



# PLANÈTE MARS



Numéro 9 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)

octobre 01

## ÉDITO : DES SOURIS ET DES HOMMES

La réussite de notre Congrès Européen, auquel quelques-unes des plus hautes autorités scientifiques et décisionnelles de France et d'Europe ont apporté leur contribution, témoigne de l'intérêt croissant porté à Mars. La consistance et la légitimité du projet de voyage sont désormais reconnues. Chacun, de son propre point de vue - scientifique, technologique ou politique -, n'y oppose plus d'arguments d'absurdité ou d'impossibilité, même s'il en souligne à l'occasion les difficultés.

Le Congrès de l'IAF<sup>1</sup>, la semaine suivante, offrait à ces mêmes milieux une nouvelle occasion d'afficher leur volonté de présence et de faire valoir de solides acquis : souhaitons qu'ils soient effectivement mis à profit dans la grande partie qui s'engage. Cela suppose que nous soyons à même de reconnaître les aspects spécifiques de l'expédition martienne et que se dégage dans les prochaines années un scénario de mission fédérateur.

Ces deux manifestations l'ont montré, nous n'en sommes pas tout à fait là, même si la Mission de Référence de la NASA constitue une base précieuse.

Observons, par exemple, la question de l'apesanteur. Pour permettre de trouver les astronautes en parfaite possession de leurs moyens au moment critique de la phase d'atterrissage, les ingénieurs ont proposé une solution élégante, consistant à mettre en rotation l'ensemble vaisseau - étage propulsif (reliés par un câble). Les spécialistes en microgravité tablent plutôt sur des progrès en matière de moyens palliatifs. Nul doute que les recherches dans ce domaine seront poursuivies ; il s'agit d'une discipline essentielle pour la physiologie et pour la médecine, trouvant de plus une application directe pour l'activité humaine en orbite terrestre. Mais si la faisabilité de la solution pesanteur artificielle se confirmait, celle-ci s'imposerait probablement. D'ailleurs, le temps n'est-il pas venu de se pencher sur les effets spécifiques de la pesanteur martienne ? Celle-ci suffit-elle à maintenir en condition satisfaisante les organismes ? La Mars Society a fait de cette question l'objet de son prochain projet, TRANSLIFE, un mini-vaisseau spatial destiné à soumettre des souris à une pesanteur martienne artificielle et à en mesurer les effets. Un projet ambitieux, certes, mais d'une grande signification pour la suite.

Richard Heidmann, *président de « Planète Mars »*

1 : IAF : Fédération Internationale d'Astronautique

### Dans ce numéro :

- Lacs salés de Mars et d'ailleurs p.1
- Analog studies workshop p.1
- Radiations spatiales p.3
- Vos questions p.6
- Mars, action militante p.6
- La vie de l'association p.7

prochain numéro : janvier 2002...

## LACS SALÉS DE MARS ET D'AILLEURS

par Alain Souchier



le grand lac salé à Bonneville (USA) (doc. A. Souchier)

Dans le numéro 7 du bulletin de l'association, Nathalie Cabrol mentionne 180 anciens lacs de cratère identifiés sur Mars. Certains présentent des zones de roches claires que l'on considère comme des évaporites, ce qu'il reste des sels minéraux contenus dans le lac lorsque celui-ci s'est totalement évaporé.

(suite page 2)

## ANALOG STUDIES WORKSHOP

par Marc Salotti



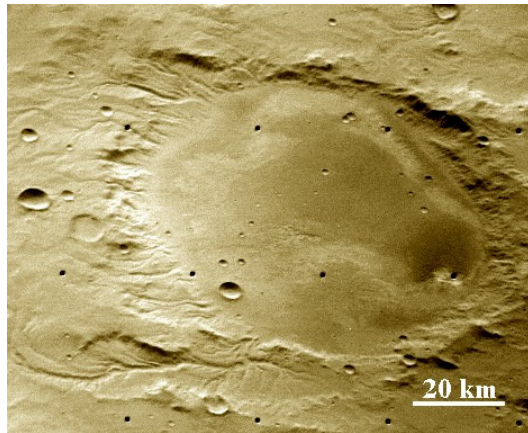
Mars sur Terre (campagne 2001 à Haughton) (doc. P. Lee)

Lors de la conférence de la Mars Society à Stanford, fin août 2001, une table ronde a été organisée sur les simulations d'opérations à la surface de Mars. La base arctique de l'île de Devon

(suite page 7)

(suite de l'article page 1 : les lacs salés...)

Un marais salant naturel en quelque sorte. De telles formations sont observables dans le fond des cratères Gusev et Schiaparelli, ou dans un cratère de 80 km de diamètre de la région Iapigia (photo ci-dessous, doc. JPL/NASA).



Sur Terre des phénomènes analogues se produisent dans des lacs classiques quand aucune rivière n'en sort. Il n'y en a pas d'exemple dans des lacs de cratère météoritiques car ceux-ci sont assez peu fréquents : le lac Manicouagan au Québec se présente comme un anneau de 100 km de diamètre (et c'est un lac de barrage) ; les Clearwater Lakes, toujours au Québec, sont la trace d'un impact double ( 36 et 26 km ) ; le lac Acraman en Australie mesure 160 km de diamètre ; Pilot Lake au Canada ne fait que 6 km.

Parmi les lacs très salés, la Mer Morte est le point le plus bas du monde (-300 m) ; un petit lac existe à Badwaters, le point le plus bas (-83 m) de la Vallée de la Mort aux USA, et il y a en général de nombreux lacs là où les taux d'évaporation sont forts, dans les déserts.

L'un des plus vastes et des plus connus est le Grand Lac Salé dans l'Utah aux USA. Il s'étend aujourd'hui sur 50 km x 175 km. Ses dimensions sont très variables suivant la pluviométrie car il peut monter de 6 m en 20 ans accroissant ainsi de 60 % sa surface. Le taux de sel atteint 25 %, 250 g par litre d'eau. Ce taux est le résultat de dizaines de milliers d'années d'évaporation après apport de sels à des taux très faibles par les rivières d'eaux dites douces. Rappelons qu'une eau douce peut, sans trahir son nom, compter jusqu'à 1 g de sel par litre.

Ce que l'on sait moins sur le Grand Lac Salé, c'est qu'il est le résidu d'un lac géant qui occupait une bonne part de l'Utah lors de la dernière glaciation, il y a 15 000 ans : le lac Bonneville (du nom d'un explorateur de la région en 1833). Ses dimen-

sions atteignaient 540 km x 210 km et il devait être souvent gelé en surface. Ses rives sont encore très nettement visibles aujourd'hui sous forme de terrasses comme celles photographiées dans les anciens lacs martiens. Encore peu érodées, ces terrasses laissent l'impression d'un lac récemment vidé. On y voit également des deltas, dépôts apportés par les rivières qui s'y jetaient. A l'époque du lac, ces dépôts s'étendaient sous le niveau des eaux. Des deltas fossiles de ce type ont été décrits dans les lacs martiens par Nathalie Cabrol et Edmond Grin dans un article de la revue Icarus (novembre 2000).

Autre vestige du lac évaporé, des étendues de sel plates, les Bonneville Salt Flats, connues pour leur utilisation en tant que piste de vitesse pour des engins roulants qui y ont dépassé les 1000 km/h. La platitude des Salt Flats est liée au fait que les précipitations d'hiver y créent un lac de quelques centimètres de profondeur. L'évaporation d'été restitue ensuite un sol parfaitement plat. Ce genre de phénomène n'existe pas sur Mars et il ne faut pas s'attendre à y trouver des fonds de lac aussi plats, d'autant plus que les vents apportent des dépôts ou bien érodent les sols. D'ailleurs les Bonneville Salt Flats sont en phase de perte de sel et sur la période 1997-2001 s'est déroulée une opération d'apport d'eau salée pour épaissir de 5 cm la couche en répartissant 7 millions de tonnes de sel sur les 80 km<sup>2</sup> du site. De telles structures n'ont pas forcément une longue durée de vie à l'échelle géologique.



dust devil

(doc. A. Souchier)

Aujourd'hui le fond du lac Bonneville est devenu un désert. Ce qui permet d'y voir fréquemment des « dust devils », comme disent nos collègues américains, qui abondent aussi sur Mars et dont les photos sont maintenant nombreuses.

Pour continuer dans le registre des analogies martiennes, signalons que le lac Bonneville, quand son niveau était à son maximum, s'écoulait vers le Pacifique par le nord dans la vallée de



talus de l'ancien rivage du lac de Bonneville... en plein désert (doc. A. Souchier)

la rivière Columbia. Dans cette même vallée s'écoulaient les inondations catastrophiques dues à la rupture du glacier qui barrait le lac Missoula au nord de l'Idaho. Ces inondations catastrophiques ont laissé dans la région des Scablands, dans l'état de Washington, les mêmes traces que sur Mars dans Ares Vallis ou d'autres zones d'écoulement : des îles en forme de larme, des blocs énormes transportés, des ondulations de terrain. Quel membre de notre association nous rapportera de belles photos des Scablands ?

Alain Souchier



# RADIATIONS SPATIALES (partie 1 / 2)

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 références bibliographiques figureront à la fin de la 2<sup>ème</sup> partie

**Avertissement** : ceci est un travail de collecte de données et non un travail de recherche ; les auteurs sont non-spécialistes et des erreurs sont possibles. L'objectif du travail est de fournir un état des lieux propice aux débats et aux idées nouvelles.

**Remerciements à** : M. A. Brack, Directeur de recherche CNRS au CBM d'Orléans, pour son soutien et son apport bibliographique ; l'équipe du MEDES de Toulouse, pour son accueil et le libre accès à la documentation ; Mme Kueny-Whitehead P. pour ses conseils éclairés en matière de communication ; R. Heidmann pour l'attention qu'il nous a portée et ses aimables suggestions.

## Avant-propos :

Le 12 avril 1961, l'Homme s'est approprié l'espace, mais n'a jamais pu dépasser l'orbite lunaire. Cette frontière ne peut être franchie sans une longue préparation. Même si elle est techniquement possible, l'obstacle principal au voyage est l'Homme.

Les problèmes sont de plusieurs natures :

- problèmes liés directement à l'environnement spatial : radiations / micro-gravité (os et système vasculaire)
- problèmes spécifiques au confinement : psychologie / télé médecine / approvisionnement

Lorsque ces thèmes auront été épuisés, nous proposerons une rencontre avec quelques spécialistes afin de débattre du potentiel pathogène de l'environnement martien à proprement parler (radiations, poussière, gravité faible, ensoleillement, froid, etc.).

Cet article traite des radiations.

## 1. Introduction

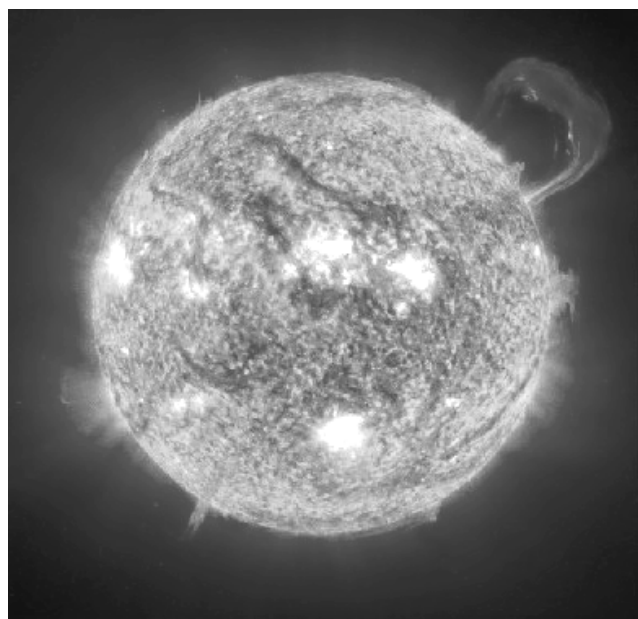
Nous connaissons depuis le début du siècle dernier l'existence de diverses formes de radiations. Les plus puissantes à ce jour sont les radiations spatiales (cf. infra). Les effets des radiations « conventionnelles » sur le vivant sont bien décrits, par le biais des diverses pathologies observées sur des personnes exposées professionnellement ou accidentellement et par l'utilisation de radiations ionisantes en thérapeutique.

Malgré ces observations, il est difficile de les extrapoler aux radiations spatiales : ces dernières ont des énergies beaucoup plus élevées que celle rencontrées habituellement sur Terre. Les seules expositions comparables en données sont celles des survivants aux bombardements atomiques et les patients traités par protons accélérés.

Un équipage à destination de Mars sera exposé à des radiations dont nous ne connaissons pas encore avec grande précision les effets. Des recherches adéquates doivent être menées dans ce sens et pour donner aux ingénieurs les limites du tolérable pour leur permettre de concevoir les boucliers de radioprotection adéquats. En effet, il leur faudra obtenir un compromis acceptable entre poids et protection. Il faut compter une à deux dizaines d'années de recherches pour y parvenir.

## 2. Environnement spatial : nature du rayonnement

Victor Hess découvre le rayonnement cosmique en 1908 lors d'une ascension en ballon. L'étude des rayons cosmiques ne débute que dans les années cinquante avec le développement de l'aviation puis la conquête spatiale.



*fureurs solaires*

Des campagnes dosimétriques ont permis de mieux appréhender le phénomène avec deux sources principales en cause : le rayonnement solaire et les radiations d'origine extrasolaire (le rayonnement de chaque étoile, et les phénomènes plus violents, étoiles en fin de vie et autres).

En l'absence de magnétosphère et d'atmosphère, la dose annuelle de radiation atteindrait un Sievert.

### 2.1. Le rayonnement solaire

Il est variable dans le temps, avec un fond relativement constant, entrecoupé de bouffées plus importantes constituées par les éruptions solaires. La quantité d'éruptions varie selon un cycle de 11 ans. Les protons issus du fond constant ont des énergies inférieures à 100 MeV, ceux des éruptions atteignent parfois 1 GeV (exceptionnellement cependant).

*électronvolt : énergie acquise par un électron dans un champ électrique de 1 Volt.  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$*

L'éruption s'accompagne d'émissions X et U.V. devant les particules et permettant de donner l'alarme ; elles durent de quelques heures à deux jours. Directionnelles, elles ne menacent pas forcément l'équipage. Les protons constituent 95 % du rayonnement, mais on retrouve aussi des électrons et des particules alpha, plus sporadiquement des noyaux plus lourds [1].

## 2.2. Le rayonnement cosmique

Il est composé de 87 % de protons, 12 % de particules alpha et 1 % de noyaux plus lourds : C, N, B, Li, P, Be, Fe, Ni. L'abondance de l'ion décroît quand Z augmente ; cependant, on retiendra que le fer 56 a un pouvoir ionisant presque aussi puissant que l'ensemble des protons. Les vitesses de ces particules sont relativistes et les énergies  $10^{20}$  eV. Le flux de radiation est variable et diminue en cas de forte activité solaire : le champ magnétique solaire abaisse d'un facteur 10 le flux cosmique en déviant les particules [2]. Lors du minimum et hors champ magnétique terrestre, le flux est de  $4 \text{ H}^+/\text{cm}^2/\text{s}$ ,  $0.4 \alpha/\text{cm}^2/\text{s}$  et  $0.04 \text{ HZE}/\text{cm}^2/\text{s}$ .

## 2.3. Le rayonnement secondaire

Les collisions entre particules et matière produisent une cascade de particules secondaires : photons, électrons, neutrons, pions, muons, ions lourds. Le flux de ces particules secondaires est supérieur à celui du rayonnement d'origine. Ces particules ont également une activité biologique. A mesure que la cascade de particules apparaît, les neutrons deviennent majoritaires en raison de leur absence de charge. Or les neutrons ont une activité biologique relative forte.

## 2.4. La ceinture de Van Allen

Une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique subit une force modifiant son trajet. Le champ magnétique terrestre piège ainsi les ions et les électrons. Ces particules tournent alors en une double ceinture déployée autour de l'équateur [3]. Elle suit les lignes de force du champ magnétique terrestre et est déformée par le vent solaire. La ceinture interne est composée de protons, entre 600 et 7 000 km côté soleil, entre 1 600 et 10 000 km de l'autre côté. L'anneau externe comporte des électrons aux énergies relativistes et s'étend de 10 000 à 80 000 km. On observe des flux allant jusqu'à 100 mGy/h sur l'équateur. Les missions Apollo y ont enregistré des doses de 50 mGy. En dépit de 40 années d'études et d'observations, la variabilité d'intensité de cette ceinture externe reste problématique. Une telle densité sur de tels niveaux énergétiques ne se retrouve ni dans l'ionosphère ni dans le vent solaire. Ces électrons acquièrent leur énergie dans la ceinture elle-même selon Seldon et Fritz [4]. Par bonheur, les vaisseaux traversent cette zone assez rapidement. La mission Cluster travaille sur la magnétosphère et sa conséquence, les ceintures de Van Allen. Des travaux récents font état d'une structure en fait plus complexe.

## 2.5. Radiations et Mars

L'atmosphère martienne est ténue et la magnétosphère inexistante ; les rayons ne subissent qu'une atténuation de facteur 4 ou 5. Les ultraviolets ne sont quasiment pas stoppés. De ce fait, même à la surface de Mars, on pourra considérer que l'équipage est soumis à un rayonnement non négligeable. Notons qu'il sera tout de même à l'abri des éruptions solaires pendant la nuit.

## 3. Définitions en dosimétrie

La dosimétrie mesure le rayonnement et quantifie ses effets sur le vivant. Il existe de nombreuses unités de mesures en radiobiologie. Les particules frappent la matière en laissant une « traînée » d'ionisation avec énormément de fragments et de particules secondaires. On parle de transfert linéique d'énergie (TLE). Ces particules provoquent l'apparition de radicaux libres et de cassures dans les macromolécules constitutives de la cellule ; ces effets dépendent directement de la particule (charge et masse) et de sa vélocité. Les particules secondaires générées par l'impact délivrent à leur tour de l'énergie dans le milieu, contribuant aux dommages cellulaires. Des calculs théoriques ont été effectués sur des modèles expérimentaux grâce à des installations au sol. L'analyse in situ est plus difficile en raison de la complexité du rayonnement dans sa composition, son origine et son intensité. Quelques expériences sont en cours ou proposées à bord de l'ISS Alpha.

Quelques notions utiles :

**Becquerel Bq** : unité d'activité nucléaire (peu usitée) correspondant à une désintégration radioactive par seconde ;  $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Curie}$ .

**Curie Ci** : unité d'activité nucléaire correspondant à  $3,7 \times 10^{10}$  désintégrations radioactives par seconde.

**Dose absorbée  $D_{\text{R}}$**  : énergie moyenne déposée par une radiation ionisante R à l'objet irradié, par unité de masse ; l'unité utilisée est le Gray ou le rad.

**Dose efficace E** : somme des *doses équivalent* pondérées sur l'ensemble du corps :  $E = \sum_{(i)} [W_{\text{T}} \times H_{\text{T}}] = \sum_{(i)} [W_{\text{T}} \times \sum_{(R)} (W_{\text{R}} \times D_{\text{R}})]$ , où  $H_{\text{T}}$  est la *dose équivalent* pour la totalité des rayonnements ( $\sum$  est la sommation sur le paramètre en indice) ;  $W_{\text{T}}$  représente alors un facteur de pondération dont la valeur permet de calculer la dose virtuelle qui, en irradiation totale de l'organisme, entraînerait un risque cancérogène ou génétique de même importance.

**Dose équivalent  $H_{\text{R}}$**  : dose absorbée moyenne par un organe ou un tissu, mais pondérée par la qualité ou le type de radiation R :  $H_{\text{R}} = D_{\text{R}} \times W_{\text{R}}$  ; exprimée en Sievert ou en rem.

**Effet biologique relatif EBR** : afin de mieux quantifier les effets des radiations et compte tenu de leur diversité, on rapporte à un effet biologique standardisé (dose de rayons X produisant un effet biologique donné) les effets biologiques observés (dose de radiation étudiée produisant le même effet biologique).

**Effet dose** : formulation mathématique prédisant l'amplitude des effets d'une dose de radiation donnée.

**Facteur de pondération radioactive  $W_{\text{R}}$**  : valeur établie par consensus en radioprotection pour pondérer la dose moyenne absorbée par un organe, permettant d'établir la *dose équivalent* pour la radiation considérée ; par exemple, les photons ont un  $W_{\text{R}}$  de 1, les noyaux lourds de 20, le neutron de 5 à 20 selon son énergie.

**Gray Gy** : lors d'une irradiation, dose absorbée, c'est-à-dire énergie absorbée, par unité de masse ;  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule par kilogramme}$  (= 100 rad).

**Rad** : ancienne unité de dose absorbée ;  $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$ .

**Rem** : ancienne unité de *dose équivalent* ;  $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$ .

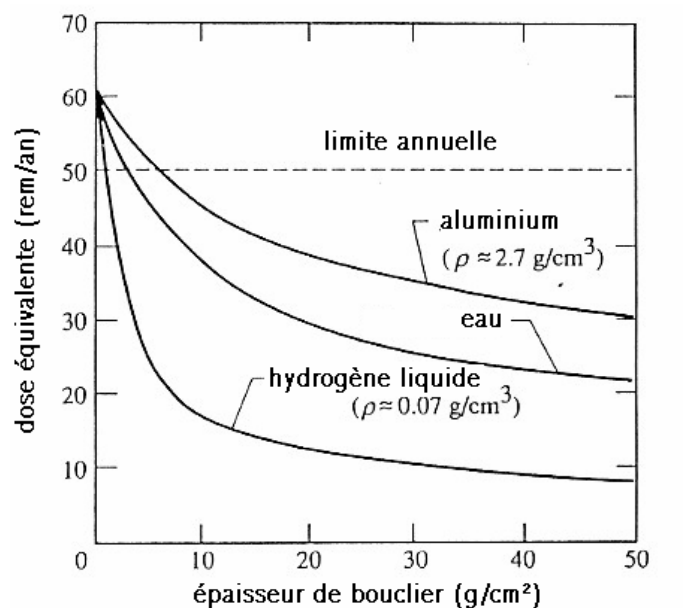
**Sievert Sv** : unité de *dose équivalente* ; pour la radiation R, dose en Gy pondérée par le facteur  $W_R$  :  $H_{tR} = D_{tR} \times W_R$  ; 1 Sv =  $10^2$  rem.

**Transfert linéique d'énergie TLE** : quantité d'énergie déposée par unité de longueur de la "traînée" d'une particule donnée.

La dosimétrie s'effectue avec différents appareils issus de la recherche ou de la médecine. Dans l'espace, ce paramètre fait l'objet d'une surveillance constante. Les quelques centaines de spationautes forment une cohorte théoriquement intéressante d'un point de vue épidémiologique mais, en réalité, le groupe est très hétérogène et peu exploitable. De plus, il est très difficile d'en réunir plus de 20 qui ont volé... Les populations survivantes d'Hiroshima et de Nagasaki sont également très suivies [5]. En dépit de nos connaissances actuelles, Curtis et Coll. considèrent qu'il y a une marge d'erreur de 1500 % dans l'évaluation totale du risque [6].

Quelques résultats dosimétriques :

En dehors des missions lunaires, les orbites sont basses et l'irradiation est due pour moitié aux radiations à TLE bas et l'autre à TLE élevé : entre 300 et 500 km, on enregistre de 0.1 à 1 mSv. Lors de ces vols, c'est au-dessus de l'anomalie Atlantique Sud que les doses sont les plus fortes [7]. Les orbites hautes enregistrent 45 à 55 mGy et les orbites elliptiques 83 à 107 mGy. Les missions lunaires montrent des chiffres allant de 1.5 à 11.4 mGy (soit plus de 100 mSv).



efficacité de différents matériaux écrans contre les rayons cosmiques

#### 4. Effets biologiques des radiations

On distingue des effets précoces (déterministes) et des effets tardifs (stochastiques). Les descriptions suivantes concernent les effets de radiations rencontrées sur terre d'où l'intérêt de calculer les EBR (cf. supra).

##### 4.1. Effets précoces

###### 4.1.1. Considérations générales

Les effets somatiques aigus traduisent la déplétion cellulaire dans les organes, chacun déterminé par la fonction atteinte. Il existe une dose-seuil d'apparition de symptômes, souvent supérieure à 1 Gy. Par conséquent, seuls les événements solaires avec flux massif sont susceptibles de les faire apparaître, et dans des conditions particulières (E.V.A.). Ces irradiations aiguës seraient alors le fait de protons presque exclusivement.

###### 4.1.2. Effets biologiques relatifs des protons

Les différentes études disponibles considèrent que l'EBR des protons est semblable à celui d'un faisceau de rayons X de 250 keV [8]. Il n'existe pas à ce jour d'exemple humain d'exposition aiguë totale à des protons, mais à d'autres rayonnements à TLE bas. La transposition reste sujette à caution.

###### 4.1.3. Effets systémiques précoces

**Maladies des radiations, prodromes** : Quelques heures après une exposition aiguë, on observe des nausées et des vomissements [9]. En apesanteur, et plus particulièrement dans un casque, le vomissement expose à un risque majeur d'asphyxie ou d'inhalation. Avec 1.5 à 2 Gy, 50 % des individus vomissent. La sévérité dépend de l'intensité de l'exposition. Des médicaments peuvent atténuer ce symptôme.

**Irradiation totale** : Le tissu hématopoïétique est le plus sensible, et plus particulièrement les plaquettes et les globules blancs. La dose seuil est de 1.5 à 2 Gy. Les effets sur ces lignées sont connus de la pratique médicale (radiothérapie et préparation aux greffes de moelle osseuse). L'apparition des effets est retardée de 2 à 4 semaines en raison de la vitesse de renouvellement des cellules sanguines. Les effets sont en rapport avec les lignées touchées : hémorragie et infections. En l'absence d'unité de soins intensifs, le décès survient entre 3 et 4 Gy. Seul un équipage en E.V.A. en pleine éruption solaire est susceptible de recevoir ces doses.

###### 4.1.4. Effets sur la peau

On ne devrait pas en observer puisque la dose nécessaire pour créer un érythème est de 6 Gy. Les phlyctènes n'apparaissent qu'à 15 - 20 Gy. Un problème notable reste la mauvaise qualité de cicatrisation d'une peau irradiée.

###### 4.1.5. Organes de la reproduction, fertilité

Les effets sont transitoires ou durables selon l'intensité de l'exposition. En raison de la position « protégée » intra-abdominale, l'ovaire résiste mieux. Les effets sont cumulatifs en cas d'expositions répétées [10-11-12-13-14].

Récapitulatif :

| Doses en Gray | Effets probables                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.1 à 0.5     | Aucun effet manifeste, excepté probablement des modifications sanguines mineures                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 0.5 à 1       | Vomissements et nausées 3 à 5 h après exposition pendant 24 heures chez 5 % du personnel exposé ; fatigue sans handicap majeur ; diminution passagère des lymphocytes et des polynucléaires neutrophiles. Pronostic excellent ; pas de décès ; psychothérapie.                                                                                                                               |
| 1 à 2         | Vomissements et nausées 3 h après exposition pendant 24 heures chez 20 % du personnel exposé à 1 Gy et 50% du personnel exposé à 2 Gy ; leucopénie avec lymphopénie et leucopénie. Pronostic excellent ; pas de décès ; mise en observation clinique et surveillance hématologique. Convalescence de plusieurs mois.                                                                         |
| 2 à 3.5       | Vomissements et nausées apparaissant 2 h après l'exposition chez 100 % du personnel à partir de 3 Gy, suivis d'autres symptômes : anorexie, diarrhée, hémorragies. Leucopénie importante atteignant 75 % ; 20 % de décès dans les deux à six semaines. Transfusions et antibiotiques. Convalescence de trois mois minimum ; de nombreux irradiés souffrent d'une seconde vague de symptômes. |
| 3 à 5.5       | Vomissements chez 100 % du personnel exposé le premier jour, suivis par d'autres symptômes du mal de l'irradiation : fièvre, hémorragies, diarrhées, amaigrissement. 50 % de décès dans le mois qui suit l'irradiation par hémorragie et infection. Traitement par antibiotiques et transfusions. Convalescence de six mois.                                                                 |
| 5.5 à 7.5     | Vomissements chez 100 % du personnel exposé apparaissant une heure après l'exposition, suivis rapidement des autres symptômes graves du mal de l'irradiation. 80 à 100 % de décès en deux mois. Traitement par transplantation de moelle osseuse et antibiotiques. Convalescence de 6 à 9 mois.                                                                                              |
| 10 à 15       | Vomissements chez 100 % du personnel exposé apparaissant 30 minutes après l'exposition, parfois plus vite. Atteinte du système nerveux central avec prostration puis coma. Décès en 5 à 14 jours chez 90 à 100 % des victimes.                                                                                                                                                               |
| 50            | Incapacité presque immédiate en quelques minutes à quelques heures. Décès à 100 % en 24 heures par collapsus irréversible et œdème cérébral.                                                                                                                                                                                                                                                 |

(suite et fin dans le numéro 10 de janvier 2002)

## VOS QUESTIONS

**Q : la pesanteur martienne sera-t-elle suffisante pour maintenir les astronautes dans une condition physique satisfaisante ?**

**R :** on le pense, bien que cette question importante n'ait pas encore fait l'objet d'expérimentation. Le projet TRANSLIFE de la Mars Society, consistant à faire vivre des souris dans l'espace pendant 6 mois sous une pesanteur artificielle égale à celle de Mars, va permettre de progresser considérablement dans ce domaine.

**Q : quelles sont les caractéristiques de l'atmosphère martienne ?**

**R :** l'atmosphère est composée à 95 % de gaz carbonique (gaz constitutif de l'atmosphère terrestre originelle) ; la vapeur d'eau ne représente que 0,03 %. La pression, variable avec la saison et la région, est voisine de 6 mbar (Terre : 1013 mbar), soit ce qu'on trouve à 35 km d'altitude chez nous. La température au sol peut varier de -130°C à +20°C (en moyenne : -60°C).

**Q : on parle peu de la Russie : quel pourrait être son rôle ?**

**R :** L'Union Soviétique, pionnier de la conquête spatiale, a fait énormément d'efforts en direction de la planète rouge : programme soutenu d'exploration robotique, malheureusement peu couronné de succès, mais aussi développements intensifs dans le domaine de la propulsion nucléaire. Aujourd'hui, les difficultés économiques de la Russie réduisent ses capacités d'action. Mais, compte tenu de son bagage technologique et de son expérience des vols de longue durée, il est certain qu'elle tiendra une place importante dans ce grand programme.

**Q : les micrométéorites créent-elles un risque particulier ?**

**R :** Pas sensiblement. Sur Terre, elles se consomment (étoiles filantes) à des altitudes où la pression est encore bien inférieure à celle de Mars.

## MARS, ACTION MILITANTE

par Georges Ballini

L'établissement d'un premier campement sur la planète Mars est un projet porteur, une entreprise majeure capable d'engendrer, au cours de la période charnière que nous traversons, des effets multiplicateurs et des phénomènes insoupçonnables. Tout bien évalué, il est assez probable qu'à travers la projection martienne, cette étape décisive qui se présente sous le jour de ce qui sera sans doute le plus grand de tous les grands projets humanistes, nous serons à même d'accéder aux leviers nécessaires à la résolution des antagonismes de notre temps. Du fait même de sa nature, cette épopée nous précipite dans un âge radicalement neuf.

Entre temps, nous serons en devoir, non seulement de rester lucides et pénétrants, mais aussi d'acquérir la maîtrise de disciplines à peine écloses.

En moins de quarante ans, nous sommes devenus des êtres cosmiques. Ce type de dynamique emporte tous les obstacles. Comment imaginer la notion même de chômage alors que le processus en chantier, à échéance de vingt ou trente ans, est d'accéder à un nouveau monde, puis de façonner, de terraformer ce nouveau monde ?

On me fait souvent observer que les moyens financiers nécessaires à la mise en œuvre d'une industrie dans les plissements lunaires, à la réalisation des ascenseurs de Clarke et des navettes d'Aldrin entre corps célestes ou à l'établissement d'un miroir solaire au-dessus du pôle boréal de la Planète Rouge engloutiraient les budgets disponibles qui trouveraient un meilleur emploi à la rubrique des misères humaines. Faux problème, ou plutôt, errance dans l'ordre des priorités. L'un n'exclut pas l'autre ; il le sous-tend. C'est de la dynamique



d'une telle démarche industrielle que nous sommes en droit d'attendre une issue décisive. Si d'aventure nous sommes capables de maîtriser les aspects culturels, écologiques, socio-économiques et autres profils de l'édifice, si nous avons assez de sagesse pour sauvegarder les équilibres fondamentaux dans la conduite de l'entreprise, si nous respectons notre aimable vaisseau, la Terre, si nous sommes capables de franchir l'âge critique que nous traversons sans nous dévoyer, alors le XXI<sup>e</sup> siècle sera celui d'une grande ouverture. Nous avons tout en main pour négocier cette manœuvre délicate. C'est la raison pour laquelle j'en appelais au plus grand de tous les grands projets humanistes. C'est aussi pourquoi je viens, dans la mesure de mes moyens, m'associer au projet culturel qui nous est proposé par "The Mars Society".



Tout dépend de notre entendement global des choses, de notre capacité à faire la part de l'essentiel et celle de l'accessoire, à satisfaire à la fois nos besoins immédiats et les perspectives grandioses qui se dessinent. Deux éléments intimement liés, l'un conditionnant l'autre. L'énergie de l'homme orientée vers son devenir, vers son expansion.

Ce faisant, nous aurons la possibilité, non de récuser - vaine controverse - mais d'inverser le sens du mondialisme.

**Georges Ballini**

## LA VIE DE L'ASSOCIATION

par *Dominique Guillaume*

### PLANÈTE MARS

Samedi 8 septembre, le Conseil d'Administration (CA) s'est réuni au Siège pour faire le point sur le fonctionnement de l'association ; le compte rendu, diffusé tardivement, figure en rubrique *Page des membres* du site Internet.

Le CA avait été précédé d'une réunion ayant pour but de déterminer la position de l'APM (Association Planète Mars) quant à l'offre par TMS (The Mars Society) à l'Europe d'une station de simulation identique aux stations FMARS et MDRS (voir notre bulletin n° 8 à la page 5) ; le comité de pilotage pour l'APM est constitué de Gilles Dawidowicz (chef de projet), Charles Frankel, Richard Heidmann et Nicolas Stephan. Le résumé de cette réunion figure au § 3 du compte rendu précité. Le CA était suivi d'une réunion, sous la houlette du chef de projet Nicolas Stephan, pour la mise au point finale de l'opération *On To Mars* au Palais de la découverte à Paris, avec une

(suite page 8)

(suite de l'article page 1 : *analog studies workshop*)

a été très riche d'enseignements à ce sujet, mais il reste de nombreuses choses à tester. Ainsi, de nombreux participants des opérations de la base arctique, réunis autour de Christopher Mc Kay, ont essayé de dégager les grandes lignes des études à réaliser, notamment en ce qui concerne les opérations de la base qui va être installée dans une zone désertique de l'Utah, la Mars Desert Research Station (MDRS). Ces études peuvent être classées en trois grandes catégories : sciences naturelles, technologies et facteurs humains.

Il s'agit d'abord d'un travail de géologie dans une zone désertique relativement intéressante, qui contraste fortement avec celle du cratère Haughton. Il faut à nouveau tester les méthodes de travail sur le terrain, avec scaphandre et communication radio entre les astronautes. Au programme, recherche de roches intéressantes, extraction, transport jusqu'à la base, analyse au microscope, mais aussi cartographie de la région, recherche de fossiles, et interprétation des données (âge des roches, évolution du terrain, de la topographie, ...). Dans le domaine biologique, les études sont également très intéressantes, car l'endroit est très sec, ce qui n'est pas sans rappeler les conditions martiennes. Pour Christopher Mc Kay, c'est l'occasion de répertorier les solutions trouvées par les espèces terriennes pour s'adapter à ces conditions. On peut remarquer que la plupart de ces travaux peuvent être effectués dans d'autres bases simulées. L'objectif est de diversifier les terrains d'opération afin de généraliser les concepts et d'éviter de tirer les leçons d'expériences trop localisées. Notons également qu'il faut étudier les méthodes mises en œuvre lors de ces opérations sur le terrain et déterminer les procédures et protocoles permettant d'optimiser et de systématiser le travail, de la préparation jusqu'à la rédaction du rapport final, c'est l'objet de l'étude.



le projet de rover du « chapter » du Michigan (doc. TMS)

La deuxième grande catégorie de travaux concerne les technologies à tester. Robert Zubrin suggère l'utilisation des piles à combustible offertes par Apollo Systems, la construction d'une serre près de l'habitat et le recyclage de l'eau. C'est également l'occasion de tester le rover pressurisé, sans doute celui proposé par l'équipe du Michigan, qui a réussi à obtenir un financement mirobolant grâce aux sponsors. Rappelons qu'aucun rover (hormis les quads) ne pouvait être acheminé vers la base arctique en raison de l'encombrement et des capacités de l'avion porteur. De nombreuses études opérationnelles doivent être menées avec ce véhicule, véritable camion tout terrain aména-

gé pour la circonstance. Robert Zubrin a également suggéré la pratique de l'astronomie, en raison de l'altitude du lieu (1200 m) et de la clarté du ciel local. Carol Stoker, spécialiste de robotique a pour sa part proposé une étude approfondie concernant la robotique : quelles sont les limites des robots, quels travaux peuvent-ils effectuer de manière efficace, comment peuvent-ils collaborer avec les humains, quels rôles peuvent leur donner ?



coopération homme-robot : un exemple trivial... (doc. NASA)

La troisième grande catégorie d'études concerne les facteurs humains. Combien de géologues, d'ingénieurs, de biologistes et autres spécialistes faut-il incorporer dans une mission ? Quel est le nombre idéal de personnes pour composer une équipe ? Comment organiser le travail journalier et hebdomadaire, les temps de repos, etc. ? La question du nombre d'hommes et de femmes a également été posée, mais comme l'a précisé Pascal Lee, dans une équipe de moins de 10 personnes, c'est la personnalité de chacun et l'adéquation avec les autres membres qui est le véritable problème, indépendamment de son sexe. L'équipe de la première mission martienne sera composée de personnes qui auront appris à se connaître et à travailler ensemble. Ainsi, il est probable qu'il y aura plusieurs équipes entraînées en même temps et que la sélection ne sera pas individuelle mais de groupe. Se pose alors la question de définir les critères qui permettront d'opérer une telle sélection.

Les points évoqués ne sont bien sûr pas exhaustifs. On peut noter notamment le problème du suivi médical, les moyens logistiques, en particulier le choix des outils, ainsi que le développement d'un software approprié pour intégrer et gérer chaque composante de la base, comme la serre, les ressources en eau et nourriture, les outils, etc.. De manière générale, il a été préconisé une simulation plus réaliste des opérations sur le terrain et des conditions de vie dans l'habitat. Pour certaines missions, il est également envisagé d'établir des communications avec une base terrestre simulée. D'un point de vue médiatique, des reportages seront réalisés et des visites seront organisées, mais il est prévu de les limiter afin de préserver le réalisme de la simulation.

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

Comme on peut le voir, les idées ne manquent pas, le travail non plus, et c'est pourquoi la Mars Society désire établir plusieurs bases martiennes simulées, en variant les terrains d'opération. Y en aura-t-il une en Europe ? C'est possible, à condition que les ressources humaines soient suffisantes.

**Marc Salotti**

(suite de l'article page 7 : la vie de l'association)

loupe sur l'organisation du 1<sup>er</sup> Congrès Européen de la **MARS SOCIETY** devant se dérouler du 28 au 30 septembre 2001.

**La réalisation effective du Congrès par l'APM**

Elle a nécessité beaucoup de travail avant, pendant et après le Congrès, de la part des membres et amis de **PLANÈTE MARS**, tous bénévoles, qui se sont investis à fond dans cette entreprise : John Barton, Gregory Bendrihem, Cyrille Bonnet, Agnès Cardo, Lionel Cousin, Gilles Dawidowicz, Renée Fabre de Morlhon, Charles Frankel, Stéphane Gérard, Dominique Guillaume, Julien Guillaume, Agnès Heidmann, Marie-Ange Heidmann, Richard Heidmann, Dominique Ledevin, Gaël Scot, Hélène Quenot, Alain Souchier et Marie, Bertrand Spitz, Nicolas Stephan, Christophe Vaglio. Quelle réussite grâce à toutes et tous ! Les congressistes ont été plus nombreux que prévu, ce complément comprenant des amateurs et des professionnels venus s'inscrire sur place au Palais (+ 25). Un numéro spécial du bulletin **PLANÈTE MARS** relatera prochainement le déroulement du Congrès.

Pendant que se préparait l'opération *On To Mars*, certains membres de l'APM ont participé à des manifestations (*Mars Direct* à l'Observatoire de Triel-sur-Seine le 21/07/01, *Grande Fête de la rentrée* au Musée de l'Air et de l'Espace au Bourget le 09/09/01, inauguration de l'exposition *Objectif Mars* au Palais de la découverte à Paris le 10/09/01, etc.) et/ou prononcé des conférences (Richard Heidmann le 14/08/01 à La Plagne, Charles Frankel et Gilles Dawidowicz le 09/09/01 au Musée de l'Air et de l'Espace, etc.).

Et cela sans oublier, bien entendu, la participation de Charles Frankel à l'équipe de FMARS au bord du cratère Haughton de l'île de Devon du 17 au 28 juillet. Chacun a pu en suivre le compte rendu quotidien sur le site, en lire le récit dans la presse (*Libération*, *Ciel & Espace*, ...) ou l'entendre à la radio. Il n'est pas possible d'être exhaustif quant aux activités particulièrement nombreuses menées par des membres de l'APM depuis le bulletin n° 8 (juillet 2001). Grâce à leur travail, notre association a été citée dans tous les médias : presse écrite quotidienne et mensuelle, radio, télévision.

#### **MARS SOCIETY**

Les points marquants pour TMS ont concerné (outre le congrès au Palais de la découverte) :

- les stations de simulation FMARS et la campagne 2001, MDRS exposée aux visiteurs du *Kennedy Space Center* cet été (avant d'être installée dans le Sud-Ouest américain), et la troisième station proposée à l'Europe (voir ci-dessus) ;
- le congrès annuel, qui s'est tenu à Palo Alto, Californie, à l'Université de Stanford, du 23 au 26 août (4<sup>th</sup> *Annual International Convention*) et auquel ont participé plusieurs membres de l'APM (dont Richard Heidmann, qui fait partie du comité de pilotage de TMS) ;
- l'annonce, à cette occasion, du prochain grand projet de la **MARS SOCIETY**, le vaisseau TRANSLIFE (voir l'éditorial et le site web).

**Dominique Guillaume**, Secrétaire