



PLANÈTE MARS



Numéro 8 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

juillet 2001

ÉDITO : MARS EN MAJESTÉ

Le 21 juin, Mars était au plus près. Beaucoup parmi nous auront été frappés par son apparition sur l'horizon austral des belles nuits de ce début d'été, fanal rouge qui semblait nous lancer comme un lointain appel. Cette visite de notre voisine arrive comme en écho à sa popularité croissante. Jamais, en effet, on n'a autant parlé d'elle ; dans notre entourage, dans les médias, mais aussi, et c'est très significatif, dans les milieux scientifiques et décisionnels (recherche, agences spatiales).

Le CNES, jadis réticent vis-à-vis de nos perspectives martiennes, n'hésite désormais plus à exposer des *maquettes de base habitée* (voir p.5 : Mars au Bourget) ! Tandis que l'ESA, consciente des enjeux de ces perspectives pour l'Europe, élabore le programme AURORA, dont l'ambition n'est rien moins que de nous préparer à l'exploration robotique *et humaine* du système solaire, afin de ne pas « décrocher » dans cette grande aventure du 21^{ème} siècle. Enfin, Dan Goldin, le (toujours) patron de la NASA, a exprimé avec force, lors de deux apparitions publiques solennelles, sa conviction que l'Homme débarquerait sur Mars avant vingt ans et que c'était pour les États-Unis la voie toute tracée.

Dans le même temps, le fait que la puissance spatiale dominante devra, après l'installation de la station, lancer un nouveau grand programme devient enfin une évidence aux yeux de beaucoup. Ainsi, d'une lubie de farfelus, Mars, après être passée au stade d'objet de curiosité, puis d'intérêt, puis à celui d'un pôle d'attraction scientifique majeur, accède -on en prend désormais conscience- au statut d'enjeu de développement scientifique et technologique, au statut d'enjeu politique.

Oui, Mars se rapproche vraiment de nous, et tout laisse à penser que l'opposition d'août 2003 -encore bien plus spectaculaire que celle que nous venons de vivre- sera un véritable couronnement pour la belle planète.

Richard Heidmann, président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

-Haughton 2001 : répétition	p.1
-VASIMR : Mars en trois mois	p.1
-Discussion avec Edwin Aldrin sur le voyage vers Mars	p.3
-Vos questions	p.4
-Une vision enfin optimiste	p.4
-La vie de l'association	p.5
-Mars au salon du Bourget	p.5

HAUGHTON 2001 : RÉPÉTITION



Charles Frankel (ici au centre de l'image) représentera notre association lors de la campagne estivale de la base martienne installée l'an dernier en Arctique par la Mars Society.

(suite page 8)

« VASIMR » : MARS EN TROIS MOIS

par **Richard Heidmann**



Franklin Chang-Díaz honorera de sa présence notre congrès de fin septembre

Franklin Chang-Díaz, recordman des vols en navette (6 vols) et physicien promoteur du « VASIMR » (doc .NASA)

Missions de pionniers et missions de routine

Un des aspects les plus débattus de la mission habitée est celui de sa durée. Avec les moyens de propulsion que l'on maîtrise actuellement, la course des planètes autour du Soleil oblige à séjourner un an et demi sur Mars avant d'en repartir, tandis

qu'il est pratiquement exclu de réduire la durée de chaque trajet à moins de 6 mois, à cause de la consommation de propergol (de « carburant ») que cela entraînerait. Bien entendu, on en profitera pour concevoir d'emblée un véritable programme d'exploration de la planète et pour commencer à développer l'exploitation de ses ressources ; les astronautes seront dotés à cette fin des infrastructures d'habitat, de travail et de mobilité adaptées. Au moins est-on certain d'éviter le schéma « planté de drapeau et ramassage de cailloux » dont pourrait être tenté de se contenter le politique. Dans la première phase de reconnaissance, celle qui verra un avant-poste semi-permanent s'installer tous les deux ans dans un site privilégié, une telle contrainte de durée est un prix acceptable à payer pour ses acteurs. Au-delà (après vingt ans ?), l'augmentation du trafic et la banalisation du profil des astronautes qu'accompagnera l'établissement de véritables bases permanentes, analogues à nos bases polaires, créeront une forte pression technologique pour s'en libérer.

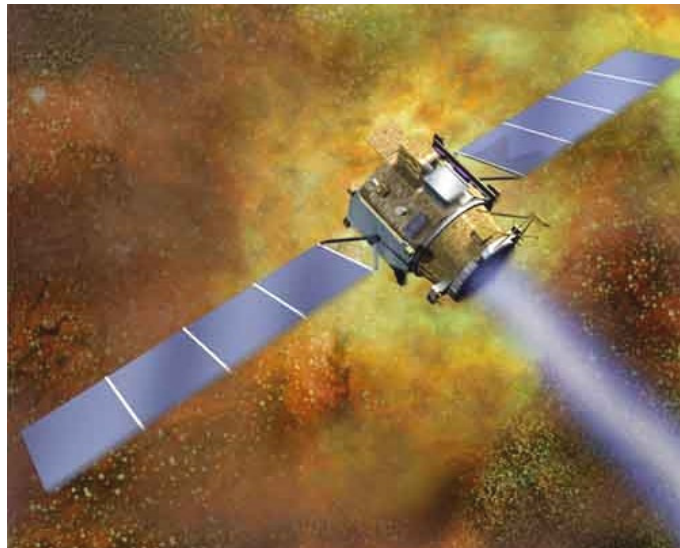
Essentiellement pour de simples raisons psychologiques : une fois l'excitation et le prestige des premières missions passés, il sera quand même plus facile de demander aux spécialistes dont on aura besoin là-bas de s'éloigner des leurs pendant un an, voire 7 mois, que pendant deux ans et demi ! Mais aussi pour atténuer la dose de radiations ionisantes reçue par ces futurs « martiens » au cours de leur voyage : si, dans la mission de référence de la NASA, celle-ci est évaluée à 60 rem et reste compatible avec les règlements sanitaires édictés pour la Station Spatiale Internationale, elle ne peut pour autant être considérée comme négligeable¹. Ce rayonnement est absorbé essentiellement dans les phases interplanétaires du voyage (sur Mars, son flux est divisé par 4 ou 5) ; de ce point de vue, c'est donc surtout la durée des trajets aller et retour qu'il faut réduire. Mais si on dispose d'un moteur très performant, c'est-à-dire très économe en fluide propulsif et prodigue en énergie, il devient, de plus, possible de « violer » la mécanique céleste et d'effectuer le retour sans attendre un an et demi le repositionnement favorable des planètes. Aucune des trois technologies de propulsion actuellement utilisées ou maîtrisées ne permet cependant d'atteindre ce but.

Propulsion : état de l'art

En propulsion spatiale, comme en aéronautique, les véritables ruptures techniques sont peu fréquentes. La progression se fait plutôt par petites améliorations successives. Pourtant, de temps en temps, de nouveaux concepts émergent. Pendant quelques années -parfois bien plus longtemps- ceux-ci restent dans les dossiers des inventeurs ou dans les laboratoires de recherche. Souvent, ils se révèlent incapables de conduire à de véritables réalisations. Et puis, tous les 20 ou 30 ans, l'un d'entre eux perce vraiment et attire l'attention : une véritable révolution est en vue ! Ainsi, depuis le début de l'ère spatiale, trois techniques de propulsion ont véritablement émergé. Au début des années 60, la **maîtrise des ergols cryogéniques** (hydrogène et oxygène liquides) a constitué la révolution majeure ; c'est elle qui a permis le voyage vers la Lune et autorisera la première phase de l'aventure martienne. Devenue industrielle, elle est mise en œuvre dans des lanceurs commerciaux comme Ariane ou Atlas.

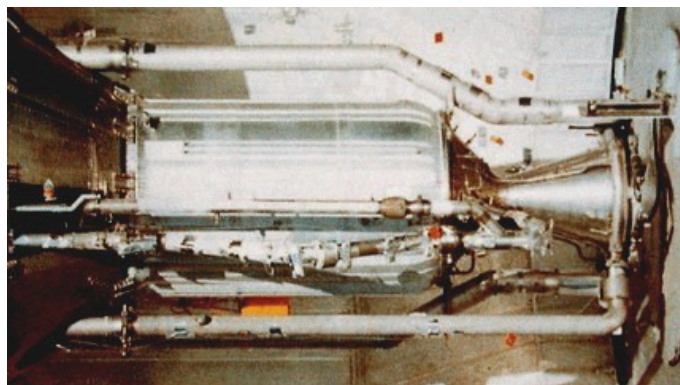
Depuis quelques années, c'est le **débouché de la propulsion électrique** qui doit retenir l'attention. Certes, on n'est plus ici au niveau des 3500 tonnes de poussée de la Saturn V, qui a

propulsé les astronautes d'Apollo vers la Lune, mais à celui de souffles de quelques grammes-force... Et pourtant, en matière de propulsion orbitale et interplanétaire (c'est-à-dire une fois sorti du puits de gravité des planètes), ces poussées minuscules n'enlèvent rien à la valeur de ces moteurs électriques, dont la consommation en propergol (en fluide propulsif) est divisée par 3 à 10 par rapport aux meilleurs moteurs à énergie chimique (Isp de 1500 à 4500 s)².



la sonde DeepSpace1 et son moteur électrique (doc.NASA)

Enfin, bien qu'elle n'ait fait l'objet d'aucune application, il faut encore citer la **propulsion nucléothermique**. Dans ce type de moteur, sur lequel Américains et Russes ont beaucoup travaillé dans les années soixante, de l'hydrogène est éjecté dans une tuyère après avoir été chauffé dans un petit réacteur nucléaire (petit par la taille, moins d'1 mètre de diamètre, pas par la puissance thermique, équivalente à plusieurs tranches de centrales électriques, jusqu'à 4000 MW³ sur un des prototypes américains !). Ce mode divise par deux la consommation par rapport aux moteurs cryogéniques (Isp de 900 s).



prototype de moteur nucléothermique NERVA (doc .NASA)

La propulsion chimique cryogénique permet seulement de réduire de 9 à 6 mois la durée de chaque trajet (au prix d'un sacrifice acceptable en masse de propergol). La propulsion nucléothermique, malgré son niveau de performance supérieur, ne conduit pas à descendre significativement en-dessous de ces valeurs, et en aucun cas à se libérer de l'obligation d'un séjour long sur la planète. La propulsion électrique pourrait le permet-

(suite page 6)

Planète Mars

(1) On estime que cela correspond à une augmentation de la probabilité de décès par cancer de 1 point (celle-ci étant de 20% pour un adulte non fumeur).
 (2) L'impulsion spécifique (Isp) représente la durée pendant laquelle un moteur produit un kg-force de poussée avec 1 kg de propergol (de « carburant »).
 (3) MW : mégaWatt : un million de Watt ou mille kW (un convecteur consomme typiquement 1 kW).

DISCUSSION AVEC EDWIN ALDRIN SUR LE VOYAGE VERS MARS

par Alain Souchier

Jeudi 21 juin, le Centre National d'Études Spatiales a organisé au salon du Bourget, dans la salle de conférences du Musée de l'Air et de l'Espace, un colloque sur les lanceurs futurs, et en particulier sur la génération à venir de lanceurs réutilisables. A ce colloque, il avait invité Edwin « Buzz » Aldrin, l'astronaute d'Apollo 11 qui, le 21 Juillet 1969, a marché sur la Lune avec Neil Armstrong lors de la première mission humaine à destination de notre satellite.

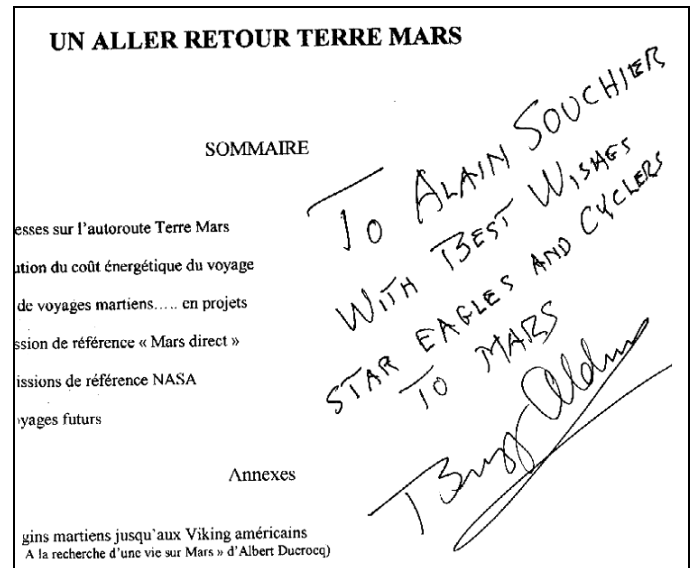


Edwin Aldrin (à droite) en compagnie du rédacteur (doc.A.Souchier)

Dès que j'ai parlé à Buzz de l'association Planète Mars, celui-ci m'a répliqué : « Connaissez vous les Cyclers ? ». Ma réponse a été positive, bien sûr, car nous avons déjà expliqué dans le numéro 3 du bulletin que les Cyclers, étudiés par B. Aldrin dès 1985, sont des vaisseaux « stations orbitales » placés sur des orbites de 26 mois autour du soleil et passant de manière répétitive à proximité de la Terre et de Mars. Ces vaisseaux sont équipés une fois pour toutes des moyens qui permettent des voyages entre les deux planètes en toute sécurité avec des redondances importantes : large volume habitable, source d'électricité, abri contre les tempêtes solaires, moyens de recyclage de l'air, de l'eau, des déchets, moyens de communication et de navigation,.... Les équipages rejoignent, au passage à proximité de la Terre ou de Mars, ces Cyclers à bord de vaisseaux légers plus économiques à lancer.

Mais tout n'est pas si simple : le même Cycler ne peut pas assurer le voyage aller et le voyage retour. Celui qui met 5 mois à atteindre Mars demande 21 mois pour revenir vers la Terre, en suivant une trajectoire à aphélie (distance au Soleil) beaucoup plus élevée que celle de l'orbite de Mars. C'est le prix à payer pour une orbite de 26 mois qui va permettre au Cycler de répéter indéfiniment le même voyage Terre-Mars. Pour le retour, il faut un Cycler placé sur une orbite « miroir ». Sur cette orbite le deuxième Cycler met 21 mois pour aller de la Terre à Mars et 5 mois pour revenir de Mars à la Terre. Buzz Aldrin m'a confirmé l'existence de cette orbite « miroir » qui

paraissait évidente d'après la structure des équations mais peu mentionnée dans la documentation sur les Cyclers.



la dédicace de « Buzz » Aldrin

Préoccupé par le passage rapide des Cyclers à proximité de Mars, qui peut rendre difficile le rendez-vous, Buzz Aldrin a toujours proposé des solutions où le Cycler se met en orbite autour de Mars. En effet les planificateurs de mission (et les astronautes !) peuvent s'inquiéter à juste titre de ce qui se passerait si un retard de quelques heures se produisait au lancement de l'équipage depuis Mars. Il faudrait alors plusieurs semaines au vaisseau léger pour rattraper le Cycler, avec l'absolue nécessité de réussir le rendez-vous, le vaisseau léger n'étant pas équipé pour un trajet de 5 mois vers la Terre. Mais la mise en orbite du Cycler, même si l'orbite est très elliptique, consommera quelques kilomètres par seconde qu'il faudra à nouveau fournir au véhicule pour son retour vers la Terre. Et cela diminue l'intérêt du Cycler ! Beaucoup de trajectoires sont possibles pour ces Cyclers. Au retour, on peut être conduit à passer une première fois près de la Terre à grande vitesse, pour un deuxième passage quelques mois plus tard à plus faible vitesse, ce qui autorise une rentrée atmosphérique moins sévère pour le véhicule de transfert. Les différentes possibilités font toujours l'objet d'études, un exposé étant prévu au congrès d'Albuquerque cet été.

Cette discussion, esquissée le 21 juin, s'est prolongée le lendemain dans un grand hôtel parisien au cours d'un entretien de 2 heures avec Buzz. L'astronaute a présenté sa vision très volontariste du 21^{ème} siècle, tant en termes de transport spatial qu'en termes d'objectifs : le tourisme spatial, Mars, la Lune... Il préconise une approche intégrée et polyvalente dans laquelle les véhicules sont capables d'un maximum de missions différentes, se prêtant à des évolutions de performances avec, par exemple, l'utilisation de réservoirs largables sur un véhicule au départ totalement réutilisable, ou le réemploi de certains éléments pour utiliser au mieux les masses envoyées ; ainsi, un réservoir vide pourrait devenir un élément de station ou de Cycler.

Il n'y a plus qu'à suivre la préconisation de Buzz, écrite sous forme de dédicace : « Star Eagles and Cyclers to Mars ».

Alain Souchier

VOS QUESTIONS

Q : Pourquoi ne pas partir de la Station Spatiale ?

R : C'était bien ce que préconisait le désastreux projet NASA de 1989, et cette idée assez populaire a souvent été citée à l'appui du projet de Station Spatiale. La philosophie « Mars Direct », soucieuse de l'essentiel, en a fait table rase, considérant qu'un détour par la station ne se justifiait en réalité que pour des raisons de politique interne NASA (cohérence des programmes). Notons d'ailleurs qu'avec l'inclinaison élevée finalement retenue pour l'orbite de l'ISS, compte tenu de l'implication des Russes, partir pour Mars (c'est-à-dire dans le plan de l'écliptique, incliné de 24°) à partir de la Station est une ineptie énergétique et se traduirait par une augmentation considérable de la masse initiale ! Par contre, l'ISS sera utile pendant la phase de développement, comme moyen de support logistique (équipages, informatique, énergie...) pour tester en conditions spatiales les modules du vaisseau martien.

Q : Le voyage vers Mars nous prépare-t-il au vol interstellaire, qu'il faudra entreprendre à (très) long terme pour assurer notre survie ?

R : Prendre pied sur un autre monde, s'y installer progressivement, c'est déjà un grand pas vers la survie de l'espèce, face par exemple au risque de collision d'un astéroïde ou d'une comète. Et si les premiers voyages seront faits avec les techniques de propulsion déjà en notre possession, il est certain que la croissance et la banalisation du trafic Terre-Mars conduiront au développement de moyens beaucoup plus performants (voir l'article sur « VASIMR »). Ceux-ci, eux-mêmes, nous rapprocheront des techniques extrêmes qu'il faudra maîtriser avant de pouvoir songer au vol interstellaire (fusion contrôlée, utilisation d'antimatière, propulsion laser ou autre...).

Q : En débarquant sur Mars, ne risque-t-on pas de contaminer une éventuelle biosphère ?

R : Le problème est loin d'être nouveau ! Non seulement plusieurs sondes ont déjà atterri sur Mars (seules les Viking ayant été soigneusement stérilisées), mais on sait désormais que des météorites peuvent être transférées d'un monde à l'autre et que des organismes sont susceptibles d'y survivre. Ceci étant, les conditions stérilisantes de la surface martienne (rayons UV intenses, sol chargé de peroxydes) y interdisent pratiquement la survie d'organismes terrestres. Il y a même de fortes chances que d'éventuels microbes martiens aient préféré trouver refuge dans le sous-sol, protégés des UV, des peroxydes, plus au chaud et au contact d'humidité... C'est donc en forant et, plus tard, en explorant des failles et autres grottes qu'il faudra observer de stricts protocoles de stérilisation et n'avancer dans l'exploration qu'en connaissance de cause.

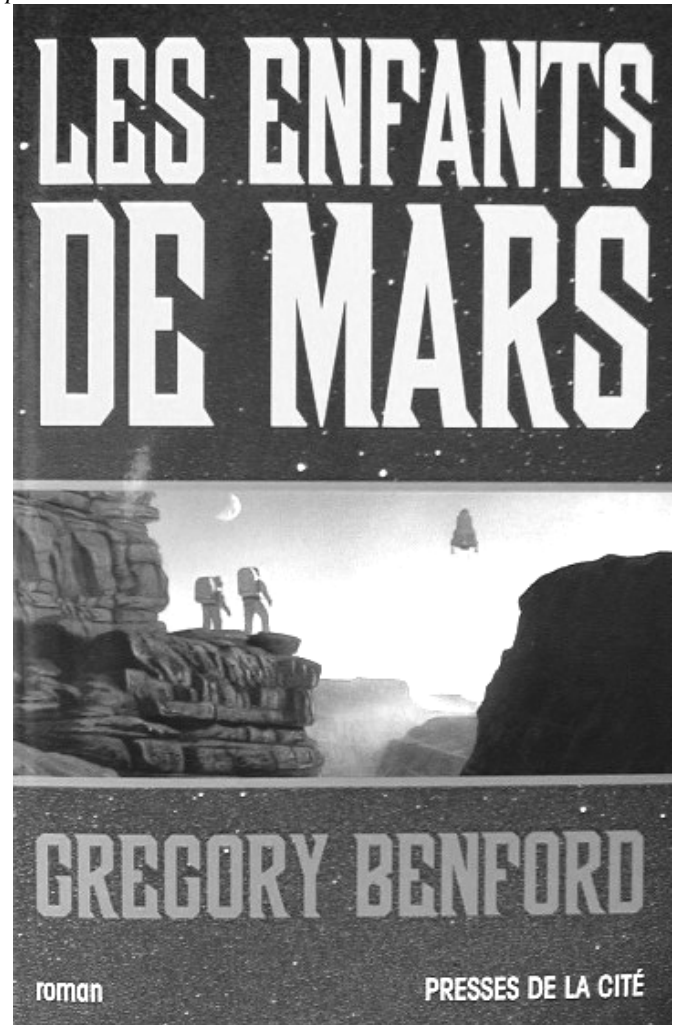
Q : Où en sont les Russes par rapport aux Américains ?

R : Les Soviétiques se sont beaucoup intéressés à Mars, comme en témoignent les efforts répétés de leurs sondes automatiques, mais aussi l'intense programme de propulsion nucléaire, qui a mené la merveilleuse technique russe encore plus loin que ce que les Américains avaient réalisé avec le programme Nerva. Depuis le changement de régime et après le désastre de la mission Mars 96, les Russes continuent à manifester des velléités en direction de la planète rouge, mais sans que rien de concret n'apparaisse, du fait sans aucun doute des problèmes économiques auquel le pays doit faire face. Pourtant, les Russes, avec leur expérience inégalée des vols de longue durée et leur formidable expertise technique, particulièrement en propulsion et en métallurgie, restent indéniablement des partenaires de choix pour un programme d'exploration

humaine de Mars. Il reste à espérer que le redressement et la stabilisation de leur situation dans les dix ans à venir leur permettront de contribuer à cette grande entreprise, ce qui apparaît d'ailleurs, dans le contexte géopolitique actuel, comme une condition sine qua non.

UNE VISION ENFIN OPTIMISTE

par Antoine Meunier



Ce roman de Gregory Benford n'aurait pu être qu'un banal roman de plus sur la conquête de Mars, il n'en est rien. *Les enfants de Mars* est une bien agréable surprise qui tranche avec les visions pessimistes auxquelles nous étions habitués. Benford part d'un postulat simple : en 2015, la première fusée à destination de la planète rouge explose au-dessus de Cap Kennedy, provoquant du même coup l'annulation du programme de colonisation de Mars proposé par les USA. C'est alors que le milliardaire John Axelrod décide de monter la première expédition privée, reprenant à son compte les projets de la NASA en s'adjoignant les services des ex-astronautes de l'agence. Un récit particulièrement réussi, et très réaliste, qui s'appuie sur le scénario *Mars Direct* de Robert Zubrin, mais également sur les travaux de Nathalie Cabrol ou Chris McKay, pour ne citer que les plus connus. Espérons maintenant qu'il y ait un bon film qui suive... **Antoine Meunier**

(Presses de la Cité, 482 pages, prix marqué : 120 francs ; voir la librairie sur notre site Internet)

LA VIE DE L'ASSOCIATION

par Dominique Guillaume

PLANÈTE MARS et la *MARS SOCIETY* ont mené à bien les actions engagées. Un regret cependant pour *PLANÈTE MARS* : les Groupes Régionaux qui, à l'exception de celui de Toulouse, n'ont pas encore démarré.

PLANÈTE MARS

Le Conseil d'Administration (CA), renouvelé lors de l'Assemblée Générale du 24 mars 2001, s'est réuni vendredi 11 mai au Siège pour, entre autres, désigner le Bureau de l'année 2001-2002 : *Président* : Richard Heidmann, *Secrétaire* : Dominique Guillaume, *Trésorier* : Lionel Cousin, *Webmaster* : Bertrand Spitz ; le compte-rendu de la réunion du CA est accessible sur notre site Internet à la rubrique *Pages des membres*. Un événement majeur se prépare pour l'association *PLANÈTE MARS* (APM), l'opération « *On To Mars !* » au Palais de la découverte, à Paris : premier congrès européen de la *MARS SOCIETY*, du 28 au 30 septembre 2001, suivi de la manifestation MarsExpo 2001, du 9 au 14 octobre ; cette opération, pilotée par Nicolas Stephan, est préparée activement par des "martiens" bénévoles. Encouragez-les en vous inscrivant dès maintenant au congrès ! Le programme du congrès est désormais construit et nous nous félicitons des contributions prestigieuses dont nous bénéficierons, tant de la part du milieu scientifique que de celui des agences spatiales (vous le vérifierez vous-mêmes en le consultant sur notre site). Les inscriptions vont bon train.

Au cours de ce deuxième trimestre 2001, des membres de l'APM ont prononcé des conférences au Bourget (Musée de l'Air et de l'Espace "MAE", Alain Souchier), à Cherbourg (LUDIVER, Richard Heidmann), Rouen (Observatoire, Gilles Dawidowicz), Toulouse (Cité de l'Espace, Bertrand Spitz), Vernon (Eure) (Albert Ducrocq, Charles Frankel, Richard Heidmann, Alain Souchier), etc. Et l'APM a participé à des manifestations au Bourget (MAE), à Cherbourg (LUDIVER), à Roanne (festival de science-fiction), à Toulouse (Salon Astropassion), à Triel-sur-Seine (Mars en direct, à l'occasion de l'opposition de juin 2001), etc.

MARS SOCIETY

TMS (The Mars Society) a fait réaliser une station de simulation identique à celle du cratère Haughton et qui est destinée à être installée dans une zone désertique du sud-ouest américain ; cet habitat martien, baptisé MDRS pour *Mars Desert Research Station*, sera exposé au public cet été au Kennedy Space Center. Une troisième station, identique, a été proposée par TMS à l'Europe, à l'APM en particulier. Pour que cette proposition puisse être acceptée, il est impératif, au niveau de l'Europe, de définir préalablement l'objectif précis et solide que l'on veut poursuivre ; puis il faudra définir le lieu d'implantation (pays, région, ...), le financement (sponsors, agences, ...), l'organisation, etc. La réponse de l'APM et de l'Europe à TMS est différée, notamment en raison de la mobilisation actuelle pour l'opération *On To Mars*. Un premier séminaire de réflexion se tiendra sur ce sujet le 21 juillet. Enfin, comme chaque année, plusieurs représentants de l'APM traverseront l'Atlantique pour se rendre à l'*Annual International Convention*, qui se tiendra du 23 au 26 août 2001 à l'Université de Stanford, à Palo Alto, en Californie.

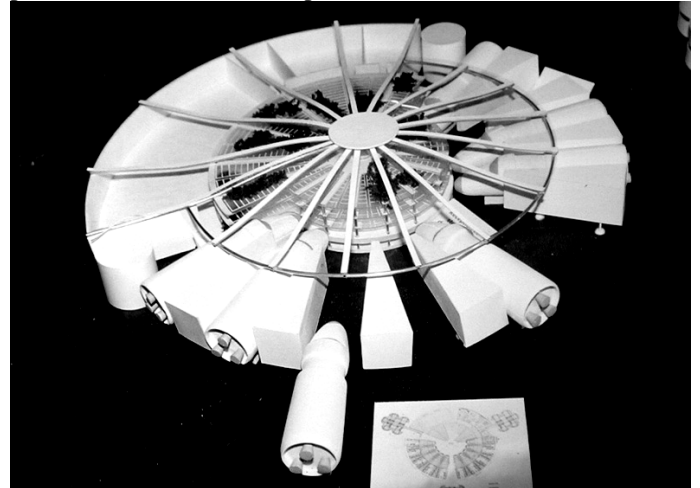
Dominique Guillaume, Secrétaire

MARS AU SALON DU BOURGET

par Alain Souchier

Bien que l'espace ait été relativement peu présent au salon 2001, des panneaux, animations et maquettes concernant l'exploration de la planète rouge étaient répartis dans différents stands.

Dans le pavillon commun du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et de l'Agence Spatiale Européenne, une projection en relief illustrait la mission Mars Express et la mission Mars Sample Return de retour d'échantillons martiens. L'atterrissage de Beagle 2, largué de Mars Express et freiné seulement par la rentrée atmosphérique, un parachute et des airbags, se traduisait par une série de rebonds impressionnants sur le sol !



il semble loin, le temps où le vol humain était politiquement incorrect ! (doc. A.Souchier)

Le stand CNES-ESA présentait aussi deux maquettes d'habitats martiens réalisées par les étudiants de l'École Supérieure d'Arts Graphiques, l'ESAG, en accord avec le professeur Jacques Blamont, du CNES.

Dans la pavillon Alcatel, une maquette de l'orbiteur de Mars Sample Return, dominée par la vaste « assiette » du bouclier thermique destiné à la mise en orbite par aérocapture, avoisinait une animation vidéo de la mission. Astrium proposait de son côté des micromissions scientifiques, comme l'avion miniature MANTA (Mars Nano/micro Technology Aircraft).

Et, pour la première fois, notre association était présente au salon, en deux emplacements, grâce à l'obligeance de l'école d'ingénieurs ESTACA et du Musée de l'Air et de l'Espace.

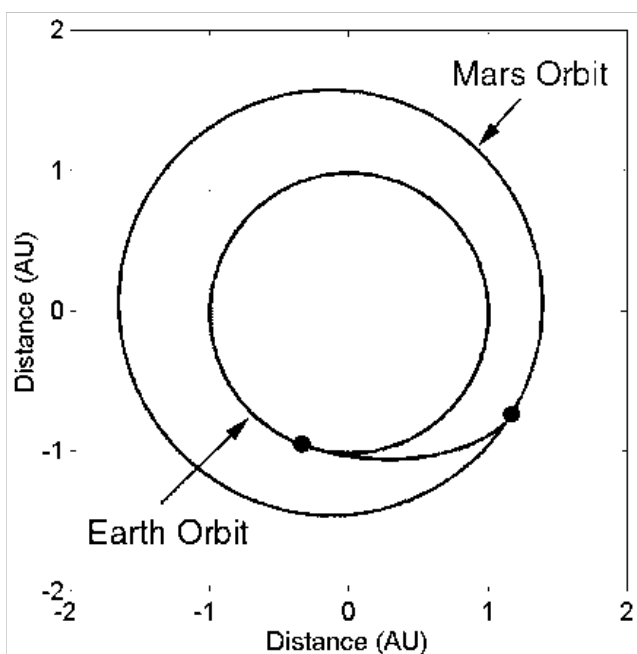


(suite de l'article « VASIMR : Mars en trois mois », page 2)

tre, du moins sous ses formes de réalisation les plus performantes (arcjet par exemple). Le problème est qu'elle reste encore cantonnée à des niveaux de poussée extrêmement faibles, qui la rendent pour l'instant inadaptée à des vaisseaux de plusieurs dizaines de tonnes.

Rupture technologique

C'est ici qu'arrivent VASIMR et Franklin Chang-Diaz, son inventeur et promoteur. L'impossible acronyme, qui signifie « VARIable Specific Impulse Magnetoplasmic Rocket », Moteur-fusée Magnétoplasmique à Impulsion Spécifique Variable, reflète un des avantages de ce concept : un mode de fonctionnement adaptable, que Chang-Diaz compare à la boîte de vitesses d'une voiture. Pour sortir d'un champ de gravité planétaire, on fait fonctionner le moteur à « forte » poussée et à impulsion spécifique réduite (on sacrifie la consommation), de façon à réduire autant que possible la durée de la manœuvre. Ceci permet en effet d'une part, dans le cas d'un départ de l'orbite terrestre, de ne pas séjourner trop longtemps dans la zone des ceintures de radiations de Van Allen et, d'autre part, de minimiser les pertes par gravité. A l'inverse, pendant la longue croisière interplanétaire, on minimise la consommation en réduisant la poussée et maximisant l'impulsion spécifique⁴.



un aller Mars en 85 jours (doc. NASA)

Mais c'est surtout par son niveau de performance que VASIMR est révolutionnaire. Non seulement il devrait permettre d'atteindre des impulsions spécifiques 3 à 4 fois supérieures (10000 à 20000 s) à celle des meilleurs moteurs électriques, mais il promet, même si cela reste encore à démontrer, d'autoriser des puissances élevées (MW ou dizaines de MW), et donc des poussées bien supérieures à celle des moteurs électriques. Résultat : oui, avec un tel moteur, il devient possible :
-de réduire la durée de chaque trajet à 3 mois ;
-d'opter pour une durée totale de mission de moins d'un an ;
-et même d'obtenir quelques scénarios de mission avortée (retour à la Terre en cas de problème en début de trajectoire aller)⁵.

Franklin Chang-Diaz est un personnage hors du commun. D'origine porto-ricaine et âgé de 51 ans, c'est avant tout un physicien des plasmas, titulaire d'un doctorat. L'origine de ses travaux sur VASIMR est à trouver dans les recherches accomplies aux USA sur la fusion nucléaire à confinement magnétique. Mais c'est aussi le recordman des vols en navette spatiale, avec 6 missions à son actif (pour l'instant) ! Ce tremplin médiatique et sa forte volonté de communiquer avec le public ne sont pas sans rapport avec le renom de son projet. C'est un vrai passionné d'astronautique, convaincu du destin spatial de l'Homme et conscient d'œuvrer pour son accès au Système Solaire et, ultérieurement, aux étoiles. Depuis des années, au Laboratoire de Propulsion Spatiale Avancée du centre Johnson de la NASA, il travaille sur ce concept avec son équipe, forte d'une quarantaine de personnes, et en liaison avec d'autres centres de recherche. Il s'agit de travaux théoriques et expérimentaux qui visent, sur un modèle à échelle de la dizaine de kW de puissance électrique, à étudier les conditions de fonctionnement du moteur, les paramètres influant sur ses performances et la modélisation du comportement du plasma d'hydrogène dont il tire sa force propulsive.

Quel est le « truc » ?

Un moteur fusée utilise pour délivrer sa poussée le principe de l'action et de la réaction, en éjectant un fluide propulsif, tout comme le ballon de baudruche qui se propulse en se dégonflant bruyamment. Pour minimiser la consommation de ce fluide, à effet (poussée) donnée, la vitesse d'éjection doit être la plus grande possible.

Les moteurs électriques attaquent ce problème en accélérant des ions (atomes électrisés) dans des champs électriques ou magnétiques. Les plus performants en consommation atteignent des vitesses d'éjection de l'ordre de 40 à 50 km/s, déjà dix fois supérieures à celles des moteurs chimiques cryogéniques (mais on verra que le VASIMR va bien au-delà).

Les moteurs chimiques ou nucléothermiques chauffent un gaz dans une chambre et l'éjectent dans une tuyère, qui transforme l'énergie thermique procurée au fluide dans la chambre en énergie cinétique (en vitesse des molécules éjectées). Le VASIMR, bien que très différent dans sa réalisation, fonctionne sur le même principe. Mais, alors que les meilleurs moteurs chimiques ne délivrent leur fluide « qu'à » 4,5 km/s, après l'avoir porté à 3300°C, et les moteurs nucléothermiques à peu près à une vitesse double, le nouveau moteur devrait permettre d'atteindre jusqu'à 200, voire 300 km/s ! Pourquoi ? Parce qu'il porte son gaz à des températures incomparablement plus élevées (plusieurs millions de degrés). Comment ? En utilisant comme « chambre » une « bouteille magnétique »⁶, assemblage de champs magnétiques très intenses produits par des aimants supraconducteurs. Cette technique permet de confiner le plasma hyper-chaud à distance des parois matérielles du moteur et de produire la détente des gaz ionisés dans une tuyère « immatérielle ». En fait, le moteur comprend trois enceintes magnétiques successives. La première sert à injecter et ioniser le gaz entrant. On utilise de l'hydrogène, gaz le plus léger qui soit, fournissant donc la plus grande vitesse d'éjection pour une énergie cinétique donnée. Dans la deuxième, on porte ce gaz déjà ionisé à des températures extrêmes, en le chauffant par rayonnement hyper-fréquences (HF ou micro-ondes), un peu comme dans un four du même nom ! Enfin, la troisième est une

(4) En effet, grosso modo, pour une puissance disponible donnée, fournie ici par un générateur électrique, le produit impulsion spécifique x poussée est constant.

(5) Dans la Mission de Référence NASA, c'est le principe « abort to Mars » qui prévaut, l'habitat, conçu pour un séjour prolongé, étant propre à servir de refuge.

(6) Technologie étudiée pour la fusion nucléaire contrôlée.

tuyère magnétique, où l'énergie ainsi emmagasinée est transformée en énergie cinétique dirigée axialement (vitesse d'éjection axiale).

Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket Concept

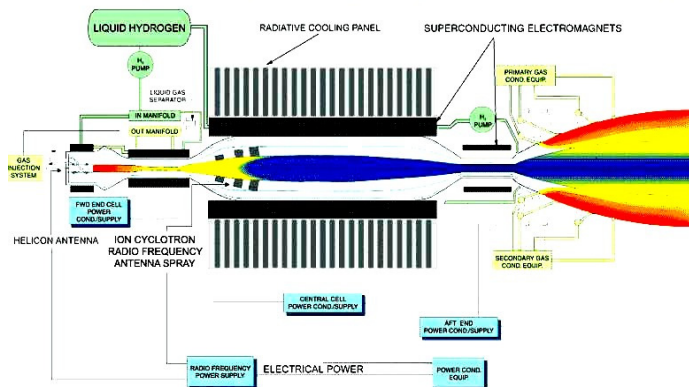


schéma du moteur (doc. NASA)

Techniques de pointe

Un facteur central, pour l'applicabilité effective du moteur, est celui du rendement, c'est-à-dire de la proportion de l'énergie électrique fournie au système pour chauffer l'hydrogène qui se trouve effectivement transformée en énergie cinétique axiale, créatrice de poussée. En effet, moins ce rendement sera bon, plus la source d'énergie devra être puissante, donc massive et encombrante, pénalisant d'autant la charge utile du vaisseau. Chang-Diaz et son équipe prétendent pouvoir atteindre un rendement de 50 %. Mais pour l'instant, beaucoup de données physiques restent à acquérir avant de pouvoir maîtriser le dimensionnement du système et optimiser ses conditions de fonctionnement.

C'est que la physique des plasmas, pourtant très étudiée dans le cadre des recherches sur la domestication de la fusion nucléaire, demeure très ardue au plan théorique. Le rendement est entre autres tributaire :

- de l'interaction du champ électromagnétique HF avec le plasma dans la deuxième enceinte : une grande partie des travaux en cours, en particulier expérimentaux, vise à optimiser ce couplage en donnant aux antennes émettrices des conformations et des emplacements bien particuliers ;
- de l'interaction du plasma avec les champs créés par les enceintes magnétiques ; l'énergie HF est en effet essentiellement absorbée par le plasma sous forme d'énergie cinétique tangentielle, qu'il s'agit ensuite de « redresser » dans le sens axial ; dans la « tuyère », il faut par ailleurs faire en sorte que les molécules et atomes d'hydrogène ionisés acceptent de « se détacher » des lignes du champ, qu'ils ont naturellement tendance à suivre, pour s'éjecter en s'écartant le moins possible de la direction axiale.

Outre ces difficultés fondamentales, « de principe », le VASIMR pose aussi de sérieux problèmes technologiques au niveau des systèmes « auxiliaires ». Les aimants, d'abord, qui doivent créer des inductions magnétiques importantes (2 ou 3 Tesla)⁷, supporter la chaleur intense dégagée par le plasma et offrir une masse raisonnable pour un système spatial. Bien entendu, ce sont des aimants supraconducteurs, refroidis en l'occurrence par l'hydrogène liquide présent à bord du vaisseau, qui s'imposent. Lors de notre visite en février dernier au laboratoire, des aimants d'une toute nouvelle technologie de pointe venaient d'être livrés et attendaient d'être montés en lieu

et place des bons vieux électro-aimants refroidis à l'eau, utilisés jusque là sur le banc d'essai.

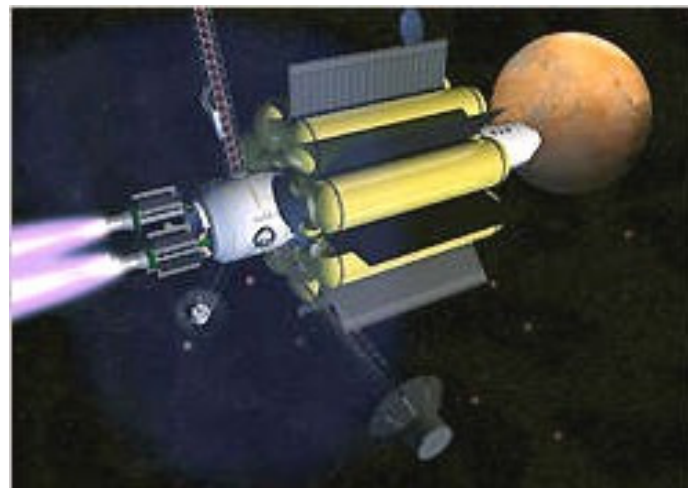
Autre point essentiel, l'électronique de puissance qui permet de générer le champ HF de chauffage du plasma. Sur le modèle de banc, la puissance n'est que de quelques kW, mais la recherche du rendement (et de la fiabilité) oblige déjà à pousser la technologie des composants. On imagine les difficultés lorsqu'il faudra passer à l'échelle de la dizaine de MW, celle du vol vers Mars.

Enfin, ne l'oublions pas, la faisabilité d'un tel moteur repose aussi sur celle de sa source de puissance électrique. Ce domaine fait actuellement l'objet d'un regain d'intérêt aux États-Unis, mais aussi en Europe, en particulier du fait de la percée opérationnelle de la propulsion électrique. Mais il s'agit d'un autre sujet, qui mériterait en lui-même un article.

En route vers Mars... et les étoiles ?

Si les travaux de l'équipe de Chang-Diaz ne sont pas entravés par des coupes budgétaires toujours redoutées dans ce genre de programmes futuristes, une première application sur un modèle probatoire, à l'échelle de 10 kW ou quelques dizaines de kW, pourrait concerner une sonde interplanétaire, un peu comme cela a été fait, en ce qui concerne la propulsion ionique, avec la sonde Deep Space One. Pourtant, Chang-Diaz fait une autre proposition, celle de monter un modèle expérimental sur la Station Spatiale ! L'intérêt serait double : tout en démontrant la validité du concept, on ouvrirait la voie à un procédé de rehausse de l'orbite de la station particulièrement séduisant, car consommant très peu de propergol (on bénéficierait par ailleurs d'une source de puissance électrique existante).

Mais c'est à l'horizon des vols de routine vers Mars que ce mode de propulsion pourrait devenir roi, en permettant des trajets de moins de 3 mois. Pour un vaisseau de 61 tonnes à transférer vers Mars (masse supérieure à celle de la mission de référence NASA), et en supposant que le générateur de puissance atteint une masse spécifique de 4 kg/kW (ce qui est raisonnablement optimiste), on aboutit à 188 tonnes de masse initiale en orbite terrestre et à une puissance électrique de 12 MW.



projet de vaisseau martien équipé de moteurs VASIMR ; à noter : la disposition périphérique des réservoirs d'hydrogène liquide (en jaune), qui procure une protection efficace contre le rayonnement cosmique, et celle des radiateurs (en noir) nécessaires au générateur de puissance électrique (doc. NASA)

Bien entendu, nous n'en sommes pas là ! VASIMR doit faire ses preuves. Quels que soient l'enthousiasme et la valeur de ses

promoteurs, ceux-ci ne sont pas encore à l'abri d'une déception, particulièrement au niveau du rendement. Mais les résultats déjà atteints sont plus qu'encourageants, et il faut souhaiter que ces travaux continueront à être soutenus, car nous nous trouvons peut-être à l'aube d'une de ces rares percées de l'histoire de la propulsion spatiale. Cette percée aurait une signification d'autant plus importante qu'au-delà d'un accès sans contrainte au Système Solaire, elle pourrait ouvrir la voie au grand rêve de la propulsion par fusion contrôlée, la voie des étoiles...

Richard Heidmann

(suite de l'article « Houghton 2001 : répétition », page 1)

Sa formation de géologue, sa profession d'auteur et journaliste scientifique et son charisme l'ont fait désigner sans hésitation pour cette aventure passionnante et sont le garant d'une grande réussite de la mission, tant sur le plan scientifique que sur le plan médiatique. Notre ami occupera en effet dans l'équipage (dirigé par Robert Zubrin) le poste de géologue de terrain, poste où il pourra mettre à profit ses connaissances scientifiques. Et, bien évidemment, il n'oubliera pas que la mission a aussi pour la Mars Society l'objectif de sensibiliser et de motiver le public ! Il s'y est préparé soigneusement et de nombreuses communications sont programmées. Nous avons déjà pu l'entendre pendant une heure et demie sur Europe 1 et il cosignera dans *Pour la Science* la version française de l'article sur cette aventure paru, sous la plume de Robert Zubrin, dans *Scientific American*. Mais ce n'est qu'un début ! Comme l'avait prévu le Président de la Mars Society, cette opération, après avoir séduit ses sponsors, passionne les médias et s'avère le formidable vecteur de communication qu'il attendait. On se bouscule littéralement au portillon de la base. Une émission de 52 minutes dans un grand magazine télévisé est prévue après les vacances, ainsi que différents articles dans la presse.



l'équipage «vert» à l'entraînement en mai dernier, dans le Colorado ; au premier plan à gauche, Charles (doc.Ch. Frankel)
Charles, bien entendu, nous rendra compte de l'expédition au congrès de septembre, ainsi d'ailleurs que pendant la semaine de Mars'Expo 2001 (dont le programme va prochainement être publié). Rendez-vous à Mars'Expo, au Palais de la découverte, deuxième semaine d'octobre !
Mais surtout, il s'efforcera de nous faire vivre l'aventure « en direct » en alimentant notre site Internet d'emails et de photos. Le message ci-dessous, reçu depuis le Colorado en mai dernier,

Ont collaboré à ce numéro : Charles Frankel, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Antoine Meunier, Alain Souchier.

ainsi que les photos, nous donnent un petit aperçu :

Aujourd'hui 12 mai et hier, notre mission a consisté à essayer nos scaphandres et à simuler des reconnaissances sur le terrain, en liaison radio avec le centre de contrôle de Lakewood, près de Denver. Robert Zubrin, Pascal Lee et une demi-douzaine "d'astronautes martiens", dont moi-même, avons exploré hier une plaine d'inondation gorgée de blocs de granite, similaire sous de nombreux aspects au site de Mars Pathfinder. Nous apprenons à nous servir de nos outils géologiques et autres, encombrés de nos scaphandres, ce qui est assez ardu ! Et du coup, nous apprenons beaucoup de choses sur les difficultés qui nous attendent à Devon Island ! Aujourd'hui, nous nous rendons sur un nouveau terrain, à près de 2500 m d'altitude, où de belles strates rocheuses nous attendent. J'ai hâte d'enfiler mon scaphandre et de me mettre au travail : échantillonnage de roches, essais de nos protocoles radio, et tests de la ventilation du scaphandre et de ses problèmes de vision et de mobilité. Le port du scaphandre, cela étant, est assez agréable. On se retrouve "dans sa bulle", à la fois protégé mais coupé du monde extérieur. Ce premier message est un test, en vue des rapports que je ferai cet été à « Planète Mars » depuis notre base de Houghton.



la base « Flashline » visitée et vérifiée le 2 avril : état impeccable, mais -30°C à l'intérieur ! (doc. TMS)

au Palais de la Découverte, à Paris

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

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

et

du 9 au 14 octobre 2001 MARS'EXPO 2001

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



deux grands événements !

renseignements : www.planete-mars.com