

MENS :
une vision incisive
et éducative sur
l'environnement

Approche
didactique
et scientifique

45

Oct-Nov-Déc 09

Revue scientifique populaire trimestrielle

Embarquement pour Mars

Traverser l'espace entre rêve et réalité

Milieu-
Education,
Nature &
Société

 Universiteit
Antwerpen

Loterie Nationale
créateur de chances 



© Tous droits réservés Bio-MENS 2009

'MENS' est une édition de l'asbl Bio-MENS
A la lumière du modèle de société actuel,
elle considère une éducation scientifique
objective comme l'un de ses objectifs de base.

www.biomens.eu

Coordination académique :

Prof. Dr Roland Caubergs, UA
roland.caubergs@ua.ac.be

Rédacteur en chef et rédaction finale :

Dr Geert Potters, UA
mens@ua.ac.be
Jan 't Sas, Klasse

Rédaction centrale :

Lic. Karel Bruggemans
Prof. Dr Roland Caubergs
Dr Guido François
Lic. Liesbeth Hens
Dr Lieve Maeseele
Lic. Els Grieten
Lic. Chris Thoen
Dr Sonja De Nollin
Kit Ting Lau

Abonnements et infos :

Corry De Buysscher
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen
Tél.: +32 (0)486 93 57 97
Fax: +32 (0)3 309 95 59
Corry.mens@telenet.be

Abonnement:

€22 sur le numéro de compte 777-5921345-56

Abonnement éducatif: €14

Ou numéros distincts: €4
(moyennant la mention du numéro d'établissement)

Coordination communication Bio-Mens :

Kaat Vervoort
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen
Tél.: +32 (0)3 609 52 30 - Fax +32 (0)3 609 52 37
contact@biomens.eu

Coordination :

Dr Sonja De Nollin
Tél.: +32 (0)495 23 99 45
sonja.denollin@ua.ac.be

Illustrations:

Mens, Geert Potters, Wikipédia,
VITO, NASA

Editeur responsable :

Prof. Dr Roland Valcke, UH
Reimenhof 30, 3530 Houthalen
roland.valcke@uhasselt.be

ISSN 0778-1547



Table des matières

Embarquement pour Mars	3
A quand le premier pas sur Mars ?	3
Mars: la Planète Rouge	4
Un petit pas pour l'homme	9
... un grand pas pour la physiologie humaine !	11
Bienvenue au paradis martien	13

Avant-propos

« En trois quarts d'heure, je ressemble à un bibendum, engoncé dans mon épais scaphandre : enfiler la combinaison, puis les bottes, les guêtres par-dessus, ensuite le sac à dos, installer la radio et l'oreillette et en tester le fonctionnement, placer le casque, effectuer les connections et terminer par les gants.

Enfin ça y est, un de mes rêves se réalise : me voici dans la peau d'un astronaute !

Une heure plus tard, nous pénétrons dans le sas et ouvrons la porte. J'avais décidé de jouer le jeu à fond et m'étais mis en condition.

J'avais envie d'être seul avec moi-même dans ce décor prodigieux de Mars, seul avec mes pensées et avec le son de ma respiration dans le casque. »

Voilà les pensées qui m'animaient lorsque je descendais lentement les échelons de la **Mars Desert Research Station** du désert de l'Utah, en 2002, lorsque j'ai participé à ma **première simulation de séjour sur Mars**, inclus au sein de l'équipage MDRS 7. La Mars Society américaine procède, en effet, depuis quelques années à des simulations afin de mieux cerner les enjeux pratiques d'une mission martienne.

C'est devenu un objectif à moyen terme !

En février 2010, le **premier équipage entièrement belge**, dont je fais partie, séjournera 2 semaines à bord de la MDRS. Une grande première !

Voici 40 ans, l'Homme marchait sur la Lune. Dans moins de 40 ans, l'Homme posera le pied sur la planète Mars. Ces femmes et ces hommes, qui fouleront un jour le sol de la Planète Rouge, existent déjà : ils sont sur les bancs de nos écoles.

Poser le pied sur Mars n'est pas une utopie. Le défi est colossal mais les problèmes ne sont pas insurmontables. On est mieux préparés aujourd'hui à aller sur Mars qu'il y a 40 ans à aller sur la Lune.

Mars n'est pas loin ... elle nous tend la main. Transformer le rêve en réalité est une question de volonté, de moyens et de temps. Depuis que l'Homme existe, il cherche à découvrir des domaines inexplorés. Aujourd'hui c'est la Planète Rouge. C'est un monde fascinant à découvrir et qui nous en apprendra tellement sur nos origines. **Osons y aller !** C'est tout bénéfique pour l'Humanité : bénéfices technologiques, scientifiques ... sans oublier, et peut-être est-ce le plus important ... **LE REVE !**



Pierre-Emmanuel PAULIS
Enseignant EURO SPACE SOCIETY
Vice-Président MARS SOCIETY BELGIUM
(www.marssociety.be)
Membre des équipages de simulations martiennes MDRS 7
et MDRS 90.
pierre-emmanuel.paulis@marssociety.be



Embarquement pour Mars

Traverser l'espace entre rêve et réalité

Marjolein Vanoppen et Geert Potters (Université d'Anvers)
Avec la collaboration d'Arthur Schoeters (Euro Space Society), Frank Deboosere (KMI)
Guy Mariën (Volkssterrenwacht Uranid), Nancy Vermeulen (Mars Society Belgique)

À quand le premier pas sur Mars ?

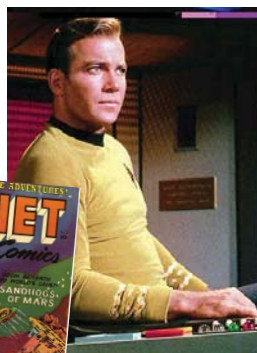
Saviez-vous que le 30 octobre 1938, il a suffi d'un récit diffusé à la radio pour créer un vent de panique aux États-Unis ? Pendant toute la durée du programme, les auditeurs furent persuadés d'assister au reportage en direct de l'atterrissage de Martiens et de leur offensive pour conquérir la Terre. Il s'agissait en fait d'une lecture très convaincante extraite du célèbre livre de 1898 *La Guerre des mondes* de H.G. Wells, mais nombreux furent ceux qui s'y laissèrent prendre. Certains allèrent même jusqu'à prétendre avoir vu des éclairs et senti la fumée. En l'espace d'un mois, les réactions de panique furent relayées dans le monde entier ... et ne purent même pas être stoppées par la révélation qu'il ne s'agissait que d'un canular radiophonique à l'occasion d'Halloween.

Mais comment réagirions-nous réellement s'il y avait de la vie sur Mars et si ses habitants venaient nous rendre une petite visite ?

Le cosmos préoccupe l'être humain depuis des siècles, probablement depuis le moment où il se distingua des autres mammifères en adoptant la marche debout. La question qui nous fascine par-dessus tout est de savoir s'il y a également de la vie sur

les autres planètes. Cette énigme a donné naissance à des milliers de récits de fanatiques d'ovnis (OVNI : *objet volant non identifié*) et à des histoires d'enlèvements par des petits hommes verts. Mais elle a aussi mené au projet SETI ou *Search for ExtraTerrestrial Intelligence* – *Recherche d'Intelligence extra-terrestre*. Dans le cadre de ce programme, plusieurs radiotélescopes sensibles sont déployés pour balayer l'espace à la recherche de signaux susceptibles de révéler l'existence de civilisations extraterrestres. C'est en particulier notre voisine, la planète Mars, qui éveille notre curiosité. Initialement, nous espérions rencontrer des Martiens mais nous avons entre-temps dû revoir nos attentes et nous ne tablons plus aujourd'hui que sur la découverte de bactéries martiennes. Actuellement, nous aspirons aussi à en apprendre davantage sur les origines de notre propre planète. Ce n'est pas tout à fait un hasard puisque la Planète Rouge partage un certain nombre de points communs avec notre planète Terre.

Après avoir exploré le cosmos « proche » et la Lune, nous nous sommes donc mis en tête d'envoyer une mission sur Mars. Et maintenant que plusieurs missions non habitées ont été lancées sur Mars et aux alentours, nous pensons qu'il est grand temps d'effectuer une mission habitée. Mais disposons-nous de la technologie suffisante et du savoir-



"To boldly go where no man has gone before"

(James T. Kirk)



"The desire to explore and understand is part of our character."

(George W. Bush)

faire pour un tel projet ou des investigations supplémentaires sont-elles nécessaires ? Quand pourrions-nous marcher sur Mars ? En 2004, le président Bush prévoyait que les Américains mettraient à nouveau un pied sur la Lune en 2020 et qu'ils se serviraient de cette expérience pour tenter un voyage sur Mars aux alentours de 2030. Avons-nous encore suffisamment de temps pour résoudre tous les problèmes et faire en sorte que les astronautes puissent revenir indemnes d'un aller-retour sur Mars ? Cela reste à voir.

Nos courageux explorateurs de la planète Mars devront d'abord survivre une longue période en restant confinés dans un espace réduit. Ensuite, ils débarqueront sur une planète qui est loin d'avoir livré tous ses secrets.

Durant leur voyage, ils seront exposés au rayonnement, à l'apesanteur et à toute une série d'autres phénomènes inconnus sur Terre. Sur place, ils devront affronter une atmosphère sans oxygène, une gravité plus faible que sur la Terre, l'absence totale de substances comestibles naturelles... Comment arriveront-ils à y faire face ? Qui sera le premier à tenter ce nouveau « grand pas pour l'humanité » ? Les Américains, les Russes ou bien les Européens ? Peut-être s'agira-t-il d'astronautes chinois, japonais ou indiens, car eux aussi veulent se faire une place dans le monde de la navigation spatiale. Peut-être organiserons-nous une mission commune et travaillerons-nous tous ensemble ?

Dans ce dossier de MENS, nous vous offrons une primeur : un billet pour le tout premier vol vers Mars. Embarquez dans notre sonde spatiale, attachez solidement votre ceinture et n'oubliez pas : ce vol est non fumeur !

Mars : la Planète Rouge

Ici votre commandant de bord ...

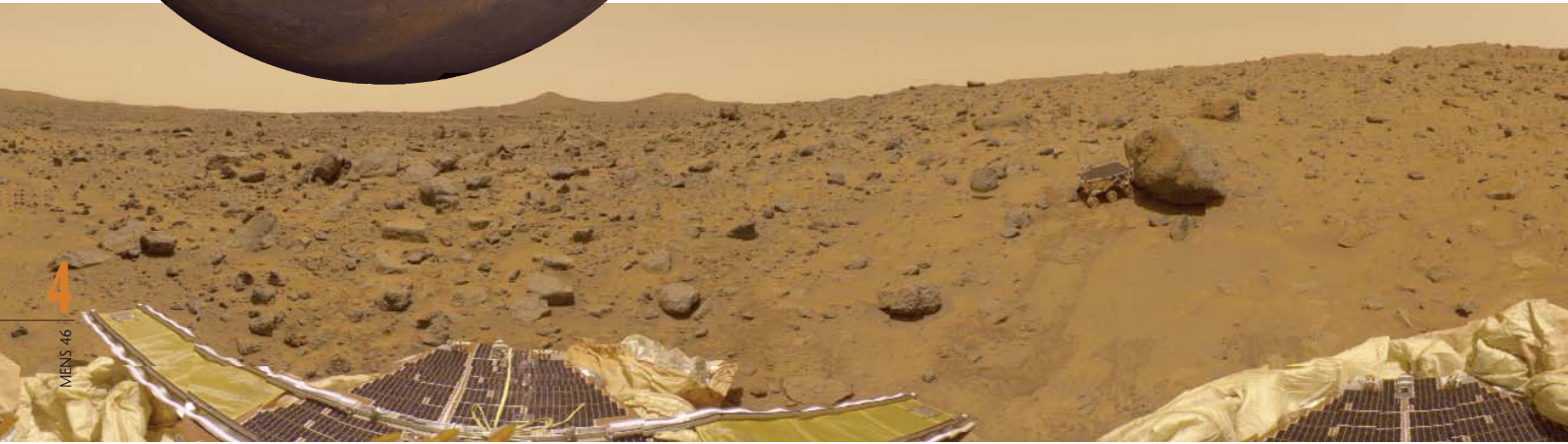
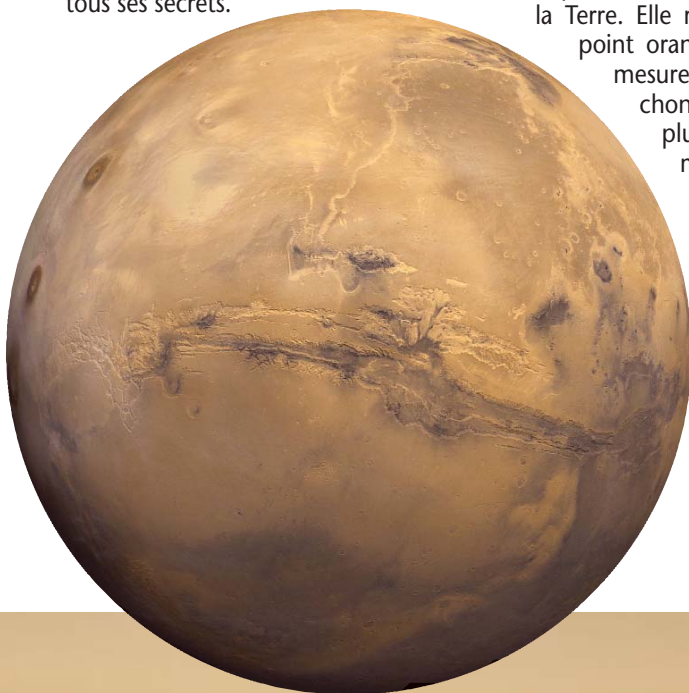
« *Bienvenue sur le Vol interstellaire USS1701 en direction de Mars. Heure d'arrivée estimée – dans un an. Le temps de lire la brochure de voyage à votre aise... »*

Par nuit claire et avec un peu de chance, la planète Mars peut être aperçue depuis la Terre. Elle ressemble alors à un petit point orange-rouge dans le ciel. A mesure que nous nous approchons de la planète, elle prend plus de relief et l'on peut même y distinguer différents paysages : des plaines volcaniques basses dans l'hémisphère nord et des massifs montagneux couverts de cratères dans l'hémisphère sud. Leur processus de formation est encore inconnu. Mais nous savons par contre que les massifs montagneux du sud se

sont formés il y a très longtemps : pendant l'ère dite du Noachien, il y a 4,5 - 3,9 milliards d'années. Les chaînes de montagnes et les « lits de rivières » datent de l'Hespérien (il y a 3,9 - 1,9 milliards d'années). Les derniers grands événements aréologiques (l'aréologie est la géologie de la planète Mars, terme dérivé du nom du dieu grec Arès, équivalent du dieu romain Mars) ont eu lieu au cours de l'Amazonien (il y a 1,8 milliard d'années jusqu'à aujourd'hui) : d'importantes coulées de lave ont formé les grandes étendues que vous pouvez apercevoir. Elles sont encore relativement jeunes et présentent peu de cratères d'impact.

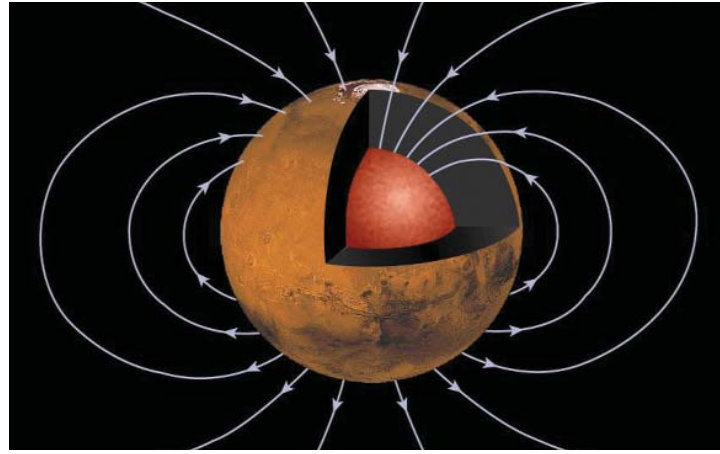
Les deux hémisphères polaires – formés de glace et de dioxyde de carbone (CO₂) – se distinguent nettement. Ils se reconstituent ou fondent en fonction des saisons. Car Mars a aussi des saisons, tout comme notre planète mère. À l'instar de la Terre, son axe de rotation n'est pas perpendiculaire aux rayons solaires qui l'atteignent (voir figure). Chacun des pôles est par conséquent plongé à tour de rôle dans l'obscurité pendant une demi-année. Comme l'angle de l'axe de rotation de Mars est similaire à celui de la Terre, les saisons y correspondent plus ou moins aux nôtres. Cependant, les durées des saisons martiennes sont environ le double des saisons terrestres car la période de révolution de Mars autour du soleil est beaucoup plus longue.

L'orbite de Mars autour du soleil est aussi plus excentrée que celle de la Terre, autrement dit sa course est beaucoup plus elliptique. C'est pourquoi la différence entre les saisons à l'hémisphère nord et à l'hémisphère sud est bien plus marquée que chez nous. Lorsque c'est l'été dans l'hémisphère sud, la planète est au périhélie de son orbite, c'est-à-dire au point le plus rapproché du soleil. À ce moment, c'est l'hiver dans l'hémisphère nord. Lorsque la planète se trouve à l'aphélie, au point le plus éloigné du soleil, c'est l'été dans l'hémisphère nord mais, du fait de sa plus grande distance par rapport au soleil, la température sera moins élevée de 30 degrés Celsius environ par rapport à l'été dans l'hémisphère sud.

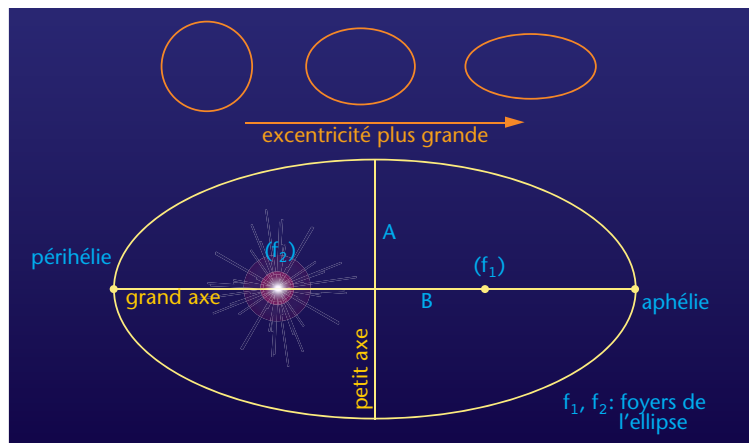




Le Mont Olympe



Bien que Mars (à l'inverse de la Terre) ne présente pas de champ magnétique à l'échelle planétaire, on y trouve une mosaïque irrégulière de petites régions qui, dans leur ensemble, constituent quand même un semblant de pôle nord et de pôle sud. Des calottes glaciaires s'observent du reste clairement à proximité de ces deux pôles.



Les orbites des planètes sont toujours elliptiques. Pour exprimer cela, on utilise la notion d'excentricité – qui indique dans quelle mesure l'orbite s'écarte de la forme d'un cercle. C'est aussi un paramètre important pour la description de l'orbite d'une planète. On pourrait affirmer qu'un cercle est une forme particulière d'ellipse où la distance entre les foyers est réduite à zéro. La révolution est le temps nécessaire à une planète pour effectuer un tour complet autour du soleil. Selon la troisième loi de Kepler (astronome allemand et défenseur du système astronomique héliocentrique), la révolution dépend en outre uniquement du demi grand axe (moyenne de l'aphélie et du périhélie). Toutes les orbites ayant un même grand axe ont donc la même révolution.

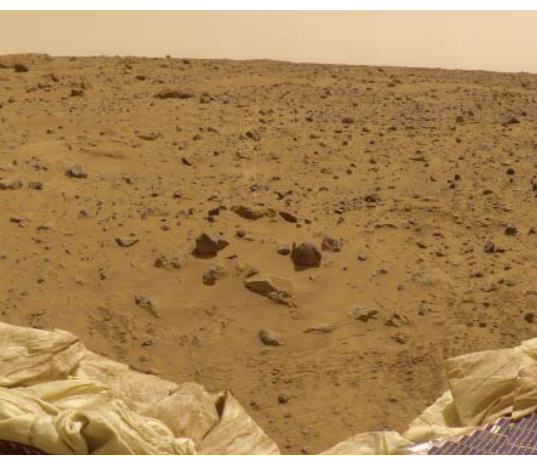
Les grandes tempêtes de poussières susceptibles d'envelopper toute la planète représentent un phénomène particulier lié aux saisons sur Mars. Ces tempêtes se produisent lorsque Mars est au plus près du soleil et que l'hémisphère sud est en été. Les épaisses couches de dioxyde de carbone des pôles se condensent en glace sèche. Au printemps, lorsque cette glace sèche commence à fondre, de grandes quantités de CO_2 et d'hydrogène sont libérées, générant des vents violents depuis les pôles. Ces vents soulèvent une énorme quantité de poussières. Vous pouvez vous imaginer que ces tempêtes de poussières posent problème à notre matériel puisqu'elles peuvent bloquer les systèmes de ventilation, provoquer un court-circuit dans les machines électriques indispensables à notre survie et recouvrir les panneaux solaires. Un problème qui a d'ailleurs déjà perturbé *Spirit* et *Opportunity* – les deux rovers

Un peu de géographie martienne

Le plus grand cratère de la planète est le bassin d'Hellas, une structure immense d'un diamètre de 1800 km datant du Noachien. La région d'Arabia Terra, qui se caractérise par des cratères, est également de cette période mais elle est située un peu plus au nord de l'équateur. C'est à l'ouest de cette région qu'ont atterri les sondes spatiales *Viking 1* et *Pathfinder*. Au sud de l'Arabia Terra se trouve la Terra Meridiani Planum. La sonde *Mars Global Surveyor* y a découvert pour la première fois de l'hématite.

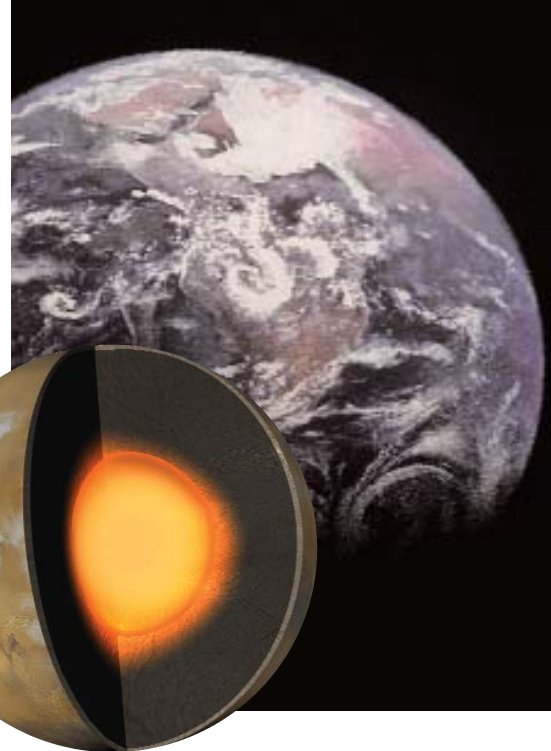
Plus au nord-est se trouvent les plaines (« planitia ») d'Utopia (où s'est posée la sonde *Viking 2*) et d'Elysia. Entre l'Utopia Planitia et l'Amazonis Planitia (plus vers l'est) se profilent quelques-unes des gigantesques montagnes de la Planète Rouge, dont le Mons Elysium. Encore plus loin, de l'autre côté de l'Amazonis Planitia, se dresse la plus haute montagne (pour l'instant) de notre système solaire : l'Olympus Mons. À l'ouest de l'Arabia Terra se trouve le plus grand réseau de canaux de la planète : l'Ares Vallis, site d'atterrissage de *Pathfinder*. Les montagnes et canaux datent de l'Hespérien.

Carte de Mars reprenant les sites d'atterrissage des différentes sondes



La Terre et Mars en chiffres : qui l'emporte ?

	TERRE	MARS
Diamètre moyen	12.756,274 km (équateur) 12.713,51 km (cercles polaires)	6796 km (équateur) 6752 km (cercles polaires)
Circonférence moyenne	40.074 km (équateur)	21.339 km (équateur)
Masse	$5,9742 \times 10^{24}$ kg	$6,419 \times 10^{23}$ kg
Durée 1 jour/sol	23,9 heures	24,6 heures (=1 sol)
Durée 1 an	365,25636 jours (365 jours 6h 9min 9,54sec)	686,98 jours
Atmosphère	78% d'azote 21% d'oxygène	très ténue, essentiellement du CO ₂
Température	Minimum -89°C Maximum 58°C	Minimum -140°C Maximum 20°C
Noyau	Fer et nickel	Fer et nickel
Antal manen	1	2 (Phobos et Deimos)
Force de gravité	9,78–9,83 m/s ²	3.72-3,74 m/s ²
Distance par rapport au soleil	$149,6 \times 10^6$ km	$227,94 \times 10^6$ km
Angle de l'axe de rotation	23,4°	25,19°



(robots explorateurs) expédiés sur Mars (voir encadré sur www.biomens.eu).

A mesure que vous approchez de Mars, vous verrez sans doute apparaître de gigantesques volcans. Près de l'équateur se trouve en effet la région dite de Tharsis, une région parsemée d'énormes volcans boucliers dont le plus grand porte le nom d'Olympus Mons ou Mont Olympe. Un volcan bouclier est un volcan aux pentes douces formé de lave pauvre en silice. Son sommet haut de 24 km dominant la plaine éclipse de loin notre Mont Everest qui n'atteint même pas 9 km ! Cependant, ces volcans gigantesques ne représentent probablement aucun danger pour les futurs explorateurs de la planète Mars car ils sont présumés éteints depuis longtemps.

Vous observerez aussi la présence d'un certain nombre de canaux qui donnent l'impression d'avoir été creusés par des cours d'eau. Si c'est le cas, ce phénomène doit remonter à bien longtemps car aujourd'hui, Mars est une planète froide dotée d'une atmosphère trop ténue pour permettre l'existence d'eau liquide sur sa surface. Cela n'empêche bien sûr pas que de l'eau liquide ait pu être présente par le passé. Les observations des sondes orbitales *Mariner 9* et *Viking Orbiters* ont permis de confirmer que Mars avait connu jadis des changements climatiques spectaculaires. Il y a 4 milliards d'années, l'activité volcanique de la Planète Rouge était probablement plus importante. Il s'y trouvait aussi des lacs et des rivières qui ont provoqué une érosion. A cette époque, il semble que la planète connaissait un climat plus chaud et plus humide et que l'eau y coulait à flot comme c'est le cas aujourd'hui sur la Terre. *Opportunity* et *Spirit*, les deux rovers martiens actuels, ont en effet trouvé des roches présentant des traces d'érosion par l'eau. Mais com-

me Mars est une planète plus petite, elle s'est refroidie plus rapidement que la Terre après sa création, ce qui a réduit l'activité géologique. Peu à peu, Mars s'est asséchée et empoussiérée, les rivières ont disparu et elle est devenue la planète que nous connaissons aujourd'hui.

Nous espérons donc que vous avez emporté suffisamment de boissons pour votre séjour car vous ne trouverez pas beaucoup d'eau ici, en tout cas pas sous forme liquide ! Par contre, la planète ne manque pas de glace : si toute l'eau gelée du pôle sud de Mars venait à fondre, la surface totale de la planète se couvrirait d'une couche d'eau de 11 mètres en moyenne. Outre cette eau stockée sous forme de glace aux pôles de la planète, on trouve également beaucoup d'eau dans le sol de Mars à l'état de permafrost : ce terme désigne des couches souterraines gelées depuis une période ininterrompue d'au moins 2 ans, un phénomène qui s'observe également par endroits sur la Terre.

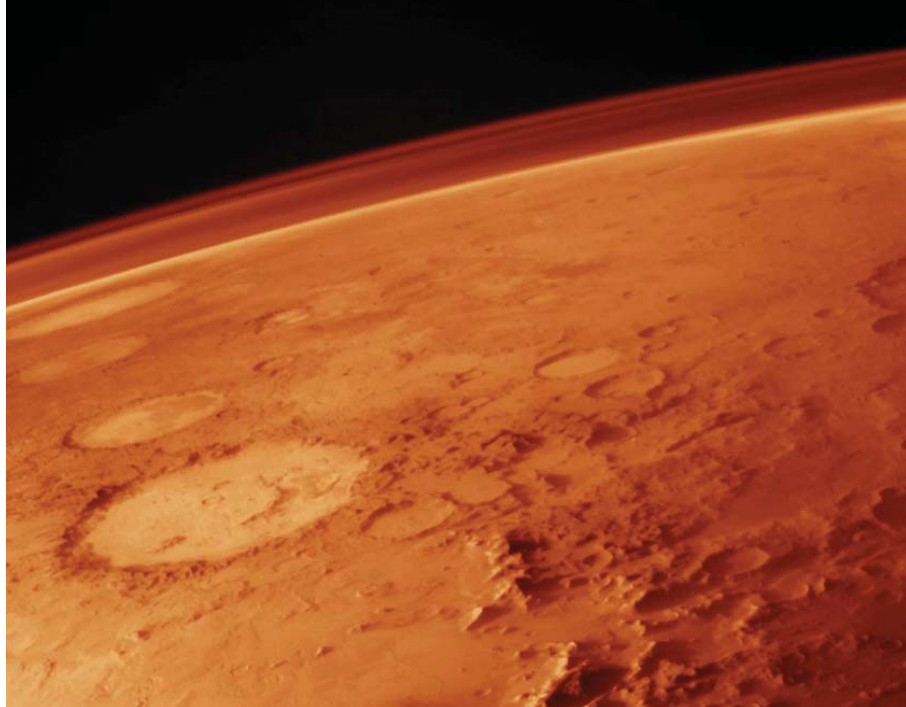
Vous l'aurez compris, chers voyageurs interplanétaires : votre expédition en direction de Mars n'a rien à voir avec une croisière de luxe ...

Bouclez votre ceinture : nous atterrissons !

Pour atterrir en toute sécurité, il faut bien entendu que le sous-sol soit ferme, ce qui ne posera pas de problème puisque Mars est – comme la Terre – une planète tellurique. Autrement dit, son sous-sol est constitué de matières solides. Nous aurions nettement plus de difficultés à poser le pied sur Jupiter et Saturne, des géantes gazeuses qui – leur nom l'indique – se composent essentiellement de gaz comprimés.

L'hématite, qui se compose d'oxyde de fer (III), est le minéral le plus souvent rencontré. Il est à l'origine de la couleur typiquement rouge de la planète. Pour l'instant, nos connaissances sur la structure interne de la planète (voir figure) sont encore limitées. Les chercheurs supposent que la planète a un noyau. Les





Atmosphère de Mars

modèles scientifiques représentent un noyau d'un rayon d'environ 1480 km composé de fer enrichi de 14 à 17% de soufre ainsi que de plus petites quantités d'autres éléments. Ils présument que ce noyau est au moins en partie encore liquide, tout comme le noyau de notre planète Terre. Ce noyau est entouré d'un solide manteau formé de silicates de fer et de magnésium. Ce manteau a probablement été jadis à l'origine de nombreux phénomènes géologiques tels que le volcanisme et la tectonique des plaques (voir encadré sur www.biomens.eu) mais il est inactif aujourd'hui.

La couche extérieure de la croûte martienne a une épaisseur moyenne d'environ 50 km et consiste surtout en silicates de fer et de magnésium. L'épaisseur de la croûte est sensiblement différente selon que l'on se trouve dans l'hémisphère nord ou dans l'hémisphère sud, la dénivellation étant en moyenne de quelques kilomètres. Si nous devions creuser un grand trou

dans la croûte pour arriver jusqu'au noyau, nous rencontrerions plusieurs couches superposées de différents matériaux et roches, à l'identique de la Terre.

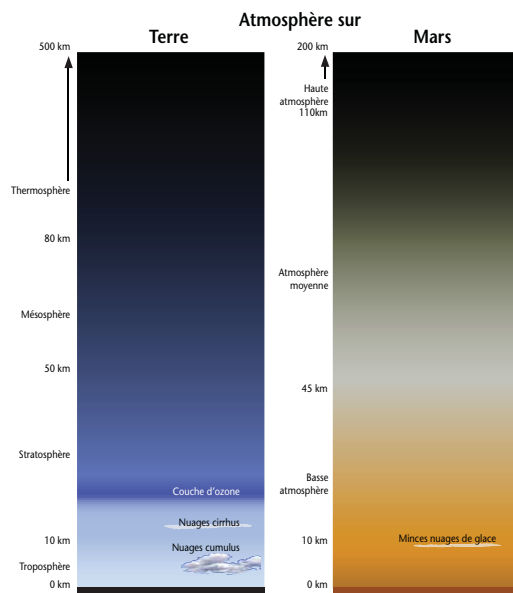
Une fois arrivés sur la Planète Rouge, vous remarquerez qu'il y fait beaucoup plus froid que sur la Terre. Étant donné qu'elle est très éloignée du soleil et que sa surface présente une faible capacité calorifique, il faut compter sur une température moyenne de -63°C . La capacité calorifique d'un objet ou d'une matière est sa faculté d'emmagasiner la chaleur. Plus la capacité calorifique est élevée, plus la matière sera lente à se réchauffer, mais aussi à perdre sa chaleur. L'eau par exemple a une grande capacité calorifique : la mer se réchauffe lentement en été mais se refroidit également lentement en hiver. Une région désertique, par contre, a une faible capacité calorifique : elle se réchauffe rapidement mais se refroidit aussi très vite pendant la nuit. Sur ce plan, Mars peut sans nul doute être comparée à un tel désert ...

La température superficielle varie aussi fortement : entre un minimum de -140°C pour l'hiver polaire et un maximum agréable de 20°C pour l'été. Ces différences énormes sont dues à la mince couche atmosphérique qui entoure Mars. L'atmosphère terrestre est beaucoup plus épaisse et isole donc mieux notre planète. C'est aussi pour cette raison que l'effet de serre est beaucoup plus prononcé sur la Terre : ce phénomène est induit par des gaz à effet de serre comme la vapeur d'eau et le CO_2 . Sans cet effet de serre, la température moyenne sur Terre avoisinerait sans doute les -18°C , soit un climat nettement plus froid que les 15°C de moyenne dont nous jouissons aujourd'hui. Vous trouverez davantage d'informations à ce sujet dans les numéros 20 et 36 de MENS.

Pourtant, l'atmosphère martienne se compose à 95% environ de CO_2 . On pourrait donc s'attendre à un effet de serre beaucoup plus important ! Pourquoi est-il absent ? Sans doute l'atmosphère même est-elle trop ténue pour qu'un effet de serre significatif soit généré. Mars manque en outre d'une magnétosphère (la zone entourant une planète où des champs magnétiques exercent un effet visible sur toute une série de particules chargées auxquelles la planète est exposée, comme c'est le cas sur la Terre). Cette magnétosphère a disparu il y a environ 4 milliards d'années et les scientifiques ne savent toujours pas pourquoi. L'absence de magnétosphère fait en sorte que Mars, contrairement à la Terre, n'est pas protégée contre le vent solaire, un flux constant de particules chargées qui s'échappent de la surface du soleil.

Pour le reste, la composition de l'atmosphère (voir figure) correspond à peu près à celle de la Terre il y a près de 4 milliards d'années. Avec seulement 0,13% d'oxygène et 0,03% d'hydrogène, l'être humain ne peut y survivre sans une combinaison spatiale hermétique et des bouteilles d'oxygène. Selon certains chercheurs, il serait possible dans le futur de modifier la planète pour que nous puissions y vivre sans équipement adapté (voir plus loin).

La pression sur Mars est environ 100 fois plus basse et la gravité est trois fois moindre que sur la Terre. Une personne d'une masse de 70 kg ne pèsera ici que 27 kg. Conséquence importante de ce phénomène : la planète capte moins de gaz autour d'elle. Les gaz plus légers échappent en effet à la pesanteur de la planète. En outre, à cause de cette gravité plus faible, des voyageurs terriens comme nous devront mettre leur corps à rude épreuve face à des problèmes tels



que les effets de l'apesanteur dans une capsule spatiale (voir plus loin).

Un gaz mystérieux

Une particularité de l'atmosphère martienne est la présence de petites quantités de méthane (environ 10,5 ppm - 1 ppm correspond à une molécule de méthane par million de molécules dans l'atmosphère). Ce gaz se dégage de divers sites en fonction des saisons et sa quantité est très variable. Il a déjà été observé en 2004 par la mission spatiale Mars Express de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et a également été découvert en plusieurs endroits par la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Le méthane martien confronte les planétologues du monde entier à une énigme : quelle est son origine ? Dans l'atmosphère terrestre, le méthane est produit par des organismes vivants dans des conditions anaérobiques ou pauvres en oxygène. Il se dégage au cours des processus de décomposition, dans des marécages et lors de l'extraction de combustibles fossiles comme le charbon. Ce gaz peut aussi être produit par le volcanisme ainsi que par certaines bactéries (bactéries méthanogènes).

Le méthane est un gaz à effet de serre vingt fois plus puissant que le fameux dioxyde de carbone. Il aurait même le potentiel de réchauffer Mars s'il ne se décomposait pas aussi rapidement dans l'atmosphère : environ 600 fois plus vite que les modèles scientifiques ne l'avaient prédit. Pour l'instant, ces modèles reposent uniquement sur nos connaissances relatives à la méthanisation sur Terre. Ils ne permettent pas de déchiffrer le processus chimique responsable de la décomposition rapide du méthane sur Mars. A l'heure actuelle, ce phénomène reste inexplicable. Cette décomposition est probablement due en partie aux fortes doses de rayons UV pouvant pénétrer facilement l'atmosphère (Mars n'a pas de couche d'ozone), mais le reste de la décomposition provient sans doute des concentrations élevées en H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène, ou eau oxygénée) se formant lors des tempêtes de poussières. Ce processus entraînerait la décomposition de toutes les molécules organiques à la surface sur une période prolongée.

Le fait que nous détectons du méthane signifie aussi que ce gaz est produit. Nous ne savons pas encore comment se déroule ce processus mais on présuppose trois sources possibles. Soit c'est le volcanisme souterrain qui est en cause, soit il y

a sur Mars une forme de vie produisant du méthane. Une troisième possibilité serait que le méthane a été capté dans le sol sous forme d'hydrate (c'est-à-dire entouré de molécules d'eau) lors de la formation de la planète et qu'il se libère maintenant progressivement – bien qu'il soit peu probable que cela prenne plus de 4 milliards d'années.

Autant de raisons qui inciteront les missions futures à prêter une attention particulière à la méthanisation de la planète...

Un petit pas pour l'homme ...

A propos des Vikings, des Beagles et du Vampire galactique

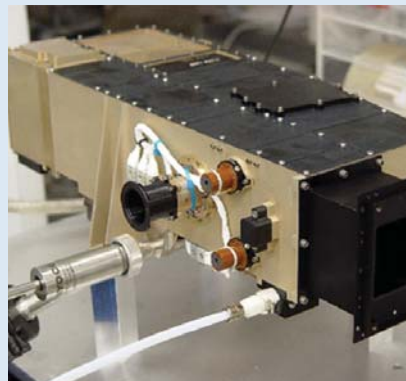
Tout ce que nous avons aujourd'hui sur Mars résulte des observations de nombreuses missions spatiales. Celles-ci ne se sont pas déroulées sans heurts : ce n'est qu'après une demi-douzaine de lancements ratés, tant par les États-Unis que par l'ancienne Union soviétique, que la sonde américaine Mariner 4 (lancée le 28 novembre 1964) a réussi en juillet 1965 à effectuer un survol en rase-mottes de la planète Mars et à en prendre les premières photos rapprochées. Lors de ce

Instruments d'analyse

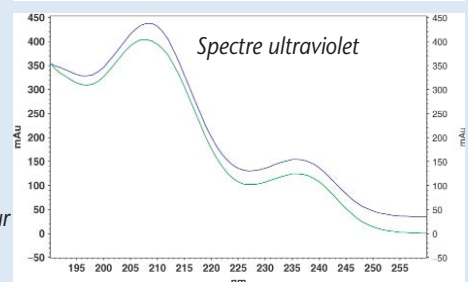
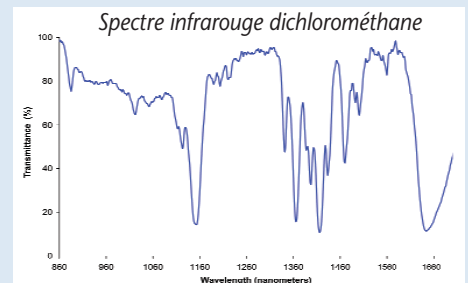
Un spectromètre est un dispositif mesurant les caractéristiques de la lumière dans une partie déterminée du spectre électromagnétique, par exemple la lumière infrarouge (IR) ou la lumière ultraviolette (UV) (cf. également le n° 23 de MENS : « Voir »). La spectroscopie IR est utilisée pour déterminer la structure de molécules inconnues en dirigeant un mince faisceau de lumière infrarouge sur un échantillon de la substance et en mesurant quelles sont les longueurs d'onde de la lumière qui sont absorbées par ces molécules (ce que l'on appelle les bandes du spectre IR d'une substance déterminée, voir figure). Ces bandes permettent de déterminer si la substance présente des liaisons doubles (triples) ou des groupements organiques fonctionnels (groupes alcools, cétones, ...). La spectrométrie UV fonctionne sur le même principe, uniquement pour la lumière ultraviolette de courte longueur d'onde. Outre des connaissances sur la molécule proprement dite, l'absorption

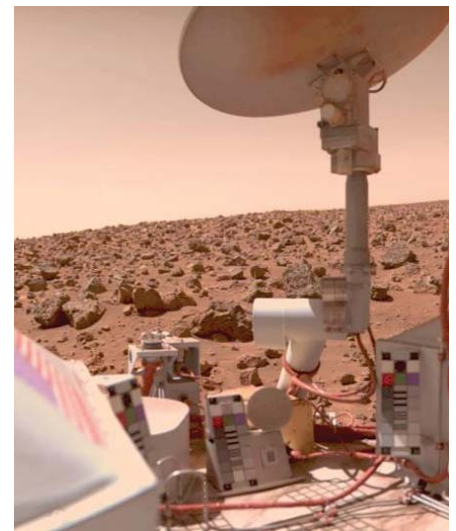
permet également de déduire la quantité de cette molécule dans un échantillon en particulier. En effet, selon la loi de Beer-Lambert, l'absorption de la lumière d'une certaine longueur d'onde est directement proportionnelle à la concentration des molécules absorbées.

Un radiomètre est un appareil mesurant l'intensité du rayonnement électromagnétique en watts. Ces mesures permettent de rendre les sources de chaleur visibles. Les satellites météorologiques utilisent un instrument de ce type en astronomie et pour la recherche climatique, par exemple afin d'analyser les tendances dans les échanges d'énergie entre la Terre et l'atmosphère. Ces tendances procurent des informations sur les changements de notre climat à long terme.

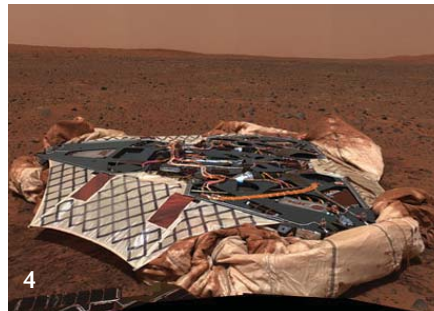
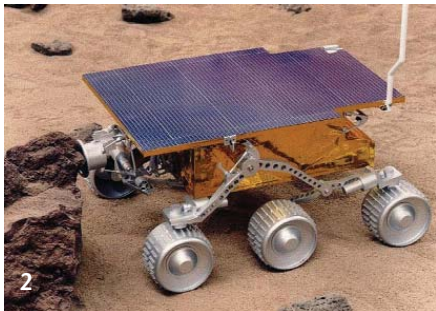


Le télescope Spitzer est le nom du système d'observation infrarouge actuellement en orbite autour du soleil. La face noire maximise le rayonnement infrarouge. Ce télescope porte également un spectromètre infrarouge. (Photo de la NASA)





Viking 1 fut lancée le 20 août 1975, se mit en orbite autour de Mars le 19 juin 1976 et atterrit le 20 juillet 1976. Viking 2 fut lancée le 9 septembre 1975, se mit en orbite le 7 août 1976 et atterrit le 3 septembre 1976.



1. Mars Orbiter, 2. Sojourner, 3. Mars Pathfinder airbag, 4. Pathfinder

même programme Mariner, les États-Unis ont également réussi pour la première fois à mettre une sonde en orbite autour de la planète : la sonde Mariner 9, lancée le 30 mai 1971. Par ses investigations à l'aide d'un appareil photo, d'un spectromètre UV, d'un spectromètre IR et d'un radiomètre IR (voir encadré), elle a permis d'établir clairement la présence de volcans et de vallées. Lorsqu'elle a terminé ses recherches en octobre 1972, elle avait cartographié 85% de la planète et pris 7329 photos en haute résolution. En 2008, la sonde Phoenix a confirmé la présence de stocks d'eau immenses aux deux pôles de la planète.

Après Mariner 9, le lancement de Mariner 10 a également été couronné de succès. Ce fut la première sonde à visiter deux planètes (Vénus et Mercure) et à utiliser l'attraction gravitationnelle pour modifier sa trajectoire (voir figure). Pendant la période des missions Mariner, les Russes ont également lancé plusieurs engins spatiaux sur Mars mais aucune de ces missions n'a abouti.

Le succès des Mariners a ouvert la voie à d'autres sondes spatiales : le programme Viking de la NASA. Les deux sondes de ce programme, Viking 1 et 2, se composaient d'un atterrisseur (qui se pose sur la planète) et d'un orbiteur (qui continue de graviter autour de celle-ci). Les orbiteurs étaient également chargés de transmettre les informations des atterrisseurs jusqu'à la Terre.

Ce programme a inauguré le début de l'exploration de la surface martienne. Une part importante de la mission consistait à détecter la présence de vie sur

Mars. Le bras articulé de Viking 1 a prélevé avec succès des échantillons de sol pour le laboratoire biologique. Les données fournies ont indiqué la possibilité de vie mais aucun composé organique n'a été trouvé. Viking 2 a également permis d'améliorer considérablement les connaissances sur Mars mais la question de savoir s'il y a de la vie sur la planète est restée sans réponse. Le travail de ces sondes n'a pas été vain pour autant : elles ont toutes deux permis, entre autres, de cartographier 97% de la surface de Mars.

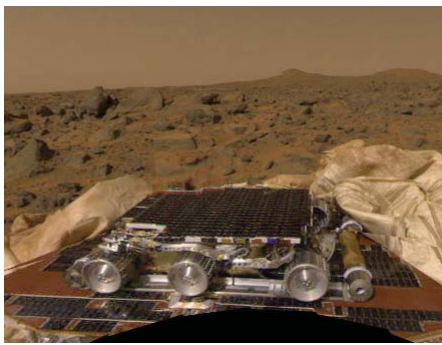
En 1992 a été lancée la coûteuse sonde Mars Observer dans le but d'étudier davantage la surface et le climat de Mars. Cette mission a coûté au total 980 millions de dollars mais le contact avec la sonde a été perdu lors des préparatifs pour sa mise en orbite. Malgré tous les efforts entrepris, plus personne n'a entendu parler de l'Observer. La perte de cette sonde fut un grand choc pour la NASA. C'était un des projets les plus coûteux et les plus ambitieux et c'était également la première fois en 27 ans qu'une sonde disparaissait. Six des sept instruments perdus par Observer ont à nouveau été installés à bord de la mission suivante, celle du Mars Global Surveyor en 1996. Cette sonde a pris cent mille photos, entre autres des nouveaux cratères où l'on peut voir des traces d'écoulement d'eau. La mission se déroulait bien jusqu'à ce que le contact soit perdu avec Surveyor en novembre 2006.

La perte d'Observer poussa la NASA à lancer le programme Discovery : des sondes plus petites et moins chères en vue de répartir les risques. Un volet important de ce programme fut consacré au Mars

Pathfinder et son petit véhicule martien, le Sojourner (voir figures). Après l'atterrissage en 1997, les batteries de ce dernier ont été chargées par les panneaux solaires déployés et, après quelques heures, ils ont pu tous deux se mettre au travail. La mission principale de Pathfinder était non seulement de soutenir Sojourner mais aussi d'envoyer des données de mesure de l'atmosphère prises au cours de la descente. Le petit véhicule déambulait sur la surface de Mars pour prendre des photos et examiner les pierres, les roches, la poussière de même que les empreintes laissées par ses pneus. En 2003, la NASA a encore envoyé deux rovers (véhicules pour terrain accidenté) sur Mars : le Spirit et l'Opportunity qui atterrirent parfaitement sur la surface martienne. Leur succès est d'autant plus grand que, malgré une durée de vie qui avait été programmée à 90 sols (1 sol = 1 jour martien), ils continuent toujours activement leurs explorations aujourd'hui. Plus récemment, on a assisté au lancement du Phoenix, le premier atterrisseur du Scout Program de la NASA. Celui-ci devait partir à la recherche d'un environnement approprié pour la vie microbienne sur Mars. Le contact fut perdu après environ 5 mois d'activité.

L'Europe dans les hautes sphères

Nous aussi, les Européens, sommes à l'origine de bon nombre de réalisations dans l'espace. L'ESA est la principale organisation européenne en matière d'exploration spatiale. Elle se compose aujourd'hui de 18 États membres. Avec Ariane 5, elle dispose d'un modèle de fusée très efficace pour ses missions et cet



Pathfinder

arsenal sera certainement étendu au cours des années à venir.

La première mission de l'ESA vers une autre planète a commencé le 2 juin 2003 avec la mission Mars Express qui se composait d'une sonde (le Mars Express Orbiter) et d'un atterrisseur (le Beagle 2). La Mars Express a été lancée depuis la base de Baïkonour au Kazakhstan à l'aide d'un lanceur russe Soyouz. L'Orbiter a pu se mettre sans problème en orbite autour de Mars, il envoie désormais régulièrement des photos de la surface de la planète ainsi que des données sur sa composition minérale. Le Beagle 2 quant à lui a perdu le contact au cours de son atterrissage et ne donne plus aucun signe de vie. Pour l'instant, l'ESA travaille sur un nouveau programme ambitieux dénommé Aurora. Ce projet vise à développer progressivement une technologie qui devrait permettre à l'avenir à l'homme d'atterrir sur la Lune ou sur Mars.

Rechercher des formes de vie sur une autre planète n'est pas un monopole exclusif d'entités nationales ou d'organisations multinationales. Des sociétés peuvent également s'y consacrer, comme la Mars Society, par exemple, qui a été fondée en 1998 à Boulder (Colorado). Cette vaste entreprise compte aujourd'hui des divisions dans le monde entier (dont en Belgique). Grâce aux fonds qu'elle a récoltés, elle a pu notamment construire un habitat expérimental à Devon Island au Canada, l'endroit sur Terre le plus similaire à la surface de Mars. En février 2010, cinq Belges séjourneront dans la station MDRS en Utah (USA) (sous la direction de Nancy Vermeulen, directrice de Mars Society Belgium).



Base de l'ESA sur Mars

A l'avenir, l'Europe et l'Amérique souhaitent collaborer davantage afin de poursuivre leurs recherches sur la Planète Rouge. Ainsi, le programme de la NASA annonce pour 2011 le lancement d'un rover propulsé par l'énergie nucléaire, mieux connu sous le nom de Mars Science Laboratory of Curiosity. Une autre éventualité concerne le lancement d'un Orbiter européen en 2016 en collaboration avec les organisations spatiales et dans le but, entre autres, de continuer à explorer les sources potentielles du méthane découvert dans l'atmosphère. Un autre rover européen, ExoMars, devrait être ensuite lancé dans l'espace en 2018 par l'intermédiaire d'une fusée de lancement américaine Atlas. Des nations comme la Russie, la Chine et l'Inde ont également l'intention de participer à



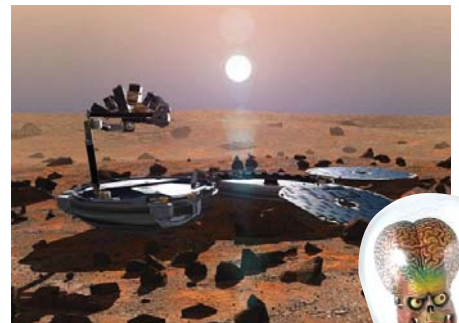
Atterrisseur sur Mars

l'aventure et envisagent toutes une mission dans les prochaines années.

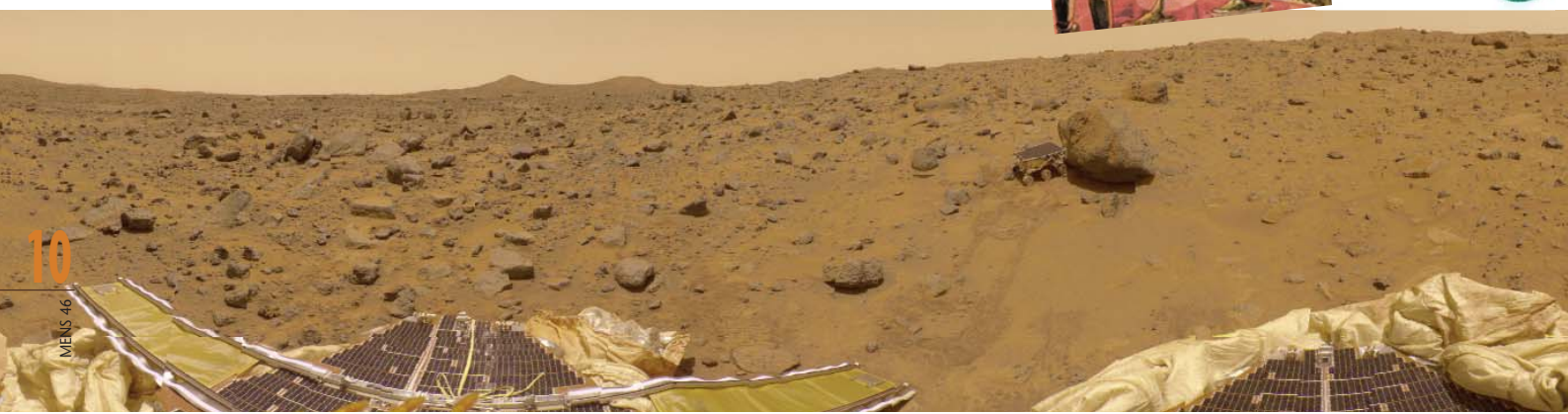
Détail piquant : les missions vers Mars n'ont en fait pas une grande chance de réussir. À ce jour, près de la moitié des missions ont échoué. Par plaisanterie, les journalistes ont imputé cet échec à une sorte de vampire galactique qui engloutirait les engins spatiaux, le « *Great Galactic Ghoul* »...



Soyouz



Beagle 2



...un grand pas pour la physiologie humaine !

May the g force be with you !

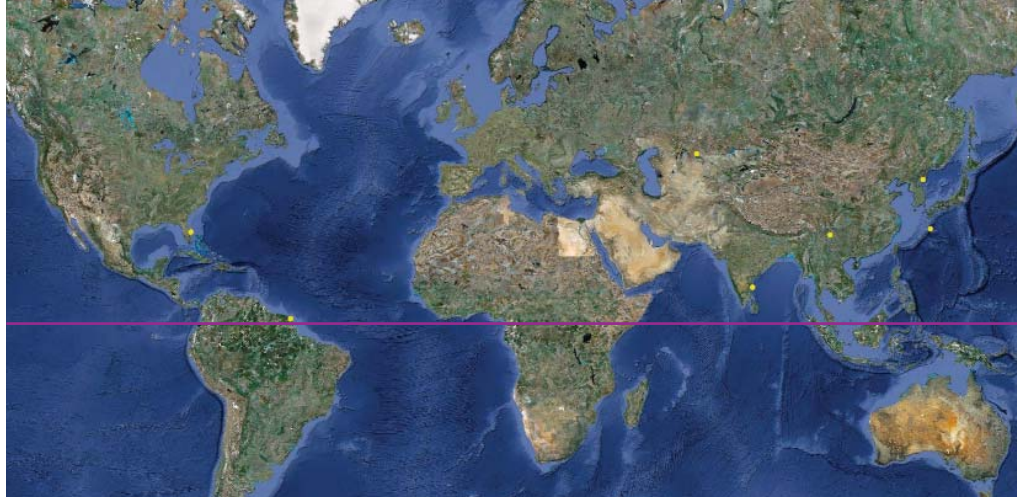
Bien. Partons donc en voyage d'agrément dans l'espace – même si un aller simple Terre-Mars prend déjà facilement douze mois. Avant de partir, nous devons être sûrs que vous êtes en mesure de prendre part à l'expédition. Espérons que vous ne souffrez pas de claustrophobie... les sept membres d'équipage d'une navette spatiale n'ont en effet pas beaucoup de place pour se dégorger les jambes (pour autant que ceci ait un sens en état d'apesanteur) et les trois occupants d'un Soyouz ne disposent comme « champ d'action » que de deux sphères d'un diamètre d'un peu plus de 2 mètres.

Sur le plan physique aussi, il s'agit d'être en forme et en bonne santé. L'énorme accélération de la fusée exerce sur notre corps des forces importantes qui s'expriment en multiples de la gravité terrestre (g). La plus grande force g mesurée lors du lancement d'une navette spatiale est de plus ou moins 3g (environ 4g dans le cas d'un Soyouz). C'est comme si les astronautes supportaient trois ou quatre fois leur propre poids. La quantité exacte qu'un homme peut supporter n'est pas encore bien définie mais une bonne condition fait des miracles. Les aspirants astronautes doivent par conséquent suivre un entraînement intensif pendant vingt mois : pour se familiariser avec les engins spatiaux, les situations à risque, le matériel scientifique mais aussi pour préparer leur corps de manière optimale !

Il faut en outre apprendre à travailler dans des environnements où la gravité est plus faible, voire inexistante. Le moindre mouvement effectué à bord d'une navette spatiale résulte en une force opposée, ce qui n'est pas évident pour travailler ni pour vivre. Vous n'échapperez donc pas aux séances d'entraînement – notamment déambuler sur le sol d'une piscine revêtu d'une pesante combinaison spatiale.

La nausée en apesanteur

Dès que la fusée se trouve dans la bonne trajectoire, elle n'a plus besoin de propulsion et continue à se déplacer selon la loi de l'inertie. Selon cette loi, un objet sur lequel aucune force n'agit est au repos ou continue à se déplacer en ligne droite. Un nouveau problème se pose alors : comme la fusée n'est plus soumise à l'attraction terrestre, il n'y a plus de force de gravité et ses occupants se trouvent en état d'apesanteur. Les conséquences sur le corps humain sont également très importantes. Votre organe de l'équilibre, par exemple, est perturbé et vous souffrez du mal des transports comme certaines personnes voyageant en voiture ou en bateau.



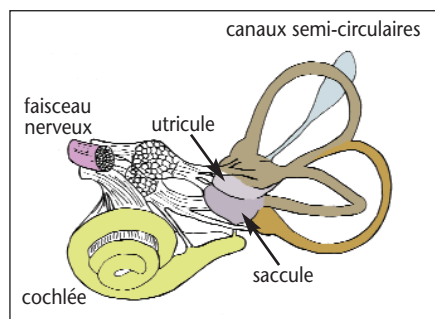
Afin qu'une fusée spatiale gagne davantage de vitesse lors de son lancement, la plupart des bases de lancement sont installées à l'Équateur ou à proximité. Les endroits situés près de l'Équateur ont en effet une plus grande vitesse de rotation (autour de l'axe de la Terre) que ceux se trouvant davantage vers les pôles, et cette vitesse de rotation accrue donne un coup de pouce aux navettes spatiales lors de leur décollage.

Les astronautes sont donc sélectionnés en premier lieu en fonction de leur sensibilité au mal des transports. Malgré tous les entraînements et la sélection, chaque astronaute souffre encore pendant sa mission du mal de l'espace. Dans ce cas, les médicaments contre le mal de mer et le mal des transports peuvent heureusement apporter un soulagement.

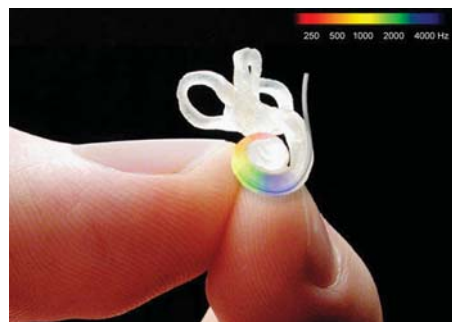
Autre problème plus important, vos muscles et vos os ne perçoivent plus aucune résistance induite par la gravité. Ceci peut entraîner une ostéoporose (décalkification osseuse) et une atrophie musculaire (diminution de la masse musculaire). Après un séjour de 6 mois dans l'espace, les muscles peuvent s'affaiblir de 15 à 25%, ce qui correspond à la différence entre les muscles d'un homme de vingt ans et ceux d'un octogénaire. Lors du retour sur Terre (ou de l'atterrissage sur une autre planète), les muscles peuvent être sérieusement endommagés parce qu'ils sont brusquement soumis à nouveau à la pression. Ce n'est pas tellement un problème lorsqu'une équipe médicale est à disposition, mais c'est tout de même un obstacle important pour atterrir sur Mars.

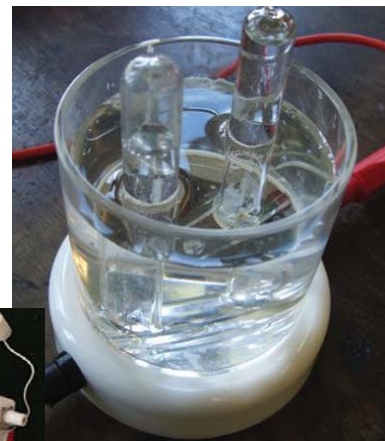
Le principal muscle de notre corps est évidemment le cœur. À l'International Space Station (ISS), les astronautes étudient les effets sur notre cœur d'un séjour prolongé dans l'espace. Des appareils spéciaux sont installés dans la navette spatiale afin de pouvoir réaliser des exercices de musculation en état d'apesanteur. Si vous pensez que le dur entraînement suivi sur Terre est suffisant, détrompez-vous. Pour contrer la décalcification osseuse, vous devrez effectuer pendant votre voyage de la gymnastique vibratoire : des exercices sur une plateforme vibrante qui mettent les os sous pression et les poussent à poursuivre leur développement.

Au cours des premiers jours à bord de la navette spatiale, vous remarquerez peut-être que votre visage commence à enfler. C'est dû au fait que le liquide présent dans vos jambes se retire de celles-ci suite à l'absence de gravité, car c'est normalement la gravité qui maintient ce liquide vers le bas. Vos organes commencent aussi légèrement à changer de place. Et pour finir, l'apesanteur exercera un effet sur la réplique de votre ADN. Nous ne disposons pas encore d'énormément de connaissances sur les effets à long terme.



Les organes de l'équilibre (un dans chaque oreille interne) nous aident à maintenir notre équilibre et à faire la différence entre le haut et le bas. Ils stabilisent aussi notre regard lorsque nous sommes en mouvement. Chacun de ces organes se compose de trois canaux perpendiculaires les uns par rapport aux autres (les canaux semi-circulaires) dont deux protubérances sphériques (le saccule et l'utricule, les organes dit otolithiques). Chacune de ces protubérances comprend un otolithe, une petite concrétion calcaire, qui bouge sous l'influence de la gravité ou des accélérations. L'utricule enregistre principalement la gravité et les accélérations dans le sens horizontal, le saccule mesure essentiellement les accélérations ascendantes et descendantes. Étant donné qu'ils ne sont plus soumis à la gravité, les astronautes sont privés d'une partie de ces informations, ce qui se traduit par une sensation de désorientation.





Programme expérimental de l'ESA

de l'apesanteur étant donné que nous ne pouvons pas du tout la simuler sur Terre. Un voyage vers Mars devrait élargir considérablement nos connaissances sur les effets d'un séjour prolongé en état d'apesanteur... mais ces connaissances sont en fait indispensables dès à présent pour pouvoir estimer les dangers d'un tel séjour.

« Pouvez-vous m'indiquer les toilettes ? »

En cours de route, vous devrez naturellement aussi boire, manger, dormir, prendre une douche, aller aux toilettes, ... Ici aussi l'apesanteur pose des problèmes. En théorie, vous pouvez dormir n'importe où dans la navette... mais vous devrez vous attacher solidement. Ce n'est pas très drôle de se réveiller à l'autre bout de la pièce le corps couvert de bleus. Sans la gravité, on perd rapidement tout sens de l'orientation. Vous pouvez donc tout aussi bien dormir ou manger la tête en bas. L'ISS a par exemple prévu des couchettes dans des niches spéciales avec sac de couchage suspendu. Souvent les astronautes sont incommodés par le bruit de tout le matériel environnant, ils portent alors des boules Quies ou équipent les appareils de silencieux. Il n'y a également pas de cycle jour-nuit comme sur Terre. C'est donc le centre de contrôle qui régit l'alternance sommeil-veille en diffusant de la musique (souvent à la demande des familles ou des amis) ou par un réveil-matin ordinaire.

Avant votre départ, vous pouvez préparer votre trousse de toilette qui sera fixée à une des parois de la capsule spatiale. Pour vous laver les cheveux, vous utiliserez un shampoing spécial qui ne demande pas d'eau. Ce type de shampoing a été élaboré à l'origine pour les patients hospitalisés qui ne peuvent pas prendre de douche et il révèle désormais toute son utilité dans l'espace. En outre,

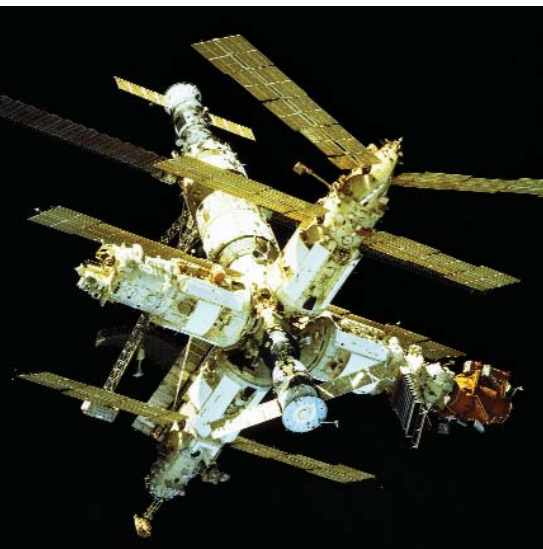
prendre véritablement une douche n'est pas possible à moins qu'un système d'évacuation de l'eau ne soit prévu. Souvent les astronautes se lavent simplement à l'aide de linge ou d'éponges humides. Ce n'est également pas évident d'aller à la toilette lorsqu'il faut s'attacher pour rester en place et que tout est aspiré vers un réservoir à ordures. A l'heure actuelle, de nombreuses organisations spatiales mènent des recherches intensives sur le développement d'un système de recyclage des liquides et de l'air. Un tel système transforme la sueur et l'urine des astronautes en eau potable. On espère que cette machine pourvoira à environ 65% des besoins. L'oxygène pourrait également être récupéré à partir de cette eau recyclée qui serait décomposée en hydrogène et en oxygène gazeux (voir aussi le n° 37 de MENS).

Prendre un repas à bord d'un engin spatial relève aussi du défi. Les premiers astronautes ont dû faire office de cobayes en consommant des barres prêtes à croquer, des aliments en poudre, des repas semi-liquides en tubes et des produits lyophilisés. Ce n'est qu'à partir des vols habités d'Apollo (1968 – 1972) que les voyageurs de l'espace ont pu disposer d'eau chaude qui améliora considérablement le goût et la texture de la nourriture. Les boissons sont aussi prévues sous forme de poudres et peuvent être bues normalement après hydratation. Aujourd'hui, les astronautes ont parfois l'opportunité de composer eux-mêmes leur menu mais un diététicien vérifiera toujours leur choix pour s'assurer qu'ils prennent tous les nutriments nécessaires. Quelques mois avant le départ, vous pourrez déjà faire connaissance avec les différentes possibilités à bord. Vous devrez communiquer votre choix certainement cinq mois avant le lancement.

En grève dans l'espace

Comme si tout cela ne suffisait pas, vous allez vous retrouver, vous et vos compagnons de voyage, confinés dans un espace réduit pendant tout le voyage. Il vous faudra être très bien organisés pour établir des points de repère et éviter toute discussion quant à savoir qui doit faire quoi et à quel moment. Ce scénario a connu lui aussi une évolution. Ainsi, aux débuts de Mir, les astronautes travaillaient avec un programme qui prévoyait ce qu'il y avait lieu de faire à la minute près. Celui-ci a vite été abandonné parce qu'il engendrait une charge de travail énorme et suscitait stress et tensions. En 1973, un gros différend sur la charge de travail et le programme opposa même les membres d'équipage du Skylab à l'équipe au sol et l'on assista à la première grève de vingt-quatre heures dans l'espace. Un exemple extrême est celui des cosmonautes Valentin Lebedev et Anatoly Berezovoi qui ont vécu 211 jours ensemble dans l'espace, ont atterri en 1982 et ne se sont plus adressés la parole depuis. On soupçonne que trois missions Soyuz ont été interrompues prématurément en raison des tensions existant entre les membres d'équipage.

En plus d'être incommodé par vos compagnons de voyage, vous risquez aussi de traverser des moments de nostalgie, de mélancolie ou d'ennui. Plusieurs solutions ont déjà été envisagées. Des (vidéo) conférences sont régulièrement organisées avec vos amis et votre famille pour vous tenir au courant du train-train quotidien sur la Terre. Lors de la mission *Saliout 7*, les astronautes cultivaient même leur propre petit potager avec des oignons et du persil. Ils ne pouvaient pas les utiliser tels quels pour leur nourriture mais ils pouvaient de cette façon tromper leur ennui. D'autres jouent aux échecs



L'International Space Station - ISS

avec l'équipe au sol et entre eux ou bien font leurs séances d'entraînement ensemble. Selon le cosmonaute Valery Ryumin, « s'entraîner sur terre était un plaisir, mais dans l'espace nous devons nous forcer. Car c'était non seulement lourd et fatigant mais aussi ennuyeux et monotone. » Lorsque les astronautes n'en peuvent plus, une période de repos – parfois une journée entière – est insérée dans le programme car mieux vaut un petit retard sur le programme qu'un astronaute dépressif.

Bienvenue au paradis martien

De l'oxygène pur à pleins poumons

Dès que vous aurez atterri, vous voudrez bien entendu explorer la planète au plus vite. Mais ici aussi plusieurs dangers vous guettent. Comme expliqué ci-avant, Mars n'est pas protégée contre les effets du vent solaire. Vous devrez par conséquent vous équiper d'une combinaison de protection et un abri appelé « storm-shelter » a été conçu à l'intérieur de la navette pour offrir une protection totale même si le matériel électronique venait à rendre l'âme. Pour limiter les dangers du rayonnement, les astronautes doivent avaler des compléments de vitamines A et C. Ils peuvent aussi être atteints de la maladie de décompression (bien connue des plongeurs) qui survient en raison de la faible pression atmosphérique sur Mars. Les astronautes doivent donc toujours bien se préparer aux Extra Vehicular Activities (EVA), tant dans l'espace qu'à la surface d'une planète. Ce jour-là, l'entraînement est intensif, jusqu'à 10 minutes avant de débarquer, et ils respirent de l'oxygène pur pendant environ 2 heures. Une mauvaise préparation peut entraîner des douleurs articulaires et des éruptions cutanées car l'azote normalement dissous dans le sang forme des



Biosphère 2 se compose de six zones, dont cinq ressemblent aux biotopes naturels : 1900 m² de forêt tropicale, 850 m² d'océans et de coraux, 450 m² de mangrove, 1300 m² de savane, 1400 m² de désert et 2500 m² de terres cultivables. Sa construction nécessita 1 500 000 litres d'eau douce, 3 800 000 litres d'eau salée et 17 000 m³ de terre. Les plantes devaient se charger de la production d'oxygène ; des micro-organismes, des insectes et d'autres animaux servaient à la fécondation des plantes ainsi qu'au recyclage des matières organiques. Le complexe vitré fut fermé hermétiquement de manière à empêcher tout échange avec l'environnement extérieur.

bulles suite à la diminution rapide de la pression.

Biosphère : avant-goût d'une villégiature sur Mars ?

Il n'y a pas que les voyages spatiaux qui nous apprennent comment survivre dans l'espace. Des expériences sont également menées sur Terre pour simuler la vie dans un écosystème étranger. Une expérience cruciale du nom de Biosphère 2 a été réalisée dans les années 90 au beau milieu du désert de l'Arizona. Elle a été lancée à l'initiative du magnat du pétrole Edward Bass qui avait dans l'idée de coloniser la Lune ou la planète Mars.

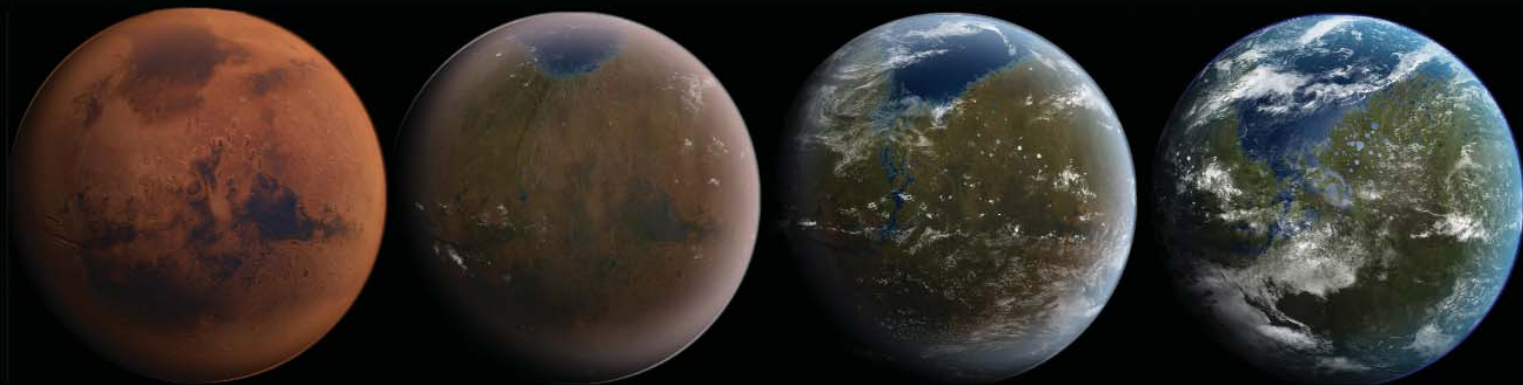
Biosphère 2 ressemblait à une serre gigantesque mais c'était en fait un écosystème clos minutieusement élaboré et (presque) parfait – comme un modèle réduit de la Terre (Biosphère 1). Le projet a été mis sur pied pour voir s'il était possible pour des êtres humains de survivre dans un système clos et quels seraient les problèmes qui en découleraient. Deux aspects étaient importants : d'une part, il fallait créer un environnement reproduisant aussi fidèlement que possible la nature. D'autre part, un petit groupe d'individus devait apprendre à coopérer pour survivre.

La première expérience eut lieu le 26 septembre 1991 et devait durer 2 ans. L'équipe se composait de 8 personnes (quatre femmes et quatre hommes, dont l'Anversois Mark Van Thillo). Ensemble, ils réussirent à subvenir à 83% de leurs besoins en cultivant des bananes, des papayes, des pommes de terre, des betteraves, des haricots, du riz et des

céréales. Les protéines animales étaient obtenues par l'élevage de poules, de chèvres et de cochons et la culture de poissons. Après l'expérience, des tests médicaux révélèrent que la santé de chacun s'était nettement améliorée, que leur taux de cholestérol et leur tension artérielle avait diminué et que leur système immunitaire et leur métabolisme s'étaient développés. Seul point négatif cependant, ils ne parvinrent pas à vivre ensemble en harmonie pendant 2 ans. A la moitié du projet déjà, le groupe s'était séparé en deux camps rivaux. De plus, le niveau d'oxygène diminuait et les taux de CO₂ fluctuaient beaucoup à cause de la présence de bactéries et de réactions chimiques avec le béton. Les occupants humains mais aussi les animaux et les plantes éprouvèrent des difficultés à supporter cette situation. Certains animaux moururent en grand nombre, notamment parmi les insectes, mais d'autres – comme l'acarien rouge – proliférèrent au contraire au point de créer de véritables fléaux.

Après plusieurs améliorations, une deuxième tentative vit le jour en 1994. Cette fois, sept personnes devaient occuper la serre pendant dix mois. Le projet fut cependant interrompu après six mois. Non seulement les esprits s'échauffaient entre les membres mais une partie de la mission fut sabotée par deux membres du premier groupe. Depuis lors, le complexe est utilisé notamment pour étudier les effets du changement climatique sur les écosystèmes.

Si c'était possible, nous pourrions construire une sorte de complexe Biosphère 2 sur Mars pour y vivre. Mais au vu de



Aspect que pourrait prendre Mars après un processus de « terraforming »

l'ensemble des problèmes et des tensions liés à cette expérience, il faudra encore beaucoup d'études avant que nous puissions préparer nos valises.

Terraforming et autres récits de science-fiction

Il existe encore d'autres moyens qui nous permettraient de survivre sur Mars. Les scientifiques envisagent la possibilité de modeler la planète et son atmosphère selon nos souhaits. On parle d'ingénierie planétaire (*planetary engineering*). La géo-ingénierie (*geo-engineering*) concerne l'étude des possibilités de modification délibérée de la Terre, par exemple pour contrecarrer le réchauffement climatique. Le terraforming (autrement dit : la conception d'une nouvelle Terre), est un concept consistant à adapter une planète étrangère de telle manière que la vie telle que nous la connaissons puisse y prospérer.

Le terraforming de Mars nous pose déjà de nombreux défis complexes. Ainsi, il faut que la température augmente considérablement et que l'atmosphère soit beaucoup plus dense pour stabiliser cette température accrue. Il faut également pouvoir disposer d'eau liquide et l'atmosphère doit suffisamment protéger la surface contre les rayons UV et le vent solaire.

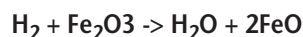
Pour y parvenir, divers projets ont déjà été présentés, tous plus ou moins tirés par les cheveux... James Lovelock (inventeur de l'hypothèse Gaïa) et Christopher McKay (planétologue à la NASA) veulent par exemple libérer dans l'atmosphère martienne de puissants gaz à effets de serre tels que les chlorofluorocarbones (CFC). Ces gaz pourraient être acheminés depuis la Terre ou être produits sur place par de petites usines. La consommation

totale en énergie de ces usines devrait s'approcher de celle de la ville de Boston.

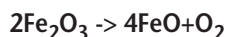
Freeman Dyson (physicien américain) propose de transporter sur Mars la glace des astéroïdes ou des lunes glacées de Saturne. Rien que ça... Cette glace devrait ensuite sublimer, il y aurait donc plus d'eau dans l'atmosphère et donc davantage de chaleur serait conservée (pensons par exemple à l'effet de serre sur Terre, voir MENS 36).

Carl Sagan (astronome américain) a proposé de recouvrir une des calottes glaciaires d'un matériau sombre (comme le carbone) pour faire diminuer son albédo (la réflexion de la lumière solaire) et ainsi retenir davantage la chaleur du soleil. Mais cette opération nécessiterait au moins six millions de tonnes de carbone... et donc six millions de voyages vers Mars pour y transporter cette cargaison.

Robert Zubrin (président de la Mars Society) suggère que la lumière du soleil soit réfléchi au moyen de miroirs en vue de réchauffer la planète. Une expérience de ce type sur Terre – réalisée par les Russes – a cependant échoué. Une idée encore plus insolite est de réduire l'hématite (Fe_2O_3) du sol à l'aide de méthane ou d'hydrogène pour former du CO_2 et/ou de l'eau.



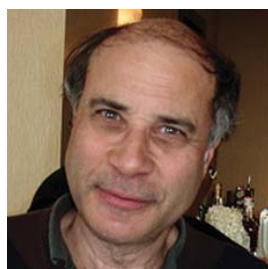
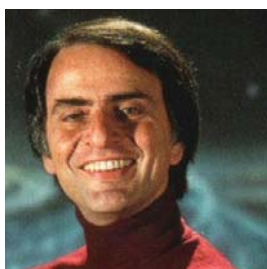
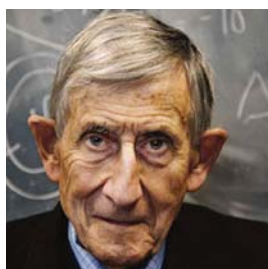
En chauffant l'hématite, nous pouvons d'ailleurs également la décomposer (entre autres) en oxygène.



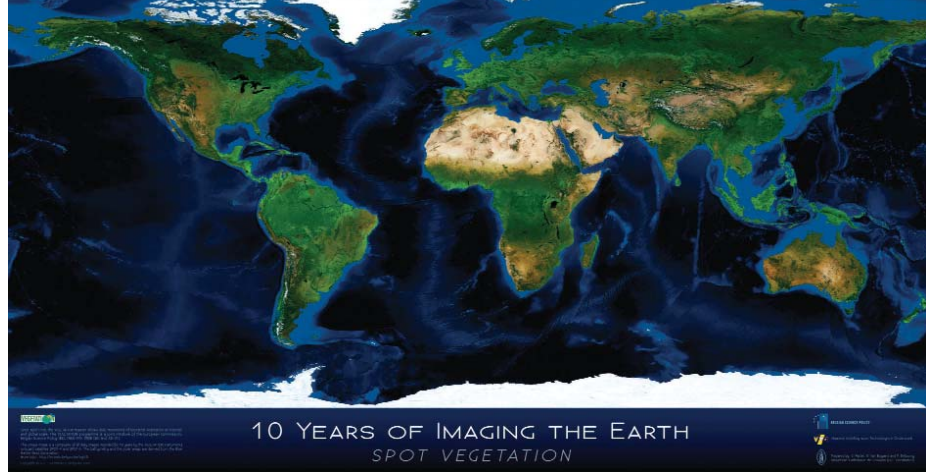
L'imagination des « terraformateurs » potentiels ne connaît aucune limite. Certains veulent dévier les astéroïdes

d'ammonium de leur orbite pour qu'ils entrent en collision avec la planète et libèrent leur charge en gaz à effet de serre. L'impact dégagerait en même temps beaucoup de chaleur et une partie de l'eau pourrait ainsi s'évaporer. D'autres veulent bombarder Mars avec des bombes à hydrogène, ce qui nécessite un nombre gigantesque de bombes avant que l'effet puisse être visible. Mais dans tous ces plans, l'atmosphère resterait toujours trop ténue et la pression atmosphérique trop basse pour obtenir de l'eau liquide.

Si l'on veut tout de même réussir à long terme à modifier suffisamment les conditions de Mars, la prochaine étape consistera à introduire sur la planète des algues et des bactéries. Pour ce faire, nous choisirons sans doute des espèces capables de survivre pour l'instant dans des conditions rigoureuses comme en Antarctique. Ces espèces devraient introduire dans l'air davantage d'oxygène mais surtout abaisser l'albédo (le degré de réflexion de la lumière solaire) en donnant une coloration plus foncée à la surface. De tels organismes sont la cause principale de l'augmentation de la teneur en oxygène de l'atmosphère terrestre et ils devraient reproduire ce même phénomène sur Mars. Mais attention, ce processus durera au minimum des siècles. Son coût ne sera pas non plus des moindres car il se chiffrera non seulement en matériaux et en lancements mais certainement aussi en pertes de vies humaines. En d'autres termes, ce n'est certainement pas au cours du prochain siècle que nous nous allongerons en toute insouciance en short et T-shirt sur Mars pour lire cette brochure.



Lovelock (1919) – McKay (1956?) – Freeman Dyson (1923) – Carl Sagan (1934-1996) – Robert Zubrin (1952)



Mosaïque de tous les clichés quotidiens du programme VEGETATION enregistrés au cours des 10 dernières années (1998 – 2008)
© UCL-Geomatics (Belgique) 2008

VITO veille au grain

Vous sentez-vous titillé par ce numéro de MENS au point de vouloir contempler l'univers et participer à la conquête de l'espace ? Malheureusement, peu de personnes ont actuellement l'opportunité de parcourir le cosmos. Il existe heureusement d'autres façons de consacrer votre carrière à l'espace, aux satellites et à l'observation de la Terre. Comment le cycle végétal évolue-t-il à l'échelle planétaire ? Quelles sont les conséquences des incendies de forêt ? Quelle est l'évolution des productions agricoles ? Comment les régions boisées assimilent-elles le dioxyde de carbone dans l'atmosphère ? Quelles sont les influences du changement climatique sur la végétation de notre planète ? La navigation spatiale nous aide à mieux comprendre ces phénomènes...

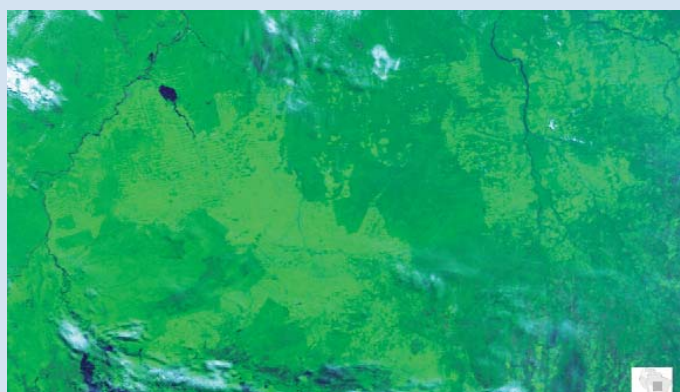
Le VITO, institut de recherche technologique en Flandre, a lancé le projet VEGETATION. Il s'agit d'un programme de coopération entre la Belgique, la France, la Suède, l'Italie et la Commission européenne visant à étudier la végétation de la Terre depuis l'espace. Il comprend deux instruments en orbite autour de la Terre et un élément au sol. Le premier instrument se trouve à bord du satellite SPOT 4, lancé le 24 mars 1991. Le second est entré dans l'espace à bord de SPOT 5 le 3 mai 2002. Le cœur du projet est un radiomètre spécialement élaboré pour suivre l'évolution de la végétation. Un radiomètre est un récepteur recevant et mesurant l'énergie du rayonnement électromagnétique émis, par exemple, par la surface terrestre, la glace ou les nuages. Chaque surface émet un rayonnement d'une longueur d'onde bien déterminée en fonction de sa nature et de sa situation. Ces informations permettent de (re)constituer les « prises de vues » de la végétation naturelle, des plantes cultivables et

des forêts notamment. C'est ce que l'on appelle le *remote sensing* (littéralement « la perception à distance »).

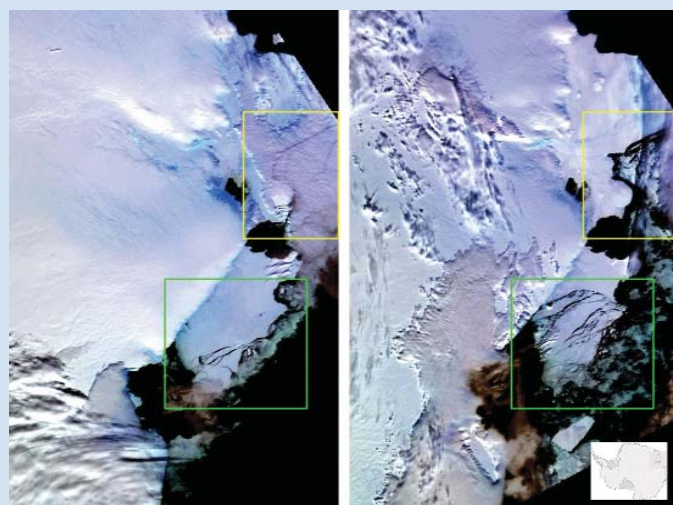
Ce radiomètre est sensible au rayonnement en quatre bandes spectrales : bleu (en longueurs d'ondes de 430 à 470 nanomètres), rouge (de 610 à 680 nm), infrarouge proche (780 nm à 890 nm) et infrarouge moyen (1,58 à 1,75 micromètre). Le rouge et l'infrarouge proche en particulier conviennent pour décrire la photosynthèse de la végétation, tandis que l'infrarouge moyen perçoit l'humidité du sol et de la végétation. Le canal « bleu » est destiné à exécuter des corrections atmosphériques.

Les programmes de recherche Monitoring of Agriculture with Remote Sensing (en abrégé MARS – justement) et Global Monitoring for Food Security permettent de suivre depuis l'espace la production de l'agriculture européenne et africaine, respectivement. Les chercheurs de VITO ont également testé s'ils pouvaient prédire la production annuelle de vin au Portugal en se basant sur des données satellites. Ce fut un succès incontestable pour certaines régions (plus particulièrement pour la région autour du Douro). Un des points forts de VEGETATION réside cependant dans ses riches archives compilant dix ans d'observation ininterrompue de la végétation mondiale, ses modifications au fil des saisons et des catastrophes naturelles et l'influence du réchauffement global de la planète. Dans le cadre de l'observation globale de notre environnement, il est primordial que ces mesures se poursuivent au cours des prochaines années. Vers 2013, VITO espère par ailleurs envoyer une prochaine sonde dans l'espace, Sentinel 3.

(Bron: Belspo, Science Connection nr. 24, "Vegetation: De groene planeet. 10 jaar in het vizier", december 2008.
http://www.belspo.be/belspo/home/publ/science_nl.stm)



Déforestation au Brésil, cliché pris le 26 mai 2007 dans le cadre du programme VEGETATION 2. Chaque trait sur l'image correspond à 1 km², vous pouvez voir que la déforestation couvre un énorme territoire.
© CNES 2007 – distribution par VITO



Les chercheurs suspectent depuis longtemps que le changement climatique exerce une influence profonde sur les glaces polaires. Voici un exemple de la fonte des glaces dans l'Antarctique. La photo à gauche date du 31 janvier 2005, celle de droite du 30 janvier 2006. © CNES – distribution par VITO

La science te passionne ?
Tu aimerais présenter tes idées sous la forme d'un projet concret ?
Tu as atteint le 3e degré de l'enseignement secondaire
(toutes catégories confondues) ?

Si la réponse est oui à toutes ces questions, surveille cette page car bientôt nous y annoncerons un passionnant concours scientifique à l'échelon national dont tu seras peut-être l'heureux/-se lauréat/e !

CONCOURS SCIENCES & JEUNESSE 2010

Que devras-tu faire ?

rédigier un projet argumenté sur un thème innovant de la science
 sur la base de ce projet, réaliser un bref exposé en Power Point que tu viendras présenter en personne devant un jury
 participer à un débat faisant suite aux exposés et y défendre énergiquement tes idées

Le jury sera constitué de représentants de l'industrie, d'enseignants, d'experts en communication et... de membres de la rédaction de MENS.

Lors de l'évaluation des projets, il sera tenu compte de l'orientation d'étude des participants (général, technique, professionnel,...). Le jury sélectionnera 6 finalistes qui pourront venir présenter leur projet.

Nous n'en dirons pas plus pour l'instant mais d'autres détails suivront prochainement, tiens-toi prêt et réfléchis déjà aux thèmes que tu souhaiterais présenter !



Astronaute pour un jour !

As-tu l'ambition d'explorer l'espace ? Alors viens tester tes capacités d'astronaute à l'European Space Center au cœur de la Wallonie, plus précisément à Transinne (province du Luxembourg).

Tu peux t'adresser à ce centre non seulement pour obtenir des informations sur les voyages spatiaux et l'astronomie, mais aussi pour participer à des stages de navigation spatiale, à des « Classes de l'Espace », à des trainings d'astronaute et à des simulations de mission. Tu y feras l'expérience concrète du confinement dans le cockpit d'une navette spatiale, tu apprendras à déambuler sur la lune, tu tournoieras sur un siège multiaxial et tu organiseras ton propre lancement de fusée. Bref, un séjour passionnant qui en vaut vraiment la peine !

Plus d'infos ? www.eurospacecenter.be



Réservation pour les écoles :
 Ligne directe : +32.61/65 01 33 of 34
 E-mail : booking@eurospacecenter.be
 Fax : +32.61/65 64 61

"MENS" à venir : 46

LA PISTE A SUIVRE

Un regard sur la science
 médico-légale



"MENS" en rétrospective : www.biomens.eu

- | | |
|--|---|
| 16 Développement durable : de la parole aux actes | 30 Des souris et des rats, petits soucis et grands tracas |
| 17 La montée en puissance de l'allergie | 31 Illusions à vendre |
| 18 Les femmes et la science | 32 La cigarette (ou) la vie |
| 19 Viande labellisée, viande sûre ! ? | 33 La grippe, un tueur aux aguets ? |
| 20 Le recyclage des plastiques | 34 Vaccination : bouée de sauvetage ou mirage ? |
| 21 La sécurité alimentaire, une histoire complexe. | 35 De l'énergie à foison |
| 22 Le climat dans l'embarras | 36 Un petit degré de plus. Quo vadis, la Terre? |
| 23 Au-delà des limites de la VUE | 37 L'énergie en point de mire |
| 24 Biodiversité, l'homme fauteur de troubles | 38 TDAH, lorsque le chaos domine |
| 25 La biomasse : L'or vert du 21ème siècle | 39 Une société durable... plastiques admis |
| 26 La nourriture des dieux : le chocolat | 40 Aspects d'évolution - Darwin |
| 27 Jouer avec les atomes : la nanotechnologie | 41 Les maladies sexuellement transmissibles |
| 28 L'or bleu : un trésor exceptionnel ! | 42 La Chimie Verte |
| 29 Animal heureux, homme heureux | 43 Espèces invasives |
| | 44 Le cerveau |

