

PLANÈTE MARS



Numéro 73 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com octobre 17

ISSN 1772-0370

ÉDITO

Tandis que l'administration Trump se propose de relancer un programme incluant à nouveau un détour vers la Lune, à la satisfaction d'acteurs soucieux de profiter de contrats à plus court terme et moins risqués, le créateur de SpaceX vient de présenter une version révisée de son dérangeant projet martien, désormais dénommé *BFR* (*Big F**king Rocket*). Cette nouvelle mouture traduit la volonté de rendre son développement moins ambitieux et son emploi polyvalent et commercialisable. La masse au décollage est ramenée de 10000 à 4400 tonnes, permettant de réduire le nombre de moteurs de 42 à 31 et le diamètre à 9 m (compatible avec les infrastructures de SpaceX). Bien sûr, les performances sont réduites d'autant, mais dans la mesure où la philosophie du système repose sur l'hypothèse (encore à concrétiser !) de lanceurs réellement réutilisables, cela n'est pas déterminant. Il reste possible de transférer d'un coup 100 passagers ou plus, sur une trajectoire rapide (3 mois), jugée nécessaire pour réduire drastiquement la dose de radiations.

L'essentiel du potentiel de SpaceX devrait être affecté à ce projet dès mi-2018, une fois les développements du Falcon Heavy et de la capsule Dragon2 terminés... Les profits de l'exploitation de ces matériels (et du Falcon9) financeront l'effort, ainsi que les commandes de vols pour des missions non martiennes. L'objectif de délais est « à la SpaceX », c'est-à-dire exaltant mais peu crédible : 2 vols automatiques dès 2022, suivis de 4 vols (dont 2 habités) en 2024 ! ... Mais peu importe ; le projet a désormais une assise plus pragmatique et, sauf catastrophe dans l'aventure industrielle à haut risque de son promoteur (en particulier concernant les essais du Falcon Heavy et la mise en production de la Tesla Model 3), l'élan est donné. En cas de succès de cette initiative « new space », que deviendront les plans « à l'ancienne » de la NASA et de ses contractants traditionnels ?

Quant à la question du pourquoi l'Homme sur Mars, voici la réponse d'Elon Musk : « Vous voulez être inspiré par ce qui se passe ; vous voulez vous réveiller le matin en pensant que le futur sera grand. C'est cela être une civilisation spatiale, c'est croire au futur, penser que le futur sera meilleur que le passé ». Une philosophie du progrès réfutée par certains, mais qui constitue indéniablement le véritable fondement du projet martien.

Richard Heidmann

Dans ce numéro :

- La vie est-elle apparue dans des sources hydrothermales ? p.1
- La vie de l'association p.3
- 20^{ème} Convention de la Mars Society p.4
- Au Congrès International d'Astronautique d'Adélaïde p.5
- Le projet X de ballon au concours Mars City Design p.7
- Quelques interrogations sur le projet de SpaceX p.8

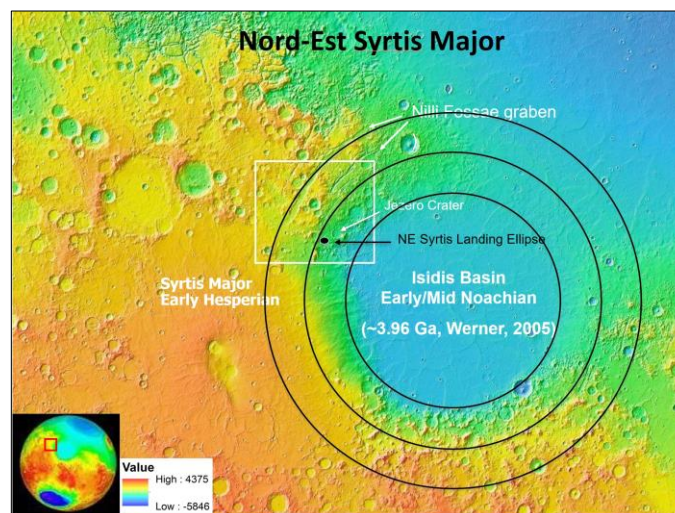
prochain numéro : janvier 2018...

LA VIE EST-ELLE APPARUE DANS DES SOURCES HYDROTHERMALES ?

Les deux missions martiennes prévues pour 2020 ont un objectif de recherche biologique. D'après son « Science Definition Team », le laboratoire mobile de la NASA, « Mars-2020 », outre la préparation de la collecte d'échantillons et celle des vols habités, doit plus précisément :

- explorer un environnement susceptible d'avoir accueilli la vie en analysant son histoire et les processus biologiques qui pourraient s'y être déroulés ;
- rechercher des indices de signatures d'origine biologique.

Le site d'atterrissage doit donc être choisi en conséquence (tout en respectant les règles prudentielles du COSPAR en ce qui concerne les zones pouvant être toujours habitées !). On visera des terrains d'origine sédimentaire subaquatique, hydrothermale et de roches dégradées par des fluides aqueux, notamment hydrothermaux.

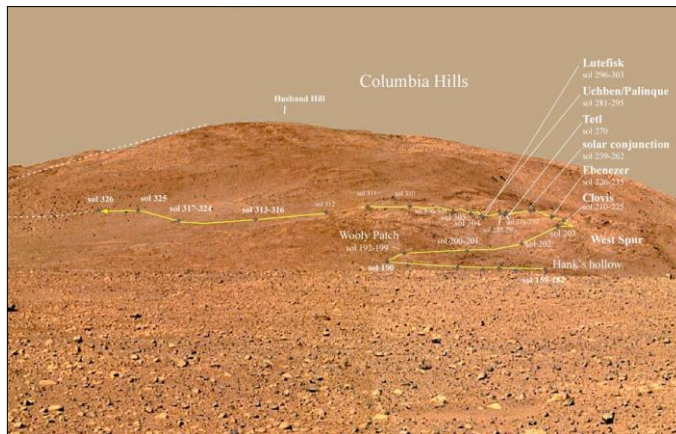


site potentiel dans Syrtis Major (doc NASA/MOLA)

L'un des sites candidats pour l'atterrissage de Mars-2020 se trouve dans la région Nord-Est de Syrtis Major. Il est particulièrement remarquable par la richesse de son activité géologique passée et notamment par la longue hydratation de ses roches. Il est situé précisément entre Isidis Planitia et les failles de Nili Fossae. C'est l'un des endroits où l'on a cru déceler l'origine des bouffées de méthane constatées en 2003 dans l'atmosphère de Mars (avec un doute in fine sur l'identification spectrométrique du gaz).

Il reste en concurrence avec les Columbia Hills (Cratère Gusev) et le delta du cratère Jezero. Tous les trois sont riches en carbo-

nates, argiles et plutôt pauvres en soufre. Ils remontent au *Phyllosien (Noachien)*, époque contemporaine de celle où la vie est apparue sur Terre.



Columbia Hills, dans le cratère Gusev, exploré par Spirit : possibilité de préservation de structures microbiennes au sein de dépôts siliceux de sources chaudes. (doc. NASA/JPL)

Les recherches sur l'origine de la vie sur Terre s'affinent mais on hésite toujours pour savoir où et comment cela s'est passé. Pour le lieu, il semble qu'il y ait trois possibilités :

- certaines zones intertidales ;
- les sources hydrothermales fortement minéralisées de type Yellowstone ;
- les cheminées des dorsales médio-océaniques.

Les trois se caractérisent par leur minéralogie (il s'agit de roches magmatiques de type mafique, c'est-à-dire proche du magma primitif et contenant du magnésium, du fer et du calcium), par la présence d'eau liquide active courante (passée) et par la chaleur (passée).

Sur Mars, on ne trouvera sans doute pas de dorsales médio-océaniques car il n'y a probablement pas eu de tectonique des plaques (ou du moins pas sous la forme horizontale qui s'est développée sur Terre). On ne trouvera pas non plus de zones intertidales car Mars n'a jamais été accompagné par un satellite aussi massif que la Lune. Par contre on trouvera des sources hydrothermales fortement minéralisées ou du moins des roches ayant été créés par des sources hydrothermales. C'est ce qu'on a repéré dans les Columbia Hills et dans le Nord-Est de Syrtis Major ou encore ailleurs, par exemple dans Margaritifer Terra.

Le Cratère Ubud, dans cette dernière région, a fait l'objet d'une étude de Rebecca J. Thomas et al. publiée le 15 juillet 2017 dans les *Geophysical Research Letters*. On aurait sans doute pu faire la même sur les sites de Columbia Hills ou de Syrtis Major. Selon les auteurs on y espérerait plutôt une résurgence que l'apparition du phénomène de la vie car le terrain est daté de la limite entre l'Hespérien et l'Amazonien (vers 3,5 milliards) donc à une époque où le processus sur Terre (et par analogie sur Mars) avait déjà été enclenché, où les conditions de surface sur Mars s'étaient détériorées et où la vie aurait pris refuge dans le sol. Les auteurs supposent donc que le processus de vie a démarré dans de meilleures conditions en surface (où les possibilités de contacts, donc d'échanges, étaient sans doute aussi plus faciles). Les formations identifiées porteuses de ces manifestations putatives de vie sont des accrétiens apparaissant en bourrelets le long

de fractures résultant d'impacts météoritiques, par lesquelles l'eau aurait percolé jusqu'à la surface, où elle aurait déposé les matières transportées. Un autre intérêt de ces accrétiens est qu'elles sont supposées bien conserver les biomorphes du fait de la douceur de leur processus de formation et de la très forte minéralisation des effluents.

On verra bien avec Mars-2020 si le même phénomène, observé près des failles de Nili Fossae, a pu transférer dans ces accrétiens des éléments organiques, évolués jusqu'à la vie, à partir du sous-sol. On pourra alors déterminer s'ils correspondent à cette résurgence où plutôt à la phase initiale du processus (formation en surface à l'issue des percolations). Mais le problème n'est pas là, car le plus important est de savoir si le réacteur biochimique qu'est la planète Mars est jamais allé aussi loin dans son processus de transformation.

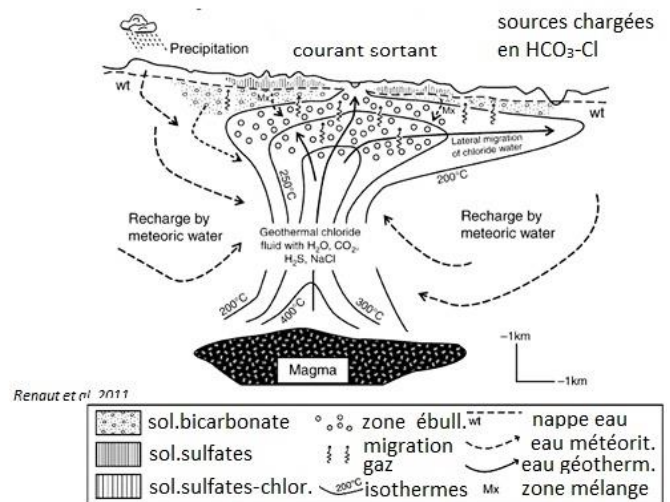


Schéma de percolation géothermale. (doc. Renaut et al.)

Mais attention, les premières phases du processus de vie n'ont sans doute rien d'automatique. Il ne faut pas croire qu'il suffit de faire couler de l'eau chaude sur une roche magmatique pour qu'elle apparaisse. On connaît certaines conditions mais sans doute pas toutes et en tout cas elles sont très difficiles à remplir. Avant leur assemblage au sein d'une membrane elle-même extraordinairement complexe (interface avec le milieu extérieur), il y a eu toute une évolution des molécules organiques. Il ne faut pas oublier que nous n'avons eu qu'un seul Last-Universal-Common-Ancestor (« LUCA ») et que depuis qu'il a procréé il y a presque 4 milliards d'années, pour répandre sa descendance sur l'ensemble de la planète, aucun rival n'est entré en compétition.

Pour résumer, outre les éléments prébiotiques apportés par les météorites et travaillées par l'environnement planétaire, il faut des conditions de minéralogie locale favorables, pas seulement du basalte ou du fer non oxydé mais aussi toutes sortes d'éléments chimiques, à commencer par les fameux CHON (Carbone, Hydrogène, Oxygène, Azote) et également du phosphore, du calcium, du soufre, du sodium, du potassium, du manganèse, du chlore. Il faut aussi une température convenable (chaude mais pas trop), une pression atmosphérique minimum c'est-à-dire permettant une plage étendue de températures où l'eau peut-être liquide, un différentiel de pH important (sur Terre il a été

probablement de 4 ou 5 unités sur 14) pour faciliter les réactions des couples redox qui peuvent se former, une eau salée mais pas trop, un courant pour provoquer les échanges mais ne pas les détruire, peut-être des radiations pour favoriser les mutations donc les adaptations.

Finalement les conditions initiales ont pu n'avoir été remplies que dans les cheminées hydrothermales de longues durées (type « Lost City », situées à côté mais non « sur » les dorsales océaniques) et nulle part ailleurs. Dans ce cas l'équivalent sur Mars des sources hydrothermales de type Yellowstone n'auraient pas été suffisantes. En explorant ce type de sites, c'est un éclairage sur ces questions qu'on peut espérer voir les missions martiennes de l'année 2020 nous apporter.

Pierre Brisson

LA VIE DE L'ASSOCIATION

Le 4 juillet, à la mairie du 15^{ème}, **Lucie Poulet** et **Cyprien Verseux** ont traité de leurs simulations effectuées dans l'habitat HI-SEAS à Hawaï. **Cyprien** a d'ailleurs sorti un livre sur son aventure d'une année, « Vivre sur Mars ». Le 15 juillet, à Ollioules, 250 personnes ont assisté à la présentation « L'exploration de Mars » qui, pour raison d'indisponibilité de conférencier APM, s'est déroulée sur fond d'enregistrement audio commentant les images de la présentation. Le 21 juillet, aux Ulis, **Jean-François Pellerin** a dédié l'ouvrage collectif de l'association « Embarquement pour Mars ». Le 29 juillet **Thomas Appéré**, à Suscinio, a abordé « De Curiosity à ExoMars : à la recherche de la vie sur Mars ». Le 8 et 9 août, au festival de Fleurance, **Lucie Poulet** a traité « Cuisiner sur Mars » et « La face humaine de l'exploration martienne ».

Le Conseil d'Administration de l'association s'est réuni le 31 août. Le compte rendu est accessible dans les pages des membres du site Web.

Début septembre 2017 s'est déroulé un tournage dans l'Île de Lanzarote (Canaries) pour évoquer les futurs vols pilotés vers Mars avec **Charles Frankel** et Thomas Pesquet, en vue d'un programme qui sera diffusé en décembre sur Arte.

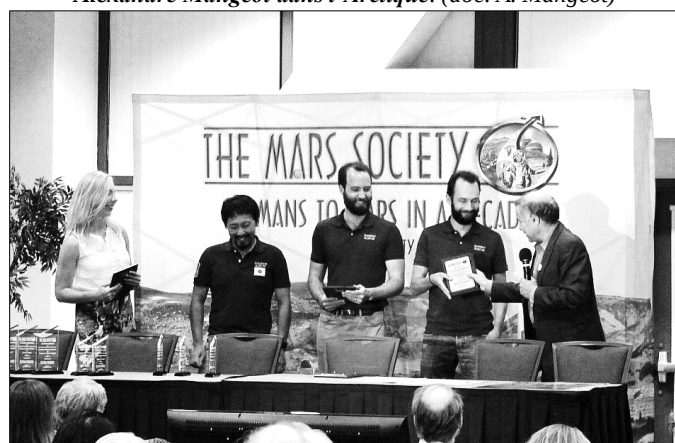
La convention 2017 de la Mars Society s'est tenue du 7 au 10 septembre à l'Université d'Irvine en Californie. **Philippe Clermont** y a représenté l'association Planète Mars en particulier au steering committee et a présenté un compte rendu détaillé de nos activités, démontrant la contribution significative de Planète Mars.

Arno Passeron et **Thibault Paris** ont montré leurs études et réalisations concernant le scaphandre X1 dans le cadre d'un projet PSC de l'École Polytechnique.

Alexandre Mangeot, de retour de sa participation à la simulation arctique F-Mars en tant que commandant de bord, achevée le 14 août, et commencée le 21 juillet, était à l'honneur avec son équipage. Cette simulation dans l'Arctique faisait suite à la simulation de 80 j dans l'Utah à l'automne dernier dans le cadre du projet Mars 160 visant à comparer les opérations dans l'Utah et celles dans l'Arctique.



Alexandre Mangeot dans l'Arctique. (doc. A. Mangeot)



L'équipage d'Alexandre Mangeot recevant les félicitations de Robert Zubrin lors de la 20^{ème} Convention de la Mars Society à Irvine.

(doc. Mars Society)

Le 9 septembre, comme tous les ans, la mairie d'Auriol dans le cadre de sa journée « Auriol à la rencontre de l'espace », en présence de l'astronaute Anna Fischer, a accueilli, parmi d'autres, l'association Planète Mars. **Armande Zamora** et **Patrick Sibon** y ont commenté photos, scaphandre de simulation, étapes de l'exploration martienne sur une maquette manipulable par les enfants et une magnifique maquette à l'échelle 1 du futur rover européen ExoMars.



La maquette du rover ExoMars exposée à Auriol et réalisée pour l'occasion par Armande Zamora et Patrick Sibon. (doc. P. Sibon)

Le Congrès Européen de la Mars Society, organisé par le forum spatial autrichien ÖWF, a eu lieu comme prévu du 22 au 24 septembre à Innsbruck. Y ont assisté **Pierre Brisson** (avec une présentation sur la « Recherche de la vie sur Mars »), **Stephan Gerard**, **Thibault Paris** et **Arno Passeron**. Félicitations à l'ÖWF pour son organisation sans failles.



Thibault Paris et Arno Passeron présentant leurs études sur le scaphandre X1 à Innsbruck. Thibault et Arno ont pu visiter le laboratoire où l'OWF travaille sur les améliorations de son scaphandre Aouda. (doc. Ecole Polytechnique/X1 Spacesuit/Astronautix/APM)

Le 23 septembre **Jean-Marc Salotti** a traité de l'exploration de Mars à Royan. **Aline Decadi**, à titre professionnel, a assisté au congrès d'astronautique d'Adélaïde, du 25 au 29 septembre.

Alain Souchier

20^{ème} CONVENTION DE LA MARS SOCIETY



« It will take a thousand years for the frontier to reach the Pacific ». Thomas Jefferson, début XIX^{ème} siècle, au sujet de la Conquête de l'Ouest, cité par Greg Benford en plénière d'introduction. Il n'avait pas prévu le progrès technologique... l'invention du train... cela a pris une centaine d'années !

Avec le soutien de l'Association, j'ai pu participer à la 20^{ème} convention, localisée à l'Université de Californie à Irvine, au cœur d'un magnifique campus boisé, proche de Los Angeles, de SpaceX, Boeing et du JPL. J'ai également représenté Richard Heidmann au Steering Committee Mars Society. La conférence

était organisée avec le soutien de Greg Benford, professeur d'astrophysique à UC Irvine, auteur de science-fiction, et francophile (il a passé six mois dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique).

A l'exception de plusieurs autres membres français très remarquables, j'ai rencontré très peu d'européens parmi les ~300 participants (estimation personnelle) : un représentant de l'association britannique (en cours de réorganisation complète), et deux polonais. Il s'agit d'une convention très américaine dans l'esprit, et intéressante à ce titre car les débats publics y sont vifs et directs.

La convention est classiquement organisée autour de sessions plénières, de débats, de « track sessions » parallèles (cette année au nombre de deux pour la technologie et une pour les sujets politiques/philosophiques), et le soir d'animations telles que la présentation de courts métrages d'animation sur Mars.

Comme lors de ma première convention TMS (Washington DC, 2015), j'ai pu constater la qualité de l'organisation, l'intérêt des thématiques choisies et le niveau des présentateurs.

MDRS et FMARS : excellentes nouvelles et forte visibilité de l'équipage MDRS 160

La MDRS a fait l'objet d'améliorations importantes, grâce à un donateur anonyme. Des panneaux solaires donnent une autonomie complète en été (un générateur restant nécessaire en basse saison). Un deuxième laboratoire scientifique a été ouvert. Un télescope robotisé a été installé. L'exploitation de MDRS est à l'équilibre grâce aux contributions demandées aux équipages.

Grâce aux efforts de l'équipe dirigée par notre collègue **Alexandre Mangeot**, la station FMARS a fait l'objet d'une réhabilitation (après 8 ans d'inoccupation). Alexandre a pu témoigner de tous les travaux préalables pour conduire le séjour de sa mission de 3 mois (MDRS160). La prochaine mission FMARS est actuellement prévue pour l'été 2018. La mission MDRS 160, très internationale, et conduite par Alexandre, a fait l'objet de présentations spécifiques en session commune, et de remise de prix à des membres présents (photo).



Alexandre Mangeot, membre APM, présentant MDRS160 en conférence plénière. (doc. APM)

Vivre sur Mars en réalité virtuelle

Cette thématique est récente, à ce niveau de visibilité. Elle a fait l'objet d'un premier exposé en séance plénière, par Vera Mulyani, architecte dans la Silicon Valley et fondatrice de Mars City Design. Vera organise régulièrement un appel à projet. HP est également très actif (hp.com/go/mars). Le concours « Mars 2030 » consiste, sur une base de terrain martien réel numérisé (Mawrth Vallis), à concevoir en réalité virtuelle l'implantation

d'une colonie d'un million d'habitants (bâtiments, infrastructures...).

Les présentations de membres APM

En sus de la présentation d'**Alexandre Mangeot**, deux exposés en « track sessions » ont été présentés par des membres APM. Le projet de scaphandre spatial conduit à l'Ecole Polytechnique a fait l'objet de la conférence « Design and building of a 3D printed pressurized martian spacesuit », par **Thibault Paris** et **Arnaud Passeron**. Une belle assistance, de nombreuses questions, principalement sur l'ergonomie, et in fine une proposition de rencontre d'astronaute américain par un participant. Un beau succès.

J'ai pour ma part présenté, dans la session « politique/philosophie », un papier intitulé « Mars colonization : from prospect to project ». La conférence avait pour objet de présenter le modèle économique élaboré par **Richard Heidmann**, avec l'appui de **Pierre Brisson**, la communication grand public récente, et le principe d'un séminaire à venir sur les problématiques économiques, juridiques, légales et techniques (ce dernier point beaucoup mieux connu) de la colonisation. « Comment amorcer une économie martienne », belle problématique qui pourrait donner lieu à des thèses économiques... Une belle assistance également, quelques questions sur des modèles alternatifs, et un commentaire très positif sur quelques chiffres que j'ai présentés : une estimation d'investissement de 50 G\$, en regard d'un total des investissements des fonds souverains mondiaux (hors hedge funds) de 7500 G\$...

Soirée de gala

L'invitée d'honneur du traditionnel dîner de gala de la Convention était Anousheh Ansari, première femme touriste de l'espace, qui a passé une semaine dans l'ISS en 2006, partie sur un vol Soyuz de Baïkonour. Impressionnant témoignage d'une passionnée de l'espace depuis son enfance en Iran, ayant fait fortune aux USA lors de la cession de sa société d'informatique, et ayant autofinancé son séjour et réalisé un rêve personnel, après avoir réussi l'entraînement rigoureux indispensable à tout astronaute.

Initiative récente de Robert Zubrin, l'hymne martien « Rise to Mars » a été déclamé lors de ce gala par son auteur, le baryton new-yorkais Oscar Castellino, et a fait l'objet d'une « standing ovation » lors de la conférence de conclusion. On apprécie ou non ce type d'initiative, mais il suscite sans aucun doute une dynamique de foule impressionnante !

Sujets divers

A noter que plusieurs conférences ont mentionné diverses startups actives pour préparer l'exploitation commerciale de l'espace, notamment des astéroïdes, telles que Planetary Resources Inc., Deep space industries (L'Etat du Luxembourg en est partenaire), et d'autres.

Divers exposés ont évoqué les hypothèses de détection de formes de vie différentes dans le système solaire. Sans oublier les étranges émanations ponctuelles de méthane détectées sur Mars, une présentation sur Encelade a eu lieu sur ce thème après la découverte de sources hydrothermales sur ce satellite de Saturne. La confirmation d'une « second life genesis » dans le système solaire serait bien sûr une découverte de rupture confirmant que la vie est probablement très répandue dans l'uni-

vers. Autre question philosophique évoquée : si nous découvrons de la vie sur Mars (mission Mars 2020 ?), devons-nous renoncer à des missions humaines par principe de précaution ? C'était l'opinion de Marvin Minski, philosophe et référence bien connu de l'intelligence artificielle au MIT, rapportée par son ami Greg Benford.

J'ai pu constater par ailleurs le profond débat aux USA sur l'influence et le rôle de la NASA, accusée de manquer de vision et de continuité. Robert Zubrin favorisant les débats, nous avons pu assister à un débat contradictoire sur le « Deep Space Gateway », en présence de son promoteur Boeing ; par contre, aucun représentant de Lockheed Martin n'a accepté d'affronter le débat sur leurs projets.

La convention s'est conclue sur un plaidoyer enflammé et très engagé de R. Zubrin en faveur de la colonisation de Mars et de l'exploitation des ressources spatiales au service de l'humanité.

En savoir plus

Les conférences sont progressivement mises en ligne sur YouTube. Les séances plénières sont déjà présentes : <https://www.youtube.com/user/TheMarsSociety> (Rubrique 20^{ème} convention)

Philippe Clermont

AU CONGRÈS INTERNATIONAL D'ASTRONAUTIQUE D'ADÉLAÏDE

J'ai eu le privilège de participer à la 68^{ème} conférence IAC – *International Astronautical Congress*, le Congrès qui réunit tous les secteurs d'activités du spatial, et qui se déroule chaque année. Elle avait lieu à Adélaïde, en Australie, du 25 au 29 septembre. Le sponsor principal de ce congrès était Lockheed Martin. Le congrès s'est divisé en plusieurs parties, dont principalement :

-des sessions plénières - *Plenary Sessions* - où des grands donneurs d'ordres comme les agences spatiales, les industries et les partenaires du secteur présentent leur vision pour le futur, les prochains challenges à accomplir, et échangent sur les différentes approches et synergies possibles ;

-des sessions techniques - *Technical Sessions* - où des auteurs d'articles techniques viennent présenter leurs recherches et leurs résultats en 20 minutes, incluant des questions/réponses avec le public ;

-des stands d'exposition, où les agences, les industries, les écoles, les associations du spatial viennent exposer leurs produits et leurs idées/ initiatives.

Des événements plus particuliers comme la distinction IAF World Space Award 2017, décernée à Charles Bolden pour sa contribution en tant qu'ancien Astronaute et Administrateur de la NASA, ou encore la présentation tant attendue d'Elon Musk, CEO de SpaceX, sur ses projets de colonisation martienne.

Le premier jour a été marqué également par l'intervention des Directeurs des Agences Spatiales. Étaient présents :

- Jan Woerner – directeur général de l'ESA (Europe)
- Robert Footlight - administrateur de la NASA (Etats-Unis)
- Sylvain Laporte – président du CSA (Canada)
- Tian Yulong - secrétaire général du CNSA (Chine)

- Igor Komarov – directeur de ROSCOSMOS (Russie)
- Shri Somanath – représentant de l'ISRO (Israël)
- Naoki Okumura - président de la JAXA (Japon)

Leurs discours furent centrés sur le spatial comme moteur d'inspiration et de fascination pour alimenter le domaine des sciences tout en favorisant les projets d'envergures internationales et le business associé. Tous les directeurs d'Agences Spatiales étaient en phase sur les projets du spatial en lien avec l'exploration lunaire et martienne : R. Footlight de la NASA a d'ailleurs mentionné que son plus grand souhait serait qu'une mission d'envergure internationale permette de conduire l'Homme sur Mars. Cette idée a fait l'unanimité au sein des autres directeurs d'Agence et également au sein du public. Les directeurs d'Agences se sont réunis une deuxième fois dans la semaine pour discuter des différents scénarii possibles pour l'exploration spatiale post 2024. A plus court terme, plusieurs missions concernent l'exploration martienne : InSight en 2018 pour investiguer la structure interne de Mars, rover EXOMARS en 2020 pour des investigations exobiologiques, MMX en 2020 pour collecter des échantillons martiens. Les principales problématiques que les Agences souhaitent résoudre pour l'exploration Lune-Mars sont la propulsion, la sécurité, la santé, la psychologie, les radiations, la communication.



Réplique du rover Curiosity – Mars Science Laboratory – présente sur le salon et se baladant au milieu des stands.

Parmi les sessions techniques, deux journées complètes étaient consacrées aux sessions de présentations techniques relatives à l'exploration lunaire et martienne. D'ailleurs, les deux destinations étaient souvent conjointes dans les présentations, notamment dans le concept de « Moon-Mars » de l'Agence Spatiale Européenne, qui propose que la Lune soit utilisée comme plateforme d'expérimentation des nouvelles technologies et différents moyens de mise en œuvre.

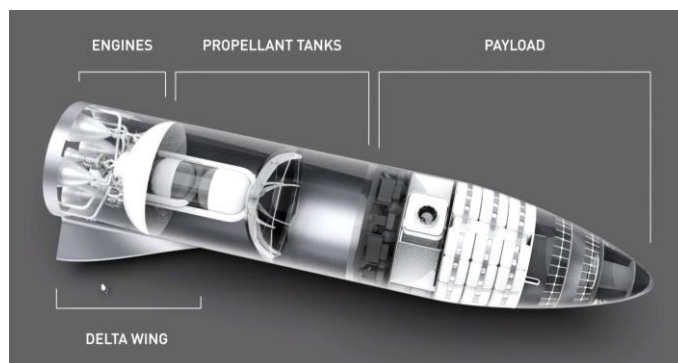
Les différents véhicules habités en développement ont été présentés (sauf le Dragon2 de SpaceX) : SpaceShip2 de Virgin Galactic, New Shepard de Blue Origin, Starliner CST-100 de Boeing, Dream Chaser de Sierra Nevada Corporation, Capsule Orion de Lockheed Martin. Cette dernière, lancée par un SLS Block 1B, permettra de faire le trajet aller-retour vers Mars, avec un ravitaillement en LOX/LH₂ du lander en orbite. Pour ce type

de mission qui dure plusieurs années, la formation des passagers sera longue car ils doivent être autonomes, savoir utiliser tous les moyens et équipements disponibles, être capables de les réparer en cas de panne, apprendre à gérer les situations d'urgence.

La FAA a rappelé que la Sécurité est la première priorité des vols habités et que des réglementations additionnelles seront nécessaires dans le futur pour prendre en compte tous les scénarii dimensionnants. A ce jour, aucune exigence n'est émise vis-à-vis des passagers d'un vol habité. Ce point soulevé par la FAA fait d'ailleurs l'objet du papier que j'ai présenté au Congrès¹ : il s'agit de proposer un set de critères de sécurité applicables à l'exploration spatiale en prenant en compte l'expérience acquise en aviation, et en proposant une fonction de transfert vers le spatial sous forme d'un « prisme » constituant la logique d'élaboration des critères de sécurité. Le set de critères proposé permet d'atteindre un niveau de sécurité acceptable, tout en prenant en compte les caractéristiques principales de mission, à savoir la durée de mission, les conditions environnementales du vol, la maîtrise des risques en cas de non-tolérance à la panne, la capacité de réutilisabilité du véhicule de transport, et l'expérience accumulée en opération. Ces critères sont également établis en tenant compte de l'équation performance/coût/sécurité.

La présentation du CEO de Space X était très attendue le vendredi après-midi par les quelques 5000 personnes présentes dans la plus grande salle du Congrès. Elon Musk a présenté les spécifications mises à jour de l'ensemble booster-vaisseau réutilisable (BFR). Il ambitionne d'envoyer 6 vaisseaux en avance de phase, dont 2 avec équipages, d'ici 2024. Pour permettre de résoudre l'équation économique, la stratégie consiste à rendre les véhicules de SpaceX redondants, c'est-à-dire d'avoir un seul type de booster et de vaisseau qui remplacerait les modèles actuels que sont Falcon 9, Falcon Heavy, Dragon et Dragon2.

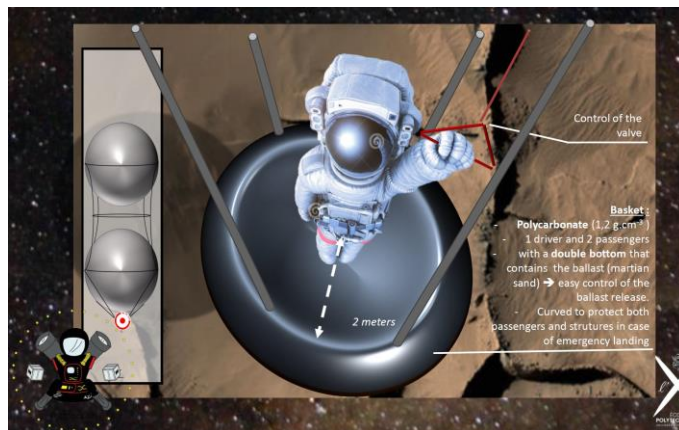
Le développement du BFR sera financé grâce aux gains accumulés par les lancements de satellites, les missions cargo vers l'ISS et éventuellement les missions lunaires. L'objectif final est que le BFR permette d'envisager la colonisation de Mars, ceci en étant la moins coûteuse (et la plus grosse !) des fusées. Le booster serait propulsé à l'aide de 31 moteurs Raptor (pour rappel, le booster de la version initiale prévoyait 42 moteurs principaux. Le vaisseau comprendrait 40 cabines pour 2 à 3 personnes chacune, permettant donc de transporter 100 personnes par lancement vers Mars, incluant les zones communes, un espace cuisine et un abri contre les tempêtes solaires.



Éclaté du vaisseau interplanétaire. (doc. SpaceX)



Vue d'artiste de la colonie naissante. (DR)



Dans la nacelle. (doc. Groupe projet X)

En termes de planning, un premier atterrissage de 2 vaisseaux cargo est annoncé en 2022 (dans 5 ans) ; 4 autres vaisseaux suivront en 2024, dont 2 avec équipages. Mais SpaceX respecte rarement les échéances (ambitieuses !) qu'il annonce...

Le premier objectif sur place est de trouver la meilleure source d'eau et d'installer une usine à ergols grâce aux 6 vaisseaux envoyés en avance de phase. Ceux-ci permettront de construire l'immense champ de panneaux solaires requis, de chercher et traiter l'eau collectée, et de puiser le CO₂ de l'atmosphère. Selon Elon Musk, il serait également possible de voyager de point à point sur Terre en 30 minutes en utilisant cette technologie... Mais se posent les problèmes de coût et de sécurité. La présentation de SpaceX a achevé l'IAC2017 d'Adelaïde. L'an prochain, l'IAC sera organisé à Brême en Allemagne.

Aline Decadi

LE PROJET X DE BALLON AU CONCOURS MARS CITY DESIGN

Imaginez-vous habiter l'une des premières colonies martiennes. Imaginez-vous vivre sous un dôme à longueur de journée, en repensant à votre vie antérieure sur Terre, à vos balades ou à vos voyages. Si vous êtes venus sur Mars, souhaitez-vous vraiment abandonner tout cela? Ne vouliez-vous pas au contraire découvrir de nouvelles terres? Vivre de nouvelles aventures? C'est justement pour améliorer la vie des futurs colons martiens que l'entreprise américaine Mars City Design organise chaque année un concours auquel nous avons décidé de participer.



Vols proposés aux résidents par la colonie martienne.

(doc. Groupe projet X)

Nous avons donc imaginé une façon de prendre « le grand air » sur Mars et de vivre de nouvelles expériences : nous avons conçu un ballon à dihydrogène martien. Si ce genre de ballon est assez simple à réaliser sur Terre, le défi devient tout de suite plus compliqué lorsqu'on se place dans des conditions martiennes. Il nous a d'abord fallu trouver le bon compromis entre charge utile et volume de gaz utilisé. Le dispositif devait également être assez solide pour pouvoir emmener 2 touristes en toute sécurité dans le ciel martien... Le challenge a donc été de concevoir un engin qui ne soit pas démesuré et qui respecte un cahier des charges très exigeant.

Pour pouvoir répondre à cette problématique, nous avons séparé l'équipe en deux pôles: celui se penchant sur la partie technique du problème et celui chargé de respecter les consignes du concours Mars City Design (MCD). D'un côté, l'équipe technique s'est principalement intéressée aux mécanismes de décollage et d'atterrissage ainsi qu'aux problématiques mécaniques. De l'autre, l'équipe « concours » a coordonné la promotion du travail auprès du jury et élaboré des supports visuels et graphiques.

Nous avons donc mené ce projet en fonction des échéances imposées par MCD, pour passer successivement l'étape des demi-finales (15 projets retenus sur 135 participants) puis de la finale (10 projets choisis). Ce concours s'est achevé début août à Los Angeles par un workshop qui aura permis aux équipes finalistes de se retrouver pour découvrir le monde de l'aérospatial et travailler sur un projet commun. C'est début octobre que l'aventure s'est terminée lors du gala d'annonce des résultats, également à Los Angeles, qui aura vu l'équipe remporter le concours dans la catégorie « transport ».

Si tout cela a été possible, c'est grâce au soutien de l'**Association Planète Mars** et de son vice-président, **Richard Heidmann**, qui nous aura suivi tout au long du projet. Son expertise et ses conseils auront été très précieux pour venir à bout de ce challenge. De son côté, l'association aura participé au financement des deux voyages effectués par l'équipe à Los Angeles (workshop et remise des prix). Toute l'équipe est donc très reconnaissante de sa participation et vous donne à tous rendez-vous sur Mars pour un tour en ballon !

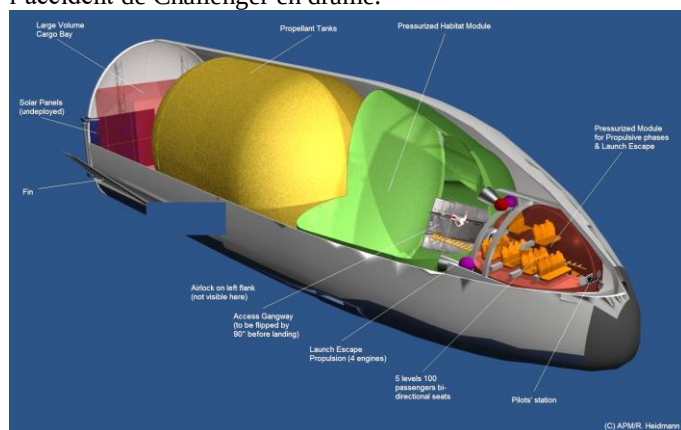
L'Équipe du « Tour de Mars en 80 jours »

QUELQUES INTERROGATIONS SUR LE PROJET DE SPACEX

L'évolution du projet de transporteur interplanétaire *BFR* de SpaceX conduit à le rendre plus réaliste, tant au niveau de la faisabilité technique (taille et nombre de moteurs réduits) qu'au niveau des capacités de financement qui seront requises. Sans aller jusqu'à renier ses principes fondateurs (réutilisation totale et minimisation du nombre de modules), les ingénieurs de SpaceX semblent avoir entendu quelques-unes des critiques émises suite à la première présentation de l'IAC 2016. On comprend que persiste malgré tout le scepticisme soulevé par la taille du lanceur et l'ambition de ses missions, ainsi que par le peu de crédibilité à accorder aux annonces calendaires de SpaceX, même si les succès industriels d'Elon Musk incitent à donner du crédit à ses projets.

Cela étant, même en acceptant la perspective d'un développement rapide et finançable du système tel qu'il est proposé, on peut s'inquiéter d'un certain nombre de points de détail de la conception, sur lesquels SpaceX n'a apparemment pas donné d'éclairage jusqu'ici. Citons-en quelques-uns.

-Absence de capsule de secours : en cas d'accident au lancement (explosion, perte de poussée au décollage), les passagers seraient perdus. A vrai dire, cette absence est cohérente avec le principe de réutilisabilité multiple, qui ne peut se concevoir qu'une fois atteint un niveau de fiabilité élevé... La Navette Spatiale obéissait à la même philosophie... ce qui a transformé l'accident de Challenger en drame.



Projet exploratoire de vaisseau avec capsule de secours éjectable.



Un poser horizontal, facilitant le déchargement, compliquerait considérablement le système propulsif et le pilotage.

-Déchargement : le vaisseau atterrit en position verticale sur Mars (solution la plus simple du point de vue de l'intégration du système propulsif). En conséquence, les charges utiles (logées vers l'avant) devront être descendues le long du fuselage (sur une trentaine de mètres). Avec un palan ?...

-Génération électrique pour la production d'ergols : une puissance moyennée (jour/nuit et saisons) de 350 kW (dont ~ 300 pour l'électrolyse) est requise pour produire les 1100 T d'un vaisseau sur 26 mois. En tablant sur une puissance moyennée de **60 W/m²** (panneaux fixes), il faudrait **5700 m²** de panneaux. La masse de ces panneaux (et des batteries associées) ne serait pas un obstacle, par contre le déploiement (et le dépose-siérage) devraient être robotisés. Et si on envisage à terme une flottille opérationnelle d'une douzaine de vaisseaux, par exemple, la surface à déployer (progressivement) atteindrait près de 7 ha (un carré de 260m x 260m) !

SpaceX n'a guère la possibilité d'opter, du moins dans le cadre d'une initiative privée, pour la solution du générateur à fission nucléaire, légère (moins de 10 T) et compacte, mais à vrai dire peu adaptée à la vision d'une future grande colonie.



Projet de parc solaire en Australie. Une certaine analogie d'aspect avec un parc martien...
(doc. Lyon Group)

-Cycle opérationnel : c'est un point que nous avons évoqué dans notre précédent bulletin. Si on entend réutiliser les vaisseaux à chaque période synodique, il est impossible d'utiliser le schéma de trajectoires dit de conjonction, car le retour adient après la fenêtre de tir vers Mars suivante. A notre connaissance, SpaceX ne s'est pas exprimée sur ce point.

-Fonction de transport intercontinental : cette perspective ne paraît pas étayée. Le prix du billet risque de limiter considérablement le marché, sans compter l'inéluctable prise de risque. Les débouchés commerciaux sont plutôt à chercher en orbite terrestre et vers la Lune (en quoi un programme lunaire serait enfin utile pour Mars !).

Richard Heidmann

Ont collaboré à ce numéro :

Pierre Brisson, Philippe Clermont, Aline Decadi, Zoé Ghiron, Richard Heidmann, Alain Souchier

Achevé d'imprimer : QuadriCopie 27200-Vernon.

Dépôt légal : octobre 2017