



PLANÈTE MARS



Numéro 29 *Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris* www.planete-mars.com Octobre 06

ISSN 1772-0370

ÉDITO : ARES

Le discours de lancement de l'initiative d'exploration spatiale du 14 janvier 2004 avait pu faire croire que Mars était oubliée. Les déclarations officielles de ces derniers mois ont apporté une mise au point des plus manifestes sur les objectifs de ce programme, que la NASA a d'ailleurs toujours appelé « la Lune, Mars et au-delà ».

En premier lieu, concernant l'option de développer un nouveau lanceur lourd, Michael Griffin a déclaré qu'elle résultait bien de la prise en considération des futures expéditions martiennes. On comprend dès lors la décision de baptiser ce lanceur Ares ; comme l'a souligné Scott Horowitz, le directeur de l'exploration : « il était particulièrement approprié de nommer ces véhicules Ares, autre nom de Mars » [dans la mythologie grecque]. Un acte symbolique fort qui souligne le caractère fondateur de ce choix visionnaire.

Mais, au fil des déclarations du nouveau patron de la NASA, il apparaît que c'est l'ensemble des constituants spatiaux qui doivent concourir à l'atteinte de cet objectif-phare. Ainsi, du CEV il déclare : « c'est avec ce véhicule que les gens reviendront de Mars sur Terre au travers de l'atmosphère ». Et dans une interview récente, c'est la Station Spatiale elle-même qu'il range sous cette bannière, en tant que centre d'essais des astronautes et des équipements interplanétaires. Rôle bien entendu également assigné à notre satellite.

Si les contraintes budgétaires et les priorités font que rien, pas même concernant la Lune, ne peut être vraiment engagé avant 2009, Michael Griffin n'en a pas moins déclaré, lors du récent Congrès de la Mars Society, qu'il honorait de sa présence : « l'année prochaine, j'espère établir des esquisses sur la façon de mener les vols habités vers Mars, en utilisant les lanceurs lourds, les atterrisseurs et autres équipements mis au point pour l'architecture de l'exploration lunaire ».

Et pour conclure, sa déclaration lors d'une récente interview de Space.com : « je ne pense pas que quiconque considère 2025, ou un peu après, comme irréaliste. On pourrait aller sur Mars plus tôt si nous n'avions pas une politique qui nous dicte de faire autre chose ».

Richard Heidmann

Président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

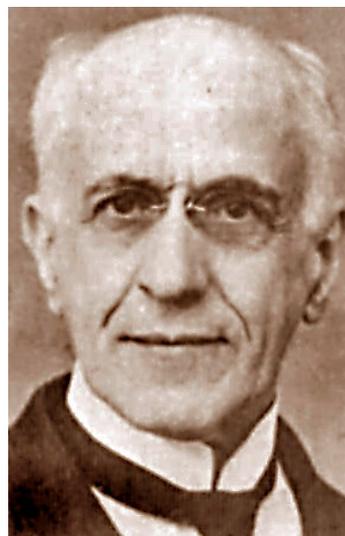
- Edito : Ares p. 1
- Antoniadi : naissance d'une vision moderne... p. 1
- La vie de l'association p. 3
- Mon voyage sur Mars p. 4
- Changements climatiques sur Mars p. 5
- L'image: première ressource martienne p. 7
- Soleil levant au pôle Nord p. 8

prochain numéro : janvier 2007

ANTONIADI : NAISSANCE D'UNE VISION MODERNE DE MARS

Eugène Antoniadi est né dans une famille grecque installée à Istanbul (alors Constantinople) en 1870. Il fait des études d'architecture mais est passionné par l'astronomie. Dès son adolescence, à Constantinople puis à Prinkipo, petite île de la mer de Marmara, il effectue des observations et des dessins de Mars au moyen d'une lunette de 75 mm de diamètre. Il se fait connaître en envoyant des dessins d'une exceptionnelle qualité aux sociétés astronomiques européennes. A 23 ans, à Paris, il fait la connaissance de Camille Flammarion, qui l'invite à venir travailler dans son observatoire de Juvisy-sur-Orge, équipé d'une lunette de 240 mm de diamètre.

Antoniadi y poursuit son étude de Mars ; il devient même en 1896 directeur de la section Mars de la British Astronomical association.



Eugène Antoniadi (1870-1944)

Sous l'impulsion de l'italien Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910) puis de l'américain Percival Lowell (1855-1916), la mode est aux canaux martiens. Schiaparelli a employé, le premier, le terme de « canali » sans préjuger tout d'abord de la nature de ces traces rectilignes. Percival Lowell suggère qu'il s'agit de canaux d'irrigation construits par les martiens pour conduire l'eau de fonte des glaces polaires vers l'équateur sur cette planète en voie d'assèchement. Camille Flammarion est lui aussi un partisan de l'existence de martiens. Dans sa célèbre *Astronomie populaire* de 1880 il décrit Mars comme un « ... nouveau monde que nul Colomb n'atteindra, mais sur lequel cependant toute une race humaine habite actuellement, travaille, pense et médite comme nous, sans doute, sur les grands et mystérieux problèmes de la nature. » Et il s'interroge : « Quand distinguerons-nous les grandes villes de ce monde voisin ? » Il croit à l'existence de mers sur Mars et explique ainsi les différences de teinte des

taches sombres : « ... les mers claires de Mars seraient celles qui, comme le Zuydersee, par exemple, n'ont que quelques mètres d'eau de profondeur, les mers grises seraient un peu plus profondes, et les mers noires seraient les plus profondes ». Mais cette édition de 1880 de l'Astronomie populaire ne mentionne pas les canaux.

La croyance en l'existence de martiens est tellement ancrée dans les esprits à cette époque, que Madame Guzman établit un prix de 100 000 francs pour récompenser celui qui établira des communications avec des extraterrestres... à condition que ce ne soit pas des Martiens, car ce serait trop facile !

En 1902 Eugène Antoniadi quitte l'observatoire de Juvisy pour échapper à l'appropriation systématique de ses travaux par Camille Flammarion. Il se marie, quitte la France pour la Turquie, mais revient s'établir dans notre pays en 1909. Le directeur de l'observatoire de Meudon, Henry Deslandres, lui donne alors accès à la grande lunette de 83 cm de diamètre de l'observatoire.

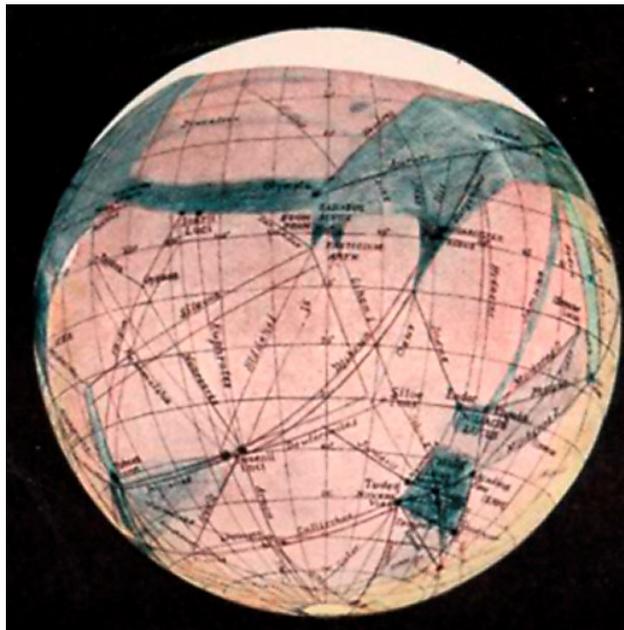


Cette photo du télescope spatial semble coller à la description faite par E. Antoniadi de son observation du 20 septembre 1909 à la lunette de Meudon. (doc. STScI)

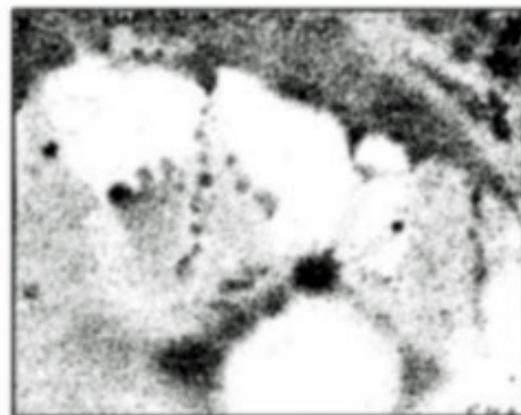
Le 20 septembre 1909, pour la première fois, Antoniadi observe Mars dans la grande lunette. Les conditions sont parfaites et, dans son livre « La planète Mars » paru 21 ans plus tard, l'astronome décrit ainsi cette nuit exceptionnelle : « Les plus belles images que j'ai eues sur Mars avec cet instrument ont été celles du 20 septembre 1909 qui restèrent parfaites pendant plus de deux heures. Bien que le grossissement de 320 utilisé à ce moment-là ne pût me faire profiter de tout le pouvoir séparateur de la lunette, l'aspect de la planète était une véritable révélation : au milieu d'une foule de plages irrégulières, on apercevait, à l'emplacement d'un canal rectiligne, simple ou double, de Schiaparelli, un lac extrêmement déchiqueté ; et la région au sud de *Syrtis Major* offrait l'aspect d'un pays d'herbe fraîche et de bois d'un vert plus sombre, le tout agrémenté de minuscules points blancs. Aucune géométrie dans les innombrables détails de cette vue unique ».

Un peu plus loin dans son livre il renchérit : « En 1909, j'observai dans le bel objectif Henry les « canaux » rectilignes s'évanouir au moment où des détails très délicats, inaccessibles aux lunettes de Schiaparelli et Lowell, et confirmés par le pho-

tographie, étaient évidents et continuellement visibles. C'est là une objection fatale à l'existence du prétendu réseau géométrique de « canaux », objection que je formulai dès le 21 septembre 1909, le lendemain de ma première observation de Meudon ».



Mars selon Lowell. Jusqu'à 400 canaux identifiés !



Dessin par E. Antoniadi de la région d'Elysium (en bas) comparé à un dessin de G. Schiaparelli (en haut). Mais la grande lunette de Meudon a des performances largement supérieures à celle utilisée par G. Schiaparelli.

Antoniadi reconnaît cependant qu'il y a une explication à la perception de canaux dans un instrument insuffisamment puissant : « J'ai trouvé ainsi :

1° que 70 pour cent environ des « canaux » de Schiaparelli ne sont que des traînées irrégulières d'ombre, plus ou moins continues ou tachetées, de largeur et d'aspect différents...

2° que quelque 21 pour cent de ces « canaux » ne sont que des bords déchiquetés de grisailles ; et

3° qu'environ 9 pour cent n'en constituent que des lacs uniques, isolés et complexes ».

Unanimentement reconnu pour la qualité de son travail, Eugène Antoniadi reçoit le prix Janssen de la Société Astronomique de France en 1925, le prix Guzman de l'Académie des Sciences en 1926, et le prix Lacaille de cette même Académie en 1932. Il est fait chevalier de la Légion d'honneur en 1927 et reçoit la nationalité française en 1928. Il meurt à Paris le 10 février 1944. Ses dernières observations à la grande lunette de Meudon datent de 1941.

Alain Souchier

LA VIE DE L'ASSOCIATION

ASSOCIATION PLANÈTE MARS

L'évènement majeur de ce trimestre, qui a mobilisé les énergies de nombreux volontaires, c'est bien sûr le **6^{ème} Congrès Européen de la Mars Society**, que nous nous étions engagés à organiser cette année. Compte tenu du délai d'édition de ce bulletin, il n'a pas été possible d'en rendre compte ici. Mais, à trois semaines de l'évènement, le panel des intervenants, le programme des présentations et expositions, et l'état des inscriptions laissent déjà prévoir un grand succès. Merci à tous ceux qui y ont contribué. Merci aussi à nos partenaires et sponsors : l'Agence Spatiale Européenne, Snecma, la ville du Kremlin-Bicêtre, Espace Magazine, les associations Magnitude 78 et IPSAAction et, tout spécialement, à l'IPSA, qui nous recevait et nous a fait profiter d'un partenariat total, qui s'est avéré essentiel. Consultez le site Internet pour un premier compte-rendu. Nous devrions aussi y rendre disponibles, pour les membres de l'association, les fichiers des présentations.



le tract du congrès (verso, original en couleur), édité par l'IPSA (doc. APM/Manchu)

Nous avons édité une nouvelle version de notre dépliant, qui tient en particulier compte des nouveaux tarifs (à la baisse !) et de l'option de service électronique du bulletin trimestriel. Notre participation aux **Journées Auriolaises**, organisées par Espace Magazine, était cette année assurée par Franck Marodon. Comme l'an dernier, cette manifestation, qui s'honorait cette année de la présence de Jean-François Clervoy, a connu

un grand succès. Autre rencontre, celle du **Festival des Sciences de la Terre**, à Bozouls (Aveyron), où Richard Heidmann a donné une conférence et établi des liens intéressants avec les organisateurs de l'association « Les Amis des Sciences de la Terre ». Enfin, à l'occasion de la Fête de la Science, Alain Souchier a donné à Vernon une conférence « Vers la Lune, puis Mars », suivie le lendemain d'une intervention de Patrick Baudry sur le thème : « Vivre dans l'Espace ». Deux autres manifestations sont d'ores et déjà prévues d'ici la fin de l'année, au Havre et à Issy-les-Moulineaux.

THE MARS SOCIETY

La **9^{ème} Convention Internationale** de la Mars Society s'est déroulée à Washington du 3 au 6 août, attirant plus de 400 personnes. Quel chemin parcouru depuis la fondation, en 1998, lorsque la possibilité même que nos idées soient un jour acceptées était rejetée avec dédain par la multitude des cyniques et des experts autoproclamés ! En huit années à peine, ces idées sont passées du statut de chimères à celui de thème structurant de la politique spatiale.

Cette édition mémorable a été tout spécialement marquée par la présence du patron de la NASA en personne, qui a prononcé le discours inaugural (*traduction disponible sur notre site*), ainsi que par celle d'autres hauts responsables de l'agence américaine. Une belle marque de reconnaissance et d'encouragement. Mais le plus remarquable, surtout aux yeux d'un Français, fut certainement de voir une délégation d'une centaine de membres se rendre au « Capitol Hill », tout proche, et y obtenir plus de cent rendez-vous (d'une trentaine de minutes) avec des sénateurs et représentants. L'immense majorité des réactions à ces visites furent positives ; un proche collaborateur de la sénatrice Hillary Clinton, probable candidate démocrate à l'élection présidentielle, assura qu'elle soutenait à fond les idées de la Mars Society.



en route pour le « Capitol Hill » (doc. TMS)

Lors de la réunion du Comité de pilotage de l'association, qui s'est tenue lors du congrès, il a été confirmé l'organisation en 2007 d'une **mission exceptionnelle de 4 mois** à la station de simulation FMARS, en Arctique. L'appel à candidatures de scientifiques désireux participer à cette aventure a été lancé.

Signalons enfin que « Planète Mars » s'est vue solennellement remerciée pour son soutien à la maintenance de la station de l'Utah par la remise d'un « Outstanding Volunteer

Award » (récompense pour un bénévole au mérite exceptionnel). Rappelons qu'en récompense de ce soutien, trois billets transatlantiques aller-retour nous avaient été alloués pour participer à la mission MDRS 43.

Richard Heidmann



Planète Mars honorée

MON VOYAGE SUR MARS

Je me promenais un jour sur une route de montagne. Il faisait bon, c'était l'été. La nuit venait juste de tomber, mais sous le couvert des arbres l'obscurité s'était déjà faite. Quittant la route, par un étroit chemin, j'arrive dans une clairière qui s'arrondit au milieu de la forêt, comme pour être le théâtre de quelque réunion nocturne de trolls ou de farfadets. Brusquement, j'entends un bruit de moteur et un immense et puissant faisceau de lumière venu du ciel m'éblouit et me force à fermer les yeux. L'engin, de forme indéterminée, se pose à quelques mètres de moi moteurs tournant et plusieurs créatures fantomatiques en combinaison blanche et masquées de noir en descendent, qui se jettent sur moi, sans dire un mot, sans un cri. Je veux résister. Je ne le puis. Mes forces m'abandonnent, sans doute un puissant soporifique est-il venu à bout de ma faible résistance. Je perds connaissance.

Je me retrouve dans une pièce sans lumière. Je tâte mes membres. Tout est intact. Apparemment je n'ai aucune blessure et, à part un léger mal de tête, je vais plutôt bien. A ce moment je me souviens que j'ai été enlevé par une équipe d'hommes, mais étaient-ce des hommes ces créatures en combinaison blanche qui m'ont ravi sans me ravir ? Je cherche à me lever. Je titube. Dans le noir je manque tomber. Mais où suis-je, bon Dieu ? Et ces créatures étaient-elles des extraterrestres ? Je me souviens de récits où des humains avaient été ainsi emportés par des êtres venus d'ailleurs, mais n'avaient pu relater ce qu'ils avaient vu ou senti ; comme si ces êtres les avaient ensuite assis, avant de les libérer, sur les sièges de l'Oubli que l'on trouve, je le sais chez Hadès, le dieu de l'Enfer des Grecs.

De plus en plus intrigué, je me hasarde à marcher à tâtons contre les murs de ma prison, à la recherche d'une éventuelle porte ou de quelque problématique commutateur. Je finis par trouver une porte. Ma main découvre une poignée. J'appuie, retenant mon souffle, la porte s'ouvre et un peu d'air frais entre dans la pièce. Un couloir se présente que je parcours avec précaution, car je ne sais s'il y a des gardes pour m'empêcher de sortir. Je me faufile dehors. Il n'y a aucun garde. Un genre de soleil brille et me réchauffe. L'air est bon à respirer. Vraiment, si je suis sur une planète inconnue, elle ressemble terriblement

à la Terre. Serait-ce une de ces exoplanètes récemment découvertes où les astronomes cherchent des traces de vie ? Mais alors il aurait fallu que je parcoure des milliards de kilomètres pour y parvenir. Même à la vitesse de la lumière, ça prend du temps. Je touche mon menton, ma barbe est courte. Je n'ai donc pas voyagé longtemps. Alors peut-être suis-je simplement sur Mars, dans une immense station spatiale qui, sous le couvert d'une gigantesque coupole de verre transparent, a reconstitué les conditions de vie sur Terre. Au fond, ça doit être cela. On nous a caché que des bases construites par les Terriens ou par d'autres peuplades jalonnent déjà la surface martienne.

Pourquoi ? Probablement pour des raisons stratégiques, car il n'est pas bon qu'un adversaire éventuel connaisse l'avancement des recherches d'un pays quelconque. Et il vaut mieux dans ces conditions taire les progrès accomplis. En ce cas, c'est une réussite, car les gens que je vois dans la rue ressemblent furieusement à des Français ; quand on pense que ce sont tous des cosmonautes ! Et pour compléter l'illusion d'une Terre reconstituée, voilà que passent des automobiles bien de chez nous, immatriculées d'une façon très ordinaire. Je vois même la façade d'un temple protestant. Tiens, il s'agit peut-être d'une colonie protestante qui a essaimé dans le Cosmos. C'est probablement le cas, car en ce lieu il n'y a pas d'église. Seraient-ce des Huguenots qui, fuyant la France, auraient tout de même par atavisme recréé un morceau de France sur Mars, à l'insu des autorités ?

Poursuivant mon chemin, je vais jusqu'à la sortie du village. Et je lis quoi sur une pancarte ? MARS. Les bras m'en tombent, je ne suis que dans le village de Mars, une microscopique commune sise sur les confins de l'Ardèche et de la Haute Loire, une des rares communes de France où les protestants sont largement majoritaires, ce qui explique l'absence d'église. Passe une voiture pleine de jeunes gens rigolards. Je les reconnais. Ce sont mes « potes », qui sachant que je fais partie de « Planète Mars » ont voulu me faire cette plaisanterie pour mon anniversaire qui tombe dans quelques jours. Ils ont pour cela loué un puissant hélicoptère et ensuite joué aux Martiens en m'enlevant et me transportant à Mars. Nous rions de bon cœur et tout se termine en chantant, à l'auberge de Mars, évidemment !

Jean-Claude Istre



NDLR : le 14 avril 2001, quatre astronautes, dont le Français Jean-Jacques Favier, « atterrissaient sur Mars », en montgolfière ! Un hommage aux frères Etienne et Joseph de Montgolfier, qui effectuèrent le premier vol en ballon à air chaud dans la ville d'Annonay, à 50 kilomètres de là...

CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR MARS

L'une des grandes retombées de l'exploration spatiale est la perspective élargie qu'elle nous offre de la Terre et du phénomène planète en général. La comparaison des phénomènes observés sur les différents mondes permet de mieux comprendre les mécanismes de la nature qu'en restant limité au seul exemple de la Terre. C'est vrai en géologie, où volcans et cratères d'impact ont fait littéralement exploser notre compréhension de l'histoire du globe. C'est vrai aussi en sciences de l'atmosphère, où l'étude de la composition primitive et de l'évolution de l'atmosphère terrestre a considérablement gagné à être confrontée aux observations recueillies sur Mars et sur Vénus.

À l'heure où les changements climatiques deviennent une préoccupation majeure de l'humanité, l'exemple de Mars est édifiant. La planète rouge est soumise aux mêmes facteurs astronomiques que la nôtre : variation d'excentricité orbitale, variation de l'inclinaison de l'axe des pôles, précession des équinoxes. Or ces facteurs ont une fonction régulatrice sur le climat. Sur Terre, on les tient responsables des périodes glaciaires et interglaciaires des deux derniers millions d'années. La planète rouge semble connaître un sort identique, ce qui renforce notre compréhension du phénomène.

Le cas terrestre

L'alternance cyclique de périodes froides et moins froides sur Terre fut découverte par le géologue suisse Louis Agassiz au dix-neuvième siècle, lorsqu'il recensa les traces de glaciers dans les Alpes. Il s'aperçut que dans un passé récent, ces glaciers descendaient beaucoup plus bas dans les plaines qu'aujourd'hui. En cartographiant les moraines, le géologue reconnut même plusieurs phases d'avancée et de retrait des glaces, qui ont pris pour noms celles des affluents du Danube où elles furent identifiées : Günz, Mindel, Riss et Würm, du plus ancien au plus récent. Chaque phase dure une centaine à plusieurs centaines de milliers d'années.

En analysant plus finement ce découpage climatique, notamment grâce aux sédiments marins, on sait aujourd'hui qu'au cours du dernier 1,7 million d'années qu'englobe cette ère glaciaire, les quatre phases se décomposent en 17 cycles distincts, chacun durant 100 000 ans en moyenne. Ce constat apporte une brillante confirmation à la théorie astronomique du climat, échafaudée par les pionniers Adhémar et Milankovitch. Dès 1842, le mathématicien français Joseph Adhémar avait calculé les perturbations d'orbite et d'inclinaison que la Terre subissait dans sa course autour du Soleil. Entre les deux guerres, le mathématicien serbe Milutin Milankovitch appliqua ces calculs pour prédire les variations du climat.

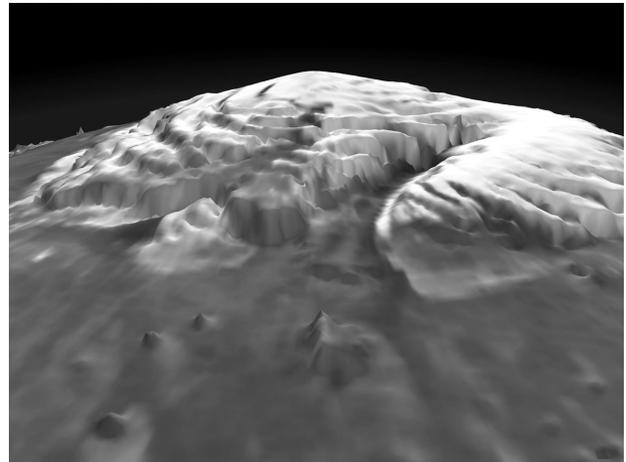
Flanquée de Vénus à l'intérieur et de Mars à l'extérieur de son orbite, notre planète est périodiquement tiraillée à chaque passage rapproché, ce qui déforme sa trajectoire. Appelée *excentricité* (e), cette déformation orbitale oscille entre un cercle parfait ($e = 0$) et une légère ellipse ($e = 0,07$), selon un cycle d'environ 100 000 ans, auquel se superpose un second cycle de 410 000 ans. On conçoit aisément que lorsque l'excentricité est nulle, la Terre reçoit la même insolation tout au long de l'année. Ce n'est plus le cas en période de forte excentricité, lorsque la planète reçoit plus d'énergie au périhélie, du moins son hémisphère qui se trouve tourné vers le Soleil à cette époque de l'année.

Intervient ensuite un second facteur : l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre, qui est à l'origine des saisons. On sait que cette inclinaison est aujourd'hui de $23^{\circ}27'$, mais elle aussi varie

sous le joug de perturbations, celles-ci venant principalement de la Lune et du Soleil. Comme une toupie folle lancée sur un plancher et tiraillée par la pesanteur, l'axe de rotation change de direction dans son pointage : il décrit un cône dans l'espace en 21 500 ans. Les saisons sont progressivement décalées, n'ayant pas lieu au même point de l'orbite d'année en année. C'est ce qu'on appelle la précession des équinoxes. La valeur même de l'angle d'inclinaison, appelé *obliquité*, varie également : on calcule qu'elle oscille entre $22^{\circ}02'$ et $24^{\circ}32'$ ($23^{\circ}27'$ aujourd'hui) selon une période de 41 000 ans, creusant et nivelant à tour de rôle le contraste des saisons.

Tous ces cycles se superposent, mais notre étude du tempo des périodes glaciaires fait ressortir deux influences principales : une période climatique de 100 000 ans, qui épouse celle de l'excentricité orbitale, et une autre périodicité climatique de 20 000 ans qui implique la précession des équinoxes. Les périodes glaciaires se déclareraient lors d'une excentricité orbitale maximale, lorsque l'hiver boréal a lieu quand la Terre est au plus proche du Soleil—le pôle Nord n'en profite pas, car il tourne le dos à l'astre du jour—et l'été boréal a lieu au point le plus éloigné de l'orbite, lorsque le pôle reçoit le moins possible d'énergie. Les neiges de l'hiver n'ont pas le temps de fondre en été et les inlandsis s'étendent autour du pôle, réfléchissant la lumière du Soleil : la Terre s'enfoncé dans un refroidissement durable.

Le cas martien



La calotte polaire boréale de Mars renferme le secret du climat martien. Cette vue en perspective, avec une forte exagération verticale, a été construite avec les données de l'altimètre laser de Mars Global Surveyor. (doc. NASA/JPL)

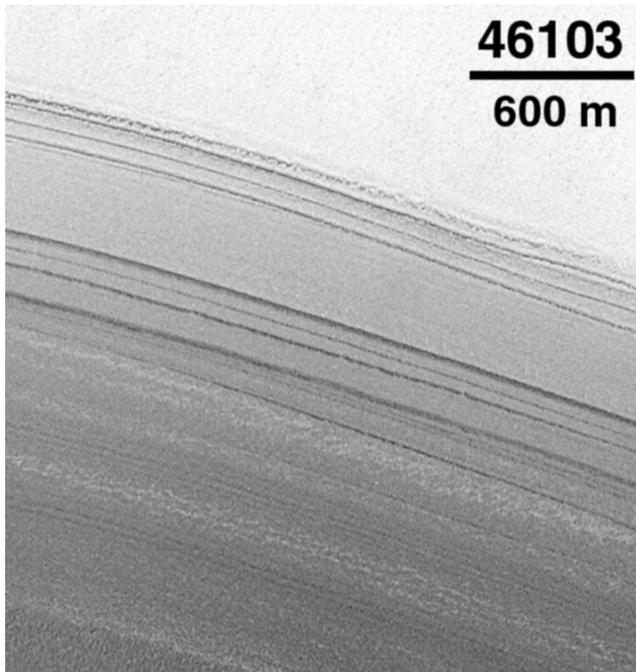
Les changements climatiques de la planète rouge sont comparables à ceux de la Terre. Physiquement, il y a une certaine symétrie dans les forces en jeu : si la Terre a une orbite perturbée par la proximité de la planète rouge, l'inverse est encore plus vrai, la Terre plus massive tiraillant d'autant plus sa voisine. Côté extérieur, Mars ressent en outre les perturbations de la lointaine mais massive Jupiter. Les chiffres sont d'ailleurs proches. L'obliquité de l'axe de rotation martien est actuellement de $23^{\circ}59'$, ce qui vaut à Mars des saisons aussi contrastées que sur Terre. La précession des équinoxes—son balayage en toupie—se déroule en 51 000 ans, contre 21 500 pour la Terre.

La grande différence, c'est que Mars connaît des valeurs limites beaucoup plus extrêmes. Son excentricité orbitale, de 0,09 actuellement, peut atteindre 0,25, une différence de plus de 50 millions de kilomètres entre périhélie et aphélie dans sa course autour du Soleil, et une insolation variant en consé-

quence. Quant à l'obliquité de l'axe de rotation, si elle vaut 23°59 aujourd'hui, les calculs enseignent qu'elle peut dépasser couramment 30 degrés et atteindre parfois 60 degrés, la planète rouge étant alors quasiment couchée dans le plan de son orbite, présentant beaucoup plus ses pôles à l'astre du jour lors des étés dans chaque hémisphère, et les dissimulant beaucoup plus en hiver.

Les cycles de Milankovitch sur Mars peuvent donc être beaucoup plus marqués que sur Terre : leur calcul a été entrepris avec succès par Jacques Laskar, au Bureau des Longitudes de Paris. Leur influence sur le climat martien peut être vérifiée : alors que sur Terre on peut cartographier les moraines alpines, sur Mars on peut cartographier les couches de glace de la calotte polaire boréale, dont la vue en coupe, dégagée par l'érosion, s'offre aux caméras des sondes orbitales.

Le pôle nord de Mars



Le bord de la calotte boréale de Mars. Les bandes sont des strates de glace mêlée de poussière, épaisses d'une trentaine de mètres chacune. Elles seraient l'expression de cycles climatiques sur Mars, chaque strate représentant 50 000 ans de précipitations neigeuses. (doc. MSSS/NASA)

Les couches de glace de la calotte boréale martienne sont connues depuis les premières images de Mariner 9, en 1971. Tranchées obliquement par l'érosion, elles forment une succession de bandes claires et sombres, la différence résultant de glaces plus ou moins chargées en poussière. On les appelle *Polar Layered Deposits*.

En se penchant sur les images à haute résolution de la sonde Mars Global Surveyor, l'étudiante américaine Sarah Milkovitch—dont on ne peut éviter de noter la ressemblance de nom avec celui du pionnier serbe—a passé au peigne fin la séquence de bandes sombres et claires, notamment par analyse de Fourier, afin de faire ressortir d'éventuelles périodes qui indiqueraient des oscillations climatiques. Les couches successives ont une épaisseur moyenne de 30 mètres, et on peut les suivre sur des centaines de kilomètres. C'est le cas notamment du haut de la séquence, où une dizaine de cycles sont identifiés sur une épaisseur totale de 300 mètres. Dessous s'étend une couche sombre d'une centaine de mètres, de texture uniforme, où le découpage en strates n'est pas évident. Puis la stratification en couches d'une trentaine de mètres reprend sur les prochains 200 mètres, avant un nouveau brouillage du signal climatique.

Sarah Milkovitch interprète chaque couche de 30 mètres comme représentant les précipitations d'un cycle de précession des équinoxes de 51 000 ans. Alors, le taux de sédimentation de la couche glacée aurait été de 1500 ans par mètre, soit six dixièmes de millimètre par an. C'est cent à mille fois moins que sur Terre, mais l'atmosphère et l'hydrosphère martiennes sont effectivement très ténues.

Les 300 mètres supérieurs de glace stratifiée représenteraient dix cycles de précession—dix couches—soit 510 000 ans. Avant cette époque de dépôt glaciaire, la grosse couche sombre de cent mètres, sans signal climatique, représenterait l'époque à laquelle le dépôt des glaces au pôle Nord a été considérablement ralenti, la pile en formation perdant son eau par sublimation au cours de l'été, alors que les poussières qu'elle contenait restent au contraire concentrées sur place. Ce cycle de l'ordre du million d'années, alternant dépôt au pôle puis sublimation des glaces, correspondrait à celui des maxima et minima de l'obliquité de l'axe de rotation martien.

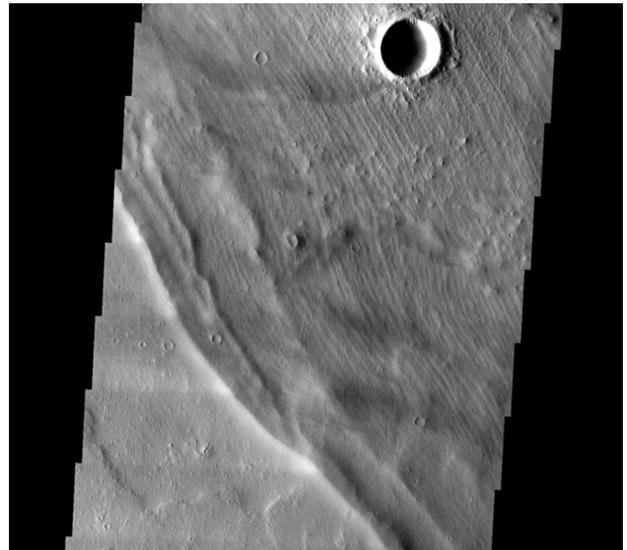
Glaciers à l'équateur !

Que se passe-t-il concrètement lorsque Mars change ainsi de climat ? Lorsque l'obliquité reste autour de 24 degrés, comme c'est le cas actuellement et au cours des derniers 500 000 ans, l'insolation au pôle n'est pas assez extrême pour faire fondre en été les glaces qui se sont accumulées en hiver.

Mais lorsque l'obliquité atteint des valeurs extrêmes, comme ce fut le cas de 500 000 ans à un million d'années avant aujourd'hui, l'insolation focalisée sur les pôles fait fondre les glaces du pôle Nord et la vapeur d'eau migre vers les régions moins exposées au soleil et donc plus froides, c'est-à-dire les latitudes « tempérées ». On a alors ce que l'on peut appeler un âge glaciaire pour ces régions.

Ainsi, alors que sur Terre l'idée de période glaciaire évoque la croissance de la calotte polaire qui rampe vers les plus basses latitudes, dans le cas martien une période glaciaire est le transfert par les airs de cette glace qui déserte directement la calotte pour retomber sur les zones « tempérées ».

Le plus beau, c'est qu'on a la preuve géologique de ces revirements climatiques martiens. Les latitudes tempérées montrent un sol poussiéreux épais de plusieurs mètres, comparable à du loess, qui recouvre le relief et témoigne d'une neige passée, pleine de poussière, qui se serait depuis sublimée.



les flancs d'Arsia Mons, volcan de Tharsis au nord de de l'équateur, semblent porter des moraines qui remontent à la dernière période glaciaire de Mars (doc. NASA/ASU)

Plus étonnante encore est la preuve de glaciers à l'équateur ! Les modèles par ordinateur et les observations de François Forget, Heberle, Montmessin, Levrard et Head, publiés dans Science en 2006, prévoient que pour des obliquités dépassant 45 degrés, comme ce fut le cas il y a plus de cinq millions d'années, la fuite de vapeur d'eau du pôle vers l'équateur fut telle, associée au régime des vents dominants et aux obstacles formés par le relief, que des précipitations neigeuses eurent lieu à l'équateur, sur les flancs nord-ouest des grands volcans de Tharsis et d'Elysium. Or des dépôts lobés, à l'allure de moraines ou de glaces ensevelies, sont justement observés sur les flancs de ces volcans, notamment Olympus, Arsia et Ascræus Montes. Nul doute qu'à l'avenir, des géologues débarqueront sur ces pentes ainsi qu'au pôle Nord, pour déchiffrer la fabuleuse histoire des climats martiens.

Charles Frankel

L'IMAGE : PREMIÈRE RESSOURCE MARTIENNE

Pourquoi n'avons-nous pas déjà posé le pied sur Mars? D'abord pour une raison : quelle que soit la façon d'y aller, le voyage a un coût élevé. Si on se place du point de vue d'un investisseur, qu'il soit public ou privé, le projet apparaît peu séduisant : certes, il est probable que les efforts consentis en R&D génèreront des applications commercialisables sur Terre, mais le retour sur investissement sera long, hypothétique, et rien ne garantit que les profits aillent bien à ceux qui auront su prendre les risques initiaux. Quant aux bénéfices à plus long terme que certains se hasardent à évoquer (extraction minière, commerce triangulaire ceinture d'astéroïdes-Mars-Terre), ils ne peuvent aujourd'hui que faire sourire un industriel un tant soit peu raisonnable.

Pourtant il est un secteur d'activités, rarement évoqué, qui devrait retenir toute notre attention : puissant, en pleine expansion, il peut espérer réaliser des bénéfices considérables en participant à un projet de vol habité, et cela dès la réussite de la première mission (voire même avant) ; ce secteur, c'est celui des médias. Car ce que Mars produit déjà, encore confidentiellement, mais qui inondera le « marché terrien », le jour du Premier Pas, c'est de l'image, et, derrière l'image, du rêve et de l'émotion. Ce rêve, cette émotion, ont une valeur marchande.

Pour se donner une idée des sommes qui peuvent être mises en jeu, intéressons-nous aux grands rendez-vous sportifs : en tant qu'événements universels, porteurs de rêves et fédérateurs d'énergies, les Jeux Olympiques ou la Coupe du monde de Football peuvent nous donner des échelles de valeurs. Ainsi les recettes publicitaires des JO de Pékin 2008 sont estimées à 1,7 milliards \$. Pour l'exercice 2001-2004, les revenus marketing des JO étaient de 4 milliards \$ (source : site du CIO). Quant au football, un seul exemple : rien que pour la France, les 30 secondes d'espace publicitaire, lors de la finale 2006 ont été vendues 250 000 € aux annonceurs par TF1 (source : France Info).

Projetons-nous maintenant dans le futur : quel sera le prix de ces moments dont nous avons tous rêvé : l'annonce de la sélection de l'équipage, le décollage, l'arrivée en orbite martienne, les premières foulées dans le régolite martien ? Sachant qu'en 2020-2030, ces images seront accessibles à l'immense majorité de l'humanité sous des formats multiples et complémentaires, à combien se négocieront les droits de retransmission, les espa-

ces publicitaires, les recettes des produits dérivés évoquant l'épopée des premiers martiens ? Ce marché existera, quoi qu'il arrive. En revanche, rien ne garantit que l'industrie spatiale en bénéficiera, et encore moins que les grands groupes médiatiques participeront en amont à l'effort financier que nécessitera la conquête de la Planète rouge.

Partant de là, pourquoi ne pas faire preuve d'imagination ? Pourquoi, par exemple, ne pas associer les médias, dès le départ, à la conception et au déroulement de la mission ? En échange de leur contribution, donnons-leur tous les moyens de mettre en lumière l'extraordinaire aventure humaine que sera ce voyage. Permettons-leur de « stariser » chaque membre de l'équipage en suivant chacun de ses pas jusqu'au fond de Valles Marineris. Laissons-leur faire leur métier : créer, à travers un plan média coordonné, un consensus général qui leur permettra à eux, le jour venu, d'engranger un retour sur investissement maximum, à nous de disposer d'une manne financière non négligeable, et de bénéficier d'un assentiment général qui devrait nous préserver de tout infléchissement ou revirement du politique pendant la période de préparation de la mission.



Répétition : une équipe TV de France 2 expérimente le reportage martien lors de la mission de simulation MDRS 43, dans le désert de l'Utah, en février 2006 (doc. APM)

Ce mode de contribution au financement d'une mission habitée n'est qu'une suggestion. D'autres pistes sont à défricher : sponsoring, appel à de grands mécènes ; il existe certainement beaucoup d'acteurs qu'un événement de cette importance est susceptible d'attirer. Une chose est certaine, plus que de nouvelles technologies révolutionnaires, le projet martien a aujourd'hui besoin d'une réelle volonté politique pour décoller. Et cette volonté, notamment en ce qui concerne l'Europe, ne pourra qu'être encouragée si, en plus d'un projet cohérent, nous sommes susceptibles de proposer des modes de financement complémentaires originaux. Dans ce secteur comme dans d'autres, Mars nous obligera à être imaginatifs. Alors parlons-en autour de nous, faisons fonctionner nos réseaux, soyons novateurs, bref, faisons bouger les lignes !

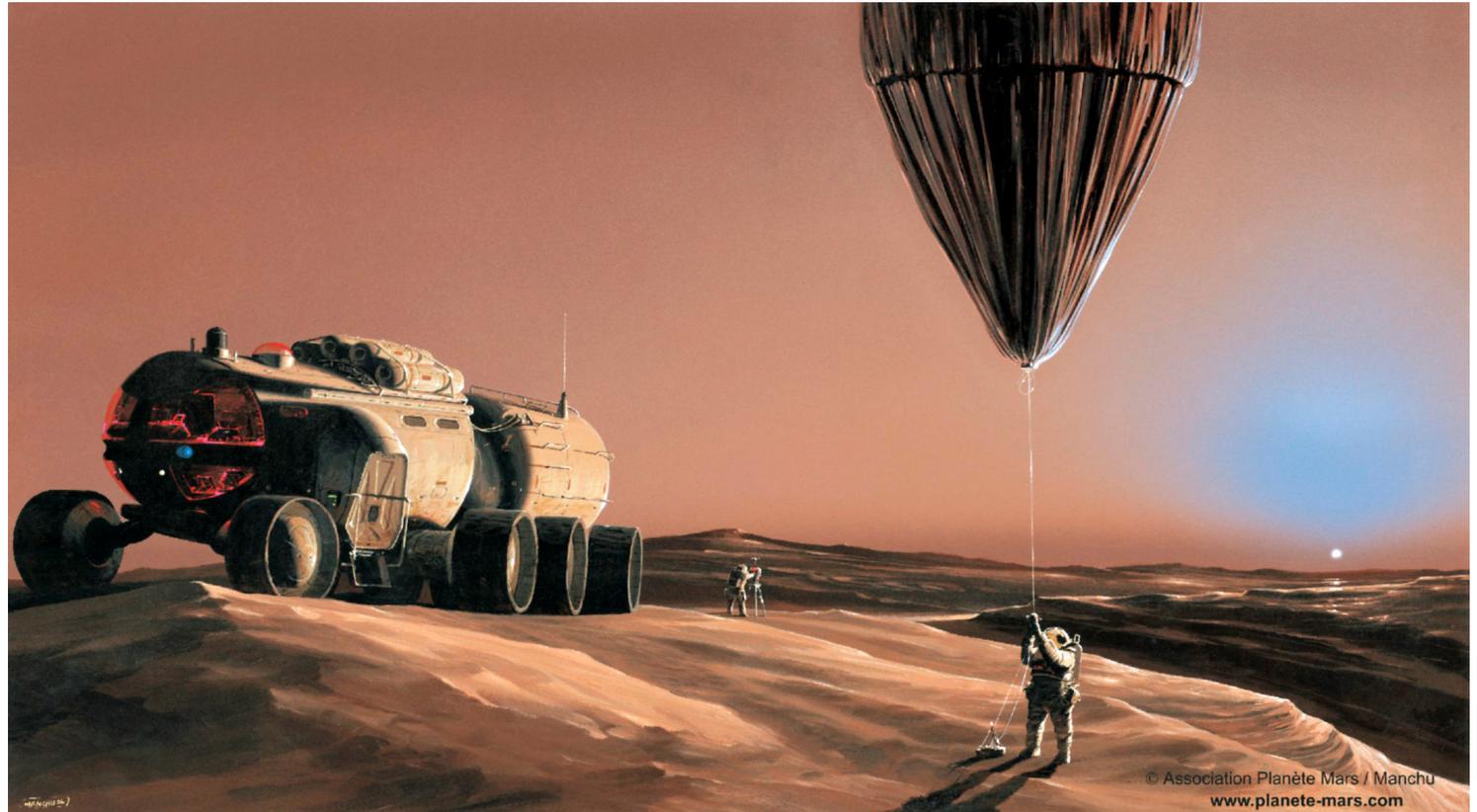
Nicolas Ménard

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Charles Frankel, Richard Heidmann, Jean-Claude Istre, Nicolas Ménard, Alain Souchier
Achévé d'imprimer : GRAFICOUL'EURE 27200 Vernon
Dépôt légal octobre 2006

SOLEIL LEVANT AU PÔLE NORD

L'homme s'est installé sur Mars. Il dispose maintenant de grands rovers pressurisés qui sont en fait des habitats mobiles jouissant d'une bonne autonomie aussi bien en oxygène qu'en énergie avec des facilités de recyclage d'eau. La forme cylindrique des modules est la mieux adaptée à contenir la pression intérieure qui est cent fois supérieure à la pression extérieure car l'atmosphère au niveau du sol est inférieure à 10 mbar. A noter le sas, après la première roue, qui permet les échanges entre l'extérieur et l'intérieur sans qu'il soit nécessaire de renouveler l'air intérieur (oxygène plus gaz inerte) et qui permet aussi d'éviter que les micro-poussières, corrosives, en suspension dans l'air martien et collées aux combinaisons des astronautes, entrent dans l'habitat.

Nous sommes à l'automne dans l'hémisphère nord, la meilleure saison pour les sorties exploratoires car les tempêtes estivales de poussière ont cessé. Rappelons que l'obliquité de Mars (l'inclinaison sur son axe) est de 23°59' (Terre 23°27') ce qui permet donc des saisons comparables à celle de la Terre. Le rover avec son équipage de 3 personnes a cheminé jusqu'au pôle Nord pour poursuivre les études climatologiques de la planète. C'est le moins froid des pôles car, dans



© Association Planète Mars / Manchu
www.planete-mars.com

l'hémisphère nord, le solstice d'hiver arrive lorsque Mars est à son périhélie et, l'ellipse de l'orbite de la planète étant assez fortement décentrée par rapport au Soleil, l'éloignement de ce dernier est nettement plus grand à l'aphélie. Ce pôle n'est donc couvert que de glace d'eau sans glace carbonique comme au pôle Sud. Le pôle Nord est cependant très intéressant car la calotte glaciaire est entaillée de vallées profondes dont les flancs permettent la lecture de l'histoire climatique de Mars sur plusieurs millions d'années, enregistrée dans l'alternance des strates de glace qui marquent des périodes de précipitation neigeuse et de strates de poussière qui marquent au contraire des périodes de sublimation.

L'un des astronautes étudie la composition de l'atmosphère en mesurant la diffraction de la lumière devant le Soleil bas sur l'horizon, nettement plus petit que sur Terre car nous sommes près de deux fois plus loin. La lumière est généralement orangée à cause des poussières d'oxyde de fer en suspension dans l'atmosphère, poussières qui donnent à la glace sa couleur « sale ». A noter cependant le bleu du ciel autour du Soleil à cette heure particulière de la journée. Elle résulte de ce que la couche d'atmosphère traversée par sa lumière est suffisamment épaisse pour que la diffusion de Rayleigh ait un effet plus marqué.

L'autre astronaute est sur le point de lâcher un ballon sonde. Remarquez le volume de ce dernier. Du fait de la faible pression de l'atmosphère et malgré le CO₂, plus dense que notre air, et le froid, il est, pour la même charge que sur la Terre, 77 fois plus volumineux.

Pierre Brisson

Rappel : vous pouvez commander un tirage poster de cette œuvre, comme des trois précédentes déjà créées par Manchu pour « Planète Mars » (renseignements sur le site Internet : www.planete-mars.com)