



PLANÈTE MARS



Numéro 10 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

janvier 02

ÉDITO : MOTIVATION

Chacun a pu observer les répercussions des événements du 11 septembre sur la scène mondiale et sur la vie économique. Il est naturel que, confrontés à la violence de tels soubresauts, les esprits se focalisent davantage sur les préoccupations immédiates que sur les conditions d'un développement durable de notre prospérité, voire sur le devenir de notre civilisation.

Notre association est portée par la conscience de l'impérieuse nécessité, vis-à-vis de nous-mêmes et des générations futures, de la prise en compte des enjeux à long terme. En effet, ce à quoi elle se voue au travers de son objet - la promotion de l'aventure martienne - c'est la motivation pour la connaissance et pour le développement de nouveaux champs d'activité humaine. Il est donc évident que, loin de nous désenchanter, le séisme que nous venons de subir ne peut que nous mobiliser davantage. Et ceci d'autant plus que le spectacle des conflits conduit à douter de l'Homme et du progrès.

Les développements récents de la situation de la science spatiale sont mitigés. En décembre, l'Europe de l'Espace a malheureusement manifesté un manque de soutien actif dans ce domaine, en refusant d'accroître son effort pour les programmes scientifiques, bloqué depuis des années... Mais en même temps, elle a lancé le programme AURORA, dédié à nous préparer à l'exploration du système solaire... Aux États-Unis, l'arrivée à la tête de la NASA d'un nouvel administrateur à la réputation de « coupeur de budgets » soulève quelques craintes. Pourtant, la gestion désastreuse du programme de l'ISS doit bien conduire, un jour ou l'autre, à une réaction ; espérons seulement que celle-ci ne se produise pas trop tard et que les dépassements budgétaires garderont un impact limité sur les programmes d'exploration spatiale. Ceux-ci, et plus particulièrement ceux consacrés à l'exploration de Mars, sont jusqu'ici restés en augmentation d'une année sur l'autre.

A leur niveau, la Mars Society et Planète Mars poursuivent leur action avec détermination. Grâce à Internet et au bulletin, vous en suivez le développement. A l'occasion de notre prochaine AG, le 16 mars, faites-nous part de vos suggestions !

Richard Heidmann, président de « Planète Mars »

Dans ce numéro :

- Planète Mars à Odysée 21 p.1
- Pérégrinations d'un étudiant au congrès de l'IAF p.1
- La vie de l'association p.2
- Radiations spatiales (partie 2/2) p.3
- Vos questions p.5
- Mars et la station orbitale ISS p.7
- Le VRP p.8
- Des perspectives à 20 ans p.8

prochain numéro : avril 2002

PLANÈTE MARS À ODYSÉE 21

Dans le cadre de la fête de la science, la Région Haute-Normandie a organisé au parc des expositions de Rouen, du 17 au 24 octobre, un salon exposition dénommé Odysée 21, où avaient été conviés les principaux acteurs techniques et scientifiques (entreprises, organismes, établissements d'enseignement) de la région mais aussi certains acteurs nationaux ou internationaux comme le CNES ou l'Agence Spatiale Européenne.



Le stand Planète Mars à Odysée 21 (doc. A. Souchier)

Sur la période du salon Lionel Cousin et Dominique Guillaume ont assuré la permanence sur le beau stand « Planète Mars », situé au cœur de l'ensemble des stands aéronautiques et spatiaux

(suite page 2)

PÉRÉGRINATIONS D'UN ÉTUDIANT AU CONGRÈS DE L'IAF

Dans le cadre des études que je poursuis actuellement à l'I.S.U. (International Space University) de Strasbourg, j'ai été convié à participer, comme tous les autres étudiants, au congrès de l'I.A.F., International Astronautical Federation, qui s'est déroulé à Toulouse du 1^{er} au 5 octobre 2001.



R. Zubrin au congrès de l'IAF (doc. A. Souchier)

Ce congrès rassemble plusieurs centaines de personnes travaillant dans le secteur du spatial, des chercheurs, des ingénieurs,

(suite page 6)

(suite de l'article page 1 : Planète Mars à Odysée 21)

de l'exposition. Le 18 octobre, Richard Heidmann a présenté dans le décor étonnant du « Magic Mirror » la planète Mars, les motivations qui conduisent l'humanité à l'explorer et la problématique du voyage. Le 23 octobre, Alain Souchier a développé le thème du voyage martien tel qu'il a été imaginé depuis 1950 et tel qu'on peut le concevoir au 21^{ème} siècle.

Idées de rovers

Au cours de cette semaine d'exposition et de conférences, Renault exposait deux véhicules « concept car » qui présentent quelques analogies intéressantes avec ce que l'on peut imaginer de futurs rovers martiens pour astronautes.

Le véhicule « Modus » possède un avant arrondi à large visibilité dont les astronautes aimeraient sûrement disposer pour faciliter l'exploration martienne. Il est surtout équipé d'un système de chargement et déchargement automatique dont l'intérêt sur Mars serait évident.



le Pangea de Renault (doc. A. Souchier)

Le véhicule d'exploration « Pangea » est en deux tronçons : un véhicule de tête à 4 roues (qui a donné naissance au Kangoo) et une remorque à 2 roues. La totalité des roues est motrice, avec en particulier une solution où une turbine produit de l'électricité pour les moteurs actionnant les roues. La configuration 6 roues motrices dont une remorque paraît bien adaptée à l'évolution en terrain accidenté. Le « Pangea » possède quelques autres caractéristiques intéressantes pour un futur véhicule martien : des rangements à accès extérieurs (outils mécaniques, outils électriques, équipements d'analyse, réceptacles à échantillons...), des interfaces externes sources d'énergie (électricité, gaz - sans doute moins utile sur Mars ... sauf s'il s'agit de méthane et oxygène -) et bien sûr une antenne satellite. Le véhicule de tête est équipé d'une coupole d'observation qui rappelle celle du char lunaire de Hergé et où il faudra d'ailleurs trouver une solution au désagrément subi par le capitaine Haddock sur la Lune : le choc de l'observateur contre la coupole lors des cahots du trajet sur un terrain accidenté. Quant à l'intérieur du Pangea, il a décidément déjà une allure de vaisseau spatial.

Alain Souchier



intérieur du Pangea (doc. A. Souchier)

LA VIE DE L'ASSOCIATION

PLANÈTE MARS

Comme toujours, nombreuses conférences et participations à diverses manifestations. A noter en particulier un exposé à la Snecma. Le premier congrès européen de la Mars Society a d'ailleurs fait l'objet du bulletin spécial paru en décembre dernier.



conférence à Snecma Villaroche (doc. A. Souchier)

La réalisation du bulletin de "Planète Mars"

La matière première est faite d'articles écrits spontanément par des membres. Un mois avant la parution, le comité de lecture (actuellement constitué de John Barton, Philippe Bordier, Lionel Cousin, Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Alain Souchier) en fait une première analyse. Une première réunion permet de choisir les articles et de définir la répartition des textes et des photos. Le responsable de l'édition du bulletin (R. Heidmann jusqu'au n° 8, J. Barton depuis le n° 9), constitue la maquette et l'envoi pour relecture. Une deuxième réunion permet de faire la synthèse des corrections proposées. Après une ultime analyse détaillée par D. Guillaume, le bulletin définitif est construit. Après tirage (à 270 ex. pour le présent numéro) et impression des enveloppes, mise sous pli, il n'y a plus qu'à... penser au bulletin suivant ! Conclusion de tout cela : pour que vive votre bulletin, envoyez-nous des articles, et vos suggestions !

(suite page 7)

RADIATIONS SPATIALES (partie 2 / 2) (suite de l'article du numéro 9 d'octobre 2001)

un rapport du groupe de travail sur les aspects médicaux et sanitaires des vols habités ; membres du groupe : **Christophe Kueny - Laurent Royer - Emilie Paul - Sébastien Fouéré** ; collaborateurs : **Yannick Blin - Eric Varanne**

NOTA : les définitions en dosimétrie et la signification des acronymes figurent dans la première partie (bulletin n° 9, page 4, § 3). Vous pouvez trouver la première partie à la page des membres du site Planète Mars.

4.2. Effets tardifs

4.2.1. Considérations générales

Les effets stochastiques sont principalement les cancers, les effets sur le système nerveux central et les transmissions d'anomalies génétiques à la descendance. La difficulté de quantification des effets sur le vivant est responsable de la marge d'erreur. En ce qui concerne le système nerveux central (SNC), il faudra définir la nature des dommages induits par les radiations.

4.2.2. Cancers, incertitudes quant à leur induction

Le suivi de différentes populations irradiées (Hiroshima, Nagasaki, Tchernobyl, accidents industriels, médecine nucléaire et radiothérapie) montre la relation entre radiations et cancer. Cependant, le mode d'irradiation est sensiblement différent de celui survenant dans l'espace. Le temps d'exposition pour délivrer la dose totale est très différent, et certains auteurs introduisent un facteur correcteur d'efficacité du taux de dose, calculé sur des modèles expérimentaux de carcinogénèse radio-induite [15].

Ces extrapolations produisent un tiers de la marge d'erreur :

Bombardements atomiques	Rayons cosmiques galactiques
Flux massif bref	Flux faible « constant »
Rayons X et γ , neutrons	Protons, alpha et HZE
TLE bas	TLE élevé
Population japonaise en 1945	Population européenne actuelle

Le facteur de pondération W_R a été introduit pour ces raisons. Le Comité International de Protection Radiobiologique en a fixé la valeur pour différentes particules sur la base de nombreuses études :

Type et énergie de radiation	W_R
Photons, toutes énergies	1
Électrons, muons, toutes énergies	1
Neutrons $E < 10$ keV	5
Neutrons $10 \text{ keV} < E < 100 \text{ keV}$	10
Neutrons $100 \text{ keV} < E < 2 \text{ MeV}$	20
Neutrons $2 \text{ MeV} < E < 20 \text{ MeV}$	10
Neutrons $E > 20 \text{ MeV}$	5
Protons, autres que secondaires	5
Particules alpha, HZE	20



sur Mars le sol offrira une protection contre les radiations (doc. P. Brulhet)

Pour réduire la marge d'erreur sur W_R , il faut définir l'EBR de chaque particule à différents niveaux d'énergie. La relation dose/réponse d'induction tumorale par des protons n'est pas connue. Les expériences actuellement disponibles sont inadéquates pour appréhender le risque de cancer. L'étude de la survie de populations cellulaires ne permet pas une estimation directe du risque carcinogénétique, mais offre au moins la possibilité de calculer l'EBR en mesurant la mutagenèse et les aberrations chromosomiques. Les études sur ces sujets sont également sporadiques et parfois même contradictoires, avec selon l'exemple des effets moins délétères que prévu. En moyenne, cependant, les auteurs s'accordent sur les similitudes d'effets entre les protons et les rayons X ou γ . Malgré cela, des études sont indispensables pour obtenir la confirmation avec des protons à 0.1 GeV et plus. Au total, des recherches doivent être menées dans au moins deux directions, la détermination du facteur qualité de ces radiations et le mécanisme intime conduisant à l'apparition de la tumeur après une irradiation prolongée. Il faudra pour cela construire de nouveaux modèles expérimentaux de biologie cellulaire.

4.2.3. Effets sur le système nerveux central

Lors du minimum solaire, chaque cellule du corps voit son noyau traversé par un proton tous les trois jours, par une particule alpha tous les mois et par une particule HZE tous les ans. Les dégâts induits par les protons et les α sont probablement réparables soit par des réparases cellulaires, soit par division cellulaire pour les cellules capables de se diviser. Axones et dendrites sont très radiorésistants. Les neurones ne se divisant qu'exceptionnellement, les dégâts génétiques ne sont pas forcément apparents. Cependant, une perte de fonctionnalité de ces neurones est possible et durable dans ce cas.

Les particules HZE ont une place particulière en raison de leur trace d'ionisation longue avec un cône de dissipation énergétique important sous forme de particules secondaires. Elles créent des microlésions en affectant plusieurs neurones contigus. Même si macroscopiquement le cerveau semble homogène, son organisation est complexe. Il existe une dichotomie entre la substance blanche, dépourvue de neurones, « autoroute » de communication, et la substance grise, concentration de neurones formée par le cortex et les noyaux gris centraux. Les noyaux ont souvent une fonctionnalité très pointue et sont très interconnectés avec le

reste du cerveau. La maladie de Parkinson correspond à la destruction progressive de neurones dopaminergiques dans un seul noyau gris (locus niger) et pourtant les conséquences sont énormes sur la motricité. Les particules HZE sont susceptibles de produire de telles destructions et, pour illustrer le danger, la respiration et la cardioregulation sont assurées par des noyaux situés dans le plancher du IV^{ème} ventricule cérébral. Nous ne disposons pas actuellement de données suffisantes sur l'effet des particules HZE sur le système nerveux central : ces particules ne sont connues que depuis 1948, et seuls quelques centres dans le monde ont des accélérateurs susceptibles de permettre de telles recherches.

Au niveau cellulaire, les particules HZE manifestent plus d'effets délétères que des particules à TLE bas. L'hétérogénéité du SNC ne permet pas d'extrapolation hasardeuse. En dépit de leur nombre restreint, les spationautes constituent une population dont le suivi offrira des données épidémiologiques intéressantes. Les seuls effets fonctionnels observés à ce jour sont des modifications du goût chez des rats, avec un effet plus important pour les particules HZE qu'avec des protons [16-17].

La quasi-absence de mitose neuronale rend difficile l'observation d'effets tardifs. Il est cependant évident que la lésion d'ADN dans le noyau d'un neurone peut affecter l'expression d'un gène, créant une perte irremplaçable de fonctionnalité ou la mort cellulaire. Au total, les particules HZE peuvent induire des dommages cérébraux, mais les données actuelles ne permettent pas de prédire les effets par extrapolation.

4.2.4. Effets sur le cristallin, cataracte

Les radiations induisent des cataractes (opacification du cristallin de l'œil). La dose seuil a été définie en radioprotection civile par la médecine du travail pour les personnels exposés à des sources radioactives. La détection d'une cataracte n'est possible qu'à partir d'un seuil et, pour cette raison, il convient de classer cet effet comme stochastique plutôt que déterministe [18]. La dose seuil chez l'homme serait de 2 Gy, mais cette donnée dérive de l'étude des survivants des bombardements atomiques. En fractionnant la dose, le seuil pourrait être plus élevé. C'est le cas des patients subissant une irradiation totale avant greffe de moelle osseuse. Chez le singe, les protons induisent des cataractes aux mêmes doses que les rayons X. L'exposition aux protons durant une mission martienne ne devrait pas induire d'opacification significative.

4.2.5. Effets sur la descendance

Les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki fournissent la plus grande base de données : malformations congénitales, prématurité, mort-nés, tumeurs avant l'âge de 20 ans, décès exclusivement par cancer, etc. Il n'y a pas d'augmentation de ces indicateurs chez les enfants issus de parents ayant une dose gonadique cumulée de 0.4 à 0.5 Sv [19]. Des effets cytogénétiques sont observés au delà. L'UNSCEAR souligne toutefois le caractère intense, bref et brutal de l'exposition. Pour doubler l'incidence des anomalies, il faut une dose cumulée de 1.7 à 2.2 Sv. Fractionnée, la dose est portée à 4 Sv selon Neel et Schull. Cependant, le risque transmissible dépend du locus génétique considéré. De plus, si des modifications transmissibles devaient survenir, d'autres éléments devraient être pris en compte en cas de vols vers Mars : la population est réduite, a eu ou aura des enfants avec un partenaire non exposé. Cette question sera cependant cruciale en cas de colonisation avec naissance in situ.

4.2.6. Radiations et micro-gravité

Certains effets des radiations se cumulent avec l'effet de la pesanteur réduite. Plus particulièrement, la micro-gravité induit une diminution des lignées sanguines selon un mécanisme encore mal élucidé. L'exposition prolongée à deux facteurs de risque laisse prévoir des dangers potentiellement graves. Aucune donnée n'est disponible à ce jour. Les analyses effectuées sur Valéry Poliakov ne montrent pas de modification dans ce domaine, mais il semble que ce spationaute était tout particulièrement résistant aux conditions spatiales ; et on ne peut pas conclure sur un seul cas.

4.2.7. Variation de la susceptibilité selon les sujets

Certains sujets présentent une prédisposition à faire des cancers. L'augmentation du risque par prédisposition génétique est difficile à quantifier. La protéine p53 et les mécanismes de réparation de l'ADN sont impliqués. Une meilleure compréhension des mécanismes de réparation des dommages radio-induits et des effets des mutations sur les gènes impliqués dans ces mécanismes et leur contrôle permettra d'appréhender le risque et les effets prévisibles, voire de dépister les sujets potentiellement à risque. Par ailleurs, il semble qu'une exposition aux radiations produise une sorte de réponse cellulaire apportant un certain degré de radorésistance. C'est un phénomène que l'on compare au bronzage après exposition aux UV.

5. Réduction du risque et de sa marge d'erreur

Les contre-mesures biologiques concernent essentiellement l'alimentation avec des vitamines et des antioxydants visant à combattre les radicaux libres. La sélection des spationautes pourra ultérieurement s'appuyer sur la cytogénétique en refoulant ainsi les sujets sensibles.

Hormis les missions lunaires, les orbites sont basses et seule l'anomalie Atlantique Sud est source d'exposition importante. La mission du corps médical est de donner aux ingénieurs les limites du risque pour qu'ils puissent concevoir une architecture de mission et un aménagement du vaisseau conciliant les impératifs techniques et biologiques. Pour cela, le biologiste a besoin de mieux connaître les radiations spatiales, leurs interactions avec les tissus vivants. Il faut valider expérimentalement les modèles informatiques sachant que, dans le meilleur des cas, en l'absence de données suffisantes, les distorsions entre le modèle théorique informatique et le modèle expérimental correspondent à deux ordres de grandeur.

Des boucliers actifs ont été imaginés, créant à l'aide d'anneaux supraconducteurs un champ magnétique autour du vaisseau. Le surpoids, l'énergie requise, la fragilité du système et l'inexpérience dans ce domaine sont rédhibitoires.

Pour mémoire, la réduction des budgets alloués aux recherches dans ce domaine est telle qu'actuellement la NASA ne dispose d'accélérateurs de particules lourdes que 100 h/an. A ce rythme, il faut compter 20 ans pour créer un bouclier rationnel !

Certains auteurs proposent de mettre en balance le surcoût de la recherche et le surcoût par augmentation globale de la masse du bouclier, en acceptant un risque calculé, indépendamment de toute considération éthique.

Le vol pourrait être effectué durant le minimum de l'activité solaire, même si la baisse de l'activité correspond à une baisse de la protection offerte par la magnétosphère solaire. Cette diminution de la protection implique plus de particules HZE, or le consensus sur la date de départ dépend précisément de l'EBR de ces particules. C'est justement ce que l'on connaît le moins. On peut aussi proposer d'accepter le risque d'un départ en période de forte activité sachant que la protection contre un orage solaire peut être obtenue assez facilement.

6. Conclusion

Le risque lié aux radiations spatiales n'est pas négligeable. Les données permettant d'effectuer des prédictions et de prendre les contre-mesures adéquates sont aujourd'hui encore limitées. La préparation de l'arrivée de l'Homme sur Mars va nécessiter d'accroître sensiblement les efforts de recherche dans ce domaine

7. Bibliographie

1. COLIN, TIMBAL, Médecine aérospatiale, seconde édition, 1999, expansion scientifique publication.
2. SIMPSON J.A., Introduction to the Galactic Cosmic Radiation : Composition and Origin of the Cosmic Rays. 1983, (MM Shapiro Ed.) Reidel Publishing, Dordrecht, The Netherlands.
3. SPACE STUDY BOARD, THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Radiation Hazards to Crews of Interplanetary Missions, Biological Issues and Research Strategies , 2000.
4. Source Internet : <http://cspar181.uah.edu/RbS/PAPER/jgr5.html> : R.B. SHELTON, T.A. FRITZ, On the Outer Radiation Belt Electron Source.
5. BEEBE, GILBERT W., HIROO KATO, CHARLES E. LAND, 1978. "Studies of the Mortality of A-Bomb Survivors : 6. Mortality and Radiation Dose, 1950-1974" (RERF TR-1-77). Radiat. Res. 75 : 138-201.
6. CURTIS J.B., NEALY J.E., WILSON J.W., Risk cross section and their applications to risk estimation in the galactic cosmic-ray environment. Radiat. Res. 1995, 141 : 57-65.
7. BEAUJEAN R., REITZ G., KOPP J., Recent European measurements inside biorack. Mutation Research 430 (1999) 183-189.
8. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). Guidance on Radiation Received in Space Activities. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP Report No. 98. National Council on Radiation Protection and Measurements, 1989. Bethesda, Md.
9. CONKLIN J.J. and WALKER R.I., Military Radiobiology. Academic Press, Orlando, Fla. eds. 1987.
10. HAHN E.W., FEINGOLD S.M., SIMPSON L. and BATATA M. Recovery from aspermia induced by low-dose radiation in seminoma patients. Cancer 1982. 50: 337-340.
11. MEISTRICH and VAN BECK, Radiation sensitivity of the human testes. 1990.
12. LUSHBAUGH C.C. and CASSARETT G.W. Effects of gonadal irradiation in clinical radiation therapy : A review. Cancer 1976 37 : 1111-1125.
13. ASH P. The influence of radiation on fertility in man. Br. J. Radiol. 1980. 53: 271-278.
14. DAMEWOOD M.D. and GROCHOW L.B. Prospects for fertility after chemotherapy or radiation for neoplastic disease. Fertil. Steril. 1986. 45 : 443-459.
15. UNSCEAR (1993). Annex F : Influence of dose and dose rate on stochastic effects of radiation. 619-728 in : Sources and effects of atomic radiation : UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations, New York.
16. PHILPOTT D.E., SAPP J. et coll., The effects of high energy (HZE) particle radiation (⁴⁰Ar) on aging parameter of mouse hippocampus and retina. Scanning electron Microsc. 1985 Part 3 : 1177-1182.
17. JOSEPH J.A., HUNT W.A., RABBIN B.M., DALTON T.K. Possible « accelerated striatal aging » induced by ⁵⁶Fe heavy particles irradiation : Implication for manned space flights. Radiat. Res. 1992. 130 : 88-93.
18. OTAKE M., SCHULL M. Radiation related posterior lenticular opacities in the Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors based on DS86 dosimetry system. Radiat. Res. 1990. 121 : 3-13.
19. NEEL J.V., SCHULL W.J. The children of atomic bomb survivors : a genetic study. Eds 1991. National Academic Press. Washington, D.C..

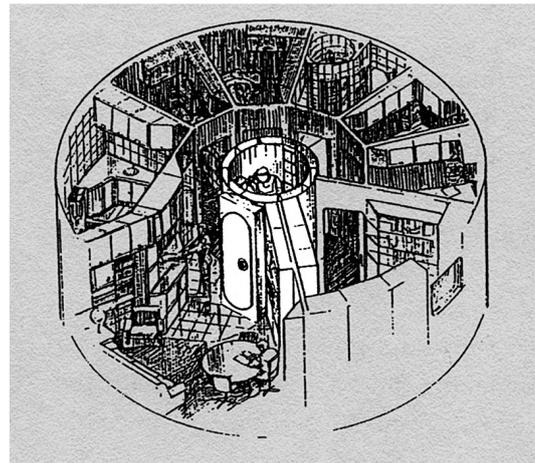
VOS QUESTIONS

Q : quelle est la distance Terre-Mars ?

R : elle est très variable, du fait des orbites concentriques des deux planètes autour du Soleil. Lorsque la Terre, Mars et le Soleil se trouvent alignés, du même côté de ce dernier (opposition), cette distance peut descendre à 56 millions de km (Mkm), soit à peu près le tiers de la distance Terre-Soleil. A l'inverse, lorsque les deux mondes se trouvent à l'opposé par rapport au Soleil, elle peut atteindre 400 Mkm, soit près de 8 fois plus !

Q : quelle transformation de l'atmosphère résulterait de la première phase de la terraformation ?

R : selon le schéma théorique, et avec une hypothèse moyenne sur la quantité de CO₂ piégée dans le sol, la première phase (nécessitant d'accroître la température de l'atmosphère de quelques degrés) conduirait au bout de quelques décennies à une pression de 100 à 150 mbar (et à des températures posi-



concept de zone de protection contre les radiations au centre du vaisseau (doc. The Mars Society)

ves), autorisant la circulation sans scaphandre, mais avec masque respiratoire (pas d'oxygène dans l'atmosphère).

Q : comment envisage-t-on la prise en compte des problèmes sanitaires ?

R : c'est un domaine d'études important et qui promet d'avoir des retombées considérables dans le domaine médical. Il va falloir optimiser la « pharmacie », l'équipement médical et chirurgical, et développer les techniques de télémédecine. Cela entraînera l'amélioration de nos modes de diagnostic, de nos protocoles et la miniaturisation des appareils (un exemple récent en est fourni avec un dosimètre miniature qui sera prochainement expérimenté dans la Station Spatiale Internationale). Un des membres de l'équipage sera médecin et capable d'interventions chirurgicales. Au moins un autre aura des connaissances suffisantes pour soigner, avec l'aide de la Terre.

(suite de l'article page 1 : pérégrinations ...)

des managers, des commerciaux, ainsi que des hommes de loi. Il y avait aussi un centre d'exposition où de nombreux acteurs du spatial étaient présents, notamment au niveau européen (EADS, Snecma, Alcatel Space, Astrium, CNES, ESA, Arianespace, NASDA, Boeing...).

D'entrée, on est frappé par la complexité de l'organisation. Plus de 10 sessions en parallèle, une numérotation abracadabrante (IAA.13.1, A.1, A.2, J.5, ...), des salles de tous les côtés, bref, il n'est pas facile de s'y retrouver. Mais finalement, après une matinée de rodage et avec l'aide de charmantes hôtesses, on finit par s'habituer. Moi, évidemment, c'était surtout les sessions relatives à l'exploration martienne qui m'intéressaient. Cependant, en y regardant de plus près, de nombreux travaux pouvaient être rattachés de près ou de loin à l'exploration planétaire au sens large. D'abord, il y a eu de nombreuses présentations concernant l'évolution d'Ariane 5. Mais quel est donc la charge utile maximale que la future Ariane 5 pourrait envoyer vers Mars dans 10 à 15 ans ? 10 tonnes, 11 tonnes ? Dommage, c'est encore insuffisant pour un vol habité, mais on progresse, c'est une affaire à suivre, d'autant qu'il paraît que la fusée a été conçue pour emporter un jour des astronautes ! Il y a aussi de nombreux travaux concernant les différents modes de propulsion dans l'espace. C'est à qui proposera le moteur le plus efficace en utilisant des technologies maîtrisées. Même les panneaux solaires n'ont pas dit leur dernier mot, selon certains critères d'efficacité ! Mercredi et jeudi, enfin, des sessions spéciales sont dédiées à la Lune et à Mars.

Concernant les futures missions de retour d'échantillons, j'apprends avec angoisse qu'un écart de 0,5 degré sur la trajectoire permettant le freinage par l'atmosphère martienne avant la mise en orbite provoquerait la perte de la sonde ! Mais le CNES affirme avoir une marge d'erreur de 0,2 degré et avoir déjà procédé à des simulations satisfaisantes.

La Lune, grand laboratoire spatial avant les explorations lointaines, voilà ce que proposent les partisans d'un retour rapide vers notre satellite. Moi, bien entendu, je préfère Mars avant la Lune, mais j'avoue avoir été séduit par un argument auquel je n'avais pas pensé, la téléprésence : des robots lunaires peuvent être commandés depuis la Terre (1 seconde de délai de transmission) afin d'entreprendre des travaux de construction de la base avant l'arrivée des humains, alors que ce n'est pas envisageable pour Mars. Mais comme il a été rappelé par un autre intervenant, l'absence d'azote sur la Lune et les incertitudes concernant la glace restent des problèmes clés qui n'ont pas encore trouvé de solution satisfaisante.

Un projet de base martienne a été proposé par des européens. Inspiré de la mission de référence de la NASA, il offre quelques idées nouvelles, dont l'envoi d'un camion utilitaire, sorte de grue-tracteur. Les travaux semblent toutefois assez préliminaires.

Une des présentations les plus spectaculaires a été la vidéo américaine (NASA Glenn) montrant l'assemblage en orbite des NTR (Nuclear Thermal Rocket), le voyage vers Mars, puis le retour. En tout, quinze minutes d'images de synthèse d'une qualité extraordinaire, presque comme si on y était. D'abord le décollage d'une première fusée permet la mise en orbite basse du moteur de la NTR. Une deuxième fusée envoie ensuite en orbite l'ERV (Earth Return Vehicle), qui est assemblé avec le moteur. Deux autres fusées permettent l'assemblage en orbite d'une deuxième NTR qui emporte le module cargo (unité de

production de carburant et d'oxygène, capsule de remontée...). Les deux NTR sont envoyées vers Mars. Deux ans plus tard, deux nouvelles fusées permettent un nouvel assemblage en orbite terrestre : cette fois-ci c'est le module habité. Et la NTR est envoyée vers Mars. A noter la mise en rotation de la NTR pour obtenir une gravité artificielle, le module habité étant positionné à son extrémité. On voit ensuite l'atterrissage (amarsissage ?) de l'habitat sur la surface martienne, tout près du module cargo. Il y a malheureusement impasse sur la mission elle-même et on se retrouve un an plus tard pour le voyage retour, avec utilisation de la capsule de remontée, rendez-vous en orbite avec l'ERV et retour final vers la Terre.

Je ne pouvais finir ce récit sans mentionner la présentation de Robert Zubrin. Le président de la Mars Society a effectué un bilan des actions menées cet été à Devon Island. Il a notamment montré que le travail des humains est beaucoup plus efficace que celui des robots, même si le mouvement des astronautes est entravé par la rigidité de la combinaison spatiale. Il a donné comme exemple la démarche de terrain du géologue, qui repère rapidement les pierres intéressantes, fait un pas de côté pour mieux voir, revient sur sa première impression ou au contraire ramasse la pierre, la nettoie et l'examine attentivement. Là où il faut deux heures pour un être humain, il faut plusieurs milliers d'heures pour un robot et la découverte n'est même pas garantie. Il a également montré une photo d'un géologue qui escaladait une petite colline pour avoir un meilleur point de vue. Un robot n'est pas capable de gravir une telle colline. Robert Zubrin a également déclaré que les petits rovers monoplaces, tout terrain et non pressurisés étaient très efficaces. Lors d'une sortie terrain, les arrêts sont fréquents et les géologues doivent avoir un accès rapide aux roches qu'ils rencontrent. Un grand rover pressurisé entraînerait une perte de temps, car chaque sortie extravéhiculaire nécessiterait la préparation de la combinaison et le passage dans la cabine de dépressurisation. Les leçons tirées des activités menées cet été sont en fait très nombreuses. Autre exemple : contrairement à ce qu'on aurait pu croire, tout le monde est très occupé pendant toute la durée des opérations, car il y a toujours quelque chose à faire. En premier lieu, il faut préparer une sortie et définir les objectifs, en s'aidant des cartes et des images aériennes. Il faut ensuite attribuer un rôle à chacun et planifier les activités. Il y a bien sûr la sortie proprement dite, puis il faut dresser un bilan, mettre à jour les données sur les cartes, effectuer une analyse des échantillons collectés et enfin écrire un rapport. A côté de ces activités, il faut également effectuer la maintenance de l'habitat et des différents appareils, ranger, nettoyer, entretenir, manger et se reposer, sans oublier les divertissements, musique ou films par exemple.

Je terminerai ce récit en vous faisant part d'une image qui m'est restée, celle de Robert Zubrin, sur le bord de l'estrade, comme pour être plus près des foules qu'il tente de haranguer, pointant du doigt celui qui doit poser la prochaine question (usurpant le rôle habituellement donné au chairman de la session) et disant : Yes !

Marc Salotti



fusée à moteur thermique nucléaire (NTR) permettant un voyage rapide vers Mars (doc. NASA, montage M. Salotti)

MARS ET LA STATION ORBITALE ISS

Lors du 52^e congrès international d'astronautique de Toulouse, du 1^{er} au 5 octobre 2001, la dernière séance plénière réunissait 4 astronautes et cosmonautes autour de vidéos, photos et échanges avec un public de 300 personnes sur le thème de la station orbitale internationale.

A une question sur l'utilité de la station pour préparer le vol vers Mars, Michel Tognini, titulaire de deux vols à bord de Mir (1992) et de la navette (1999), a répondu qu'il en avait débattu avec Sergueï Krikalev à son retour de la première occupation de la station ISS. Celui-ci avait rétorqué que la station préparait bien au vol vers Mars à une exception près : le mode de travail des astronautes n'y est pas représentatif car les communications avec les centres de contrôle au sol sont très fréquentes. Il faudrait réduire ces communications très fortement pour se mettre en situation «vol vers Mars».

Michel Tognini a rappelé que nous n'avons pas encore les lanceurs lourds nécessaires à la mission martienne et que la NASA à Houston (Franklin Chang-Diaz) travaille sur un nouveau moteur à plasma d'hydrogène (le VASIMR), qui permettra de réduire le voyage aller retour à neuf mois (trois mois de trajet aller, trois mois sur Mars, et trois mois de trajet retour).

On a remarqué, lors de ce congrès, l'assistance plus nombreuse que d'habitude dans les trois sessions consacrées à l'exploration de Mars. L'exploration robotique est déjà bien lancée et le thème de l'exploration humaine est étudié par toutes les agences.



conférence des astronautes à l'IAF (doc. A. Souchier)

Pour en revenir à l'ISS, celle-ci pourrait bien servir de banc d'essai pour la préparation du voyage : système de contrôle de l'environnement (air, eau, déchets) avec un maximum de recyclage, sources de puissance électrique, habitat gonflable, équipements de télésurveillance médicale, scaphandres à entretenir sans retour à terre pourront y être qualifiés sur de longues durées. Et, bien sûr, toutes les études concernant le comportement psychologique des équipages peuvent y être abordées. Le seul inconvénient de la station est peut-être... la micropesanteur. Car le vol Terre Mars devrait en principe se dérouler sous pesanteur artificielle obtenue par rotation. Toutefois, même si un tel choix est fait, le fonctionnement en micropesanteur sera la règle pour certaines phases du vol et doit donc faire partie des conditions de qualification.

Alain Souchier

(suite de l'article page 2 : la vie de l'association)

Assemblée Générale Ordinaire (AGO) 2002

L'AGO aura lieu **samedi 16 mars, de 14h30 à 16h30**, à la **Salle de l'Espace du C.N.E.S.**, 2 place Maurice Quentin, 75001 Paris (M° Les Halles). Elle sera suivie d'une conférence ouverte au public.

Candidatures au Conseil d'Administration (CA)

En application des statuts, 3 des 9 membres du CA doivent être renouvelés lors de l'AGO. Si vous êtes candidate ou candidat, merci de le faire savoir par courrier au Siège ou par dominique.guillaume4@wanadoo.fr : l'association a besoin de vous !

Albert Ducrocq, la mémoire de l'espace

Jean Paul Trachier, fondateur de l'observatoire de Triel, et Gilles Dawidowicz avaient organisé à Triel, le 8 décembre, une manifestation à la mémoire d'Albert Ducrocq. De nombreux amis d'Albert ont pu écouter quelques enregistrements souvenirs et se rappeler quelques points marquants des rencontres et activités avec notre président d'honneur. Audouin Dollfus a clôturé la séance.

Récompense

L'Association Planète Mars a été récompensée pour la qualité de son site Internet par **Futura Sciences** : félicitations à notre webmaster Bertrand Spitz et à tous ceux qui collaborent à cette œuvre !

MARS SOCIETY

La deuxième station de simulation d'habitat sur Mars a été installée dans le sud du désert de l'Utah, sous la direction d'Anna Paulson et de l'architecte Frank Schubert (présent au congrès de fin septembre à Paris). La première campagne durera de janvier à mai 2002. Le projet Translife a par ailleurs fait l'objet de premières études détaillées de la part de diverses universités américaines.

Le projet Euro-Mars

Des représentants des sections européennes, réunis à Rotterdam le WE du 24 novembre, ont examiné les conditions de la réalisation d'un habitat simulé européen. Sites envisagés : l'Islande, l'Espagne (Rio Tinto) ou la Norvège. Beaucoup d'enthousiasme mais, aussi, que de difficultés à surmonter ! C. Frankel et R. Heidmann participaient à cette réunion.

Dominique Guillaume

LE VRP

De belles images de synthèse montrent, le long de falaises martiennes, des astronautes en rappel ou suspendus dans un harnais et procédant à la collecte d'échantillons. Il est vrai que les zones à forte déclivité, voire verticales, sont des endroits privilégiés pour accéder « facilement » à des couches géologiques d'âge s'étendant sur des millions d'années, recueil de l'histoire minérale comme biologique (fossiles) de la vie d'une planète. Les frères Lee ont rendu cette image (presque) réelle l'été 2001 en exécutant une descente en rappel le long d'une falaise du site Houghton sur l'île Devon, équipés du scaphandre simulé utilisé pour les sorties de l'habitat « martien » Flashline de la Mars Society.



le VRP (doc. A. Souchier)

Mais la descente en rappel ou au treuil d'un astronaute en scaphandre restera toujours une opération assez lourde dans laquelle la sécurité d'un homme est en jeu. Elle ne devra être engagée que si des objectifs à fort intérêt ont été localisés, ce qui exige une reconnaissance préalable avec au minimum une caméra de télévision, un éclairage, des moyens de mesure des dimensions des objets vus et éventuellement des appareils d'analyse in situ ou même de prélèvement.

Dans le cadre de l'association Planète Mars, j'ai réalisé un premier prototype d'un tel système. La difficulté principale est de concevoir un appareil « tout terrain », même si ce terrain est quasi vertical, qui puisse passer à la descente comme à la remontée des obstacles tels que saillies ou surplombs, et garder la caméra dirigée vers la paroi. Et au pire, si l'appareil se retourne, il faut

le remonter sans qu'il ne se coince et soit perdu !

Le prototype réalisé, d'une masse de 8 kg, comporte une caméra de télévision Hi 8 numérique, 2 lampes d'éclairage, un pointeur laser. Les 2 lampes ont des faisceaux parallèles écartés de 21 cm, ce qui permet de mesurer facilement la taille des objets vus dans le champ. Le pointeur laser est incliné par rapport à l'axe de la caméra et la position du spot donne la distance du point observé en redondance de l'écartement des faisceaux des lampes.

Le premier essai a eu lieu le 4 novembre et le VRP (Véhicule de Reconnaissance de Paroi) a pu être descendu ... et remonté le long d'une paroi quasi verticale accidentée de 20 m de haut. La descente s'est effectuée à 1 m/mn en particulier pour ne pas rencontrer de difficultés de mise au point en mode autofocus. Le champ couvert par la caméra dirigée perpendiculairement à la

Ont collaboré à ce numéro : Dominique Guillaume, Richard Heidmann, Marc Salotti, Alain Souchier et le groupe de travail « aspects médicaux » animé par Christophe Kueny

paroi lorsque le véhicule reste collé à celle-ci est d'environ 30x40 cm². Des améliorations mineures des pare-chocs / glissières avant et arrière ont été déduites de cette première expérimentation et appliquées lors de nouveaux essais le 2 et le 16 décembre.

Le 31 décembre un nouvel essai avait pour but le franchissement d'un important surplomb. L'expérience s'est soldée par un échec : l'effort pour passer le surplomb à la remontée a entraîné la rupture de la corde et le véhicule est tombé d'une hauteur de 8 m ! Les pare-chocs / glissières avant ont amorti le choc et les éléments sensibles du véhicule (lampes, laser et caméra) n'ont pas subi de dégâts. Remis en état, le VRP a exploré, le 3 janvier, les pentes chargées de fossiles des falaises des Vaches Noires près de Houlgate, dans un décor presque martien, à proximité d'un ruisseau à la source glacée, dont le vallon a vu des coulées de boue.

Mais dès le premier essai de novembre le véhicule a permis une découverte : Mars est habitée ... une araignée a été vue à la cote moins 14,5 m du haut de la falaise.

Depuis ces premières expériences, nous avons découvert que le JPL procédait à des investigations similaires.

Alain Souchier



le VRP en descente sur falaise...martienne ? (doc. A. Souchier)

DES PERSPECTIVES A 20 ANS

Lors d'une session « Événement plénier » du 52^e congrès IAF à Toulouse consacrée à la politique européenne de l'espace, Klaus Berge, directeur des Space Projects au DLR, l'agence spatiale allemande, a affirmé : « Il faut se donner des perspectives à vingt ans telles qu'aller sur Mars plus que retourner sur la Lune ».

Alain Souchier