



PLANÈTE MARS



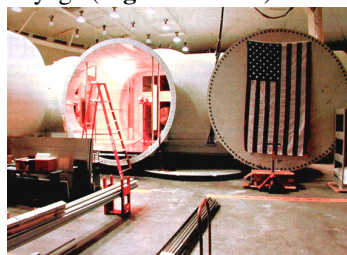
Numéro 7 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

avril 2001

ÉDITO : BUSH ATTACKS

La chute du mur de Berlin avait donné le signal de la fin de la course aux armements et, l'an dernier, le dernier budget US exprimait avec vigueur la volonté de profiter d'excédents budgétaires retrouvés pour préparer l'avenir par un accroissement spectaculaire des budgets de recherche dans la plupart des secteurs de pointe.

Mais les projets de la nouvelle administration constituent sur ce plan une sérieuse désillusion. La priorité donnée à la réduction des impôts et à l'accroissement des dépenses militaires, avec en particulier le retour du projet de « bouclier anti-missiles », conduit à stopper net cette politique de progrès, sauf dans le domaine des sciences médicales. Pour la NASA, cela se traduit par un projet de budget dont la croissance couvre à peine l'inflation (2%). Or, dans le même temps, l'agence doit faire face à de nouveaux surcoûts de ce cauchemar financier qu'est la station spatiale. Résultat : des menaces de coupes sombres dans les programmes de science spatiale... Si l'exploration robotique de Mars n'est pas touchée, tout un ensemble de « petits » programmes risquent de faire les frais de cette politique. C'est le cas, en particulier, de recherches sur quelques sujets essentiels pour la future exploration humaine de la planète, malgré leur coût ridicule et leur intérêt intrinsèque majeur. Ainsi en va-t-il, par exemple, du simulateur d'habitat à environnement clos BioPlex ou du moteur magnétoplasmique VA-SIMR, qui promet de diviser un jour par deux la durée du voyage (Fig. ci-dessous).



Un concert de protestations a accueilli cette orientation, et pas seulement dans le monde scientifique ; le Congrès lui-même pourrait bien rejeter une politique aussi radicale, comme cela s'est déjà produit dans le passé. Outre-Atlantique, et en particulier chez nos amis de la Mars Society, l'heure est à la mobilisation.

Richard Heidmann, président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

-Les lacs de Mars	p.1
-La vision des robots	p.1
-Vos questions	p.5
-Ils parlent de Mars	p.6
-La vie de l'association	p.8

prochain numéro : juillet 2001...

LES LACS DE MARS

par **Nathalie Cabrol** (NASA Ames)

1. Introduction

Le 8 décembre 2000, de nouvelles images de MGS montrant l'intérieur de larges bassins d'impact ont révélé la présence de dépôts stratifiés impressionnants. L'une des interprétations données par Malin et Edgett, dans un article publié dans le magazine *Science*, est que ces dépôts pourraient être en partie des varves, sédiments déposés par d'anciens lacs, qui auraient été formés au début de l'histoire de Mars sous des conditions atmosphériques plus favorables à l'écoulement de l'eau.

2. Un peu d'histoire

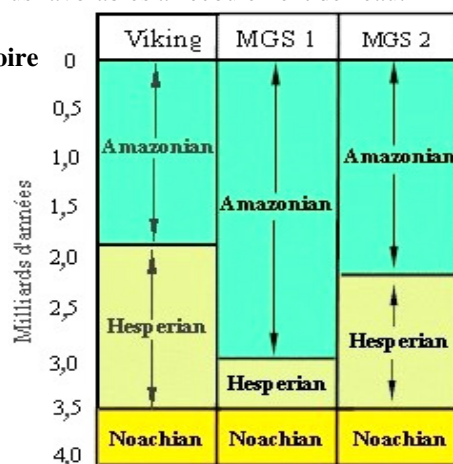


Fig.1: Grandes ères géologiques martiennes, basées sur la statistique des populations de cratères d'impact, à partir de Viking et plus récemment réévaluées avec MGS. Des cratères plus petits sont désormais accessibles et permettent de préciser la pente des courbes. Les variantes entre les modèles notés MGS 1 et MGS 2 sont dues à des incertitudes sur les resurfacements, par exemple (Hartmann).

(suite page 2)

LA VISION DES ROBOTS

par **Marc Salotti**

Le petit rover Sojourner de la sonde Mars Pathfinder a été le premier engin à se déplacer sur Mars, en juillet 97. Beaucoup ont encore en tête les images extraordinaires de ce robot, qui a exploré le voisinage immédiat de la sonde. Il était équipé de



Sojourner ausculte le rocher Yogi (doc. JPL/NASA) (suite page 6)

(suite de l'article « Les lacs de Mars »)

L'idée que des lacs ont existé sur Mars n'est pas nouvelle. Dès la fin des années 80, plusieurs chercheurs proposent que des anciennes rivières débouchant dans des dépressions ont formé des deltas mais aussi des lacs. Le premier candidat au statut de grand lac martien est le bassin d'Elysium, dont l'existence est proposée par des chercheurs américains de l'United States Geological Survey (USGS) de Flagstaff. Après une étude morphologique et géologique résultant dans la publication d'une carte, ils concluent que le bassin d'Elysium a eu une activité intermittente de l'Hespérien (période géologique intermédiaire martienne) à l'Amazonien (la plus récente, voir Fig.1).

Dans sa plus grande extension, ce bassin aurait été aussi large que la mer Méditerranée. Cependant, le bassin d'Elysium, tout comme l'idée d'un océan dans l'hémisphère boréal de Mars, va être âprement disputé pendant la décade 90 et pour les mêmes raisons. Même si le bon sens dicte que les écoulements des Hautes Terres Sud de Mars se sont déversés dans les plaines du Nord, l'hypothèse du bassin d'Elysium et de l'océan boréal se heurte à la faible résolution moyenne des images de Viking ainsi qu'à une altimétrie de pauvre qualité, d'une précision seulement de ± 1 km, qui empêchent d'apporter le point final. L'étude morphologique semble bien signaler des terrasses et des dépôts qui pourraient être des témoins de la présence du bassin d'Elysium et d'Oceanus Borealis, mais l'absence de preuve irréfutable, les marges topographiques difficilement perceptibles et la présence de larges volcans dans ces régions donnent des arguments à une partie de la communauté qui pense que ces grands bassins ne sont en fait que des épandages de lave liés à l'activité volcanique des bombements de Tharsis et d'Elysium.

3. Des lacs dans des cratères...par centaines !

Mais l'idée de l'existence possible de lacs sur Mars par le passé est lancée. Cependant, il faudra attendre une étude globale de la surface de Mars pour qu'il soit admis qu'ils étaient communs dans le paysage martien et, peut-être plus surprenant, actifs durant toutes les grandes ères géologiques martiennes, bien qu'épisodiquement. Cette reconnaissance viendra en 1999. Mais retournons un peu en arrière dans le temps. En 1986, je présente ma maîtrise sur l'activité de deux anciennes grandes rivières martiennes, Dao Vallis et Ma'adim Vallis. C'est cette dernière qui va servir de révélateur. Ma'adim Vallis débouche dans un large cratère d'impact de 170 km de diamètre, le désormais célèbre cratère Gusev, célèbre parce qu'il a attiré l'attention à cause de ses dépôts, mais aussi parce qu'aujourd'hui il fait partie des huit derniers sites, sur 180 candidats possibles, pour un atterrissage d'un des deux rovers en 2003. Le débouché de l'ancienne rivière est caractérisé par un large delta d'environ 100 km de large et 70 km de long. Un delta...Un bassin... Il ne faut pas très longtemps pour qu'à l'examen des images Viking le bassin révèle une morphologie compatible avec la présence d'un, en fait d'une série de lacs (terrasses sédimentaires, lignes de rivage et une série de petites collines étranges). En tous cas, ce sera mon interprétation et c'est aussi l'amorce d'un projet qui va germer en silence pendant plusieurs années, le temps pour moi de finir ma thèse et de me retrouver aux USA en 1994 pour faire une évaluation de...Gusev comme site possible d'atterrissage pour un projet de mission exobiologique. Le projet n'aboutira pas, mais il m'a remis en contact avec "mon" cratère favori. En 1996, le moment est venu. Avec Edmond Grin, nous nous lançons à l'attaque de Mars, oui, toute la planète, avec une idée en tête : les cratères d'impact sont innom-

brables sur Mars et les anciennes rivières nombreuses. Il est donc probable que plus d'une ancienne rivière a dû déboucher dans certains de ces bassins d'impact et si nous voulons comprendre ce qui s'est passé sur Mars dans le domaine lacustre, c'est l'ensemble de la planète qu'il faut passer au peigne fin. L'intérêt des cratères (par rapport aux dépressions et aux bassins topographiques), c'est que leurs marges sont topographiquement bien définies et il est beaucoup plus facile d'envisager les limites d'un ancien lac dans ce cas que dans ceux d'Elysium ou de l'Océan Boréal.

4. Recensement

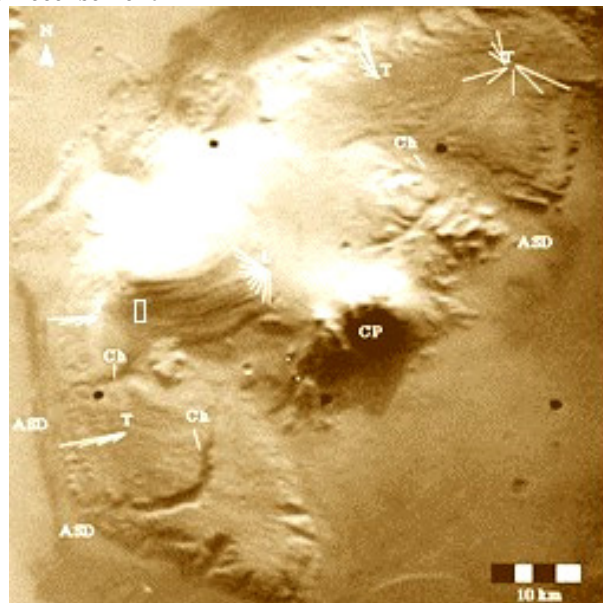


Fig.2a : image Viking du cratère Gale. Les terrasses (T), chenaux (Ch), dépôts (ASD) et le pic central sont déjà visibles (résolution 70m/pxl). L'encart blanc montre la position de l'image MOC ci-dessous (doc. JPL/NASA).



Fig.2b : image MOC à 2m/pxl. Les dépôts stratifiés sont finement ciselés par l'érosion et sont d'albedos différents. Il est prématuré de conclure que tous ces dépôts sont d'origine lacustre. Le vent et le volcanisme peuvent avoir contribué. L'hypothèse lacustre est plausible là où les dépôts sont associés au chenal rentrant dans le cratère au sud (non visible sur les deux images) (doc. MSSS).

Alors que nous poursuivions notre quête des anciens lacs martiens dans les cratères d'impact, nous publions en collaboration chacun une monographie, l'une sur Gusev (1997) et l'autre sur le cratère Gale (1999), qui est aussi un cratère large, de 160 km de diamètre et spectaculaire (**Fig.2**). Même à la résolution de Viking, Gale montrait déjà des dépôts stratifiés (dévoilés dans toute leur splendeur par la caméra MOC de MGS un an plus tard) et des terrasses que nous avons attribuées à la présence d'un lac puisque le cratère est pénétré au sud par une ancienne rivière. Dans notre publication, nous proposons ce site comme potentiellement intéressant pour la recherche de traces de vie possible sur Mars. A la mi-1998, notre recensement touchait à sa fin. Je présente les résultats sur le cratère Gale à la Conférence de Houston la même année, alors que la notion de lacs martiens est encore un sujet brûlant et disputé. A la fin de la présentation de 15 minutes, un incident amusant (quand on connaît les événements qui suivirent) se produit. Un de mes collègues -dont je tairai le nom- de mauvaise humeur, se lève, prend le micro et me dit: "*Je ne vois absolument aucune trace de lac dans ce cratère*". Nous avons argumenté un petit moment mais, pour résumer, je dirai que ce même collègue était à notre côté en janvier dernier à NASA Ames Research Center, lors du Workshop qui a décidé des 8 sites pré-sélectionnés pour la mission 2003 et qu'il était parmi les plus fervents supporters de Gale avec nous. MOC est passée par là et a sans doute fini par le convaincre qu'il y avait potentiellement des traces de lacs dans Gale ! Tout comme Gusev, Gale a rejoint la liste de sites possibles.

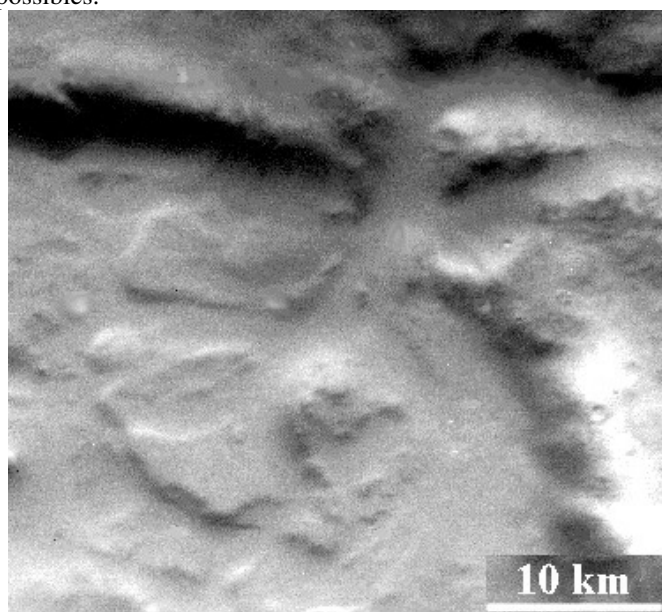


Fig.3. Delta dans un cratère (doc. JPL/NASA).

En 1998, nous commençons avec Edmond Grin à mettre la main au manuscrit qui donnera la publication quelques mois plus tard d'un premier recensement des lacs martiens dans les cratères d'impact. Nous en avons dénombré 180 pour lesquels les indices morphologiques sont suffisamment pertinents, même à la résolution Viking. Ces indices sont la présence de deltas (**Fig.3**), de possible lignes de rivage, de terrasses sédimentaires, de dépôts d'évaporites (**Fig.4**) et de playas. Nous savons, parce que la résolution de Viking est insuffisante, que nous ne pouvions pas accéder à tous les lacs. En particulier, il était impossible d'identifier les plus anciens, dont les dépôts doivent être très érodés et peu perceptibles avec la résolution

de Viking ; de même pour les plus récents qui ont pu se former dans des cratères d'impact plus petits, dont le fond ne peut pas être observé. Nous avons estimé qu'en fait la population réelle des lacs dans les cratères doit s'élever à plusieurs centaines, mais il était impossible de le démontrer avec Viking. Pour aller plus loin, nous projetons qu'avec l'altimétrie MOLA de Mars Global Surveyor, c'est en fait une population de 10000 à 20000 anciens lacs qui doit exister sur Mars, cette population englobant non seulement ceux situés dans des cratères, mais aussi tous ceux qui occupent les bassins et les dépressions qui sont aujourd'hui identifiables avec une altimétrie dont la précision est désormais de quelques mètres à peine. Les années qui viennent vont être fascinantes dans ce domaine.

5. Des points d'interrogation troublants

La publication paraît en début 1999. Elle donne la localisation des anciens lacs et leurs caractéristiques morphologiques. Ce n'est pas pour autant que nous cessons notre travail sur le sujet. Quand elles sont disponibles, nous regardons des images de MOC mais, si MGS nous a apporté une résolution absolument incroyable de quelques mètres à peine, la couverture de la surface de la planète est par contre clairsemée. En 1999 aussi, une image fabuleuse du delta de Gusev est produite par MOC (**Fig.5, page suivante**). Elle confirme la forme deltaïque, montre que le delta est composé de quelques strates, ce qui confirme l'hypothèse de plusieurs épisodes actifs, mais elle montre aussi la présence de striures longitudinales. Notre modèle d'écoulement sous-glaciaire dans Ma'adim Vallis (1997) semble tenir le test de la résolution, car ces striures s'expliqueraient parfaitement si la vallée avait été recouverte de glace, faisant du delta un delta sous-glaciaire et de "notre" lac, un lac sous-glaciaire également. Vu le climat martien, ce n'est pas si surprenant. Mais une question importante reste en suspens et continue de nous perturber : quel âge ont ces anciens lacs ?

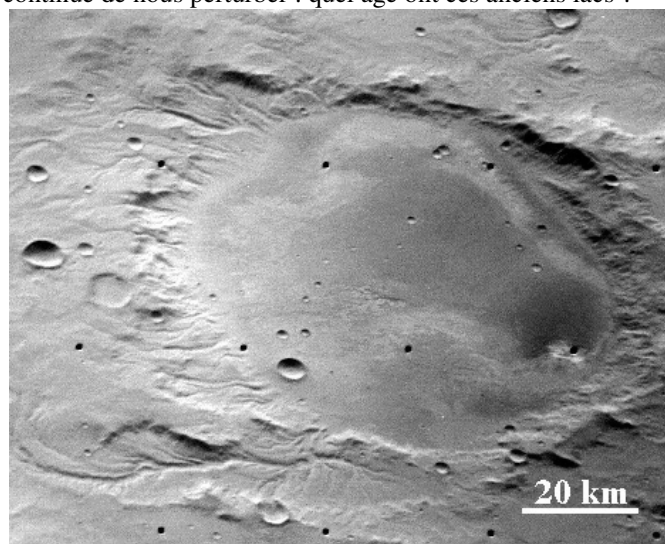


Fig.4 : L'un des exemples les plus spectaculaires. Le cratère fait 80 kilomètres de diamètre (Groupe des lacs de Iapygia) et on peut y observer terrasses, lignes de rivages, playas et même un possible dépôt d'évaporite (tache blanche dans la partie basse droite du cratère) (doc. JPL/NASA).

Détermination des âges : revenons quelques instants à la question des âges, qui est difficile. En l'absence d'échantillons de roches martiennes, les âges stratigraphiques sont déterminés par le comptage des cratères d'impact superposés sur les unités géologiques étudiées. Comme la Lune, et toutes les planètes du Système Solaire, Mars a subi un bombardement météoritique

intense au début de son histoire. Aujourd'hui, le flux est beaucoup moins important et les objets errant dans l'espace interplanétaire sont de bien plus petites dimensions en moyenne.

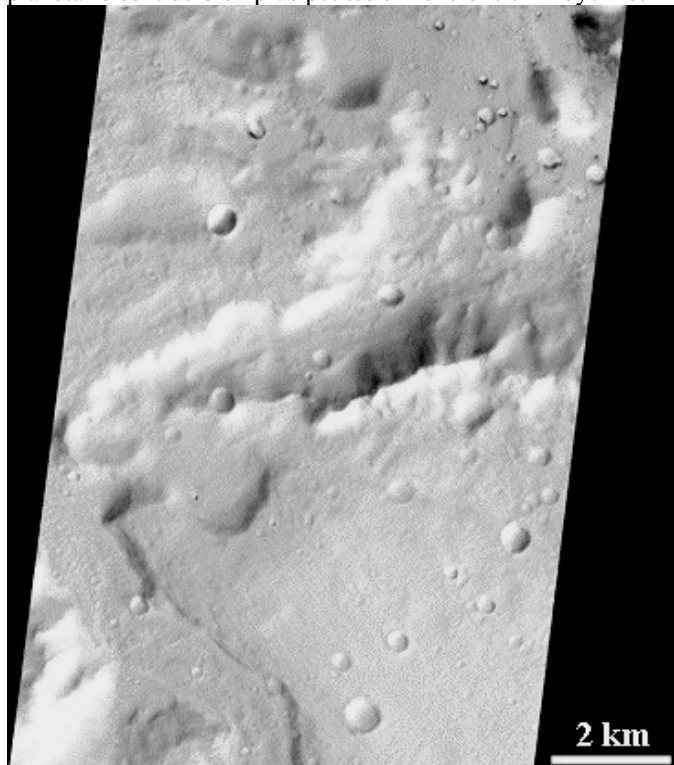


Fig.5 : Détail du delta de Ma'adim Vallis dans Gusev. Le chenal terminal est aperçu dans la partie inférieure gauche de l'image MOC. Il incise des sédiments déposés dans un cratère de 30 km avant de pénétrer dans Gusev où la forme en éventail du delta se développe. Le chenal a aussi plusieurs niveaux de terrasses. Des striures longitudinales sont visibles à la surface des sédiments et sur le fond des chenaux. L'hypothèse est qu'elles correspondent aux mouvements d'un dépôt de glace sous lequel coulait le chenal (doc. MSSS).

Il continue cependant de tomber des météorites, des comètes (voir Shoemaker-Levi sur Jupiter) et des astéroïdes de temps en temps. La courbe statistique est très bien connue pour la Lune et, à l'époque des missions Viking, celle de Mars a été dérivée de la courbe lunaire. Le flux est un peu différent pour Mars, car la planète est plus près de Jupiter qui, par sa masse, a la fâcheuse tendance (et c'est tant mieux pour la Terre) d'attirer les objets. La distribution des diamètres de cratères est aussi différente car Mars a tout de même une atmosphère, même ténue, alors que la Lune n'en a pas du tout pour freiner les bolides. Enfin, le diamètre des cratères varie aussi en fonction de la vitesse et de l'angle d'impact. Ces deux paramètres varient en fonction de la position de Mars sur son orbite et des populations d'impacteurs. En simplifiant, on peut admettre que plus une surface est impactée et plus le diamètre des cratères est grand, plus la surface est ancienne. Le comptage des cratères s'effectue sur une surface standard d'un million de kilomètres carrés. Il est cependant rare qu'une unité géologique soit aussi large. Plus l'unité est petite et plus le risque d'erreur augmente, bien sûr. Tenant compte de tous ces facteurs, nous nous sommes quand même lancés dans le comptage en adaptant notre méthode en fonction des diamètres des cratères analysés. En sachant, comme je l'ai mentionné plus haut, que nous n'avions guère accès aux plus vieux lacs ou aux plus récents, les résultats que nous avons obtenus semblaient, pour la plupart, cohé-

rents avec l'idée que l'on se fait de l'évolution de Mars : plus d'activité dans le passé que dans le présent. En fait, la plupart des lacs semblaient avoir été actifs entre 3,1 et 1,4 milliards d'années, la majorité se situant vers 2,5. Cependant, au milieu de cette statistique, deux résultats étaient plus troublants.

Pas de variation morphologique dans le temps : les anciens lacs martiens ont été approvisionnés en eau par des écoulements de réseaux de surface, des chenaux de sapement et des écoulements catastrophiques, et cela à toutes époques. Malgré la différence entre les plus anciens et les plus récents, et tenant compte de la dynamique particulière des écoulements qui leur étaient associés, les lacs martiens (à la résolution de Viking) montraient une étonnante continuité morphologique, alors que la planète est sensée avoir connu une perte significative et continue de son atmosphère depuis la fin du Noachien (3,5 milliards d'années). La perte d'atmosphère devrait s'être accompagnée en théorie d'une augmentation de l'évaporation de l'eau exposée en surface et donc, d'une perte de compétence des écoulements avec le temps. Mais, les deltas formés il y a 3 milliards d'années ressemblent étrangement à ceux formés beaucoup plus récemment. Nous en étions là de notre réflexion quand plusieurs événements sont venus précipiter les choses : (a) le constat de l'absence de cratères superposés sur certains dépôts lacustres, (b) la comparaison de nos résultats avec un modèle climatique et (c) la découverte par MGS des ravines récentes.

Quand jeune devient-il récent ? Pour certains des lacs, nous nous sommes rendus compte que les dépôts ne montraient pas de cratères superposés et ces résultats étaient cohérents aussi bien sur les dépôts que sur le fond des chenaux qui entraient dans les cratères. Il n'y avait pas d'évidence que ces dépôts avaient été exhumés. Ils semblaient réellement jeunes. Mais que veut dire jeune ? Dans la catégorie de ces "jeunes" épisodes lacustres, certains dépôts montrant quelques cratères ont pu être estimés à environ 600 à 400 millions d'années, mais pour ceux qui n'en avaient pas ? Était-ce une erreur de notre part, un artefact, ou Mars était-elle en train de nous jouer un sérieux tour à sa façon ?... Nous en étions là en novembre 1999, lorsqu'une visite chez un des mes collègues de la Space Science Division (pour une raison complètement indépendante de la recherche sur les lacs) commença à jeter quelques lumières. Robert Haberle est un atmosphéricien et, durant notre rencontre, il en est venu à me montrer les modèles actuels de climat martien établis à partir des données Viking et MGS (plus spécialement MOLA pour la topographie et TES pour les températures). Environ une demi-heure après le début de notre conversation, il sortit d'un classeur une carte avec des zones et des points de densité qu'il avait produite avec son modèle. Il m'expliqua que cette carte était sensée montrer la distribution des régions de Mars *sous le climat actuel* où l'eau peut rester métastable à la surface pendant quelques heures par jour et quelques jours par an martien. Puis Robert reposa la carte sur la table et en secouant la tête me dit : "*je ne sais pas vraiment quoi penser de ces résultats. Ils ont l'air exacts pourtant*". Je regardais cette carte sans y croire. Machinalement, j'avais déjà attrapé ma veste, disant à Robert de ne pas bouger et que je revenais dans un instant. A presque 20h, j'étais en train de courir entre deux bâtiments de NASA Ames, avec le sentiment que mon bureau n'avait jamais été aussi loin. Un quart d'heure plus tard j'étais de retour dans le bureau de mon collègue avec la carte de distribution des lacs les plus jeunes. La corrélation

entre ces lacs et les régions de métastabilité de l'eau de Mars *sous climat actuel* était de 86% !! Autant vous dire que nous ne sommes pas rentrés de bonne heure. Edmond Grin nous a rejoints et une longue collaboration entre Robert et nous a commencé cette nuit-là. Même avec les cartes sous les yeux et en continuant de les comparer, il nous a fallu des mois pour tâcher de (ou peut-être oser) comprendre ce qu'elles pouvaient bien vouloir dire. Nous avons multiplié les séminaires dans la Division pour montrer nos résultats et avoir l'avis de nos collègues. Entre temps, des datations sur les météorites martiennes Lafayette et Los Angeles venaient, si j'ose dire, apporter de l'eau à notre moulin. En effet, les météorites avaient été respectivement datées de 690 et 100 millions d'années et la présence de certaines argiles dans les échantillons semblaient montrer que Mars avait eu beaucoup plus d'eau que prévu en subsurface dans les périodes récentes. Aussi, à Houston, en mars 2000, Robert et moi nous sommes lancés chacun dans une présentation orale, lui présentant son modèle et moi présentant les indices géologiques et morphologiques montrant que des changements climatiques et peut-être des précipitations, pouvaient expliquer quelques-uns des lacs les plus récents de Mars. Franchement, nous nous attendions à nous faire sérieusement secouer par nos pairs. C'était oublier que MGS, avec MOC, MOLA et TES, étaient passés par là. Durant la conférence de Houston, une douzaine de chercheurs sont également arrivés avec des résultats nouveaux qui ressuscitaient le bassin d'Elysium, Oceanus Borealis et l'hypothèse de grands changements climatiques avec à la clef une récurrence des processus hydrologiques sur Mars. Durant cette conférence, Mars est enfin sortie du linceul de planète morte dont la communauté scientifique l'avait enveloppée depuis 25 ans. En quelque sorte, elle était élevée au rang de "Belle au Bois Dormant".

Quand récent devient-il actuel ? En rentrant en Californie, j'ai mis la touche finale à la rédaction des résultats et intitulé notre article (en anglais) : "L'évolution des environnements lacustres sur Mars : Mars est-elle seulement dormante ?" L'article a été soumis le 30 mai 2000 à Icarus. Le 22 juin 2000, Malin et Edgett, dans une conférence de presse, annonçaient avoir découvert des ravines tellement fraîches qu'elles ne pouvaient pas être plus vieilles que de quelques dizaines de milliers d'années au plus, et peut-être même actuelles ! J'ajouterais que depuis, d'autres découvertes de flots tout aussi récents, mais de natures différentes, semblent confirmer l'hypothèse qu'il s'est passé quelque chose sur Mars très récemment, ou qu'il se passe encore quelque chose aujourd'hui. Mais je raconterai les détails de ces découvertes dans un prochain bulletin. Revenons à nos lacs.

6. Des plus jeunes aux plus anciens

Au mois de décembre dernier, c'est l'autre bout du spectre des âges des lacs qui semblait être révélé par MOC avec la découverte de dépôts stratifiés dans les cratères. Bien que les modèles montrent que des lacs peuvent se former par drainage d'aquifère dans des cratères qui ne sont pas irrigués par des chenaux de surface, il faut demeurer très prudent quant à l'interprétation de la nature des dépôts, même à la résolution de MOC, quand il n'y a pas de chenal entrant dans le cratère. S'il est vrai que MOC a une résolution maximale de 1 mètre par pixel, la caméra ne permet pas de faire la différence entre un dépôt de 1m composé d'une myriade de varves lacustres millimétriques (qui sont invisibles même à cette résolution), résul-

tant de 500 ans d'activité d'un lac, ou un dépôt de 1 mètre composé d'une seule couche et résultant d'une intense activité volcanique de plusieurs mois. Ceci est d'autant plus vrai que, récemment, un chercheur de l'USGS a montré que ces dépôts étaient localisés, avec une correspondance assez intéressante, dans des régions de tephres résultant de l'interaction entre volcan et glace. Une hypothèse n'exclut pas l'autre, bien sûr, et certains de ces grands bassins montrent bien des anciens chenaux qui appuient l'hypothèse lacustre. Il faut cependant se garder de généraliser. D'autre part, encore plus récemment, des modèles basés sur l'altimétrie de MOLA ont permis de mieux mettre en évidence les bassins-versants et les bassins sédimentaires. L'histoire des lacs de Mars ne fait donc que commencer, mais elle nous a déjà permis de sortir Mars de son sommeil et de découvrir que celle-ci n'a que faire des modèles. Selon la théorie, l'eau n'aurait plus dû couler sur la planète depuis longtemps, mais Mars est comme le hanneton de l'histoire. Selon les lois de la physique, le hanneton ne devrait pas voler, mais il ne connaît pas les lois de la physique et vole quand même. La moralité de cette histoire, c'est que nous serions bien inspirés de ne pas vouloir faire adhérer Mars à nos modèles mais plutôt d'observer ce que la planète nous montre et, ce qu'elle nous montre, c'est qu'elle n'est pas une planète morte mais pleine de promesses pour l'exploration à venir.

7. 2001, l'Odyssée de Mars et au-delà

Au mois d'avril, l'orbiter Odyssey doit partir pour prendre le relais de Mars Global Surveyor, qui est maintenant en phase de mission étendue et qui image les sites possibles d'atterrissage pour les deux missions rover de 2003. A ce jour, Gusev et Gale sont toujours sur les rangs des candidats possibles. Grâce aux analogues terrestres, nous savons que les lacs sont des environnements privilégiés pour le développement de la vie, sa survie et aussi sa préservation car les sédiments lacustres favorisent la fossilisation. Ils sont probablement parmi les meilleurs sites à explorer sur Mars. Souhaitons que dans l'œil de la caméra d'un petit rover, par une belle journée martienne en 2004, les collines d'un delta ou la dentelure de dépôts lacustres stratifiés apparaîtront dans le premier panorama.

Nathalie A. Cabrol (NASA Ames Research Center)

VOS QUESTIONS

Q : Ne devrait-on pas faire de Mars une « réserve » ?

R : Cette question s'est déjà posée en termes concrets à propos de la contamination biologique que pourraient apporter les sondes automatiques sur le sol de Mars. L'auteur de science-fiction K. Stanley Robinson en a fait la trame de sa célèbre trilogie, qui voit l'opposition des « rouges », partisans de conserver Mars dans son état actuel, et des « bleus », qui souhaitent la ramener à la vie en lui restituant les conditions plus clémentes de ses origines. Quelle que soit sa sensibilité propre à ce sujet, chacun s'accorde à considérer qu'il est en tout cas indispensable d'être très prudent dans la phase d'exploration préliminaire, afin de ne pas perturber une hypothétique biosphère martienne avant d'avoir pu l'étudier. A plus long terme, c'est en fait la question fondamentale du développement de l'activité humaine qui est posée. Doit-on regretter que la France n'ait pas été conservée dans l'état de la Gaule, c'est-à-dire couverte de forêts ? Mais, rétrospectivement, cette question a-t-elle un sens ?

(suite page 6)

(suite de la rubrique « Vos questions »)

Q : Ne peut-on utiliser la Lune comme « base de départ » ?

R : Il est vrai qu'il est moins coûteux au plan énergétique de partir de la Lune que de la Terre pour aller vers Mars. Mais, à moins d'être un « colon lunaire » à vie, il faut bien imaginer partir de la Terre ! Et le voyage Terre-Lune, lui, est coûteux, car notre satellite n'a pas d'atmosphère pour freiner l'arrivée... On peut certes imaginer se rendre « en taxi » vers un astroport lunaire ; mais cela ne pourrait devenir une réalité que le jour où une emprise industrielle de taille suffisante permettrait un tel investissement et de mettre en œuvre l'astronef. Il est probable que les progrès des systèmes de propulsion, qu'on imagine déjà (moteur à fusion), auront permis l'accès au système solaire entier sans contrainte énergétique bien avant cela !

Q : Et les Chinois ?

R : La Chine est une des grandes puissances spatiales. Ses progrès ont été continus et ses ambitions sont grandes. Elle prépare l'envoi de cosmonautes dans l'Espace et prévoit la construction de sa propre station spatiale (à l'horizon 2010). Même si son rythme est prudent, il est possible qu'à l'heure de l'aventure humaine sur Mars la Chine s'impose comme partenaire. On ne peut que le souhaiter, car cela serait synonyme d'une situation de coopération incluant ce très grand pays.

ILS PARLENT DE MARS

par Alain Souchier

Le 16 Décembre 2000, Christian Sotty avait réuni dans son émission « Microméga », magazine des sciences et des techniques, quelques témoins de l'histoire de l'espace en France :

- le général Robert Aubinière, premier directeur général du Centre National d'Etudes Spatiales, le CNES, à sa création ;
- Hubert Curien, ancien président du CNES, ancien ministre de la Recherche et de l'Espace, président de l'Académie des Sciences ;
- Michel Bignier, ancien directeur général du CNES, ancien directeur des systèmes de transport spatial à l'Agence Spatiale Européenne ;
- Gérard Brachet, directeur général du CNES ;
- Alain Souchier, responsable de la préparation du futur en propulsion à liquides à la SNECMA.

L'émission a été diffusée en 3 épisodes sur Radio France International pendant la période de Noël. En voici quelques extraits concernant la conquête du système solaire et de Mars en particulier :

CS : « Nous sommes au passage du troisième millénaire à un grand tournant de la conquête spatiale. On peut imaginer, rêver, que l'espace va fédérer les bonnes volontés et les crédits de nombreux pays sur les projets pacifiques. L'espace fédérateur de l'humanité, c'est beau mais est-ce que vous, les pionniers, vous y croyez, est-ce que la France peut perdre un jour ses ambitions de locomotive de l'Europe ? »

HC : « ... Je crois qu'il y a une véritable vocation pour les pays avancés, dont le nôtre, à participer à ce type de conquête, conquête de connaissance sur notre univers. Et puis il y a aussi, ne le négligeons pas, l'aspect sportif. Aller sur Mars pour moi, c'est faire du sport, ce n'est pas tellement aller gratter avec un marteau et une truelle... »

CS : Pour retrouver des fossiles...

HC : ...retrouver des fossiles qui n'existent peut-être pas. Quand je dis peut-être, c'est déjà beaucoup. Donc il y a cet

(suite page 7, 1^{ère} colonne)

(suite de l'article « La vision des robots »)

plusieurs instruments, notamment trois caméras, avec lesquelles on a pu faire des gros plans du sol et des roches alentour.

Le déplacement du robot étant commandé depuis la Terre, les caméras ne servaient qu'à transmettre des images. Pourtant, de nombreux laboratoires dans le monde travaillent sur la vision des robots, afin de les rendre autonomes. Plutôt que d'envoyer les images aux humains restés sur Terre, il serait plus efficace de les traiter avec un programme informatique, qui tenterait de localiser le sol, les rochers, les obstacles, afin de guider automatiquement le robot sur une trajectoire appropriée. La durée des transmissions entre Mars et la Terre, souvent supérieure à 20 minutes, incite d'ailleurs les scientifiques à rendre les robots aussi autonomes que possible. Mais peut-on vraiment donner à ceux-ci une vision artificielle ?

Au début des années 70, les pères de l'intelligence artificielle avaient prédit la construction de robots intelligents avant l'an 2000. Nous sommes en 2001 et il n'y a toujours pas de robot qui se promène dans la rue avec une caméra à la place des yeux. Les chercheurs en sont maintenant convaincus, la construction d'un système de vision pour les robots sera très difficile. Mais alors, que sait-on faire et quelles sont les difficultés que les chercheurs n'arrivent pas à surmonter ?

Depuis le système VISIONS du M.I.T. en 1976, de nombreux chercheurs ont travaillé sur différents aspects de la vision. On a ainsi réalisé des prouesses en reconnaissance des formes, notamment des caractères pour récupérer le texte des documents scannés. On a également obtenu de bons résultats en imagerie biomédicale pour identifier des cellules cancéreuses ou en télédétection avec le repérage des routes, des champs et des maisons. En vision industrielle, il existe maintenant un très grand nombre d'applications, typiquement pour détecter les défauts d'une pièce sur une chaîne de fabrication. Mais, en y regardant de plus près, on s'aperçoit néanmoins que le contexte de toutes ces applications est étroit et connu à l'avance. Si le système informatique est capable de traiter les images d'une application donnée, il est inexploitable dans un autre contexte.

Revenons donc à la vision robotique. Actuellement, aucun système de vision n'est capable de donner une description satisfaisante d'une scène en extérieur, un paysage de montagne par exemple. La raison en est simple, il y a trop d'objets inconnus, avec des jeux d'ombres difficiles à prévoir, une lumière changeante, des reflets, des textures complexes, bref, un vrai casse-tête pour les informaticiens. Et pourtant, avec ses yeux, l'être humain voit et surtout comprend ce qu'il voit avec une facilité déconcertante. La vision est en réalité un système extrêmement complexe qui occupe une place importante de notre cerveau. On peut y distinguer plusieurs parties qui effectuent des tâches spécialisées. Il y a notamment le traitement des couleurs, la détection des mouvements, la perception tridimensionnelle et la détection des contours des objets, elle-même suivie par la reconnaissance des formes. Tous ces processus coopèrent pour fournir une description cohérente de la scène. Les informaticiens se sont plus ou moins inspirés de la vision humaine, ou même de la vision d'autres animaux, pour construire un système de vision artificielle, mais les difficultés sont énormes et les résultats sont encore bien décevants.

Néanmoins, il y a quelques avancées notoires. Par exemple, on sait comment faire pour avoir une perception tridimensionnelle. Celle-ci nécessite au moins deux caméras, de même que pour nous il nous faut deux yeux, on appelle cela la stéréovi-

(suite page 7, 2^{ème} colonne)

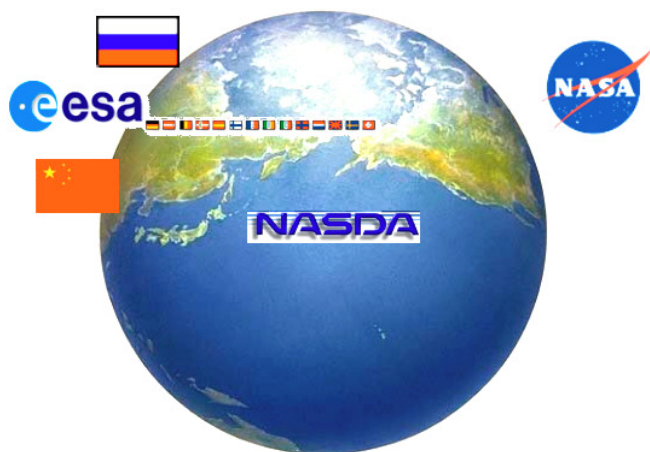
(suite de l'article « Ils parlent de Mars »)

aspect là, le pari, le sport, et puis il y a fondamentalement la connaissance. Et puis ensuite, bien sûr, les applications. Alors les applications, nous avons vu depuis 50 ans l'énorme impact des techniques spatiales pour la vie de tous les jours, la vie de tous les jours dans les communications, dans le contrôle du trafic, et tout cela va naturellement continuer. Et un pays comme le nôtre et tous les grands pays économiquement développés ne peuvent pas être en dehors de cette activité.

CS : L'espace fédérateur...

MB : Moi, je partage exactement ce qui vient d'être dit ici ; je crois que la seconde moitié du vingtième siècle a permis tout de même de faire des progrès considérables dans la conquête de l'espace et que le vingt-et-unième siècle continuera dans la même ligne. Ceci d'une part à cause de la curiosité de l'Homme. L'Homme est curieux par nature, les chercheurs veulent savoir plus, veulent savoir mieux sur la naissance du monde, sur sa formation, sur ce qui est autour de nous. On a fait des progrès considérables en astrophysique, en astronomie à cause du spatial ; on continuera à en faire.

CS : Gérard Brachet, l'espace fédérateur. Finalement l'espace coûte tellement cher que l'on est obligé de rassembler plus ou moins notre argent, nos sous pour faire des réalisations qui sont de plus en plus imposantes, de plus en plus grandes. Je pense notamment à la station internationale, mais le projet martien, ce sera certainement un projet mondial également. On va vers une mondialisation quelque part ? Le côté national perd de son importance de plus en plus ou il reste toujours très présent ?



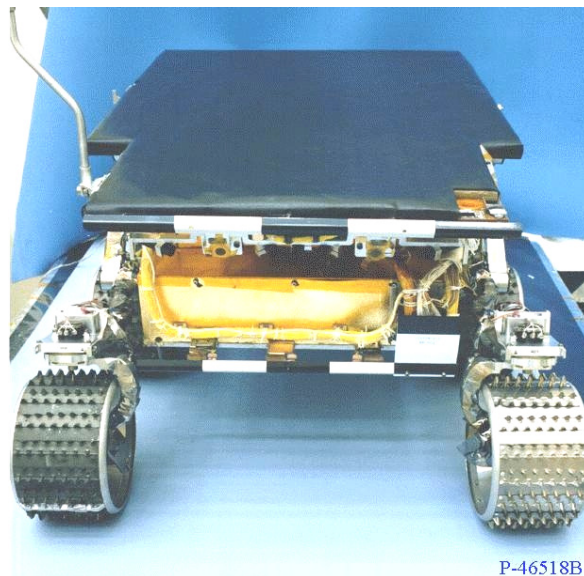
une coopération à l'échelle mondiale (doc. R.Heidmann)

GB : Je crois que, en fait, dans le domaine spatial aujourd'hui on peut dire qu'il y a deux grands volets. Il y a le volet exploration, découverte, progrès des connaissances, y compris exploration des planètes, pour lequel il faut maintenir un certain degré de compétition scientifique, mais il est vrai que les grandes opérations internationales se feront en coopération. Le meilleur exemple que vous avez aujourd'hui, c'est le télescope Hubble. Le télescope Hubble, je voudrais rappeler que l'Europe l'a financé à 15 %. C'est un peu oublié parfois, surtout dans la communication de la NASA, mais nous travaillons actuellement avec nos amis américains sur le télescope de deuxième génération qu'on appelle NGST, avec l'intention bien affirmée d'y participer. De même, dans le cas de l'exploration planétaire, nous avons des discussions assez avancées pour participer très activement à l'exploration de Mars et peut-être aussi d'autres planètes...

Alain Souchier

(suite de l'article « La vision des robots »)

sion. Chaque caméra visualise une partie de la scène, en général presque la même. Il suffit alors de trouver les points de l'image qui correspondent à un même endroit de la scène, et de quelques calculs mathématiques, pour obtenir la distance de chaque objet par rapport à la caméra. En réalité, il y a ici un abus de langage, car la distance de chaque point visible de la scène ne permet pas de reconnaître les objets, en tout cas pas de façon simple. On ne dispose finalement que d'une carte tridimensionnelle.



P-46518B

Vue avant de Sojourner ; on distingue deux petites caméras (doc. JPL/NASA).

Comme on peut le voir sur l'image du petit robot Sojourner, deux caméras étaient placées symétriquement pour la stéréovision. C'est d'ailleurs grâce à ce système que la NASA a reconstitué la scène en trois dimensions et qu'elle propose sur différents médias des images en relief qu'il faut voir avec les lunettes appropriées. Mais attention, Sojourner n'était pas doté d'un système de vision tridimensionnel, tout a été fait sur Terre, après récupération des données vidéos. Pourrait-on cependant exploiter de telles données de façon automatique afin de guider le robot ? Oui, sans doute, et de nombreux chercheurs du CNES travaillent d'ailleurs en ce sens avec leur propre robot, doté de deux caméras qui surplombent la scène.

L'objectif est de détecter les obstacles infranchissables, ravins ou gros rochers, afin d'orienter le robot vers la trajectoire la plus sûre. Un tel système n'est pas capable de faire la différence entre un rocher de taille moyenne et un gros rocher, ni même de se repérer dans son environnement, du moins pas avec suffisamment de fiabilité. Ce sont là des limitations extrêmement fortes qui handicapent le robot. Pour se repérer, il existe d'autres moyens, plus simples, en se servant par exemple de balises qui émettent un signal et d'une méthode de triangulation. A l'heure actuelle, on ne peut demander plus. Lors des prochaines missions, si on veut rendre le robot autonome, le système de vision restera donc simple et servira uniquement à la détection et à l'évitement des obstacles, ce qui est déjà bien.

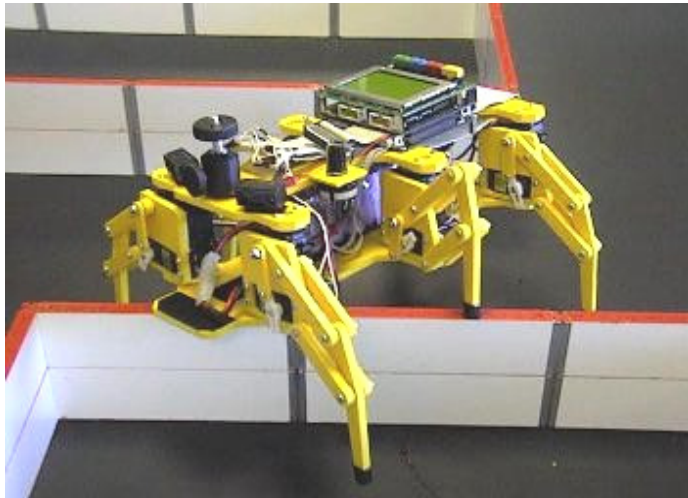
En conclusion, le système de vision des robots montre ici ses limites. Avec de telles insuffisances, le tout robotique ne pourra sans doute pas répondre à tous les besoins. Il faudra donc que des êtres humains se décident à faire le voyage, avec pourquoi pas des robots qui les aideront dans leurs tâches. Mais un

(suite page 8)

(suite et fin de l'article « La vision des robots »)

jour viendra peut-être où les robots seront dotés d'un système de vision efficace, aussi bon que le nôtre. Ce jour-là, il est probable que ces mêmes robots seront intelligents et dotés d'une volonté. Pour aller sur Mars, on choisira alors sûrement les meilleurs robots qui aient jamais été construits ... les êtres humains !

Marc Salotti



Robot hexapode sur lequel travaille l'auteur, chercheur en vision artificielle (doc. M. Salotti)

LA VIE DE L'ASSOCIATION

par Dominique Guillaume

Le premier trimestre de 2001 a vu le démarrage de la plupart des projets qui avaient été imaginés l'an dernier. Il a vu tout spécialement la sortie des panneaux d'exposition (superbes !) et du dépliant couleur, œuvres de Bertrand Spitz (secondé par François Charraudeau).

PLANÈTE MARS

Le Bureau s'est réuni le 12 janvier pour faire, en particulier, un point préliminaire sur l'organisation du premier congrès européen de la **MARS SOCIETY**. Le 20 janvier, Nicolas Stéphan, qui a remplacé Erwan Bourcy -trop pris professionnellement- en tant que responsable du projet, a présenté les bases de l'organisation qu'il a retenue à la fois pour le congrès européen, du 28 au 30 septembre, et pour *Mars'Expo 2001*, du 9 au 14 octobre ; ce projet d'ensemble, baptisé *On To Mars*, a fait l'objet d'une réunion de lancement officiel juste avant l'Assemblée Générale Ordinaire (AGO) du 24 mars. Le 27 janvier, le Conseil d'Administration s'est réuni pour faire le point sur le fonctionnement de notre association : situation financière (elle est saine et permet d'aborder le projet ci-dessus), inscriptions et renouvellements, différentes actions en cours (conférences, Groupes de Travail, Groupes Régionaux, *On To Mars*, *Mars en Direct*, etc.), préparation de l'AGO.

L'AGO du 24 mars 2001

Le compte rendu de la réunion figure sur notre site Internet, en rubrique *pages des membres* (réservée aux membres). L'assemblée était suivie d'une conférence remarquable de Gilles Dawidowicz, avec des interventions de Charles Frankel et de Christian Lardier, portant sur le bilan des récentes découvertes (en particulier sur la question des paléolacs martiens) et sur le choix des sites d'atterrissage des rovers de 2003.

MARS SOCIETY

Deux informations intéressantes directement le *french chapter* que nous sommes. En premier lieu, une annonce très claire et

complète sur le site Internet de la **MARS SOCIETY** présente le congrès européen organisé par **PLANÈTE MARS** les 28, 29 et 30 septembre 2001 et relaie notre appel à communications (*call for papers*). Ensuite, le même site donne les résultats de l'appel à candidatures (cité dans le n° 6 de notre bulletin, janvier 2001) pour faire partie d'un des équipages de la campagne de l'été 2001 au cratère Haughton : sur 250 candidatures, 25 ont été retenues (6 femmes et 19 hommes), dont celles de 12 nouveaux venus ; on trouve 15 américains, 4 canadiens, 2 français, 2 anglais, 1 belge et 1 danois ; les français sont Charles Frankel, membre de **PLANÈTE MARS**, sélectionné comme géologue de terrain, à qui nous adressons toutes nos félicitations, et Pascal Lee, qui connaît bien la station puisqu'il l'a installée.

Dominique Guillaume, Secrétaire

au Palais de la Découverte, à Paris

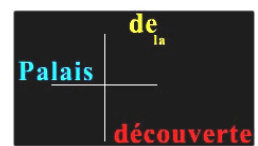
du 28 au 30 septembre 2001 1^{ER} CONGRÈS EUROPÉEN DE LA MARS SOCIETY

organisé par «Planète Mars», en liaison avec les autres sections européennes et avec le soutien de l'AAAF

et

du 9 au 14 octobre 2001 MARS'EXPO 2001

animation par «Planète Mars» de l'exposition «Objectif Mars» : conférences, débats, vidéos, cybercafé, cinéma, musique, visites guidées...



deux grands événements !
notez-les dès maintenant

Appel à communications : et si vous proposiez une communication pour ce premier congrès européen ? Envoyez vos résumés à A. Souchier, président du comité de programme (thèmes et les formalités sur le site). Prolongation jusqu'à fin Mai.

Inscriptions : faites de ce congrès, organisé par votre association, un succès ! Inscrivez-vous en masse dès maintenant ! Un formulaire d'inscription en anglais figurera bientôt sur le site ; mais les membres sont encouragés à s'inscrire sans attendre, en le demandant par courrier adressé au siège de l'association :

28, rue de la Gaîté 75014- Paris

Les tarifs sont les suivants (pour les 3 jours):

- étudiants et moins de 25 ans : 200 FF (ou 30 €) ;
- membres de l'association (ou d'une autre section de la Mars Society) : 330 FF (ou 50 €) ;
- non membres : 650 FF (ou 100 €) ;
- inscrits par une organisation professionnelle : 1300 FF (ou 200 €).

Ont collaboré à ce numéro : Nathalie Cabrol, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Marc Salotti, Alain Souchier