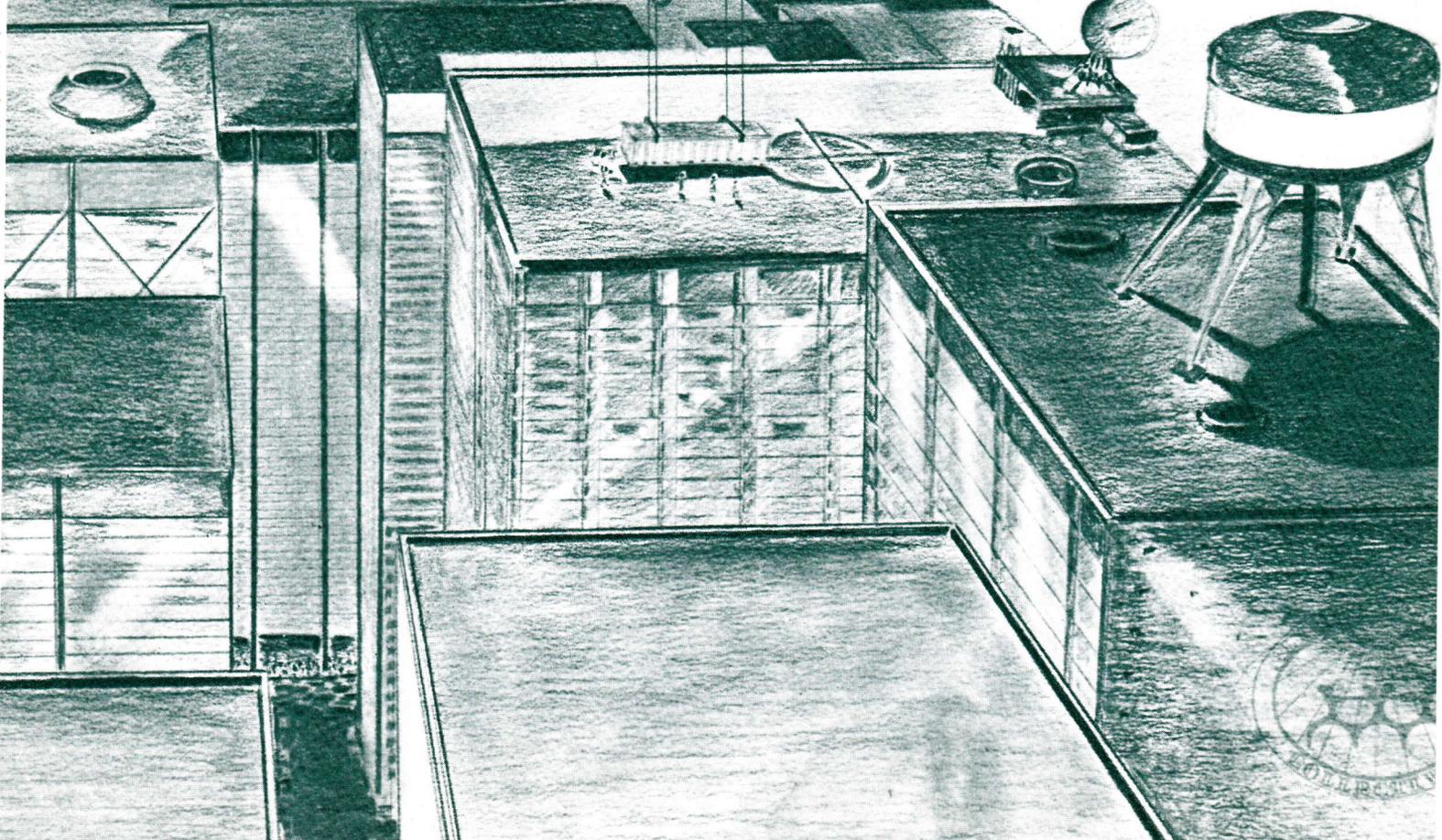


Les ballons dirigeables

D. Costes



Les ballons présentent-ils, pour certaines applications, des avantages tels sur les moyens actuellement utilisés que leur réapparition soit justifiée? Dans quels domaines doit-on chercher à les améliorer pour que cette compétitivité devienne assurée? Telles sont évidemment les questions à résoudre avant d'engager des recherches sur ce thème.

Le Commissariat à l'Énergie Atomique n'a pas reçu la mission de se préoccuper de questions aéronautiques, mais il peut cependant s'intéresser à l'éventuelle rénovation des ballons, car il dispose de moyens adaptés à la partie « ballon » des appareils envisageables, et à l'ensemble des problèmes aérostatiques. Au cours des dernières années, il a donc participé aux recherches entreprises en France sur une rénovation des ballons dirigeables. Nous essaierons ici de réunir des éléments de réflexion sur la justification du renouveau des dirigeables. Pour partir de ce qui est connu, nous évoquerons d'abord l'expérience recueillie avec les ballons captifs du Pacifique.

Les ballons captifs du Pacifique

Il s'agissait de mettre en position des charges nucléaires à une altitude de l'ordre de 500 m, requise pour éviter que le souffle de l'explosion ne projette dans l'atmosphère des particules radioactives en provenance du sol ou de la mer, ou crée des vagues destructrices. La solution « ballons captifs » est apparue supérieure à celle des pylônes, des lâchers par avion ou de l'hélicoptère téléguidé. Elle permettait un excellent positionnement de la charge, dès lors que l'on utilisait un ancrage par trois câbles.

Cette solution n'a cependant pas été facile à mettre en œuvre. Le parfait positionnement de la charge était une sujétion importante, car il fallait faire coïncider le point d'attache d'amarrage sur le ballon et le point de supportage de la charge utile. Des empennages très généreux et même lourds étaient nécessaires. Leur mise au point a nécessité des études prolongées sur maquettes de soufflerie et sur ballons réels. L'obtention de tissus synthétiques, la construction des enveloppes, la préparation des matériels de service, la mise à disposition de l'hydrogène et de l'hélium, la formation des équipes de manœuvre et d'exploitation, ont nécessité beaucoup d'efforts, auxquels ont participé des vétérans des ballons d'observation et de barrage anti-aériens. La Société Aerazur avait gardé la tradition de ses constructions anciennes de ballons. Les plus gros ballons utilisés atteignaient 14 000 m³, volume record pour les ballons captifs profilés, qui n'avaient pas jusqu'alors dépassé 1 500 m³. De cette période (1), il reste un ensemble d'enveloppes et d'appareils de service, qui permettraient le cas échéant la reconstitution d'une activité équivalente.

Les ballons du « renouveau » auront-ils quelque chose de commun avec ces ballons captifs, qui pouvaient représenter l'apogée des techniques anciennes? La réponse n'est pas évidente et il faut revoir l'ensemble des options envisageables.

Des ballons captifs pour les ports

La solution du ballon captif a été proposée d'une part pour des relais hertziens et TV, d'autre part pour des plate-formes d'observation à haute altitude, qui n'ont guère de

chances d'être mises en place au-dessus de la France, en raison des risques apportés à la circulation aérienne. Pour des relais hertziens et TV, la société américaine Schieldahl paraît avoir développé d'excellents ballons de 7 500 m³ et 10 000 m³, très analogues aux ballons C.E.A. (2); les techniques disponibles permettraient de faire de même en France, si les études de marché en montraient l'opportunité. Des ballons captifs pourraient encore être envisagés comme engins de manutention, par exemple sur des rades de ports non équipés. Tirés par des remorqueurs et des tracteurs, ils assureraient des transports de colis lourd, du bateau au lieu définitif d'implantation, sous réserve qu'on n'ait pas à franchir trop de lignes électriques. Les efforts de développement porteraient essentiellement sur l'augmentation de taille par rapport aux ballons actuels, sur le système de ballastage pour les trajets à vide, sur les systèmes de saisie au sol des charges lourdes compte tenu de l'irrégularité du vent, et sur les systèmes de franchissement des lignes électriques.

Les ballons dirigeables : 40 à 170 km/h

Une classification selon les charges utiles et la vitesse pourrait être la suivante : A - Ballon télécommandé, charge utile 10 à 100 kg, vitesse 40 km/h, pour missions d'observation (surveillance de trafic, prospection géophysique) et relais hertzien occasionnel.

B - Ballon piloté, charge utile 300 kg, vitesse 80 km/h, pour missions d'observation.

C - Ballon de transport léger, charge utile 5 à 20 t, vitesse 100 km/h, pour tourisme, navettes de desserte de chantiers isolés. D - Ballon de transport lourd; charge utile 50 à 100 t, vitesse 100 km/h, pour transport de pondéreux ou de biens d'équipement.

E - Ballon de transport exceptionnel, charge utile 500 t, vitesse 100 km/h, permettant des transports jusqu'ici impossibles, entre sites quelconques.

F - Ballon de transport rapide, charge utile 200 à 500 t, vitesse 170 km/h, pouvant affronter en vol ou au sol les ouragans intertropicaux, assurant par des vols réguliers le désenclavement de pays en développement.

L'adoption d'une vitesse importante est onéreuse à obtenir. Cependant, la rigidité et la résistance requises pour l'obtenir permettent de résister aux effets du vent et par là d'obtenir la régularité du service. Les appareils lents, en général plus économiques à la tonne-kilométrique transportée, ne peuvent assurer cette régularité. Les ballons captifs du Pacifique, motorisés, pourraient effectuer du transport léger et lent (classe C). Les ballons d'expérimentation disponibles pourraient s'adapter aux classes A et B. L'étude effectuée par le C.E.A. en 1972-1973 pour Ecocentre-Cotonfran (3) concernait un appareil de classe F. L'étude entreprise depuis 1974 par la SNIAS et par l'ONERA, à laquelle s'est joint le C.E.A., concerne un appareil de classe E, et la réalisation d'appareils intermédiaires C et D pourrait avoir son intérêt propre.

Il faut encore noter les possibilités de vol stratosphérique. Le projet PEGASE élaboré en 1971-1974 sous l'impulsion de M. Balaskovic concernait un appareil stationné pendant plusieurs mois à l'altitude de

18 000 m et pesant 200 tonnes, avec une mission de relais hertzien et TV et d'observation scientifique.

Un fuseau en forme de goutte d'eau

Pour un volume donné, la moindre résistance à l'avancement est obtenue avec un fuseau de révolution, la longueur étant de l'ordre de quatre fois le diamètre. Les dirigeables anciens étaient plus longs, pour plusieurs raisons : la construction d'un appareil de moindre diamètre est plus aisée, ses empennages sont un peu réduits et l'entretien est facilité. L'allongement, ou rapport longueur/diamètre, était finalement de l'ordre de 5,8 pour les meilleurs appareils.

Ceci subsisterait à l'heure actuelle pour un dirigeable rigide, mais l'accrochage de la charge en un point unique incite à une forme plus ramassée. On arriverait probablement à un allongement de l'ordre de 5. Pour un grand dirigeable souple, qui ne nécessite pas de vaste hangar de construction, il est essentiel de maîtriser les comportements au sol par grand vent et ainsi d'éviter tout danger. Le poids diminue et la rigidité de l'enveloppe gonflée s'améliore si l'allongement décroît (jusqu'à la valeur 3, par exemple).

Pour le ballon rapide (classe F) en 1972, on avait choisi une carène rigide mono-coque d'allongement 5.8 se posant sur le sol avec ancrage à l'avant et effacement des empennages, ce qui permettait d'éviter les mouvements constants d'auto-orientation, sauf par grand vent. On pouvait ainsi transférer les charges entre la cale et le sol. Pour un ballon transporteur de charge concentrée, les efforts sont diminués en admettant la rotation du ballon autour d'un point d'ancrage unique, qui se trouve être le point d'amarrage à 3 câbles; on retrouve les problèmes de stabilité en orientation des ballons du Pacifique. La forme la plus stable est celle d'un fuseau très porteur à l'avant, ce qui permet d'avancer le point d'ancrage. On arrive à des formes en goutte d'eau. Une bonne stabilité en orientation dans le vent obtenue, le dirigeable pourra être ancré sur un point unique au sol. Cela simplifie considérablement les opérations d'atterrissage, qui exigeaient autrefois un personnel nombreux.

Souple ou rigide?

La solution souple n'a pas été appliquée jusqu'ici à des ballons dépassant 42 000 m³, probablement pour les raisons suivantes : le faible allongement, qui s'impose pour la stabilité des formes, conduit à un grand diamètre, qui exige des hangars onéreux et rend difficile la saisie au sol; la sûreté d'une enveloppe unique est discutable et des toiles de grande résistance n'étaient pas disponibles.

On peut disposer à l'heure actuelle de toiles et suspentes internes très performantes et sans entretien, telles que le ballon puisse être continuellement à l'extérieur. On peut concevoir des enveloppes à grande sécurité

(1) P. PERRAUD
Nouveaux ballons captifs français de grand volume - Communication présentée au Sixth AFCL Scientific Balloon Symposium, 1970, AFCL, Bedford, Massachusetts (USA).

(2) « A revolutionary and operational tethered aerostat system » - James A. Menke. ETL report R 75 - 2 - January 1975.

(3) D. Costes : Problèmes techniques rencontrés dans l'étude d'un dirigeable transporteur de fret - Colloque AERALL 1973.

* Commissariat à l'Énergie Atomique.

contre la déchirure, et le cas échéant, compartimentées. Le problème essentiel devient celui de l'attache à l'air libre, en « campement ». Le ballon doit se tenir de manière stable dans les plus grands vents prévus, ce qui nécessite une assez forte pression de gonflage pour le maintien des formes, et un système d'attache et d'auto-orientation très sûr.

Mais ne peut-on, tout simplement, reprendre la formule du dirigeable rigide? Une telle construction serait à l'heure actuelle très coûteuse. Pour des raisons de sûreté, on serait obligé d'obtenir une solidité plus grande qu'autrefois. Dans le projet de type F évoqué plus haut, on avait vu les avantages d'une technique nouvelle de construction monocoque en panneaux sandwich, qui pose toutefois des problèmes de mise en œuvre et de durabilité. Les problèmes paraissent plus simples pour les enveloppes souples de grandes dimensions,

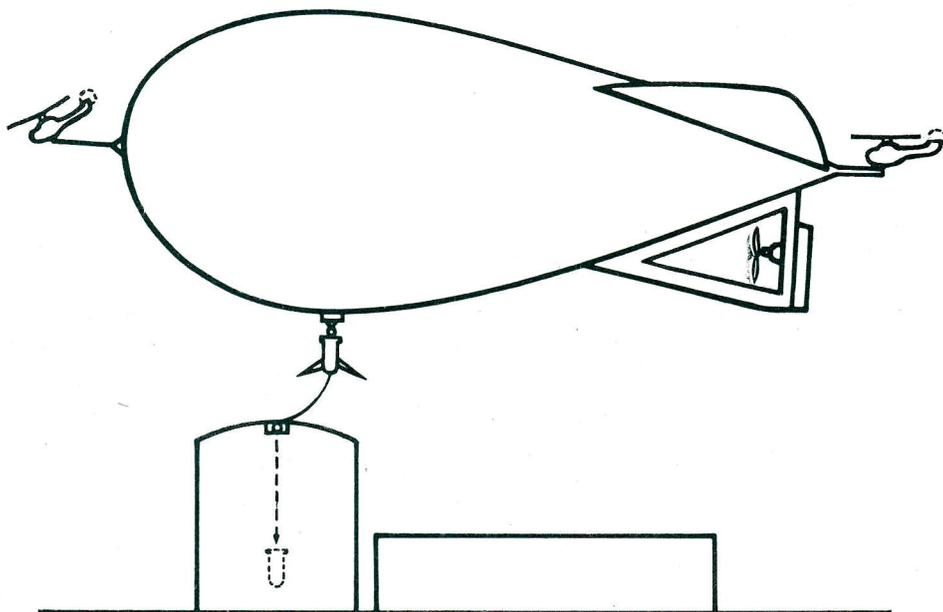
des variations de force aérostatique; pour les maîtriser, et pour compenser la perte de poids en carburant, on peut agir sur la température du gaz. Compte tenu de l'échange thermique avec l'atmosphère, on peut chauffer plus ou moins le gaz, au moyen de convecteurs alimentés par les chaleurs perdues des moteurs. Cela nécessite l'étude d'appareils nouveaux et l'analyse des mouvements de convection à l'intérieur de l'enveloppe. Dans ce domaine en particulier, les moyens du C.E.A. pour les études thermiques pourraient être mobilisés. Le dirigeable s'allégeant en vol, et devant arriver équilibré ou légèrement lourd pour qu'on n'ait pas à lâcher du gaz, le chauffage du gaz doit intervenir essentiellement au décollage, et peut le cas échéant être procuré par des moyens au sol.

Le supplément de force portante au décollage peut encore être procuré par des

On pourrait revenir au carburant gazeux à poids apparent nul du Graf-Zeppelin, mais il faut analyser en priorité les missions de courte durée, qui ne réclament ni retour à des techniques difficiles, ni compensations aérostatiques complexes.

Il existe donc des solutions relativement simples, qui permettraient de créer des ballons transporteurs de charges lourdes, dérivés des ballons captifs connus. Une étape intéressante pourrait être l'étude de faisabilité de dirigeables de petite taille, répondant aux classes A et B ou C. Cette étude comporterait notamment des essais sur petites maquettes télécommandées, permettant l'analyse pratique des problèmes de pilotage et la formation des pilotes. Nous espérons qu'une telle étude permettrait de confirmer les possibilités évoquées ici.

D.C.



lorsqu'on se limite aux missions à vitesse modérée.

Fixation des charges

Plusieurs solutions sont possibles pour l'accrochage :

- l'appareil se pose au sol sur des atterrisseurs et la charge lui est alors arrimée,
- l'appareil se pose directement sur la charge, qui lui est arrimée,
- l'appareil reste en l'air, dévide un câble d'accrochage, et remonte la charge.

La troisième solution permet de prendre une charge au milieu d'un site encombré, mais présente des inconvénients.

Examinant en particulier le cas du transport des composants nucléaires lourds, la solution 2 paraît préférable. L'organe d'arrimage forme alors une rotule permettant l'auto-orientation du dirigeable dans le vent, ce qui nécessite un site relativement dégagé, vers lequel le composant lourd est acheminé par voie de terre depuis l'usine de fabrication.

Ce trajet serait très court, en particulier au Creusot et à Châlon-sur-Saône. A l'arrivée du dirigeable sur le site nucléaire, le composant peut être déposé au sommet de l'enceinte du réacteur.

Compensation aerostatique

Les variations de la différence de température entre l'atmosphère et le gaz aérostatique (hélium ou hydrogène) provoquent

rotors d'hélicoptères. Il est tout indiqué de disposer de rotors basculants, sustentateurs au départ et propulsifs en croisière, comme cela existait sur l'Akron de 1933. On peut encore relester en vol le dirigeable, des hélicoptères venant s'y fixer et diminuant ensuite leur force sustentatrice, tout en facilitant les manœuvres d'approche.

Des hélicoptères sur perchoirs

Le propulseur idéal pour un fuseau pur est une hélice de grand diamètre en poupe. L'idée des hélicoptères s'agrippant à des perchoirs fixés sur le ballon, pour des manœuvres occasionnelles, peut être systématisée dès lors qu'on ne prévoit pas de grandes performances en vitesse et rayon d'action. Le ballon dirigeable devient tout à fait analogue à un ballon captif et peut être utilisé comme tel, certaines parties des parcours étant conduites par des engins remorqueurs au sol ou sur l'eau. Les hélicoptères, s'orientant sur leurs perchoirs, peuvent devenir d'assez bons propulseurs, si la composante verticale de leur traction est compensée par une portance aérodynamique de l'enveloppe convenablement orientée. L'avantage de la formule des hélicoptères sur perchoirs réside dans la souplesse d'utilisation et dans l'économie de développement.

Pour des missions de longue durée, le poids du carburant consommé peut perturber gravement l'équilibre des poids.

Dépose d'une cuve nucléaire sur le dôme de l'enceinte. Des hélicoptères s'orientant sur leurs perchoirs commandent les déplacements du ballon. La cuve liée par rotule au ballon va être saisie et fixée au dôme. Le ballon repartira après lestage à l'eau. La cuve sera descendue verticalement à son emplacement définitif.