



PLANÈTE MARS



Numéro 38 *Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris* www.planete-mars.com janvier 2009

ISSN 1772-0370

ÉDITO : CRISES

La crise économique qui nous frappe ne peut qu'alimenter l'angoisse latente à laquelle nous soumettent les perspectives alarmantes du long terme : crises climatique, démographique, énergétique, alimentaire, des ressources naturelles, de l'eau... Les catastrophistes y voient les prémises d'une faillite inéluctable de la civilisation.

Devons-nous baisser les bras et ainsi renoncer, pour reprendre l'expression d'André Malraux, « à la force et à l'honneur d'être Homme » ? Les témoins captivés par l'avènement de l'ère de l'espace n'y sont, quant à eux, pas enclins. Ce qui motive leur espérance, bien plus que les propositions plus ou moins chimériques de solutions spatiales aux grands défis de l'humanité, c'est le sentiment que, plus que jamais en temps de crise, il s'impose de saisir l'opportunité de progrès et de développement que nous ouvre notre capacité d'accès à l'espace.

Ces dernières années, l'acuité croissante des défis a donné une consistance de plus en plus politique aux décisions en matière de recherche et de développement technologique. Dans le domaine spatial, tout particulièrement, grandes puissances et nations émergentes ont compris l'importance décisive de leur investissement pour leur prospérité future, leur influence sur la scène mondiale et le dynamisme de leur société. C'est ce qui a conduit les États-Unis à relancer l'exploration spatiale après le choc de Columbia. Et c'est pourquoi la crise économique, loin de devoir menacer les ressources allouées à la recherche et à l'éducation, commande aux États de réagir dans le même sens. Dans ce contexte, l'exploration spatiale, fer de lance d'un domaine-clé pour notre avenir, s'impose.

S'il entend assumer son rôle de leader de la première puissance spatiale, le président Obama va devoir confirmer son soutien au programme d'exploration, et remettre en perspective son véritable enjeu : l'arrivée de l'Homme sur Mars, destination d'évidence pour la science, l'innovation et l'aventure humaine. Parallèlement, l'Europe, après les résultats encourageants mais insuffisants de la récente conférence ministérielle, doit s'employer à définir une stratégie de coopération et à préciser ses ambitions dans ce grand programme. La Mars Society et ses sections européennes sont plus que jamais mobilisées.

Richard Heidmann

président de l'Association Planète Mars

Dans ce numéro :

-Une mission à Concordia	p.1
-Phoenix : premier bilan	p.2
-La vie de l'association	p.5
-Exploration et environnement	p.6
-Nouvelles du front	p.8

UNE MISSION À CONCORDIA



la base antarctique franco-italienne Concordia (DR)

Une mission à Concordia constitue une aventure exceptionnelle, mais aussi un voyage fatigant, nécessitant près de 40 heures de vol au départ de France, en passant par la Nouvelle-Zélande, puis la station italienne Mario Zucchelli dans la baie de Terra-Nova, et enfin « mid-point », un point de ravitaillement au milieu de nulle part, au cœur du continent antarctique. La météo conditionne la durée du voyage, car il arrive fréquemment que l'on doive attendre plusieurs jours avant de pouvoir prendre l'avion cargo qui nous emmène en Antarctique au départ de Christchurch. Ce vol dure 7 heures environ. A mi-chemin, les glaces commencent à apparaître et c'est un paysage sublime que l'on essaye de découvrir par le petit hublot, hissé sur la pointe des pieds ! Heureusement, un petit tour dans la cabine de pilotage permet de se rendre compte de la féerie qui s'offre à nous. L'arrivée sur la banquise de Terra-Nova est un vrai soulagement et tout le monde est heureux de pouvoir enfin se dégourdir les jambes sur le sol de l'Antarctique. La trentaine de personnes qui travaillent dans cette station offrent aux arrivants un accueil chaleureux pour la durée (toujours incertaine à cause de la météo) du séjour.

La fin du voyage vers Concordia se fait dans un petit avion à skis, le Twin-Otter, pouvant transporter 8 personnes. Il s'agit encore d'un trajet de 8 heures, dans un bruit assourdissant. Mais là aussi, le paysage est exceptionnel, surtout dans la première moitié du voyage, car ensuite, tout devient plat et blanc, le relief disparaît sous la glace. Puis, comme un mirage, on voit apparaître la station Concordia, et ses occupants, qui attendent avec impatience le renouveau avec ce petit avion... On nous prévient dès l'arrivée qu'il ne faut pas faire beaucoup d'efforts car on s'essouffle très vite : Concordia est située à environ 3300 m d'altitude, mais la pression atmosphérique de l'ordre de 650 hPa correspond à une altitude de 3 800 m. L'air est sec. Le corps doit s'acclimater et un repos de 48 heures est conseillé.

Mais les impératifs d'une mission de courte durée ne permettent pas forcément ce temps de repos.

L'impression qui ressort immédiatement est une impression de confort et de chaleur au sein de la station. L'organisation des bâtiments est telle que l'on s'y sent bien assez vite ; il est facile de s'y repérer. Dans le bâtiment "calme" se trouve un hôpital et le cabinet du médecin ; au deuxième niveau : les 16 chambres. Elles sont individuelles en hiver et partagées pendant la campagne d'été. Au-dessus des chambres se trouvent les laboratoires et la radio. Au premier niveau du bâtiment "bruyant" se trouvent des locaux techniques, au deuxième niveau une salle de sport et une salle vidéo qui sert aussi de salle de conférence. La cuisine, le restaurant et la bibliothèque occupent le dernier niveau de ce bâtiment. A l'extérieur, quelques équipements (les « congélateurs » ! l'atelier de mécanique), mais aussi les équipements de recueil des données pour l'astronomie et la glaciologie. Il y a enfin le camp d'été, un peu à l'écart de la station, pour accueillir le personnel technique, relativement nombreux lors des campagnes d'été. La balade la plus longue est celle qui permet d'aller jusqu'à la « tour américaine », à environ 800 mètres de la station. Mais il faut dire que cette balade est largement suffisante pour l'exercice physique !



l'auteur en mission à Concordia, en novembre 2007 (doc. K. Weiss)

La mission des psychologues dans les bases polaires françaises (essentiellement Dumont d'Urville et Concordia) a pour objectif de permettre l'évaluation des stratégies adaptatives utilisées par les hivernants. A Concordia, l'accent est mis sur les stress spécifiques (isolement renforcé, mixité culturelle franco-italienne, etc.), les caractéristiques de la station intéressant plus particulièrement les agences spatiales du fait de l'isolement extrême et des conditions de vie en autarcie pendant plusieurs mois.

Lors du débriefing que les psychologues effectuent en fin d'hivernage, l'adaptation est évaluée par les comportements individuels, mais aussi à travers les phénomènes de groupe. Les données ainsi recueillies sont complémentaires à celles collectées pendant le séjour par le médecin d'hivernage et par les questionnaires remplis en autoévaluation par les hivernants. Les processus adaptatifs n'étant pas toujours planifiés consciemment par les hivernants, un recueil qualitatif, réalisé à l'aide d'entretiens semi-directifs, est essentiel pour avoir une bonne compréhension de l'hivernage. La réalisation du débriefing par un psychologue extérieur, n'ayant pas participé à la mission, permet à l'hivernant de construire un récit pour expliquer comment il a vécu son hivernage. La durée des entretiens varie entre une et deux heures. Ils sont complétés par quelques

échelles évaluant l'adaptation. La présence d'un psychologue sur place permet également de mieux saisir comment est vécu l'environnement (physique et social) de la station, ces éléments étant particulièrement importants pour les recherches en psychologie environnementale. Il s'agit d'une mission également exceptionnelle d'un point de vue humain, car les hivernants se prêtent facilement au jeu de l'entretien, et discuter avec chacun d'entre eux permet de mesurer à la fois leur passion pour leur propre mission et leurs capacités d'adaptation. Ce sont ces dernières informations qui sont d'un intérêt majeur pour les recherches sur les situations extrêmes et en particulier pour la préparation des futurs vols spatiaux de longue durée.

En effet, même si la correspondance entre les milieux polaire et spatial est imparfaite à cause de certaines variables incomparables (comme la nature du climat, la possibilité de sortir de la station, les effets de l'impesanteur, etc.), ces analogies restent fondées. L'intérêt que portent les agences spatiales aux études polaires en témoigne. Dans les deux cas, la survie dépend d'une technologie avancée, les sujets sont prudemment sélectionnés et entraînés, ils sont coupés des contacts sociaux habituels et leurs interactions sont limitées. Dans les deux cas, l'Homme est contraint de se protéger dans un cadre artificiel réduit. Les sujets sont en fait confrontés à deux espaces : l'un immense, désert, externe et quasi-interdit ; l'autre petit, où ils sont maintenus dans des conditions de promiscuité. Dans les deux situations, l'environnement physique et social connaît donc des changements systématiques. Toutefois, la nature hostile de l'environnement est beaucoup plus importante dans le milieu spatial : il est en effet nécessaire de recréer à l'intérieur de l'habitable un climat et une atmosphère viables. De plus, l'Homme doit s'adapter à la microgravité, difficulté que l'on ne retrouve dans aucun autre milieu et dont il est difficile de déterminer les effets. Il n'en reste pas moins que Concordia constitue aujourd'hui, du point de vue psychosocial, une des meilleures situations d'isolement et de confinement permettant de préparer les vols habités vers Mars.

Karine Weiss ¹

PHOENIX : PREMIER BILAN



sol « carrelé » sur le site de Phoenix, signature de la présence de glace en sub-surface (doc.NASA/JPL/UA)

La NASA a officiellement annoncé le 10 novembre dernier qu'elle ne parvenait plus à communiquer avec la sonde Phoenix

Mars Lander (PML). Ce communiqué mettait fin à la première expédition polaire martienne entamée cinq mois plus tôt. Avec la fin de l'été dans l'hémisphère Nord, la petite sonde aura tenu bien plus que les 90 jours initialement prévus. En fait, la mission de Phoenix s'est déroulée du 25 mai 2008 au 2 novembre 2008, date précise du dernier message reçu sur Terre, soit 162 jours terrestres ! Lancée le 4 août 2007, la sonde PML, expédiée sur Mars de justesse, s'était posée dans Vastitas Borealis le 25 mai 2008. Cette région périglaciaire, au paysage monotone mais fascinant, possède un sol carrelé de polygones, véritable signature de la présence en sub-surface de lentilles constituées de glace d'eau presque pure...

Pourtant, PML est ce que l'on peut nommer un demi-succès, donc un demi-échec. En effet, une fois l'engin sur place, tout fut compliqué pour les ingénieurs et les scientifiques de la mission, car de nombreuses pannes et quelques difficultés locales (dont une surface plus dure que prévu et une tempête de poussières inattendue) se sont ajoutées à des problèmes de conception des instruments et de la sonde elle-même. Tous cela cumulé empêcha un déroulement optimal des opérations. Il faudra donc attendre de nombreux mois de dépouillement des données des quelques expériences qui ont bien voulu fonctionner pour connaître l'exacte contribution scientifique de la mission Phoenix. Si elle n'a pas révolutionné notre vision de la planète rouge, Phoenix aura probablement contribué à apporter quelques éclairages intéressants et peut-être aussi à ouvrir de nouvelles voies d'expérimentation à suivre dans le futur...

A la fin de la mission de PML, l'engin a été confronté à des jours de plus en plus courts (Phoenix s'était posée au Soleil de minuit, ce qui lui procurait une rotation complète au Soleil). Mais au fil des mois, le Soleil, de plus en plus bas sur l'horizon, alimenta de moins en moins bien les panneaux solaires, ce qui entraîna des baisses fatales de température affectant les systèmes du bord (de -45°C le jour à -89°C la nuit).

Pour couronner le tout, une tempête de poussières est venue ternir le ciel local, réduisant encore l'ensoleillement. Déjà, le 28 octobre (sol 152), l'utilisation du bras robotique avait été arrêtée et l'atterrisseur s'était transformé en simple station météorologique. Le bras avait toutefois été positionné au contact du sol, de façon à ce que la sonde TECP (Thermal and Electrical Conductivity Probe) y soit plantée et puisse réaliser des mesures de conductivité électrique (qui ne furent d'ailleurs pas menées totalement à bien).

Cependant, un premier bilan (partiel) peut être dressé, en attendant les prochains mois et les vagues de communications scientifiques officielles et complémentaires. Voici donc ce que l'on peut retenir de la mission PML :

1/ L'atterrissage fut une réussite totale : entrée, descente et atterrissage presque parfaits, malgré une dérive inexpliquée, observation oblique de la descente réussie par la sonde MRO depuis l'orbite (échec de la même observation par MEX) ;

2/ Phoenix a montré qu'à cette latitude, la surface qui est constellée de sols polygonaux est bien gorgée de lentilles de glace d'eau presque pure ;

3/ Phoenix a montré qu'à cet endroit, les particules du sol sont collantes et difficiles à dissocier et à tamiser ;

4/ Phoenix a montré que le pH du sol analysé à cet endroit est basique (8 à 9) et alcalin (présence de Na, Ca, K, Cl, Mg...). Il n'y a donc pas de super-oxydes sur Mars !

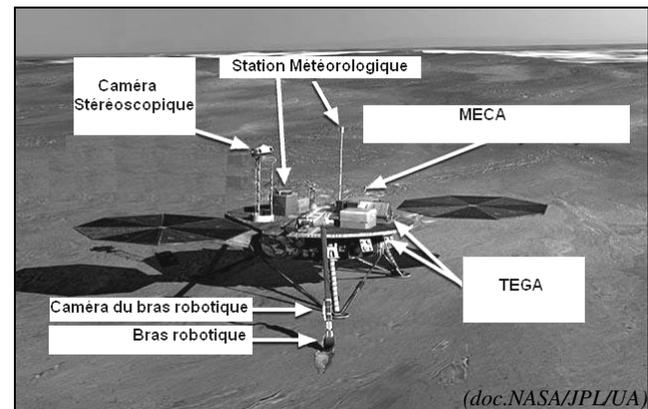
5/ Phoenix a mis en évidence dans le sol la présence de ce qui pourrait être du perchlorate. Il pourrait donc y avoir des oxydants dans le sous-sol ;

6/ Phoenix a mis en évidence dans le sol la présence de carbonate de calcium (TEGA et MECA) ainsi que d'argiles (microscopie à force atomique) ;

7/ Phoenix a réalisé des mesures diurnes et nocturnes détaillées de l'atmosphère martienne durant toute sa mission et montré notamment qu'il neigeait en altitude (vers 3 200 m) ;

8/ Phoenix n'a pas réussi à creuser aussi profondément que prévu la sub-surface (25 cm de profondeur au lieu de 50 à 100 cm espérés) ;

9/ Phoenix démontre définitivement qu'il faut être mobile sur Mars et non plus fixe et qu'il vaut mieux être équipé d'un générateur radioisotopique (RTG) que de panneaux solaires...



Il est également intéressant de résumer le fonctionnement des principaux instruments scientifiques du bord.

Le bras robotique

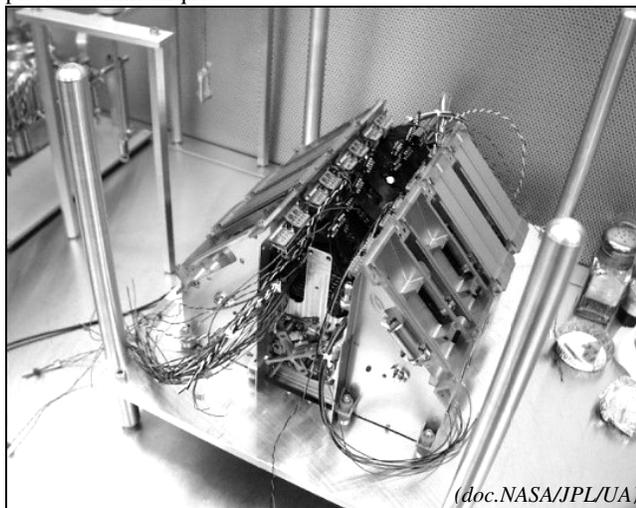
Ce système de prélèvement des échantillons, d'une force de 80 Newton, s'est révélé inadapté pour la récolte des échantillons de sol contenant de la glace d'eau. La glace sub-affleurante, sans doute altérée par les rétrofusées à l'arrivée de la sonde, s'est révélée beaucoup plus dure que prévu. Le bras s'est aussi révélé bien trop lent pour cueillir les échantillons du sol et les délivrer dans les différents fours avant que la glace contenue dedans ne sublime... Malgré un ensemble d'outillages, dont un racleur et un petit godet, le bras aura seulement réalisé 9 tranchées majeures (désignées Snow White, Neverland, Cupboard, Dodo-Goldilocks, Runaway, Rosy Red, Stone Soup, Burn Alive, The Mancha) dont la plus profonde a péniblement atteint 25 cm de profondeur au lieu des 50 à 100 cm espérés initialement. De ce fait, la caméra du bras robotique n'a pu réaliser de clichés haute résolution des couches du sol des tranchées creusées. Il semble également que le godet n'était pas très adapté aux bouches d'entrées du MECA et du TEGA... Finalement, il apparaît que les tranchées ont été réalisées entre les lentilles de glace et non dans des lentilles de glace.

Le laboratoire TEGA (Thermal and Evolved Gas Analyzer)

Cet instrument majeur de la mission PML s'est révélé très décevant dans la conception de ses trappes (qui ne se sont pas toutes ouvertes ou qui ne se sont qu'entrouvertes) et dans la conception de ses tamis (qui n'ont pas laissé facilement passer les échantillons collectés). Il aura fallu mettre plusieurs fois l'instrument en vibration (et créer ainsi des courts-circuits malheureux) pour faire descendre dans les fours quelques frag-

ments de sol prélevés par le bras. Sur les huit fours de cet instrument, voici en détail les usages réalisés :

- **four n°0** : seules trappes à s'être ouvertes correctement, au 53^e jour martien de la mission (sol 53). Deux tentatives vaines ont eu lieu au sol 60 et au sol 62 pour alimenter le four en échantillons de glace. Le four est finalement correctement approvisionné en échantillons au sol 64 (tranchée « Snow White »). L'analyse a pu se faire et une chauffe jusqu'à 1 000°C a été réalisée. Résultat : de la glace d'eau a été détectée par le spectromètre de masse de TEGA. C'est la première fois que la glace martienne est touchée par un instrument ;
- **four n°1** : a tenté deux fois des analyses de prélèvements riches en glace. Ces essais ont échoué ;
- **four n°2** : four dédié aux tests de calibrage du TEGA, à partir de l'Organic Free Blank (du matériau en céramique purifié de toute trace de carbone, aussi appelé Macor), mis en contact avec du sol martien pour analyses et servant de référence. Les tests ne se sont pas déroulés correctement malgré une alimentation en échantillons au sol 107 ;
- **four n°3** : les deux trappes sont restées totalement fermées, bloquées pour une raison inexpliquée ;
- **four n°4** : four correctement approvisionné en échantillons malgré une trappe à moitié ouverte. La température de 1 000°C a été atteinte, malgré un court-circuit engendré peu avant par l'utilisation prolongée du mode vibratoire pour faire descendre les échantillons sous le tamis. Les résultats n'ont pas encore été communiqués ;
- **four n°5** : four correctement approvisionné en échantillons le 11 août, malgré les deux trappes tout juste entrouvertes ; les échantillons proviennent de la tranchée "Rosy Red". La température de 1 000°C a été atteinte, mais les résultats n'ont pas encore été communiqués ;
- **four n°6** : four approvisionné en échantillons le 7 octobre (au sol 131). Un 2^{ème} approvisionnement a été réalisé le 13 octobre (au sol 137). Il semble que la température de 1 000°C n'ait pas été atteinte ;
- **four n°7** : four correctement approvisionné au sol 79 (échantillon prélevé à mi-chemin entre la surface et le sol glacé). La température de 1 000°C a été atteinte, mais les résultats n'ont pas été communiqués.



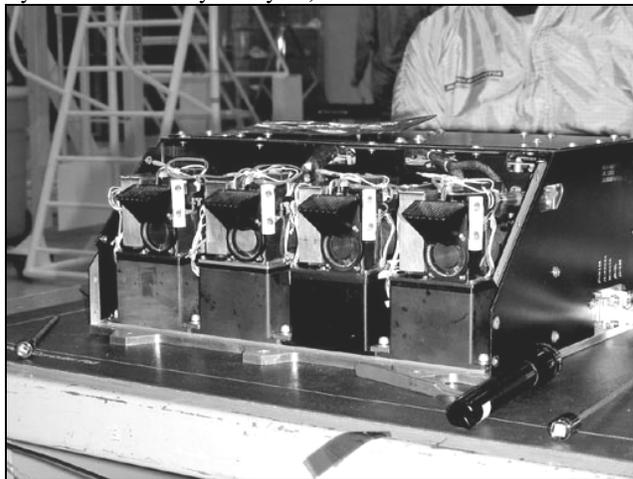
le mini-laboratoire TEGA en cours de qualification

Au total, cinq fours seulement (0, 4, 5, 6 et 7) ont pu être approvisionnés et quatre (0, 4, 5 et 7) ont pu mener à bien le cycle d'analyse complet (chauffage progressif des échantillons

jusqu'à 1 000°C et analyse des gaz résultant du chauffage).

Par ailleurs, il est à noter que des difficultés sont survenues lors du transport des gaz vers le spectromètre de masse chargé d'analyser les produits du chauffage. Il s'agit peut-être d'une erreur de conception... L'instrument TEGA a donc été très en dessous des espoirs que l'on avait mis en lui.

Le laboratoire de chimie MECA (Microscopy, Electrochemistry and Conductivity Analyzer)



MECA (doc.NASA/JPL/UA)

Ce laboratoire de chimie humide comportait quatre cellules. Elles ont toutes été alimentées en échantillons de sol, mais trois seulement (0, 1 et 2) ont pu réaliser les analyses correctement. La cellule n°3 a reçu plusieurs échantillons, mais un "pâté" s'est formé à l'entrée et les échantillons n'ont pas pu passer le tamis, trop fin pour les grains de sol collés de cette région de Mars :

- **cellule n°0** : livraison d'un échantillon le 25 juin (au sol 30) ;
- **cellule n°1** : livraison d'un échantillon le 6 juillet (au sol 41) ;
- **cellule n°2** : livraison d'un échantillon le 14 septembre (au sol 108) ;
- **cellule n°3** : livraison d'un échantillon le 31 août (au sol 96), puis d'un autre le 7 septembre (sol 102) et d'un dernier le 12 septembre (au sol 107).

La station météorologique

C'est de loin l'instrumentation qui a le mieux fonctionné. Elle a relevé quasiment jour et nuit l'ensemble des paramètres prévus (températures, pression, opacité du ciel, vitesse des vents...). La station météorologique canadienne, avec son « lidar » pour l'analyse verticale de l'atmosphère et ses divers instruments de mesure, a parfaitement rempli son rôle. On a ainsi pu observer au sol 99 des précipitations solides (des chutes de neige) à 3 100 mètres d'altitude grâce au Lidar. On a aussi observé le 9 septembre (au sol 104) un tourbillon de poussières (les fameux « Dust Devils »), ainsi que des passages nuageux tantôt faits de poussières très fines, tantôt faits de glace d'eau. Enfin, dans les derniers jours de la mission, on a pu observer au petit matin un très fin dépôt en surface, fait de givre de glace d'eau.

Les caméras d'imagerie

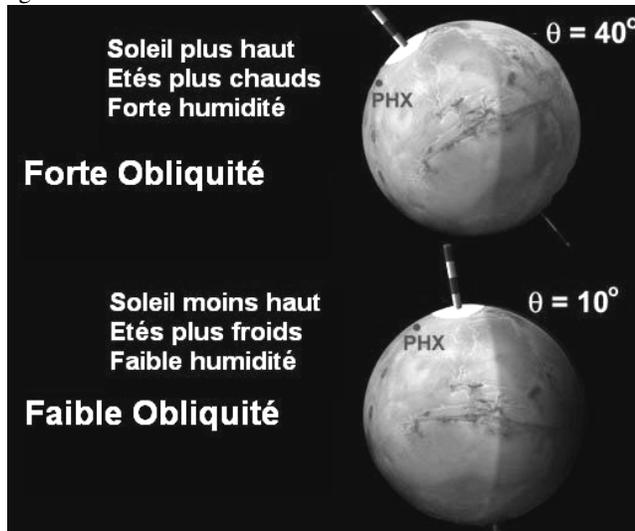
Près de 25 000 images ont été prises par les caméras de Phoenix durant la mission, dont certaines jusqu'à des échelles atomiques. Malheureusement, la caméra de descente n'aura pas fonctionné (tout comme le microphone d'ailleurs). Mais un panorama couleurs sur 360° et à haute résolution est en cours d'assemblage : il sera composé de près de 1 500 images de la

caméra SSI. Sur certaines, on observe très en détail le bouclier thermique, le bouclier arrière et son parachute ainsi que les reliefs lointains apparaissant sur l'horizon. La caméra SSI aura également réalisé quelques clichés astronomiques de nuit et aussi permis d'assembler une splendide mosaïque du Soleil de minuit martien. On a également des centaines de couples stéréoscopiques permettant des analyses en 3D de la surface proche. Enfin, le Microscope à Force Atomique (AFM) a réussi à acquérir au sol 69 l'image d'une particule de poussière après plusieurs tentatives infructueuses.

En conclusion

S'il est légitime d'être resté un peu sur sa faim après la mission Phoenix, il faut toutefois se souvenir qu'elle ne devait plus partir pour Mars après les échecs de *Climate Orbiter* et de *Polar Lander*. Cette mission inattendue et presque inespérée est donc une cerise sur un gâteau qu'il nous reste à cuisiner. Avec l'arrivée de PML sur Mars, voilà seulement six sondes posées avec succès sur la planète rouge, dont trois étaient immobiles.

PML aura donc éclairé d'un nouveau jour non pas tant la science martienne que l'ingénierie martienne. Seuls les géographes et les climatologues peuvent se réjouir des résultats de cette mission, alors que les géologues et les biologistes vont sûrement les boudier à plus d'un titre. Les géographes tout d'abord, car ils ont pu découvrir un paysage périglaciaire martien composé de lentilles de glace sub-affleurantes comme il en existe sur Terre. Cela confirme des décennies d'hypothèses à ce sujet. Les climatologues ensuite, car les précieuses et précises informations météorologiques recueillies au sol vont permettre de mieux comprendre les dynamiques martiennes et également améliorer nos modèles.



un des objectifs de PML : déceler des indices des changements de climat liés aux variations de l'axe des pôles (doc. NASA/JPL)

Quant aux ingénieurs, ils ont pour leur part appris beaucoup durant ces cinq mois de mission polaire. Et c'est sûrement cela la bonne nouvelle portée par la sonde *Phoenix Mars Lander*. Car honnêtement, l'eau congelée sur Mars n'est pas une révélation, c'est juste l'énorme promesse d'une histoire passée riche et complexe que nous ne faisons qu'entrevoir. Encore fallait-il ouvrir le chemin...

Gilles Dawidowicz

LA VIE DE L'ASSOCIATION

ASSOCIATION PLANÈTE MARS

Planète Mars participe à l'exposition *Cosmomania*, créée à la Cité de l'Espace de Toulouse et actuellement à Cap Sciences, à Bordeaux. *Richard Heidmann* est intervenu au Salon du Livre scientifique d'Ivry/Seine, à Charleville-Mézières à l'occasion de la Fête de la science, et aux Ulis (Prospective 2100). *Olivier de Goursac*, délégué Planète Mars aux missions robotiques, a présenté le bilan de la mission Phoenix lors d'une conférence organisée par la SAF (un lien vers le compte rendu de Jean-Pierre Martin figure dans les archives actualités de notre site).

Une réunion de coordination entre les partenaires du projet d'exposition « **Cité Martienne** », proposé par notre collègue *Jean-Marc Salotti*, s'est tenue à Cap Sciences le 6 octobre. Le thème : Exploration et Environnement (voir l'article qui suit). Les porteurs du projet sont l'École Nationale Supérieure de Cognitique, Cap Sciences et Planète Mars. Mais c'est un ensemble de laboratoires spécialisés dans les nombreuses disciplines impliquées qui développeront les présentations. Plusieurs industriels ont déjà manifesté leur soutien, et des institutionnels devraient s'y intéresser également.

Le 3 décembre, à Bruxelles, s'est tenu un séminaire organisé par l'IFRI sur « les ambitions spatiales de l'Europe en 2009 », auquel nous avons participé. A cette occasion, nous avons pu discuter du rôle de l'Europe dans l'exploration spatiale avec plusieurs personnalités politiques et institutionnelles.

Alain Souchier, notre vice-président, a reçu le prix Astronautique de l'Association Aéronautique et Astronautique de France, ce dont nous nous honorons. Toutes nos félicitations.

Notre prochaine **Assemblée Générale Ordinaire** se tiendra le **Samedi 28 mars à 14h**, à l'IPSA, 24 rue Pasteur, au Kremlin-Bicêtre (M° Porte d'Italie). Elle sera suivie, à 17h, d'une **conférence de Karine Weiss** (voir pages 1 et 2) qui nous fera vivre ses recherches à la base franco-italienne *Concordia* et dans le cadre des prochaines simulations de missions martiennes *Mars 500*.

MARS SOCIETY

Nos collègues américains traversent naturellement une période particulièrement cruciale au plan de l'action politique. Dans un registre homogène avec celui du rapport édité en novembre par la Planetary Society, sur la base des conclusions du groupe d'experts prestigieux réunis en début d'année à Stanford (« *au-delà de la Lune* »), la Mars Society s'est manifestée par un communiqué réclamant au nouveau gouvernement : un accroissement substantiel du budget de la NASA ; la réaffirmation de Mars comme but de la « Vision pour l'Exploration Spatiale » ; des opérations lunaires (et vers des astéroïdes) dédiées à la préparation de la grande mission ; l'accélération concomitante des développements d'Orion et des lanceurs Ares ; enfin, l'objectif d'un débarquement sur Mars en 2022.

Tout comme en Europe, la crise économique, loin de devoir freiner le programme, est largement perçue comme un levier prometteur pour soutenir l'activité tout en investissant pour l'avenir. Un déplacement groupé de membres de l'association auprès des parlementaires du Congrès est prévu en février, l'opération devant être renouvelée cet été à l'occasion du congrès annuel qui se tiendra à Washington.

Richard Heidmann

EXPLORATION ET ENVIRONNEMENT

L'exploration robotique et humaine du système solaire offre un potentiel d'innovation technologique considérable. Pour aller sur la Lune et sur Mars et y travailler, il faudra : maîtriser de manière innovante l'énergie (pour la propulsion et la génération d'électricité), apprendre à gérer des ressources rares de manière efficace (recyclage de l'air, de l'eau, des déchets), s'appuyer sur une robotique puissante et robuste. Un certain nombre de retombées applicatives sont d'ores et déjà identifiables. De *nouvelles « nouvelles technologies »*, stimulées par ces développements, vont donner naissance à de nouveaux secteurs d'activité majeurs, comme ce fut le cas des technologies de l'information. *Mieux vaudra, pour nos emplois et notre prospérité, en être acteurs* plutôt que simples consommateurs !

Examinons, pour nous en persuader, quelques-uns des domaines majeurs où des perspectives concrètes apparaissent.

Maîtrise de l'énergie

Piles à combustible, application à l'automobile

Les piles à combustible ont été développées pour Apollo et perfectionnées pour la Navette spatiale. Elles seront indispensables pour produire l'énergie propulsive des véhicules planétaires (en particulier les rovers pressurisés d'exploration lointaine). Elles devront être compactes, à haut rendement et d'une fiabilité longue durée. Elles utiliseront des composés plus faciles à stocker que l'hydrogène : méthane, méthanol ou éthanol, ces deux derniers étant sérieusement considérés pour les applications terrestres. La pile à combustible est déjà identifiée comme une technologie d'avenir pour la **propulsion automobile**. L'investissement dans cette application spatiale présentera un excellent degré de convergence avec l'application terrestre, dont le marché sera énorme.



le véhicule électrique Courrèges Zooop utilise des batteries lithium-polymère qui lui donnent déjà une autonomie de 450 km (DR)

Utilisation de l'hydrogène et de biogaz (méthane, méthanol, éthanol)

Dans le cadre de l'application ci-dessus, il faudra apprendre à maîtriser le recours à ces composés en toute sécurité, depuis leur production jusqu'à l'alimentation des générateurs d'énergie, en passant par le stockage et l'avitaillement. Ces développements contribueront à la conception d'**équipements adaptés au marché grand public** (vannes, détendeurs, réservoirs, contrôle thermique, connecteurs, etc.).

voirs, contrôle thermique, connecteurs, etc.).

L'hydrogène, obtenu par électrolyse de l'eau, est aussi sérieusement envisagé comme moyen de **stockage de l'énergie** sur Terre (par exemple stockage jour/nuit pour un générateur solaire). Les mêmes avancées faciliteront l'avènement de ce type d'application.

Maîtrise de l'environnement

Contrôle de la pollution de l'air

Le séjour prolongé des astronautes dans les enceintes closes des habitats spatiaux pose un sérieux problème de contrôle de la qualité de l'air, déjà rencontré dans les stations spatiales mais aggravé ici par la nécessité d'un recyclage quasi-total. Les pollutions peuvent être chimiques (exemple : solvants dégagés par les matières plastiques), biologiques (bactéries, moisissures) ou particulaires (avec la difficulté particulière que présente la poussière lunaire ou martienne). Cela conduira au développement d'**équipements de monitoring et d'assainissement de l'air**. En matière de poussière, de nouvelles technologies de **dépoussiérage électrostatique**, encore au stade laboratoire, devraient trouver des applications industrielles. Le contrôle de la qualité de l'air, dans les villes et dans les habitations, est un souci majeur de santé publique, encore mal maîtrisé mais qui, au fur et à mesure du progrès dans la connaissance de ses effets, fera l'objet de plus en plus d'attention.

Recyclage des eaux usées

Une expédition martienne typique (équipage de 6 personnes, durée totale de 2,5 ans) conduirait à une consommation de 180 tonnes d'eau ! L'économie de la mission exige de toute évidence de réduire considérablement ce tonnage, ce qui impose de prévoir un taux de recyclage d'au moins 90 %. De nombreux travaux sont en cours pour résoudre ce problème crucial. Aujourd'hui, dans nos villes, le traitement des eaux vise uniquement à assainir les rejets finaux dans la nature. A l'avenir, on doit s'attendre à franchir une étape supplémentaire, consistant à demander à chaque foyer domestique de lui-même **recycler ses eaux usées**, de façon à réduire la demande en eau potable. Les nations qui auront investi dans ces technologies trouveront là un nouveau marché, très prometteur.

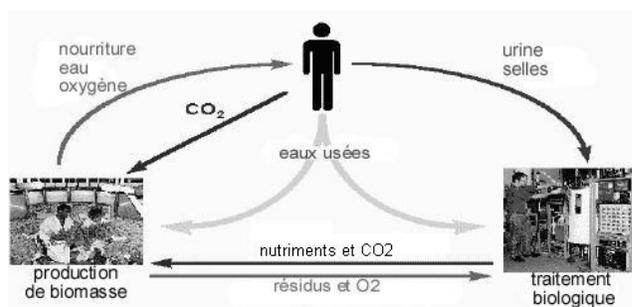


schéma (très) simplifié d'un système de recyclage biochimique

(doc. NASA)

Recyclage des déchets

Au cours d'une expédition planétaire de longue durée (pour mémoire, 18 mois à la surface de Mars), il sera nécessaire de traiter les déchets organiques, non seulement pour la protection de l'environnement mais aussi, et surtout, pour tirer le meilleur parti de ressources organiques limitées. Il est prévu de **valoriser ces déchets** en les recyclant dans des réacteurs biologiques et des serres, pour en tirer de l'eau, de l'oxygène et des com-

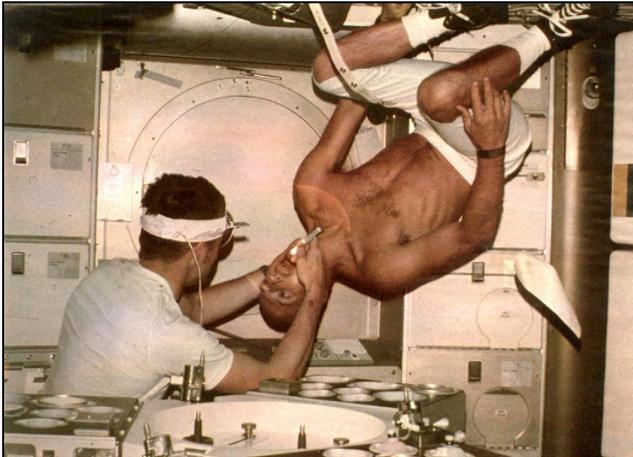
pléments alimentaires (salades et légumes frais). Dans ce domaine également, les recherches, qui visent essentiellement haut rendement et compacité, conduiront inmanquablement à de nombreuses innovations applicables au domaine public.

Sciences médicales

Télémédecine

Si la présence d'un médecin au sein des équipages d'exploration paraît indispensable, le rôle du support de mission au sol restera crucial, tant pour le suivi médical que pour le suivi psychologique. Il sera fait un large appel aux techniques de télémédecine, particulièrement dans le domaine du diagnostic.

Sur Terre, le progrès continu des techniques de communication et la persistance des problèmes d'accès aux soins, en particulier dans les pays sous-équipés, va conduire au développement des pratiques de télémédecine. Les savoir-faire développés à l'occasion de la préparation des missions d'exploration spatiale contribueront à l'apparition **d'outils informatisés** (bases de données, systèmes experts) et **d'appareils d'autodiagnostic, voire d'automonitoring**, à diffusion domestique. Le vieillissement des populations ne fera qu'amplifier cette tendance.



examen médical à bord de Skylab (doc. NASA)

Avancées en biologie

Deux domaines touchant aux sciences de la vie devraient connaître, grâce à l'exploration spatiale, des développements prometteurs dans le domaine des sciences médicales.

Au niveau fondamental, l'éventualité d'une **approche de l'origine de la vie** qui résulterait de la découverte, dans des sédiments martiens vieux de 4 milliards d'années, de traces de chimie prébiotique, voire de fossiles de micro-organismes vraiment primitifs, justifie à elle seule l'entreprise au plan scientifique. Une telle découverte nous permettrait en effet d'identifier les mécanismes les plus fondamentaux de la vie, avec la perspective d'ouvrir de nouvelles voies thérapeutiques. L'autre domaine a trait à la maîtrise de l'environnement radiatif des astronautes. Nos cellules mobilisent un arsenal de plus de 700 protéines pour réparer les dommages causés à l'ADN par ces rayonnements. On peut espérer qu'en comprenant mieux ce dispositif incroyablement complexe et performant, on découvre le moyen de le stimuler, et que ces recherches fondamentales ouvrent des perspectives entièrement nouvelles en matière de **lutte contre le cancer**.



le nouveau laboratoire NASA dédié à l'étude des effets des rayonnements ionisants dans le cadre de l'exploration (doc. NASA/nsrl)

Robotique

Robotique domestique

Paradoxalement, l'exploration spatiale par l'Homme va devoir tirer le meilleur parti du potentiel des robots, tout simplement pour augmenter au maximum la productivité scientifique des expéditions. Cela sera permis par la délégation aux auxiliaires robotiques des tâches d'investigation automatisables ou inaccessibles à l'opérateur humain (sites distants par exemple), mais aussi de tâches ancillaires coûteuses en temps : reconnaissance, surveillance, maintenance de routine, etc. Dès à présent, d'énormes progrès en matière de systèmes « intelligents », dotés d'une certaine autonomie, ont permis de concevoir des sondes telles que les rovers Spirit et Opportunity, capables de naviguer sur le sol martien et de prendre les bonnes décisions en cas de problème.

Sur Terre, les robots restent encore largement cantonnés à certains emplois industriels (automobile). Mais on pressent que la conjugaison des progrès de conception, alliés à la réduction des coûts et à l'augmentation de puissance de l'informatique, conduira à une percée dans **les applications domestiques**. Le Japon investit massivement dans ce domaine depuis déjà de nombreuses années. Impossible de dire quand cette révolution industrielle se produira, mais là encore, il s'agira d'un marché considérable, encore plus que celui des ordinateurs personnels. La robotique domestique pourrait bien s'avérer **la nouvelle « nouvelle technologie » de demain**.

Téléprésence

Un dispositif d'exploration rationnel devra tirer parti de la présence d'opérateurs humains non seulement en les faisant agir directement mais aussi, afin d'étendre au moindre coût le territoire d'investigation, en leur demandant de télécommander des robots envoyés sur des sites distants. Pour ce faire, il faudra développer les technologies de téléprésence qui permettent, par la vue mais aussi par le toucher et, si nécessaire, au moyen de dispositifs de retour d'effort, de situer l'opérateur en réalité virtuelle sur le lieu de l'action.

Ces technologies sont déjà utilisées dans certaines applications demandant l'évolution en milieu dangereux (maintenance nucléaire par exemple). Elles connaîtront, grâce à la recherche spatiale, un nouvel essor.

Télécommunications très haut débit

Les liaisons entre la Terre et les missions habitées planétaires, que ce soit sur la Lune ou sur Mars, vont requérir des débits

d'information très importants. Non seulement en matière de données de monitoring et de gestion des vaisseaux et de leurs équipements, mais aussi et surtout, pour être à même de transmettre vers la Terre des reportages vidéo à très haute résolution, en couleurs et en relief, sur la vie et l'activité de l'équipage. Plus que jamais, en effet, le retour vers le public sera capital. Et à cette époque, les médias, peu importe qu'il s'agisse de porter à 400 millions de kilomètres, seront très gourmands en bande passante. Une solution séduisante, la **transmission par faisceau laser**, est déjà en expérimentation. L'exploration habitée contribuera à la faire arriver à maturité et à la faire entrer dans le domaine commercial.

Autres thèmes

Climatologie

L'étude de l'histoire et des mécanismes du climat martien, différent mais non sans similitudes avec celui de la Terre, reste une des motivations scientifiques majeures de la planétologie comparée. Cette discipline, née avec l'ère spatiale, se donne pour ambition d'affiner nos modèles physiques du climat, de mieux en identifier les limites, l'influence des paramètres, les évolutions prévisibles à long terme, etc., ceci en comparant les résultats de leur application aux différentes planètes. Le climat de la Terre est en particulier, comme celui de Mars mais dans une moindre mesure, affecté par les variations des paramètres du mouvement de notre globe sur lui-même et autour du Soleil. A ces variations sont attribués **les phénomènes de glaciation**. Mais nous sommes loin d'avoir élucidé tous les détails de ces influences. La compréhension fine du cas martien, où ces phénomènes présentent une plus grande ampleur, promet de nous faire progresser. Même si la crise actuelle masque ces évolutions naturelles, n'oublions pas qu'au Moyen Âge le Groenland était un pays de pâturages, et que l'Europe a connu une « petite époque glaciaire » autour de 1700.

Agriculture



serre martienne (doc. 4Frontiers/Mars Homestead)

Les missions d'exploration continueront pour longtemps d'apporter dans leurs soutes les stocks de nourriture nécessaires. Il est néanmoins prévu, à des fins à la fois scientifiques et psychologiques, de les doter de serres expérimentales. Fournissant un complément nutritionnel utile et divertissant en légumes frais, elles permettront surtout d'étudier dans quelles conditions une future base scientifique permanente pourrait obtenir tout ou partie de son alimentation à partir de ressources

locales. Ces cultures pourraient être hydroponiques ou au sol, utiliser la lumière du soleil ou reposer sur l'éclairage artificiel. Dans ce domaine, à nouveau, la recherche du **rendement** sera essentielle et conduira à des innovations (y compris dans la **sélection des plants, algues ou micro-organismes**). Mais une autre exigence essentielle sera d'optimiser l'intégration de ces serres dans la boucle écologique d'ensemble que constituera l'expédition, en particulier en vue du **recyclage des déchets organiques, du traitement des eaux usées** et, au moins sur le principe, de la régénération de l'oxygène à partir du gaz carbonique.

On le voit, les retombées de l'exploration spatiale dépassent largement le niveau des illustrations ponctuelles dont les communicants se servent trop souvent (le Velcro, la couche-culotte...); ce sont en réalité des pans entiers de nos activités futures qui sont en jeu. Il s'agit d'une des motivations capitales pour s'impliquer dans le programme d'exploration spatiale, en parallèle des motivations scientifiques, géostratégiques et sociétales. L'ensemble de ces enjeux semble désormais bien perçu, l'exploration spatiale étant comprise comme un outil politique, bien au-delà de son fondement scientifique.

Richard Heidmann

NOUVELLES DU FRONT

* La **conférence ministérielle de l'ESA** de fin novembre s'est conclue sur un succès (95 % des propositions sont financées). Pour l'exploration, les résultats restent mitigés : ExoMars est confirmé, mais son financement n'est pas totalement bouclé ; les budgets de préparation des technologies pour le retour d'échantillons et l'exploration habitée restent trop modestes.

* En campagne, **le président Obama** a promis de relever le budget NASA de l'ordre de 2 milliards de \$; mais il ne s'est pas engagé concrètement sur la Vision pour l'Exploration Spatiale (VSE), les nombreuses questions soumises à l'agence par son équipe laissant planer un doute sur ses intentions. La Mars Society, reçue en décembre par cette équipe, a plaidé pour la réorientation et l'accélération du programme.

* Ceci en écho au rapport des experts réunis par la **Planetary Society**, qui demande de restructurer le programme en vue de son objectif constitutif, Mars, et propose d'abandonner le projet de base lunaire au profit d'une mission habitée préparatoire vers un astéroïde, jugée bien plus productive.

* Pour montrer que la Lune doit bien, dans son esprit, servir à préparer le débarquement sur Mars, Michael Griffin a proposé l'idée d'une **mission de « répétition »** : 6 mois dans l'ISS, 12 mois sur la Lune, 6 mois à nouveau dans l'ISS ; un concept qui n'aurait cependant de sens que si les vaisseaux et les équipements étaient d'emblée des prototypes des matériels définitifs.

* Cette proposition est peut-être une tentative de réponse aux critiques du très respecté NRC (**National Research Council**) qui, dans un rapport du mois d'août, reprochait sévèrement à la NASA de mettre un accent quasi exclusif sur les technologies requises à court terme, mettant en danger l'atteinte des objectifs à long terme de la VSE (Mars).

* Sur la base de photos de la sonde **SELENE**, un article de la revue de référence **Science** (7/11/08) atteste de l'absence de glace vive dans le cratère polaire lunaire Shackleton. Un précédent article (27/10/06), basé sur des observations du radiotélescope d'Arecibo, avait déjà contesté la présence de glace dans le sol de cette région. Problème pour le projet de base NASA.

On to Mars !

Ont collaboré à ce numéro : Gilles Dawidowicz, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Karine Weiss
Achévé d'imprimer : Graphicoul'Eure 27120-Gadencourt
Dépôt légal : janvier 2009