

Voler sur Mars

Mars a une atmosphère donc le vol « aérien » y est possible. Franck Marodon avait déjà traité ce sujet dans le bulletin de juillet 2006. Dans quelles conditions peut on voler sur Mars, comment peut on quantifier ces conditions de vol ? C'est ce que ce texte va aborder. Comme sur Terre on peut se poser deux questions : celle du vol du plus léger que l'air, le ballon, et celle du plus lourd que l'air, l'avion.

Le ballon martien

Quelques calculs :

Soient V_t le volume d'un ballon sur Terre, g_t la gravité terrestre, ρ_{at} la masse spécifique de l'air sur Terre à 20 °C, ρ_{he} celle de l'hélium dans les mêmes conditions et m la masse à soulever. L'équation de la sustentation du ballon s'écrit :

$$m \cdot g_t = (\rho_{at} - \rho_{he}) \cdot g_t \cdot V_t$$

C'est -Eureka- le principe d'Archimède !

Le volume du ballon est donc :

$$V_t = m / (\rho_{at} - \rho_{he})$$

La gravité terrestre a disparu de l'équation; la pesanteur n'intervient pas dans la définition du volume du ballon; c'est la différence entre la densité de l'air ambiant (terrestre ou martien) qui soulève le ballon et bien entendu la force verticale est aussi proportionnelle au volume du ballon.

Avec $\rho_{at} = 1,247 \text{ kg/m}^3$ et $\rho_{he} = 0,172 \text{ kg/m}^3$ on trouve $V_t = 0,93 \cdot m$ (avec m en kg et V en m^3)

Sur Mars, l'équation donnant le volume du ballon martien va s'écrire :

$V_m = m / (\rho_{am} - \rho_{he})$ où ρ_{am} et ρ_{he} sont les masses volumiques de « l'air » martien et de l'hélium dans le ballon martien.

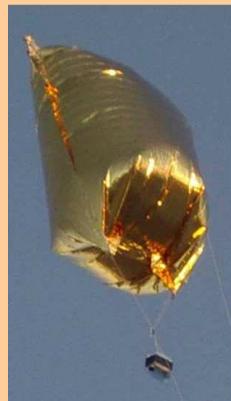


Le dessinateur Manchu a représenté une expédition en rover pressurisé sur une calotte polaire martienne où un astronaute s'apprête à lâcher un ballon pour diverses mesures en altitude. Cette opération est possible malgré la faible pression de l'atmosphère. Sur la Lune elle est impossible en l'absence totale d'atmosphère. (doc. Manchu)

Sur Mars la pression est 140 fois plus faible que sur Terre mais le gaz carbonique qui compose principalement l'atmosphère martienne, est plus dense que l'air dans un rapport 1,5. Considérons aussi qu'il fait aux alentours de moins 30 °C. On calcule alors $0,0154 \text{ kg/m}^3$ pour la masse volumique de « l'air » martien (comparer à la valeur de l'air terrestre ci dessus !) et $0,0014 \text{ kg/m}^3$ pour l'hélium du ballon martien. Le volume du ballon martien est alors de: $V_m = 71,4 \cdot m$

Comparé à son homologue terrestre ayant la même masse à soulever le volume du ballon martien s'écrit : $V_m = 76,8 \cdot V_t$. le ballon martien va être 77 fois plus volumineux que le ballon terrestre. Cela peut paraître beaucoup mais il suffit de multiplier chaque dimension, hauteur, largeur, épaisseur du ballon terrestre par 4,25 pour disposer d'un volume 77 fois plus important. Le ballon martien est donc tout à fait possible.

Lors de la simulation de séjour martien MDRS 43 conduite par une équipe de l'association Planète Mars dans l'Utah en 2006, Olivier Walter et Pierre Brulhet avaient expérimenté un ballon muni d'une caméra. Ce ballon, captif, était emporté par les astronautes en sortie « extravehiculaires » ou EVA. La caméra filmait le trajet suivi par les astronautes, pouvait servir à observer des endroits inaccessibles, à localiser le lieu de prélèvement d'un échantillon et construire une cartographie du chemin suivi.



Le ballon testé dans l'Utah en 2006 lors de la mission MDRS 43. En miniaturisant la charge utile, le ballon martien serait à peine plus gros. (doc. équipage MDRS 43)

La charge utile du ballon comprenait une caméra y compris son système d'enregistrement avec une masse totale de 500g. Un système opérationnel miniaturisé pourrait avoir facilement une masse de moins de 100g. Le ballon martien n'aurait alors qu'un volume 15 fois supérieur à celui de notre ballon terrestre donc des dimensions seulement 2,5 fois plus grandes ce qui reste tout à fait réaliste.

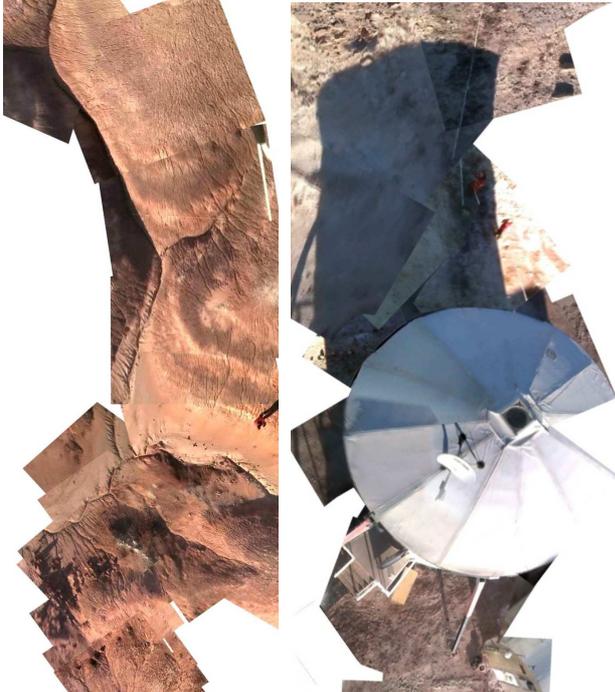
Une autre application possible de ballons captifs sur Mars sera la localisation dans une région (tant qu'il n'y

aura pas de système GPS) et le relais de transmission de données y compris liaisons phoniques et vidéo.

En ce qui concerne les ballons dérivants on retrouvera sur Mars les mêmes utilisations que sur Terre : mesures atmosphériques en altitude, cartographie de la circulation de l'atmosphère, ...



Le ballon près du Hab. Dessin d'Olivier Walter publié dans le carnet de voyage MDRS 43 « Entre la Terre et Mars ».



Exemples d'utilisation du ballon lors de la simulation MDRS 43: cartographie d'un petit vallon à gauche et vue de l'habitat MDRS à droite. (doc. P. Brulhet et O. Walter)

L'avion martien

Le vol d'un plus lourd que l'air est possible sur Mars, plus difficilement que le vol d'un ballon. La portance d'un avion est, en première approximation, proportionnelle à son incidence, à la surface de l'aile, à la densité atmosphérique et au carré de la vitesse. Prenons un avion terrestre léger ou un drone (avion sans pilote à bord) et imaginons qu'on essaye de le faire voler sur Mars. Désignons par une constante k ce qui ne va pas changer entre un vol terrestre et un vol martien (incidence, géométrie de l'avion), la portance sur Terre est égale à $k \cdot \rho_{\text{air}} \cdot V_t^2$ où ρ_{air} est la masse volumique de l'air et V_t la vitesse de l'avion sur Terre. Sur Mars on n'a besoin que d'une portance 0,38 fois plus faible en raison de la pesanteur plus faible. Avec ρ_{Mars} pour la masse volumique de l'atmosphère martienne et V_m la vitesse de vol sur Mars s'écrit:

$$0,38 \cdot k \cdot \rho_{\text{air}} \cdot V_t^2 = k \cdot \rho_{\text{Mars}} \cdot V_m^2$$

d'où l'on déduit la vitesse de l'avion martien :

$$V_m = V_t \cdot \sqrt{0,38 \cdot \rho_{\text{air}} / \rho_{\text{Mars}}}$$

Et avec les valeurs de masses volumiques de l'atmosphère martienne et terrestre données au début de l'article :

$$V_m = 5,5 \cdot V_t$$

La vitesse de l'avion martien doit être 5,5 fois plus grande que celle de son homologue terrestre.

Ainsi un avion léger ou un drone qui vole sur Terre à 100 km/h devra atteindre 550 km/h pour voler sur Mars. Nous ne développerons pas ici les motorisations possible. Disons qu'un moteur thermique peut fonctionner si on lui ajoute une alimentation en oxygène (ou plus généralement d'un oxydant) et qu'un moteur électrique peut également faire l'affaire. En ce qui concerne la puissance du moteur comme la traînée est proportionnelle à la portance, et celle-ci étant 0,38 fois la portance dont on a besoin sur Terre pour voler, la traînée sera aussi 0,38 fois la traînée terrestre. La puissance nécessaire sera plus petite dans la même proportion.

Cette diminution des besoins en puissance sur des mondes à gravité plus faible est connue. Certains auteurs ont déjà affiché que le vol musculaire humain pourrait être un nouveau sport sur la Lune, si l'on peut y disposer de constructions (ou cavernes aménagées) dans les quelles on disposerait d'une atmosphère à 1 bar comme sur Terre.



Le dessinateur Manchu a représenté ici un drone volant à proximité d'une base martienne. (doc. Manchu)

Avec ce besoin d'une vitesse 5,5 fois supérieure à ce qui est nécessaire sur Terre, même si le vols stabilisé est possible, ce sont les phases de décollage et atterrissage qui vont poser le plus de problèmes. On peut encore imaginer un départ catapulté mais l'atterrissage va exiger une piste longue et plate. Un engin hyper léger (ou plus exactement à très faible charge alaire), capable de voler sur Terre à 50 km/h, se posera sur Mars à 275 km/h, c'est à dire à la même vitesse qu'un avion de ligne chez nous !

Aujourd'hui sur Terre des drones expérimentaux volent de plus en plus haut. En Août 2001, l'avion électrique construit par AéroVironnement pour le compte de la NASA a atteint 29413 m d'altitude. Mais le SR71, le célèbre avion américain de la classe Mach 3 avait déjà atteint une altitude de 3500 m inférieure. A cette altitude l'atmosphère terrestre est à peine plus dense que l'atmosphère martienne : environ 0,018 kg/m³ pour 0,0154. Et il y a des régions basses de Mars comme Hellas qui peuvent présenter des pressions de 12 mb et donc des densités de l'ordre de

0,025 kg/m³ correspondant à 28 km d'altitude sur Terre. L'avion Hélios développait à l'altitude de son record une portance égale à son poids. On a vu que sur Mars il suffisait d'une portance plus faible d'un coefficient de 0,38 à cause de la pesanteur plus faible. En volant à la même vitesse que lors de son record, Hélios aurait pu assurer cette sustentation dans de l'air martien de masse volumique 0,0068 kg/m³, bien plus faible qu'au ras du sol sur Mars et correspondant à une altitude d'environ 8000 mètres. Mais le survol du point le plus haut de Mars, Olympus Mons à 24000 m et une masse volumique de l'atmosphère martienne à 0,0007 kg/m³ (pression 0,3 mb) resterait impossible. Avec sa propulsion par moteurs électriques, Helios doit pouvoir voler sur Mars pratiquement sans modifications. D'ailleurs si l'on regarde sa source de puissance, le soleil et des panneaux solaires



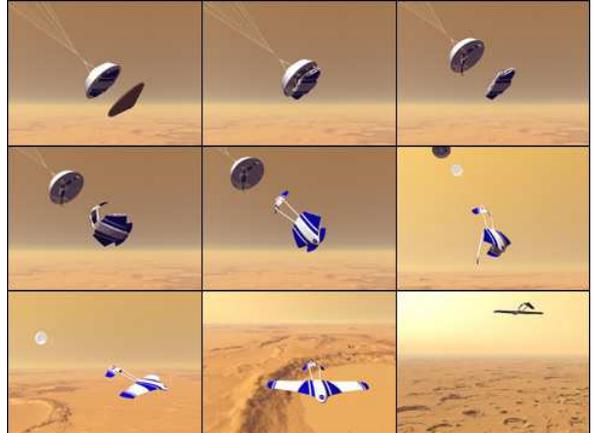
Hélios : 74,3 m d'envergure et 14 moteurs électriques alimentés par panneaux solaires sur l'aile. Dans l'encadré en haut à droite, l'impressionnante flexion de l'aile. (doc. NASA)

sur l'aile, on peut voir que le système aurait fonctionné sur Mars : la puissance fournie aurait été deux fois plus faible en raison de l'éloignement du soleil, mais on a vu que pour voler sur Mars la puissance n'est que de 0,38 fois ce qu'elle est sur Terre.



Au premier plan le véhicule ARES du Langley à l'échelle 1. Au fond à droite le véhicule à échelle un demi qui a été essayé en vol, largué depuis un ballon.(doc. NASA)

Depuis plusieurs années le Langley Research Center de la NASA propose une mission martienne « ARES » pour Aerial Regional-scale Environmental Survey of Mars. Le Langley a même procédé à des essais consistant à emporter jusqu'à 31,5 km d'altitude une maquette à l'échelle un demi de l'avion martien, de le déployer et le lâcher pour un long vol plané de 90 minutes.



La séquence de déploiement du véhicule ARES représentée lors de sa descente dans l'atmosphère martienne. (doc. NASA)



Images réelles prises lors de l'essai de largage de la maquette un demi à 31,5 km d'altitude le 19 septembre 2002. Ci dessus l'aile droite se déploie. Ci dessous le véhicule vole. (doc. NASA)



L'objectif opérationnel est de parcourir 610 km sur Mars à l'altitude de 1500m. La mission n'est pas encore décidée. A suivre...

Alain Souchier