PLANÈTE MARS

Numéro 43 ***Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris*** www.planete-mars.com avril 2010

ISSN 1772-0370

ENCORE UN EFFORT ?

En proposant d'annuler le programme Constellation, tout en affirmant que les Etats-Unis entendaient mener un programme d'exploration encore plus vigoureux, dont la destination doit être la planète Mars, l'administration Obama n'aurait dû recueillir que des éloges pour sa vision et son sens des réalités. En effet, ce faisant les USA procèdent à un recadrage vertueux des efforts, d'une part en éliminant la perspective d'une nouvelle Station Spatiale, lunaire cette fois, donc encore bien plus dispendieuse, et tout aussi mal adaptée à une vocation scientifique, d'autre part en réaffirmant la position centrale de Mars en tant que véritable objectif de cette grande entreprise.

Pourtant, jamais projet d'orientation de la NASA n'a provoqué un tel concert de protestations de la part des parlementaires. Certes, aux considérations motivées par les enjeux politiques de long terme se mêlent des préoccupations à court terme d'emploi dans les États concernés. Mais la vigueur des critiques, tant des démocrates que des républicains, est inédite, et d'autant plus frappante que le chef de la NASA, Charles Bolden, s'est révélé un bien piètre avocat de la stratégie proposée.

Malgré les aspects positifs fondamentaux signalés ci-dessus, nous ne pouvons qu'unir nos voix à cette bronca, tant les propositions de l'administration sont incohérentes, mal argumentées et dénuées d'engagement véritable. En effet, si vraiment, comme n'a pas hésité à le proclamer Charles Bolden, cette « *nouvelle initiative spatiale, audacieuse et ambitieuse, est lancée en vue d'explorer de nouveaux mondes* », pourquoi :

-ne pas commencer dès cette année le développement du lanceur lourd, dont la nécessité est unanimement reconnue, et dont nous possédons toutes les technologies ?

-ne pas afficher d'emblée la destination, Mars, et éventuellement les destinations intermédiaires ?

-ne pas s'assigner une échéance, même indicative ?

Conduire un tel programme ne peut conduire au succès et éviter la dispersion des ressources que si un objectif fort le structure et le dynamise. Cet objectif, qui doit clairement désigner une destination, se doit d'être attrayant pour le public.

Alors, si du moins l'exploration spatiale est bien reconnue par cette administration comme un enjeu économique, géostratégique et sociétal de première grandeur, on attend encore un effort de clarté dans l'engagement et de cohérence programmatique. Le discours du président Obama du 15 avril*, en Floride, pourrait répondre à cet espoir.

Richard Heidmann

président de l'association Planète Mars

Dans ce numéro :

- Voler sur Mars p.1
- La vie de l'association p.4
- Prochain arrêt, Phobos ? p.6

prochain numéro : juillet 2010…

VOLER SUR MARS

Mars a une atmosphère, donc le vol « aérien » y est possible. Franck Marodon avait déjà traité ce sujet dans le bulletin de juillet 2006. Dans quelles conditions peut-on voler sur Mars ? Comment peut-on quantifier ces conditions de vol ? C'est ce que ce texte va aborder. Comme sur Terre, on peut se poser deux questions : celle du vol du plus léger que l'air, le ballon, et celle du plus lourd que l'air, l'avion.

Le ballon martien - Quelques calculs

Soient V_t le volume d'un ballon sur Terre, g_t la gravité terrestre, ρ_{at} la masse spécifique de l'air sur Terre à 20 °C, ρ_{ht} celle de l'hélium dans les mêmes conditions et m la masse à soulever. L'équation de la sustentation du ballon s'écrit :

$$m.g_t = (\rho_{at}-\rho_{ht}).g_t.V_t$$

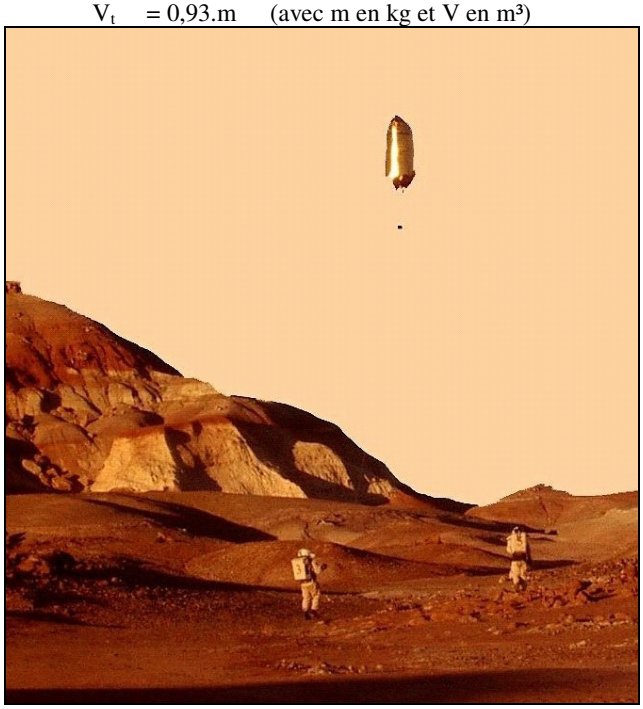
C'est - Eureka - le principe d'Archimède ! Le volume du ballon est donc :

$$V_t = m/(\rho_{at}-\rho_{ht})$$

La gravité terrestre a disparu de l'équation : ***la pesanteur n'intervient pas dans la définition du volume du ballon*** ; c'est la différence entre la densité de l'air ambiant et celle du gaz du ballon qui soulève celui-ci et, bien entendu, la force verticale est aussi proportionnelle au volume du ballon.

Avec ρ_{at} = 1,247 kg/m³ et ρ_{ht} = 0,172 kg/m³, on trouve :

$$V_t = 0{,}93.m \quad \text{(avec m en kg et V en m³)}$$



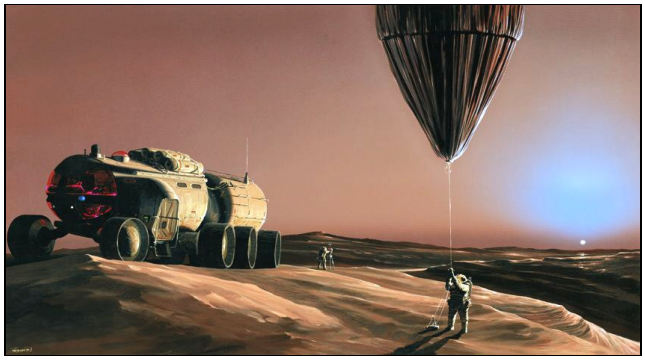
Le ballon testé dans l'Utah en 2006. En miniaturisant la charge utile, le ballon martien serait à peine plus gros. *(doc. R.Heidmann)*

** Pour des raisons matérielles, cet éditorial a été rédigé avant que le Président Obama ne se soit exprimé.*

Sur Mars, l'équation donnant le volume du ballon martien va s'écrire :

$$V_m = m/(\rho_{am}-\rho_{hm})$$

où ρ_{am} et ρ_{hm} sont cette fois les masses volumiques de « l'air » martien et de l'hélium dans le ballon martien.



Le dessinateur Manchu a représenté pour Planète Mars une expédition sur une calotte polaire martienne, où un astronaute s'apprête à lâcher un ballon pour des mesures en altitude. Cette opération est possible malgré la faible pression de l'atmosphère. Sur la Lune, sans atmosphère, elle est impossible. *(doc. APM/Manchu)*

Sur Mars la pression est 140 fois plus faible que sur Terre mais le gaz carbonique, qui compose principalement l'atmosphère martienne, est plus dense que l'air dans un rapport 1,5. Considérons aussi qu'il fait aux alentours de - 30 °C. On calcule alors 0,0154 kg/m³ pour la masse volumique de « l'air » martien (comparez à la valeur pour l'air terrestre donnée ci-dessus !) et 0,0014 kg/ m³ pour l'hélium du ballon. Le volume du ballon est alors donné par l'expression :

$$V_m = 71{,}4.m$$

Comparé à son homologue terrestre, le volume du ballon martien s'écrit, pour la même masse à soulever :

$$V_m = 76{,}8 .V_t$$

Le ballon martien va être 77 fois plus volumineux que le ballon terrestre. Cela peut paraître beaucoup, mais il suffit de multiplier les dimensions du ballon terrestre d'un facteur 4,25 pour disposer d'un volume 77 fois plus important. Le ballon martien est donc tout à fait possible.

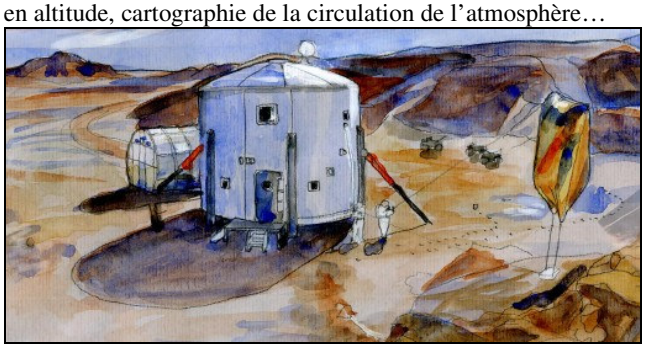
L'expérience de la campagne MDRS 43

Lors de la simulation de séjour martien MDRS 43, conduite par une équipe de l'association Planète Mars dans l'Utah en 2006, Olivier Walter et Pierre Brulhet avaient expérimenté un ballon muni d'une caméra. Ce ballon, captif, était emporté par les astronautes en sortie « extravéhiculaire » ou EVA. Le ballon filmait le trajet suivi par les astronautes, pouvait servir à observer des endroits inaccessibles, à localiser le lieu de prélèvement d'un échantillon et à construire une cartographie de l'itinéraire suivi.

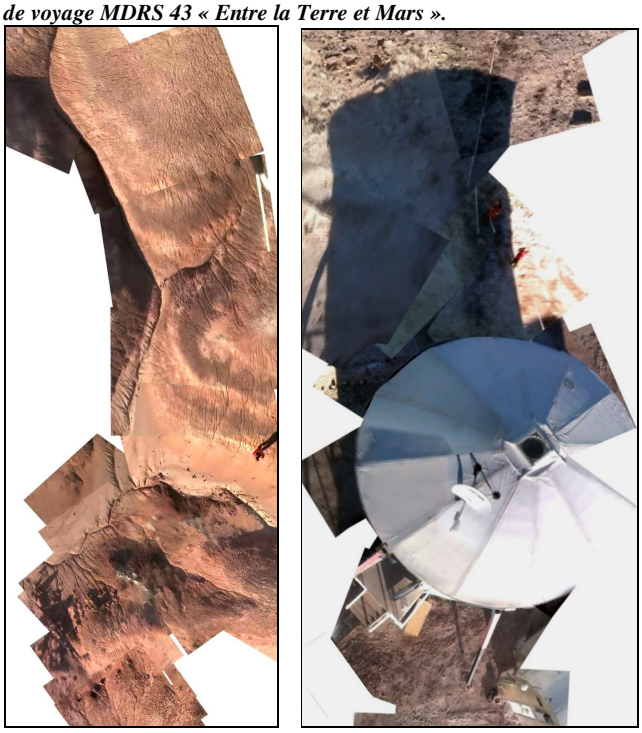
La charge utile du ballon comprenait une caméra et son système d'enregistrement, avec une masse totale de 500 g. Un système opérationnel miniaturisé pourrait avoir facilement une masse de moins de 100 g. Le ballon martien n'aurait alors qu'un volume 15 fois supérieur à celui de notre ballon terrestre, donc des dimensions seulement 2,5 fois plus grandes, ce qui reste tout à fait réaliste.

Une autre application possible de ballons captifs sur Mars sera la localisation dans une région (tant qu'il n'y aura pas de système GPS) et le relais de transmission de données, y compris liaisons phoniques et vidéo.

En ce qui concerne les ballons dérivants on retrouvera sur Mars les mêmes utilisations que sur Terre : mesures atmosphériques en altitude, cartographie de la circulation de l'atmosphère…



Le ballon près du Hab. Dessin d'Olivier Walter publié dans le carnet de voyage MDRS 43 « Entre la Terre et Mars ».



Exemples d'utilisation du ballon lors de la simulation MDRS 43 : cartographie d'un petit vallon à gauche et vue de l'habitat MDRS à droite. *(doc. P. Brulhet et O. Walter)*

L'avion martien

Le vol d'un plus lourd que l'air est possible sur Mars, plus difficilement que le vol d'un ballon. La portance d'un avion est, en première approximation, proportionnelle à son incidence, à la surface de l'aile, à la densité atmosphérique et au carré de la vitesse. Prenons un avion terrestre léger ou un drone (avion sans pilote à bord) et imaginons qu'on essaie de le faire voler sur Mars. Désignons par une constante k ce qui ne va pas changer entre un vol terrestre et un vol martien (incidence, géométrie de l'avion). La portance sur Terre est égale à $k.\rho_{at}.v_t^2$, où ρ_{at} est la masse volumique de l'air et v_t la vitesse de l'avion sur Terre. Sur Mars on n'a besoin que d'une portance 0,38 fois plus faible en raison de la moindre pesanteur. Avec ρ_{am} pour la masse volumique de l'atmosphère martienne et v_m la vitesse de vol sur Mars, on peut donc écrire :

$$0{,}38 . k.\rho_{at}.v_t^2 = k.\rho_{am}.v_m^2$$

d'où l'on déduit la vitesse de l'avion martien :

$$v_m = v_t \cdot (0{,}38.\rho_{at}/\rho_{am})^{1/2}$$

Avec les valeurs de masses volumiques de l'atmosphère martienne et terrestre données au début de l'article, on obtient :

$$v_m = 5{,}5 \cdot v_t$$

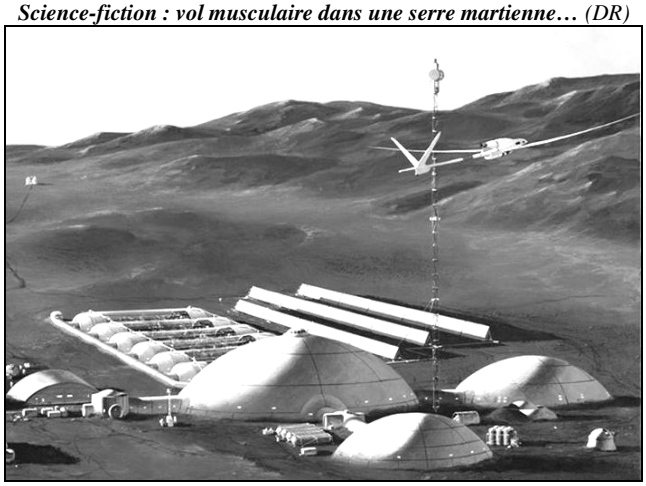
La vitesse de l'avion martien doit être 5,5 fois plus grande que celle de son homologue terrestre.

Ainsi, un avion léger ou un drone qui vole sur Terre à 100 km/h devra atteindre 550 km/h pour voler sur Mars. Nous ne développerons pas ici les motorisations possibles. Disons qu'un moteur thermique peut fonctionner si on l'alimente en oxygène (ou plus généralement en oxydant) et qu'un moteur électrique peut également faire l'affaire.

En ce qui concerne la puissance du moteur, comme la traînée est proportionnelle à la portance, et que celle-ci est 0,38 fois la portance dont on a besoin sur Terre pour voler, la traînée sera aussi 0,38 fois la traînée terrestre. La puissance nécessaire sera réduite dans la même proportion.

Cette diminution des besoins en puissance sur des mondes à gravité plus faible est connue. Certains auteurs ont déjà affiché que le vol musculaire humain pourrait être un nouveau sport sur la Lune, si l'on peut y disposer de constructions (ou cavernes aménagées) dans lesquelles on disposerait d'une atmosphère à 1 bar comme sur Terre.

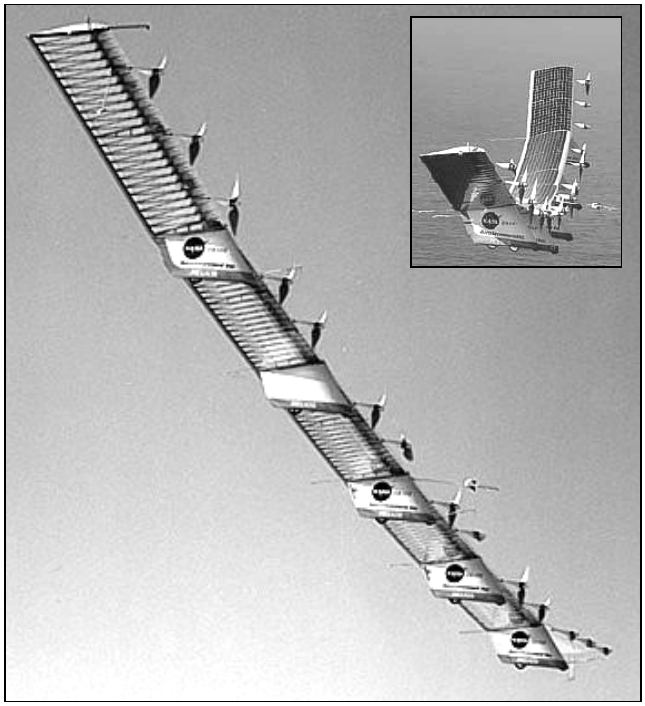
Science-fiction : vol musculaire dans une serre martienne… *(DR)*



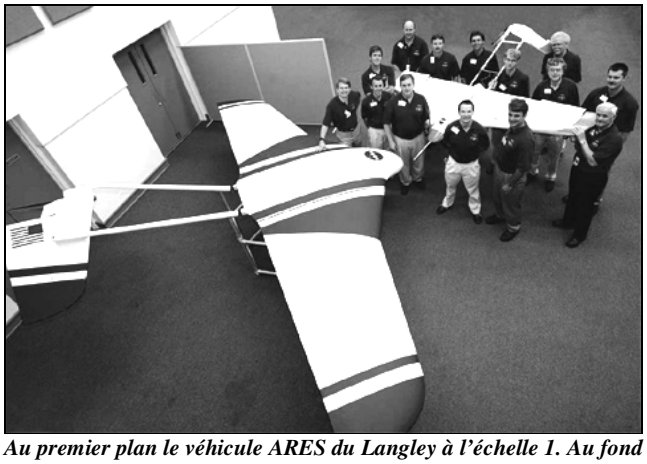
Le dessinateur Manchu a représenté ici un drone volant à proximité d'une base martienne. *(doc. APM/Manchu)*

Avec ce besoin d'une vitesse 5,5 fois supérieure à ce qui est nécessaire sur Terre, même si le vol stabilisé est possible, ce sont les phases de décollage et atterrissage qui vont poser le plus de problèmes. On peut encore imaginer un départ catapulté, mais l'atterrissage va exiger une piste longue et plate. Un engin hyper léger (ou plus exactement à très faible charge alaire), capable de voler sur Terre à 50 km/h, se posera sur Mars à 275 km/h, c'est à dire à la même vitesse qu'un avion de ligne chez nous !

Aujourd'hui**,** sur Terre, des drones expérimentaux volent de plus en plus haut. En août 2001, l'avion électrique construit par AeroVironment pour le compte de la NASA a atteint 29 413 m d'altitude. Mais le SR71, le célèbre avion espion américain de la classe Mach 3, avait déjà atteint bien avant une altitude de 26 000 m. A cette altitude, l'atmosphère terrestre est à peine plus dense que l'atmosphère martienne : environ 0,018 kg/m³ pour 0,0154. Et il y a des régions basses de Mars, comme Hellas, qui peuvent présenter des pressions de 12 mb et donc des masses volumiques de l'ordre de 0,025 kg/m³, correspondant à 28 km d'altitude sur Terre. L'avion Hélios développait à l'altitude de son record une portance égale à son poids. On a vu que sur Mars il suffisait d'une portance plus faible d'un coefficient de 0,38 à cause de la pesanteur plus faible. En volant à la même vitesse que lors de son record, Hélios aurait pu assurer cette sustentation dans de l'air martien de masse volumique 0,0068 kg/m³, bien plus faible qu'au ras du sol sur Mars et correspondant à une altitude d'environ 8 000 mètres. Mais le survol du point le plus haut de Mars, Olympus Mons, à 24 000 m et une masse volumique de l'atmosphère martienne à 0,0007 kg/m³ (pression 0,3 mb) resterait impossible. Avec sa propulsion par moteurs électriques, Hélios doit pouvoir voler sur Mars pratiquement sans modification. D'ailleurs, si l'on regarde sa source de puissance, des panneaux solaires sur l'aile, on peut voir que le système aurait fonctionné sur Mars : la puissance fournie aurait été deux fois plus faible en raison de l'éloignement du soleil, mais on a vu que pour voler sur Mars la puissance n'est que de 0,38 fois ce qu'elle est sur Terre.

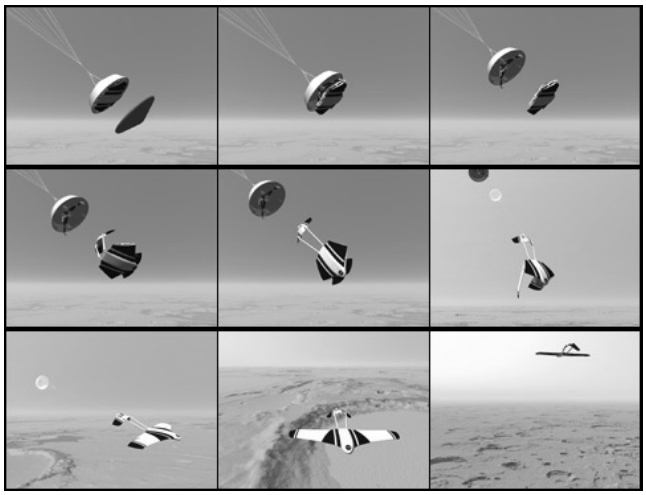


Hélios : 74,3 m d'envergure et 14 moteurs électriques alimentés par panneaux solaires sur l'aile. Dans l'encadré en haut à droite, l'impressionnante flexion de l'aile. *(doc. NASA)*



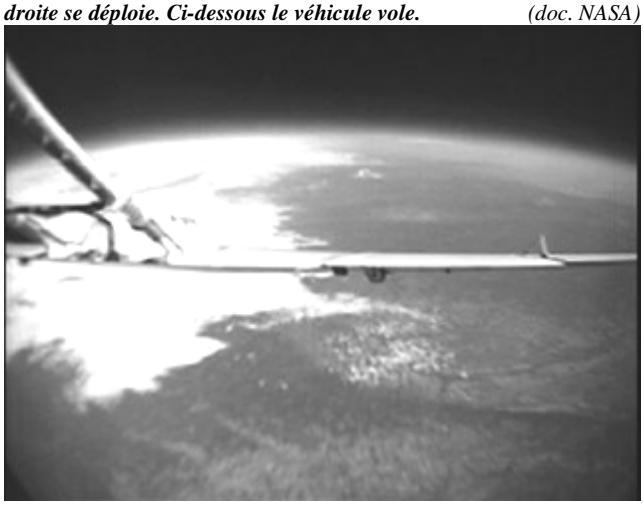
Au premier plan le véhicule ARES du Langley à l'échelle 1. Au fond à droite le véhicule à échelle un demi qui a été essayé en vol, largué depuis un ballon. *(doc. NASA)*

Depuis plusieurs années le Langley Research Center de la NASA propose une mission martienne « ARES », pour Aerial Regional-scale Environmental Survey of Mars. Le Langley a même procédé à des essais consistant à emporter jusqu'à 31,5 km d'altitude une maquette à l'échelle un demi de l'avion martien, à le déployer et à le lâcher pour un long vol plané de 90 minutes.



La séquence de déploiement du véhicule ARES représentée lors de sa descente dans l'atmosphère martienne. *(doc. NASA)*

Images réelles prises lors de l'essai de largage de la maquette un demi à 31,5 km d'altitude le 19 septembre 2002. Ci-dessus l'aile droite se déploie. Ci-dessous le véhicule vole. *(doc. NASA)*



L'objectif opérationnel est de parcourir 610 km sur Mars à l'altitude de 1 500 m. La mission n'est pas encore décidée. A suivre…

Alain Souchier

LA VIE DE L'ASSOCIATION

ASSOCIATION PLANÈTE MARS

Début février, nous avons eu l'opportunité de présenter une exposition dans les locaux d'**Air France, à Roissy**. Une trentaine de panneaux ont pu être mis en valeur dans un vaste hall très fréquenté par les employés de la compagnie aérienne. Le 9, un cycle de trois courtes conférences était offert, données par notre collègue **Yves Tichené** (organisateur de la manifestation), **Richard Heidmann** et **Cyrille Fournier**, le participant français à la première campagne de la simulation Mars 500, qui s'est déroulée à Moscou. Vu l'intérêt de la présentation de ce dernier, nous lui avons demandé de la redonner, à l'occasion du démarrage de la deuxième campagne, prévu cet été.

Cyrille Fournier (à gauche), participant français à la première phase de la simulation Mars 500, et Yves Tichené. *(doc. Y. Tichené)*

Boris Segret, initiateur du projet d'**atelier participatif pour l'exploration de Mars en 3D**, a réalisé, à l'occasion du survol de Phobos par la sonde Mars Express de l'ESA, une superbe animation. Celle-ci a été référencée par le site de l'agence, conduisant à des centaines de visites de notre site ! Une belle

opération de communication, et un encouragement pour le développement de cette activité.

Dans un domaine différent, mais avec un retentissement d'une ampleur incomparable, nous avons eu l'opportunité de participer activement à la réalisation de l'**émission Ushuaïa sur l'Islande**, diffusée sur TF1 le 13 mars. En effet, **Charles Frankel** était un des intervenants principaux de cette émission, dont le thème était l'Islande et ses ressemblances avec Mars. Des informations nombreuses et précises ont pu ainsi être communiquées au public (3,5 millions de téléspectateurs !), dans un contexte optimal. Le message sur l'importance de l'exploration de Mars pour la recherche sur l'origine de la vie et sa place dans l'univers a été particulièrement fort. A noter que la Mars Society avait, par notre intermédiaire, fourni des scaphandres (ceux utilisés dans nos simulations) et Planète Mars le Véhicule de Reconnaissance de Parois (VRP) d'Alain Souchier. Une opération exceptionnelle.

Charles Frankel et Nicolas Hulot sur le tournage, en Islande

Le 20 mars s'est tenue notre **Assemblée Générale Ordinaire** annuelle, dans les locaux de la Maison des Associations du 14ème arrondissement de Paris, auprès de laquelle Planète Mars est désormais référencée. Au-delà de la présentation des rapports moral et financier, cette réunion a été l'occasion d'offrir aux participants un aperçu concret de nos activités au cours de l'année écoulée (plus d'une vingtaine de manifestations) et de donner la parole aux animateurs de quelques-uns des projets en cours (exposition « Cité martienne » avec **Jean-Marc Salotti**, atelier 3D avec **Boris Segret,** challenge étudiant « Solar Archipel » sur l'exploration spatiale, avec **Pascal Bultel**, auquel Planète Mars est partie prenante).

Renouvellement du Conseil d'administration : trois membres sortants statutaires ont été réélus (D. Bailleau, P. Brisson, R. Heidmann). Ont été également élus : **Giovanni Dodelin**, jeune ingénieur du domaine spatial volontaire pour prendre une part active à l'animation du site Internet, et **Jean-François Pellerin**, journaliste scientifique et conférencier sur l'Espace, venu renforcer notre potentiel de communication vers le public.

A l'issue de l'AGO, **Pierre Brulhet** et **Olivier Walter** présentaient et proposaient à la vente leur livre « Entre la Terre et Mars », dont nous avons parlé dans notre précédent numéro.

Nous avons ensuite assisté à une passionnante conférence de **Philippe Coué**, spécialiste renommé de l'Espace chinois, sur le thème « Une seconde conquête de la Lune sans les Américains ? ». Un éclairage capital sur les perspectives de l'exploration spatiale, au moment où les États-Unis rebattent les cartes de leur politique dans ce domaine.

Suite à la parution sur le site du CNES d'une interview de Richard Bonneville, directeur adjoint des programmes, de la stratégie et des relations internationales, sur l'exploration spatiale, nous avons sollicité un entretien pour un échange de points de vue. Nous souhaitions en particulier discuter l'opinion selon laquelle notre maturité technique ne nous permettrait pas de lancer le programme de voyage vers Mars, point sur lequel s'est appuyé le gouvernement américain pour proposer de reporter sine die les objectifs de l'exploration.

THE MARS SOCIETY

Dans l'équipe de direction de la Mars Society, **Lucinda Land** a remplacé Chris Carberry, démissionnaire, au poste de Directeur exécutif. Son activité porte en priorité sur deux projets : la quatrième édition du concours de rovers étudiants, qui se déroulera en juin sur le site de la MDRS, et l'organisation de la prochaine convention annuelle, qui se tiendra du 5 au 8 août à Dayton, dans l'Ohio.

Dans cette période d'incertitude pour la politique spatiale américaine, dont témoignent les réactions hostiles de nombreux parlementaires aux propositions de l'administration, la Mars Society s'efforce de faire entendre nos arguments. Les interventions du président **Robert Zubrin** ont eu un retentissement certain ; son message central : *la NASA a besoin d'une destination*, a été largement repris, en particulier par des membres de la Chambre des représentants et par des sénateurs inquiets de voir l'agence spatiale partir à la dérive et leur nation perdre son leadership. **Robert Zubrin** a été reçu et entendu personnellement par le patron de la NASA.

Pierre Brisson (qui habite Neuchâtel) a ranimé la **section suisse de la Mars Society**, en tirant partie du succès de ses premières initiatives (en particulier le cycle de conférences de décembre dernier). Il en assure la présidence, tout en maintenant totalement son activité dévouée au sein de Planète Mars. Les membres de Mars Society Switzerland (nom anglais retenu pour ne pas arbitrer entre francophones et germanophones !) sont également membres de droit de Planète Mars (à qui une partie de leur cotisation est reversée).

Début février, nos amis de la toute jeune **Mars Society Belgium** ont conduit la mission MDRS 90. Nous les avons aidé dans la préparation de cette mission, en particulier en leur confiant le VRP, qui a eu ainsi l'occasion d'être expérimenté à nouveau sur le terrain.

Richard Heidmann

PROCHAIN ARRÊT, PHOBOS ?

La publication du rapport de la commission d'enquête Augustine, mandatée par le président Obama, laissait espérer que, faute de s'atteler dès maintenant à l'objectif Mars, jugé trop lointain, les États-Unis s'assigneraient du moins une ou plusieurs destinations intermédiaires, certes moins ambitieuses mais permettant de conférer au programme sens, dynamique et attrait pour le public.

Malheureusement, la présentation de la nouvelle politique d'exploration spatiale, le 2 février dernier, n'a rien indiqué de tel. Le programme proposé semble renvoyer dans un futur indéterminé toute notion de destination *(néanmoins, il se dit que le président pourrait rectifier cette conception programmatique calamiteuse lors de son discours du 15 avril…).*

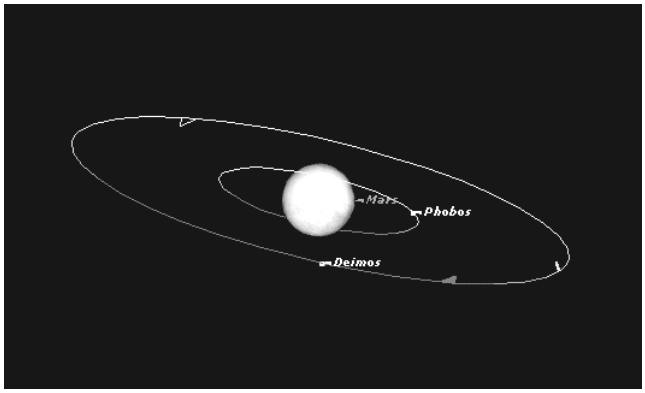
Pourtant, parmi les destinations intermédiaires que la commission Augustine a proposées, deux apparaissent particulièrement pertinentes et attractives aux plans scientifique, opérationnel et médiatique : un astéroïde géocroiseur et l'un des deux satellites de la Planète rouge, Phobos et Deimos.

Nous nous proposons dans cet article de décrire les attraits d'une mission vers Phobos, mais aussi ses difficultés propres et ses limitations.

Auparavant, procédons à une rapide présentation de cet astre, de ce que nous en savons et en ignorons.

DES ASTRES ENCORE MAL CONNUS

L'astronome amateur devra être remarquablement équipé et se trouver dans des conditions d'observation exceptionnelles pour espérer apercevoir ces satellites. C'est qu'ils sont à la fois très petits (de l'ordre de 20 km), sombres, et proches du globe lumineux de Mars (le rayon de l'orbite vaut 2,76 fois le rayon martien pour Phobos, 6,92 fois pour Deimos). Ce n'est qu'en 1877 qu'ils furent découverts, à l'aide d'une puissante lunette de 66 cm d'ouverture, par l'astronome Asaph Hall.



Le système martien, avec les orbites de Phobos (parcourue en 7h39 seulement) et de Deimos (parcourue en 30h18)

Mais ce sont évidemment les sondes spatiales qui ont permis de faire véritablement leur connaissance, l'attention s'étant surtout tournée vers Phobos. La figure ci-contre montre leur allure semblable de patatoïde, avec par contre quelques différences d'aspect : alors que Phobos est constellé de cratères et parcouru de rainures (voir page suivante), Deimos apparaît moins accidenté. Cette dissemblance pourrait être due à leurs altitudes différentes dans le champ de gravité de la planète, qui piège les éjectas des impacts avant d'en permettre la « récupération » par les deux astres. Mais ce n'est qu'une hypothèse.

Au-delà de cette vision directe, l'apport principal des sondes a concerné deux points essentiels :

-la détermination de la masse volumique, permise par la mesure de l'effet gravitationnel (minime) sur les trajectoires des sondes ; celle-ci s'est révélée être exceptionnellement basse pour un corps rocheux : 2 g/cm^3 environ (l'eau fait 1 g/cm^3) ;

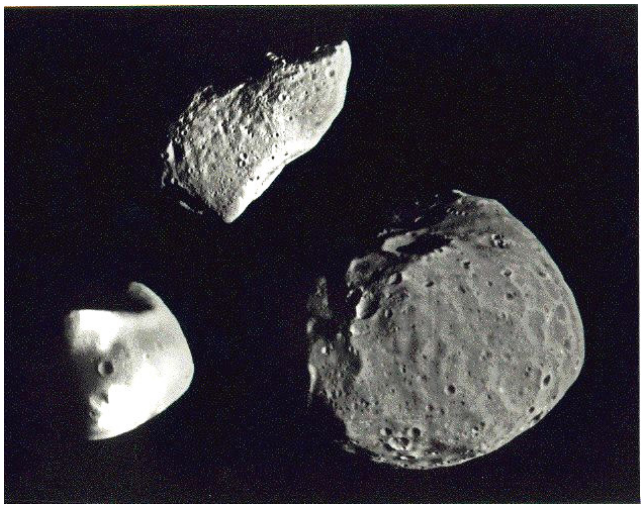
-la caractérisation minéralogique du matériau de surface (principalement régolite), permise dès la mission russe Phobos 88 par l'utilisation d'un spectro-imageur français (J.P. Bibring) ; la principale découverte étant que, contrairement à ce que l'on pensait généralement jusqu'alors, ce matériau est anhydre (ne contient pas de glace ni de minéraux hydratés).

Bien entendu, une foule d'autres renseignements ont été glanés par différents moyens : rugosité de la surface, homogénéité de la densité à cœur, estimation de la cohésion du régolite, cartographie détaillée, en particulier des multiples rainures de Phobos, si intrigantes.

Mais, malgré ces avancées, ces astres étranges posent toujours quelques questions fondamentales auxquelles nous n'avons pas de réponse définitive ; principalement :

-quelle est leur véritable nature ? S'agit-il, comme tend à le laisser penser leur composition de surface (la seule que l'on connaisse), d'astéroïdes qui auraient migré de la ceinture principale (au-delà de l'orbite de Mars) et auraient été capturés par cette dernière ? Mais par quel processus ? Ou s'agit-il de satellites formés au moment de l'accrétion de la planète, ou juste après, suite à un violent impact ?

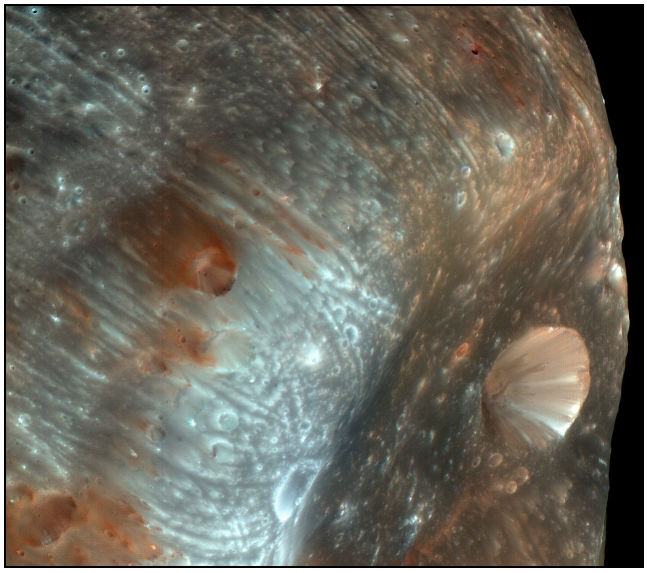
-contiennent-ils (sous une couche de régolite anhydre) de l'eau, sous forme de minéraux hydratés ou de glace ?



En bas, à gauche Deimos, à droite Phobos et, pour comparaison, l'astéroïde Gaspra (en haut). *(doc. NASA/JPL)*

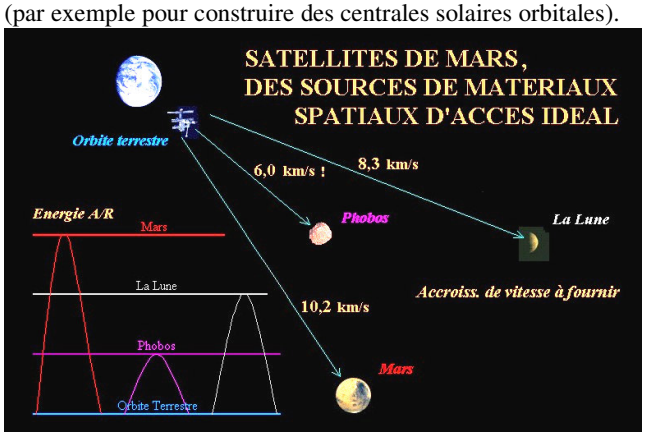
DES DESTINATIONS ATTRACTIVES

La première de ces questions est déterminante pour les perspectives d'***étude des propriétés des astéroïdes***. Au-delà de son intérêt purement scientifique, la connaissance de la structure de ces corps est impérative pour déterminer comment parer au mieux une éventuelle menace d'impact sur la Terre. En effet, la stratégie devrait être adaptée selon qu'on aurait affaire à un corps solide monolithique ou à un amas de débris et de poussières, uniquement maintenu par gravité et par des forces cohésives intermoléculaires (forces de van der Waals).



Quelques-unes des innombrables rainures à la surface de Phobos : révélatrices d'un corps poreux maintenu par des forces cohésives, ou traces d'éjectas ? *(doc. NASA/JPL, en fausses couleurs)*

La seconde question, celle de l'eau, est essentielle en matière de ***prospective astronautique***. En effet, il se trouve que Phobos et Deimos sont, du point de vue énergie à fournir par les fusées, les astres les plus accessibles depuis l'orbite basse terrestre, du fait de leur gravité négligeable. Cet avantage est encore accru par la présence de l'atmosphère martienne, qui permet de se freiner à l'arrivée au voisinage de la planète sans consommer de carburant (aérocapture). S'il s'avérait possible d'extraire facilement de la glace du sous-sol, Phobos (ou Deimos) deviendrait ainsi une « station service » idéalement située pour le ravitaillement en eau, oxygène et hydrogène des vaisseaux interplanétaires. Bien entendu, ce qui vaut pour l'eau vaut également pour d'autres ressources (fer, silicium…) dont une éventuelle industrie spatiale pourrait un jour avoir besoin (par exemple pour construire des centrales solaires orbitales).



Accroissements de vitesse à fournir pour un aller-retour jusqu'au sol de différentes destinations : très net avantage à Phobos (freinage par aérocapture). *(doc. R. Heidmann)*

Ces satellites offrent de plus, de par leur situation « au balcon » de Mars, des attraits spécifiques pour ***l'exploration la planète***. Ainsi, un avant-poste habité situé sur l'un d'entre eux permettrait de faire évoluer à la surface de Mars des rovers télécommandés en temps réel, chose rigoureusement impossible depuis la Terre du fait du délai de transmission des signaux (de 6 à 40 minutes aller-retour, selon la position des planètes). Quand on pense à la lenteur et aux infirmités dont souffrent les meilleurs de nos robots martiens actuels (Spirit et Opportunity), on imagine la révolution que représenteraient ces nouvelles capacités, magnifiées par les progrès des techniques de téléprésence. Il a également été souligné que des échantillons martiens, éjectés lors d'impacts, pourraient être récoltés à la surface des satellites (particulièrement sur Phobos, très proche de Mars). Enfin, à la condition de doter l'avant-poste d'équipements de laboratoire puissants, il serait possible d'analyser sur place des échantillons martiens, trouvés sur le sol du satellite ou remontés depuis la surface de la planète. Ceci sans avoir à affronter les exigences de protection de notre biosphère vis-à-vis d'éventuels microorganismes.

Ce catalogue d'attraits opérationnels se conjugue au fait qu'il est évidemment ***moins coûteux*** de monter une mission habitée limitée à un séjour sur Phobos qu'une expédition à la surface de Mars : la masse de propergol à emporter est moindre si l'on n'a pas à se freiner pour descendre et à se propulser à nouveau pour rejoindre l'espace ; on évite par ailleurs d'avoir à fournir les matériels spécifiques correspondants (systèmes de rentrée atmosphérique, étage ascensionnel). C'est aussi une entreprise relativement ***moins risquée***, puisqu'elle élimine un ensemble d'opérations délicates et difficiles à sécuriser, liées à la phase planétaire : rentrée atmosphérique, descente, atterrissage, préparation du véhicule de remontée, remontée, rendez-vous avec le vaisseau de retour vers la Terre.

C'est cet ensemble de considérations qui a conduit la commission Augustine - et d'autres spécialistes auparavant - à recommander d'envisager Phobos comme une destination préliminaire au débarquement sur Mars.

UNE MISSION QUI RESTE EXIGEANTE

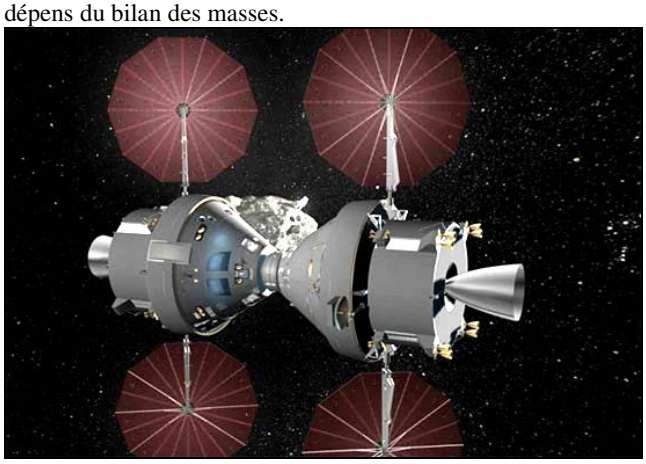
Cette destination n'est cependant pas sans présenter des inconvénients spécifiques. Elle ne conduit pas non plus à modifier l'échelle de l'effort programmatique. Tout comme l'objectif Mars, elle impliquerait donc un engagement politique et technique déterminé.

En premier lieu, ***la durée totale*** de la mission, facteur essentiel de difficulté commandé par le choix des trajectoires interplanétaires, ne sera pas différente de celle d'une véritable expédition martienne. Or, une fois sur Phobos, l'équipage restera soumis à l'environnement spatial (apesanteur et radiations ionisantes), au lieu de profiter des conditions plus accueillantes de la surface martienne (0,38 g de pesanteur et effet d'écran radiatif de l'atmosphère). Si, pour des raisons de masse (de propergol), des trajectoires optimales de type « conjonction » sont conservées, ces conditions devront être endurées pendant les 18 mois du séjour (en plus des 6 mois de trajet dans chaque sens). Il existe bien des solutions pour parer à chacun de ces facteurs séparément : gravité artificielle par rotation du vaisseau, protection anti-radiations par une couverture de régolite. Mais on voit mal comment les combiner ! Compte tenu de l'expérience acquise en matière de vols de longue durée en apesanteur, et du fait qu'on pourrait au moins créer une pesanteur artificielle pendant les deux trajets de 6 mois, il est probable qu'on choisirait de donner la priorité à la protection anti-radiations. Celle-ci pourrait être obtenue, par exemple, en retenant une implantation au fond d'un cratère, face au globe mar-

tien (Phobos tourne toujours la même face vers sa planète, tout comme la Lune vers la Terre), ce qui masquerait déjà une bonne partie de la sphère céleste. Il resterait à protéger l'habitat soit par des sacs remplis de régolite, soit en l'enfouissant dans le sol meuble et non pesant.

A supposer ce genre de solution retenu, il restera aux membres de l'équipage à surmonter un sérieux ***défi psychologique***. En effet, au lieu de passer ces 18 mois en aventures d'exploration de sites variés et spectaculaires, ils devront rester reclus, si l'on excepte les sorties dédiées à l'exploration du satellite lui-même. Leur interaction avec la belle planète se limitera à la contemplation de ses paysages, défilant derrière leurs hublots, et au pilotage des robots délégués à la surface de Mars. Cette dernière activité, soutenue par l'exaltation de la découverte et la technicité des investigations à mener, promet certes d'être passionnante. Mais ne va-t-elle pas aussi, à la longue, renforcer le sentiment de frustration de « ne pas y être » ? Spécialement en cas d'imprévu bloquant la belle mécanique - ou la belle électronique - alors que la présence d'un explorateur permettrait de résoudre simplement la situation… Ou si le robot se trouvait dans l'incapacité d'accomplir l'action qui permettrait peut-être une découverte majeure…

Par rapport à la surface de Mars, les satellites présentent un autre inconvénient, ***l'absence de ressources facilement accessibles*** dans le cadre d'une mission d'exploration préliminaire telle que celle dont on parle : pas de glace d'eau en surface, ni de gaz carbonique atmosphérique pour produire carburant, oxygène et eau potable, pas d'azote non plus ; pour une mission habitée, tout devrait être emporté depuis la Terre, aux dépens du bilan des masses.



Projet de vaisseau pour la mission Phobos, utilisant des dérivés de la capsule Orion du projet Constellation. *(doc. Lockheed Martin)*

Pour finir, il faut souligner qu'une très grande majorité des technologies et équipements nécessaires à la mission martienne devraient en tout état de cause être développés pour mener à bien cette première étape Phobos : lanceurs, habitats, systèmes de contrôle de l'environnement vital, de production d'énergie, de recyclage de l'eau et de l'air, scaphandres, télécommunications, instrumentation scientifique… L'économie de moyens porterait uniquement sur le système de rentrée atmosphérique, de descente et d'atterrissage, sur le véhicule de remontée en orbite martienne et sur l'équipement de production de propergol in situ. ***L'entreprise couvre en réalité la majeure partie des ambitions techniques, humaines et budgétaires d'une véritable mission martienne.***

S'ARRÊTER SI PRÈS DU BUT ?

Une programmation radicalement limitée à cet objectif, c'est-à-dire qui ne situerait pas celui-ci dans le contexte d'un plan visant d'emblée le débarquement sur Mars, risquerait fort de provoquer des frustrations auprès du public, mais aussi, après coup, auprès des politiques.

Si près du but ! *(doc. Marilynn Flynn)*

Il faut en effet imaginer la situation où l'on se trouverait : pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, plus d'un demi-siècle après le premier pas lunaire, des hommes auraient bravé l'immensité interplanétaire, sans retour possible avant deux ans, et abordé au domaine d'un autre monde ; et là, on les verrait cloués sur ce récif hostile, pendant un an et demi, acteurs en coulisses (vite oubliés ?) d'une aventure déléguée à des robots, et soumis à des conditions bien plus contraignantes que celles qu'ils auraient pu connaître sur cette planète si proche.

Sauf à pouvoir montrer qu'il ne s'agirait là que de la première étape d'une approche programmée du monde martien, rendue visible par le développement simultané des équipements spécifiques au débarquement, l'entreprise se trouverait sans nul doute considérablement dépréciée. Un peu comme cela s'est passé pour la Station Spatiale, lorsqu'elle a perdu son statut initial de relais pour les vols interplanétaires. Bien entendu, cette dépréciation d'image s'accompagnerait d'un gâchis de ressources (il n'est pas bon de concevoir un programme sans déjà penser à celui qui devra le prolonger) et d'un défaut de productivité scientifique (impossibilité de prolonger « dans la foulée » des découvertes robotiques par des investigations humaines in situ).

En conclusion, oui, la mission Phobos est attrayante, mais à la condition expresse qu'elle s'inscrive dans le cadre d'un programme visant l'atteinte de la planète. Espérons qu'une décision puisse être prise rapidement dans ce sens, qu'il s'agisse d'ailleurs de viser Phobos ou un astéroïde géocroiseur, autre cible pertinente. A terme, l'engagement politique et l'investissement technique consentis pour cette première étape faciliteront, à n'en pas douter, la décision de franchir les derniers obstacles sur la route de Mars.

Et, en ce qui concerne les mystères de Phobos, plaçons nos espoirs dans la belle et ambitieuse mission russe Phobos-Grunt, dont le lancement est désormais prévu en 2011.

Richard Heidmann

Ont collaboré à ce numéro : Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Alain Souchier. **Achevé d'imprimer :** Graficoul'Eure 27120-Gadencourt. **Dépôt légal :** avril 2010