

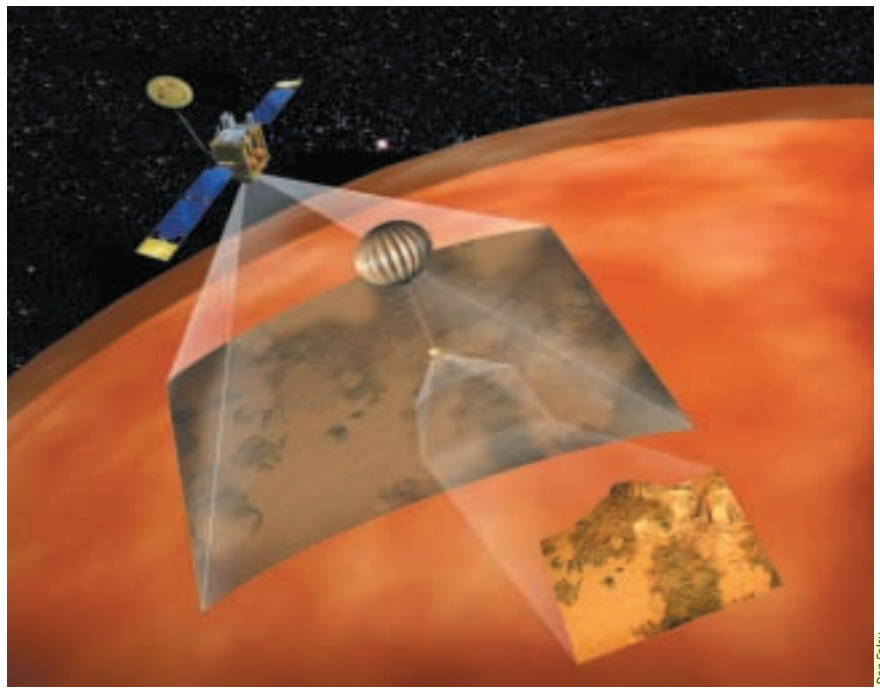
L'exploration en ballon d'autres planètes

Les équipes du projet ULDB prévoient de réutiliser le savoir-faire obtenu pour l'exploration ultérieure d'autres planètes. Six planètes ont une atmosphère qui supporterait des ballons : Mars, Vénus, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune ; Titan, l'une des neuf lunes de Saturne, pourrait également être exploré par ce moyen. Toutefois les difficultés sont particulières dans chaque cas. Les planétologues espèrent que des ballons pourront servir de plates-formes peu coûteuses pour étudier la composition et la circulation de ces atmosphères, ainsi que pour observer la surface des planètes. Ils peuvent également servir de plates-formes de lancement de drones d'exploration : certains prélèveraient des échantillons qui seraient ensuite rapportés sur la Terre, où ils seraient analysés.

L'atmosphère de Mars sera sans doute la première que l'on explorera ainsi. La densité atmosphérique au sol est voisine de celle de la stratosphère terrestre. Aussi, un ballon évoluant à quelques kilomètres seulement au-dessus de la surface de Mars doit être pressurisé.

Quel est l'intérêt d'un ballon par rapport aux autres moyens d'exploration : satellites en orbite, capsules d'atterrissage ou robots de type *Pathfinder*? Un robot au sol n'explore qu'une petite partie de la surface de la planète, alors qu'un ballon peut aller bien plus loin et faire des observations beaucoup plus étendues. Bien que les ballons ne puissent pas emporter des instruments d'une portée globale équivalente à celle des capteurs des satellites, ils peuvent fournir des images bien plus précises de la surface de la planète et détecter des propriétés importantes de surface, telles l'intensité du champ magnétique ou la présence d'eau superficielle.

À la fin des années 1980, la France et la Russie ont collaboré pour envoyer un ballon vers Mars : ce dernier aurait emporté un système d'acquisition d'images et il aurait récupéré des échantillons et effectué des mesures au sol à l'aide d'instruments descendus au bout d'un câble. Les difficultés financières de la Russie firent annuler le projet en 1995, mais, deux ans plus tard, la NASA entreprit des recherches sur des techniques nécessaires pour envoyer vers Mars un ballon



5. UNE CAMÉRA embarquée dans un ballon observerait la surface d'une planète (ici, celle de Mars) de 10 000 fois plus près qu'une caméra embarquée sur un vaisseau spatial. Bien plus de détails seraient alors visibles.

beaucoup plus petit, ou aérobot (un aérostat robotique), en reprenant les résultats du Centre national d'études spatiales (CNES). De ce projet est né un système aérien léger, qui est entré en phase d'essais stratosphériques au printemps dernier.

Vénus, dont l'atmosphère est plus chaude et plus épaisse que celle de la Terre, a déjà été explorée par ballon. En 1985, l'Union soviétique, la France et les États-Unis ont déployé deux ballons à 54 kilomètres au-dessus de la surface de la planète. En 48 heures de vol, ces ballons ont parcouru chacun la moitié de la circonférence de la planète. Les instruments embarqués ont révélé l'existence de vents violents à haute altitude dans l'atmosphère, et mesuré la température et la pression atmosphériques.

Les ballons s'imposent pour l'étude de Vénus, car son atmosphère épaisse ne laisse passer que les ondes radio ou infrarouges ; de surcroît, les températures de la surface et les densités atmosphériques sont excessives pour que des robots et des capsules d'atterrissage fonctionnent plus de quelques heures. On envisage ainsi d'envoyer un «aérobot multisonde» qui évoluerait dans les couches supérieures de l'atmosphère vénusienne et qui enverrait plusieurs petites sondes sur la surface ; celles-ci prendraient des images à haute résolution et

recueilleraient des données spectroscopiques. Ce système est réalisable même avec les techniques actuelles, mais les planétologues préféreraient une mission plus ambitieuse, où un aérobot «à fluide réversible» ferait des descentes courtes et répétées de l'atmosphère supérieure froide jusqu'à la surface de Vénus, où la température atteint 460 degrés. Après avoir prélevé des échantillons, l'aérobot retournerait dans l'atmosphère supérieure, afin de refroidir ses instruments et ses équipements électroniques. La NASA a déjà mis au point certaines parties d'un tel système, telle une nacelle miniature qui résisterait aux températures élevées de la surface de Vénus et aux nuages d'acide sulfurique.

Deux équipes, l'une à la NASA et une autre à l'Agence spatiale européenne, cherchent à organiser une mission qui rapporterait un échantillon de sol vénusien sur la Terre. Toutes deux ont conclu que des ballons résistant aux hautes températures sont la clé de la réussite d'un tel projet. Les ballons descendraient un grappin qui remonterait ensuite des échantillons de roches et de sol, puis ils gagneraient une altitude d'environ 60 kilomètres, où l'atmosphère de la planète est suffisamment mince pour qu'on lance des fusées vers d'autres véhicules spatiaux qui récupérerait les échantillons et les rapporteraient sur la Terre.

Les ballons planétaires

Les ballons ont été inventés et lancés en France en 1783 : aussi bien les ballons à air chaud, dus aux frères Montgolfier, que les ballons à gaz dus à Jacques Charles. Toute la physique des ballons était ainsi inventée dès le XVIII^e siècle. Toute la physique... sauf les matériaux plastiques, introduits par Jacques Piccard à l'Université de Minnesota dans les années 1950 et qui ont donné une nouvelle vie au «plus léger que l'air».

Dès sa création en 1962, le Centre national d'études spatiales, en France, a compris l'importance des ballons pour la recherche scientifique, aussi bien pour étudier l'atmosphère terrestre que pour porter des expériences au-dessus de cette atmosphère, et il s'est établi comme le spécialiste unique de leur emploi en Europe.

En 1967, nous avons proposé à l'Académie des sciences d'URSS de les utiliser dans le programme d'exploration planétaire, en commençant par Vénus. Après de nombreuses péripéties, l'idée s'est incarnée en 1985 par le vol réussi de deux ballons dans l'atmosphère de Vénus. Ces petits aérostats de 3,5 mètres de diamètre, fabriqués en URSS, ont été les premiers véhicules mobiles sur une planète autre que la Terre : en 46 heures, ils ont parcouru chacun 13 000 kilomètres dans les nuages d'acide sulfurique à 54 kilomètres d'altitude. La nacelle de sept kilogrammes qu'ils portaient, également de fabrication soviétique, contenait des instruments qui ont mesuré les principaux paramètres de l'atmosphère et d'en envoyer la valeur jusqu'à un réseau international de 20 stations réparties sur la surface de la Terre. Cet exploit extraordinaire n'a pas reçu l'applaudissement qu'il méritait : est-ce parce que la NASA n'y était pour rien ? Puis l'URSS s'est détournée de Vénus pour consacrer son programme

planétaire à Mars. Nous avons alors proposé d'inclure des vols de ballons dans le programme martien franco-soviétique, et cette proposition a été acceptée.

Mars n'est cependant pas une planète où il soit facile de faire voler un ballon, parce que l'atmosphère est très peu dense, et aussi parce que sa température varie notablement, entre le jour et la nuit. Le jour elle est chaude, la pression dans le ballon est élevée et risque de le faire exploser. La nuit elle est froide, le ballon perd sa force ascensionnelle et tombe. D'où la solution élégante qui avait été proposée d'utiliser une *guide-rope*, c'est-à-dire l'équivalent d'une corde pendant sous la nacelle et qui, au cours de la nuit, repose en partie sur le sol, soulageant ainsi le ballon : c'est la solution classique pour stabiliser un ballon à basse altitude, inventée peu après... 1783.

Sur Mars nous espérons porter une charge utile de 28 kilogrammes sur une distance de 3 000 à 4 000 kilomètres pendant dix jours, obtenir ainsi de nombreuses images à très haute résolution, mesurer le champ magnétique, détecter la présence de glace souterraine et déterminer la constitution minéralogique du sol...

Dès 1993 il a paru nécessaire de s'éloigner du programme russe en perdition et d'essayer de convaincre la NASA que les ballons devraient tenir une grande place dans l'exploration martienne. Cette double démarche s'est révélée habile, puisque la Russie a effectivement abandonné son programme martien et que la NASA envisage aujourd'hui d'utiliser des ballons martiens, peut-être dès 2003. Moins ambitieux que les nôtres ils auraient peut-être une durée de vie plus courte et ne comporteraient pas de *guide-rope*. Ils n'en feront pas moins un bon travail.

Jacques BLAMONT, CNES Paris

Les planétologues voudraient également explorer Titan, le plus gros des satellites de Saturne, car il est le seul corps du Système solaire qui conserve peut-être des composés chimiques organiques prébiotiques. Des réactions photochimiques, dans son atmosphère, créent une brume orange de matières organiques qui a caché sa surface lorsque la sonde *Voyager* l'a survolé, dans les années 1980. On pense que Titan possède de vastes océans d'hydrocarbures, ainsi que des surfaces solides. Son atmosphère, principalement constituée d'azote, est quatre fois plus dense que celle de la Terre, mais beaucoup plus froide (elle est juste assez chaude pour rester gazeuse). Là encore, des ballons seraient des plateformes d'exploration idéales. Des aérostats envoyés sur Titan pourraient effectuer de nombreuses descentes vers la surface pour prendre des images de près, pour faire *in situ* des mesures, des composés prébiotiques qui ren-

seigneraient sur l'origine de la vie. Un jour, même, une mission en ballon pourrait contribuer à rapporter vers la Terre des échantillons prélevés à la surface de Titan.

Avant d'effectuer toutes les explorations spatiales envisagées, les ingénieurs spatiaux devront surmonter des difficultés variées. La recherche de nouveaux matériaux pour les ballons, essentielle dans la mise au point de l'ULDB, sera encore plus importante pour les missions de recherche planétaire. Réalisé dans un tissu plus résistant, un ballon allégé emporterait des charges utiles supérieures. Les enveloppes devront également résister à des environnements extrêmes, telle l'atmosphère de Vénus, chaude et chargée d'acide sulfurique. Les instruments scientifiques emportés par les ballons devront être encore miniaturisés. Enfin, on devra apprendre à commander les ballons en consommant moins d'énergie.

On devra également perfectionner le largage de ballons sur les planètes éloignées. Sur la Terre, les ballons s'élèvent à partir du sol, mais, dans l'espace, le processus est inversé. Les véhicules spatiaux libèrent des ballons emballés dans des capsules qui supportent l'entrée dans l'atmosphère. Les ballons s'ouvrent et se gonflent ensuite, pendant la descente vers la surface de la planète.

Quel que soit l'environnement où ils évoluent, les ballons sont des engins utiles et peu coûteux.

Steve Smith et James Cutts étudient les ballons au Centre spatial Goddard de la NASA.

Observatories Balloon, in *The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia*, pp. 494-503, Éditions Van Nostrand, 1992.

Jacques BLAMONT, *Vénus dévoilée*, Éditions Odile Jacob, 1987.
