



PLANÈTE MARS



Numéro 63 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

avril 15

ISSN 1772-0370

LE PRIVÉ À LA MANOEUVRE

A trois reprises, un président des États-unis s'est prononcé en faveur d'un programme Homme sur Mars : George Bush senior en 1989 avec la *Space Exploration Initiative*, George Bush junior en 2004 avec le programme *Constellation*, et même Barak Obama qui, en plusieurs occasions, a affirmé que c'était l'objectif à assigner à la NASA. Malgré cela, toujours pas de décision... Mais, doit-on vraiment s'en étonner ?

Dans la conception institutionnelle qui prévaut, c'est la science qui est mise en avant comme fondement du projet. Pourtant cette finalité peine à justifier à elle seule une entreprise de cette ampleur ; ce qui devrait entraîner une décision va très au-delà, touchant à des enjeux de nature économique (innovation, développement), géopolitique (liés au rôle des capacités spatiales sur la scène internationale) et sociétale (remotiver les jeunes aux métiers technico-scientifiques).

Mais, contrairement à ce qui avait prévalu, par exemple, lorsque furent lancés Airbus ou Ariane, cette prise de hauteur n'est semble-t-il plus de mise : profits à court terme - financiers et électoraux - et refus de tout risque nous gouvernent.

Confrontés à cet état de fait inquiétant, il est réjouissant de constater que ce sont des entrepreneurs privés, innovants et accoutumés au risque, qui, fort de la richesse qu'ils ont créée, sont à l'œuvre pour nous faire espérer en de nouvelles perspectives de développement pour l'humanité.

Pour Mars, c'est évidemment Elon Musk, créateur au succès fulgurant de SpaceX (mais aussi de Zip2, PayPal, Tesla Motors, Solar City, et bientôt d'une entreprise vouée à produire 4000 satellites pour Internet) qui porte nos espoirs. Sans doute, comme il le dit d'ailleurs lui-même, ne pourra-t-il pas, seul, mener à bien son rêve d'une colonie humaine sur Mars. Mais on peut prévoir que, grâce à la force de ses convictions et aux succès (techniques, commerciaux et financiers) de ses entreprises, il réussisse à entraîner les institutions - et le public - sur la route de Mars, d'abord aux USA, puis dans le cadre d'une large coopération mondiale.

Rien n'est joué, la route est semée de pièges et d'aléas. Mais, l'histoire le démontre, de tels grands créateurs peuvent changer notre monde, en l'occurrence aider à en atteindre un autre.

Richard Heidmann
vice-président, fondateur

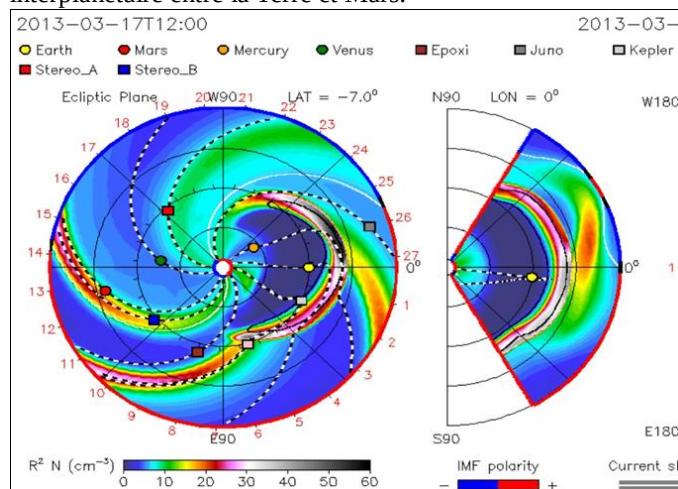
Dans ce numéro :

- Un CubeSat étudiant p.1
- 3^{ème} édition du site Web APM p.3
- La vie de l'association p.4
- L'énigme MCT rebondit p.6
- Recherche de la vie : des indices encourageants p.6

prochain numéro : juillet 2015...

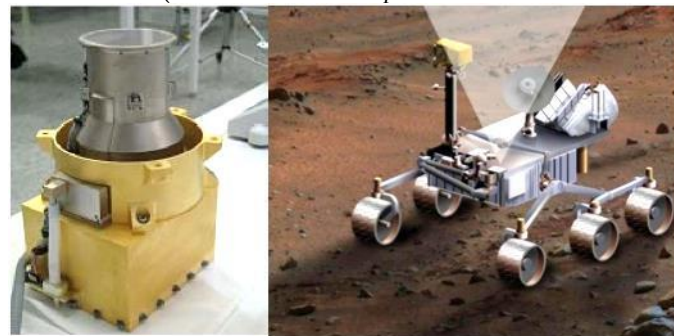
UN CUBESAT ÉTUDIANT POUR PRÉPARER LE VOYAGE VERS MARS

BIRDY désigne un projet de CubeSat interplanétaire destiné à rapporter un jeu de données complet sur les radiations du vent solaire et des rayons cosmiques pendant un trajet Terre-Mars et retour. Vous savez, ces fameuses radiations qui empêchent tout vol habité vers Mars, soi-disant. En fait, à cause de la rareté des données disponibles, des approximations prudentes sont faites à chaque étape du raisonnement par rapport au risque réel, montrant finalement un risque de cancer pour l'homme exagérément élevé. Notre idée a donc été de profiter des nouvelles solutions que sont les CubeSats pour rapporter à moindre coût des données directement prélevées dans l'espace interplanétaire entre la Terre et Mars.



Modélisation de la propagation des particules solaires dans le système solaire. Les planètes sont les ronds, les sondes spatiales qui fournissent des données sont les carrés.

(doc. NASA Goddard Space Weather Research Center)



L'instrument RAD, monté sur le dos de Curiosity. (doc. NASA/JPL)

L'idée est née en 2012, lorsque l'instrument RAD sur le rover martien Curiosity a été allumé pendant son voyage vers Mars. RAD est implanté sur le pont supérieur du rover pour observer les radiations venant du « dessus » une fois posé à la surface de Mars. Pendant le voyage interplanétaire, protégé sous le

bouclier thermique, il se trouvait donc sous plusieurs couches de structures qui faisaient des écrans partiels aux rayonnements. Il avait pourtant été décidé de l'allumer pendant le voyage et un jeu de mesures a ainsi été collecté. Grâce à ces résultats de 2012, il est apparu nécessaire de réajuster les connaissances sur les rayonnements dans le milieu interplanétaire, loin de Mars et de la Terre qui en modifient l'abondance et la propagation. En effet, les modèles scientifiques se contredisent et les interactions entre l'activité solaire et les rayons cosmiques ne sont pas bien comprises. Il faut donc plus de données in situ, et si possible des mesures simultanées depuis plusieurs points du système solaire.

Alors avoir une petite sonde spatiale serait idéal : sur le chemin entre la Terre et Mars elle se trouverait à peu près sur la même ligne de « champ magnétique interplanétaire » que la Terre pendant toute une première partie du voyage puis sur la même ligne que Mars pendant toute la seconde partie. Cette propriété appelée « effet Hohmann-Parker » permet de suivre un flux de particules violent (les éruptions solaires) entre la Terre et le CubeSat ou entre le CubeSat et Mars. Elle nous renseignera sur la manière dont les particules se déplacent. De plus, alors que RAD était coincé sous la protection du rover pendant le voyage, une sonde autonome pourrait adapter son orientation pour repérer la direction d'arrivée des particules.

Les CubeSats permettent d'envisager une telle sonde. Ils sont une nouvelle manière d'accéder à l'espace à moindre coût. Le standard « CubeSat » est un sous-ensemble de la grande famille des nano-satellites (catégorie allant de 1 à 50 kg). Il fonctionne par empilement de cubes de 10 cm de côté pour 1,33 kg. Ainsi on parle d'un « 3U » pour une structure de 10 cm x 10 cm x 30 cm et d'une masse de 4 kg. L'idée géniale a été en fait de définir le « déployeur », c'est-à-dire la boîte qui accueille le CubeSat dans le lanceur puis l'en éjecte au moment voulu : il l'éjecte mais avant ça, dans le lanceur, il garantit que le CubeSat ne met pas en danger la mission « hôte ». Les CubeSats sont ainsi devenus des objets peu coûteux à lancer car leurs déployeurs peuvent facilement trouver une place à bord de lancements traditionnels. Ce standard a été défini par trois universités américaines en 1999 pour permettre aux futurs ingénieurs dans les universités de simplifier la conception d'un nano-satellite et de rendre économique son lancement. Le succès n'a pas tardé et des dizaines de CubeSat ont été lancés depuis 2003 en orbite basse autour de la Terre. Jamais encore vers Mars. Par contre beaucoup y pensent !

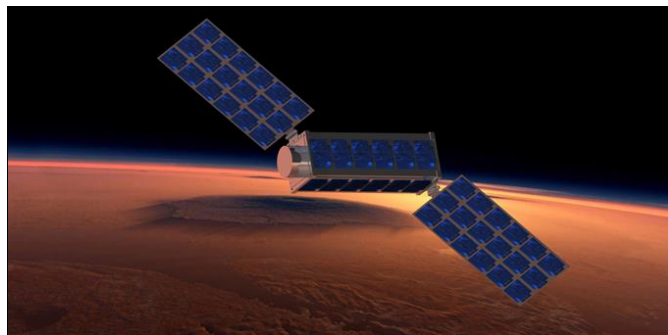
Car concevoir un CubeSat pour un voyage vers Mars n'est pas aussi facile que pour l'orbite basse terrestre. Il y a trois difficultés principales : tout d'abord les radiations qu'on veut mesurer peuvent aussi détériorer le CubeSat ou corrompre les données acquises et stockées en mémoire ; puis ces mêmes données accumulées doivent être renvoyées par radio sur Terre à des distances interplanétaires ; enfin la trajectoire du CubeSat doit être parfaitement maîtrisée malgré des déviations inévitables.

Pour les radiations, il faudra utiliser des composants adaptés au spatial, ce qui n'est pas classique pour les CubeSats dont l'idée était justement d'utiliser des composants standards du commerce (ainsi des puces de smartphones sont proposées sur des missions en orbite terrestre).

Pour les télécommunications, il y a deux grandes options. Soit le CubeSat est en communication directe avec les antennes du

« Deep Space Network » de la NASA ou de l'ESA, ce qui coûte très cher et impose une coordination lourde. Soit il est en black-out complet et ne communique qu'à l'approche de Mars ce qui impose une totale autonomie de navigation. C'est l'option que nous avons retenue. L'idée étant d'utiliser une sonde ou un rover déjà sur place pour faire un relais de communication. Hélas, la communication au retour sur Terre serait différente ce qui suppose d'avoir deux systèmes, l'un pour Mars, l'autre pour la Terre.

Enfin, pour la navigation, la moindre petite perturbation comme par exemple la « pression de radiation » (qui dépend de l'orientation du CubeSat par rapport au soleil) dévierait assez la trajectoire prévue pour manquer l'arrivée sur Mars, il faut donc impérativement disposer d'un système fiable de localisation et de correction d'orbite pendant le voyage. Justement, ce système de « navigation autonome » est une originalité scientifique de BIRDY que nous appelons le « Planet Tracker ». Il peut intéresser bien d'autres missions spatiales et même des applications terrestres (automobiles), faisant de BIRDY un démonstrateur pour un concept d'avenir. Les études se concentrent maintenant sur ce point de faisabilité majeur que nous espérons maîtriser en 2015. Pour la propulsion électrique, un consortium européen dispose d'un système très prometteur, compact et économique, pour contrôler à la fois l'orientation et la correction d'orbite.



Vue d'artiste de BIRDY pendant son survol de Mars.

(doc. OBSPM/NCKU)

En tenant compte de tous ces défis techniques, nous avons élaboré dès 2013 un concept de mission cohérent et crédible pour un CubeSat BIRDY.

L'idée centrale est de profiter d'une mission spatiale « hôte » en partance pour Mars : BIRDY est alors largué depuis la mission hôte en début de phase croisière pour réaliser sa propre mission scientifique en toute autonomie. En préparation de mission, au sol, une trajectoire de référence, proche mais différente de la mission hôte, est calculée afin d'établir un couloir de vol qui garantisse l'approche de Mars et le retour vers la Terre après le survol martien. Pendant la phase de croisière, le Planet Tracker fait une triangulation des planètes parmi les étoiles et ajuste la trajectoire si nécessaire avec sa micro-propulsion. A l'approche de Mars, BIRDY communique avec un rover ou un orbiter sur place, qui assure le relais vers la Terre. Au retour sur Terre, le CubeSat n'est pas récupéré et doit donc transmettre ses données directement au sol avant d'être détruit naturellement dans l'atmosphère. BIRDY a l'avantage d'être économique et compatible avec toutes les missions en partance pour Mars, avec un impact dérisoire sur la mission hôte. Puisqu'il faudra tester au préalable tous les systèmes à bord avant de partir pour Mars, un premier exemplaire simplifié de BIRDY est destiné à

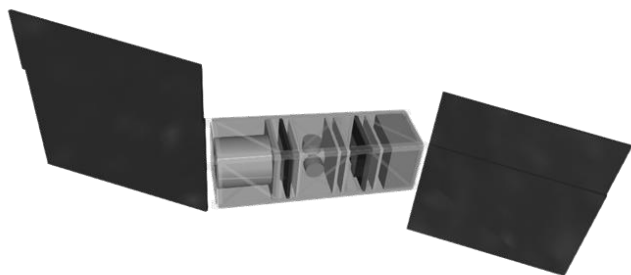
être testé sur une orbite terrestre particulière, dite « GTO ».



Maquette BIRDY en vue de tests d'assemblage et de vibration en avril 2015. Usinage à partir d'une tôle de 1 cm d'épaisseur jusqu'aux machines à commande numérique. Photo par Équipe Centrale Lille (Edouard Colin, Jordan Diby sur la photo, Juliette Foissaud, Nicolas Heim, Robin Klajzyngier, Tristan Mallet, Lucas Orsatto).
(doc. OBSPM/NCKU)

Naissance d'un projet un peu fou

BIRDY est un projet professionnel réalisé par des étudiants. L'intérêt du format CubeSat pour un nanosatellite est de standardiser les interfaces avec le lanceur, ce qui permet d'impliquer des étudiants et de se concentrer uniquement sur la mission spatiale après largage. BIRDY adopte cette philosophie avec un objectif professionnel : le travail est réalisé en majorité par des étudiants de la conception à la réalisation. Pour autant, les données recueillies doivent être de qualité professionnelle afin de servir la communauté scientifique.



Définition préliminaire de BIRDY, proposée pour une maquette de tests en vibration.
(doc. OBSPM/NCKU)

L'idée d'un CubeSat vers Mars a été appuyée en 2011 par Michel Cabane, professeur des universités à Paris et co-responsable d'une expérience majeure sur le rover Curiosity. Il était invité à ce titre à la convention européenne de la Mars Society organisée par la Suisse. Puis le réseau de Planète Mars a fonctionné : Pierre Brisson, responsable de la Mars Society Switzerland a relayé l'idée vers Boris Segret, confrère de Michel Cabane et administrateur de Planète Mars. A cette époque, Boris est entré à l'Observatoire de Paris pour promouvoir l'utilisation des nano-satellites par les chercheurs en astronomie ce qui tombait donc très bien. Jordan Vannitsen, ancien administrateur de Planète Mars jusqu'en 2009 et doctorant à l'université NCKU de Taiwan, a proposé en 02/2013 de faire sa thèse sur le sujet. Le noyau dur de BIRDY était ainsi constitué : à deux, nous avons élaboré le profil de

mission de BIRDY. L'équipe s'est étoffée avec des étudiants de l'Observatoire de Paris et de NCKU, puis des écoles IPSA, Centrale Lille, Centrale Paris et de l'université PSL.

D'autres équipes d'étudiants viendront prendre le relais des premiers, car de nombreux cursus sont nécessaires pour réaliser un CubeSat : mécanique, électronique, thermique, physique fondamentale, optique, télécom, calcul scientifique, simulations, usinage, tests et même infographie ou droit spatial ! Nous sommes convaincus et nous constatons déjà que ce projet attire l'attention du public en faveur de l'exploration de Mars et incite des jeunes à s'engager dans des carrières techniques. Il n'y a plus que les agences spatiales à convaincre.

A ce jour, BIRDY a été présenté dans de nombreuses conférences en France et à l'étranger depuis février 2013, et même en Novembre 2014 lors du premier « Mars CubeSat Workshop » organisé par le JPL/NASA (présentation disponible sur le site web de l'association). Nous savons que dès 2018 ou 2020 des CubeSats accompagneront les missions martiennes de la NASA, peut-être aussi de l'ESA qui s'y met aussi. Même si BIRDY n'est finalement pas sélectionné pour le grand voyage, le concept aura bousculé les habitudes, favorisé des décisions nouvelles et contribué à rendre Mars plus accessible.

Boris Segret

Boris Segret, Ingénieur système ESEP <http://www.esep.pro>, LESIA, Observatoire de Paris, chef de projet BIRDY et membre du conseil d'administration de Planète Mars.

BIRDY est un projet réalisé en France par l'Observatoire de Paris (LESIA-ESEP, IMCCE) avec le soutien financier des Investissements d'Avenir et le parrainage de l'Association Planète Mars et de la Mars Society Switzerland, et à Taiwan par NCKU (DAA, DEE, ISAPS) ainsi que par des étudiants français de IPSA, Ecole Centrale Lille, Université de Recherche Paris Sciences et Lettres (ITI), Ecole Centrale Paris.

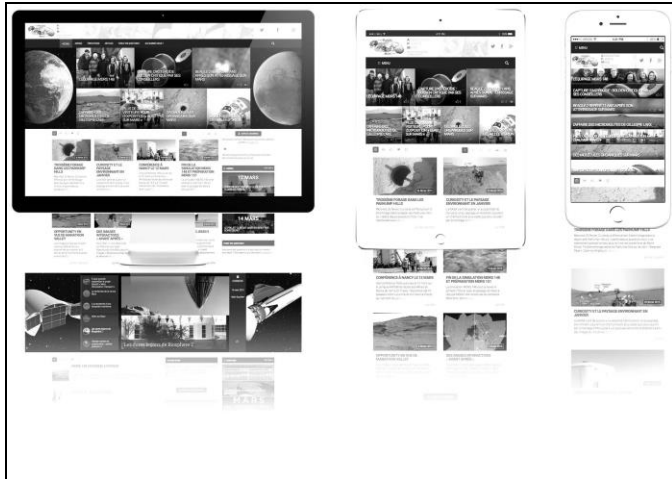
3^{ème} EDITION DU SITE WEB APM

Le 5 février nous avons mis en ligne le nouveau site web public planete-mars.com. Ce renouvellement avait plusieurs objectifs dont les principaux étaient la mise en valeur de divers types de contenus, l'amélioration de l'expérience utilisateur, l'intégration des réseaux sociaux et la possibilité de mieux déterminer les sujets d'intérêt de nos lecteurs.

Mise en valeur du contenu

Les sept articles de Une en début de page d'accueil permettent de garder au premier plan des articles choisis qui ainsi ne sont pas affectés par le flux de l'actualité. Les Unes sont renouvelées mais à un rythme moins rapide que la parution des nouvelles. En dessous sont disposés les six à huit derniers articles et en barre latérale on retrouve un bouton pour accéder à l'Espace Membres et aux événements à venir. Ces derniers sont extraits de l'Agenda, autre nouveauté de ce site donnant un accès rapide à l'information sur les prochaines manifestations. Toujours sur la page d'accueil, la zone des Dossiers apporte aux lecteurs des articles d'analyse répartis en multiples pages. La plupart des dossiers sont issus des bulletins de l'association (au moins 3 mois après leur parution). Leur pré-

sence sous forme d'article web renforce le contenu rédactionnel de notre site et par conséquent notre présence sur la toile. Enfin les Parutions (APM ou externes en relation avec Mars) ont leur place dans la zone suivante de la page d'accueil, aux côtés des dernières vidéos et d'une seconde série d'articles de nouvelles.



Réseaux sociaux

Le site contient de multiples références aux réseaux sociaux. On en trouve les liens en tête et en pied de page ainsi que dans l'encart « social » de la page d'accueil présentant les derniers tweets, messages Facebook et commentaires déposés sur le site. Les pages d'articles comportent deux zones de partage, l'une en haut à droite de la page, l'autre en permanence affichée sur la gauche de la page, visible même après un défilement. Cette présence renforcée des liens sociaux vise à améliorer le partage de notre contenu sur ces réseaux.

Expérience utilisateur

Les efforts se sont portés vers un design clair, grand format, accessible et s'adaptant à toute taille d'écran. Les articles peuvent être classés selon différents critères tels nombre de vues, appréciations, etc. L'étendue attribuée à la largeur d'affichage des articles (barre latérale réduite) contribue à une lecture avec moindre distraction et l'utilisation d'illustrations de grande taille. Le menu du site est simple et toujours présent même lors du défilement. Il permet notamment l'accès à la page « Posez vos questions », moyen supplémentaire donné à nos lecteurs de s'informer sur Mars. Certaines questions/réponses seront publiées sur cette même page, source d'information partagée. Le menu « Qui sommes-nous ? » mène à des pages détaillant l'objet de l'association, les Mars Societies, ainsi qu'à des sites externes. Elles invitent aussi les visiteurs à devenir membres, un formulaire et l'intégration de Paypal facilitant l'adhésion et son renouvellement. Des incitations à nous rejoindre sont aussi présentes en plusieurs endroits du site (trois en page d'accueil et une en barre latérale des articles).

Mieux connaître les sujets d'intérêt de nos lecteurs

Chaque article présente un bouton « J'aime ! » sur lequel le lecteur peut cliquer pour exprimer son appréciation. Le compteur d'appréciations de chaque article est affiché sur le site, apportant un retour non seulement à APM mais aussi aux visiteurs qui pourront être enclins à lire un article comportant des appréciations positives. Un compteur de vue par article est aussi présent, son accès plus discret est réservé à la zone « Tendances » en pied de page, collectant diverses statistiques

sur les 6 derniers mois. La page « Posez vos questions » est également un outil pour mieux connaître les attentes des utilisateurs.

Quelques projets d'évolution de ce nouveau site ont été proposés telle une section Jeunesse, un glossaire, etc. Les membres peuvent bien sûr nous proposer leurs idées et participer à leur réalisation s'ils le souhaitent.

Après la mise en ligne de l'Espace Membres en Juin 2014, le renouveau du site public consolide la transformation des services web de l'association. Nous en espérons une visibilité accrue, une opportunité supplémentaire de fidéliser nos membres et d'en solliciter de nouveaux.

Olivier Lau

LA VIE DE L'ASSOCIATION

Un dîner organisé par **Marc Fournier** a réuni une dizaine de membres de la région parisienne le 18 décembre.

Pierre Brisson dans le cadre de la Mars Society Switzerland a organisé le 20 janvier une conférence à l'école EPFL à Lausanne, sur le thème du « Mars Colonial Transport » d'Elon Musk, qui a été traité par **Richard Heidmann**.

Du 24 janvier au 8 février s'est déroulée, dans l'habitat MDRS de la Mars Society dans l'Utah, la simulation MDRS 148 avec **Lucie Poulet** (commandant de bord) et **Florence Porcel**. Lucie et Florence ont pu faire part de leur expérience lors d'une session TEDx à Nancy le 12 mars.



Lors de la simulation MDRS 148, Lucie Poulet et Florence Porcel remercient APM.
(doc. MDRS 148)

Le 5 février notre nouveau site public a été mis en ligne. Après la rénovation du site membres en juin 2014, cette mise en service couronne plus d'un an de préparation et travail d'Olivier Lau (voir l'article dédié dans ce bulletin).

Le 27 et 28 février **Alain Souchier** est allé à l'Euro Space Center pour participer aux premières séquences de tournage du film de Giulia Grossmann « Mars Society ». Merci à l'Euro Space Center pour son accueil. Une deuxième série de scènes

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Richard Heidmann, Olivier Lau, Boris Segret, Alain Souchier.

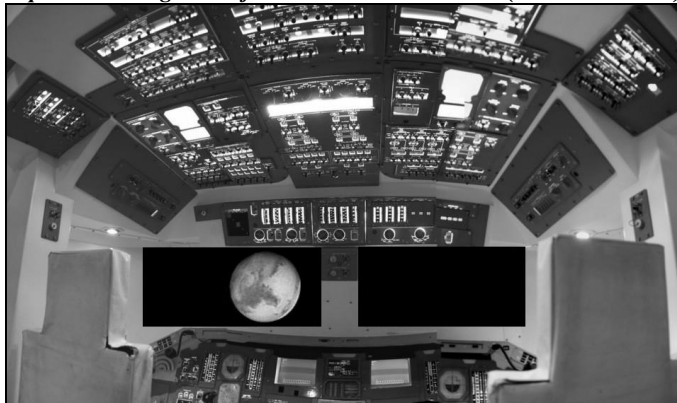
Achevé d'imprimer : QuadriCopie 27200-Vernon.

Dépôt légal : avril 2015

avec les bases martiennes et un des scaphandres de simulation de l'association a été tournée en studio à Asnières le 27 mars.



Avant de poser le pied sur Mars, le hardi astronaute doit passer par l'épreuve du siège rotatif multi axe. (doc. A. Souchier)



Dans le vaisseau Orion M en approche de Mars (simulateur à l'Euro Space Center). (doc. A. Souchier)



Tournage sur les bases martiennes à Asnières dans une ambiance psychédélique. (doc. A. Souchier)



Des premiers matériels de démonstration du projet Birdy ont été

présentés à l'issue de l'AGO du 14 mars. (doc. A. Souchier)

Le 5 mars **Charles Frankel** a été interviewé sur la radio suisse RTS. Le 13 mars, **Alain Souchier** a présenté « Mars : exploration robotique, exploration future » à la Maison de l'Environnement et du Développement Durable à Orly.

Le 14 mars, à la maison des Associations du 14^{ème} à Paris, s'est tenue l'**Assemblée Générale Ordinaire** annuelle. La composition du conseil d'administration a été légèrement modifiée, avec le départ d'**Elisa Cliquet**, que nous remercions de son action tout au long des années passées, et l'élection de **Lucie Poulet**. L'après-midi s'est terminé sur une présentation, par des étudiants de Centrale Lille, du projet de Cubesat « Birdy » animé par **Boris Segret**. La mission de Birdy consistera à mesurer les niveaux de radiation sur le trajet Terre-Mars et retour (voir l'article dédié dans ce bulletin).

Du 14 au 28 mars, **Mohammad Iranmanesh** et **Mehdi Scoubeau**, élèves de l'ISAE Supaéro et membres de l'association, ont participé à la simulation MDRS 151 tandis que **Camille Gontier** assurait la base arrière à Toulouse. Cette mission était en préparation depuis un an. Une équipe de six élèves conduira une nouvelle simulation en 2016.



Lors de la mission MDRS 151, outre le Véhicule de Reconnaissance de Paroi de l'association, Mohammad et Mehdi ont testé un drone quadricoptère. (doc. MDRS 151)

Le 16 mars **Alain Souchier** a été interviewé sur France Culture dans le cadre de l'émission CulturesMonde.

Le 19 mars **Richard Heidmann** et **Jean-François Pellerin** ont participé à la Maison du Développement Culturel à Gennevilliers au premier événement d'un thème annuel « Nous allons sur Mars » créé et animé par l'association « Friches Théâtre urbain ». Nous allons continuer à contribuer à cette opération.

Le 21 mars, **Jean-François Pellerin** a dédié le livre « Embarquement pour Mars » au salon du livre de Paris.

Le 8 avril **Jean-Marc Salotti** a traité le sujet de l'entrée, descente et atterrissage sur Mars, lors d'un séminaire au laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux

Le 9 avril **Richard Heidmann** et **Alain Souchier** ont participé à deux tables rondes organisées par le planétarium de Vaulx-en-Velin à l'école ENTPE voisine, sur le thème des habitats et implantations humaines sur la Planète rouge, illustré par la présence des deux maquettes de base de l'association. Le géologue Patrick Thollot et l'astronaute Michel Tognini étaient également présents à ces manifestations animées par Marie-Ange Sanguy, rédactrice en chef de la revue Espace et Explora-

tion.



Avant et après chaque table ronde des discussions animées ont eu lieu autour des maquettes. (doc. A. Souchier)

L'ÉNIGME MCT REBONDIT

A peine avions-nous terminé une première analyse des indices disponibles concernant le projet de transporteur Terre-Mars de SpaceX qu'Elon Musk, le 6 janvier de cette année, rebattait à nouveau les cartes.

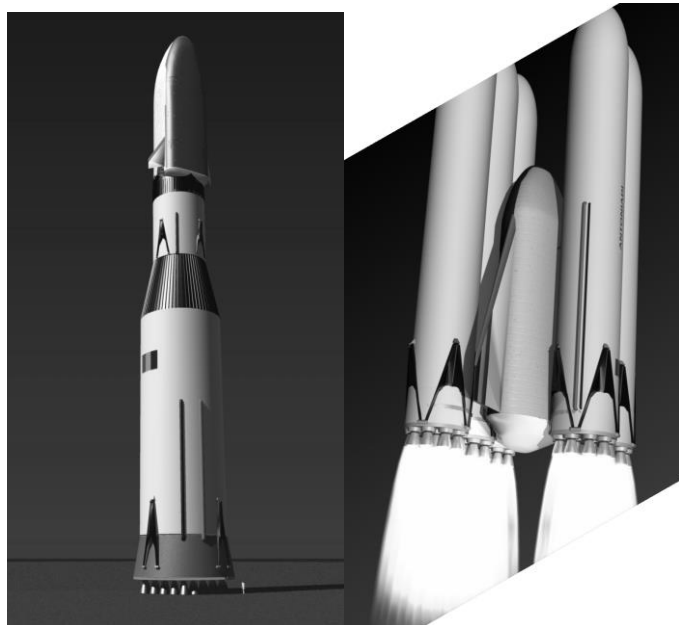
Le point fondamental est sa confirmation de l'objectif d'une charge utile délivrée à la surface de Mars de 100 tonnes, performance indispensable selon lui pour être en mesure de transporter à un coût raisonnable la masse d'équipements nécessaires à l'édification d'un premier établissement humain. Or, notre examen montrait que cette capacité était loin d'être atteignable avec la configuration de lanceur qui semblait prévaloir, à savoir un tri corps façon Falcon9 Heavy, aux corps de diamètre 10 m, équipés de 9 moteurs Raptor de 450 tonnes de poussée. Il est donc logique d'évoquer désormais un lanceur (réutilisable) encore plus monumental. Chose plus surprenante, Elon Musk indique que la préférence irait à un lanceur mono corps, doté « d'un très grand nombre de moteurs », d'autant plus grand que, pour des raisons d'optimisation du rapport masse/poussée, la poussée unitaire passerait à 250 tonnes.

Sur ces bases nous avons prolongé notre analyse (rapport disponible sur notre site). Avec les réserves qui s'imposent compte tenu du caractère approché de l'évaluation des performances, nous constatons que le lanceur mono corps devrait être doté de 61 moteurs de 270 tonnes de poussée, imposant une baie de propulsion de 20 m de diamètre, pour un premier étage de 17,5 m de diamètre (la N1 lunaire soviétique faisait 17 m). Hauteur totale : 130 m, masse au décollage : 13700 tonnes !

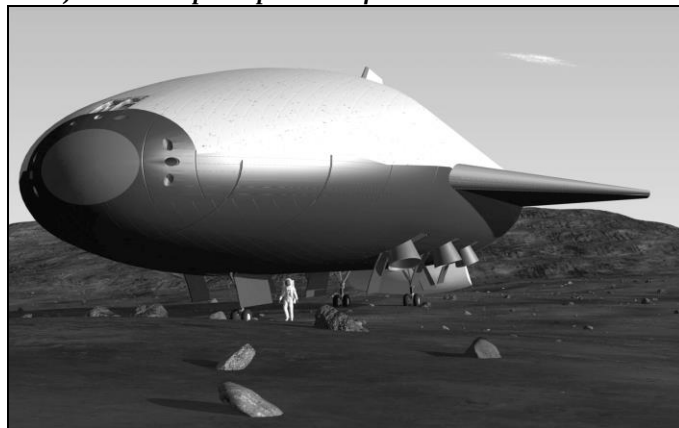
Mais nous nous sommes demandés si une configuration multi corps avec des corps limités au diamètre actuellement pratiqué par la NASA (8,40 m) ne serait pas envisageable. On trouve une solution à 5 corps, équipés chacun de 12 moteurs, solution a priori plus « industrielle ». Cette configuration aurait comme avantage essentiel d'autoriser un vaisseau à forte surface portante, favorable aux conditions de freinage, ce que ne permet pas l'architecture mono corps (à moins de prévoir une

voilure déployable) car le vaisseau se trouve alors en tête de l'assemblage, position déstabilisante. Elle présente par contre de sérieuses difficultés pour la reprise des efforts par la navette. Elon Musk a indiqué que SpaceX révélerait son projet fin 2015. Patience...

Richard Heidmann



Les configurations de lanceur mono- (à gauche) et penta-corps (à droite). La navette participerait à la fin de mise en orbite terrestre.



La navette (version penta-corps) posée sur Mars. Les roues du train ne servent qu'au retour sur Terre ! (images APM/R. Heidmann,

RECHERCHE DE LA VIE : DES INDICES ENCOURAGEANTS

Depuis quelques mois nous avons fait beaucoup de progrès dans la recherche de la vie sur Mars. Nous ne savons toujours pas si le processus de vie a pu s'y développer mais nous avons davantage d'éléments pour penser que cela a été possible.

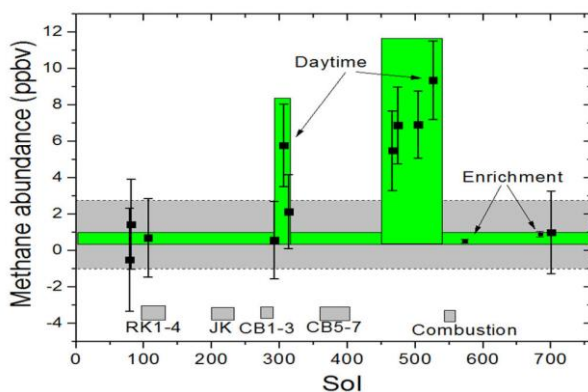
Cette constatation résulte de huit documents de recherche écrits par des personnes reconnues pour leur compétence (voir ci-dessous) et qui viennent d'être publiés ou sont en cours de publication. Ils mettent en évidence : (1) des indices de la présence dans le cratère Gale d'eau liquide fluviale et lacustre sur peut-être deux milliards d'années ; (2) l'existence, depuis plus de trois milliards d'années, d'un réservoir aqueux très impor-

tant, à l'échelle planétaire, situé dans la croûte superficielle de la planète et différent de l'eau atmosphérique, de l'eau des pôles et de l'eau interne magmatique ; (3) la découverte dans une météorite martienne (Nakhla) d'un nouveau biomorphe ovoïde ; (4) la présence d'ions nitrate qui sur Terre résultent quasi exclusivement d'une activité biologique ; (5) la présence de particules carbonées qui pourraient être d'origine biologique dans une autre météorite (Tissint) ; (6) des micro-émissions de méthane dans le cratère Gale ; (7) l'identification de molécules organiques complexes dans l'échantillon « Cumberland », prélevé en Mai 2013 dans ce même cratère (strate Sheepbed /site Yellowknife Bay) ; (8) des faciès géologiques faisant penser à des tapis microbiens fossilisés recouvrant les plaques de grès de la strate « Gillespie Lake » dans le même site de Yellowknife Bay.

Nous n'en sommes pas encore à des preuves incontestables de vie présente ou passée. Ainsi, malgré son aspect semblable à une bactérie (avec membrane), le biomorphe ovoïde de Nakhla n'est pas considéré par les scientifiques comme d'origine biologique (de plusieurs dizaines de microns, il est notamment trop « grand »). Ils pensent plutôt au résultat d'un processus complexe résultant d'infiltrations épisodiques, sur Mars, de fluides dans une vésicule préexistante de roches vitrifiées. Certains envisagent néanmoins que la vie aurait pu profiter de ce type d'opportunité présentant l'avantage d'une sorte de cocon.

La présence d'ions nitrate (NO_3^-) évoque un peu la même incertitude « positive ». Ces nitrates résultent sur Terre, d'une façon tout à fait prépondérante, d'une activité biologique, mais ils pourraient également résulter de chocs météoritiques ou d'impacts de foudre. C'est cette dernière explication qu'a retenue la NASA, se fondant sur l'improbabilité de la vie en surface de Mars.

Par contre nous ne sommes pas loin d'accéder à ces preuves lorsque nous considérons les particules carbonées de la météorite de Tissint. Elles pourraient bien en effet avoir été générées par une activité biotique martienne. Malheureusement elles ne sont associées à aucun biomorphe.

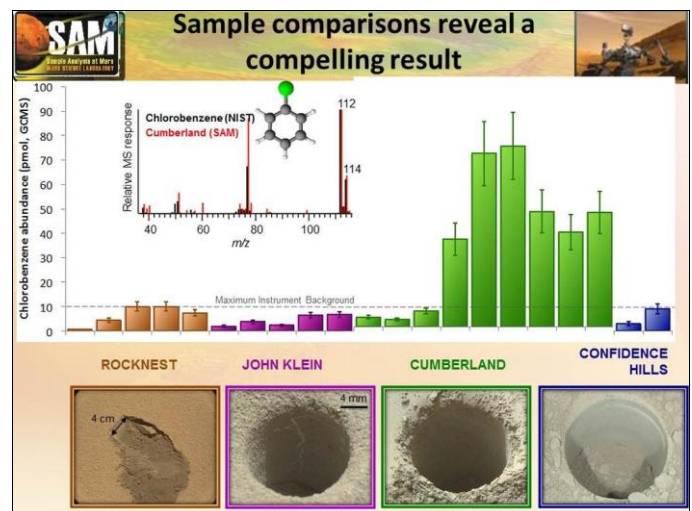


Micro-émissions de méthane dans le cratère Gale. Mesures prises entre août 2012 et septembre 2014 (sols 1 à 750) par le TLS (tunable laser spectrometer) à bord de Curiosity (variations de 0,7 à 7 ppb, parties par milliard). (doc. NASA/JPL-Caltech)

Il en est de même des micro-émissions de méthane dans le fond du cratère Gale. Elles sont très faibles, très ponctuelles et dis-

paraissent très vite, ce qui pourrait être le signe qu'elles résultent d'une activité biologique plus que du jeu de la libération de « clathrates » (molécules de gaz piégées dans le sol gelé). Mais, tant que la source n'aura pas été identifiée et examinée, on ne pourra rien affirmer.

Les molécules organiques complexes de type comparable à certains éléments constitutifs des bases azotées des nucléotides de nos ADN sont sans doute à l'origine des molécules organiques chlorées observées par le laboratoire SAM dans l'échantillon de la roche (mudstone) « Cumberland » examiné en mai 2013. Nous voudrions « voir » les molécules avant chauffage et altération par les perchlorates omniprésents sur le sol de Mars et surtout savoir si elles s'inscrivent dans un contexte plus complexe (un nucléotide ou un organisme) mais nous ne le pouvons pas encore.

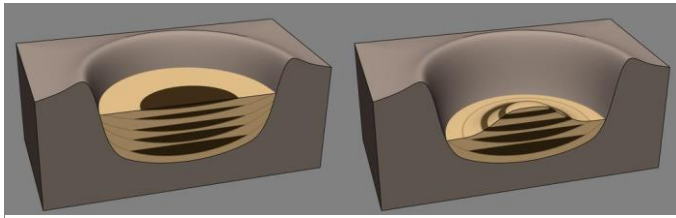


Présence de molécules organiques dans la roche Cumberland. Mesures effectuées par le GCMS (chromatographe en phase gazeuse avec spectromètre de masse du laboratoire SAM embarqué sur Curiosity). Le chlorobenzène résulte probablement de l'altération par des perchlorates d'une molécule organique construite sur un noyau aromatique.

(doc. NASA/JPL-Caltech)

On a peut-être cependant « vu » les vestiges minéraux de l'action de ces molécules (« microbialites » comparables à des stromatolithes) dans les micro-reliefs en surface des plaques de grès de la strate Gillespie Lake. Malheureusement ces vestiges sont rendus peu lisibles par le passage du temps et, comme Curiosity est passé à côté sans faire de forage, nous ne pouvons en connaître la composition chimique. Pour « classer » l'observation faite par une paléogéobiologiste pourtant reconnue internationalement (Nora Noffke), le nouveau responsable scientifique de la mission MSL à la NASA, Ashwin Vasavada, a déclaré, un peu légèrement, que les « faciès » en question devaient avoir une cause non biologique.

Ce qui est incontestable, c'est bien la présence d'eau liquide pendant une période beaucoup plus longue que prévue sur toute la planète et dans le cratère Gale en particulier, en dépit d'une pression atmosphérique le plus souvent très faible (probablement rarement plus que 50 mbar pendant les derniers 3,5 à 3,8 milliards d'années) ; un facteur très encourageant compte tenu du rôle essentiel de l'eau dans l'émergence de la vie.



Alternance sédimentation / érosion dans le cratère Gale. Les dépôts fluviaux sont en beige, les dépôts lacustres en noir. Le processus a pu se reproduire sur plus d'un milliard d'années.

(doc. NASA/JPL-Caltech)

Il faut donc continuer à chercher, Que peut-on espérer trouver ? Des biomorphes fossiles riches en matière organique résultant sans aucun doute possible d'un processus biologique (associés à une proportion de l'isotope ^{13}C du carbone caractéristique et à des molécules énantiomères, lévogyre ou dextrogyre) ou, encore mieux, des êtres vivants semblables à des bactéries, signalés par leur métabolisme (source des émissions de méthane détectées par Curiosity ?).

Pour cela, il nous faut disposer des moyens techniques de poursuivre la recherche. Les capacités de Curiosity semblent un peu insuffisantes puisque « visuellement » la loupe « MAHLI » embarquée sur ce laboratoire mobile ne permet de discerner que des objets d'une taille de 12,5 microns alors que sur Terre les bactéries (être vivants que l'on a le plus de chance de trouver) sont d'une taille de seulement 1 micron... à moins que nous « tombions » par chance sur une formation de type « microbialite », phénomène « macro » résultant d'une activité « micro », encore plus « avancée » que celle de Gillespie Lake et dont on puisse faire l'analyse chimique.

Il faudrait aussi accéder au sous-sol de Mars, la surface étant couverte de perchlorates et exposée fortement aux rayonnements UV et galactiques, tous les deux très destructeurs des matières organiques. De ce point de vue, la mission ExoMars de l'ESA, qui doit permettre de déposer sur Mars un rover doté d'une foreuse permettant d'accéder à deux mètres de profondeur, en dessous des zones « exposées », est très importante. Nous devons, hélas, attendre son lancement en 2018, ce qui est un peu lointain pour les passionnés qui attendent. Le programme a commencé dès le début des années 2000 et, sans aléas politiques et financiers, le lancement de la mission aurait pu avoir lieu dès 2013.



Vestige (hypothétique) de tapis microbiens (« microbialites »). Selon Nora Noffke (Prof. biologie et géologie à Old Dominion University, Virginia), ces roches montrent des traces d'une couverture microbienne comparables à des strates de stromatolithes. Photo MastCam de Curiosity, le 9 déc 2013.

(doc. NASA/JPL-Caltech/MSSS)

Le frein à l'exploration n'est en effet pas technologique mais financier et politique. La NASA continue à assurer un service minimum (budget de recherche nominale constant depuis le début de la crise) et les Européens traînent des pieds. Il est ainsi très regrettable que le lancement d'ExoMars ait été confié aux Russes (fusée Proton), dont le niveau actuel de performances en astronautique est inquiétant (cf. l'échec de la mission Phobos-Grunt en 2012, par exemple). Le choix d'un lanceur fiable aurait dû s'imposer comme une évidence (une Ariane 5 aurait coûté quelques 150 millions d'euros, ce qui n'est pas hors de proportion pour un programme de 1,2 milliard).

Pierre Brisson

(1) Déclaration de Michael Meyer, Mars Exploration Program lead scientist au siège de la NASA, à une conférence de presse le 8 décembre.

(2) "Meteoritic evidence for a previously unrecognized hydrogen reservoir on Mars" par Tomohiro Usui et al. publié dans *Earth and Planetary Science Letters* (Elsevier), le 9 dec. 2014, DOI:10.1016/j.epsl.2014.11.0220012-821X/

(3) "A conspicuous clay ovoid in Nakhla : evidence for subsurface hydrothermal alteration on Mars with implications for astrobiology" par Elias Chatzitheodoridis et al. publié dans la revue *Astrobiology*, Vol. 14, N. 8 2014 , Mary Ann Liebert Inc DOI 10.1089/ast.2013.1069

(4) "NanoSIMS analysis of organic carbon from the Tissint Martian meteorite: Evidence for the past existence of subsurface organic-bearing fluids on Mars" par Yangting LIN et al. publié dans *Meteoritics & Planetary Science*, en décembre 2014, Nr 12, 2201–2218 (2014)

(5) "Mars methane detection and variability at Gale crater" par Christopher Webster et al. publié dans *Science Express* le 16 December 2014 / Page 1 / DOI: 10.1126/science.1261713

doi: 10.1111/maps.12389(6) « Organic molecules in the Sheepbed Mudstone, Gale Crater, Mars »

Par Caroline Freissinet et al., Goddard Space Flight Center de la NASA, L'article a été soumis au *Journal of Geophysical Research* et n'est pas encore publié (annoncé le 18 dec. Sur le site de la SFE)

(7) "Ancient Sedimentary Structures in the < 3.7 Ga Gillespie Lake Member that Resemble Macroscopic Morphology, Spatial Associations, and Temporal Succession in Terrestrial Microbialites". "Hypothesis article" de Nora Noffke, *Astrobiology*, vol. 15, Number 2, 2015 © Mary Ann Liebert, Inc, DOI: 10.1089/ast.2014.1218