



PLANÈTE MARS



Numéro 68 Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris www.planete-mars.com

juillet 16

ISSN 1772-0370

MARS À NOTRE PORTÉE ? LE CHOC DES DÉCLARATIONS DE SPACE X

Dans notre précédent numéro, nous écrivions que l'initiative privée pourrait bien nous sortir de la situation d'indécision que nous subissons depuis tant d'années et que les déclarations d'intention de la NASA ne suffiront pas à redresser.

Or il se trouve que le créateur de SpaceX, dont on connaît l'engagement pour l'établissement d'une communauté humaine sur Mars, a fait coup sur coup (en avril et le 1^{er} juin) deux déclarations fracassantes. SpaceX :

- entend lancer dès 2018 et faire atterrir une grosse sonde automatique Red Dragon, dérivée de la Dragon 2 habitée ; le lanceur sera le Falcon Heavy (*pas encore testé en vol !*) ;

- et déclare qu'elle vise de monter la première mission habitée dès 2024 (contre 2035 dans les hypothèses NASA).

Certes, Elon Musk n'est pas connu pour le respect des délais qu'il annonce. Mais il atteint ses objectifs, techniques, industriels et financiers, ce qui plaide en faveur de sa crédibilité.

En-dehors de l'espoir de voir ainsi se concrétiser à court terme les perspectives martiennes, ces annonces ont plusieurs effets :

- la NASA y a réagi très positivement ; la mission du Red Dragon lui permettra en effet de récupérer de précieuses données sur la rentrée, la descente et l'atterrissage du futur vaisseau habité ; l'effet d'entraînement est donc déjà manifeste ;

- les réussites spectaculaires du célèbre multi-entrepreneur, désormais pris très au sérieux par ses concurrents, contribuent à asseoir la crédibilité technique du projet martien ; chez les opposants au projet, cette évolution est d'ailleurs facilitée par la possibilité qu'il leur reste de reporter leur scepticisme sur les délais et le financement...

Concernant ce dernier point, la perspective est pourtant limpide : l'effet d'entraînement, déjà avéré, devrait permettre d'obtenir l'engagement indispensable des agences ; par ailleurs, SpaceX s'est organisée pour faire contribuer ses activités commerciales au développement des technologies et matériels requis (réutilisation, capsule Dragon2, Falcon Heavy basé sur le Falcon9) ; autrement dit, la vocation martienne de SpaceX n'est pas qu'une question d'objectif, mais aussi de consécration totale de ses moyens. Enfin, plus largement, Elon Musk pourrait décider de puiser dans la fortune résultant du succès de ses créations industrielles pour financer le but de sa vie, comme le laissent supposer certaines de ses déclarations.

Richard Heidmann
vice-président

Dans ce numéro :

- Simulation d'exploration de grotte p.1
- Impacteurs p.3
- Premières expéditions p.4
- La vie de l'association p.5
- Le temps qui passe p.6

prochain numéro : octobre 2016...

SIMULATION D'EXPLORATION DE GROTTES



Descente dans une pente, après reconnaissance par le VRP.

(doc. L. Poulet)

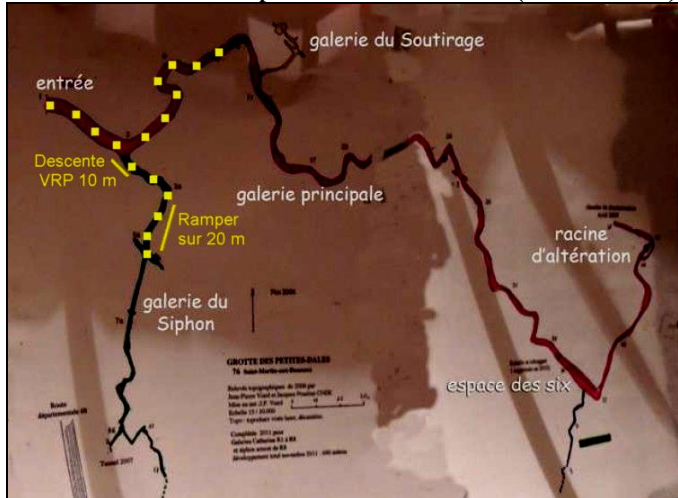
L'exploration des grottes martiennes sera intéressante pour rechercher des traces de molécules organiques préservées à l'abri des ultraviolets et des rayons cosmiques qui les détruisent en surface jusqu'à 1 m de profondeur. Et on ne peut totalement exclure l'idée de trouver des organismes extrêmophiles encore vivants, en particulier dans ou à proximité de glace. On a détecté sur Mars des tubes de lave et des gouffres d'origine volcanique de taille respectable (300 m de diamètre, 160 m de profondeur) sans bien sûr avoir encore connaissance des extensions souterraines de ces structures. C'est d'ailleurs pour travailler sur ce type d'exploration que l'ÖWF autrichien avait organisé en 2012 quatre jours de simulation et expérimentations dans la grotte glaciaire de Dachstein en Autriche, dans la région de Salzbourg. L'association Planète Mars y avait participé avec le VRP, le Véhicule de Reconnaissance de Paroi, utilisé en particulier pour la reconnaissance de gouffres.

Une visite en août 2014 à la grotte des Petites Dalles en Normandie avait permis de constater que celle-ci pourrait se prêter à un scénario de type exploration de tube de lave, bien qu'il

s'agisse géologiquement d'une ancienne rivière souterraine. Grâce à l'obligeance de Jean-Pierre Viard, responsable de l'équipe spéléo qui déballe la grotte depuis des décennies, une équipe « Planète Mars » et deux équipes vidéo ont pu accéder à la grotte le 28 mai pour une simulation d'exploration de grotte.



Préparatifs finals pour Lucie Poulet et Alain Souchier. L. Poulet porte le dérouleur des 252 m du fil de vie, gradué pour mesurer les distances. A. Souchier transporte appareil photo, caméra vidéo, télémètre laser, décimètre, boîte à échantillons, étiquettes de marquage et rapporteur modifié pour prise d'angles. Le sac côté gauche contient la corde de 15 m pour descente. (doc. J.P. Viard)



Plan général de la grotte. En pointillés jaunes, les trajets effectués lors de la simulation. (doc J. P. Viard/APM)

Les objectifs assignés étaient les suivants : mesures simplifiées des dimensions de la grotte (longueur des portions de couloirs rectilignes, angle de ces portions entre elles), utilisation du VRP pour reconnaître une pente, descente avec corde et descendeur, test de progression en zone où on ne peut se tenir debout, prises de vues macro. L'opération a duré au total 2h 45mn.



Le VRP envoyé en reconnaissance (image de la caméra de casque).



L. Poulet progresse dans un passage de 1 m de haut. Dans la réalité, ce passage ferait l'objet d'une reconnaissance par rover.



Le passage débouche dans une salle où les équipes vidéo nous ont précédés. Ce genre d'expédition ne sera sûrement pas pour les premières missions !



Alain Souchier et Lucie Poulet dans la salle 46, après passage du couloir de 1 m. (docs. A. Souchier, L. Poulet)



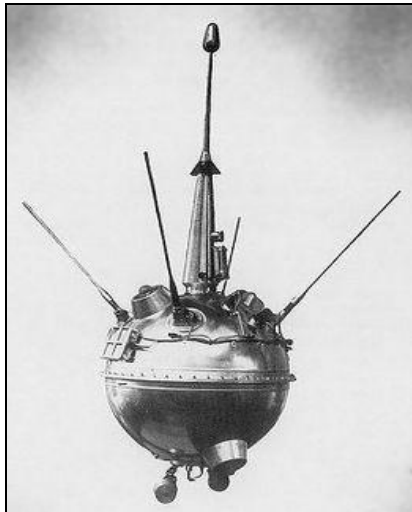
Alain Souchier

LES PÉNÉTRATEURS

Les impacteurs artificiels, aussi dénommés « pénétrateurs », sont-ils une bonne idée pour l'étude des corps planétaires ou bien sont-ils une sorte de « serpent de mer » du domaine spatial ? La question va peut-être bientôt avoir une réponse avec les diverses missions prévues.

L'origine de l'idée pourrait provenir de l'usage d'éléments de véhicules spatiaux, utilisés comme « impacteurs » et précipités sur des corps célestes, en fait la Lune, avec étude du choc par des séismomètres et observation des particules éjectées. Les premiers cratères lunaires artificiels en ont résulté, marques pérennes de l'Anthropocène sur la Lune. On a récemment retrouvé celui créé volontairement par l'impact du module de remontée d'Apollo 16, ceci afin d'étudier la propagation des ondes sismiques lunaires, mais le module s'était crashé à 31 km du point prévu. Le cratère a été retrouvé en 2015 en étudiant des images LRO.

Toutefois dès 1959 des sondes pour impacts sont envoyées vers la Lune ; ce sont en majorité des engins soviétiques. Mais la mission Luna 1 échoue et le succès n'arrive qu'avec Luna 2 ; le premier objet fabriqué par l'Homme à atteindre un corps céleste est un impacteur.



Luna 2 (série E-1A) ou Lunik 2

Son équipement était déjà proche de celui des pénétrateurs actuels : compteurs et détecteurs de radiations et rayonnements, magnétomètre (cinq instruments en tout), antennes extérieures, visibles sur l'image.

Ayant atteint avec succès la surface lunaire le 14 septembre 1959 après un voyage de 36 heures, il percuta la surface de Mare Imbrium vers le cratère Aristides. Afin d'être visible, en plus de ses émetteurs radios, il libéra un nuage de sodium lors de son impact, nuage visible depuis les observatoires terrestres. Guerre froide et compétition spatiale obligent, il déposa de petits « fanions » métalliques soviétiques sur la Lune, forts utiles pour la propagande de l'époque.

Une quinzaine d'impacteurs-pénétrateurs ont été envoyés sur la Lune depuis 1959, huit furent des succès. Envoyés par l'URSS et les USA au début, ceux des dernières années appartiennent à la Chine et à l'Inde.

Des projets NASA allant jusqu'à 6 pénétrateurs simultanés à envoyer vers Mars ont été envisagés dans les années 70, afin de pouvoir comparer diverses mesures sur des secteurs éloignés,

mais ils ont été écartés au profit de missions vers Jupiter.

La mission Mars 96 soviétique, qui échoua au lancement par une fusée Proton, emportait deux pénétrateurs prévus pour s'enfoncer de 5 à 6 m dans le sol martien. Alimentés par des générateurs au plutonium, ils devaient fonctionner, étudier et émettre les informations récoltées pendant un an. Ils sont retombés sur Terre, ainsi que les deux atterrisseurs et les 200 g de plutonium...

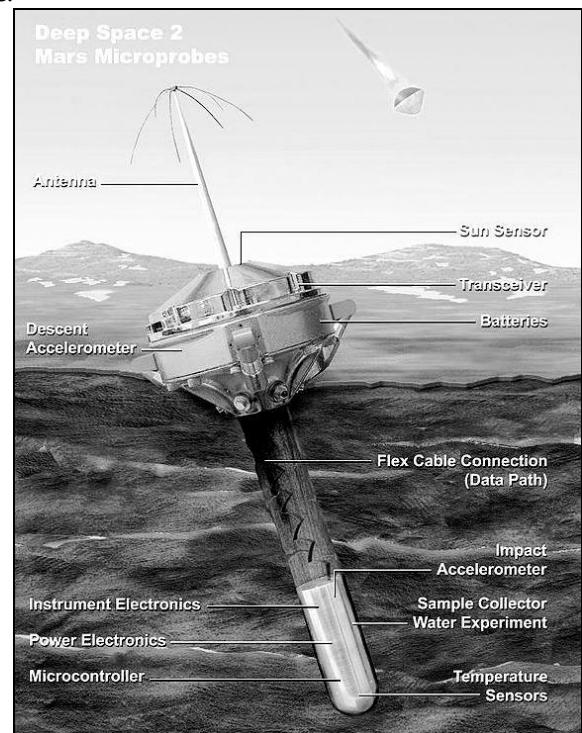
La mission Deep Space 2 fut également un échec ; les deux pénétrateurs « Scott » et « Amundsen » emmenés avec Mars Polar Lander ont bien atteint la surface mais n'ont pas émis. Pourtant la pénétration n'était que de 60 cm dans le sol. Aucune explication n'est certaine pour expliquer ce double échec ; même une décharge des batteries fut envisagée.

Il existe deux catégories d'impacteurs artificiels :

-Ceux qui sont **des projectiles détruits par l'impact** : prenant souvent la forme d'un bloc de métal massif, une sorte de boulet high tech, ils servent pour percuter un petit corps céleste (comète, astéroïde) et y être vaporisés ; l'impact est analysé, plus particulièrement les particules qui s'en échappent, et cela fournit des informations sur la composition des corps atteints ; l'observation du cratère d'impact fournit également des informations ; c'est le cas de l'impacteur de la sonde japonaise Hayabusa2.

Certains sont équipés d'instruments, de caméras ; ils mesurent, photographient ou filment jusqu'à l'impact destructeur final.

Un usage futur, imaginé récemment, serait d'en utiliser pour détourner un astéroïde ou une grosse comète qui pourrait menacer la Terre. Mais l'efficacité du procédé n'est pas encore prouvée. Une mission est en préparation, la mission AIDA avec le pénétrateur NASA Dart, qui devrait frapper l'astéroïde Didymos à 22500 km/h en 2021 et altérer légèrement sa trajectoire.



Le pénétrateur DEEP SPACE 2. (doc NASA)

-Ceux qui sont **des objets complexes** : de composition élaborée, ils sont en général prévus pour accompagner une sonde planétaire, survivre à l'impact puis analyser et émettre

des informations tant que dure leur alimentation en énergie. Ce sont de petits vaisseaux spatiaux équipés de moteurs de manœuvre, d'un bouclier de rentrée atmosphérique (si atmosphère il y a), d'une antenne et d'équipements de communication avec une sonde en orbite. Cette dernière partie va se séparer avant l'impact et rester en surface. Des instruments scientifiques restent dans la partie qui impacte le sol ou la glace et pénètre jusqu'à 3 m de profondeur, c'est la partie « pénétrateur ». Les instruments doivent être solidement fixés pour résister au choc lors de l'impact ; un câble les relie avec la partie émettrice restée sur le sol. Le pénétrateur de Ranger 9, non conçu pour survivre au choc, a impacté la Lune à 2670 m/s, Deep Space 2 à 179 m/s sur Mars.

Tels ceux prévus et testés par Astrium pour un projet vers Europe en 2020, et applicables à Mars, les pénétrateurs seraient actuellement envisageables comme des compléments utiles pour obtenir des informations et des analyses sur des terrains martiens inaccessibles aux rovers : fonds de cratères, dunes, trous d'effondrement dans un tunnel de lave, et surtout pour les zones polaires, où la température est trop basse pour maintenir un rover en fonctionnement.

De masse faible, ils sont bien moins coûteux qu'un rover, ils lui sont ce qu'un Cubesat est à une sonde spatiale. Les premiers impacteurs lunaires US prenaient simplement des photos de près avant le crash ; cela pourrait être repris avec les moyens d'imagerie actuels pour Mars.

Aspect militaire : dès les années 50, les impacteurs en tiges de tungstène sont apparus comme un moyen de contourner la lettre des traités démilitarisant l'espace des armes de destruction massive, chimiques, bactériologiques et nucléaires : les impacteurs étant des projectiles inertes, donc conventionnels, échappent en effet aux spécifications des traités. Des projets virent le jour, comme Thor, avec ses impacteurs à haute vélocité envoyés depuis un satellite en orbite. Mais malgré l'efficacité de l'effet au sol à l'impact, façon arme nucléaire tactique, la faible signature thermique de l'attaque et sa rapidité de mise en œuvre, la difficulté de la précision du tir, celle de l'échauffement lors de la rentrée atmosphérique et quelques autres ont renvoyé ces projets dans les livres de SF !

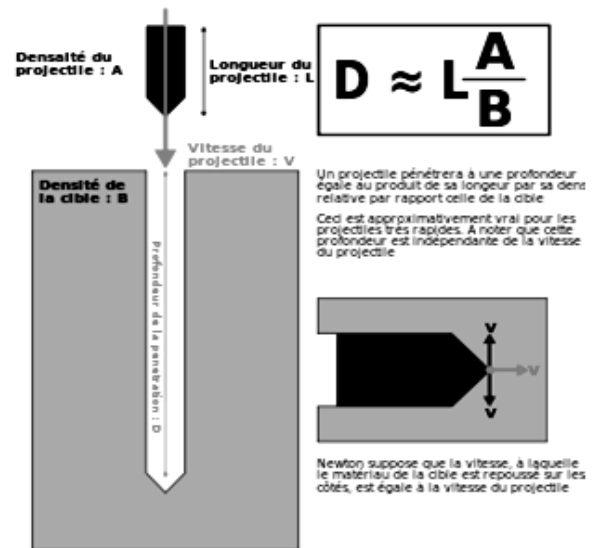
Toutefois l'idée a été reprise pour des études sur Mars par la Fondation ExploreMars, avec sa proposition Exolance. Partis d'impacteurs militaires modifiés pour devenir des pénétrateurs, ils visent d'atteindre une profondeur d'au moins un mètre dans le sol de Mars, les essais ayant montré que c'est possible avec une vitesse de 200 m/s, la partie émettrice restant sur le sol, détachée avant impact. La partie qui s'enfonce a pour principal objet de recherche celle d'indices de vie passée ou présente, le Quiver parachuté (le carquois) envoyant diverses « flèches » Exolance lors de sa descente dans l'atmosphère martienne.

Une autre proposition de projet, lui aussi dénommé Thor (Tracing Habitability, Organics and Resources), a été faite en 2006 à la NASA, selon le principe du cratère créé par un boulet formé d'un gros impacteur en cuivre largué à une latitude moyenne de Mars sur des glaciers rocheux, afin de creuser un impact cratérisé d'environ 10 m de profondeur et exposer ainsi le sous-sol martien aux yeux de la partie sonde restée, elle, en orbite autour de Mars. Le cuivre natif étant rare sur Mars, les analyses et études pourraient ainsi séparer ce qui appartient à

Mars des restes de l'impacteur.

Seul l'avenir dira si les impacteurs/pénétrateurs auront un rôle à jouer comme complément des autres moyens de recherche ou pour détourner un astéroïde. Leurs coûts et masses peu importants devraient favoriser leur emploi, surtout pour étudier des zones inaccessibles. Leur possibilité de perforation des surfaces est un atout.

Sur Mars, les pénétrateurs permettraient de doter à moindres frais la planète d'un réseau d'analyseurs qui complèteraient bien les études des rovers mobiles, la présence de sondes déjà en orbite pour relayer leurs signaux vers la Terre rendant inutile cette partie de leur mission.



Approximation de Newton pour la distance de pénétration d'un projectile « très rapide » ; suppose que cette distance ne dépend pas de la vitesse.
(Krokozyabrikderivative work)

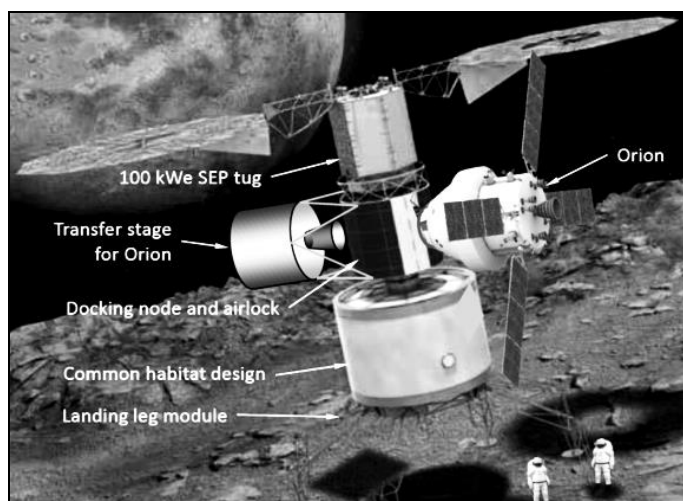
Patrick Sibon

PREMIÈRES EXPÉDITIONS : LIMITÉES À LA MISE EN ORBITE ?

Compte tenu du manque d'un réel engagement politique aux États-Unis en faveur du développement de l'exploration spatiale par l'Homme, il semble présomptueux de faire une nième proposition de programme juste avant une élection présidentielle qui risque de rebattre les cartes une fois de plus.

C'est pourtant ce à quoi aboutissent les réflexions menées ces dernières années par plusieurs organismes, dont le JPL, le NASA Advisory Council, la Planetary Society et la société Lockheed Martin. Ces instances se félicitent d'avoir mis en exergue un projet consensuel, en particulier entre les partisans d'une escale préliminaire dans le domaine lunaire, et ceux visant Mars sans détours.

Ce projet propose de limiter dans un premier temps les ambitions martiennes au positionnement du vaisseau habité en orbite (probablement sur Phobos), ce qui réduit significativement l'ampleur de l'entreprise. En effet, la résolution des problèmes d'entrée, descente et atterrissage (EDL), jugés critiques, et le développement des vaisseaux de descente et de remontée sont reportés à plus tard. La réduction du coût qui en résulte permet d'envisager le programme sans augmentation notable du budget de la NASA.



Base temporaire d'une mission sur Phobos. (doc. NASA)

Ce projet commun n'est pas celui que nous souhaiterions voir adopter par la NASA, car il offre des échappatoires ; ainsi, le flou d'un objectif lunaire est préservé, sous la forme d'une possible qualification de l'habitat interplanétaire au voisinage de la Lune (mais pourquoi pas en orbite terrestre ?) et d'une aide d'accès à la Lune offerte à des coopérants (mais imagine-t-on l'Europe développer un Lunar Module en propre ?).

Malgré tout, le simple constat d'un consensus sur la valeur et l'acceptabilité budgétaire (*affordability*) et le fait que cette vision commune soit soutenue par l'administrateur de la NASA en personne sont en eux-mêmes positifs. Ceci pourrait s'avérer un point d'appui utile pour la défense de la perspective martienne auprès de la prochaine administration.

En ce qui concerne la prise en compte de l'*affordability*, quel chemin parcouru depuis le pharaonique projet de la « mission de référence » de la NASA (la DRA5) ! A quoi bon proposer un projet, aussi intéressant soit-il, s'il n'est pas d'abord budgétairement acceptable ? Ce message, qu'en tant que participante active à la récente étude sur les missions martiennes habitées de l'Académie Internationale d'Astronautique, l'APM s'est efforcée de mettre en exergue, semble enfin entendu.

L'annonce sur le projet SpaceX de Mars Colonization Transport que fera Elon Musk le 27 septembre au Congrès International d'Astronautique provoquera-t-elle une nouvelle évolution des esprits, propre à nous rapprocher de façon décisive de notre objectif ?

Richard Heidmann

LA VIE DE L'ASSOCIATION

Le 9 avril notre association a tenu son assemblée générale ordinaire à Paris. Les membres sortants du conseil d'administration, **Pierre Brisson**, **Richard Heidmann**, **Yves Monier** et **Jean-François Pellerin**, ont été réélus et le premier conseil s'est réuni le 14 mai. Le 12 avril **Thomas Appéré** a traité de « Mars, son climat actuel, ses climats passés » à Dijon. Les 23 et 24 avril, **Jean-François Pellerin** a participé au festival du livre dans tous ses états à Rouxmesnil-Bouteilles près de Dieppe avec en particulier le livre « Embarquement pour Mars » de l'association. Le 26 avril **Alain Souchier** a assisté dans des locaux de l'ambassade US à Paris à la présentation

par la NASA de « Journey to Mars ». Le 29 avril **Lucie Poulet** est intervenue à Anse sur le thème de sa simulation de 4 mois à Hawaï et sur le sujet de sa thèse : la pousse des plantes dans des gravités différentes de celle de la Terre. C'est sur ce thème que **Lucie** a remporté deux jours auparavant la finale régionale d'Auvergne de « Ma thèse en 180 secondes ». Du 16 au 29 avril une simulation d'exploration martienne a été conduite au Rio Tinto en Espagne par les différents partenaires du projet Moonwalk. Cette simulation a mis en œuvre l'habitat SHEE et le scaphandre Gandolfi 2 de la Comex dont **Armande Zamora** et **Patrick Sibon** ont réalisé la combinaison extérieure, les gants et les bottes. **Armande** et **Patrick** ont été sollicités en support pendant le déroulement de l'opération et pour la préparation de la phase suivante d'utilisation de Gandolfi 2 sous la mer en rade de Marseille.



Au Rio Tinto, dans le scaphandre Gandolfi 2, l'astronaute Jean-François Clervoy, vétéran de trois missions dans l'espace, présente le logo de l'association. (doc. Comex/Consortium Moonwalk/ESA)

Jean-François Pellerin a été interviewé sur BTLV radio le 3 mai et sur RTL le 4 mai. Le 15 mai la chaîne TV Public Sénat a diffusé son émission régulière « Génération Idées » qui a traité de l'exploration spatiale avec, parmi les invités, **Lucie Poulet**. Le 17 mai **Alain Souchier** a été invité à un mardi de l'espace du CNES sur l'ambitieux sujet des « Lanceurs vers l'infini et au-delà » puis a présenté « L'exploration de Mars » au musée aéronautique et spatial de Safran lors de la nuit des musées le 21 mai. Le 23 mai lors d'une manifestation « Pint of Science » intitulée « Demain tous martiens » à Lille, il a traité des voyages vers Mars, puis le 25 mai dans les locaux d'Air France à Roissy, des « Propulsions spatiales » à l'initiative d'**Yves Tichené**. Le 4 mai l'association a écrit au Directeur Général de l'ESA, manifestant son souhait que l'Europe ne soit pas absente des missions martiennes humaines, et s'interrogeant sur les conséquences possibles dans ce domaine

de l'initiative « Moon Village ». A la suite de cet envoi, **Alain Souchier** a été reçu le 17 mai à l'ESA Paris par Claudie Haigueré et Piero Messina pour expliquer notre position.

Le 28 mai **Lucie Poulet** et **Alain Souchier** ont conduit une simulation d'exploration de grotte martienne dans la grotte des Petites Dalles en Normandie (voir l'article spécifique). L'une des deux équipes vidéo de reportage sur l'opération était dirigée par **Jonathan Barbier**.

Fin mai est sorti le livre « Genèse martienne » de **Jean-Marc Salotti**, aux éditions Amalthée.

Jean-Marc est également intervenu le 26 mai au festival « Big Bang », sur le thème « Projets de voyages habités vers Mars, où en est-on ? », puis au club astro de Martignas-sur-Jalle le 10 juin en détaillant les enjeux technologiques du voyage vers Mars.



Le 3 juin **Alain Souchier** a présenté « L'espace et l'Exploration » à la médiathèque de Tourville-La-Rivière. Du 11 au 13 juin l'association a participé à la célébration d'un siècle d'activité aéronautique en Normandie avec un stand parmi d'autres de grandes firmes aéronautique et spatiales à Saint Wandrille.



Vue d'ensemble de la partie avant du stand APM à St Wandrille.

(doc. A. Souchier)

Le 12 juin **Alain Souchier** a présenté « Mars : pour quand le voyage ? » au Palais de la Découverte. Le 13 juin Planète Mars a été associée à la table ronde qui commémore les 40 ans de l'arrivée des sondes Viking sur Mars, organisée par la commission astronautique de l'aéroclub de France, avec en particulier **Olivier de Goursac** et Gilles Dawidowicz.

La présentation finale du cinquième et dernier projet de fin d'études suivi à l'IPSA cette année par l'APM, un projet Erasmus portant sur une navette orbitale martienne, s'est tenue fin mai (projets suivis par **Jérôme Daniel**, **Richard Heidmann** et **Yves Monier**).

Alain Souchier

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Brisson, Richard Heidmann, Patrick Sibon, Alain Souchier.

Achévé d'imprimer : QuadriCopie 27200-Vernon.

Dépôt légal : juillet 2016

LE TEMPS QUI PASSE

Une réflexion menée au début de cette année entre la Mars Society Switzerland et l'entreprise horlogère du canton de Neuchâtel « *Vaucher Manufacture Fleurier* » a permis à cette dernière de réaliser un stand à Baselworld 2016 (salon mondial de l'horlogerie, en mars dernier) sur le thème du temps martien. Ce fut pour Vaucher l'occasion de réaliser un magnifique objet que vous voyez en illustration de cet article, une horloge « dual time » de 50 cm de haut sur un mètre de large, *affichant simultanément l'écoulement du temps sur Mars et sur Terre*.

Les données du problème d'un suivi de l'écoulement du temps martien sont les suivantes : Mars a des journées (« sols ») un peu plus longues que la Terre puisqu'elle tourne sur son axe en environ 24 heures 39 minutes (2,75% plus lentement que la Terre) ; elle a aussi des années plus longues puisqu'on y compte 668,59 jours martiens (les « sols »), ce qui fait 686,97 jours terrestres ; enfin les saisons de Mars sont de durées inégales car son orbite est très « excentrique » à la différence de celle de la Terre qui est quasiment circulaire (206 millions de km au périhélie et 249 millions de km à l'aphélie alors que la Terre passe de 147 à 152 millions de km). Ceci implique que la vitesse de déplacement de Mars sur son orbite est nettement plus grande lorsqu'elle se rapproche du soleil (26,5 km/s au périhélie) que lorsqu'elle s'en éloigne (22 km/s à l'aphélie) et que les saisons au périhélie de Mars sont beaucoup plus courtes que celles de l'aphélie. On doit donc essentiellement faire avec deux contraintes martiennes, une durée du jour et une durée d'année différentes.

Vaucher voulait savoir si sur Mars on devrait adopter un système de mesure du temps propre à la planète ou bien conserver les normes terrestres. Les réponses n'ont pas été évidentes. Pour les donner on peut distinguer le temps court (le jour) et le temps long.

Pour le temps court le choix se pose de conserver la seconde terrestre ou d'adopter une « seconde martienne ». Selon la « jolie » définition de 1967 (à la 13^{ème} Conférence générale des Poids et Mesures), la « seconde », unité de base de mesure du temps dans le système international (« SI »), est égale à « 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux hyperfins F=3 et F=4 de l'état fondamental $^6\text{S}_{1/2}$ de l'atome de césium 133 », c'est-à-dire, plus simplement, qu'une seconde est un multiple de la période de l'onde émise par un atome de césium 133 lorsque l'un de ses électrons change de niveau d'énergie (définition à laquelle on a voulu ajouter en 1997 qu'il s'agissait d'un atome au repos à la température de 0°K). Une seconde martienne, qui supposerait qu'on diviserait le jour martien en 24 périodes, l'heure martienne en 60 périodes et la minute martienne en 60 secondes, comprendrait donc un nombre légèrement plus élevé d'oscillations de l'atome de césium que la seconde terrestre en comporte. Est-ce acceptable ?

La réponse est l'horloge « dual time » car il semble très difficile d'éviter de se repérer par rapport aux deux écoulements du temps. Dans leur vie quotidienne, les Martiens devront se caler sur le lever et le coucher du soleil tels que vus de la surface de leur planète et implicitement accepter des secondes martiennes, plus longues de 2,75% que les secondes terrestres. L'alternative serait d'ajouter au cœur de chaque nuit une période de 39 minutes et 35 secondes et il faudrait glisser de 1/12^{ème} de 39 minutes et 35 secondes quand on passerait d'un

fuseau horaire à l'autre. Pour cette vie quotidienne, ils auront donc besoin d'une horloge martienne. Par ailleurs les Martiens pendant très, très, longtemps auront énormément besoin de la Terre. Leurs machines sophistiquées, fonctionnant avec une horloge, seront toutes fabriquées sur Terre et leurs relations avec la Terre passeront par des instruments calés sur la seconde terrestre. Pour le futur lointain, on ne peut pas non plus imaginer que chaque corps céleste où l'homme s'installera ait son système exclusif de suivi de l'écoulement du temps. Si on commettait cette erreur, il n'y aurait plus de communication possible entre les différents astres peuplés par l'Homme. Tout ce qui n'a pas besoin de se caler sur le lever et le coucher d'un soleil, où que ce soit dans l'univers, toutes les machines programmables, devront donc toujours fonctionner avec la seconde terrestre (et les multiples, minute et heure qui en découlent). C'est d'ailleurs déjà comme cela que les robots martiens sont dirigés depuis la Terre avec un recadrage quotidien s'il est nécessaire d'effectuer des actions par rapport à la journée martienne. Ce recadrage est alors facilité par l'existence des horloges martiennes (avec seconde plus longue).

Pour le temps long, l'année et les divisions internes à l'année, le problème est un peu différent.

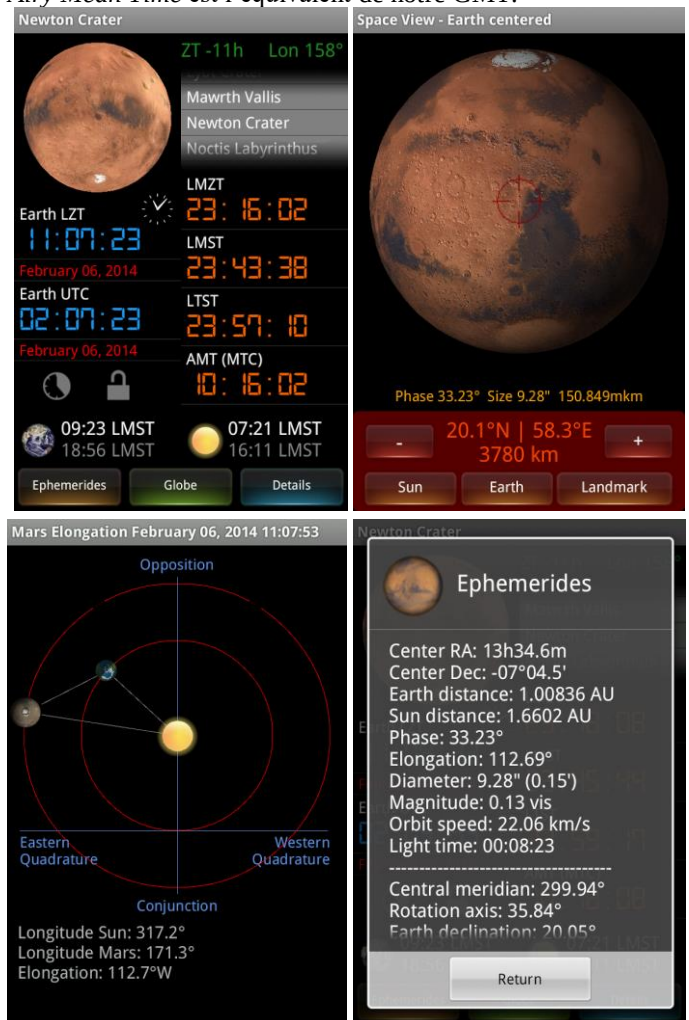
On ne peut conserver les mois terrestres. 12 fois une trentaine de « sols » ne couvrent pas les 686,97 « sols » de l'année martienne et des mois conservant le même nom, mais avec un nombre de sols doublé, n'auraient pas grand intérêt puisque ces mois seraient (presque) toujours en décalage important (et variable !) par rapport à ceux de la Terre. Le mieux semble être de se référer d'abord aux saisons martiennes (qui garderaient leur nom terrestre puisqu'elles exprimeraient les mêmes notions de températures et de longueur relative nuit/jour) et ensuite, pour mieux se situer à l'intérieur, de les diviser chacune en trois mois portant des noms martiens, pour les distinguer des nôtres. NB : les saisons martiennes, comparables aux nôtres, résultent de l'inclinaison de 25°2 de l'axe de rotation de la planète par rapport au plan de son orbite (pratiquement celui de l'écliptique). Mais attention, comme les saisons au périhélie sont plus courtes (Mars avance plus vite), les mois dans cette configuration seront plus courts (variation de 46 à 66 jours).

Le choix des noms reste totalement ouvert. Certains ont déjà proposé ceux de dieux grecs ou d'hommes célèbres (cf. proposition de Michael Allison, professeur émérite à l'Institut Goddard d'Études Spatiales, « GISS », dans le cadre de « Mars 24 ») mais je les rejeterais car ils ne portent aucune notion de l'évolution du temps sur l'année. Je préférerais de beaucoup la proposition faite par Robert Zubrin de choisir les noms des (12) constellations du Zodiaque au-devant desquelles Mars, vue du Soleil, passe en parcourant une orbite complète. Ces noms auraient l'avantage de lier Mars à l'histoire de la Terre et d'être aussi martiens astronomiquement qu'ils sont terriens sur Terre. Reste le choix du **référentiel de départ**. Pour le moment la datation est simplement, pour chaque mission robotique, le nombre de sols écoulés depuis le début de la mission. On peut continuer comme cela jusqu'à une occupation permanente de la planète par l'homme. Lorsque cette installation commencera, je pense qu'on prendra aussi, naturellement, la date de début de la mission qui sera devenue permanente ou plutôt celle du solstice d'hiver, martien, précédant cette première installation. On laissera ainsi complètement tomber le 29 décembre 1873, point de départ recommandé par Michael Allison du Goddard Center for Space Studies (NASA) (dit « Mars Sol Date » ou « MSD »)

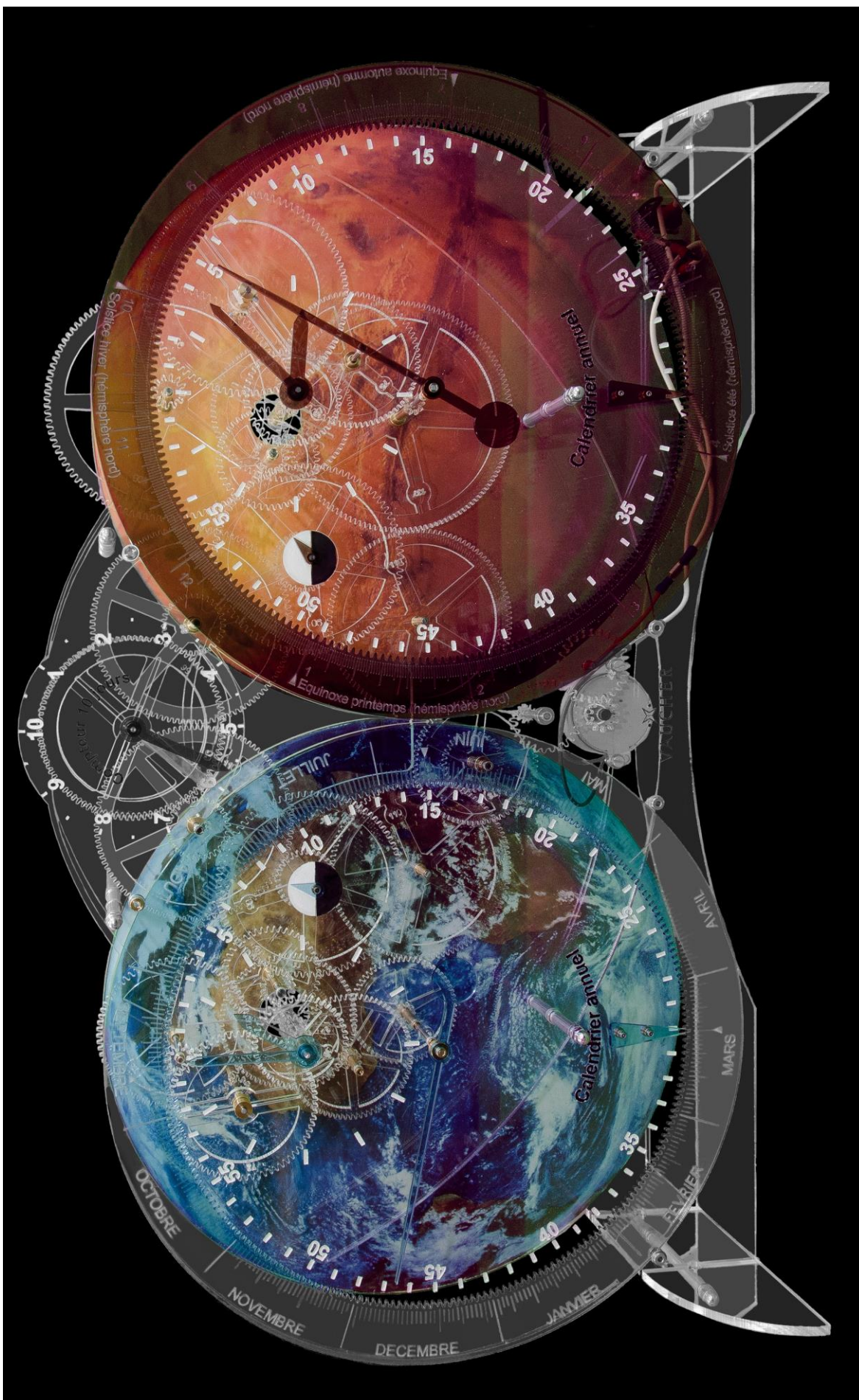
et aujourd'hui utilisé occasionnellement par la NASA. Ce point de départ a été défini par le document scientifique « AM2000 » (pour Allison McEwen 2000) publié dans « Planetary and Mars Science » (voir lien ci-dessous) mais il n'est pas officiel. Il a été choisi parce qu'il était antérieur aux premières observations détaillées effectuées à la surface de Mars, lors de la grande opposition périhélique de 1877 (tempête de poussière globale de 1877, découverte de Phobos et Deimos, cartographie de Schiaparelli). Ceci dit, à mon avis, **les « Martiens », nos descendants, continueront à se référer à notre histoire, également la leur**, et à notre référentiel, année théorique de la naissance de Jésus-Christ, parce que, comme la seconde, elle est une référence universelle. En 2126 (par exemple) on continuera à se référer à ce « début », notre référentiel commun, plutôt qu'à parler de l'année martienne 134 (en comptant les années martiennes de 668,59 sols depuis 1873) tout en utilisant l'année martienne pour la « vie quotidienne », c'est-à-dire les années les plus récentes. Mais, in fine, ce sera aux futurs Martiens de choisir le référentiel qu'ils voudront !

Pierre Brisson

Nota : le méridien zéro de Mars passe par le petit cratère Airy, dans Sinus Meridiani. La région, plus que le cratère, avait été prise pour repère en 1830 pour mesurer la vitesse de rotation de la planète. Ce choix date de l'opposition de 1877. AMT pour *Airy Mean Time* est l'équivalent de notre GMT.



De nombreuses applis donnent le temps, les données astronomiques et les vues de Mars, par ex. « Martian Time » (GooglePlay, 1,96 €),



Horloge "dual time" Vaucher Manufacture Fleurier (<http://www.vauchermanufacture.ch/>). Entre les deux cadrans, un troisième, plus petit (« compter dix jours »), mesure le temps passé depuis un instant donné, au moyen de deux aiguilles superposées (l'une pour Mars, l'autre pour la Terre). © Vaucher Manufacture Fleurier.