

trois mois qui suivirent sa découverte. De nombreux instruments embarqués à bord de vaisseaux spatiaux modernes sont testés lors de missions en ballon.

Les ballons scientifiques actuels appartiennent en général à l'une des deux catégories suivantes : les ballons ouverts et les ballons pressurisés. La plupart des ballons de la NASA sont du premier type. Un ballon ouvert quitte le sol lorsqu'il est rempli d'une quantité d'hélium suffisante pour compenser son poids total, charge utile com-

prise. Pour qu'un ballon s'élève dans les airs, l'hélium doit créer une «force ascensionnelle libre», c'est-à-dire une force ascensionnelle supérieure au poids du ballon et de sa charge utile (cette force est déterminée par le principe d'Archimède : un objet immergé dans un fluide est soumis à une force égale au poids du volume de fluide déplacé). À mesure que le ballon s'élève, la densité atmosphérique diminue, et le volume de gaz à l'intérieur du ballon se dilate jusqu'à remplir entière-

ment son enveloppe. La pression est alors égale à l'intérieur et à l'extérieur de l'enveloppe du ballon, mais le ballon flotte parce que son poids est inférieur à celui du volume d'air déplacé. Lorsque l'altitude désirée de 36 à 40 kilomètres est atteinte, en général en deux ou trois heures, l'excédent de gaz s'échappe par des manches d'évacuation, à la base du ballon, pour le stabiliser et éviter la rupture de la mince enveloppe en polyéthylène. Le ballon évacuant une certaine quantité de son



1. UN BALLON stationnant pendant une centaine de jours dans les couches supérieures de la stratosphère permettra d'observer l'Univers à moindres frais.

National Aeronautics and Space Administration

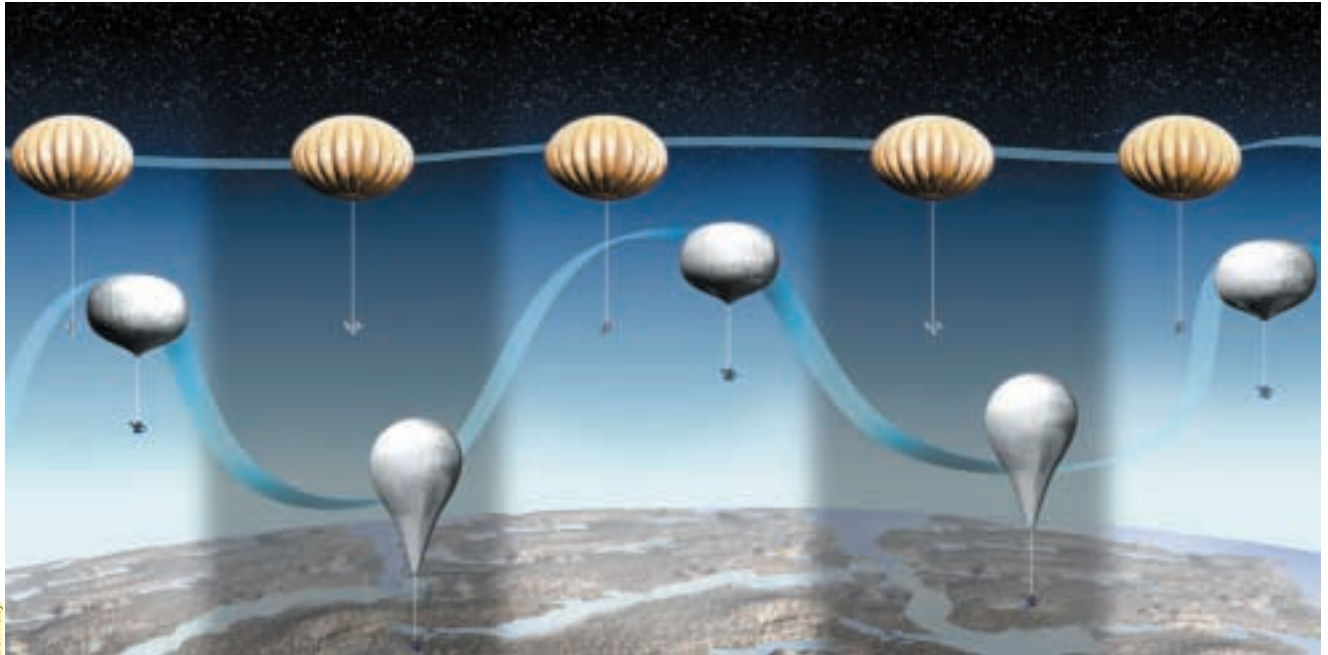
gaz dans l'atmosphère, il est dit «ouvert» sur l'atmosphère.

Pendant la journée, une partie du gaz chauffé par le Soleil est évacuée ; mais, lorsque vient la nuit, le gaz se refroidit, se contracte, et le ballon commence à descendre. Pour le maintenir

en altitude, on jette du lest (dont la quantité totale est comprise entre sept et dix pour cent de la masse totale du système). Le jour suivant, le même processus de réchauffement et de refroidissement se répète, de sorte que le nombre de jours qu'un ballon ouvert

peut tenir en l'air est limité par la quantité de lest qu'il emporte.

Les vols de ballons scientifiques ne durent en principe qu'un ou deux jours, il faut souvent de nombreux vols pour réaliser des expériences. Aussi préfère-t-on faire voler les ballons dans les



2. LES BALLONS PRESSURISÉS (en orange) ont une enveloppe résistante, qui conserve son volume malgré la dilatation des gaz, quand ceux-ci sont chauffés. Le ballon se maintient ainsi à la même altitude. Les ballons classiques, «ouverts», se dilatent durant le jour, quand ils

sont chauffés par le réchauffement solaire, et se contractent la nuit, de sorte qu'ils changent constamment d'altitude. Comme on compense ces variations en délestant les ballons ouverts, leur durée de vie est limitée par la quantité de lest qu'ils peuvent emporter.



3. LE DÉPLOIEMENT d'un ballon sur une planète éloignée nécessite sa libération à partir d'un véhicule spatial. Le ballon doit être emballé dans une capsule qui résiste à l'entrée dans l'atmosphère. Il s'ouvre et se gonfle durant la descente en parachute vers la surface

de la planète, puis remonte à son altitude de croisière. Les ballons du futur libéreront des sondes qui prélèveront des échantillons à la surface des planètes. Puis ces sondes seront remontées, et les échantillons seront renvoyés sur la Terre.

régions polaires, dans un jour ou une nuit très longs : en pratique, les ballons restent alors en l'air pendant deux à trois semaines.

Lorsqu'une expérience embarquée à bord d'un ballon est achevée, une commande transmise par radio sépare le ballon de sa charge utile, qui redescend en parachute pour être récupérée et, souvent, réutilisée. Le ballon est jeté quand il retombe ensuite.

Une durée de vol prolongée

Pour les vols de longue durée dans l'atmosphère terrestre, et pour les ballons interplanétaires, les chercheurs ont besoin de performances bien supérieures. Avec son projet ULDB, lancé en 1997, le Bureau des sciences spatiales de la NASA a voulu créer un ballon qui volera jusqu'à 100 jours au-dessus de 99 pour cent de l'atmosphère de la Terre. L'ULDB est un ballon pressurisé, ou ballon «fermé», qui n'évacue pas de gaz dans l'atmosphère comme les ballons classiques. Habituellement fabriqués en matériaux résistants, tel le polyester, les ballons pressurisés sont gonflés comme les ballons ouverts, puis ils sont scellés. Une fois qu'un ballon a atteint l'altitude désirée, la chaleur du Soleil fait augmenter la pression interne ; puis, la nuit, le gaz se refroidit et, de cette façon, le ballon reste plein et se maintient à une altitude constante, sans que l'on ait à le délester. Le ballon reste en l'air tant qu'il est imperméable aux molécules d'hélium ou d'hydrogène. On peut donc utiliser les ballons pressurisés pour des vols plus longs qu'avec les systèmes ouverts.

Au cours des vols de longue durée, les ballons volent dans des conditions variées : au-dessus des océans, des déserts ou des calottes polaires... Les matériaux dont ils sont constitués doivent être à la fois résistants et adaptables. Par exemple, ils doivent résister aux ruptures, aux déchirures et aux perforations, à la dégradation par les rayons ultraviolets. De petits ballons sphériques pressurisés dont l'enveloppe était un film de polyester ont volé jusqu'à plusieurs centaines de jours à basse altitude. Dans les années 1970, des ingénieurs ont cherché à construire des ballons plus gros, afin d'embarquer des charges utiles à très haute altitude, mais la faible résistance aux déchirures des films de polyester a limité les performances des ballons pressurisés.

Les responsables du projet ULDB ont calculé qu'un matériau composite réunissant les propriétés de plusieurs matériaux permettrait des vols de quelques mois. De nombreux matériaux ont été testés : des films, des tissus et des non-tissés (comme dans le papier, des fibres sont réunies par élimination d'un solvant), des tissus multicouches. Les matériaux étudiés étaient le polyester, le polyéthylène, le nylon, le polypropylène, le polyuréthane et des composites de ces divers matériaux. Le composite finalement retenu comprend trois couches : un tissu de polyester de haute ténacité fabriqué au Japon, un film de polyester et un film de polyéthylène. Le film de polyester bloque l'hélium ; le tissu en polyester confère au composite sa résistance ; le polyéthylène est imperméable au gaz, résiste aux perforations et accroît la soli-

dité de l'ensemble. Le tissu et le film en polyester résistent assez bien aux rayonnements ultraviolets. Les trois constituants sont assemblés par un liant léger qui compense les défauts de tissage et les défauts des trois couches. Le résultat final est un matériau d'une densité de 55 grammes par mètre carré, qui présente une résistance à la rupture de 2 600 newtons par mètre.

Toutefois les ingénieurs ont décidé qu'un nouveau matériau ne suffirait pas à allonger beaucoup les vols, dans des conditions difficiles et changeantes. Une nouvelle conception s'imposait. Se fondant sur des études effectuées au CNES, aux États-Unis et au Japon, les ingénieurs du projet ULDB ont préféré une forme de potiron à la classique forme sphérique de la plupart des ballons pressurisés. Les ballons sphériques sont soumis à des contraintes le long des



Jana Brenning



Avec l'amable autorisation de Raven Industries, Inc.

4. L'ENVELOPPE DU BALLON ULDB, dont le lancement est prévu en décembre 2001, est composée de trois couches (en haut). Le tissu en polyester confère la résistance ; le film de polyester empêche les fuites d'hélium ; enfin le film de polyéthylène accroît encore l'imperméabilité au gaz et la solidité. La photographie inférieure montre l'assemblage final d'un petit prototype qui sera construit comme le ballon ULDB et qui volera cette année.