

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.

Les zeppelins du XXI^e siècle

KLAUS HAGENLOCHER

Les nouveaux zeppelins ne pourront s'enflammer, comme l'ont fait les anciens appareils. Leur structure est perfectionnée, et leur manœuvrabilité est supérieure.



Le 5 août 1908, la ville allemande d'Echterdingen célèbre la mise en service d'un zeppelin. L'élégant dirigeable semble incarner les promesses d'un nouvel âge, mais la catastrophe est quasi immédiate : le soir du voyage inaugural, une rafale de vent arrache le vaisseau de son hangar ; l'hydrogène qui emplit l'enveloppe du zeppelin est la proie des flammes. Le dirigeable est entièrement détruit.

Inébranlable, le comte Ferdinand von Zeppelin continue à construire ses appareils jusqu'à ce que plus d'une centaine d'entre eux aient démontré leur

aptitude au vol. Toutefois, l'explosion catastrophique du *Hindenburg*, en 1937, dans le New Jersey, la survenue de la Seconde Guerre mondiale et l'avènement des avions à réaction font abandonner les zeppelins. Le public peut encore apercevoir des dirigeables, constitués d'un fuselage simple gonflé, lors d'événements sportifs, mais les zeppelins plus complexes, à structures internes rigides soutenant l'enveloppe emplie de gaz, disparaissent... jusqu'au 8 août 1998.

Ce jour là, 90 ans après l'accident d'Echterdingen, presque jour pour jour,

la ville accueille à nouveau un zeppelin dans son ciel. Bien que semblable à ses ancêtres disparus, le nouvel engin est d'une conception nouvelle. Nommé LZ N07, il allie la grâce des anciens dirigeables à la modernité des avions les plus récents.

Retour à la planche à dessin

La renaissance des zeppelins est due à deux directeurs de la société fondée par Ferdinand von Zeppelin, la *Luftschiffbau Zeppelin* : à la fin des



années 1980, la société était spécialisée dans la fabrication d'antennes de radar et dans la construction d'équipements électroniques variés. Toutefois ses directeurs, Max Mugler et Heinz Kollmann, pensent alors que des aérostats modernes pourraient être utilisés par la publicité, le tourisme ou la protection de l'environnement. Des ingénieurs et des chercheurs de plusieurs divisions sont regroupés en une petite équipe, soustraite aux influences extérieures, unie dans la poursuite d'un seul et même but : l'étude de zeppelins modernes

et l'évaluation de leur intérêt commercial.

Un examen des volumineuses archives de la Société *Luftschiffbau Zeppelin* guide les décisions en matière de conception. Inflammable, l'hydrogène est clairement à proscrire ; il sera remplacé par l'hélium, gaz ininflammable. De plus, nous pensons immédiatement que le dirigeable doit conserver une aptitude au vol même en cas de chute de pression dans l'enveloppe, et qu'aucun lest ne doit être jeté par dessus bord : un dirigeable délesté est plus léger, de sorte qu'il est sensible aux turbulences.

L'aérostat doit donc avoir une masse constante et stable.

Nous imposons également que le personnel nécessaire à la navigation soit plus réduit que celui des zeppelins de jadis : il fallait plus de 15 personnes pour attraper l'objet volant et le tirer vers le sol, lors de l'atterrissage. L'opération est pénible, parfois dangereuse, et les frais de personnel grèvent lourdement l'exploitation de l'engin. Nous voulons que le nouveau zeppelin vole avec un équipage de trois ou quatre personnes seulement. Enfin, pour intéresser

des clients, le nouveau zeppelin doit avoir des performances bien supérieures à celles des anciens dirigeables : il doit être plus rapide, capable de voler dans des conditions météorologiques plus difficiles, moins bruyant, et plus facile à piloter.

En 1990, le groupe d'étude achève la conception des nouveaux modèles. Avec l'accord de la direction, nous entreprenons alors la construction d'un petit prototype. Lorsque ce zeppelin de dix mètres de long passe les phases de qualification au vol, au printemps 1991, de nouveaux problèmes se posent, qui nécessitent d'autres recherches et la mise au point de nouvelles techniques aéronautiques.

Notamment nous devons apprendre à effectuer des calculs aujourd'hui classiques pour les avions : l'évaluation des forces aérodynamiques, la détermination des contraintes et la prévision de l'électronique embarquée, pour plusieurs types de modèles. Nous savons que l'informatique nous aidera à perfectionner considérablement la conception des zeppelins, mais nous manquons d'informations théoriques : depuis la fin des recherches sur les dirigeables, en 1940, aucun progrès scientifique ou technique n'est inter-

venu. Nous cherchons alors des programmes informatiques capables de calculer les contraintes qui s'exercent au cours des diverses manœuvres... En vain : nous devons créer nos propres théories de la conception de zeppelins.

Deux mathématiciens de notre groupe récupèrent d'abord tout ce qui peut être utile, dans les publications. En collaboration avec des membres de l'Institut d'aérodynamique et de dynamique des gaz de l'Université de Stuttgart, ils construisent des programmes pour prévoir le comportement de l'engin. La tâche est compliquée, parce que la forme de cigare du zeppelin grandeur nature n'est pas la même que celle des prototypes plus petits, utilisés pour des essais préliminaires en soufflerie ; en outre, les comportements des petits prototypes et ceux de l'engin final diffèrent. Par exemple, l'écoulement de l'air sur le vaisseau lors des virages est difficile à calculer, même après des essais en soufflerie (les avions sont plus faciles à modéliser, car les versions réduites, pour les études de soufflerie, sont une approximation raisonnable des modèles plus grands). Notre zeppelin grandeur nature, le modèle LZ N07, est construit sur la base de nos calculs initiaux, mais

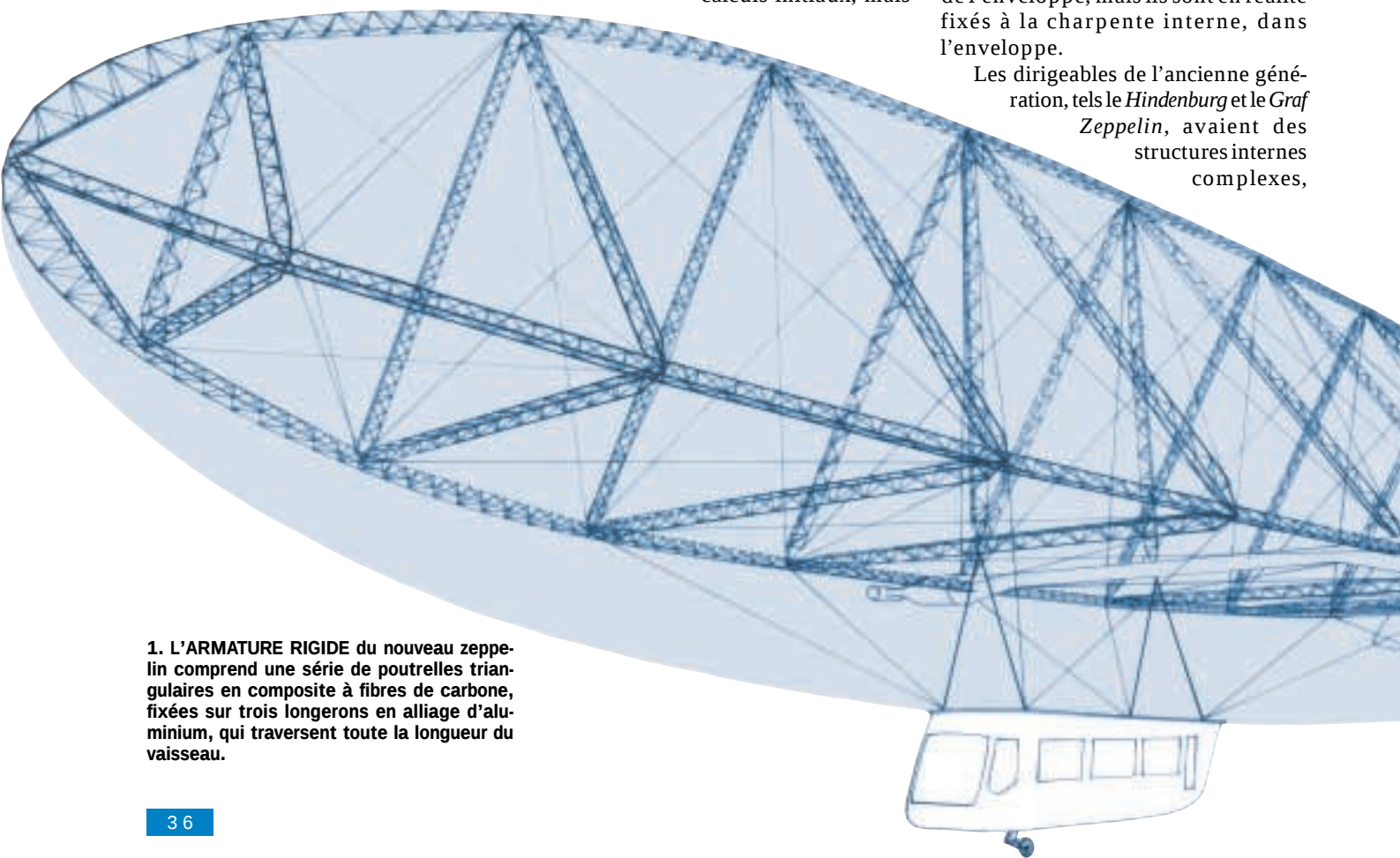
chaque nouvelle heure de vol (il en a aujourd'hui 400) est l'occasion d'enregistrer des données pour améliorer les programmes et les futurs modèles.

Depuis septembre 1993, la Société *Zeppelin Luftschifftechnik* construit des zeppelins de notre conception et dépose des brevets pour protéger les nombreuses inventions qui permettront à des dirigeables modernes de prendre leur envol. Tous les zeppelins des futures flottes seront nommés «zeppelins NT» (NT est le sigle de «nouvelle technique») ; chacun sera identifié par un numéro, qui indiquera le volume de gaz emprisonné dans l'enveloppe ; par exemple, le LZ N07 contenait initialement 7 000 mètres cubes de gaz (mais nous avons ensuite porté sa capacité à 8 200 mètres cubes).

Le corps d'une nouvelle machine

L'armature interne qui distingue un zeppelin d'un simple ballon donne des possibilités de vol supérieures. Par exemple, on peut fixer des moteurs en des endroits plus propices que sur la seule nacelle : la manœuvrabilité s'en trouve augmentée, et le bruit réduit. Les moteurs des nouveaux zeppelins paraissent être attachés à l'extérieur de l'enveloppe, mais ils sont en réalité fixés à la charpente interne, dans l'enveloppe.

Les dirigeables de l'ancienne génération, tels le *Hindenburg* et le *Graf Zeppelin*, avaient des structures internes complexes,



1. L'ARMATURE RIGIDE du nouveau zeppelin comprend une série de poutrelles triangulaires en composite à fibres de carbone, fixées sur trois longerons en alliage d'aluminium, qui traversent toute la longueur du vaisseau.