



PLANÈTE MARS



Numéro 2 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

janvier 2000

ÉDITO : UN MAL POUR UN BIEN ?

Quelle déception pour les millions d'internautes -et pour les quelque deux mille personnes qui, répondant à notre appel, s'étaient rendues au Palais de la Découverte et à la Cité de l'Espace- lorsque les photos de Mars Polar Lander ne sont pas arrivées le soir du 3 décembre et que le doute sur l'issue de la mission a commencé à s'insinuer ! Mais au moins cette affluence a-t-elle fourni avec éclat une nouvelle preuve de l'intérêt du public.

Aujourd'hui, l'échec est consommé et une commission d'évaluation du programme d'exploration martienne de la NASA, avalisée par le Congrès, est en train d'en analyser tous les aspects en profondeur ; elle pourrait en proposer une reconception (voir « un martien à Paris »). Mais en tout état de cause, les américains ne semblent pas prêts à abdiquer. Et dans l'immédiat n'oublions pas MGS, toujours à l'œuvre en orbite autour de Mars, qui nous envoie ses splendides images. L'exploration continue !

Au delà des questions qu'on peut légitimement se poser à propos d'une application outrancière de la doctrine « better, faster, cheaper », c'est aussi l'absence de finalité structurante de ce programme, s'apparentant plutôt à un patchwork d'opportunités, qui commence à faire réfléchir. La préparation de l'exploration humaine, étape suivante inéluctable, pourrait s'imposer comme ce fil conducteur manquant. Un mal pour un bien ?

De nombreuses contributions nous sont parvenues pour ce deuxième numéro, ce qui est très encourageant. Que les auteurs en soient remerciés, même si tous n'ont pu trouver place dès cette édition.

Enfin, notez la date du 11 mars, qui verra se tenir notre première Assemblée Générale Ordinaire, suivie d'un ensemble d'interventions sur le thème « Mars, Arctique et Antarctique » (voir « nouvelles de l'association »). On to Mars !

Richard Heidmann, Président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

-Un mémoire sur le robot martien	p.1
-Volcans de Mars : un coup de jeune	p.1
-Lorsque astronautes et rovers exploreront Mars ensemble. Le projet ASTRO : un tout premier pas	p.2
-Un martien à Paris	p.3
-Nouvelles de l'association	p.4
-« Mars comme vous ne l'avez jamais vue »	p.7
-Vos questions	p.8

prochain numéro : avril 2000...

UN MÉMOIRE SUR LE ROBOT MARTIEN

par Albert Ducrocq

Alors qu'au XXI^{ème} siècle la richesse s'identifiera à la connaissance, un grand programme martien aura ce fondement : faire découvrir la planète voisine. Elle est née au même moment que la nôtre et de la même manière, mais les circonstances lui ont valu une autre évolution. Le cas terrestre sera alors situé dans l'aventure des corps secondaires pour assurer à notre monde judicieusement géré sa véritable révolution industrielle.

Trois volets sont à considérer dans ce programme :

- 1 - Une maîtrise des vols Terre-Mars.
- 2 - L'exercice d'activités sur Mars.
- 3 - Une maîtrise des vols Mars-Terre.

Avec une synergie évidente et quelque incitation à voir

(suite page 5)

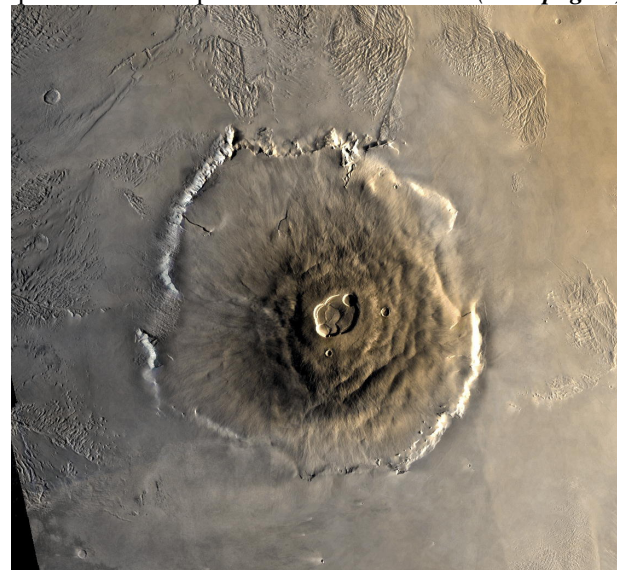
VOLCANS DE MARS : UN COUP DE JEUNE

par Charles Frankel

Après la perte en septembre dernier de Climate Orbiter, voilà que nous perdons Polar Lander. Heureusement, il est une sonde qui, elle, se porte bien. Arrivée dans la banlieue martienne à l'automne 1997, Global Surveyor boucle orbite sur orbite, récoltant une moisson prodigieuse de photographies et de relevés altimétriques.

Les principaux thèmes de cette exploration ont été les chenaux d'inondation, les vestiges d'une mer passée, et les terrains volcaniques. Les volcans martiens reviennent sur le devant de la scène, depuis qu'on les soupçonne d'être bien plus jeunes qu'on ne le pensait autrefois. Ce qui mérite une explication.

(suite page 4)



Le volcan martien géant Olympus Mons

LORSQUE ASTRONAUTES ET ROVERS EXPLORERONT MARS ENSEMBLE. LE PROJET ASRO : UN TOUT PREMIER PAS *par Nathalie Cabrol*

En février 1999, un rover et un astronaute¹ ont exploré ensemble l'ancien rivage de Silver Lake (désert de Mojave, Californie), un lac désormais asséché. Le site avait été choisi pour sa ressemblance avec des sites possibles d'atterrissage pour les futures missions martiennes. Pendant trois semaines, le NASA Ames Research Center a simulé une mission automatique d'exploration de Mars avec le rover Marsokhod à Silver Lake et une équipe scientifique localisée 800 km au nord dont la tâche était de reconstituer l'histoire géologique, biologique et climatologique du site grâce aux images transmises par Marsokhod. Une fois l'essai terminé, une mission d'un nouveau genre attendait Marsokhod : accompagner un astronaute sur le site dans une préfiguration de ce que pourrait être l'exploration humaine de Mars. Bien que des études existent déjà sur le papier (comme le document intitulé "Reference Mission" de la NASA), il n'existe pas encore de programme officiel d'exploration humaine de Mars.



Emblème Officiel du Projet ASRO. Les douze étoiles représentent les astronautes ayant marché sur la Lune. L'étoile sur l'ellipse représente le prochain objectif de l'exploration humaine

Ce premier essai de terrain entre un astronaute et un rover est le résultat d'un projet commun entre le NASA Ames Research Center et Johnson Space Center. Son nom : le projet ASRO (Astronaut-Rover Interaction Project). Son but ? Dans la perspective d'une future exploration humaine

(1) Dean Eppler ne fait pas partie du corps des astronautes américains. Il est géologue de formation et le sujet-test pour les combinaisons d'exploration planétaire développées par le NASA Johnson Space Center. Dean était en véritable configuration de mission durant ASRO, isolé de l'extérieur dans la combinaison et communiquant par un micro installé dans le casque. La durée de son système de respiration était de 1h30, Cette durée devrait être poussée à 8 heures sur Mars.

de Mars, étudier les interactions possibles entre rover et astronautes, en les considérant comme une équipe complémentaire et interactive. Les objectifs d'ASRO sont : (a) d'identifier les domaines opérationnels où les astronautes et les rovers sont complémentaires et peuvent collaborer de manière sûre, productive et moins onéreuse pour le programme d'exploration de Mars, (b) d'identifier les besoins préliminaires en matière de conception de combinaisons spatiales et de rover facilitant cette collaboration, (c) de développer des procédures opérationnelles d'exploration, (d) de tester ces procédures sur le terrain, et (e) d'entraîner des équipes en configuration de mission (opérateur de rover, astronautes, équipes scientifiques de support).



Marsokhod filme l'astronaute en train de déployer la maquette de l'antenne des modules MarsSEP. La vidéo a aussi été utilisée pour veiller à la sécurité de l'astronaute et pour montrer des échantillons à l'équipe scientifique de soutien (à NASA Ames Research Center).

Quatre scénarios de mission et d'interaction ont été testés à Silver Lake : (a) le rover en tant qu'éclairage, partant documenter la région d'atterrissage et renvoyant les données avant que les astronautes ne sortent de l'habitat ; (b) le rover comme assistant vidéo. Lors des missions Apollo, le second membre d'équipage devait souvent tenir la caméra pour filmer les activités du premier. A Silver Lake, Marsokhod a rempli ce rôle, libérant potentiellement un second membre d'équipage qui peut ainsi remplir d'autres tâches plus productives pour la mission. Marsokhod a filmé l'astronaute pendant le déploiement des maquettes des modules d'expériences scientifiques (MarsSEP) ; (c) le rover comme assistant scientifique. Dans ce scénario de mission, l'astronaute est envoyé en premier sur un parcours pour repérer et marquer des sites d'exploration intéressants, des échantillons à ramasser ou à imager. A Silver Lake, les marqueurs étaient des drapeaux de couleurs différentes. Lors des prochains essais, ils seront remplacés par des balises ou des codes-barres. Parti un peu plus tard sur ses traces, le rover rejoint les objectifs et effectue les tâches requises. Ce scénario associe à la fois la faculté unique d'analyse du cerveau humain (repérer instantanément les échantillons ou les affleurements importants) et la robustesse

tesse du rover qui ne craint pas de rester exposé des heures au rayonnement ultraviolet, par exemple. Il peut continuer son travail durant des heures alors que l'équipage a rejoint la sécurité de l'habitat après avoir mis en évidence les sites essentiels qui sont les mieux à même de répondre aux objectifs de la mission ; et enfin, (d) le rover comme assistant technicien. Marsokhod dans ce cas fut utilisé pour suivre l'astronaute, porter son équipement (et dans l'avenir des recharges d'oxygène, permettant ainsi de prolonger l'exploration), porter les échantillons et recueillir des données scientifiques (par exemple : imagerie, spectroscopie) pour l'astronaute. Dans ce scénario, le suivi de l'astronaute s'est effectué de deux façons, soit par l'opérateur du rover, soit automatiquement. Le suivi automatique s'effectue par une caméra stéréo à bord du rover. Le logiciel reconnaît quatre points sur la combinaison spatiale (la tête, les deux épaules et un point sur le torse) et se verrouille sur eux. Le rover intègre les informations et suit l'astronaute sans intervention humaine. Dans l'année qui vient, ce système devrait être développé davantage et permettre les reconnaissances de gestes (le rover allant dans la direction indiquée par l'astronaute). La reconnaissance de parole est aussi à l'étude. ASRO était le tout premier essai de ce genre. Des projets de recherche de 3 ans inspirés d'ASRO ont été reçus favorablement et sont désormais financés. Dans les mois et les années qui viennent, de nouveaux essais auront lieu et permettront de comprendre mieux tout le potentiel pour l'exploration de cette interaction humain-rover sur Mars. C'est encore un petit pas, mais il est certainement dans la bonne direction, celle de l'exploration de Mars !

Nathalie A. Cabrol, *ASRO Project Science Lead, NASA Ames Research Center*

UN MARTIEN À PARIS *par R. Heidmann*

Cadeau de Noël ! A l'occasion de son passage à Paris, nous avons pu rencontrer **Pascal Lee**, chercheur français en poste au centre Ames de la NASA, qui s'est vu confier la responsabilité du projet de simulation de base martienne sur le site du cratère Haughton, dans le grand nord canadien. Projet que nous connaissons bien puisque la Mars Society en est partenaire en fournissant la maquette de module d'habitat. Une excellente occasion de discuter de la situation aux États-Unis.

Ambiance suite à la perte des missions Surveyor 98

L'heure est à la réflexion, à la remise en question. Une commission d'enquête a été mise en place, avec l'approbation du Congrès. Elle doit procéder à une revue du programme d'exploration robotique, à tous les points de vue : technique, mais aussi management, financement, dotation en moyens humains.

La philosophie de la NASA, « better, faster, cheaper » (mieux, plus vite et moins cher), est sévèrement mise en cause par beaucoup de critiques, mais on ne s'attend pas à ce que le budget de l'agence soit réduit du fait de ces revers.

Conséquences pour les prochaines missions

Le lander 2001, semblable au Polar Lander, sera sans doute retardé, voire arrêté si sa conception est mise en cause. Par contre, l'orbiter devrait voler. En ce qui concerne la mis-

sion de retour d'échantillons (MSR), le principe en reste acquis, compte tenu de son immense intérêt scientifique ; elle devrait être maintenue, au plus retardée. On peut par contre se demander si sa conception ne sera pas remise à l'étude, dans le but de la consolider.

Évolution des idées sur le programme robotique

Le programme Surveyor n'a été, essentiellement, qu'un programme d'opportunité. Il se présente comme un patchwork, sans véritable ossature structurante (ce qui n'enlève rien à l'intérêt de ses résultats scientifiques). Cette situation semble créer un malaise, que les échecs viennent renforcer : où ce programme mène-t-il la communauté scientifique, la NASA et les USA ? En fait, le besoin se fait jour de lui redonner clairement une portée à long terme, en l'inscrivant dans la perspective d'une exploration humaine. Tout comme les programmes Surveyor et Lunar Orbiter ont préparé Apollo. Dans cette optique, trois objectifs long terme majeurs devraient lui être assignés, au delà des objectifs scientifiques immédiats de chaque mission :

- caractérisation à très haute résolution des sites d'exploration humaine potentiels (aspects sécurité et valeur scientifique des lieux) ;

- caractérisation de ces sites en termes de ressources (tout spécialement eau) ;

- démonstration des technologies d'avenir : aéro-capture, atterrissage de précision, fabrication d'ergols sur place, retour direct.

Donner aux programmes une cohérence et une signification sur le long terme ne peut que les consolider et les légitimer. Parler de missions habitées semble de ce fait redevenir « tendance » aux États-Unis.

Point du projet Haughton-Mars ¹

Ce programme est financé par un consortium comprenant, entre autres, la Mars Society, les centres Ames et Johnson de la NASA, National Geographic... Son but scientifique est d'étudier les procédures, les outils, les protocoles des futurs géologues de terrain martiens. D'où le choix de ce site, jugé l'un des plus représentatifs, et la reproduction, dans le module, de conditions de vie et de travail telles qu'on les imagine sur Mars. Par ailleurs, la Mars Society voit dans cette réalisation un moyen puissant de soulever l'intérêt du public.

Le contrat de construction du module a été passé fin décembre. La base sera réalisée à Denver, pour faciliter le suivi, et transportée en pièces détachées sur le site. Le module devrait être terminé au moment du congrès de la Mars Society, à Toronto (août 2000). Son aménagement intérieur sera complété par la suite, en fonction des besoins de terrain, des propositions faites par les laboratoires et des financements rendus disponibles.

Richard Heidmann

(1) Des informations précises sur ce projet peuvent être trouvées sur notre site et sur celui de la MS.

Pascal Lee (à droite), en compagnie de Richard Heidmann, dans un bistro parisien, le jour de Noël



(suite de l'article de C. Frankel, page 1)

Dans les années soixante-dix, Mariner 9 et Viking avaient révélé la planète rouge dans toute sa diversité. À compter les cratères d'impact, il était apparu qu'elle avait deux visages : de hauts plateaux dominant l'hémisphère sud, saturés de cratères d'impact et donc anciens ; et les plaines et volcans de l'hémisphère nord, aux cratères d'impact clairsemés, qui semblaient donc nettement plus jeunes.

Les planétologues se fient en effet au nombre de cratères par unité de surface pour estimer l'âge d'un terrain. À cette fin, il faut toutefois connaître un paramètre clef : le taux d'impacts au fil du temps. Ce facteur est un véritable «Graal», qui permet de transposer le nombre de cratères en un âge absolu, exprimé en millions d'années.

Sur la Lune, on connaît ce chiffre : les échantillons de lave rapportés par les astronautes -de terrains affichant différentes densités de cratères- ont été datés au laboratoire et ont permis d'établir une échelle. La tentation est grande de prendre cette échelle et de la transposer à la planète Mars. Mais il faut faire deux ajustements : sur Mars les cratères (surtout les petits) sont effacés par l'érosion au fil du temps et, surtout, le taux d'impacts sur Mars n'est pas le même que sur la Lune. Mars a un champ de gravité plus important et habite une région du système solaire où il y a plus d'astéroïdes et de comètes. Le taux de bombardement doit y être plus important. À nombre de cratères égal, une surface est plus jeune sur Mars que sur la Lune : elle a amassé les cicatrices en un temps plus court.

Si personne ne conteste la réalité d'un facteur correcteur entre la Lune et Mars, sa valeur fut longtemps discutée : 20% d'impacts en plus sur Mars, ou 100 % (un doublement du taux). Selon la première échelle (Neukum), les grands volcans de Tharsis auraient des âges compris entre 3,5 milliards et 500 millions d'années ; selon la seconde (Hartmann), l'âge des mêmes volcans s'échelonne entre 700 et 100 millions d'années seulement.

Aujourd'hui, les modèles convergent vers la version «jeune» de Hartmann. Membre de l'équipe image de Global Surveyor, celui-ci a passé les récentes photographies au peigne fin et identifié des régions extrêmement jeunes. Le comptage de cratères dans les plaines de lave d'Amazonis indique un âge inférieur à 100 millions d'années. De nombreuses coulées de lave sur le volcan Olympus Mons accusent des âges de quelques dizaines de millions d'années tout au plus. Il y a même des coulées, dans la province volcanique d'Elysium, qui ont cent fois moins de cratères que le site d'Apollo 11 sur la Lune, c'est-à-dire, en multipliant par le taux correcteur de Mars, qu'ils sont près de 200 fois plus jeunes. Soit moins de 20 millions d'années...

Certains volcans de la planète Mars, bien qu'ayant vécu l'essentiel de leur activité dans des temps reculés, ont donc perduré plus longtemps qu'on ne voulait bien l'admettre. Des éruptions, certes localisées et de faible volume, ont perduré jusqu'en des temps récents. De là à ce que des éruptions puissent avoir lieu aujourd'hui, il n'y a qu'un pas. En tout état de cause, la présence récente, sinon actuelle, de poches de magma dans la croûte martienne « vitalise » considérablement celle-ci. Des circuits hydrothermaux doivent y subsister : une eau chaude et liquide circulerait sous pression par quelques kilomètres, voire quelques centaines de mètres de profondeur. Quoi de plus plaisant pour

une vie primitive et extrêmophile ?

Ceux qui iront sur Mars devront creuser, de préférence là où c'est chaud, pour aller voir. Un métier d'avenir pour les amateurs de géothermie et autres volcanologues...

Charles Frankel

NDLR : C.Frankel a écrit (entre autres) :

-Les volcans du système solaire (A.Colin, 1993)

-La vie sur Mars (Le Seuil, 1999)

NOUVELLES DE L'ASSOCIATION

ACTIVITÉS DE PLANÈTE MARS

L'A.G.E du 20/11/99 a permis de faciliter l'inscription des moins de 25 ans et des étudiants (100 F) et de préciser la position des adhérents de *PLANÈTE MARS* par rapport aux cotisants directs de la *MARS SOCIETY*.

Des membres de *PLANÈTE MARS* ont fait près d'une dizaine de conférences et se sont impliqués dans la visite en France de **R. Zubrin** (interviewé dans VSD n°1163 et dans Ciel & Espace de décembre) et surtout dans la soirée Mars Polar Lander au Palais de la Découverte à Paris (en partenariat avec la SAF) et à la Cité de l'Espace à Toulouse ; à noter encore l'interview à trois reprises sur France Inter de **R. Heidmann** à cette occasion, et son article dans la revue *Éclipse* n° 17.

A.G.O. ET CONFÉRENCES

Notre première Assemblée Générale Ordinaire se tiendra le **11 mars 2000**, à 14 h précises, à la Salle de l'Espace du CNES (2 place Maurice Quentin, 75001 PARIS). Elle sera suivie, de 16 heures à 18 heures 30, de **quatre conférences publiques** (entrée libre, dans la limite des places disponibles) sur le thème du vol vers Mars et de sa simulation : « **Mars, Arctique, Antarctique** » (intervenants : **A.Ducrocq**, **P.Lee**, **C.Lardier** et **R.Gaud**, médecin d'hivernage aux Terres Australes).

CONVENTION DE LA MARS SOCIETY À TORONTO

Conformément à la décision prise à Boulder en août dernier, le 3^{ème} congrès annuel de la *MARS SOCIETY* est organisé cette année par la section canadienne : il se déroulera à Toronto **du 10 au 13 août 2000**. Adhérents de *PLANÈTE MARS*, vous qui constituez le "french chapter", venez participer, si vous le pouvez ! Chacun de nous a reçu un bulletin d'inscription par courrier, mais des informations pratiques détaillées sont données sur le site de la *MARS SOCIETY*.

SUR LE WEB

Le site <http://www.planete-mars.com> de notre association propose depuis peu :

-Un accès à la **pétition « Think Mars »**, à signer si l'on est d'accord pour demander aux dirigeants du monde de s'engager à voyager vers Mars. Signez-la sans tarder !

-Une liste de discussion, **marlist**, pour vous permettre d'échanger vos idées sur l'exploration robotique et humaine de Mars. À l'heure où nous préparons ce bulletin, la discussion est bien amorcée : alors n'hésitez pas !

Dominique Guillaume, Secrétaire de « Planète Mars »

(suite de l'article d'A. Ducrocq, page 1)

dans le volet n°2 à la fois un moteur du programme et son élément le plus évolutif.

Demain en effet, les rapports de masse promettent de rester voisins de 75 pour un vol Terre-Mars, 20 pour un vol Mars-Terre. Les progrès attendus sur les volets 1 et 3 vont surtout concerner la précision des missions (source de sécurité en même temps que d'économie). Elle sera élevée par l'implantation sur Mars d'amers A, B, C avec lesquels un référentiel martien pourra, à tout moment, être relié à un référentiel terrestre.

Hohmann et Sternfeld

On retiendra d'autre part que deux formules s'offrent a priori pour effectuer un vol Terre-Mars-Terre :

- L'orbite dite de Hohmann par laquelle les vols aller et retour sont dissociés, chacun empruntant une demi-ellipse bitangente (à l'orbite de la Terre et à l'orbite de Mars) au prix d'un départ quelque 3 mois avant une opposition pour une arrivée 5 mois après celle-ci. Seule jusqu'à présent cette formule a été retenue pour des opérations martiennes : elle s'imposait avec de simples missions aller. Elle est grevée d'une servitude : le calendrier étant symétrique, un retour est seulement possible lors de l'opposition suivante de sorte qu'une longue attente est imposée dans le domaine martien.

- L'orbite dite de Sternfeld, bouclée dans le système solaire en un nombre entier d'années. Ainsi un retour vers la Terre est assuré dans la foulée d'un survol de Mars : celui-ci est mis à profit pour l'excursion, à la surface de la planète, d'un module qui s'en sera détaché.

Sans doute, dans l'avenir, on conjuguera l'une et l'autre formules sur lesquelles les prophètes de l'astronautique se sont longuement penchés, nous livrant leurs arcanes.

Le robot, point de passage obligé

Sur le volet 2, beaucoup de faits nouveaux pourraient au contraire trouver place, certains encore imprévisibles. Les levées d'option seront très différentes selon les avancées de la technologie. Une réflexion est toutefois fort intéressante pour faire la part entre ce qui changera peu, car relevant de la logique, et ce qui dépendra de ces avancées avec un degré de sensibilité ci-après traduit par une ou deux astérisques.

Ainsi doit-on prendre acte de la nécessité de faire arriver sur Mars des robots dont la conception et l'élaboration vont donner lieu à des recherches d'une extrême fécondité, en préambule à une exploration de la planète.

Pourquoi des robots ? Tout simplement parce que, d'un point de vue physiologique, l'homme est un enfant de la Terre, tributaire de son milieu dont 3 à 7 kg doivent lui être quotidiennement livrés. Cela impose des limitations sévères quant aux effectifs des premières expéditions et aux activités qui pourraient leur être confiées si tout devait être importé.

On ne saurait trop souligner que rien ne se fera sans l'homme : il est conscient des événements. Il apprécie les situations. Sur place, il décidera sans doute à meilleur escient, mais le travail sera largement exécuté par des robots. Des robots auxquels il adviendra, lorsque l'homme sera sur Mars, d'être « portés » : le précédent lunaire nous a appris

qu'à travers des gants, la richesse cinématique des doigts est mal utilisée. Il en va différemment si, à l'intérieur d'un scaphandre, la main agit dans une cavité sur une pièce tenant du manche à balai, de la souris et du clavier pour, faute d'opérer directement, donner la mesure de son habileté en agissant par un système subtil de pinces et outils. Mieux : les expériences conduites au Brain and Perception Laboratory de San Diego par Vilayanur S. Ramachandran nous suggèrent que le sujet en viendra à « croire » que ces pinces et outils sont sa personne. Son cerveau les commandera comme s'ils appartenaient à ses membres, une restructuration en conséquence de son homonculus de Penfeld n'étant pas exclue. Ces robots portés par l'homme feront figure de prothèses martiennes.

Des robots mobiles le prolongeront mentalement sur des distances quelconques, le cas échéant à partir de la Terre, une considération capitale trouvant ici sa place : à ces robots mobiles incombera la création sur Mars d'une logistique pour accueillir des astronautes.

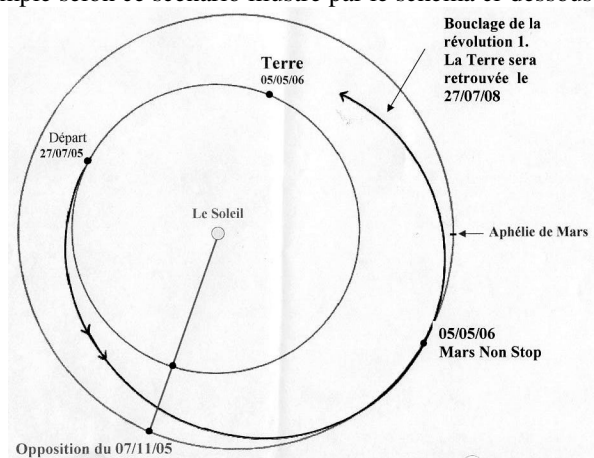
De ce fait, le problème n'est pas dans un choix entre l'homme et le robot mais dans la conception de populations de robots en fonction des tâches que l'on voudra les voir assumer.

Le retour d'échantillons

En tête de ces tâches, s'inscrit une collecte de roches martiennes et leur transport sur la Terre pour que nous puissions, forts de nos laboratoires, écrire l'histoire de la planète voisine à partir de leur composition isotopique et d'une identification de leurs molécules, un tel objectif étant jugé prioritaire. En attendant l'arrivée de l'homme sur Mars, il s'agit donc de faire venir ici des échantillons martiens selon une formule « tout robot ».

Plusieurs moyens sont concevables.

Le plus simple est de déposer sur Mars une station automatique dotée d'un bras pour s'emparer d'échantillons et les mettre dans un container. On doit s'étonner de l'impasse faite sur cette solution. L'expérience des Luna 16, 20 et 24 fut probante, sa transposition étant concevable sur Mars avec une opération non stop sur une orbite de Sternfeld, par exemple selon ce scénario illustré par le schéma ci-dessous :



- Placement sur une « orbite de 18 mois » d'un véhicule comprenant un bus et un module martien. Il passera 9 mois plus tard au large de Mars.

- Le module martien s'en détache peu avant. Il crée une impulsion pour prendre de l'avance. Arrivé sur Mars, il dispose de quelques jours - voire d'un temps sensiblement plus long si la mission est doublée - pour prélever des carottes (elles apprendront comment croît l'humidité avec la profondeur) et éventuellement entreprendre une collecte en surface grâce à un coursier ou en lançant des suceurs avec un dispositif évoquant la ligne du pêcheur. Les échantillons sont confiés à une fusée dont cette plate-forme est porteuse.

- Elle décolle à un instant bien précis et s'élève dans le ciel de Mars. Un programme d'assiette lui fait rejoindre le bus lors du passage de celui-ci près de Mars, sur sa trajectoire de rendez-vous avec la Terre.

Cette formule la plus simple est économique autant que souple. Le retour des échantillons a lieu après 2 révolutions du bus, le point de l'orbite de Mars où s'est déroulée l'opération non stop ayant commandé la durée de la première. A son issue, une correction de trajectoire ajustera en conséquence la durée de la seconde.

La carte de la difficulté est jouée si, anticipant sur les étapes d'un programme futur, on dissocie les vols Terre-Mars et Mars-Terre en retenant des trajectoires de Hohmann quitte à gérer des situations délicates. Au moins, elles autoriseront sur Mars la longue randonnée à une petite automobile automatique : celle-ci reviendra vers le module avec une riche moisson de roches.

Toujours, à ce stade, on aura pu se contenter de faire arriver sur Mars un seul module, porteur tant des moyens de collecte que d'un véhicule pour le retour, direct ou en recourant à un rendez-vous avec un autre module en orbite martienne. Ainsi, les plans de la NASA prévoient qu'en 2003 et 2005 chaque Lander fera arriver sur Mars à la fois un Rover capable de collecter 500 grammes d'échantillons et un MAV (Mars Ascent Vehicle) pour satelliser les capsules dont une sonde viendra un jour s'emparer pour les arracher à la planète voisine. Il seront convoyés de Mars à la Terre et finalement précipités dans l'atmosphère de celle-ci. Dans l'avenir, le voyage direct sera une formule séduisante lorsque le réseau d'amers implantés sur Mars et un moteur cybernétique à réponse rapide permettront que soit suivi un véritable rail de retour vers la Terre.

Une répartition des tâches

Enfin, à ce problème du retour d'échantillons martiens, on peut proposer la solution très élaborée impliquant deux modules sur Mars par laquelle la collecte des échantillons et leur transport vers la Terre seront disjoints : les robots mobiles iront rejoindre une plate-forme arrivée sur Mars par une opération indépendante. Leur rayon d'action aura été calculé en conséquence, en tenant compte d'une imprécision de l'atterrissage. Celle-ci aura été rendue minimale par une servocommande du freinage atmosphérique : toujours elle restera une réalité car tributaire de la météorologie martienne.

Mais sans doute, la collecte d'échantillons ne sera plus qu'une tâche parmi d'autres confiées à ces robots mobiles de seconde génération.

Les bras multiarticulés de ceux-ci auront d'abord été mus par des moteurs électriques rotatifs associés à des réducteurs épicycloïdaux et à des freins. Très vite, on

s'intéressera aux purs moteurs linéaires* dont la vaste gamme va aujourd'hui d'un couple de noyaux plongeurs antagonistes aux chaînes de molécules constitutives de systèmes dont la longueur peut varier à l'instar des fibres de nos muscles. Des rotaxanes ou caténanes pourraient un jour animer des mécanismes souples autant que puissants, le problème étant la coordination des mouvements.

Dans le cadre de la Société Française d'Electronique et de Cybernétique, nous avons dénommé gestic* la discipline qui s'intéresse à un geste quel que soit l'acteur, ce geste étant regardé comme un tout en ce sens que l'on prend en considération la position initiale A de la partie terminale du membre et la position finale A' que l'on entend lui conférer en vue d'un certain but à atteindre, en l'occurrence un positionnement par rapport à un B extérieur au système. La gestic concerne d'une part des moyens matériels pour que - grâce à des capteurs de distance et d'angle (numériques aujourd'hui) - A puisse en permanence se repérer par rapport à B, les données recueillies étant utilisées pour que le geste soit exécuté en obéissant au principe de la moindre secousse (la secousse étant la dérivée de l'accélération). Cela détermine la version initiale et les versions successives du geste et ses composantes, à savoir les mouvements des différentes parties du membre. Ils s'en déduisent à l'opposé de l'attitude qui était de voir dans un geste une suite de mouvements de ces parties au risque de se trouver in fine engagé dans une impasse.

Lorsque le robot est mobile - s'il est monté sur des roues, son centre décrit une série de cloïdes - la gestic doit inclure son déplacement afin de le placer en un endroit et dans une attitude idoines, mais d'abord faire en sorte qu'il atteigne cet endroit quitte à devoir résoudre le problème du déménageur de piano. Celui-ci se pose par ailleurs lorsqu'une charge volumineuse est transportée par un bras. Les techniciens le découvrent avec la simple opération qui consistera à extraire la petite automobile Marie Curie de la plate-forme de Mars 2001 où elle aura été placée à côté de beaucoup d'autres paquets.

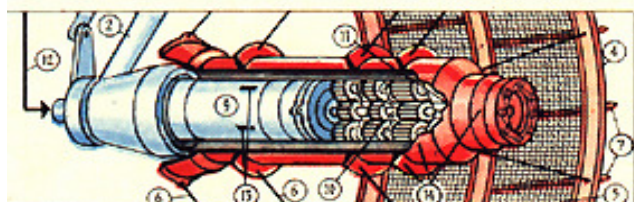
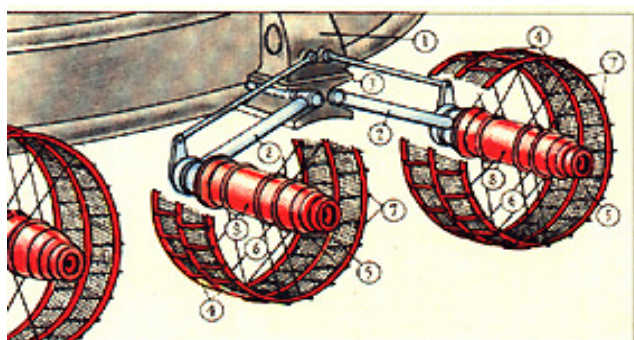
Toujours l'attitude dans laquelle s'immobilisera un robot mobile martien sera fondamentale pour une bonne exécution de ses gestes. Parmi ceux-ci figurera le branchement d'une pièce mâle dont il sera porteur à une pièce femelle sur le port d'alimentation d'une station fixe pour en recevoir de l'électricité ou des propergols fluides selon la formule qui aura été retenue.

Toujours, la solution exige de renoncer à la vieille image des degrés de liberté chère à la mécanique rationnelle : pour n articulations élémentaires, n moteurs étaient commandés séparément. Des architectures parallèles nous étaient au contraire apparues fort intéressantes pour obtenir la moindre secousse. Nos études pour l'industrie terrestre visaient à obtenir la plus grande agilité. Les critères seront, sur Mars, la plus grande habileté et la meilleure flexibilité dans les relations entre robots fixes et robots mobiles.

Deux classes complémentaires

Ce sont en effet deux classes de robots de seconde génération aux caractéristiques très différentes mais étroitement liées qui, à ce stade, peupleront Mars.

Les stations auront tout au plus une capacité locomotrice rudimentaire pour gagner par exemple le meilleur empla-



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1-Support du bloc des roues | 8-Bloc réducteur bi-vitesse |
| 2-Amortisseur (torsion, osc.) | 9-Moteur électrique de 35 W |
| 3-Pilier d'un couple de roues | 10-Arbre de transmission |
| 4-Armature de la jante | 11-Mécanisme de blocage roue |
| 5-Grillage constituant la jante | 12-Câble (alim. et télémetrie) |
| 6-Rayons des roues | 13-Capteurs de température |
| 7-Crampons | 14-Pièce de serrage du moyeu |

rudimentaire pour gagner par exemple le meilleur emplacement en vue d'observations météorologiques. A partir du dioxyde de carbone atmosphérique, elles produiront de l'oxygène ou du méthane. Ce seront des centrales électriques, des usines, des ateliers, des bibliothèques de données ou des châteaux d'eau si, sur Mars, celle-ci peut être extraite du sous-sol. Cela en raison de l'intérêt propre de l'eau et pour éviter de devoir importer un hydrogène terrestre. Autant d'activités qu'il s'imposera de concentrer dans des mini-cités.

Les robots mobiles auront pour première fonction d'apporter à ces stations le matériel qui sera envoyé de la Terre. Cela leur imposera une taille et une structure en conséquence.

Inversement, les stations fixes seront au service du robot mobile : elles assureront son approvisionnement, faisant entrevoir une complémentarité à l'instar de celle qui existe sur notre planète avec un monde animal doté de mobilité et un monde végétal ayant des racines, celui-ci nourrissant celui-là.

L'histoire de la vie terrestre fut toutefois une aventure aux rebondissements multiples. On ne saurait dire que le végétal a été « fait pour l'animal » : une adaptation mutuelle est intervenue a posteriori. Forts de notre conscience des choses, nous entendons créer sur Mars une entreprise qui, d'emblée, intégrera dans un scénario cohérent stations fixes et robots mobiles. L'autonomie sera également recherchée en ce qui concerne ceux-ci, mais pour d'autres raisons.

L'autonomie des êtres vivants a été fille de leur abandon à eux-mêmes, la vie terrestre étant née sur des cycles chimiques. Dans l'environnement de notre jeune planète, maintes molécules apparurent : subsistèrent celles dont la pérennité et la capacité à asservir leur environnement étaient plus

grandes. On doit ainsi parler d'une autonomie originelle dont découla un antagonisme avec le reste de l'univers.

Les robots mobiles martiens vont naître d'une initiative de notre part. Mais nous déplorerions que, lors de ses pérégrinations, chacun exige un pilote, un ingénieur, un navigateur et un historiographe auxquels serait demandé à tout bout de champ ce qu'il doit faire, astreint à attendre la réponse pendant des dizaines de minutes si elle devait venir de la Terre. Nous entendons qu'un robot se comporte selon nos directives de sorte que son autonomie sera celle que nous lui aurons octroyée. Ainsi, par lui, est-ce l'aventure humaine qui se poursuivra sur Mars à l'heure d'une extériorisation de l'évolution. Celle-ci a en effet, sur la Terre, atteint un niveau tel qu'en utilisant des outils et des machines, l'esprit peut agir plus puissamment que la biologie non seulement sur le milieu terrestre mais partout où il peut faire arriver ces outils et ces machines. Il peuple les autres mondes de robots en ne manquant - pour leur bon fonctionnement - de leur assurer une fixité de leur milieu intérieur.

Ainsi le Lunakhod - dont le dessin ci-contre montre le système des roues - fut-il conçu comme un vase Dewar chauffé par un radio-isotope. Il est question d'entourer d'un igloo les MAV qui devront longuement attendre sur Mars les rovers convoyeurs d'échantillons. Et le robot mobile martien pourra recourir à la combustion lente d'une petite partie de ses propergols pour maintenir sa température interne. Cela, à l'instar des êtres vivants, sachant que, toutes conditions égales, la fixité d'un milieu intérieur est délicate si la taille est petite : le rapport masse/surface est faible.

Surtout, un malentendu doit être dissipé, celui auquel le terme d'autonomie donne lieu lorsque, l'appliquant à un système, on sous-entend qu'il peut se passer de son milieu. Or si celui-ci est souvent porteur d'adversité, on doit le regarder comme un allié lorsqu'il assure à l'être vivant les moyens de son autonomie, à commencer par son énergie. Et on relèvera une convergence entre les êtres vivants et les robots martiens. Aux uns comme aux autres, une énergie primaire s'offre : le rayonnement du Soleil. La vie terrestre s'est développée à partir de celui-ci, le végétal l'ayant utilisé pour dissocier les molécules d'eau et stocker leur hydrogène dans un glucose à partir duquel le monde animal obtient de l'énergie lorsque, dans ses cellules, cet hydrogène est combiné à l'oxygène atmosphérique.

Cela aujourd'hui, car dans un premier âge de la vie, le distinguo n'est pas fait. Pareillement, les premiers robots martiens mobiles sont des plantes ambulantes : le courant de leurs photopiles entraîne des moteurs peu puissants.

(la fin de ce mémoire dans notre numéro 3)

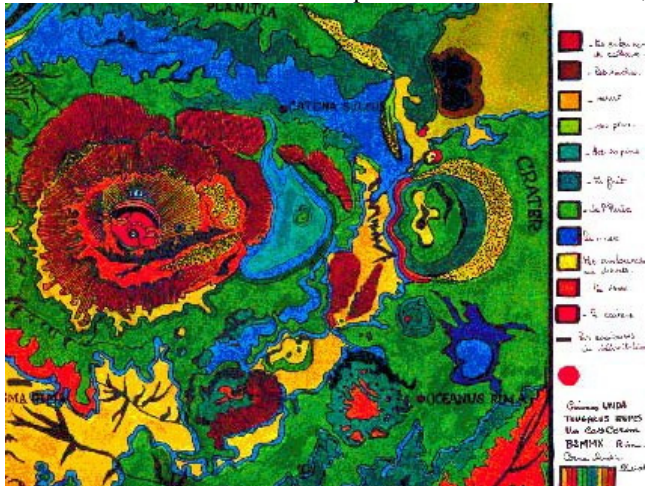
"MARS COMME VOUS NE L'AVEZ JAMAIS VUE" : une exposition au lycée P.Cornu de Lisieux, mars 99

par Jean-Paul Sibbille

Début 1999 j'informai Richard Heidmann qu'une expo "Mars" se préparait dans mon lycée, en mars bien sûr. De son côté il m'annonçait que l'association Planète Mars venait de voir le jour. Le hasard avait donc bien fait les choses et je pris ma carte de membre. L'expo que je préparais serait donc l'une des premières manifestations liées à l'association Planète Mars.

Samuel Lisneuf (documentaliste) et moi-même désirions montrer à nos 1500 élèves et à leurs professeurs, un aperçu actualisé de la planète rouge. Une collection de documents personnels - certains à valeur historique, d'autres à valeur scientifique, anecdotique ou artistique - montraient Mars en objet d'Astronomie pure, de Science-Fiction, d'Histoire des Sciences, de Mythologie et de Philosophie. Chaque domaine étant illustré de façon la plus significative possible. Un panneau réservé à la cartographie permettait de comparer les vues de C. Flammarion (à propos des "canaux", *L'Illustration* du 8 janvier 1927), d'A. Dollfus (*Les planètes*, Larousse 1960), d'A. Ducrocq (1976) et de la technologie spatiale (carte *ESA Journal* vol.17, 1993). D'autres panneaux centraient l'attention sur le relief, l'historique de l'exploration, le problème de la vie, la Science-Fiction. Dernier panneau : désinformation dans la presse, interprétations, hypothèses et fantasmes liés aux célèbres clichés Viking de la région Cydonia. On constatait que, hélas !, la désinformation n'est pas le fait des seuls tabloïds ; des publications sérieuses laissent parfois passer l'inacceptable. On n'est jamais assez vigilant !

Par ailleurs, deux initiatives pédagogiques étaient liées à cette exposition. D'abord, en tant que professeur d'Art Appliqué, et exerçant dans un lycée doté d'une importante "chaîne graphique" professionnelle : publicité, mise en forme imprimante, imprimerie, sérigraphie et reliure, du niveau CAP jusqu'au post-bac, j'ai naturellement fait travailler quelques classes sur Mars. Les élèves devaient créer une carte imaginaire en s'appropriant des clichés Viking, tirés du CD-ROM "Mars Observer". La transformation d'un cliché en carte réaliste n'allant pas nécessairement de soi,



Le travail d'un géologue en herbe ?

Coprates, Ares vallis et Olympus Mons devinrent néanmoins des lieux souvent verdoyants, vivants et animés dans l'univers des adolescents.

Ensuite, un questionnaire distribué aux élèves a reçu une soixantaine de réponses dont l'essentiel peut se résumer ainsi :

-Les élèves **observent très mal**. Les documents sont pris au pied de la lettre, les réponses souvent "au ras de terre" (si l'on ose dire à propos de Mars) : par exemple, malgré leur importance conceptuelle, les "canaux" dessinés sur de vieilles cartes sont totalement ignorés et ne figurent

même jamais (fut-ce à tort !) comme "preuve" d'existence d'eau sur Mars. De nombreux artefacts¹, signalés comme tels, visibles dans le cliché Viking 070 A 30 (région Cydonia), sont pris pour réalité du relief, voire la "preuve" d'existence actuelle de l'eau sur Mars...

-Ils ont des **idées reçues et méconnaissent l'Histoire**, même récente : "il y a réellement de la vie sur Mars", "l'homme a déjà été sur Mars" (confusion avec les missions Apollo)...

-**Mars intéresse** les jeunes en filière Technique et Professionnelle. **L'exploration de Mars** paraît une très bonne **chose** aux yeux des élèves, exaltante et pleine de découvertes potentielles. L'exploration future de Mars fait déjà partie de notre paysage culturel, je dirais au même titre que les dinosaures, qui ne dérangent plus que des créationnistes endurcis... **Presque tous espèrent** réellement qu'une **trace de vie** y sera découverte un jour. Très peu préféreraient voir employer l'argent de l'exploration à autre chose, c'est une bonne surprise !

Voilà qui pourra certainement motiver les membres de l'association Planète Mars à persévérer.

Jean-Paul Sibbille

¹ Ces artefacts apparaissent sur de nombreux clichés NASA ; ce sont des "bips électroniques de repérage" ou des défauts créés lors du transfert sur film, à Terre, des images électroniques.

VOS QUESTIONS

Q : Pourquoi s'intéresse-t-on à Mars plutôt qu'à une autre planète ?

R : Les planètes intérieures (Mercure et Vénus) sont des fournaises ; les planètes extérieures sont des boules de gaz, sans sol, très éloignées et frigorifiées. Entre ces deux familles, Mars, à la fois accessible et habitable, dotée d'atmosphère et de ressources en eau, constitue de plus un témoin inestimable de l'histoire géologique des planètes et des conditions d'apparition de la vie.

Q : Comment est-on sûr que les météorites « SNC » sont bien d'origine martienne ?

R : L'analyse de micro-bulles de gaz piégées dans ces pierres montre une composition isotopique identique à celle mesurée pour l'atmosphère de la planète par les atterrisseurs Viking. La preuve est pratiquement irréfutable.

Q : S'il y a des nuages sur Mars, pourquoi n'y pleut-il pas ?

R : Les nuages de glace d'eau sont effectivement fréquents. Mais du fait de la très faible pression atmosphérique, l'eau **ne peut pas** exister sous forme liquide : les particules de glace disparaissent en se sublimant, c'est-à-dire en passant directement de l'état solide à l'état vapeur.

Q : La France est-elle impliquée dans l'exploration ?

R : La France a déjà une tradition de participation à cette exploration (ses scientifiques étaient en particulier fortement impliqués dans la malheureuse mission russe Mars 96). Elle a récemment décidé de coopérer avec les américains au projet de retour d'échantillons, en réalisant l'orbiteur qui sera chargé de ramener les précieuses capsules et en offrant un lancement Ariane 5 (prévu en 2005).