



PLANÈTE MARS



Numéro 13 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com octobre 02

ÉDITO : « NO DESTINATION »

Dans le cadre de l'élaboration du budget de la NASA pour 2003, un parlementaire a proposé qu'un pour cent soit consacré à la préparation de l'exploration humaine de Mars. Ayant écrit pour soutenir cette initiative, le président de la Mars Society s'est vu répondre que l'agence ne faisait pas sienne cette proposition car « elle ne s'est pas fixé de destination »... Sous cette forme lapidaire, une telle déclaration est tristement ironique de la part des héritiers de ceux qui ont voulu et atteint la Lune, construit et maîtrisé un objet aussi complexe que la navette spatiale et ont, précisément, mis en avant un argument visionnaire pour imposer la Station Spatiale. Elle trouve une explication dans la politique du nouvel administrateur, qui entend d'abord développer de nouvelles technologies.

C'est l'argument de ceux qui, ne voyant pas d'urgence à redynamiser le spatial, considèrent par ailleurs que nous ne sommes pas prêts. Pourtant, plusieurs scénarios du voyage, étudiés en détail par la NASA elle-même, en démontrent la faisabilité. D'ailleurs, en en discutant techniquement, c'est sur d'autres aspects et, en fin de compte, sur l'absence de volonté politique, que l'argumentation de ces opposants se réfugie. Il est vrai qu'on aimerait y aller quatre fois plus vite et pour un coût quatre fois moindre. Mais peut-on se permettre de rester encore trente ans « sans destination » ?

Ce serait porter un mauvais coup aux perspectives offertes à l'humanité par le développement des activités spatiales. Sans l'ossature ni la dynamique d'un objectif à long terme dans ce domaine, la recherche et l'innovation technologique ne produiront pas les fruits nécessaires à la pérennité de nos économies. Cet élan viendra-t-il de l'Europe ? En tout cas, l'ESA vient d'afficher clairement, dans le cadre d'un programme AUORRA qui se précise, sa volonté de préparer l'arrivée de l'Homme sur Mars.

La situation d'indigence budgétaire n'est pas une fatalité, particulièrement en Europe, dont la posture pour le moins modeste devra être redressée pour assurer la cohérence avec ses ambitions géopolitiques. Par contre, soyons-en sûr, ne pas proposer de nouvelles perspectives, ou y faire obstruction, est le meilleur moyen de la voir perdurer. Osons l'avenir !

Richard Heidmann, Président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

- A la recherche d'une vie sur Mars p. 1
- 5^{ème} congrès annuel de la Mars Society p. 1
- Audouin Dollfus Membre d'honneur de Planète Mars p. 2
- L'image du trimestre p. 3
- Le MER qui veut se faire aussi gros que le Viking p. 4
- La vie de l'association p. 4
- Vos questions p. 4

prochain numéro : janvier 2003

À LA RECHERCHE D'UNE VIE SUR MARS

Plusieurs présentations, lors du congrès de la Mars Society à Boulder du 8 au 11 août 2002, ont traité d'une manière ou d'une autre de la vie sur Mars et de sa recherche, plus probablement sous forme d'une vie passée mais, pourquoi pas aussi, sous forme d'une vie présente.

ALH FAIT DE LA RÉSISTANCE

Imre Friedmann, l'éminent spécialiste de la NASA Ames qui avait honoré de sa présence notre congrès de septembre 2001 au Palais de la découverte, a présenté l'état des dernières recherches sur la météorite ALH 84001. De nouvelles preuves d'une activité biologique martienne semblent y avoir été détectées.

Résumons l'histoire de cette météorite en provenance de l'Antarctique : la roche qui la constitue a été formée il y a 4,5 milliards d'années, l'éjection s'est produite il y a 15 millions d'années, suite à un impact d'astéroïde, et l'arrivée sur Terre remonte à 14 000 ans. Les recherches récentes ont porté sur les alignements de minuscules cristaux de magnétite (Fe_3O_4) présents dans la météorite.

(suite page 5)

5^{ème} CONGRÈS ANNUEL DE LA MARS SOCIETY

Après avoir voyagé à Toronto et à l'université de Stanford, le congrès revenait dans son berceau de Boulder (Colorado) pour le 4^{ème} anniversaire de la fondation de l'association. Trois grands thèmes l'ont nourri : la question de la vie, les techniques du voyage, les projets de la Mars Society (habitats simulés, expérience de gravité martienne Translife).



A. Souchier (à gauche) et M. Salotti (à droite) au banquet du congrès

Sur chacun de ces thèmes, le nombre des exposés et la richesse des débats ont permis aux participants de recueillir une foule d'éléments propres à alimenter leur réflexion et leur motivation.

Trois représentants de l'association étaient présents : Alain Souchier, Marc Salotti et Richard Heidmann. A. Souchier a présenté deux communications, l'une sur son Véhicule de Reconnaissance de Paroi (VRP), l'autre sur les lanceurs lourds qu'il serait possible de développer en coopération internationale. Confirmation : les travaux sur le VRP ont eu un retentissement extraordinaire, tant par leur pertinence que par leur exemplarité en tant qu'activité de l'association. Quant à la présentation des lanceurs lourds, les Américains découvraient les possibilités offertes par les propulseurs d'Ariane ; la perspective de réaliser cet indispensable instrument en coopération est apparue comme doublement prometteuse, tant du point de vue du partage des coûts que de celui de la résilience politique qu'apporte un développement international. M. Salotti, quant à lui, a fait part de ses réflexions sur la stratégie à envisager pour assurer le plus efficacement possible une implantation durable dès le début de la phase d'exploration humaine, en illustrant ses propos à l'aide des éléments d'analyse découlant de la création de son simulateur de base. J'ai quant à moi participé à la réunion du « Steering Committee » (comité de pilotage) de la Mars Society, dont un compte rendu en français est disponible sur la page des membres de notre site Internet. Robert Zubrin a souligné à plusieurs reprises l'apport de l'association Planète Mars à l'action de la Mars Society, ainsi que la place privilégiée de l'Europe dans l'incontournable scénario de coopération internationale.

Plusieurs intervenants de très haut niveau, dont Imre Friedman, Penelope Boston, Carol Stoker et Chris McKay, nous ont informés des derniers développements de la question de la vie sur Mars. L'article d'A. Souchier en faisant un compte rendu fidèle, je n'en parlerai pas plus longuement ici, mais il s'agissait véritablement d'un des thèmes marquants du congrès.

Nous avons aussi été frappés de constater que les idées nouvelles sur l'architecture de mission n'étaient pas épuisées ! Certes, chaque année voit son lot de propositions, mais le plus souvent celles-ci ne sont plus ou moins que des redites, au mieux des variantes, de projets déjà imaginés. Sans parler des projets plus farfelus que futuristes... Deux exemples de propositions intéressantes : un projet cherchant à utiliser au maximum des moyens déjà développés (étages Centaur, modules utilisés dans la station MIR...), plus coûteux en récurrent mais présentant en principe un investissement initial limité ; et un projet, appelé Mars Direct +, qui propose carrément de faire l'aller et le retour avec la même fusée ! Beaucoup de ces travaux peuvent être critiqués, considérés peu réalistes ou incomplets, mais on peut à coup sûr en retirer des idées intéressantes.

En ce qui concerne les projets de la Mars Society, la vedette était incontestablement Euro-MARS. Le projet a fait l'objet d'une présentation de grande qualité de la part de Bo Maxwell, le représentant britannique dans le management de projet, qui n'a pas manqué de souligner notre rôle dans la mise en route de cette affaire : études d'aménagement, mission de reconnaissance en Islande, comité consultatif scientifique. Les missions en Utah et à Devon ont également donné lieu à de nombreuses communications, fournissant un certain nombre d'apports concrets. Enfin, la situation du projet Translife a été exposée. Trois universités, Washington, MIT et Queensland (Australie) travaillent activement à la phase de définition, dont le finance-

ment devrait être assuré jusqu'à son terme (mi-2003). Cela représente un montant de 2 millions \$, sur un total estimé à 12 millions \$. La Mars Society, les universités et les scientifiques impliqués dans le projet s'emploient, dans un contexte économique malheureusement déprimé, à boucler le budget par l'apport de sponsors supplémentaires. L'idée de faire voler l'expérience à bord de l'ISS, pourtant séduisante, a dû être abandonnée à cause des inconnues programmatiques et du délai auquel cela conduirait, compte tenu des procédures de gestion pesantes du programme ; on en reste donc à un lancement autonome.

Le congrès 2003 pourrait se tenir dans la ville d'Eugene, dans l'état d'Oregon (côte Ouest des États-Unis). Si tout se déroule comme nous l'espérons, Euro-MARS devrait alors se trouver sur son site de Krafla, en Islande...

Richard Heidmann

AUDOUIN DOLLFUS MEMBRE D'HONNEUR DE PLANÈTE MARS

Astronome honoraire de l'Observatoire de Paris-Meudon, Audouin Dollfus a accepté d'être Membre d'honneur de l'Association Planète Mars.

Mondialement connu pour ses nombreux et rigoureux travaux en astrophysique (plus de 300 publications scientifiques de par le monde), A. Dollfus est un pionnier, un explorateur du système solaire. Aéronaute, il cumule avec originalité et talent ses deux passions d'enfance dans des observations astronomiques en ballon qui feront sensation dans les années 60.

Elève brillant du génial Bernard Lyot (inventeur du coronographe), il se distingue en prolongeant pendant des décennies les travaux de son maître, avec ingéniosité, au Laboratoire de Physique du Système Solaire de l'Observatoire de Meudon ainsi qu'au Pic du Midi.

Outre le Soleil, il étudie les planètes et corps solides qui nous entourent. Dès 1955, il détermine la nature du sol de Mars.

En 1966, il découvre Janus (le 10^{ème} satellite de Saturne) et, en 1979, l'anneau extérieur de Saturne. Il participe au programme Apollo avec les américains en étudiant la surface lunaire, puis au programme automatique Mars-5 avec les soviétiques, auxquels il fournit un instrument de mesures polarimétriques.



le professeur Dollfus lors de la fête organisée en son honneur au Musée de l'Air et de l'Espace (doc. P.-F. Mouriaux)

En prolongeant l'œuvre de Lyot dans de nombreux domaines, A. Dollfus a développé des innovations techniques qui ont ouvert sur des observations nouvelles et tout particulièrement la maîtrise des techniques polarimétriques qui ont permis de mieux suivre les propriétés actives du Soleil, d'appréhender l'état des surfaces des corps dépourvus d'atmosphère et, dernière phase de ses travaux, de visualiser le comportement des nuages joviens ou encore de suivre l'évolution saisonnière des nuages dans l'atmosphère de Mars.

A. Dollfus a aussi été un aéronaute détenteur de plusieurs records mondiaux (durée de vol, distance parcourue, altitude, en 1953 et 1955), et a ramené de ses vols des résultats scientifiques remarquables dont la première photographie du Soleil prise hors de l'atmosphère de la Terre.

A. Dollfus est titulaire de nombreuses distinctions dont le prix Janssen, la plus haute distinction de la Société Astronomique de France dont il a été Président. En 1998, il a publié un ouvrage retraçant l'histoire de l'astronomie (50 ans d'astronomie, Comprendre l'Univers ! aux Editions EDP Sciences).

Gilles Dawidowicz

L'IMAGE DU TRIMESTRE :

Un tourbillon de poussière fait de l'alpinisme

La sonde MGS, en orbite autour de Mars depuis septembre 1997, a notamment permis d'établir avec certitude que se produisent actuellement à la surface de Mars des phénomènes d'érosion importants, transformant profondément les paysages de certaines régions. La sonde est maintenant dans sa deuxième année martienne en orbite autour de la planète, et c'est avec ce recul non négligeable que l'on appréhende aujourd'hui ces changements morphologiques. Parmi tous ces paysages observés, des formations particulières attirent l'attention des planétologues. De longues stries, le plus souvent sombres, parfois rectilignes mais subitement sinueuses ou courbes puis carrément bouclées, strient, balafrent certaines régions jusqu'au point d'en laisser une apparence marbrée. Il s'agit des stries laissées au sol par les tourbillons de poussière, évoluant en surface au gré des vents. Des milliers de clichés envoyés par MGS font apparaître ces stries par centaines. Certains de ces clichés montrent même des tourbillons de poussière en pleine action, leur ombre étant projetée au sol. On a ainsi pu évaluer la hauteur de certains de ces tourbillons de poussière, qui peut atteindre 8 000 mètres pour quelques dizaines de mètres de large seulement !

Voici justement un cliché exceptionnel, datant du 21 mai 2002 et montrant un de ces tourbillons de poussière en pleine évolution. Il est en train de remonter la pente intérieure d'un rempart de cratère d'impact, situé par 4,1°S et 9,5°W. Ce cratère est localisé dans la partie Ouest de Terra Meridiani. Le tourbillon se déplace vers le Nord-Est (haut droite de l'image), de manière assez rectiligne et peu sinueuse. Il laisse derrière lui une trace au sol beaucoup plus sombre que la surface environnante. Il ne fait aucun doute que le tourbillon décape la surface à mesure qu'il progresse et enlève une fine couche claire et superficielle de poussière.

Ces tourbillons se forment le jour, quand le sol est chauffé par les rayons du Soleil et qu'il réchauffe à son tour les masses d'air présentes juste au-dessus de la surface. Comme l'air chauffé au niveau du sol commence à s'élever lentement, il entame une rotation sur lui-même : le vortex est né. A mesure

qu'il tourne sur lui-même, il se met lentement à se déplacer à travers le paysage et, au fur et à mesure de sa progression, arrache à la surface les particules de poussière présentes au sol et se charge progressivement de ces matériaux. Il prend alors peu à peu de la vitesse. Du fait de la présence des poussières dans le vortex, celui-ci devient visible et projette son ombre au sol (détectable depuis l'orbite comme depuis le sol) dans la direction opposée au Soleil. Ce tourbillon a alors le même aspect qu'une tornade sur Terre, exception faite des couleurs et des dimensions. Sur ce cliché, l'ombre du tourbillon projetée au sol est très courte et relativement rétractée sur elle-même. Elle se situe à droite de la colonne brillante (à la moitié du bord droit de l'image). Ceci peut s'expliquer par le fait que le Soleil était presque à la verticale lors de la prise de vue.



(doc. NASA/JPL/Malin Space Science Systems)

Retrouvez cette chronique et ses archives sur le site Internet de l'Association : www.planete-mars.com

Gilles Dawidowicz

LE MER QUI VEUT SE FAIRE AUSSI GROS QUE LE VIKING

l'airbag s'enfla si bien... qu'il creva ?

Certains ne voient dans la prochaine mission MER 2003 ("Mars Exploration Rover", lancée vers Mars en 2003) qu'une sonde Pathfinder plus musclée et mobile. Résumons le programme MER : on prend une sonde Pathfinder, dont on conserve les trois pétales articulés s'ouvrant en étoile, et on monte son corps central sur roues ! Ceci pour la théorie. En pratique, il en va différemment : Pathfinder n'emportait que trois expériences, alors que MER doit en embarquer huit. De plus, le tout, plus lourd, doit être très mobile ! Ainsi, la masse à embarquer sur MER est plus importante. A ceci s'ajoutent une motorisation et une suspension plus robustes, capables de faire évoluer ce gros véhicule sur terrain chaotique. [...]

Restons optimistes : face aux difficultés, le JPL rééquilibre maintenant ses pouvoirs de décision et redonne leurs lettres de noblesse aux ingénieurs. Eux seuls sauront relever ces nouveaux défis techniques!

Olivier de Goursac

O. de Goursac, délégué aux missions automatiques de l'association Planète Mars, collabore avec la NASA dans le cadre du programme MER. Il développera dans notre prochain numéro la comparaison des différents systèmes d'atterrissage.

LA VIE DE L'ASSOCIATION

PLANÈTE MARS

Comme indiqué dans le bulletin n° 12, une Assemblée Générale Extraordinaire (AGE) s'est tenue samedi 14 septembre à la Salle de l'Espace du CNES à Paris. Elle avait pour objet la modification des statuts, suite aux décisions prises par le Conseil d'Administration (CA) du 13 avril, et les compléments et modifications qui en résultent pour le règlement intérieur. Le point essentiel concernait les nouvelles fonctions au CA, avec le rappel de leurs titulaires : *Vice-Président* Alain Souchier, *Webmaster adjoint* Gaël Scot, *Chargé du recrutement* Cyrille Bonnet, *Chargé Action Jeunes* G. Scot, *Responsable presse* Gilles Dawidowicz ; le *Trésorier adjoint* doit être désigné par le CA au cours de sa réunion du 12 octobre. D'autre part, sur proposition de Richard Heidmann au nom du CA, le Professeur Audouin Dollfus a accepté d'être Membre d'honneur de l'Association Planète Mars (APM) : nous l'en remercions vivement (voir l'article consacré à A. Dollfus dans ce numéro). Le compte rendu de l'AGE peut être consulté sur le site.

L'AGE était suivie de conférences sur le thème "Vivre sur Mars" ouvertes au public, qui est venu nombreux : "Une mission sur Mars" par R. Heidmann ; "Architecture et concepts" par Olivier Walter, professeur d'architecture ; "Aspects psychologiques et médicaux" par Diane Beaulieu d'Ivernois, médecin aéronautique ; "Le projet Euro-MARS d'habitat simulé ; le concept français, le projet européen" par Pierre Brulhet et O. Walter, architectes.

Olivier de Goursac a maintenant une fonction déléguée par le CA, celle de *délégué aux missions automatiques*. Dans ce cadre, il fait état de son appartenance à l'APM, section française de la Mars Society (TMS, The Mars Society), lors de ses activités à la NASA ou au JPL, il alimente le Président et le CA en

informations susceptibles d'influer sur notre connaissance de l'environnement et sur l'orientation de notre action, il alimente l'APM en informations sur le déroulement des missions et sur les résultats scientifiques par des conférences et des articles pour le site et pour le bulletin.

L'APM a été retenue par Snecma Moteurs pour une étude sur la propulsion nucléaire dans le cadre d'une mission habitée vers Mars.

Le groupe "Astronautique" a continué son activité avec, en particulier, plusieurs réunions du sous-groupe "Sécurité" et la première réunion du sous-groupe "Environnement radiatif".

Enfin, l'APM a donné son accord au "Space Camp" belge Eurospace Center pour collaborer à la mise en place d'un simulateur de mission martienne destiné à offrir des stages pour les jeunes.

PLANÈTE MARS ET MARS SOCIETY

Le 2^{ème} congrès européen de TMS a eu lieu à Rotterdam (Pays-Bas) du 27 au 29 septembre 2002, comme annoncé sur le site et dans le bulletin n° 12. Charles Frankel, Marc Salotti et Bertrand Spitz y représentaient le CA, mais c'est près d'une dizaine d'entre nous qui avaient fait le voyage. À cette occasion, l'équipe de management du projet Euro-MARS s'est réunie ; des perspectives de sponsoring pour la suite de l'opération se précisent, mais restent à finaliser ; une deuxième mission de reconnaissance devrait avoir lieu en novembre pour finaliser les modalités administratives.

Une nouvelle importante : C. Frankel, en tant que commandant, et A. Souchier ont été sélectionnés pour faire partie de l'équipage de la station de simulation MDRS (Mars Desert Research Station), située dans le désert de l'Utah, du 8 au 25 novembre 2002. Ils emporteront avec eux le VRP (Véhicule de Reconnaissance de Paroi) dans une version améliorée suite à l'expérimentation faite au même endroit du 21 février au 6 mars 2002 par G. Dawidowicz. Un éducateur de l'Eurospace Center a été également invité à la demande de l'APM, dans le cadre de l'opération citée ci-dessus.

MARS SOCIETY

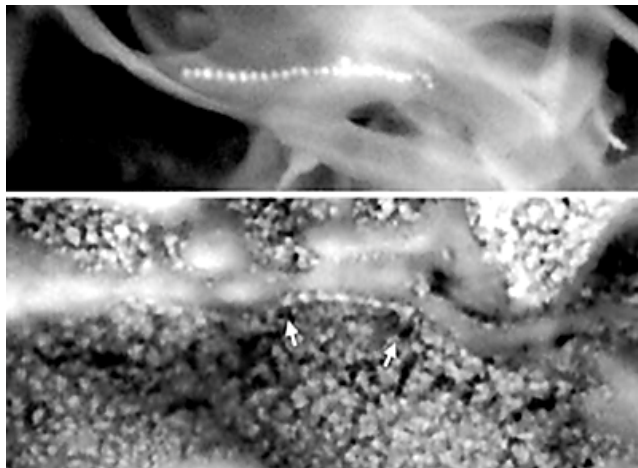
Le 5^{ème} congrès annuel de TMS a eu lieu à Boulder (Colorado) du 8 au 11 août 2002 (voir l'article spécifique dans ce numéro).

Dominique Guillaume, Secrétaire

VOS QUESTIONS

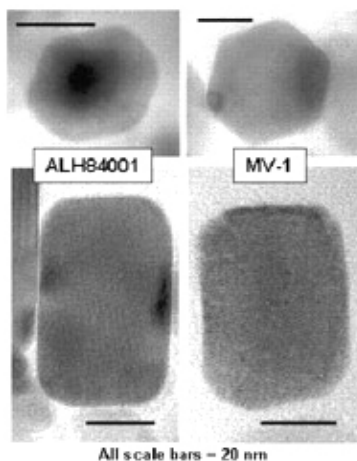
Q : Y a-t-il accord entre les scientifiques et les ingénieurs qui préparent les missions robotiques ?

R : Un compromis doit toujours être trouvé entre souhaits des scientifiques (plus de charge utile, plus de puissance électrique, plus de mobilité, etc.) et les contraintes d'ingénierie, d'abord d'origine budgétaire, mais aussi techniques : faisabilité, devis de masse et, bien souvent, sûreté de la mission. La contrainte de masse est prédominante pour les scientifiques, qui doivent sacrifier des objectifs et déployer des trésors d'ingéniosité dans la conception de leurs expériences. Les ingénieurs, quant à eux, doivent avant tout garantir le succès, dans le respect du budget. Généralement, leur tâche est de plus compliquée par l'adoption de plannings très (trop) ambitieux.



chaînes de cristaux de magnétite : terrestre (en haut), martienne (en bas) (doc. NASA)

Sur Terre, des bactéries produisent de tels alignements de cristaux pour se repérer dans le champ magnétique terrestre et se déplacer à la recherche d'un taux d'oxygène favorable. Il est possible de produire de tels cristaux, et même des chaînes, de façon non biogénique, mais certaines formes de cristaux ne sont produites que par des microorganismes. Or 25 % des cristaux d'ALH sont de cette forme. De plus l'utilisation d'un microscope électronique à rétrodiffusion a permis d'observer des alignements de cristaux de magnétite sous la surface de l'échantillon, jusqu'à 1 micron de profondeur, et ces chaînes ont l'allure de celles créées par une activité biologique : grains de même taille, régulièrement espacés, et non jointifs car, chez les bactéries, ils sont enrobés d'une pellicule organique. Les chaînes réalisables par des moyens physiques présentent des grains irréguliers, directement accolés.



comparaison morphologique de cristaux de magnétite : terrestre (à droite), martienne (à gauche) (doc. NASA)

A ce jour, l'opinion générale parmi les scientifiques est partagée 50 / 50, la thèse biologique ayant regagné de la crédibilité. Imre Friedmann et ses collègues se proposent maintenant de poursuivre les recherches dans 5 directions :

1. comparaison des magnétofofossiles terrestres et potentiellement martiens d'autres météorites ;
2. séparation des cristaux de magnétite d'origine biologique de ceux d'origine minérale dans ALH 84001 ;

3. étude des allures des chaînes de magnétite au microscope à faisceaux d'ions ;
4. recherche des fossiles de matière organique entre les cristaux de magnétite ;
5. analyse des isotopes du fer dans les cristaux de magnétite d'origine biologique.

Encore beaucoup de travail donc, mais pourra-t-on vraiment conclure ?

D'AUTRES MÉTÉORITES MARTIENNES POUR RECHERCHER LA VIE ?

John Brandenburg soutient depuis plusieurs années que certaines météorites, différentes des météorites martiennes reconnues (SNC), viennent aussi de Mars. Ce sont les CI dont 12 exemplaires sont connus. Elles sont constituées d'argile qui a été hydratée (preuve d'un séjour dans l'eau) et comporte des grains de lave. Or leur rapport d'isotopes d'oxygène ($^{16}\text{O} / ^{18}\text{O}$) serait caractéristique des météorites martiennes et différent du rapport des rocs terrestres et lunaires (rapports qui sont identiques, ce qui a permis de dire que la Lune est née de la Terre). Ce rapport martien caractéristique est retrouvé aussi dans les cristaux de magnétite des CI à la même valeur que dans les magnétites d'ALH 84001. J. Brandenburg relève d'autres analogies (isotopes de gaz rare, présence de brunérite,...) mais ses thèses ne sont apparemment pas acceptées par la communauté scientifique. A suivre aussi donc...

LES EXTRÊMOPHILES

S'il y a de la vie sur Mars encore aujourd'hui, elle appartient nécessairement à la catégorie des « extrémophiles ». Et même vraisemblablement aussi s'il y a eu de la vie passée disparue depuis. Qu'est-ce qu'un extrémophile ? Un organisme qui, littéralement, aime vivre dans des conditions extrêmes. Mais cette analyse est très anthropomorphique : on appelle conditions extrêmes des conditions de vie qui sont éloignées des nôtres. Tout est relatif. Pour un poisson, le milieu aérien dans lequel nous vivons, nous les Hommes, est un milieu extrême ! Et une ambiance perçue comme extrême sur la Terre peut être tout à fait moyenne et normale sur une autre planète.

Les organismes extrémophiles ont fait l'objet d'une conférence du docteur Penelope Boston.

La première question qui se pose est : « Qu'est-ce qui est vivant, qu'est-ce qui ne l'est pas ? ». La conférencière a présenté ce qui caractérise un être vivant :

- l'organisme a des limites physiques (il y a un « extérieur » et un « intérieur ») ;
- il y a un flux d'énergie dans le système ;
- il y a un processus de captation d'énergie ;
- il y a des sources d'énergie disponibles pour ce processus ;
- l'organisme crée un déséquilibre entre lui et son environnement ;
- l'organisme crée une baisse interne de l'entropie (il est « organisé ») ;
- il a une croissance (qui n'est pas de type cristalline !) ;
- il se reproduit en organismes semblables ;
- il évolue et répond aux changements de conditions du milieu.

Pourquoi la vie extrémophile peut-elle être difficile à détecter ? Parce qu'elle est microscopique, cachée, très différente,

et parce que nous sommes biaisés par notre propre expérience !



ces sources géothermales abyssales apportent l'énergie nécessaire à l'îlot de vie qui s'établit à proximité (doc. IFREMER)

Sur la Terre, la recherche sur les organismes extrêmophiles est très récente. On en a découvert dans les sources géothermales (les études sur le site de Yellowstone ont commencé dans les années 60), dans les sources hydrothermales à grande profondeur dans les océans (à partir des années 70), à l'intérieur des rocs et sous terre jusqu'à plus de 1 000 m de profondeur (découverte récente), dans les lacs ou plutôt les poches géantes d'eau douce sous les glaces de l'Antarctique, dans des événements de méthane, dans des tours de refroidissement de centrales nucléaires.

En ce qui concerne la vie souterraine, des évaluations récentes indiqueraient même que la biomasse vivante sous terre serait supérieure à la biomasse de surface.



bactérie souterraine TH 23 « Bacillus Infernus » isolée par Y. Liu et D. R. Boone, de l'Oregon Institute of Science and Technology

Les traces de vie passée sont détectables par la présence de fossiles, bien sûr, de textures ou produits créés par la vie, de traces géochimiques, de signatures isotopiques, de sédiments ou cristaux (Cf. les magnétites) d'origine biologique, et aussi par la composition de l'atmosphère. L'oxygène terrestre est d'origine biologique ! C'est d'ailleurs en recherchant oxygène ou ozone dans l'atmosphère de planètes extrasolaires que l'on compte y détecter la présence de vie dans les années à venir.

P. Boston a beaucoup travaillé sur les extrêmophiles souterrains dans les grottes, dans les tubes de lave. Elle y a trouvé

des formes de vie au métabolisme tellement lent qu'il a fallu 5 ans pour démontrer qu'il s'agissait bien d'organismes vivants ! Et, ajoute-t-elle, encore plus longtemps pour convaincre les collègues scientifiques !



P. Boston à la recherche d'extrêmophiles cavernicoles

On a trouvé des comportements très étranges de certains organismes extrêmophiles : en conditions difficiles ils ont tendance à se regrouper en un film vivant de dimensions limitées, qui peut se déplacer progressivement en un seul tenant. C'est un début de constitution d'organisme pluricellulaire. Ces biofilms sont constitués des organismes eux-mêmes, de leurs sécrétions et des diverses particules qu'ils capturent. Les biofilms peuvent aussi être épais ; c'est le cas des stromatolites, les organismes qui, sur la Terre, ont fabriqué la majorité de notre oxygène. Pour des organismes comme les stromatolites, il y a interaction entre les fossiles laissés par les individus antérieurs et les individus vivants. D'ailleurs, en ce qui concerne ces mêmes stromatolites, on a découvert les fossiles avant les organismes vivants.

Un autre obstacle dans l'étude des extrêmophiles : la difficulté à « cultiver » et faire croître ces organismes. On peut bien avoir caractérisé l'ADN, cela ne donne pas la méthode de culture !

L'assistance a posé de nombreuses questions à P. Boston :

-« Peut-on imaginer de grands organismes dans ces conditions extrêmes ? »

-« On ne sait pas vraiment sur la Terre ce qui a conduit à des grands organismes. On devine que c'est parce que le regroupement conduit à des organismes plus efficaces (d'où par exemple le premier stade constitué par les biofilms). »

-« Les aminoacides étant reconnus comme largement répandus dans l'espace, cela ne fixe-t-il pas les caractéristiques principales des êtres vivants ? »

-« Oui, mais avec une adaptation aux conditions de la planète sur laquelle ils « tombent ». Sur des planètes aux conditions voisines de la Terre, on devrait trouver des organismes semblables à ceux de la Terre. »

-« Considérez-vous les virus comme vivants ? »

-« Ils le sont « potentiellement » et ne le deviennent que lorsqu'ils ont trouvé un hôte. »

Ont collaboré à ce numéro : Gilles Dawidowicz, Olivier de Goursac, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Alain Souchier



stromatolites en Australie (doc. A. Beaurain)

CONTAMINATIONS ?

Une longue partie du débat a ensuite porté sur les contaminations croisées possibles entre organismes terrestres et martiens liés à l'exploration de la planète. Il faut déjà éviter une contamination de Mars par les organismes que nous apporterons. Mais peu peuvent survivre, sauf peut-être nos microorganismes souterrains. Si de la vie existait encore sur Mars, très différente de celle de la Terre, une pollution généralisée par les organismes terrestres pourrait être catastrophique. Si la vie est très proche de certaines formes terrestres, en un sens ce serait moins grave car cela prouverait l'existence de contaminations croisées depuis très longtemps, liées aux météorites issues d'une planète et envoyées sur l'autre. Notons bien que la progression d'une contamination terrestre sur Mars serait très lente : les conditions de surface sont très stérilisantes et il n'y a pas de mécanismes de transfert de type hydrologique comme sur la Terre. Aujourd'hui sur la Terre, où l'on s'aperçoit que tout le sous-sol est vivant sur une très grande profondeur, on ne sait pas quel a été le mécanisme de transport de ces organismes. Sur Mars, en l'absence apparente de mécanisme de transport hydrologique à notre époque, si on trouve de la vie souterraine, elle sera peut-être en poches isolées.

L'an dernier un séminaire de la NASA a abordé ce problème de cantonnement de la pollution terrestre apportée sur Mars par les sondes ou les astronautes. Deux modèles sont proposés. Dans le premier, une zone centrale autour de l'implantation humaine sera considérée comme irrémédiablement polluée ; une zone tampon est définie à sa périphérie, où engins robotisés, véhicules et hommes en scaphandre seront décontaminés à l'entrée et à la sortie. Au delà, la zone doit rester totalement « pure » et seuls des robots décontaminés seraient autorisés à y pénétrer. Dans le deuxième modèle, tout ce qui entre et sort de la zone polluée par la présence humaine doit être décontaminé au plus haut niveau (standard P4).

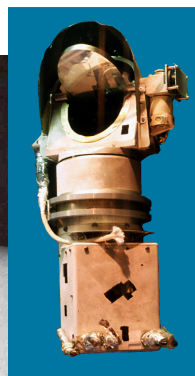
Ces considérations de protection ne sont pas entièrement théoriques : P. Boston étudie en ce moment des extrémophiles dans une grotte mexicaine dont l'accès demande un parcours de 100 m sous terre. Des procédures rigoureuses de non pollution par l'extérieur sont utilisées, préfigurant et expérimentant celles qui seront appliquées sur Mars.

Si d'éventuels organismes martiens très différents des organismes terrestres existent, la contamination de la biosphère terrestre par ces organismes martiens sera très difficile. Mais les conséquences peuvent être tellement graves pour notre

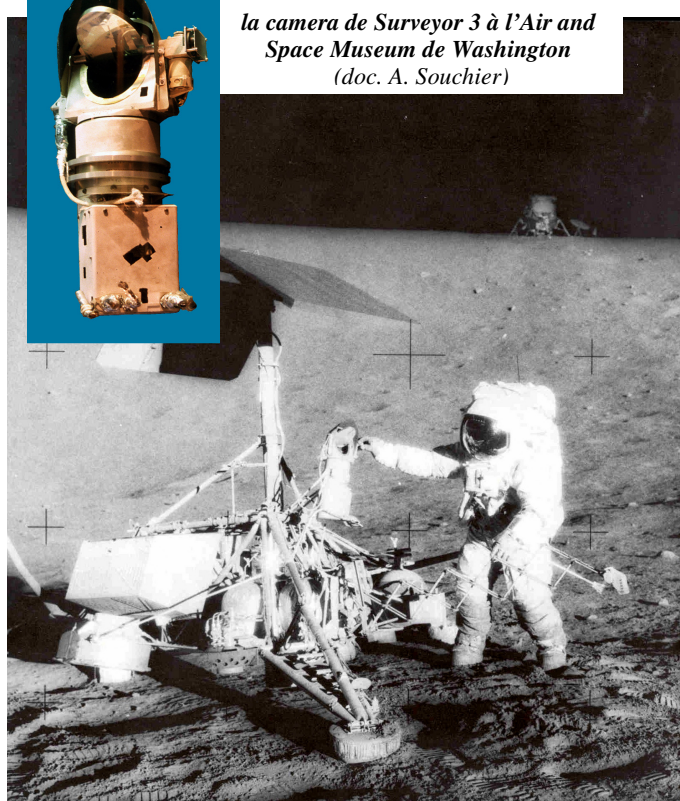
biosphère qu'on ne peut courir aucun risque. Et l'on sait déjà sur nos extrémophiles terrestres que la stérilisation de tels organismes peut être très difficile. P. Boston considère, comme beaucoup de scientifiques, que la présence d'une vie passée sur Mars est probable, mais pense que les chances d'existence d'une vie actuelle, résidu de la biosphère passée, sont faibles. Toutefois, plus l'on trouve de traces d'écoulement d'eau récentes, plus ces chances s'élèvent. Enfin c'est la notion même de distinction entre vie passée et vie présente qui s'atténue : sur la Terre on a récemment réveillé des organismes qui étaient en état de vie suspendue dans des cristaux de sel depuis des dizaines de millions d'années !

MARS EN BOCAL ?

Pour Chris McKay, les microorganismes terrestres sont déjà présents sur Mars, dans un état de vie suspendue, à l'intérieur de nos sondes automatiques. A la surface de nos matériels toute trace de vie a disparu dans l'ambiance stérilisante des ultraviolets qui arrosent le sol martien. Bonne nouvelle en tout cas : ces micro-organismes ne peuvent pas sortir de leur tanière et se propager. Une solution : « Ramassez vos déchets ». On pourra toujours, si nécessaire, rapatrier sur la Terre nos sondes inutiles !



la camera de Surveyor 3 à l'Air and Space Museum de Washington (doc. A. Souchier)



le record de durée sur la Lune par un être vivant n'est pas détenu par les astronautes Cernan et Schmitt d'Apollo 17, mais par une bactérie qui a survécu 3 ans dans la caméra de la sonde Surveyor 3 rapportée sur Terre par les astronautes d'Apollo 12

C. McKay a proposé une approche originale de l'étude de Mars, approche contestable et d'ailleurs contestée en séance : d'abord restaurer l'environnement martien originel (création d'une atmosphère), puis laisser la vie martienne se développer à partir de l'existant ou même en reconstituant le génome

d'organismes martiens à partir des fragments d'ADN récupérés dans les fossiles (si on en trouve, et à supposer qu'on en soit capable), les laisser se développer et conduire ainsi en vraie grandeur une expérience d'évolution de biosphère ! Après avoir reconstitué la vie martienne, on commencerait à expérimenter les interactions avec les organismes terrestres. Mars serait en quelque sorte un premier terrain d'expérience avant la conquête du système solaire... et au delà.

Cette proposition décoiffante a lancé un débat animé : peut-on attendre les millions d'années que va durer cette expérimentation ? A ce moment-là, l'humanité aura largement dépassé l'orbite martienne (bien sûr, s'il y a encore une humanité). C. McKay défend son scénario en répondant que c'est juste une option qu'il souhaite préserver en évitant une pollution trop rapide de la planète, que la première phase de recherche d'une vie résiduelle ou fossile ne prendra pas trop de temps : lorsque l'on aura exploré les anciens lacs et le permafrost et si l'on a rien trouvé, la question sera réglée.

OÙ CHERCHER LA VIE ?

Carol Stoker a justement traité le cas de la recherche de la vie martienne passée ou présente. Le plan de la NASA est d'explorer les zones où l'eau a été (ou est encore) présente. C. Stoker a expliqué de manière très claire pourquoi la pression atmosphérique sur Mars est aujourd'hui voisine du point triple de l'eau (pression de 6,75 mb à laquelle l'eau peut exister simultanément à l'état liquide, solide et vapeur à une température proche de 0° C). A une pression inférieure, il est impossible d'obtenir de l'eau liquide. Quand la pression est supérieure à celle de ce point triple, l'eau liquide se combine avec le gaz carbonique de l'atmosphère et les rocs pour créer des carbonates (solides). Le gaz carbonique de l'atmosphère est ainsi progressivement fixé dans le sol. Lorsque la pression descend aux environs de 7 mb, l'eau liquide devient très rare et la chute de la pression atmosphérique s'arrête. Sur la Terre, la tectonique des plaques enfouit régulièrement les carbonates dans le magma et le gaz carbonique est restitué par les volcans. Les organismes générateurs d'oxygène ont ensuite défini la composition de notre atmosphère, il y a un milliard d'années. Mars, plus petite, a-t-elle eu une tectonique des plaques significative ?

Comme P. Boston, C. Stoker indique que la communauté scientifique considère aujourd'hui que la vie passée sur Mars est probable ou très probable. Les mesures altimétriques MOLA ont confirmé la platitude d'une grande partie de l'hémisphère Nord et d'une ligne de rivage qui traduit l'existence d'un océan passé. On se demande même si cette zone n'est pas encore, en ce moment, un océan gelé caché sous des couches pulvérulentes superficielles. De même on sait que des lacs ont eu une durée de vie importante. Tout cela plaide pour une vie passée, car la période pendant laquelle les conditions ont été favorables apparaît largement supérieure à celle qui a permis l'éclosion de la vie sur Terre. Mais en ce qui concerne la possibilité d'une vie actuelle, la communauté scientifique est très réservée.

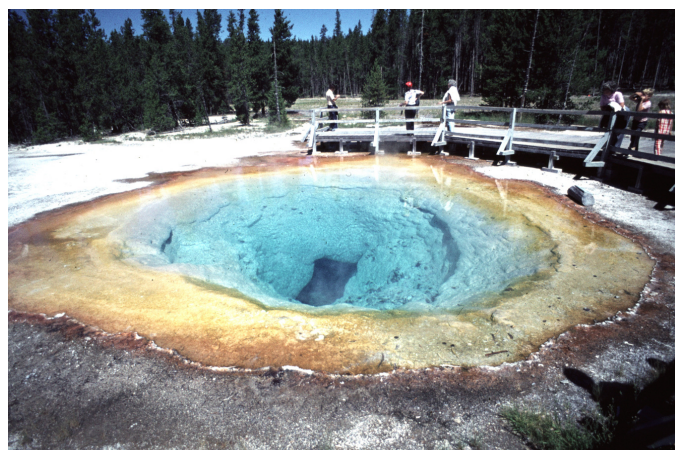
Pour rechercher correctement des traces de vie, il faudra que nos rovers parcourent de grandes distances. Ne serait-ce que parce qu'il y a, en général, trop de risques à se poser très près des zones intéressantes, souvent accidentées, et aussi parce que la précision de nos atterrissages est encore insuffisante. Le record de la plus grande distance parcourue par un rover sur un

corps céleste est détenu par le Lunakhod russe avec 5,3 km sur la Lune en 7 mois dans les années 70. En 1977, le rover Nomad a décrit un trajet de 300 km en 3 mois au Chili, dans le désert d'Atacama. En 1995, un Marsokhod a parcouru 1,2 km en 6 heures à Hawaï.



*le rover Nomad dans le désert d'Atacama
(doc. NASA et Carnegie Mellon University)*

Mais est-il facile de détecter des traces de fossiles au moyen d'un robot ? C. Stoker a tenté une expérience à Tuba City aux USA, dans un lieu connu pour ses traces de dinosaures, avec un rover équipé d'une caméra type Pathfinder et d'une caméra macro. Sur trois équipes chargées de piloter l'engin, deux n'ont rien vu, une a détecté des traces sédimentaires, personne n'a vu de fossiles ! Dans un désert, à Silver Lake en 1999, une expérience de même type a seulement permis la détection « accidentelle » d'une tache verte sur un rocher, indiquant une vie végétale.



*sur la Terre les sources chaudes (comme ici au parc Yellowstone)
sont des milieux extrêmes, sur Mars elles pourraient être au contraire des lieux favorables
(doc. A. Souchier)*

Pour rechercher de la vie actuelle sur Mars, on se concentrera sur d'éventuelles zones géothermales en activité, sur le permafrost restant dans d'anciennes zones humides chaudes, sur des zones profondes sous la surface (par forage), et sur les fameux écoulements de surface découverts récemment. C. Stoker pense que, s'il existe aujourd'hui des organismes vivants, ils doivent être capables de maintenir l'eau à l'état liquide à basse température en leur sein, par de fortes concentration de sels.