



PLANÈTE MARS



Numéro 3 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

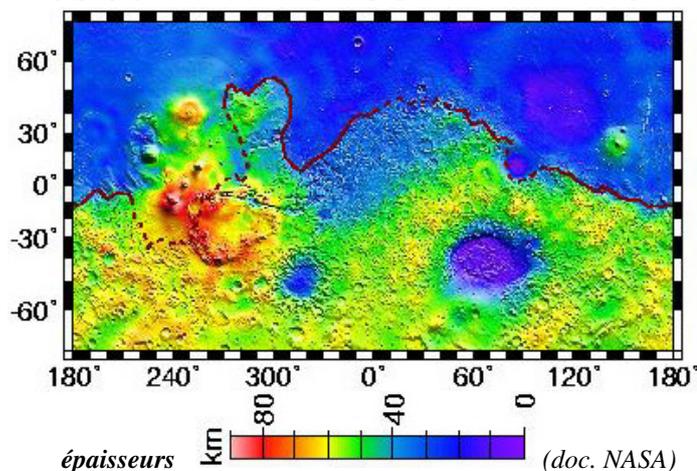
avril 00

ÉDITO

L'AGO du 11 mars, où notre association soufflait sa première bougie, a permis de dresser un bilan de cette année de création, dont nous pouvons être satisfaits même s'il ne s'agit encore que de tout premiers pas. Elle a surtout permis une réflexion sur les projets qui vont permettre de développer son action, au sujet desquels beaucoup d'entre vous se sont exprimés. L'exploration de Mars ne sort pas affaiblie, mais consolidée, du double échec de fin 99. La NASA ne baisse pas les bras et ses programmes de science spatiale restent vigoureusement soutenus. L'intérêt du public, loin d'être retombé, continue à croître ; ainsi, le film *Mission to Mars*, bien que décrié, fait un tabac aux États-Unis. Chez nous, outre cette sortie, d'autres manifestations martiennes significatives vont avoir lieu prochainement (expo de la Cité de l'Espace, journée du 20 mai au Musée de l'Air...). Et le superbe livre d'Olivier de Goursac (*à la conquête de Mars, Larousse*) va faire beaucoup pour notre cause ! A quand un « jour de Mars » ? Ou une fête à chacune de ses oppositions, comme l'a suggéré Albert Ducrocq ?... A nous de jouer.

Richard Heidmann Président de « Planète Mars »

MGS SONDE LA CROÛTE DE MARS !



En combinant les mesures des altitudes et des variations locales de gravité, les scientifiques de MGS ont réussi à véritablement sonder la croûte de la planète ! Révélation : celle-ci est mince et d'épaisseur constante dans les plaines du Nord (en bleu). Ces dernières ont donc dû connaître des flux thermiques magmatiques plus importants que les autres régions.

Dans ce numéro :

- MGS sonde la croûte de Mars ! p.1
- Un mémoire sur le robot martien (suite et fin) p.1
- Les voyages futurs p.1
- Nouvelles de l'association p.4
- Des murs-écrans contre le mal de Mars p.7
- Vos questions p.7
- La déclaration de fondation de la Mars Society p.8

prochain numéro : juillet 2000...

UN MÉMOIRE SUR LE ROBOT

MARTIEN (suite et fin)

par **Albert Ducrocq**

(NOTA : la première partie de cet article est parue dans le n°2 de notre bulletin de liaison)

Perspectives ouvertes par la pile à combustible

Les végétaux sont sur la Terre autant de stations naturelles auxquelles doivent être attachés des f inférieurs à 0,1 en raison du bas rendement de l'assimilation chlorophyllienne. Les f des animaux sont en revanche importants grâce aux concentrations permises par le sang à partir de l'océan. Celui-ci baigne toutes les cellules de l'éponge. L'anémone est un sac percé d'une ouverture, devenue un filtre chez l'oursin ; c'est une valve chez le ver dont le trémoussement meut une eau intérieure enrichie en oxygène par une chlorocrucine, ancêtre de l'hémoglobine des mammifères. Pour ceux-ci, les f dépassent 100.

Nos machines font mieux avec des f que l'on mesurait en milliers hier. Il faut parler en dizaines de milliers aujourd'hui. A priori cet ordre de grandeur sera retenu dans un programme martien, l'option n'étant toutefois pas levée quant à la manière dont l'énergie sera stockée sur Mars.

On aurait hier volontiers préconisé de lui donner le costume de l'électricité et de s'inspirer des animaux électroniques ; ils venaient recharger leurs accumulateurs à une prise de courant

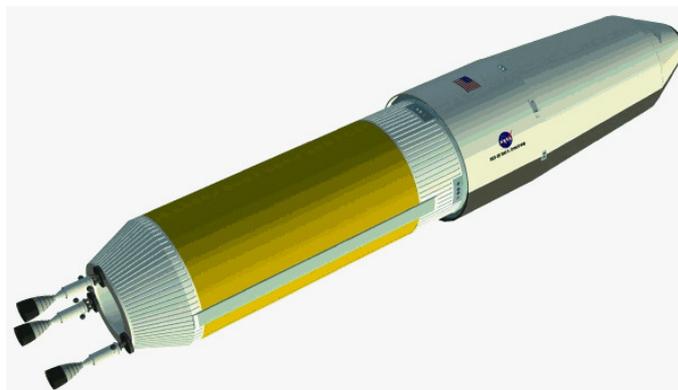
(suite page 5)

LES VOYAGES FUTURS

par **Alain Souchier**

Et après les premières expéditions d'envergure avec astronautes, quelles améliorations dans le transport Terre-Mars ?

La solution consistant à fabriquer les ergols sur Mars restera sûrement utilisée longtemps. Cela n'exclut pas des progrès dans les moyens de transport et de propulsion.



l'étage de transfert de la « mission de référence »(doc. NASA)

Au départ de l'orbite terrestre, la mission type Robert Zubrin suppose l'utilisation de moteurs à hydrogène et oxygène liquides d'environ 450 secondes d'impulsion spécifique*. Pour 50

tonnes envoyées vers Mars, auxquelles il faut conférer un surcroît de vitesse de 4 km/s, la propulsion hydrogène-oxygène nécessite un étage de 95 tonnes dont 86,5 tonnes d'ergols.



le prototype de moteur nucléaire NERVA (doc. NASA)

En propulsion nucléaire, où un réacteur échauffe de l'hydrogène avant éjection par une tuyère classique (propulsion nucléaire thermique), l'impulsion spécifique atteint 800 à 900 secondes. Pour envoyer les mêmes 50 tonnes vers Mars un étage de 46 tonnes emportant 38,5 tonnes d'hydrogène suffit.

Si maintenant on fait appel à la propulsion électrique, dans laquelle l'énergie est fournie au fluide par des champs électromagnétiques, des vitesses d'éjection de 15 à 100 km/s sont obtenues, qui correspondent à des impulsions spécifiques de 1500 à 10000 secondes. Déjà, avec 1500 secondes, pour 50 tonnes vers Mars il suffira d'un étage de 22 tonnes emportant 17 tonnes de fluide propulsif.

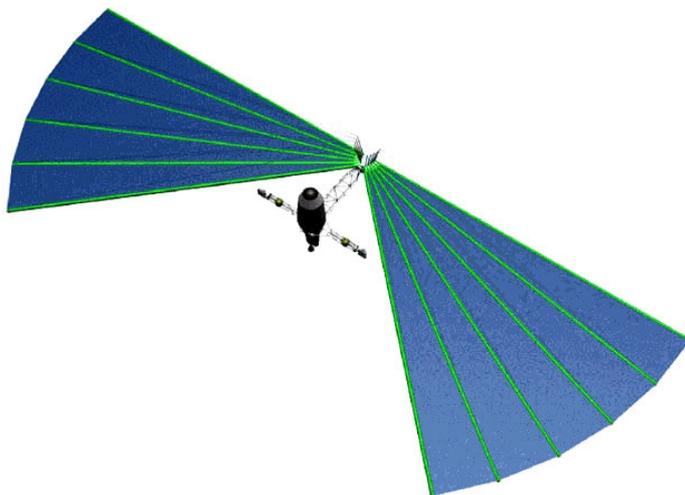
Faisons le bilan : dans le premier cas il aura fallu mettre en orbite terrestre 145 tonnes, dans le deuxième cas 96 tonnes et dans le troisième 77 tonnes.

Si on considère que, pour les premières missions, une fusée capable de mettre en orbite 145 tonnes aura été mise au point et que l'on continue à profiter de cette capacité, la propulsion électrique va permettre d'accroître la charge utile de 50 à plus de 100 tonnes. Or la propulsion électrique est une réalité. Elle équipe déjà des satellites de télécommunication et des sondes interplanétaires.

De nombreux types de propulsion électrique existent, dont la propulsion plasmique, dans laquelle un champ électromagnétique a la charge à la fois d'ioniser et d'accélérer un fluide comme le xénon. L'impulsion spécifique n'est que de 1500 s, mais le rapport de la puissance électrique à la poussée est particulièrement favorable (le moteur *sneema* PPS 1350 délivre une poussée de 0,08 Newton* pour 1350 W). Or une puissance électrique élevée va aussi se traduire par une masse élevée, et il faut trouver l'optimum entre masse du système propulsif et impulsion spécifique. Du côté des impulsions spécifiques éle-

vées, le Johnson Space Center de la NASA va faire voler en 2003 le moteur VASIMR dans lequel de l'hydrogène est échauffé par induction électromagnétique sans toucher les parois de la chambre. 10000 s d'impulsion spécifique sont atteintes dans un moteur de 10 kW produisant une poussée de 0,1 N.

Les poussées sont donc faibles, mais les moteurs électriques peuvent fonctionner des milliers d'heures. On a vu qu'aujourd'hui les poussées opérationnelles sont de l'ordre du dixième de newton. Des poussées 10 à 100 fois plus élevées sont envisageables demain. Dix moteurs de 10 N chacun communiqueraient les 4 km/s nécessaires à l'envoi de 50 tonnes vers Mars en 28 jours. Mais la puissance électrique nécessaire est alors considérable : pratiquement 2000 kW. Pour obtenir cette puissance il faut déployer des panneaux solaires de 10000 m², 2 ailes de 25 m sur 200 ! A ce niveau de puissance, un générateur électronucléaire devient intéressant et permet de plus des opérations dans le domaine martien avec la même puissance, alors que celle des panneaux solaires est divisée par 2 en raison de l'éloignement du Soleil.



l'étage de transfert électrique SETV (doc. NASA)

Les panneaux solaires n'ont cependant pas perdu la partie, surtout si on est moins pressé, ce qui permet de réduire la surface de panneaux au détriment de la durée de mise en vitesse depuis l'orbite terrestre. L'allongement de cette durée est possible pour des charges cargo, mais aussi pour des vols habités grâce à l'astuce suivante : le gros vaisseau, qui va faire le voyage Terre-Mars et opérer dans le voisinage martien ou se poser sur la planète, est lancé avant son équipage. Un étage à propulsion électrique le transfère progressivement d'une orbite circulaire vers une orbite très elliptique sur laquelle la vitesse au périhélie est très proche de la vitesse de libération de 11 km/s. L'équipage est alors envoyé dans un petit véhicule avec une fusée classique sur cette orbite où il opère un rendez-vous. L'équipage passe dans le grand vaisseau et celui-ci est accéléré au moyen d'un moteur-fusée classique pour injection sur orbite de transfert vers Mars. L'étage électrique entreprend alors une décélération pour revenir sur une orbite basse, où un nouveau plein de fluide propulsif lui est apporté afin qu'il soit prêt pour une nouvelle mission.

C'est un tel projet qui a été présenté en 1999 par le Glenn Research Center de la NASA. Le véhicule, désigné SETV (Solar Electric Transfer Vehicle), déploie des panneaux solaires sup-

portés par des mâts gonflables de 52 m de long qui lui donnent une allure de chauve-souris. La surface atteint 6400 m², la puissance électrique dépasse 800 kW et la poussée de ses moteurs électriques avoisine 50 N. Le transfert d'une charge de 80 tonnes sur l'orbite très elliptique demanderait une dizaine de mois et le retour en orbite basse du SETV seul serait beaucoup plus rapide.

Ainsi la propulsion électrique peut diviser par deux le coût des missions futures en multipliant par deux la capacité de lancement des lanceurs existants. Dans l'exemple du SETV, l'économie est encore améliorée par la réutilisation de l'étage électrique avec l'établissement d'une véritable logistique de transfert Terre-Mars dans le voisinage terrestre.

Certains ont suggéré d'aller encore plus loin dans la construction d'une telle logistique : pourquoi accélérer au départ de la Terre un vaisseau qu'il faut freiner à l'approche de Mars ? Pourquoi ne pas laisser circuler en permanence sur une orbite croisant régulièrement la Terre et Mars de grands vaisseaux «stations orbitales» dotés de larges ressources énergétiques (panneaux solaires ou réacteur nucléaire), d'un grand volume, et de nombreuses redondances, que les astronautes rejoindraient dans le voisinage terrestre au moyen de petits véhicules rapides, et qu'ils quitteraient de la même manière au voisinage de Mars ? Une opération inverse permettrait, bien sûr, le trafic Mars-Terre dans les mêmes conditions.

Ce concept de «vaisseau noria» ou *cycler* a été proposé en 1986 par l'astronaute Edwin «Buzz» Aldrin, le deuxième homme à avoir marché sur la Lune. Aldrin, spécialiste des trajectoires de rendez-vous, a fait calculer par le Jet Propulsion Laboratory les trajectoires qui permettent à un vaisseau spatial de se retrouver au voisinage de la Terre tous les 26 mois, période au bout de laquelle Mars et la Terre retrouvent le même écart angulaire par rapport au Soleil. Les conditions sont alors réunies pour que le *cycler* recommence le même voyage vis-à-vis de la Terre et de Mars. Pour obtenir cette coïncidence, la trajectoire du vaisseau est une ellipse sur laquelle celui-ci va mettre 5 mois pour atteindre Mars. Le passage près de Mars déforme la trajectoire qui devient une nouvelle ellipse sur laquelle le *cycler* continue à monter, s'éloignant du Soleil pendant 8 mois jusqu'à l'aphélie avant de redescendre vers la Terre pendant 13 mois. Emprunter le vaisseau au retour est donc un voyage fastidieux de 21 mois. Il est préférable de réserver ce *cycler* aux voyages aller et d'utiliser un autre *cycler* « retour » placé sur une orbite calée différemment et assurant ce voyage retour en 5 mois au détriment d'un voyage aller en 21 mois pendant lequel il n'est pas habité.

La station orbitale internationale va constituer une bonne répétition à l'échelle 1 d'un tel *cycler*, même si ce n'est pas son objectif initial. Au contraire d'une station en orbite terrestre, le *cycler* devra pouvoir se satisfaire d'un ravitaillement, d'un remplacement de matériel défaillant et en général de toute opération lourde de logistique et de maintenance tous les 26 mois. Aspects logistiques mis de côté, si la station Mir avait été un *cycler*, elle aurait, depuis ses débuts, effectué 5 voyages Terre-Mars et retour dans le système solaire !

Jusqu'où ira-t-on dans le progrès des moyens de transport internes au système solaire ? Les spécialistes de la propulsion nucléaire proposent des réacteurs à cœur gazeux dans lesquels l'énergie fournie au fluide propulsif n'est plus limitée par la

tenue de parois matérielles à la température. L'impulsion spécifique dépasse alors 5000 secondes.

Certains proposent de se servir des transferts d'énergie cinétique possibles lorsque, depuis une lourde masse en orbite, on laisse filer 2 câbles de plusieurs centaines voire milliers de kilomètres vers le bas et vers le haut. A l'extrémité basse du câble la vitesse est bien inférieure à la vitesse orbitale à l'altitude considérée, d'où une économie d'énergie pour le véhicule qui, partant du sol de la planète, vient s'y accrocher et est ensuite tracté vers la lourde masse en orbite. Au-dessus de cette masse, le long du câble, la vitesse est supérieure à la vitesse orbitale. Le véhicule continuera à y progresser sous l'effet de la force centrifuge. Arrivé à l'extrémité haute, il est largué en un point qui est le périégée d'une orbite elliptique plus énergétique. Il n'y a pas de miracle : à l'issue de cette manœuvre, la lourde masse est sur une orbite un peu plus basse et l'équilibre n'est maintenu que s'il y a le même trafic de véhicules « descendant », c'est-à-dire arrivant de l'espace extérieur, que de véhicules « montant » venant de la planète.

L'étude «Pioneering the space frontier», commanditée par le Président Ronald Reagan en 1986, avait aussi proposé l'utilisation des deux satellites de Mars, Phobos et Deimos, pour implanter un tel système avec 1000 km de câble accroché à Phobos et 3000 km de câble pour Deimos. Tout cela paraît acrobatique, mais l'expérimentation de satellites « à câble » a déjà commencé en orbite terrestre, avec plus ou moins de bonheur d'ailleurs.

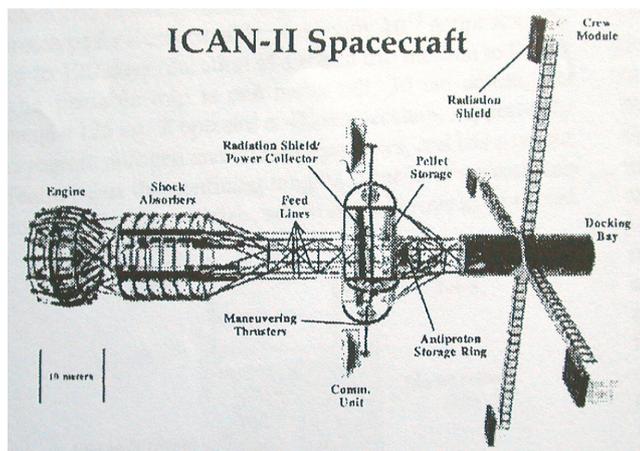
L'expression ultime de cette technique est l'ascenseur orbital. Autour de la Terre, il est bien connu que l'orbite géostationnaire se situe à 36000 kilomètres du sol. Sur cette orbite un satellite reste fixe par rapport au sol car il tourne, comme la Terre, en 24 heures. Le poids d'un câble descendu vers et jusqu'au sol peut être contrebalancé par la force centrifuge sur un câble ou une masse situé au dessus de 36000 km. L'ascenseur orbital est installé ! Certes il consomme toujours de l'énergie, mais celle-ci peut être fournie par des installations fixes placées sur la planète.

Il n'y a toutefois pas besoin de liaisons physiques avec le sol pour faire évoluer des véhicules alimentés par l'énergie envoyée par une base fixe. La transmission d'énergies considérables est théoriquement possible par faisceau laser ou micro-ondes ; le fluide à éjecter doit, lui, toujours être stocké à bord de l'engin, sauf dans le cas extrême où on utilise la réflexion des photons envoyés depuis le sol. La maquette volante d'un tel engin existe : le 5 novembre 1997, elle a volé jusqu'à 15 m de hauteur à White Sands, dépassant l'altitude atteinte par la fusée de Robert Goddard le 16 mars 1926. En 1999, une altitude de 30 m est régulièrement atteinte par l'engin, propulsé par un laser de 10 kW qui envoie 28 impulsions de 350 joules par seconde. Le fluide propulsif est tout simplement l'air à la base du véhicule qui se trouve violemment chauffé et détendu à chaque impulsion laser. Mais aujourd'hui le véhicule n'a qu'une masse de 52 g !

Sur un monde sans atmosphère, il est possible de lancer un engin à des vitesses spatiales directement depuis une installation située au sol. Imaginons, sur la Lune, un rail de 20 km de long sur lequel le véhicule est propulsé par un moteur électrique linéaire. Pour partir sur une trajectoire aller vers Mars, il faut atteindre 3,4 km/s. Cela est possible avec une accélération

de 29 g sur les 20 km. Acceptable pour des charges utiles cargo mais pas pour des hommes ! C'est à 200 km qu'il faudrait porter la longueur de la voie pour que l'accélération soit supportable par des astronautes. De plus, pour un lancement vers Mars lors des périodes favorables, tous les 26 mois, les créneaux de lancement ne s'ouvriraient que quelques heures chaque mois pendant 2 ou 3 mois sans être très optimaux compte tenu de l'inclinaison de l'orbite lunaire sur l'écliptique.

Le moyen de propulsion ultime, physiquement possible dans l'état de nos connaissances, c'est l'annihilation de la matière qui, comme l'a énoncé Albert Einstein, produit une énergie égale à $m.c^2$, la masse multipliée par le carré de la vitesse de la lumière. Cette énergie, sous forme de photons, peut assurer la propulsion.



vaisseau à fusion nucléaire catalysée par antimatière (doc. AIAA)

Quelle serait la consommation d'un engin de 10 tonnes capable d'effectuer le trajet Terre-Mars en une semaine, lorsque les deux planètes sont à 60 millions de km l'une de l'autre ? Accélération et freinage compris, cette masse ne serait que d'environ 7 kg ! Pour obtenir cette annihilation de 7 kg de matière, il faut faire réagir 3,5 kg d'antimatière et 3,5 kg de matière. Des expériences sont déjà réalisées pour conserver de l'antimatière sous forme d'antiprotons sans que ceux-ci ne réagissent immédiatement avec la matière environnante. Un dispositif combinant confinement électromagnétique et électrostatique et capable de stocker mille milliards d'antiprotons pendant plusieurs mois a été réalisé. Mais mille milliards d'antiprotons, ce n'est que 1,4 millièmes de milliardième de gramme ! Et le dispositif a une masse de 125 kg. Cependant, si tous les deux ans on est capable de multiplier par mille la quantité d'antimatière stockée, ce qui semble le cas aujourd'hui, on saura dans une trentaine d'années stocker les 3500 grammes d'antiprotons nécessaires au voyage express Terre-Mars en une semaine ! Encore faut-il pouvoir mettre au point un moteur dans lequel les pertes thermiques ne vont pas rapidement volatiliser l'engin tout entier.

Une première application pourra consister à se servir de très petites doses d'antimatière pour déclencher des réactions de fusion de l'hydrogène. L'université de Pennsylvanie a étudié un vaisseau martien de 350 tonnes à vide consommant 362 tonnes d'hydrogène dans un moteur à fusion initiée par antimatière offrant 100 kN de poussée à 13500 secondes d'impulsion spécifique, capable d'accélérer à 25 km/s en moins de 3 jours. De quoi réduire tout de même sérieusement la durée du voyage.....

Alain Souchier

NOUVELLES DE L'ASSOCIATION LES ACTIVITÉS DE PLANÈTE MARS

Première Assemblée Générale Ordinaire (AGO) le 11 mars. Les statuts ont été modifiés : la cotisation annuelle de membres d'associations partenaires leur est proposée à 150 F ; le conseil d'administration (CA) passe à neuf membres, et le *webmaster* fait désormais partie du bureau ; le règlement intérieur, qui complète les statuts, a été adopté. Le nouveau CA est composé comme suit : Erwan Bourcy (Secrétaire adjoint), Nathalie Cabrol, Lionel Cousin (Trésorier), Gilles Dawidowicz, Dominique Guillaume (Secrétaire), Richard Heidmann (Président), Christian Lardier, Alain Souchier, Bertrand Spitz (Webmaster), la composition du bureau ayant été décidée par le CA le 24 mars. La convocation à l'AGO était accompagnée, pour avis et propositions, d'une liste d'idées de projets pour développer l'action de *PLANÈTE MARS* ; la présentation de la synthèse des réponses a été l'occasion d'échanges entre les participants (voir ci-dessous). Enfin, le Président a parlé de la suggestion du *chapter* anglais de constituer une *Mars Society européenne* : les participants ont estimé qu'une telle structure n'est pas opportune, bien qu'une coordination des *chapters* européens soit souhaitable (une réunion à Londres est projetée à ce sujet).

L'AGO était suivie de quatre conférences publiques (thème : **Mars, Arctique, Antarctique**) faites par **A. Ducrocq, P. Lee, Ch. Lardier** et **C. Bachelard**.

Le nouveau CA s'est réuni au siège social le vendredi 24 mars. Après la désignation du bureau (Cf. ci-dessus), une priorité a été établie parmi les actions discutées : accompagnement de la sortie du film *Mission to Mars* (de Brian de Palma) ; encouragement de premiers projets éducatifs ; participation à plusieurs expositions et manifestations (à partir du 17 avril à la Cité de l'Espace à Toulouse, le 20 mai au Musée de l'Air, vers septembre à La Hague, en novembre à Lisieux, en fin d'année à Strasbourg) ; l'idée d'une *étiquette à bagages* proposée par Luc Aussilloux est retenue ; réfléchir aux modalités pratiques pour réaliser tous les 25 mois une *Fête de l'Opposition* (martienne !), proposée par Albert Ducrocq, la prochaine opposition ayant lieu en juin 2001 pendant le Salon du Bourget ; enfin, préciser les conditions de mise en place de groupes de travail (*task force*) ; par contre l'amélioration du dépliant et le changement de la forme et du volume actuels du bulletin semblent pour l'instant prématurés.

MARS SOCIETY

Station de simulation du cratère Haughton (au cœur du pays *Nunavut*, dans le grand nord canadien) : la construction de la structure de la base est en bonne voie à Denver (Colorado). La mise en place commencera en juin 2000 (base opérationnelle dès 2001).



discussion autour des pièces de la base dans l'atelier de Mesa Fiberglass (doc.TMS)

Rappelons que le 3^{ème} congrès annuel se tiendra **du 10 au 13 août 2000 à Toronto** au Canada : venez nombreux !

Dominique Guillaume, Secrétaire de « Planète Mars »

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

continu. On doit aujourd'hui compter avec un essor de la pile à combustible : imaginée en 1838 par William Grove mais restée un outil théorique pendant plus d'un siècle avant de trouver place sur les cabines Gemini et Apollo ainsi que sur la navette, elle se présentera bientôt sous la forme d'unités compactes rendues légères grâce à des films de plastique de 25 µm avec du platine comme catalyseur. Cela, pour fournir 1 à 20 W à des téléphones ou ordinateurs portables avec de multiples avantages.

Le nombre des cycles charge-décharge d'un accumulateur est en effet limité. Le réapprovisionnement chimique - en oxygène et hydrogène (ou en oxygène et méthane si le robot procède à un reforming) - est par ailleurs une opération rapide. Quant aux capacités, elles seront demain fabuleuses si l'on parvient à stocker l'hydrogène dans des nanotubes de carbone, potentiellement capables d'emmagasiner 16 kWh/kg.

Un recours sur Mars à cette voie sophistiquée séduit d'autant plus qu'elle fait entrevoir sur la planète voisine une réplique technique à la dichotomie biologique végétal-animal, avec toutefois des différences majeures.

Ni les agressions de la vie

Non content d'être, sur la Terre, autonome dans son milieu, l'être vivant cherche en effet à l'être vis-à-vis des autres. La pression biologique étant devenue gigantesque, ils sont a priori autant de proies ou de prédateurs. C'est pour supporter cette pression qu'il s'est entouré d'une membrane, d'une coquille, d'une carapace et par ailleurs doté de moyens d'attaque.

Le robot martien manifesterà un altruisme en total contraste avec cet égoïsme des espèces : il n'aura pas à se défendre des autres : nous entendons créer un complexe dont tous les éléments seront solidaires avec, quant à leur évolution, un agent autre que la performance à laquelle furent contraintes les espèces vivantes dans leur lutte pour la vie. Survécurent les plus résistantes, les animaux les plus forts ou capables de fuir le plus vite. Nous déciderons du destin des robots martiens, avec l'objectif d'une grande efficacité dans leur tâche, sans que l'un doive être armé pour se défendre des autres.

A l'instar des êtres vivants, ils seront certes guettés par l'accident ou par la panne. Et aucune parade absolue ne saurait être envisagée contre l'usure : les frictions transforment les pièces, enlevant un peu de leur matière, agrégeant des corps étrangers. Le milieu martien sera agressif avec sa poussière, avec la perfidie de ses tempêtes de sable, avec un rayonnement ultraviolet par lequel on présume qu'une assez intense activité chimique est entretenue.

Impuissante contre l'usure, la vie s'est accommodée d'une disparition des êtres après qu'ils se soient sauvegardés grâce à leurs gènes, créateurs de nouveaux êtres à partir de l'environnement. Pour les robots martiens, la formule sera un recyclage si les épaves sont transportées dans des ateliers où ils seront soit réparés, soit démontés afin de fournir des pièces détachées. On devra en l'occurrence compter avec la technique Bluetooth visant à ce que les liaisons entre appareils se fassent par ondes - des fréquences comprises entre 2,4000 et 2,4835 GHz lui ont, sur la Terre, été réservées - grâce à des radiomodems moins gros qu'une fiche multibroche. Le standard a été finalisé en juillet 1999 : une modulation à étalement de spectre par saut de fréquence a été retenue pour réduire les risques d'interférence. Sur un robot martien, un matériel nouveau sera

substitué à un module défaillant sans que celui-ci doive être extrait et sans que l'on doive procéder à des branchements. Des emplacements seront réservés pour des modules de secours et pour des modules complémentaires qui, avec les progrès de la technique, ne manqueront pas de voir le jour dans la foulée de la puce-système : le développement de celle-ci est le thème d'un projet gouvernemental suédois. Des perspectives non moins remarquables s'offrent avec le logiciel adaptatif. Compte tenu du degré de compacité atteint par les microprocesseurs, on ne craindra pas les redondances ou vacances en vue d'acquisition de nouvelles fonctions quitte à « oublier » les anciennes.

Ni sa complicité

Tel sera le sens d'une évolution pour les robots martiens dans un contexte promis à leur assurer la réplique d'une plasticité de notre système nerveux .

Avec la considération que, sur la planète voisine, le robot mobile ne pourra pas compter sur la complicité quasi permanente qu'ici la vie nous assure. C'est le côté positif de son omniprésence : de grandes opportunités énergétiques et informatiques, nous voulons dire en nourriture et en repérage. Sur Mars, où l'horizon est à une distance kilométrique, la vision offre un intérêt limité dans un paysage où n'existent pas les arbres, les animaux ou les maisons dont, sur la Terre, l'éloignement nous est révélé par la taille que prend leur image sur notre rétine. Les astronautes appréciaient mal les distances sur la Lune. C'est pour révéler la hauteur des obstacles qu'une caméra au ras du sol sera intéressante.

Le toucher sera précieux. Il arrive qu'un aveugle déclare penser avec ses jambes : leur mouvement lui vaut une palpation des terrains. A un robot martien, une tige verticale donnera la canne de cet aveugle : rencontrant une pierre, elle en révélera le profil et la hauteur. Une fiche signalétique pourra ainsi en être dressée, pour le robot lui-même et à des fins scientifiques si par exemple les pierres d'une région apprenaient par leur aspect qu'un fleuve les a autrefois charriées.

Par ailleurs, si l'organisation non terrestre du sol incite à miser pour la locomotion sur des roues plutôt que sur des jambes, de récentes recherches ont mis en lumière de grandes similitudes fonctionnelles entre ces deux processus, longtemps présentés comme antagonistes : un animal qui court s'emploie à garder invariables l'orientation de sa tête et la hauteur de son centre de gravité, tandis que les roues d'un robot mobile sont montées sur des supports flexibles afin que là également la hauteur du centre de gravité et l'orientation de capteurs soient peu affectées par les obstacles rencontrés. Il s'agit de minimiser la dépense d'énergie et le traitement d'information nécessaires au déplacement.

Bien entendu, pour se repérer à l'échelle d'une région, le robot mobile recourra largement aux stations fixes. Elles constitueront - autour de l'un des amers A, B, C utilisés pour le guidage des véhicules atteignant ou quittant Mars - des réseaux secondaires à une échelle kilométrique. Ce sera par exemple, près de A, un triangle A, α , β que l'on situera par rapport à A, B, C. Un robot opérant dans le secteur A, α , β se repérera par le temps au bout duquel lui reviendront ses signaux, que A, α , β lui auront immédiatement répétés. Là également l'image du rail s'imposera - la route optimale pour le robot mobile - si les stations sont instruites de la topographie. Elles le seront par les robots mobiles.

Le cerveau des robots

Un moyen, n'ayant pas son équivalent en biologie, sera en effet la transmission permanente par les robots mobiles de leur vécu aux stations fixes. Celles-ci seront alors des mémoires tant de ces robots que du secteur de Mars qu'ils auront exploré : un « langage terrain » en créera une carte toujours plus complète pour, d'abord, assurer leur guidage. Ainsi le robot mobile ne sera pas obligé de mettre en œuvre des moyens considérables lors de ses déplacements. Il pourra se contenter d'un traitement immédiat de données et d'un système de navigation par inertie : ce sera essentiellement un ensemble de senseurs, d'actuateurs et de bras. Il n'aura pas besoin d'un cerveau universel puisqu'en communiquant avec les stations fixes, il obtiendra tous les extraits souhaités tant de sa propre histoire que de celle des autres.

Mieux : on pourra tabler sur une banalisation en continu de l'expérience des différents robots mobiles. Ce seront autant d'interlocuteurs des stations fixes dont ils enrichiront l'information. Si l'un d'eux vient à « mourir », son expérience sera sauvegardée. S'il fait une découverte, les autres en seront instruits dans l'instant.

C'est une situation très différente de celle offerte par le milieu terrestre où la plante est dépourvue de tout système nerveux et où l'animal dispose du seul registre dont l'espèce l'a doté. Le robot mobile martien pourra prétendre à une intelligence ouverte grâce aux banques de données des stations fixes qui d'une part veilleront sur lui, d'autre part pourront être consultées par la voie hertzienne, sans problème de débit ou de portée. Les stations dirigeront aussi bien l'exploration de Mars que sa modélisation (par analyse des données envoyées par les robots mobiles) et son exploitation selon les instructions reçues. Des instructions en provenance de la Terre où se trouvera la conscience de l'opération.

Pas de mine pour des robots de 3^{ème} génération

Une absence de complicité biologique semblera d'autre part constituer un handicap quant à l'approvisionnement en matières premières. Après le « tout importé » des robots de première génération et une alimentation des robots de deuxième génération grâce à des fluides obtenus in situ, on voudra recourir à une production martienne pour constituer la substance de robots de troisième génération. Ce sera selon un scénario très différent de celui ayant, sur la Terre, présidé à l'essor d'une industrie.

L'homme a pu utiliser du bois parce qu'il y avait des forêts ; il a d'autre part trouvé des métaux dans le sous-sol parce que des gisements avaient été créés, notamment par la vie et le volcanisme. Celui-ci est une réalité sur Mars : on ne saurait pour autant tabler sur des mines exploitables.

Le problème, au demeurant, est autre : dans cette considération qu'il ne saurait être question, dans un avenir prévisible, de créer sur Mars une industrie de type terrestre. Sa lourdeur serait dissuasive même pour fournir les composants les plus légers : la fabrication de puces exige, outre des machines d'une extrême précision, une masse d'eau représentant des millions de fois le silicium traité.

En revanche, au même titre que, sur la Terre, les êtres vivants naquirent d'une organisation de la matière, on accordera une attention extrême aux auto-organisations que les chimistes s'emploient aujourd'hui à susciter. Il faut s'intéresser particulièrement aux processus mettant en œuvre le soufre, dont les

XRFS des Viking ont révélé l'abondance sur Mars (3 %) en même temps que sa large implication présumée dans les cycles de la planète. Or des sulfures (de fer ou de cadmium) peuvent jouer le rôle d'une matrice pour le développement de polypeptides : des expériences conduites par G. Wächterhauser ont fait constater une extension simultanée de la surface minérale et du système organique qu'elle porte. Des synthèses de cristaux et de mésostructures ont d'autre part été obtenues à partir de TiO_2 , ZrO_2 ou Nb_2O_5 , la perspective s'offrant d'enclencher sur Mars des rétroactions d'organisation à partir des quatre éléments chimiquement actifs les plus reproduits dans l'univers : carbone, hydrogène, oxygène, azote - ceux-là mêmes que la biologie a exploités et auxquels nous faisons aujourd'hui appel pour créer des composites dont l'industrie pourrait, plus que notre métallurgie, préfigurer une industrie martienne.

On le sait en effet : certains édifices moléculaires se comportent en machines-outils vis-à-vis du milieu, donnant naissance à de nouvelles molécules elles-mêmes actives, avec la possibilité que certaines trouvent place pendant un temps dans des enveloppes dites cryptates. Au MIT, Julius Rebek s'est employé à recenser les molécules filiformes capables tout à la fois de se dupliquer et de commander des synthèses. Il s'est notamment intéressé au maillon imide-naphtalène-ribose-adenine, différent de l'ADN. C'est en retenant une de ces molécules que la vie a pu exploiter une potentialité de la matière. Ou plutôt, cette potentialité s'est imposée à elle. Sans qu'un coup de pouce ait été nécessaire, des inventions en chaîne ont été possibles jusqu'à la transcendence d'un cerveau humain. A l'heure d'une industrie martienne en gestation, ce cerveau existe pour donner - sur place ou à distance - le coup de pouce à un grand mouvement d'auto-organisation sur la planète voisine afin qu'elle fabrique des pièces de robot, dont l'auto-réparation ne saurait être exclue dans la foulée des recherches suggérées par l'incorporation de sulfure de gallium au cuivre-iridium-sélénium des photopiles.

L'important est de ne pas se tromper d'objectif : il s'agit non de « terraformer » la planète voisine mais de lui apporter l'étincelle nécessaire pour que se développent des activités dont découleront notamment la maintenance de deux populations de robots et de plus grandes facilités quant à une survie économique de l'homme sur Mars.

Nous ambitionnons d'obtenir beaucoup de choses made in Mars. Il s'agira d'une production probablement peu variée. Mais un enseignement nous a été donné avec cette rétroaction positive naturelle que fut sur notre planète l'aventure biologique : elle a enfanté un nombre réduit de molécules actives, son art ayant été dans leur combinatoire avec un scénario de réutilisation systématique des mêmes moyens. Sans doute tel sera sur Mars le déroulement des événements avec une rétroaction non pas spontanée mais induite. Elle fait entrevoir un nombre limité de structures, à l'instar de la vie, mais à l'opposé de l'actuelle sophistication, jugée parfois excessive, de notre industrie terrestre. Au moins celle-ci aura-t-elle eu le mérite de nous fournir la riche gamme de moyens par lesquels la possibilité nous est donnée de faire le choix le plus judicieux pour hâter le développement d'activités spécifiques en milieu martien comme la vie et l'industrie furent une émanation du milieu terrestre.

Albert Ducrocq, Président d'honneur de « Planète Mars »

DES MURS-ECRANS CONTRE LE MAL DE MARS

Par Pierre Brulhet

Le projet de la NASA à l'horizon 2011-2020 est d'envoyer un module habité sur Mars. Ce n'est que la première étape de la venue de l'homme sur la planète rouge. Elle servira de point de départ à la construction d'une véritable base. C'est dans ce contexte précis que s'inscrit la présente étude.

Mars est une planète hostile à l'homme (froid extrême, absence d'oxygène, pas d'eau à l'état liquide en surface, violentes tempêtes de poussières, rayonnement cosmique dangereux). Pour protéger les astronautes, la base sera construite sur place à l'aide de matériaux importés de la Terre, facile à transporter et à monter (utilisation de tôles ondulées en aluminium et de poutres tridimensionnelles pliables pour la structure). Elle sera ensuite enterrée et recouverte de terre martienne (excellent isolant thermique, bouclier contre les tempêtes solaires).

Le projet s'articule autour de six modules ayant chacun sa spécificité, desservis par un grand axe de distribution :

- Il y aura quatre modules construits sur Mars :
 - . Un dortoir avec ses douches / W-C
 - . Les serres avec un espace laboratoire / travail et exercices physiques
 - . Le hangar
 - . Une centrale nucléaire / recyclage eau et oxygène
- Les deux modules de la première mission seront intégrés à l'ensemble et reconvertis en :
 - . Un espace repas / réserves
 - . Un observatoire.

Dans ce monde clos, sans lumière naturelle, à l'abri de l'hostilité extérieure, il sera recréé un univers virtuel (écrans géants à plasma, plastique ou utilisant la technologie à micro-

pointes), une sorte de matrice, de « micromonde » aux applications multiples :

- Dans le hangar, les murs-écrans permettent de surveiller les entrées et sorties des véhicules et des astronautes, ainsi que l'atterrissage et le décollage des engins spatiaux.

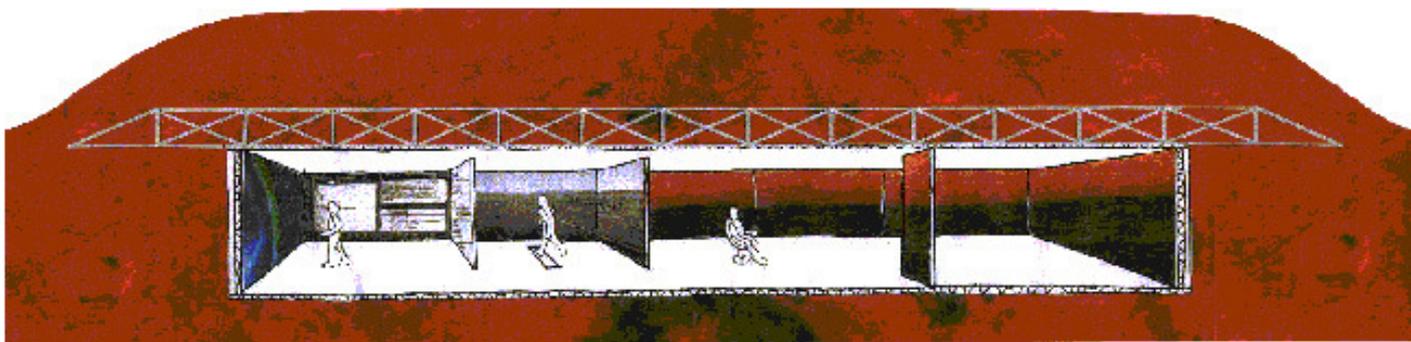
- Le couloir de distribution est traité comme une rue, avec ses espaces de repos (bancs en briques martiennes), ses plantations (éclairées par des néons spécifiques). Son animation sera recréée virtuellement par des murs-écrans installés tout le long de la rue : ambiance paisible des campagnes terriennes ou ambiance frénétique des grandes villes avec ses véhicules qui circulent dans tous les sens. C'est un lieu convivial où peuvent se croiser à tout moment les astronautes.

- Le lieu de travail / exercices étant un espace virtuel modulable par ses murs-écrans, les astronautes pourront y travailler, faire des exercices physiques (les écrans s'animent au fur et à mesure que l'astronaute se déplace sur le tapis roulant), ou se distraire en observant Mars à travers les écrans virtuels par exemple.

- Afin de conserver une certaine intimité, chaque astronaute possède une chambre, où il peut s'isoler grâce à des écrans opaques qui s'enroulent et se déroulent. Des écrans sur le côté jouent le rôle de « fenêtres virtuelles » sur le monde extérieur.

L'apport de ces nouveaux écrans doit combattre l'ennui, la nostalgie qui pourra s'emparer des astronautes loin de la Terre et de leur famille. Le lien entre ce monde intérieur protégé mais « virtuel » et le monde extérieur hostile mais « réel » est un passage, seul élément architectural visible de la base avec le module d'observation, qui émerge du sous-sol comme un pont entre ces deux mondes.

Pierre Brulhet



VOS QUESTIONS

Q : *Quel serait le coût du programme « Homme sur Mars » ?*

R : Pour le projet « de référence » de la NASA, 50 à 80 milliards de dollars sur 10 ans pour le développement et de 1 à 2 milliards par an pour les opérations. Quelques points de repère : sur son budget actuel de 14 milliards, la NASA consacre 5,5 milliards aux vols habités (navette et station spatiale) et 2,3 milliards aux programmes scientifiques ; Apollo a coûté 100 milliards de dollars actuels ; le bombardier furtif B2, exemple de programme d'armement du Pentagone, 60 milliards...

Q : *Quels peuvent être les dangers du sol martien pour les astronautes ?*

R : La poussière très fine que l'on trouve sur le sol martien peut poser des problèmes aux ingénieurs. Elle peut s'infiltrer dans une combinaison spatiale et gêner son étanchéité ; elle

peut aussi perturber le fonctionnement des équipements (rover, mécanismes d'orientation de panneaux solaires et d'antennes). La deuxième inconnue vient de l'agressivité chimique de ce sol, riche en peroxydes et donc très oxydant. Il faut vérifier que les risques de corrosion, voire d'irritation des tissus (peau, muqueuses, bronches), sont maîtrisables.

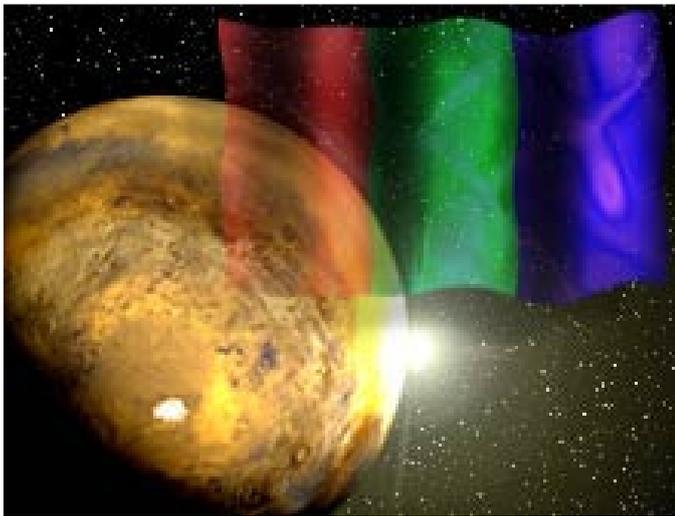
Q : *Quelle température fait-il sur le site de l'île Devon ?*

R : Les températures vont de 0 à +15°C en été (période des missions) ; rien de comparable donc avec les températures que l'on trouve sur Mars. L'objectif n'est pas de reproduire l'environnement climatique martien mais de tirer parti des similitudes géologiques du site et de la possibilité de représenter, dans une certaine mesure, les conditions de travail de géologues de terrain sur la planète rouge.

Q : *Quelles sont les objectifs « missions spatiales » de la future*

station franco-italienne « Concordia » en Antarctique ?

R : Des avant-projets de simulation partielle de missions de type planétaire (Lune, Mars) sont préparés avec l'ESA, compte tenu de l'analogie entre certains paramètres : vie en milieu confiné et isolé, conditions d'habitat, organisation de la vie sur place, relations entre centre de contrôle et un milieu isolé. L'intérêt de ce site se trouve dans la simulation de conditions de vie difficiles et dans la réalisation de séjours de longue durée. Mais pour l'instant il n'existe pas de planning de développement de ces simulations.



le drapeau de Mars, inspiré de la trilogie de K. S. Robinson

LA DÉCLARATION DE FONDATION DE LA MARS SOCIETY

(traduit par **Philippe Bordier**)

Le temps est venu pour l'humanité d'aller sur Mars. Nous sommes prêts. Bien que Mars soit loin, nous sommes beaucoup mieux préparés aujourd'hui pour envoyer des hommes sur Mars que nous l'étions pour aller sur la Lune au début de l'âge spatial. Si nous le voulons, nous pouvons envoyer la première équipe sur Mars d'ici dix ans. Les raisons d'aller sur Mars sont multiples.

Nous devons y aller pour **connaître** cette planète. Les sondes « robots » ont révélé que Mars a été une planète chaude et humide, capable de permettre la genèse de la vie. Mais cela a-t-il eu lieu ? Une recherche pour trouver des fossiles à la surface de Mars ou des microbes dans l'eau souterraine pourrait fournir la réponse. Si nous en trouvons, ils montreraient que l'origine de la vie n'est pas réservée à notre Terre, et alors révéleraient que l'Univers est rempli de vie et, probablement, d'intelligence. Du point de vue de la recherche de notre véritable place dans l'Univers, ce serait la découverte la plus importante depuis Copernic.

Nous devons y aller pour connaître **la Terre**. Au début du 21^e siècle, nous savons que nous sommes en train de changer l'atmosphère et l'environnement de notre planète de manière significative. C'est devenu un problème critique qui doit nous inciter à mieux comprendre tous les aspects de notre environnement. Dans ce projet, la planétologie comparée est un outil très puissant, une réalité déjà démontrée par le rôle joué par les études de l'atmosphère de Vénus dans notre découverte de la menace potentielle du réchauffage global par les gaz à effet de serre. Mars, la planète la plus semblable à la Terre, aura beaucoup à nous apprendre sur le monde que nous habitons. La

connaissance que nous allons acquérir pourrait être la clé de notre survie.

Nous devons y aller pour relever **le défi**. Les civilisations, comme les populations, prospèrent grâce aux défis, et dégènerent sans eux. Le temps est passé pour les sociétés d'utiliser la guerre comme un moyen de faire progresser la technologie. Alors que le monde s'achemine vers l'unité, nous devons nous réunir non dans une passivité mutuelle mais dans une entreprise commune permettant de relever un défi plus grand et plus noble que celui que nous nous étions fixé jusque là. L'exploration de Mars constituera un tel défi. De plus, la coopération internationale, dans ce domaine, doit servir d'exemple à d'autres aventures.

Nous devons y aller pour la **jeunesse**. L'esprit de jeunesse exige aventure. Un programme comme « l'Homme sur Mars » invitera tous les jeunes à développer leurs talents pour participer à la découverte d'un nouveau monde. Si un programme « Mars » ne devait entraîner qu'une petite partie de la jeunesse d'aujourd'hui vers un apprentissage scientifique, le résultat serait des dizaines de millions de scientifiques, d'ingénieurs, d'inventeurs, de médecins supplémentaires. Ils feront des innovations qui vont créer de nouvelles industries, trouveront de nouveaux médicaments, augmenteront les revenus et rendront service au monde de multiples façons par un effet du retour qui amortira complètement les dépenses de ce programme.

Nous devons y aller pour **l'opportunité**. La colonisation d'un nouveau monde martien est une opportunité pour une noble expérience dans laquelle l'humanité a une autre chance d'abandonner ses vieux bagages et de recommencer le monde, en progressant avec le meilleur de notre héritage et en laissant derrière le plus mauvais. De telles chances ne se présentent pas souvent et ne doivent pas être dédaignées un tant soit peu.

Nous devons y aller pour **l'humanité**. L'homme est plus qu'une autre sorte d'animal ; nous sommes les messagers de la vie. Nous sommes les seules créatures de la Terre à être capables de continuer le travail de création en portant la vie sur Mars, et en rendant Mars à la vie. En faisant ainsi, nous témoignerons de la valeur précieuse de l'espèce humaine et de chacun de ses membres.

Nous devons y aller pour le **futur**. Mars n'est pas une simple curiosité scientifique ; c'est un monde qui a une surface égale à celle de tous les continents de la Terre réunis, et possédant tous les éléments nécessaires au maintien de la vie et d'une société technologique. C'est un nouveau monde, rempli d'une histoire qui attend d'être écrite par une génération nouvelle de notre civilisation. Nous devons aller sur Mars pour transformer cette possibilité en réalité. Nous devons y aller non pour nous-mêmes mais pour un peuple à venir. Nous devons le faire pour les Martiens.

Croyant ainsi que l'exploration et la colonisation de Mars sont l'une des plus grandes entreprises humaines de notre temps, nous nous sommes réunis pour fonder la « Mars Society », sachant que les meilleures idées d'actions humaines ne sont pas inéluctables mais doivent être planifiées, défendues et réalisées après un travail difficile. Nous invitons les personnes et les organisations, animées des mêmes sentiments, à se joindre à nous, en servant cette grande entreprise. Il n'est pas de cause plus noble. Nous nous reposerons lorsqu'elle aura abouti.

Ont collaboré à ce numéro : Ph. Bordier, P. Brulhet, A. Ducrocq, D. Guillaume, R. Heidmann, A. Souchier.