



# PLANÈTE MARS



Numéro 60 *Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris* [www.planete-mars.com](http://www.planete-mars.com)

juillet 14

ISSN 1772-0370

## ÉDITO : QUELQUES SIGNES

Ces derniers mois la NASA a montré qu'elle s'intéressait à la rentrée atmosphérique martienne de véhicules lourds : essais de parachutes de très grandes dimensions, test de rentrée suborbitale avec structures gonflables le 28 juin. On sait à quel point la maîtrise de ces technologies est vitale pour les missions humaines (voir bulletin n°59).

Par ailleurs, un rapport de l'Académie des sciences US vient de sortir avec quelques affirmations encourageantes. On y relève que « l'horizon pour l'exploration spatiale humaine est Mars », ce qui désigne bien l'objectif ... mais reste léger en matière de définition de délai. Il y est aussi écrit qu'« il y a un consensus dans la politique spatiale nationale, dans les groupes internationaux et dans l'imagination du public sur l'idée que Mars est un objectif majeur de l'exploration spatiale humaine ». On y trouve également cette idée que Planète Mars a souvent défendue : « Le programme doit minimiser l'utilisation d'éléments qui ne contribuent pas aux destinations ultérieures du programme ». Enfin le rapport fait appel à la coopération internationale, y compris avec la Chine.

Cette orientation vers un programme d'exploration cohérent, évitant de tout construire pour la seule étape à venir, était déjà sensible dans les interventions lors du congrès Space Access à Paris. J. Crusan, directeur des systèmes d'exploration avancés à la NASA, y avait déclaré : « Orion, l'ISS c'est le même objectif de base, Mars. Les astéroïdes ne sont pas l'objectif, mais permettront de construire les capacités (propulsion, panneaux solaires, manipulation de gros objets) nécessaires pour l'exploration. Les infrastructures nécessaires pour Mars sont utilisables aussi pour la Lune. »

Les discussions ont commencé sur le concept d'un module de l'ISS dédié à la mise au point des technologies de l'exploration : système de contrôle d'environnement fiable, maintenable, redondé ; amélioration du recyclage (86% actuellement), amélioration de l'autonomie (l'eau et l'air sont analysés aujourd'hui sur Terre) ; sas gonflables ; fabrication additive in situ de pièces de rechange...

Certes il ne faut pas écarter l'arrière-pensée de démontrer l'utilité de la station, mais tous ces signes donnent l'impression d'un début d'entrée dans le vif du sujet, entrée que devrait concrétiser aussi le premier vol d'Orion en fin d'année.

*Alain Souchier, président de l'association*

### Dans ce numéro :

- De l'eau pour Mars p.1
- La survivabilité, étape ultime de la sécurité p.3
- Nouveau site, nouveaux médias p.4
- La vie de l'association p.5
- Où en est Curiosity ? p.6
- Orion et le lanceur lourd SLS p.7

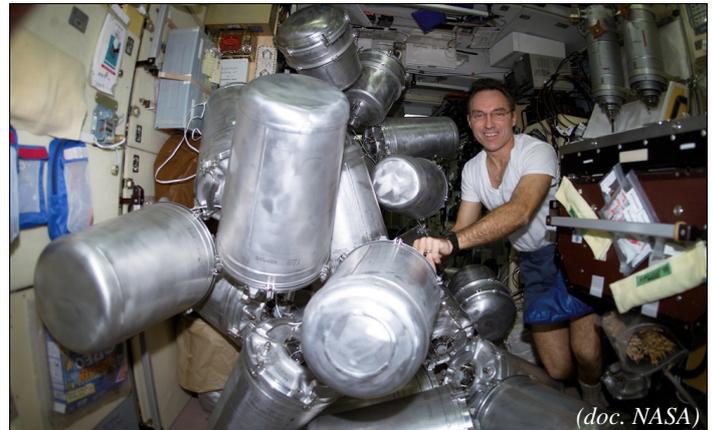
*prochain numéro : octobre 2014...*

## DE L'EAU POUR MARS

L'un des problèmes critiques dans les projets de vols pilotés vers Mars concerne le fret et les vivres à emporter pour la survie des astronautes—une masse qui atteint de hautes valeurs, vu la longueur de la mission—et notamment les réserves d'eau liquide. On parle beaucoup, en science, du sujet de « l'eau sur Mars ». Dans ce dossier, nous allons au contraire nous pencher sur le problème de « l'eau pour Mars ».

### Combien d'eau emporter ?

Pour les vols pilotés dans l'espace, le poste le plus important, au niveau des ressources à embarquer, concerne le propergol pour la propulsion du vaisseau (maintien à poste ou changements de trajectoire). En seconde position vient l'eau liquide pour l'alimentation de l'équipage, l'hygiène, voire la production d'air respirable par électrolyse. Dans tout projet de vol piloté vers Mars, il est donc indispensable de chiffrer la masse d'eau liquide à emporter, qui aura d'importantes répercussions sur la masse totale à propulser vers la Planète rouge, et donc sur le coût de la mission.



(doc. NASA)

### Ravitaillement en eau dans la Station Spatiale Internationale.

En termes d'eau consommée par un astronaute, le minimum préconisé est de 2 kilogrammes (2 litres) par jour en eau potable, et 2 kilogrammes supplémentaires en eau contenue dans les aliments—soit directement incluse (dans les conserves, notamment), soit ajoutée à la nourriture déshydratée. Aussi modestes qu'ils puissent paraître pour des vols de courte durée (pour les 3 astronautes d'un vol Apollo vers la Lune de 10 jours aller-retour, la masse d'eau potable représente 120 kg), ces chiffres prennent une toute autre importance lorsque l'on raisonne en années, puisqu'un vol martien se joue sur 6 mois aller, 6 mois retour, et 18 mois passés sur place dans le scénario « standard », soit 900 jours (deux ans et demi).

Pour un groupe de 5 astronautes (les divers scénarios proposant 4 à 6 astronautes), cela représente 4500 jours-astronautes à raison de 4 litres par jour, soit 18 tonnes d'eau potable ! Et comme l'hygiène nécessite la même quantité d'eau pour le

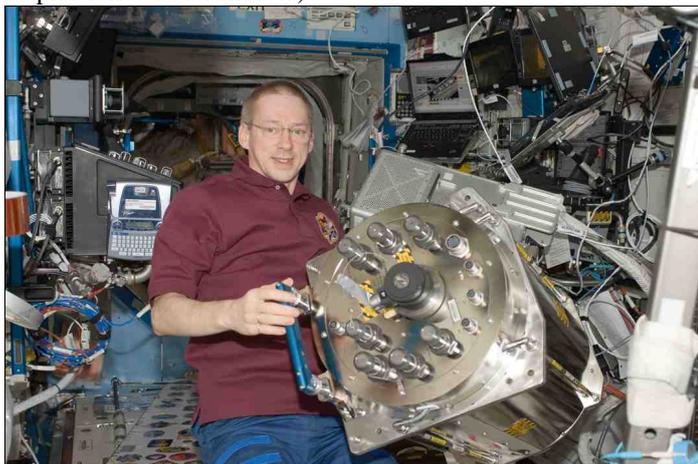
lavage du corps au gant de toilette et les tâches ménagères, ce sont en tout 36 tonnes d'eau liquide qu'il faut prévoir à bord.

Lorsque l'on sait qu'un étage de fusée interplanétaire, tel celui envisagé pour le vol vers Mars, est capable de propulser 100 tonnes vers la Planète rouge, devoir colporter 36 tonnes d'eau est rédhitoire, d'autant qu'il faut freiner cette masse en arrivant à destination et en poser une grande partie sur le sol martien. La seule solution logique, et les ingénieurs l'ont compris depuis longtemps, c'est de recycler en permanence l'eau utilisée, puisqu'elle a le mérite d'être constamment et intégralement restituée par les astronautes sous forme d'urine, de sueur et de vapeur d'eau dans l'air exhalé.

### Comment la recycler

Récupérer l'urine est élémentaire ; récupérer l'eau de la transpiration n'est guère plus difficile, puisqu'il suffit de filtrer l'air de la cabine pour en condenser la vapeur d'eau. Filtrer l'urine de manière à la rendre utilisable, voire potable, est plus complexe et fait intervenir des équipements sophistiqués—qui doivent être infaillibles puisque la vie des astronautes en dépend—et eux-mêmes assez lourds.

Dans les laboratoires au sol comme dans la Station Spatiale Internationale (ISS), on travaille sur la question. Dans la station, le système de régénération d'eau est volumineux (la taille de deux réfrigérateurs) et pèse près de trois tonnes. Il consiste en plusieurs unités, dont un distillateur d'urine : on évapore l'urine, de sorte qu'une vapeur d'eau plus ou moins pure se sépare d'un reliquat d'impuretés (une forme de saumure). Encore faut-il tenir compte du fait qu'en impesanteur, liquide et gaz ne peuvent pas se séparer pas simple gravité. Il faut donc contourner le problème en mettant la « cocotte minute » en rotation, créant une force centrifuge qui plaque les impuretés liquides sur les parois périphériques, alors que la vapeur d'eau est aspirée et évacuée au bout du système. Cette eau prétraitée est alors condensée et rejoint celle récupérée en parallèle par condensation de la vapeur d'eau de la cabine (la sueur et la respiration des astronautes).



Le distillateur d'urine est un élément clef du système de recyclage.

(doc. NASA)

L'eau subit alors plusieurs filtrages par osmose à travers des membranes qui laissent passer les molécules d'eau, mais pas les molécules plus grosses qui sont retenues par le filtre. Pour les molécules plus petites et volatiles, une réaction oxydante (catalytique) est alors opérée à haute température. Un test de la pureté de l'eau est effectué en fin de réseau par transmission électrique : une eau avec des impuretés transmet mieux l'électricité que de l'eau pure. Si l'eau est bonne, elle gagne le

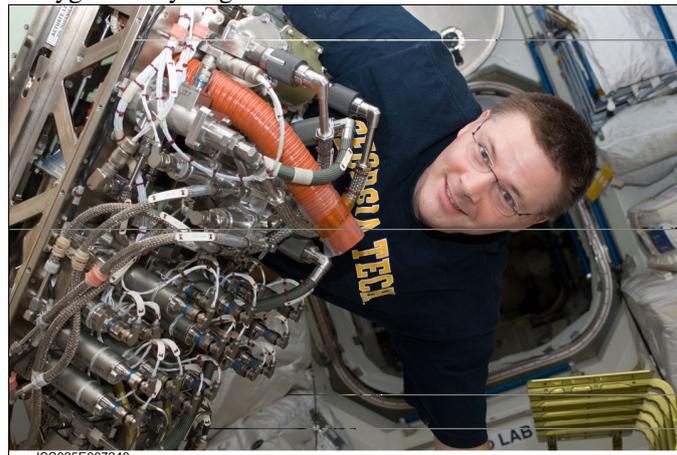
réservoir de stockage : on peut la boire. Si elle laisse à désirer, elle est renvoyée une nouvelle fois dans la boucle de purification.

À l'arrivée, on arrive à recycler l'eau à 90 % (pas totalement, car il y a toujours des pertes). Pour la Station Spatiale, quelques petits problèmes restent à régler et des pannes peuvent faire chuter le rendement, mais pour le vol martien il faudra être infaillible.

Pour ce vol vers Mars, si l'on est capable de recycler l'eau à 90 %, on n'a plus besoin dans l'absolu que d'emporter 4 tonnes d'eau, plutôt que les 36 tonnes prévues au départ. Au passage, pour les matheux, c'est une itération de recyclages sur 900 jours et donc une série mathématique : ce n'est pas 3,6 tonnes (10 % de 36 tonnes) qu'il faut emporter, mais bien environ 4 tonnes. En arrondissant à 5 tonnes d'eau pour avoir de la marge, et en ajoutant 4 tonnes pour le matériel de recyclage, on peut s'estimer satisfait du gain énorme en masse embarquée (9 tonnes plutôt que 36, soit le quart).

### Et pourquoi pas la respirer ?

L'eau a une autre vertu pour l'équipage : elle peut procurer de l'oxygène par électrolyse. En complément ou en remplacement d'oxygène liquide pour la respiration de l'équipage—respiration qui nécessite un kilogramme d'oxygène par jour et par astronaute, donc une masse de près de 5 tonnes à embarquer pour une mission—on peut dissocier l'eau électriquement en oxygène et hydrogène.



La production d'oxygène à partir de l'eau, par électrolyse, est testée à bord de la Station Spatiale Internationale.

(doc. NASA)

L'hydrogène est ventilé par dessus bord à l'heure actuelle dans la Station Spatiale, mais à l'avenir on s'en servira pour un autre cycle astucieux de recyclage : la réaction de Sabatier. Cette dernière est une réaction chimique fort utile pour le vol martien, qui consiste à combiner hydrogène et dioxyde de carbone : la réaction donne comme produits du méthane et de l'eau. Quelle meilleure façon de recycler le dioxyde de carbone rejeté par la respiration de l'équipage : on obtient de l'eau supplémentaire, ainsi que du carburant pour les moteurs-fusées !

On voit ainsi qu'un recyclage intelligent des déchets d'un équipage peut non seulement régénérer le stock d'eau, mais aussi de fabriquer d'autres produits intéressants.

### Utiliser l'eau martienne : une solution d'avenir

Si le vol vers Mars nécessite un recyclage sophistiqué, le séjour sur place promet à terme d'être beaucoup moins exigeant. Par exemple, la gravité martienne (0,39 G, un peu plus du tiers de la pesanteur terrestre) permet de s'affranchir de la partie centri-

fugeuse du recycleur d'eau et d'éléments annexes. Le recycleur du module de séjour sur Mars sera donc plus simple et moins massif que celui du vol croisière vers la planète rouge.

Il y a évidemment plus prometteur encore : l'eau glacée dont regorge la planète Mars en surface et dans son sol aux hautes latitudes et qui pourrait donc être directement exploité. Cela nécessite bien sûr de se poser aux hautes latitudes (au-delà de 70°, l'équivalent du cercle arctique) pour disposer de glace à quelques centimètres seulement de profondeur, ce qui entraîne quelques désagréments : hivers longs et obscurs, température moyenne plus basse que dans les autres régions, moins d'électricité photovoltaïque. Mais le jeu en vaut la chandelle : les équipages n'auront plus besoin que d'emporter l'eau nécessaire au vol aller ; le reste (80 %) étant fourni gratuitement par la Planète rouge.



Photographiée par la sonde européenne Mars Express, un cratère d'impact martien, par 70°N, contient une jolie « patinoire » de glace, large de 10 kilomètres. Que d'eau, que d'eau !

(doc. ESA/DLR/FU Berlin/G.Neukum)

Il y a aussi des endroits prometteurs à plus basse latitude : de petits impacts récents ont labouré et éjecté de la glace en surface, depuis moins d'un mètre de profondeur, sur plusieurs sites aussi bas que 45° (latitudes moyennes). D'autres régions plus proches encore de l'équateur dissimulent de la glace à des profondeurs identiques, d'après les spectromètres à neutrons qui scrutent le sol depuis orbite, notamment autour des massifs volcaniques de Tharsis et d'Elysium.

À très long terme, la dépendance pour l'accès à la glace d'eau qu'une base soit cantonnée aux hautes latitudes pourrait être effacée par un « glacioduc » acheminant l'eau de ces latitudes vers l'équateur où les colonies pourraient se développer au soleil. Ce serait la version moderne des mythiques canaux martiens chers à Schiaparelli et à Percival Lowell : la réalité rejoindrait alors la fiction...

**Charles Frankel**

Cet article a été publié par Futura-Sciences sur le blog de l'auteur (<http://blogs.futura-sciences.com/frankel/>).

## LA SURVIVABILITÉ, ÉTAPE ULTIME DE LA SÉCURITÉ



Challenger, 1986 : malgré le caractère particulièrement dramatique de cet accident, la Navette a continué à voler sans qu'il soit remédié à une déficience fondamentale : l'absence de tout mode de secours pendant une grande partie de la phase de lancement ! Un défaut de survivabilité caractérisé. (doc. NASA)

*Safety is No Accident* : « La Sécurité, c'est : Pas d'Accidents ». Cette devise de la conférence annuelle de l'IAASS (*International Association for the Advancement of Space Safety*) d'Octobre prochain traduit de façon radicale et frappante l'obligation qui sera faite aux concepteurs d'une mission humaine vers Mars en matière de sécurité. Néanmoins, quels que soient les efforts que ceux-ci consacreront à cet objectif, ils auront toujours à faire face à une difficile optimisation multicritère, dans laquelle la durée du développement et son coût, le coût opérationnel et la productivité du programme doivent être combinés avec la sécurité. L'évaluation du niveau de sécurité devant être atteint à la fin du processus de développement et de qualification doit tenir compte des contraintes qui en résultent. Bien entendu, un niveau minimum doit être spécifié. Mais proclamer une philosophie du « risque zéro », ou afficher un objectif de sécurité sans expliciter comment il sera atteint dans le cadre des contraintes du programme ne sont pas des options opérationnellement réalistes.

L'isolement radical et l'éloignement dans lesquels l'équipage et les moyens de l'expédition martienne seront placés sont spécifiques à cette mission exigeante. Revenir de l'ISS est une question d'heures, et des équipements de rechange peuvent y être envoyés par le biais de vols logistiques fréquents ; le retour de la Lune est une question de jours, et il serait toujours possible d'envoyer du matériel à une mission lunaire sous quelques semaines. Mais pour Mars, un retour sur Terre est une question de 1 à 2 ans, de même pour l'expédition de pièces de rechange. De ce fait, une analyse sérieuse de la sécurité sous ces contraintes spécifiques doit considérer avec une insistance toute particulière l'éventualité des accidents redoutés, quelles que soient les dispositions prises pour les rendre improbables. Cette prise en compte doit aboutir, dans les limites des contraintes du programme, à la mise en place de moyens et de dispositions propres à assurer la survie et, à la fin, le retour de l'équipage.

Si certains scénarios peuvent s'avérer sans espoir, soit pour des raisons physiques (explosion, dépressurisation brutale), soit du fait de considérations de coût, la plupart d'entre eux peuvent être envisagés positivement, soit par le biais de la mise en œuvre de moyens complémentaires (par exemple prépositionnement d'une réserve de consommables) ou même simplement au travers de choix relatifs à l'architecture globale (par exemple trajectoire de retour libre, conduisant à un transit de six mois vers Mars, préférée à un voyage plus rapide).



*Les astronautes d'Apollo 13, victimes d'une explosion, ont été sauvés grâce à une reconfiguration des moyens où le module lunaire (à l'arrière-plan) a joué le rôle de « canot de sauvetage ». Malgré un froid prononcé et un problème de contrôle de la teneur en CO<sub>2</sub> de leur vaisseau, ils ont pu survivre et réussir leur retour sur Terre.*

*(doc. SmithsonianChannel)*

La grande diversité des moyens opérationnels déployés dans la mission et la possibilité d'envisager de nombreuses configurations de secours élargissent heureusement l'éventail des solutions permettant de surmonter les événements dangereux, pour peu que les concepteurs y pensent dès l'origine. Ces solutions vont du plus local et habituel (auto-reconfiguration et redondance des équipements) au plus complexe, allant jusqu'à inclure -et contraindre- la conception de l'architecture de mission. Beaucoup peut être fait dans ce registre, sans mettre en danger le programme par une augmentation irréaliste des coûts ou de la complexité.



*La survie d'êtres humains en conditions extrêmes est un thème persistant de notre imaginaire. Des Robison Crusoe martiens sont apparus dans la Science-fiction et au cinéma.*

Mais encore faut-il ne pas s'arrêter à la devise « Safety is No Accident ». Les conséquences fatales d'accidents doivent être identifiées et a priori non acceptées. Pouvoir finalement récupérer un équipage en perdition, même soumis aux conditions de survie stressantes résultant d'un séjour prolongé dans l'espace, serait bien préférable au fait de devoir assister impuissants à une fin tragique et désespérée, un choc dramatique pour le public, propre à causer par ailleurs d'importants dommages politiques. « Beyond Safety, Survivability » : la survivabilité, étape ultime de la sécurité !

**Richard Heidmann\***

## ÉVOLUTION DE NOS MÉDIAS ÉLECTRONIQUES

Le 16 juin dernier nous avons ouvert un nouveau site web réservé aux membres de l'association. Il s'agit de l'Espace Membres, accessible à partir du site web public (bouton associé), ou bien directement à l'adresse <http://members.planete-mars.com>. L'idée de ce site s'est construite en partie suite aux commentaires évoqués lors la dernière assemblée générale, sur le thème de la communication entre les membres, qui sont répartis sur un espace géographique étendu. C'était aussi une opportunité de partager avec l'ensemble des adhérents diverses discussions sur des sujets d'actualité qui ont parfois lieu par email. Sur l'Espace Membres, les espaces de discussion vous permettent de discuter l'actualité, de poser des questions, présenter vos idées et trouvailles... bref, d'échanger avec la communauté APM. Les adhérents peuvent créer leurs propres groupes, par exemple pour rassembler les membres d'une région, d'une ville, ou de discuter autour d'un projet. L'Espace Membres réunit tous les articles de blog, documents et publications réservés aux adhérents. À l'avenir, ce type de contenu sera exclusivement publié sur l'Espace Membres (avec parfois des "accroches" sur le site public pour inciter les visiteurs à nous rejoindre), pensez donc à vous y connecter pour rester informé de l'actualité de votre association. Aussi, nous utiliserons éventuellement ce support pour consulter les membres par sondages sur divers sujets et directions que peut prendre l'association. Nous espérons qu'il contribuera à fidéliser nos adhérents, et peut-être à en amener de nouveaux. N'hésitez pas à faire vivre ce site, ce que vous y apporterez sera non seulement source d'intérêt pour nos membres actuels, mais également pour les nouveaux venus. Vous trouverez dans le menu Aide toutes les informations nécessaires à son utilisation.

Depuis janvier 2014 nous recevons 200 à 300 visites par jour sur notre site web public, la plupart étant réalisées par de nouveaux utilisateurs (70% des visites) et environ la moitié des entrées proviennent des moteurs de recherche. Afin de mieux capter l'attention de ces visiteurs, les prochaines évolutions web vont amener une refonte graphique et fonctionnelle du site public. Cette dernière apportera une adaptation aux mobiles et tablettes, permettra de gérer plusieurs fils d'informations, et améliorera la promotion des événements, publications et support de l'association (début des développements cet été). Relativement au contenu, nous souhaiterions publier un plus grand nombre d'articles de fond, type dossiers éventuellement publiés par épisodes, éducatifs pour notre public, portant sur la variété de sciences et techniques impliquées dans l'aventure martienne. Ces articles seraient dotés d'une présentation particulière et attractive pour les visiteurs. Les bonnes volontés pour la rédaction d'articles sont bienvenues, n'hésitez pas à nous contacter.

Enfin, depuis quelques semaines, vous pouvez vous abonner à la lettre d'information du site public (encart "Abonnez-vous à notre newsletter" dans la colonne de droite) et ainsi recevoir un email hebdomadaire contenant un aperçu des derniers articles publiés sur le site public.

**Olivier Lau**

## LA VIE DE L'ASSOCIATION

**Charles Frankel** a présenté « L'eau et les voyages spatiaux » (voir article sur ce thème dans ce bulletin) le 10 avril au Pavillon de l'Eau à Paris. L'excellente exposition « L'eau sur Mars » s'y poursuit jusqu'à la fin de l'année. **Charles** a par ailleurs ouvert un blog martien sur le site Futura-Sciences.



de gche à dte : V. Sautter, géologue au Museum d'Histoire naturelle et commissaire scientifique de l'exposition « L'eau sur Mars », M.-O. Monchicourt, journaliste scientifique à Fr. Inter et C. Frankel.

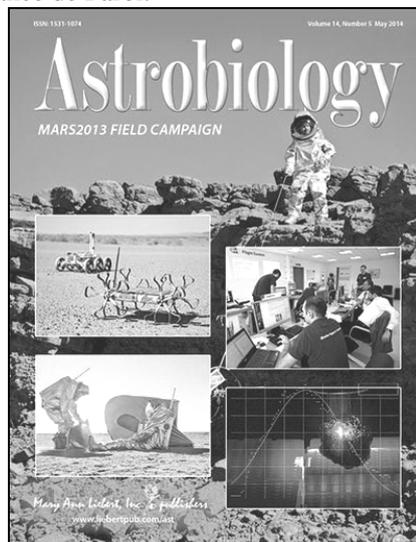
**Alain Souchier** a assisté au congrès Space Access les 9, 10 et 11 avril, organisé par le pôle Astech à Paris. Il y a animé une table ronde sur les destinations au-delà de l'orbite basse pour l'exploration, rassemblant des représentants de la NASA (Jason Crusan, directeur des systèmes d'exploration avancés), de l'ESA, du CNES, du DLR, d'Arianespace et de SpaceX.



Les destinations de l'exploration. (doc. ESA modifié A. Souchier)

Le 48<sup>ème</sup> conseil d'administration de l'association s'est tenu le 26 avril (compte rendu disponible sur le site des membres). En mai est paru le numéro spécial d'Astrobiology consacré à la simulation Mars 2013 organisée par le forum spatial autrichien ÖWF au Maroc. Lors de cette opération, **Jean-Marc Salotti** avait proposé une expérimentation des capacités d'accès de quads à des terrains accidentés, et **Alain Souchier** une nouvelle expérimentation du Véhicule de Reconnaissance de Paroi de l'association, ce qui s'était traduit par une présence sur place en février 2013 lors de la première semaine d'expérimentation.

**Stephan Gérard** avait fait partie de l'équipe de contrôle de mission à Innsbruck. Parmi les 7 articles de cette revue de renommée internationale, l'un est consacré au Véhicule de Reconnaissance de Paroi.



Le numéro spécial d'Astrobiology sur la simulation Mars2013.

(doc. Astrobiology)

Le 10 juin les adhérents habitant la région parisienne étaient invités à se retrouver pour un dîner d'échanges informels, suite à une proposition soumise par un membre lors de l'assemblée générale. Une quinzaine d'entre eux se sont retrouvés avec plaisir au « Café de Mars » ! Une expérience à renouveler.



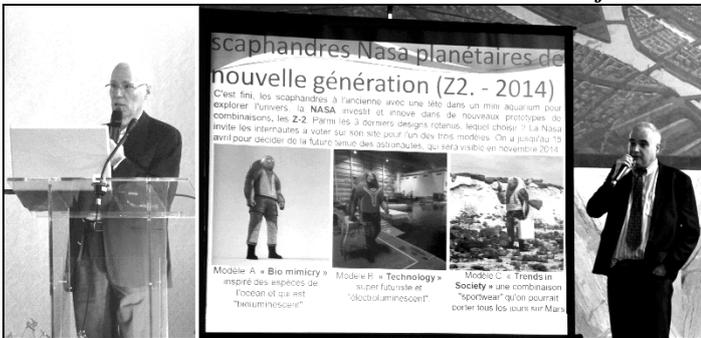
Le 16 juin, **Alain Souchier** a traité le thème des simulations réalisées en différents endroits sur Terre devant les adhérents du Club d'Information Scientifique de la Poste et de France-Télécom. Après la simulation réalisée le 15 mars dernier, la combinaison du scaphandre analogue de l'association est réparée pour maintenance et améliorations chez **Armande Zamora** et **Patrick Sibon**.

Le 21 juin un après-midi "A la Découverte de Mars" a été organisé par la mairie du 15<sup>ème</sup> à Paris. L'association y était présente avec un stand et trois conférences: "L'exploration de Mars" par **Alain Souchier**, "La vie sur Mars ?" par **Pierre Brisson**, "Les scaphandres planétaires" par **Jean-François Pellerin**. **Stephan Gérard** et **Yves Monier** ont prêté main forte aux opérations d'installation et désinstallation du stand.

**Jean-François Pellerin** a assuré une séance de dédicace du livre de l'association « Embarquement pour Mars », le 5 juillet à la FNAC Evry.



Le stand « Planète Mars » à la mairie du 15<sup>ème</sup> le 21 juin.



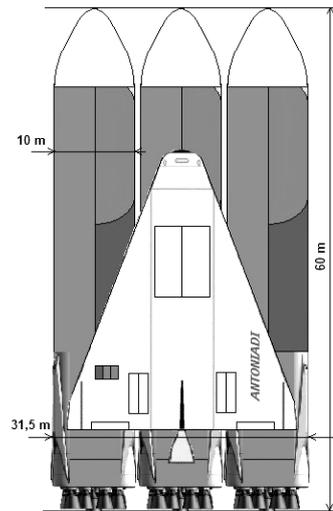
Pierre Brisson et Jean-François Pellerin lors de leurs conférences.

**Olivier Lau** a mis en place un nouveau site Internet dédié aux adhérents et offrant de nombreuses possibilités d'échanges et d'information. De son côté, **Stephan Gérard** assure une présence de l'association sur les réseaux sociaux. Un article est consacré à ces opérations en page 4 de ce bulletin.

De nombreuses activités sont en cours : le projet de Cubesat *Birdy*, destiné à mesurer les radiations sur une trajectoire Terre-Mars-Terre, conduit à titre professionnel par **Boris Segret** (projet né à Neuchâtel, lors de la conférence EMC11, sur une inspiration de Michel Cabane, du LATMOS) ; l'organisation par **Liam Fauchard** de manifestations martiennes avec exposition, conférences et films en Bretagne à l'automne ; la préparation d'une mission de simulation à la MDRS en 2015 par une équipe d'étudiants de l'ISAE (Supaéro). Nous aurons l'occasion de reparler de tout ces projets dans le prochain bulletin.

A partir des rares informations disponibles, complétées par des hypothèses sur les choix de ses concepteurs et des évaluations numériques, **Richard Heidmann** a travaillé sur la reconstitution de ce que pourrait être le projet d'architecture de mission martienne de SpaceX, le mystérieux « Mars Colonization Transport ». Cette étude est disponible sur le site. Elle conclut à la vraisemblance de la proposition d'un système totalement réutilisable et mono-véhicule...

**Alain Souchier**



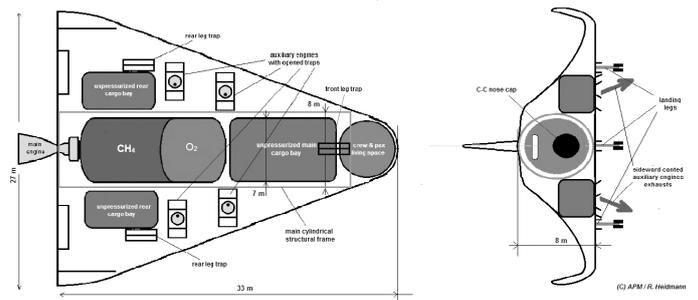
**Notional fully reusable Mars Colonization Transport**

3x9 Raptor	
total thrust	~ 12000 T
M lift-off	~ 10000 T
M LEO	~ 300 T
M towards Mars	~ 100 T

(C) APM/R. Heidmann

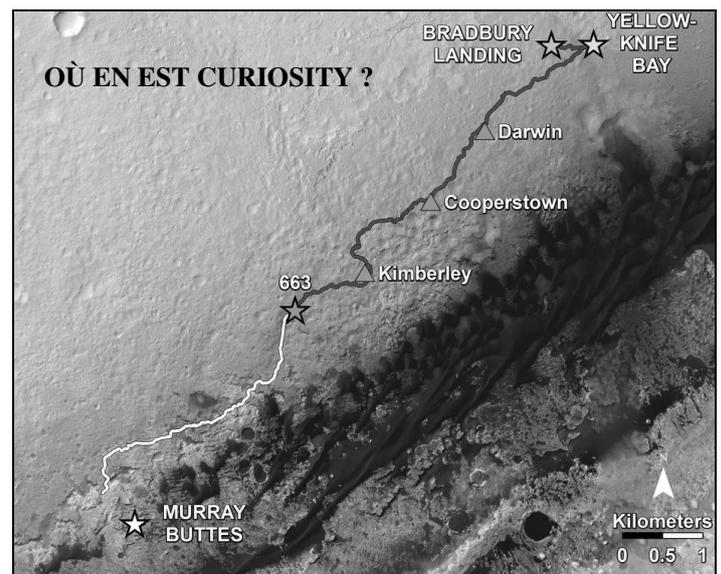
Le « MCT » ressemblerait-il à cela : une navette Terre-Mars-Terre de 300 T de masse initiale (dont 200T d'ergols), placée en orbite terrestre par un méga-lanceur réutilisable de 10000 T, propulsé par 27 moteurs Raptor ? Pour le moins non conventionnel !

(doc. APM/R. Heidmann)



(C) APM/R. Heidmann

La taille de la navette doit permettre de freiner suffisamment dans l'atmosphère martienne, tout en limitant l'échauffement.



Le rover a fêté son 1<sup>er</sup> anniversaire martien le 24 juin (sol 669). Il devrait atteindre vers fin août *Murray Buttes*, point libre de dunes (dunes en noir ici) permettant l'accès aux couches superposées de la base du mont Sharp, objectif majeur de la mission.

(doc. NASA/JPL)

## ORION ET LE LANCEUR LOURD SLS

La cabine Orion, conçue pour le vol interplanétaire avec 6 astronautes et en particulier le retour dans l'atmosphère terrestre à des vitesses élevées, comme celles impliquées par un retour de Mars, doit effectuer son premier vol en fin d'année 2014. Pas d'équipage pour ce premier vol d'essai désigné EFT 1, pas encore non plus de module de service européen tel que cela avait été décidé en janvier 2013 par la NASA et l'ESA. Le lanceur sera le Delta Heavy. La mission prévoit l'envoi de la cabine sur une orbite de 6000 km d'apogée pour un premier test du bouclier thermique à des conditions plus sévères qu'une rentrée depuis l'ISS. La vitesse d'entrée sera de 32000 km/h contre plus de 40000 pour un retour martien. Le vaisseau est en préparation finale ; le bouclier thermique posé fin mai.



La cabine Orion du premier vol dans son état d'assemblage de juin 2014. Cette partie a une masse de 8,5 t, alors que l'ensemble avec le module de service en configuration opérationnelle aura une masse de 23 t. (doc. NASA)

d'un nouvel étage semble incompatible avec un premier vol habité qui serait ainsi reporté à EM3, avec l'envoi d'un équipage dans le voisinage lunaire. Le SLS Block I a une capacité de 70 t en orbite basse tandis que le Block IB atteint 105 t. De futures évolutions (Block II) devraient conduire à la capacité de 130 t et ouvrir la voie aux missions humaines martiennes. Ce block II utilisera en étage supérieur le moteur J2X de 135 t de poussée, dont le développement est très avancé. La configuration de la partie inférieure du lanceur est encore en évaluation.



La configuration du vol EM1, qui enverra un vaisseau Orion faire le tour de la Lune comme lors des missions Zond russes de la fin des années 60. (doc. NASA)



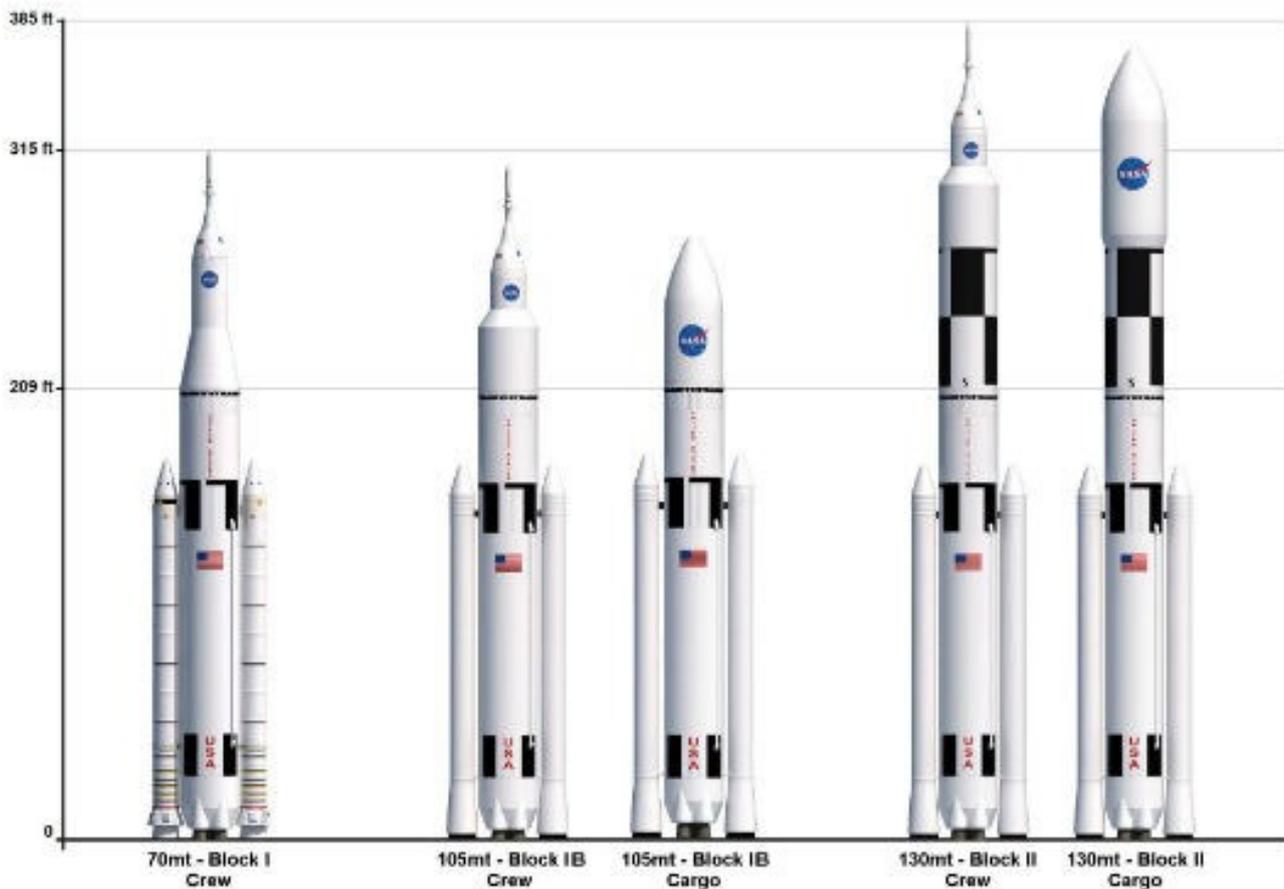
La première mission, après lancement par un Delta Heavy, prévoit un rallumage du dernier étage et une rentrée après deux orbites. (doc. NASA)

Le deuxième vol d'Orion, désigné EM1, toujours sans équipage, est programmé pour décembre 2017, avec un lancement par le premier lanceur lourd SLS. Le SLS a un corps central propulsé par 4 moteurs à oxygène et hydrogène liquide RS25 qui sont des moteurs SSME de 200 t de poussée, restant du programme navette. Le décollage est assuré par deux boosters semblables à ceux de la Navette mais dont la longueur est augmentée par passage de 4 à 5 segments. Leur poussée individuelle est de 1650 t. Pour le premier vol, l'étage supérieur sera un dérivé de celui du Delta, utilisant un seul moteur RL10 à hydrogène et oxygène liquides de 11 t de poussée. Cette version est désignée Block I. Mais dès le 2<sup>ème</sup> vol EM2, en 2021, la version Block IB équipée d'un nouvel étage supérieur à 4 moteurs RL10 devrait être utilisée. Cette première utilisation



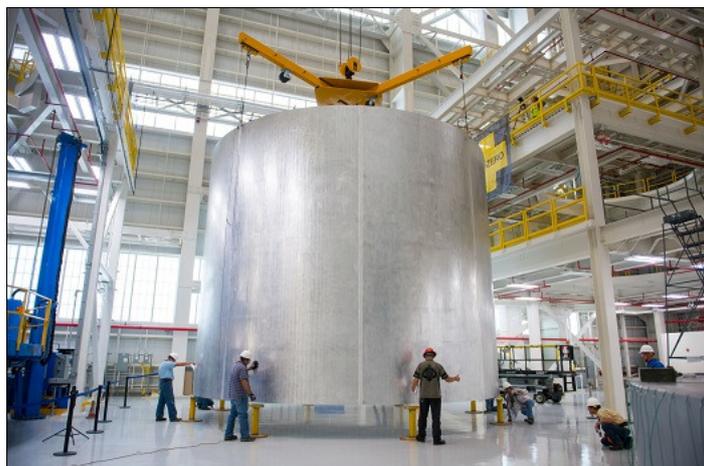
Les missions à partir d'EM2 utiliseront le nouvel étage supérieur à 4 RL10. (doc. NASA)

Le développement du SLS est en cours. La revue critique de définition se déroule à mi 2014. Des premiers matériels prototypes ont déjà été fabriqués (dôme et partie cylindrique des réservoirs du corps central, boosters 5 segments pour essais au sol). Les essais de boosters au sol ont eu lieu le 10 septembre 2009, le 31 août 2010 et le 8 septembre 2011. Le prochain essai, le premier de qualification, est prévu en fin d'année 2014. Un nouvel essai au début 2015 marquera la fin de qualification. Les prochaines grandes étapes de développement sont le début de production de l'étage supérieur lors de l'été 2014, les essais de structures du corps central fin 2015, et les essais à feu du corps central à 4 moteurs SSME/RS25 à mi 2016 au Stennis Center de la Nouvelle-Orléans. La production du matériel de vol a commencé début 2014 et s'étendra jusqu'à mi-2016.



*Versions successives prévues dans le programme SLS.*

*(doc. NASA)*



*Essai de fabrication d'une section de réservoir hydrogène en 2013.*

*(doc.NASA)*

Dans le domaine des lanceurs lourds, SpaceX espère lancer dès 2015, malgré un planning de lancement commercial et NASA très chargé, la variante lourde de son Falcon 9, le Falcon 9 Heavy, dont le 1<sup>er</sup> étage est constitué de trois premiers étages de Falcon 9 accolés. La version la plus avancée de cette fusée doit satelliser 53 t en orbite basse. Elle fait appel à la technique du cross-feeding (alimentation du corps central pas les corps latéraux) qui permet au corps central de continuer avec ses réservoirs toujours pleins après séparation des latéraux. Au décollage il y aura donc 27 moteurs Merlin 1D en fonctionnement simultané ! Space X commence également le développement du moteur Raptor, à méthane et oxygène liquide, de 450 t de poussée, qui doit équiper son futur super lanceur lourd pour l'envoi d'hommes vers Mars. La capacité visée est nettement supérieure à celle du SLS Block II.

De leur côté les Chinois auraient commencé à travailler sur un

lanceur de performances comparables à celle du SLS Block II. A suivre...

**Alain Souchier**



*Un dôme de réservoir du corps central du SLS. Ces éléments mesurent 8,4 m de diamètre et sont produits dans l'usine Michoud de la Nouvelle-Orléans qui produisait antérieurement les réservoirs de la navette, de mêmes dimensions. C'est Boeing qui est en charge du développement et de la production du corps central.* *(doc. NASA)*

**Ont collaboré à ce numéro :** Charles Frankel, Richard Heidmann, Olivier Lau, Alain Souchier.

**Achévé d'imprimer :** QuadriCopie 27200-Vernon.

**Dépôt légal :** juillet 2014