



Numéro 85

PLANÈTE MARS



Bulletin de l'association Planète Mars, 28 rue de la Gaîté 75014-Paris

octobre 20

ISSN 1772-0370

EDITORIAL

A quelque chose malheur est bon, la fermeture des frontières entraînée par la situation sanitaire a conduit la Mars Society à tenir sa convention annuelle, pour la première fois, intégralement en visioconférence, depuis Los Angeles. Cette convention a réuni des orateurs passionnés, des experts, des personnalités de renom. Cette forme de conférence a permis d'en démocratiser la participation, qui a connu un record historique (voir l'article de Richard Heidmann) : 10.000 inscrits à la convention, sur la chaîne Youtube : 75000 vues, 16.000 heures, l'interview d'Elon Musk a attiré immédiatement ou dans les 24 heures de différé 100.000 personnes, la plupart des conférences ont attiré de 3 à 10 fois plus d'audience que le présentiel classique. Tout ceci s'est fait avec une qualité technique remarquable, malgré le succès au-delà des espoirs. Si l'on doit retenir un chiffre : un facteur 10 d'audience par rapport aux conventions précédentes ! L'initiative Mars One, en 2013-2015, critiquable pour de nombreuses raisons – notamment la faiblesse technique et scientifique, avait déjà montré une formidable attractivité dans le monde en faveur de l'Homme sur Mars (en revendiquant 200.000 inscrits).

Très concrètement, SpaceX progresse par ailleurs dans la conception et le test du Starship. La vision d'Elon Musk exposée lors de son interview à la convention, les qualités techniques démontrées de son équipe, ses capacités financières (sa participation dans TESLA - société cotée - est valorisée à 75 Mds\$, et dans SpaceX, non cotée, de 50 à 100 Mds\$ selon la valorisation du projet Starlink), renforcent la crédibilité du projet martien. Prochaines étapes à suivre, avec l'arrivée des trois missions en février 2021 : le 18 février, l'atterrissage de Perseverance, en avril, l'atterrissage de Tianwen-1 (mission chinoise) après deux mois d'orbite, et enfin Mars Hope (orbiteur des Emirats Arabes Unis).

Philippe Clermont
président

Dans ce numéro :

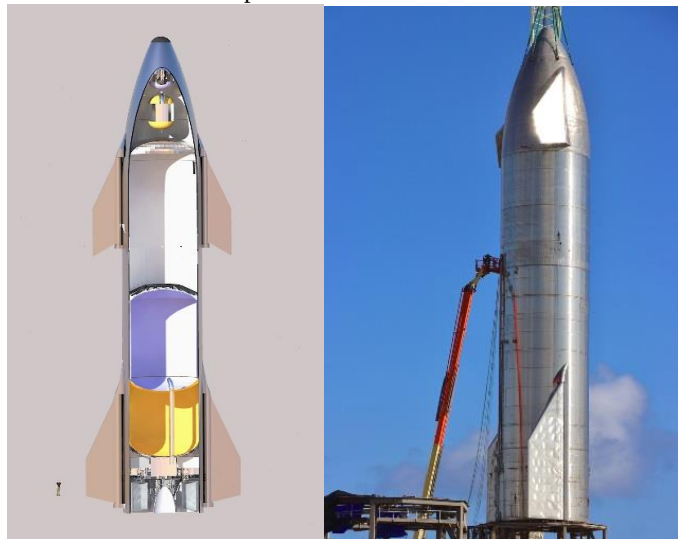
- Aperçu de quelques données structurales du Starship p.1
- L'événement « Our Giant Leap » à Sup'Aero p.4
- Les opérations martiennes en cours mi-2020 p.5
- La 23^{ème} Convention de la Mars Society : un énorme succès ! p.6
- Les nouvelles tribulations de la sonde HP³ d'InSight p.6
- Une belle opposition p.7
- Bocachica, l'astroport martien p.8

prochain numéro : janvier 2021...

APERÇU DE QUELQUES DONNÉES STRUCTURALES DU STARSHIP

1. Introduction

Nous traitons ici du domaine des **structures principales** du vaisseau : coque, réservoirs, ailerons, tant sur le plan de leur conception et de leur dimensionnement que sur la façon dont elles sont censées remplir leurs fonctions.



Du concept architectural au premier prototype de vol (SN8), vu ici en fin d'assemblage (23 octobre 2020). (DR)

2. Principales sources d'information

Dans le cadre de l'action de tutorat que nous exerçons dans des écoles d'ingénieurs, nous avons lancé deux projets à l'ESTACA et un troisième à l'École Polytechnique, sur ce thème et sur celui, voisin, d'une navette orbitale martienne. Ces études ont fourni des résultats utiles pour mieux discerner les fondements du projet SpaceX et d'en évaluer le réalisme. Elles ont bénéficié de l'apport précieux d'un logiciel de simulation de rentrée atmosphérique, AReS, développé et mis en mains des étudiants par un de nos membres, **Jérôme Daniel**. Les rapports sont disponibles sur demande pour nos membres.

Une autre source d'informations, majeure mais demandant une exploitation précautionneuse, est celle des réseaux sociaux et des divers forums rendant compte des activités de SpaceX et publiant de nombreux messages laissés par Elon Musk, d'abord sur Facebook et désormais sur Twitter. Citons tout particulièrement :

- Teslarati
- Le site d'Elon Musk sur Twitter
- NASASpaceflight
- BocaChicaGal
- The Everyday Astronaut
- Engineering today
- Brillant

Enfin, bien entendu, les conférences et les communiqués de presse émis par Elon Musk ou par Gwynne Shotwell, la présidente de SpaceX, qui recèlent souvent des indices, sachant que l'entrepreneur est réputé pour ses déclarations excessivement optimistes en matière de délais.

3. Conception mécanique des structures principales

SpaceX semble avoir déterminé que le cas de charge maximal pour les réservoirs, combinant la pression de pressurisation et la pression hydrostatique (fonction du niveau des ergols et de l'accélération) conduisait à dimensionner les peaux des réservoirs à une pression (relative) à limite élastique de 7,5 atmosphères.

3.1. Le choix inattendu de l'acier inox

Pour réaliser ces réservoirs (qui sont aussi partie intégrante de la coque), mais aussi la section avant, la baie de propulsion (où sont logés les moteurs) et les ailerons mobiles, plusieurs solutions se présentaient :

- alliages légers, probablement aluminium-lithium, déjà appliqué sur le Falcon 9, éventuellement usiné en « isogrid » pour optimiser la masse ;

- composites carbone, solution initialement retenue, et poussée jusqu'à la réalisation et le test d'un prototype de réservoir d'oxygène liquide de 12 m de diamètre !

- acier inoxydable et réfractaire.

La solution alliages légers a été éliminée du fait des problèmes de protection thermique qu'elle présentait dans les deux phases de rentrée atmosphérique, sachant que ces matériaux perdent leurs caractéristiques mécaniques en approchant des 150-200°C, selon les nuances. Certes c'était la solution pour la Navette Spatiale, mais celle-ci avait à supporter des flux thermiques au moins deux fois moindres que ceux attendus lors d'une rentrée terrestre directe depuis Mars.

La solution à base de composites carbone (structures obtenues par bobinage sur un mandrin d'un ruban de fibres de carbone enduit d'une résine ensuite polymérisée) est, de loin, la plus intéressante du point de vue masse, raison pour laquelle SpaceX s'était engagée dans cette voie. Mais, outre les doutes qu'on peut avoir sur sa réutilisabilité, elle présente l'inconvénient majeur d'un coût de fabrication très élevé (200 \$/kg, chutes comprises, contre 3 \$/kg pour l'acier) et de procédés (à cette échelle) loin d'être maîtrisés, particulièrement dans le cadre d'un développement que l'on veut rapide.

La solution acier apparaissait d'emblée totalement contre-intuitive, même s'il faut se souvenir qu'elle avait été retenue sur l'Atlas d'origine, utilisée en particulier dans le programme Mercury (*cet extraordinaire lanceur quasi monoétage avait une épaisseur de peau descendant à 2,5 mm, si bien qu'il ne tenait debout qu'à condition de pressuriser ses réservoirs*).



L'acier, livré en rouleaux (1,829 m sur 193 m, épaisseur : 3,97 mm)

Malgré sa performance en masse pénalisante (une pièce en acier est 2,5 fois plus lourde que la même en alliage d'aluminium, sans être 2,5 fois plus résistante), elle présente des propriétés qui l'ont fait préférer par SpaceX :

- facilité et faible coût de fabrication des structures : l'acier est livré en rouleaux desquels on tire des segments d'anneaux qui, soudés l'un sur l'autre (désormais de façon semi-automatisée à l'usine de Boca Chica), constitueront la coque. La fabrication des fonds de réservoirs et de l'ogive est un peu plus complexe mais repose sur les mêmes principes ; bien entendu il reste ensuite à « garnir » cette structure des renforts et appendices qui permettront de fixer les divers organes nécessaires à la gestion des ergols (en particulier le ballonnement et le ravitaillement orbital), à la fixation des ailerons et à la reprise des efforts qu'ils transmettront, etc. ;

- si l'acier inoxydable est pénalisant en rapport masse/tendue mécanique, il améliore par contre sa position en conditions cryogéniques (qui seront vraisemblablement celles du cas de charge dimensionnant) et, à l'autre extrémité des conditions thermiques, surclasse ses concurrents pour les rentrées atmosphériques.

- enfin, sa résistance aux fortes températures (jusqu'à 800°C pour les nuances envisagées) et sa forte conductibilité thermique (15 W/m/K) réduisent l'ampleur du problème de la protection thermique, laissant espérer la possibilité d'éviter d'avoir recours à toute solution ablative (ou au moins de la limiter radicalement).

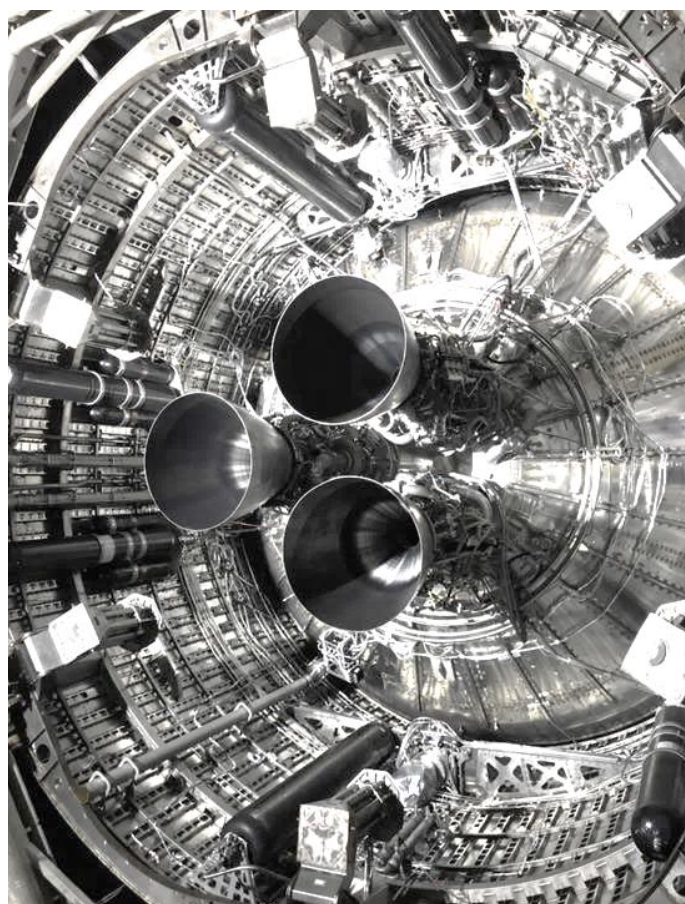
Restait à sélectionner la nuance d'alliage ; il en existe un grand nombre, souvent développées pour la fabrication des ailettes de turbine des turboréacteurs et des turbines industrielles, que l'on souhaite faire fonctionner à la plus haute température de gaz possible, afin d'améliorer les performances. C'est une de ces nuances, 301, qu'a utilisé primitivement SpaceX ; mais dès le 8^{ème} prototype, les ingénieurs sont passés à la variante 304L, plus facile à mettre en œuvre. Et ils entendent recourir par la suite à une nuance « propriétaire », le SX500, qui améliorerait encore la tenue en température, mais aussi la ductilité, c'est-à-dire la capacité à donner au ruban de métal tiré du rouleau livré, la forme appropriée pour la réalisation de la pièce, tout en réduisant les risques de fissuration induits par les déformations. Il est remarquable - mais conforme à la philosophie industrielle d'Elon Musk - qu'une technologie aussi pointue ait été développée en interne, ce qui permet entre autres à SpaceX d'éviter les longs délais inévitables lorsqu'il s'agit de commander à un fondeur une pièce modifiée... On doit cet investissement au besoin du moteur Raptor.



Soudage des longerons renforçant la tenue au flambage des viroles soumises aux charges axiales max ou non pressurisées. (SpaceX)

Concernant les réservoirs, indépendamment du choix du matériau, les options retenues visent la simplification de fabrication (pas d'usinage d'un maillage isogrid, assemblage modulaire d'anneaux de virole) et le gain de masse : les réservoirs sont structuraux, et non pas placés à l'intérieur d'un fuselage ; ils ont un fond commun, ce qui présente des exigences de qualité de réalisation extrêmes (soudures parfaitement étanches et résistantes à la fatigue des cycles d'utilisation. SpaceX a démontré par les essais déjà menés à ce jour (octobre 2020) que ces solutions seraient applicables.

Sur les ailerons (avant et arrière) nous possédons peu de détails, hormis leurs surfaces, évaluées à partir de photos du premier prototype. Sur la base de ces éléments, l'ONERA s'est livré à une étude dont les étudiants de l'ESTACA ont pu disposer. Certes, les sujets couverts (caractéristiques aérodynamiques et problèmes de centrage et de stabilité) ne sont pas ceux abordés ici, mais ils ont nécessairement tenu une place centrale dans la conception architecturale du vaisseau, qui plus est dans un contexte de formule aérodynamique et de procédure EDL totalement innovantes, principal objet de la deuxième phase d'essais en vol de SpaceX (montée à 15 km suivie d'une chute libre en mode « sky-diving », à 90° d'incidence, puis d'un atterrissage vertical rétropropulsé (à la Falcon9).



Vue de la baie de propulsion du Starship (sans les 3 moteurs adaptés au vide). Les blocs à section carrée sont les pieds (rétractés ; concept provisoire). Les 3 Raptor sont fixés sur un bâti de reprise de poussée, lui-même fixé au fond arrière des réservoirs.

(SpaceX)

3.2. Dimensionnement aux efforts

On trouve dans la littérature la composition et les caractéristiques d'une foule d'aciers inoxydables, dont celles de la nuance initialement choisie, mais pas celles de la nuance SX500 développée par SpaceX pour le Raptor, et désormais préférée. Nous n'avons pas non plus mis la main sur ces caractéristiques aux températures cryogéniques ; nous savons seulement qu'elles sont meilleures que celles figurant dans les tables techniques, à température ambiante ou à chaud. Nous devons donc considérer des dimensionnements cohérents avec les valeurs avérées.

Nous avons trouvé, sur un forum *NASASpaceflight* (*SpaceX Vehicles and Missions*, *fae1097*) une page sur l'évaluation des masses de composants du vaisseau ; connaissant leur surface et la masse volumique de l'acier (7900 kg/m^3), on en déduit l'épaisseur retenue par l'auteur : 3,9 mm. Le calcul des viroles cylindriques nous a permis de vérifier la crédibilité de ces résultats, qui conduisent pour l'acier considéré à une performance en limite élastique de 860 MPa.

Une telle valeur, en température cryogénique, est vraisemblable, sachant que les nuances voisines les plus performantes, comme les 301, affichent un maximum de 850, à température ambiante. Remarque : la pression relative de 7,5 bar retenue dans ce calcul est celle affichée officiellement par SpaceX, en particulier pour ses essais.

Si cette valeur maximale (divisée par 1,4, coefficient de sécurité pour vols habités) devait être atteinte (calcul à faire), ce serait dans le bas du réservoir LOX du booster, au moment où la somme de la pression de pressurisation et de la pression résultant de la hauteur de liquide soumise à l'accélération de la fusée atteindrait 7,5/1,4 bar. Il conviendrait alors de baisser le régime des moteurs de façon à limiter l'accélération (au prix d'une augmentation des pertes par gravité) et, ou d'abaisser la pression de pressurisation.



SN3 : superbe faciès de flambage en polygones. (Bocachicagal)

Mais les viroles doivent également tenir aux efforts axiaux résultant de la masse supportée et du facteur de charge (le poids, en attente sur le pas de tir). Le mode de défaillance correspondant, appelé flambage, est contrecarré par la pressurisation.

Mais pour les sections non pressurisées, et même pour certaines sections des réservoirs, il est nécessaire de consolider les viroles en les garnissant de cornières axiales (que l'on voit sur la photo de la page précédente).

SpaceX a d'ailleurs fait la douloureuse expérience de ce phénomène lorsque le prototype SN3 a été détruit, le réservoir supérieur ayant par erreur été rempli en premier, alors que le réservoir inférieur n'était pas pressurisé.

3.3. Devis masse (partiel)

On peut donc donner une certaine crédibilité aux valeurs de masses fournies dans la page twitter signalée, dont voici quelques items :

-ogive	8970 kg
-3 fonds :	9940 kg
-19 viroles (hauteur totale : 18,29 m)	30800 kg
-anneau arrière	1260 kg
Total partiel :	50970 kg

A ces éléments structuraux il conviendrait d'ajouter, pour un devis masse complet les équipements suivants : ailerons, actuateurs et leurs batteries d'alimentation, canalisations, câblages, avionique, renforts d'attache des équipements, baffles anti-balotement, jambes de train, équipements liés à la charge utile (pallan... système de contrôle de l'environnement vital, stocks vitaux), moteurs (3+3 pour un total estimé à 10860 kg), ainsi que deux sous-systèmes essentiels et massifs : les panneaux solaires et la protection thermique.

Concernant l'alimentation électrique, on sait seulement qu'elle serait assurée par des panneaux solaires déployés en éventail (ou plaqués sur l'ogive pour une version lunaire). C'est un point dont parle peu SpaceX et qui n'est pas simple à résoudre.

La protection thermique fera l'objet d'une suite à cet article, qui sera publiée dans notre prochain numéro (janvier 2021).

Richard Heidmann

L' EVENEMENT "OUR GIANT LEAP", A SUP'AERO

L'ASSOCIATION PLANÈTE MARS a apporté son soutien en tant que sponsor et partenaire à l'évènement **SG[France] 2020 : Our Giant Leap**, le 26 Septembre, à Sup'Aero, à Toulouse.

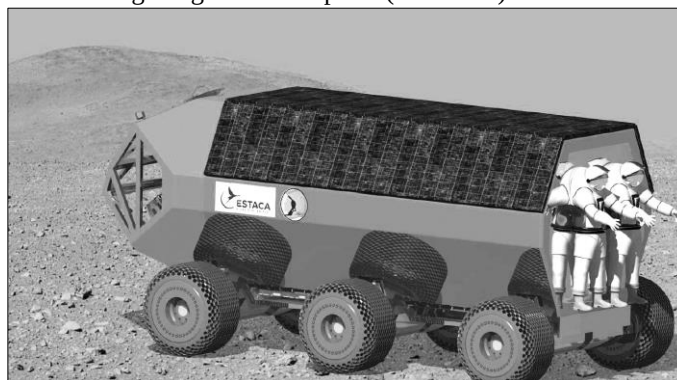
Nous avons installé un stand nous permettant ainsi de partager notre passion pour l'exploration martienne, robotique et humaine, et l'accession de l'être humain à ce monde. Nous avons mis en place un hall d'exposition, et avons présenté nos projets : notre expertise pour les projets étudiants, et notre soutien & co-organisation des expériences de simulations en environnement martien, comme les équipes du Club Mars de Sup'aero qui vont chaque année à MDRS dans le désert de l'Utah (base de la Mars Society). Nous avons d'ailleurs profité de cette occasion pour rencontrer l'équipe Sup'aero/MDRS de cette année, qui a également contribué ce trimestre avec un article présentant l'équipe que nous (APM) sponsorisons, et décrivant les expériences qui seront menées sur le terrain.



La MDRS de la Mars Society : un site analogue très martien permettant d'aborder un large spectre d'expérimentations. (TMS)

Citons également, à titre d'exemples, quelques projets concrets pour lesquels l'APM a assuré le tutorat. Certains, choisis pour leur qualité et leur originalité, ont reçu une subvention de l'APM pour aller présenter leurs résultats dans les Congrès de la Mars Society :

- performances comparées des propulsions chimique et nucléaire pour le voyage vers Mars (IPSA)
- ingénierie de la terraformation (IPSA)
- dimensionnement d'un vaisseau cargo de 10 tonnes de charge utile pour le voyage vers Mars (IPSA)
- un rover pressurisé martien (projet REMUS, ESTACA)
- étude expérimentale de la gravité artificielle par centrifugation (Centrale Lille, 2 ans, incluant un vol en zéro g soutenu par le CNES)
- réalisation d'un scaphandre de simulation en impression 3D (Polytechnique)
- conception d'un ballon de tourisme martien (Polytechnique)
- réalisation de deux maquettes de base martienne (Ecole de Design Strate College)
- conception d'une navette orbitale martienne (ESTACA)
- étude du guidage en aérocapture (ESTACA).



L'étude Remus de l'ESTACA a permis de faire un bilan des caractéristiques et technologies requises pour un rover pressurisé.

A l'annonce du **SG[France] 2020 : Our Giant Leap**, notre ambassadrice **Aline Decadi**, responsable communication et secrétaire exécutive APM, a souhaité répondre présente, soutenir les débats et être active notamment dans la table ronde numéro 4 visant à analyser le manque de connaissances et de données

relatives aux femmes dans le secteur spatial, et en particulier concernant l'exploration : endurance physique, physiologie, psychologie, mixité d'équipage, adaptation des scaphandres, perspectives à plus long terme dans une base permanente. Tous ces domaines méritent d'être analysés de près en termes d'impact médical, opérationnel, de préparation et d'entraînement des futures astronautes.

Quels sont les sujets à traiter dans les prochaines 1, 3, 5, 10 années à venir?

Quelles sont les recommandations à valider sur ce terrain ?

Une cinquantaine de jeunes professionnels sont venus enrichir le débat avec leurs propositions, leurs idées.

Nous avons également envoyé un appel à participation au sein de nos membres habitant la région toulousaine, **Jean-Marc Fouassier** a répondu présent, et a pu assister aux conférences et à cette journée (gratuitement).

« Cette journée de samedi a été passionnante et merci à vous tous pour l'organisation et le dévouement apporté » - Jean-Marc Fouassier.

Cette table ronde s'est tenue avec la participation active de la Directrice Exécutive du MEDES (Institut de Médecine et Physiologie Spatiales) Audrey Berthier, le Dr. Bernard Comet, médecin consultant au MEDES et Jean-Jacques Favier, physicien et spationaute français.

Durant cette table ronde, Aline Decadi a d'abord immergé les participants dans une mission martienne, leur demandant si certaines activités ou facteurs opérationnels dans les missions analogues ou spatiales, pouvaient conduire à considérer la diversité de genre comme un différentiel. Après avoir investigué les activités opérationnelles (e.g. sorties extravéhiculaires, travail de recherche dans la base), les compétences techniques et scientifiques, et la diversité culturelle, une première conclusion était que la diversité de genre ne rentre pas en ligne de compte comme un différentiel. Les critères prépondérants à prendre en compte pour sélectionner les astronautes les plus qualifiés sont plutôt le talent, la connaissance, la créativité, la capacité d'innovation.



(APM)

Cet exercice s'est poursuivi en considérant les aspects psychologiques (e.g. travail sous stress, la gestion du conflit, la résistance à l'isolement/ confinement, la gestion des restrictions en eau/ nourriture). Même si l'investigation, sous la haute expertise du MEDES, montre que la diversité de genre n'est pas un différentiel vis-à-vis des aspects psychologiques, fort est de

constater que les psychologies masculine et féminine montrent des différences. Ainsi, il a été proposé de quantifier ces différences à l'aide de contre-mesures pour étudier les mécanismes liés au manque de sommeil, à la gestion des cas de pannes/ situations d'urgence, et ce, en vue d'entraîner l'équipage à apprendre à gérer le stress, et l'anxiété. Le dernier facteur opérationnel d'intérêt a concerné les aspects physiologiques. Le constat fait par le MEDES est qu'aujourd'hui, nous observons un déficit majeur concernant les effets de la microgravité sur le corps féminin. Il est d'ailleurs à noter que les recherches faites au MEDES sur ce sujet ne concernent que les hommes (la seule et unique expérience sur les femmes remonte à 2006). Mais une étude sur la physiologie féminine se prépare enfin pour 2021. Poursuivre ces recherches permettra d'élaborer une base de données normalisée, de mettre en place des profils individualisés avec des marqueurs biologiques. Et ce, en vue d'élargir le spectre d'évaluation actuel dans ce domaine, et le rendre ainsi compatible de l'ensemble des talents disponibles lors de la sélection, quelque soit le genre, afin de constituer le meilleur équipage possible, et de maintenir le bien-être de l'équipage durant la mission.

Et pour aller plus loin, l'APM a proposé, en partenariat avec le MEDES, de mettre en œuvre des expérimentations concrètes sur le terrain pour collecter ces données lors de la campagne MDRS en Décembre 2021 qui sera déroulée sous la coupole d'un équipage mixte APM-Mars Society. Les procédures validées durant cette campagne seront ensuite déroulées par les équipages suivants durant un an à la MDRS. L'ensemble des données collectées constituera une base de données de référence. Les résultats observés seront présentés au prochain évènement SGAC/ APM.

Cher(e) membre, si vous souhaitez proposer des idées de recherches pour la mission MDRS de Décembre 2021 sur ce thème, n'hésitez pas à contacter Aline Decadi directement : adecadi@planete-mars.com.

Aline Decadi

Secrétaire exécutive & responsable Communication

LES OPERATIONS MARTIENNES EN COURS MI-2020

Notre ami **Jean-Pierre Martin**, physicien, membre de la Société Astronomique de France (commissions de planétologie et de cosmologie) a publié dans les ASTRONEWS de son site planetastronomy.com

un numéro spécial consacré aux opérations martiennes récentes. En particulier une balade de 10 minutes sur les traces de Curiosity.

En voici le sommaire, avec son aimable autorisation :

Hope :	Une nouvelle sonde martienne. (30/07/2020)
La Chine :	Et de 2 ! En route vers Mars aussi ! (30/07/2020). Tianwen-1 : tout va bien à bord. (06/08/2020)
Mars 2020 :	Et de 3, la NASA aussi ! (30/07/2020)
Mars Express :	Il voit le site d'atterrissage de Persévérance. (30/07/2020)
Curiosity :	Des sulfates qui valent le détour ! (30/07/2020)

[Mars :](#) Les rovers martiens revisités. (30/07/2020)
[InSight :](#) La Taupe semble encore bloquée !
 (30/07/2020)
[Mars :](#) Des Nouvelles vues de Phobos. (30/07/2020)
[ExoMars :](#) TGO découvre CO₂ et O₃ dans l'atmosphère !
 (30/07/2020)

Yves Monier

LA 23^e CONVENTION DE LA MARS SOCIETY : UN ENORME SUCCES !



(TMS)

La Mars Society, le plus grand groupe de défense de l'espace au monde dédié à l'exploration humaine et à la colonisation de la planète rouge, a tenu sa [23^e Convention Internationale Annuelle](#) du 15 au 18 octobre, établissant un nouveau record d'événements avec plus de 10000 participants inscrits au forum en ligne. Cette première conférence virtuelle de l'organisation, tenue en raison du COVID-19, a créé un grand intérêt du public parmi les défenseurs de Mars et de l'Espace dans le monde, et de nombreux membres de la communauté spatiale ont participé aux conférences plénières et à des tables rondes lors de cet événement mondial.



Parmi les faits saillants, on retiendra les interventions de :

- [Jim Bridenstine, administrateur de la NASA](#)
- [Elon Musk, CEO et fondateur de SpaceX](#), interviewé

par Robert Zubrin.

La Convention a vu la conclusion du concours ouvert cette année sur le thème d'une future cité martienne d'un million de résidents. Nous sommes particulièrement heureux d'avoir vu le 3^{ème} prix remporté par l'équipe « Fondation », qui comportait 4 de nos membres : **Rémy Navarro, Laurent Gauthier, Michel Lamontagne** et **Jean-Marc Salotti**. Félicitations pour ce magnifique résultat. Nous prévoyons de rendre compte de leurs travaux dans de prochains numéros.

Au total, 150 orateurs se sont joints à la convention de la Mars Society pour informer le public international sur les plans d'exploration actuels et futurs de la Planète rouge et d'autres programmes et initiatives liés à l'Espace.

L'audience mondiale de la convention de la Mars Society était bien supérieure à 100 000 personnes, principalement sur

les sites [YouTube](#) et Pages [Facebook](#). La chaîne YouTube a enregistré 75 000 vues pendant l'événement, battant le record précédent d'un rapport 10.

*extrait d'un communiqué de Robert Zubrin
 (traduction : Richard Heidmann)*

LES NOUVELLES TRIBULATIONS DE LA SONDE HP³ D'INSIGHT

Depuis mi-août, les opérateurs de HP³ et de sa taupe avaient réussi à pousser le sable dans la fosse mieux que prévu. Ils voulaient toujours continuer à appuyer sur l'extrémité arrière de la taupe avec la pelle inclinée pour l'enfoncer un peu plus profondément dans le sol. Il avait été alors prévu de tester à nouveau si la sonde s'enfoncerait plus dans le sol sans l'aide du bras. En d'autres termes, d'effectuer un nouveau « test de taupe libre ».

Malheureusement, ces tests se sont déroulés dans des conditions devenues plus difficiles. En particulier, la poussière dans l'atmosphère martienne en raison des tempêtes de poussière à proximité et le dépôt de poussière sur les cellules solaires ont considérablement réduit la puissance électrique disponible. Cela a conduit le radiomètre de HP³ à ne plus effectuer de mesures comme souhaité. De plus, les demandes accrues de l'équipe des opérations associées à la gestion de la disponibilité réduite de la puissance signifiaient que le Mole et le godet ne pouvaient être commandés que tous les quinze jours à partir de septembre. Au total, trois opérations de martelage ont été effectuées depuis, deux fois avec 100 coups le 22 août (Sol 618) et le 5 septembre (Sol 632) et enfin une fois avec 250 coups le 19 septembre (Sol 645).

Il a été constaté que pendant les deux premiers coups de marteau et pendant la première moitié du troisième round de martelage, la pelle était allée plus loin dans le sable. Comme la taupe était cachée sous la pelle, la pénétration de la sonde elle-même ne pouvait pas être observée directement. Pendant le martelage, l'attache plate allant à la sonde s'est déplacée considérablement, mais ces déplacements n'ont pu être clairement identifiés que comme des mouvements vers l'avant lors du martelage du 22 août.

Dans l'ensemble, il a été estimé à partir des mouvements de la pelle que la taupe s'était déplacée d'au plus un centimètre plus loin dans le sol. Il était intéressant d'observer que lors de la seconde moitié de la ronde de 250 coups de marteau le 19 septembre, la pelle n'est pas allée plus loin, probablement parce qu'elle a rencontré de la croûte dure. C'était certainement un résultat souhaité, car il a permis de mener un deuxième test de taupe libre. En fait, la sonde a continué à se déplacer en fonction des mouvements de la longe, mais il n'a pas pu être clairement déterminé que ces mouvements ont amené la taupe plus profondément dans le sol.

Compte tenu des mouvements peu concluants de la sonde et du temps considérable mis en jeu, l'équipe, après de longues discussions, a décidé de quitter cette voie et de procéder au remplissage de la fosse. A cet effet, la pelle a été soulevée le 3 octobre, rendant la fosse visible.

Après quelques discussions sur les prochaines étapes, il a été décidé que deux mouvements parallèles du godet devraient être

menés le samedi 17 octobre (Sol 659). Ensuite, une mesure de conductivité thermique sera réalisée, qui devrait également donner des indications indirectes sur le remblayage. Ensuite, le remplissage sera compressé pour comprimer le sable et appuyer sur la taupe. En fonction du résultat du remblayage, d'autres actions de remplissage de la fosse seront planifiées avant de poursuivre le martelage, et un autre «test de taupe libre» aura lieu plus tard.

Des valeurs thermiques prometteuses

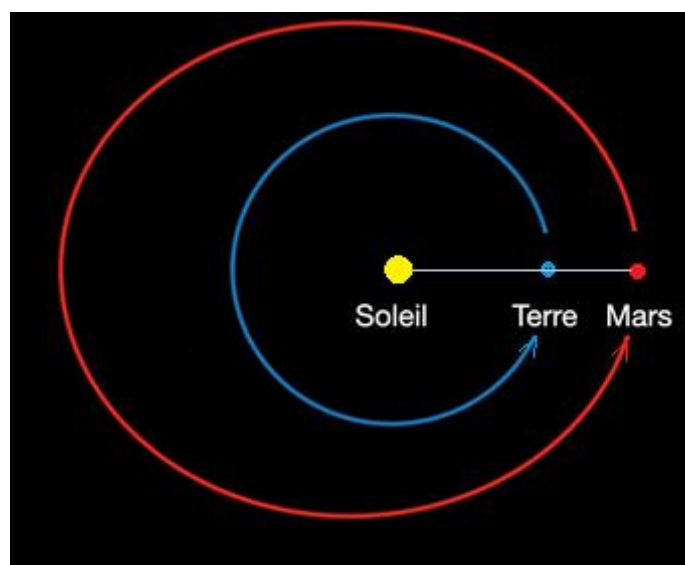
Notons qu'une mesure récente de la conductance thermique de la taupe vers le régolithe montre des valeurs accrues par rapport aux mesures antérieures. Cela suggère que le contact thermique et mécanique s'est amélioré. L'équipe est donc optimiste !

Yves Monier



Tous les moyens dont dispose InSight sont utilisés pour tenter de débloquer la « taupe ». Des interventions restent programmées, mais les opérateurs sont contraints par les limites drastiques des créneaux qui leur sont alloués.
(doc. DLR)

UNE BELLE OPPOSITION

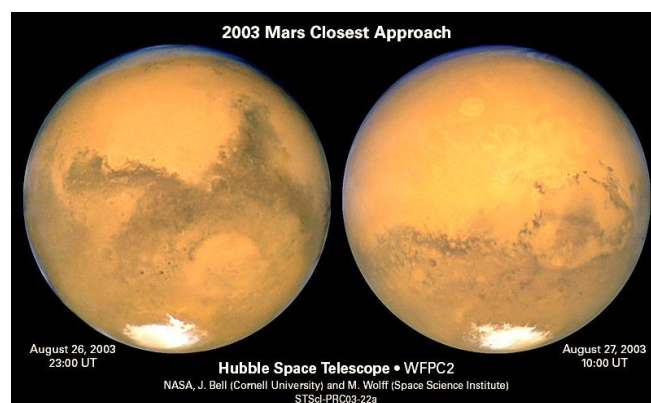


Le terme opposition désigne la configuration des planètes au moment où leurs méridiens héliocentriques se superposent ; à

cet instant, vus par un observateur terrestre, le soleil et Mars apparaissent dans des directions diamétralement opposées, d'où le nom d'opposition.

Cette situation se reproduit tous les 26 mois, l'année martienne étant légèrement plus courte que deux années terrestres et la Terre, plus rapide sur son orbite, « rattrapant » la planète rouge. C'est évidemment une période idéale pour les observations télescopiques des amateurs d'astronomie, puisque la planète est au plus près. Mais quelques points sont à noter :

-L'orbite de Mars est assez fortement excentrique, c'est-à-dire que sa distance au Soleil varie, de 207 à 249 millions de km (la Terre, pour sa part, circule à une distance presque constante de 149 millions de km) ; il en résulte que la distance d'observation peut varier de 58 à 100 millions de km ; de ce point de vue, les opportunités successives ne se valent pas, les plus favorables étant dites périhéliques ;



Le 26 août 2003 nous avons été gratifiés d'une opposition périhélique parfaite, immortalisée par ces clichés fabuleux de Hubble.

(doc.STScI, NASA)

-Du fait de l'inclinaison de l'axe des pôles terrestre sur le plan de l'écliptique, la hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon varie d'une opposition à l'autre, et malheureusement, sous les latitudes européennes, cette hauteur est particulièrement faible lors des oppositions périhéliques, si bien que les turbulences atmosphériques peuvent effacer le gain de résolution dû au rapprochement... Ainsi, comparons la présente occurrence (du 13 octobre 2020) à sa précédente (27 juillet 2018) : lors de cette dernière le diamètre apparent est monté à 24,1 sec d'arc (pour un maximum possible de 25,1, atteint en août 2003), contre 22,3 sec d'arc en 2020 ; par contre, la hauteur sur horizon s'est accrue cette année de près de 30 degrés, ce qui est décisif pour la qualité de l'image.

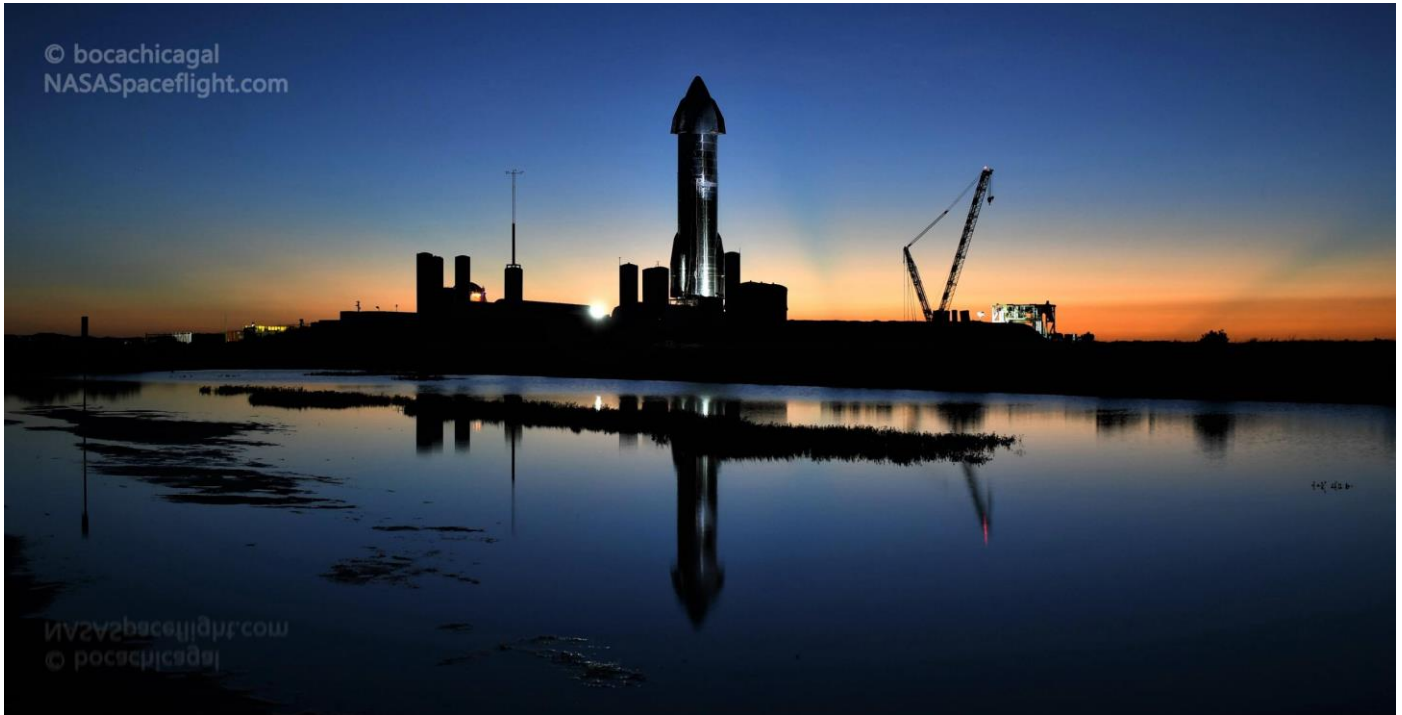
-Enfin, mais c'est plus anecdotique, le plan de l'orbite martienne étant incliné de près de 2 degrés par rapport au plan de l'écliptique, l'alignement Soleil-Terre-Mars au moment d'une opposition n'est pas parfait.

Richard Heidmann

Ont collaboré à ce numéro : Philippe Clermont, Aline Decadi, Richard Heidmann, Dominique Ledevin, Yves Monier.

Achevé d'imprimer : Objectif numérique 56100-Lorient
Dépôt légal : novembre 2020.

BOCACHICA, L'ASTROPORT MARTIEN



Bocachica, le site retenu pour le Starship, a vu ses impressionnantes infrastructures surgir à toute allure ; cette photo, prise fin octobre 2020, montre le prototype SN8 du Starship sur son pas de tir, préparé pour un premier vol périlleux, destiné à tester le procédé innovant de descente (en mode « skydiver ») et l'atterrissage en mode rétropropulsif (à la Falcon9). En cas d'échec, le SN9 est déjà prêt pour le relève...



Hall du booster ; 80 m de haut, construit en quelques mois, à l'aide d'une grue montant à 160 m et soulevant 600 tonnes...

Le développement en cours à Boca Chica ne concerne pas seulement le vaisseau Starship et son booster lourd, mais également toutes les infrastructures requises pour la fabrication des structures, l'assemblage et le stockage des vaisseaux, les essais statiques, les décollages et les atterrissages des vols d'essai. Mais pas seulement ! puisque SpaceX envisage dès maintenant la construction d'un vaste ensemble d'accueil pour les clients, qu'elle compte attirer en nombre...