en visibilité du satellite. À l'automne 2007, de nouvelles expériences vont tenter de faire évoluer le robot de la situation « autonome » à la situation « intelligente ». De nouveaux algorithmes seront testés pour mettre le robot en capacité d'atteindre un objectif final déterminé avec précision.

#### L'INTÉGRATION DE SYSTÈMES COMPLEXES

Les études se poursuivent pour conforter l'autonomie du robot et faire face à des situations aléatoires ou complexes. Une expérimentation de contrôle de trajectoire est en cours de développement. En l'absence de champ magnétique sur Mars, le robot, dépourvu de système de localisation, doit pouvoir, de façon autonome et fiable, exécuter sa trajectoire. Une caméra pointée au sol poursuit des points caractéristiques du relief. Via le calculateur de bord, ces images seront interprétées, le déplacement du robot vérifié et, au besoin, la trajectoire infléchi. Toutes ces progressions font l'objet de tests sur le site du Sérom (site d'essai



© CNES/B. GUINDRE, 2007

Prototype du robot nouvelle génération  
au déplacement autonome.  
Prototype new-generation smart rover.

#### Planetary rovers

## A first smart, autonomous rover for Europe

*The robotics team at CNES has designed a new-generation rover for ESA's ExoMars mission. Leading-edge technologies and algorithms are currently undergoing validation on a pozzolan proving ground simulating the surface of Mars at the Toulouse Space Centre's rover test facility.*

Planetary exploration has long held a fascination for humans, but today it is no longer just a dream and has truly entered the realm of scientific research. Indeed, scientists are expecting to gain many new insights into fundamental questions about the origins of the Solar System from studying the Martian environment up close. But such investigations require more than simply mapping planet surfaces, calling for planetary rovers to gather information in situ. Early rover designs had a number of drawbacks that thwarted science and technology aims, not least the time delay between sending and receiving commands. For lunar rovers, the latency is only 1 to 10 seconds, but it still impacts mission quality. On Mars, it is something like 40 minutes, making it impossible to control rovers remotely from Earth during the short window when they can be seen by an orbiter. For this reason, rovers need to be designed with autonomy built in.

#### Autonomous trajectory calculation

To overcome this obstacle, planetary robotics researchers started to focus on the design of an autonomous rover. With an eye on the ExoMars mission scheduled for 2013, the robotics team at CNES has been hard at work for several years now designing a model for the mission's prime contractor ESA. The study phases are nearing completion and flight model development should get underway late this year. The new-generation rover's onboard computer stores a suite of algorithms needed for it to move around autonomously and accomplish its mission. It uses a dedicated stereovision system consisting of two separate cameras that each record pictures of the immediate environment. The distance of features in the picture is correlated to each camera pixel. The rover can therefore analyse whether it is able to navigate through terrain unsupervised and generate a trajectory to a targeted point. It proceeds in cycles, storing data during

des robots mobiles), géré par le CNES, un terrain d'exercice dont le sol de pouzzolane simule la surface martienne.

Des travaux connexes sont également menés pour régler un autre problème majeur, celui de l'énergie. Avancer, filmer, forer, prélever, analyser... : le robot sera investi de multiples missions gourmandes en énergie. La mise en autonomie génère un gain appréciable sur les temps d'opérations, mais la réduction du nombre de manœuvres ou la rationalisation de celles-ci vont concourir également à économiser l'énergie. Si des avancées significatives ont été faites, d'ici le lancement de la mission, en 2013, les équipes ont encore des zones d'ombre à éclairer. L'intégration des algorithmes spécifiques à la mission scientifique, la projection des situations aléatoires et les fonctions de surveillance associées ou non, l'intelligence dans la hiérarchisation des manipulations ou dans les informations à transmettre... entrent dans ce solide plan de charge. Nominale conçu pour une durée de six mois, ce premier robot européen, dont le poids avoisinera les 200 kg, porte les espoirs de la première mission européenne sur Mars. C'est à lui qu'incombe de relever les traces de vie éteinte ou présente dans l'environnement martien. ■

task execution phases. It then dumps the contents of its memory selectively when the orbiter comes within view. New experiments are set for this autumn to attempt to evolve the rover from an "autonomous" to a "smart" capability. New algorithms will be tested to enable it to reach a precisely defined target.

#### Integrating complex systems

Research is ongoing to consolidate the rover's autonomy so that it can handle random or complex situations. A trajectory control experiment is in development. Given that Mars has no magnetic field, the rover has no way of fixing its position and must be able to execute its trajectory reliably, alone. A camera pointed at the ground sees characteristic features of the terrain. The onboard computer interprets pictures from the camera, verifies the rover's direction of travel and corrects its trajectory if necessary. All these advances are being tested out at CNES's rover proving ground on a pozzolan surface

simulating that of Mars. Alongside these efforts, work also is underway to resolve the major power issues involved in this kind of mission. Moving, filming, drilling, sampling and analysing will drain a lot of power. An autonomous capability shortens rover operations significantly, but manoeuvres also will have to be reduced or streamlined to conserve power. While teams have achieved major advances, there are still some grey areas to sort out between now and 2013. These include integrating dedicated algorithms for the science mission, projecting random situations and associated monitoring functions, and getting the rover to make smart decisions about ranking manipulation operations or data to be transmitted. Nominally designed to operate for six months, this first European rover will tip the scales at around 200 kilograms. The hopes of Europe's first mission to the surface of Mars are riding on its ability to discover traces of ancient or present life on the Red Planet. ■



© CNES/B. GUINDRE, 2007

PHILIPPE COLLOT, CNES

## Silence, on tourne !

**8 hoo** du matin, Centre spatial de Toulouse. Une brise froide balaye le site en ce début avril 2007. On se croirait sur Mars ! D'ailleurs, c'est bien ce que doit reproduire ce site du Sérom dédié aux essais robotiques. C'est là que s'affaire l'équipe de tournage du dernier film du CNES destiné à la salle grand format de la Cité de l'espace, mais aussi au Salon du Bourget, aux télévisions et autres expositions. Il s'agit en effet d'évoquer le futur, et quel meilleur référent culturel et populaire que celui des premiers pas de l'homme sur Mars, dans un avenir certes indéterminé mais possible à défaut d'être probable. Le but n'était pas ici de s'attarder sur la vraisemblance de la situation mais plutôt de dessiner une parabole onirique, renforcée par la présence étonnante d'une enfant. À la manière du petit prince de Saint-Exupéry, elle interroge l'astronaute sur tout ce que l'espace pourra apporter à la société dans les 50 ans à venir, non seulement dans le progrès des connaissances, mais aussi dans ses applications les plus concrètes sur notre planète. Ce film, tourné selon les meilleures techniques du cinéma, a nécessité l'usage d'un fond vert sur lequel les graphistes placent ensuite des paysages réalistes, à partir de vraies images prises par des sondes martiennes. Cette immersion cinématographique doit permettre de susciter la curiosité d'un large public, au-delà de la sphère habituelle des passionnés d'espace, pour toucher le plus grand nombre. ■

## Quiet please... action!

↘ 8 o'clock in the morning at the Toulouse Space Centre. A cold April breeze is blowing across the site. Just like Mars! That's not surprising, since CNES's rover testing ground is designed to simulate the Martian environment. A crew is working on the agency's latest big-screen film for the Cité de l'Espace, the Paris Air Show and for TV stations and other exhibitions. The film peers into the future, so what better popular cultural reference than humankind's first steps on Mars, in an as yet undetermined but possible future? The aim here is not to recreate a real-life situation but to draw a dreamlike parable through the eyes of a child. Like the character in Antoine de Saint-Exupéry's *Little Prince*, she asks the astronaut how space is going to shape society over the next 50 years, not only by advancing knowledge but also through everyday, real-world applications. This film used the most advanced cinematographic techniques, including a green background on which graphic designers then insert realistic landscapes based on real pictures taken by Martian spacecraft. It is intended to fire the curiosity of a wider audience beyond the usual sphere of space enthusiasts. ■