

# Réflexions sur la nécessaire adaptation technique des plateformes aérostatiques aux contraintes opérationnelles du travail aérien.

De Pierre Jouille

\* \* \*

Évaluation technico-opérationnelle du dirigeable SKYSHIP 600-01 par la Marine Nationale  
(1984 - 1985).



Mise à l'eau du "BATBOAT" en rade du Poulmic

## Le transport de charges lourdes.

**Pierre Jouille - Capitaine de vaisseau (H), ancien commandant de la Flottille 25 F  
"Neptune" Officier rapporteur de l'évaluation technico opérationnelle du dirigeable  
SKYSHIP 600-01 par la marine nationale.**

Depuis la disparition des grands dirigeables rigides provoquée par l'échec prévisible de la course au gigantisme mal maîtrisée des années trente, l'aérostation n'a plus guère été considérée comme autre chose qu'une curiosité historique sans véritable intérêt militaire ou commercial.

Trois quarts de siècle plus tard, il faut bien reconnaître qu'aucune flotte d'aérostats n'aurait permis de générer les flux d'échanges auxquels l'aviation commerciale nous a habitués, ni de développer le modèle de puissance aérienne qui s'est imposé dans le domaine militaire au cours de cette même période. Face à ce constat sans appel que renforce encore la remarquable aptitude des aéronefs à voilure tournante apparus plus récemment à opérer par tous les temps et à partir de toutes sortes de plateformes terrestres ou navales, l'on comprend aisément qu'en dépit du risque toujours présent et du coût toujours plus élevé des aéronefs et des infrastructures aéroportuaires, la société de consommation et de flux tendus dans laquelle nous vivons ne puisse renoncer aux avantages des plus lourds que l'air.

Ce modèle de développement fondé de façon quasi exclusive sur le recours à toujours plus de puissance mécanique pourrait cependant être menacé par deux phénomènes dont la prise de conscience est relativement récente. Le premier est la raréfaction entrevue à plus ou moins long terme des carburants fossiles qui conduira progressivement à en réserver l'usage - combiné ou non à des biocarburants - aux aéronefs les moins aptes à utiliser des sources d'énergie alternatives que sont les avions de combat et les avions de transport de passagers ; le second est l'émergence de nouveaux besoins capacitaires que les moyens existants, qu'ils soient aériens, terrestres ou navals, ne sont actuellement pas en mesure de satisfaire. Sont plus particulièrement concernés les domaines de la sécurité publique, de la surveillance aéroterrestre et aéromaritime, et du transport de charges lourdes ou encombrantes à partir ou à destination de terrains non préparés. L'apparition de ces nouveaux besoins potentiellement coûteux en carburant au moment même où les sources d'énergies traditionnelles commencent à se tarir crée une situation dont l'on ne sortira pas par la seule réduction des consommations spécifiques. Il faut désormais se poser la question de la quantité d'énergie qui pourra être consacrée à l'acquisition de nouvelles capacités ou à la préservation de capacités existantes : une conjoncture dont voudraient profiter tous ceux qui, depuis plusieurs décennies, se sont attachés avec un succès mitigé à débarrasser les aérostats des faiblesses conceptuelles et structurelles qui avaient jadis provoqué leur abandon et à préparer leur retour sur la scène aéronautique.

C'est ainsi que depuis le début des années quatre vingt, les plus légers que l'air<sup>1</sup> suscitent un véritable engouement mêlé de considérations écologiques dont nous verrons plus loin ce qu'il y a lieu d'en

---

<sup>1</sup> Expression sémantiquement antinomique avec le principe d'équilibre qui gouverne l'aérostatique.

penser, engouement que renforce encore une demande régulièrement présentée comme étant en forte croissance<sup>2</sup> pour des plateformes aériennes économes, capables de tenir l'air pendant de longues périodes ou de livrer des charges lourdes directement à pied d'œuvre. Dans une moindre mesure, ce phénomène concerne également les aérostats stratosphériques non habités dont la réalisation, hors de portée des constructeurs amateurs, demeure à ce jour conditionnée par un certain nombre de ruptures technologiques, et qui ne sont donc mentionnés ici que pour mémoire. Toujours est-il qu'une étape décisive vient d'être franchie avec l'officialisation des 34 projets pour la France industrielle au 7<sup>ème</sup> rang desquels figure le dirigeable de transport de charges lourdes dont la maîtrise d'œuvre a été confiée au Pôle Pégase.

Reste à éviter que cette initiative ne sombre dans la confusion comme ont sombré dans la confusion les programmes de grands dirigeables de surveillance ou de transport de charges lourdes qui l'ont précédée, et qui étaient pourtant dotés à hauteur de plusieurs millions, voire de centaines de millions de dollars<sup>3</sup>, ce qui exige notamment de prendre l'exacte mesure du problème dans toutes ses dimensions techniques, réglementaires, opérationnelles et financières, seuls étant évoqués ici certains de ses aspects d'ordre technico opérationnel ignorés du grand public et de la plupart des décideurs.

*Pour ce faire, il convient tout d'abord de rappeler ce qui fait à la fois l'originalité et la faiblesse du dirigeable par rapport aux plus lourds que l'air : "Le dirigeable ne vole pas, il flotte."*

Cette caractéristique unique est depuis toujours à l'origine d'une prolifération de projets fondés sur l'idée fautive que l'atmosphère est un fluide paisible et homogène qui ne demande qu'à accueillir et à laisser se mouvoir en son sein toutes sortes d'aérostats pourvus d'un moteur et d'une hélice. Or, s'il est indéniable que la possibilité de tenir l'air en dépensant très peu d'énergie constitue l'un des principaux attraits des aérostats à égalité avec leur capacité d'emport que l'on imagine à tort directement proportionnelle à leur volume, encore faut-il que ces caractéristiques leur procurent un réel avantage compétitif en exploitation opérationnelle, situation dans laquelle il devront être capables d'affronter des conditions météorologiques pouvant occasionnellement être tout sauf paisibles.

---

<sup>2</sup> Conclusion sans surprise d'une série d'études de marché commanditées sur le thème "Seriez-vous intéressé par un moyen de transport écologique, rapide, porte à porte, et globalement plus économe que les autres moyens connus à la tonne/kilomètre parcourue" ?

<sup>3</sup> BATTLE SURVEILLANCE AIRSHIP SYSTEM (BSAS) à la fin des années 80 (US NAVY), CL160 de CARGOLIFTER au tournant du siècle (fonds privés), LEMV plus récemment (US ARMY).

---

*Dit autrement, tout aérostat de travail aérien doit disposer de capacités tout temps<sup>4</sup> et de capacités de ballastage matérialisées par des limitations opérationnelles globalement compatibles avec celles des autres moyens qui contribuent à la même activité.*

Il découle de ce qui précède une première série d'exigences<sup>5</sup> énoncées ci-dessous, et dont on verra finalement qu'elles sont peu favorables aux aérostats tels qu'ils ont été conçus et mis en œuvre à jusqu'à ce jour :

- La première touche à la vitesse propre qu'un dirigeable de travail aérien doit pouvoir soutenir à puissance maximum continue pour continuer à faire route ou pour rejoindre un terrain de déroutement<sup>6</sup> par conditions adverses et que par expérience, l'on situera provisoirement aux environs de 90 Nd, étant ici précisé que l'on fera évidemment le choix de vitesses de croisière plus économiques chaque fois que les prévisions météorologique le permettront.
- La seconde concerne la réserve d'autonomie qu'il convient d'associer à ces faibles vitesses, et qui ne saurait, toujours par retour d'expérience, être inférieure à 30% du temps de vol à Vp de croisière économique<sup>7</sup>.
- La troisième touche au plafond statique nécessaire au franchissement des reliefs<sup>8</sup> ainsi qu'à la recherche de vents plus favorables ou moins défavorables, plafond statique qui, en pratique, ne dépasse qu'exceptionnellement 10.000' en raison du volume qui doit être réservé aux ballonnets compensateurs.
- La quatrième concerne le ballastage d'autant plus complexe à réaliser que la charge utile est importante et que l'aérologie locale risque d'être perturbée. Cette exigence propre aux dirigeables de transport de charges lourdes est de très loin la plus difficile à satisfaire.

On ne manquera pas d'observer qu'à mesure qu'augmentent les exigences de vitesse, d'autonomie et de plafond statique, le volume et donc le poids de la carène de l'aérostat augmentent en proportion de celui des ballonnets compensateurs et du poids de carburant embarqué, ce qui entraîne une augmentation proportionnelle du maître couple, laquelle entraîne à son tour une augmentation de la

---

<sup>4</sup> Capacités tout temps qu'il convient d'analyser ici en termes d'aptitude à évoluer en atmosphère perturbée ou givrante plus qu'en termes d'aptitude IRF proprement dite, l'insertion de dirigeables dans la circulation aérienne générale n'étant de toutes façons envisageable que dans des limites à étudier au cas par cas.

<sup>5</sup> Exigences auxquelles ne répondaient, faut-il le préciser, aucun des grands dirigeables rigides d'avant guerre, les plus emblématiques d'entre eux (R101, AKRON, MACON, voire DIXMUDE et HINDENBURG), pourtant dotés d'une autonomie et d'une vitesse propre qui leur donnaient théoriquement la possibilité de contourner les zones orageuses, ayant été perdus à la suite de défaillances structurelles au niveau des attaches d'empennages, combinées ou non avec des prises d'altitude trop rapides dans des courants ascendants qu'ils étaient incapables de contrer (MACON, SHENANDOAH, ITALIA) Rappelons également qu'aucun de ces engins ne transportait une charge utile représentant plus de quelques pour cent de leur poids total. S'il est vrai que les grands dirigeables souples ZPG2 et ZPG-3W mis en œuvre par l'US NAVY dans les années cinquante et soixante ont bien résisté aux conditions extrêmes de l'Atlantique Nord, il convient de rappeler que l'un des quatre ZPG-3W de 42.000 m<sup>3</sup> a été victime d'un éclatement d'enveloppe qui a coûté la vie de 18 de ses 21 membres d'équipage. Quant aux petits dirigeables souples (GOODYEAR ou SKYSHIP 500 et 600) ou semi rigides (ZEPPELIN NT) de construction récente, ils sont sujets à des limitations opérationnelles incompatibles avec l'acquisition d'une capacité tout temps.

<sup>6</sup> Pouvant n'être qu'un terrain plat équipé d'un simple mât d'amarrage.

<sup>7</sup> La consommation d'un dirigeable étant proportionnelle au cube de sa vitesse propre.

<sup>8</sup> Exercice peu recommandé, à ne tenter qu'en l'absence certaine de turbulences ou de courants ascendants.

---

puissance nécessaire et donc du poids des moteurs de propulsion, du carburant embarqué et de la carène, etc. Il en résulte que si un mètre cube d'hélium permet de soulever un poids d'un kilogramme au niveau de la mer, il ne suffira pas d'augmenter de 1000 m<sup>3</sup> le volume d'un dirigeable pour emporter une tonne de charge utile supplémentaire dans les mêmes conditions qu'auparavant<sup>9</sup>. Une fois le dirigeable construit, il ne reste que deux possibilités pour en augmenter la charge utile : diminuer son autonomie ou son plafond statique<sup>10</sup>. A l'inverse, une diminution de la charge utile ne se traduit par aucune réduction de la consommation horaire de carburant dans la mesure où le poids manquant devra être remplacé par du lest.

A la différence de l'avion de transport qui vole en croisière à une incidence proche de son incidence de finesse maximale et pour lequel la puissance nécessaire au vol s'exprime sous la forme  $P_n = mg \cdot v / f$ , le dirigeable reste soumis à l'équation de puissance classique en  $v^{3,11}$  pour la simple raison qu'il présente toujours la même surface frontale et le même  $C_x$ , pour autant que l'on n'aggrave pas la situation en cherchant à compenser un déséquilibre aérostatique par une prise d'incidence à cabrer ou à piquer, au détriment de la sécurité des vols (un aérostat non pesé, surtout s'il est "léger", n'aurait aucun moyen de stabiliser son altitude en cas de panne de propulsion) et du bilan énergétique global.

L'exemple le plus frappant de ce qu'il ne faut pas faire est donné par le projet de dirigeable CL 160 dont une filiale de la société CARGOLIFTER avait lancé le développement au milieu des années quatre vingt dix avant de déposer son bilan en 2002. Il illustre à quel point les difficultés du transport de charges lourdes par aérostats peuvent être sous-estimées, même par des ingénieurs expérimentés<sup>12</sup>.

Cet engin de 550.000 m<sup>3</sup>, 260 m de long et 65 m de diamètre au maître couple propulsé par quatre turbines GE CT7-8L était censé transporter 160 tonnes de fret à 6.500' et à 65 Nd de  $V_p$  sur une distance de 5.500 Nq parcourue en 85 heures sans vent. La puissance nécessaire pour entretenir cette vitesse avec un  $C_x$  estimé à 0,09<sup>13</sup> - hypothèse favorable - est de 6.000 KW ; elle correspond à une consommation horaire de 1.750 Kg de kérosène pour une consommation spécifique de 0,3 Kg/KWh et un rendement d'hélice de 0,9, soit une consommation totale de 155 tonnes de kérosène et 200 tonnes de carburant à embarquer pour disposer d'une marge à peine suffisante de 30% du temps de vol à  $V_p$  de croisière. On observera que c'est à peu près ce que consommerait un ANTONOV 225 sur le même trajet parcouru en 13 heures avec la même charge utile. La dimension écologique que d'aucuns ont voulu donner au dirigeable gros porteur mérite donc d'être analysée d'une façon moins simpliste qu'en termes de consommation pure, tout au moins dans le cas d'un engin tel que le CL160. Quant au projet

---

<sup>9</sup> Le taux d'accroissement du volume de gaz porteur d'un dirigeable par unité de charge utile supplémentaire dépend en partie du type - souple ou rigide - auquel il appartient, de la vitesse de croisière et de l'autonomie recherchées ; il est typiquement de 1.500 m<sup>3</sup> par tonne de charge utile supplémentaire pour un engin rigide doté d'une autonomie 24 heures à 60 Nd, et passe à 1.850 m<sup>3</sup> par tonne à 90 Nd.

<sup>10</sup> Solution envisageable lors de survols maritimes pour lesquels un plafond statique de 1.500' à 2.000' serait à priori suffisant.

<sup>11</sup> Dans la plage de vitesses qui nous intéresse ici.

<sup>12</sup> Une partie d'entre eux, dont l'ingénieur en chef de CARGOLIFTER, étaient des anciens d'AIRSHIP INDUSTRIES.

<sup>13</sup> Rapporté au maître couple et non à  $V^{2/3}$  comme cela se pratique parfois dans le monde du dirigeable.

lui même, son abandon prématuré montre suffisamment qu'il avait été bâti sur trop d'hypothèses hasardeuses que la direction de CARGOLIFTER n'avait pu ou n'avait pas souhaité clarifier.

Cette dernière ne précisait notamment pas comment auraient été compensés les 1.750 Kg de carburant consommés chaque heure à 65 Nd de vitesse de croisière ou les 4.800 Kg par heure à 90 Nd pour 30 heures d'autonomie<sup>14</sup>, ni avec quel carburant le dirigeable reviendrait à son point de départ où vers une installation terrestre capable de l'accueillir après avoir déposé sa charge utile dans quelque endroit isolé, sachant que porteur d'une charge payante ou lesté de 160 tonnes d'eau polluée, il aurait toujours consommé la même quantité horaire de carburant.

Rien n'était dit de la sensibilité au vent d'un engin supposé se déplacer à 33 m/s (65 Nd) sur une distance de 5.500 Nq, avec pour conséquences des dérives pouvant atteindre ou dépasser 30 degrés, un gain possible de 24 heures pour 25 Nd de vent moyen de secteur arrière, ou un retard de plus de 50 heures pour 25 Nd de vent moyen de secteur avant. La question de savoir si de telles amplitudes auraient été jugées acceptables par tous les utilisateurs déclarés aurait pourtant mérité d'être posée, d'autant que des conditions à peine plus sévères n'affectant qu'une partie du trajet auraient contraint la plupart du temps l'équipage à différer le décollage pendant une durée indéterminée<sup>15</sup>.

Surtout, c'est le choix d'une carène semi-rigide "mécaniquement" très proche en réalité d'une carène souple en lieu et place d'une carène rigide évidemment plus pénalisante en termes de poids qui semble être la première cause d'abandon du projet, faute pour les équipes de CARGOLIFTER d'avoir pu trouver sur étagère ou mettre au point l'enveloppe dont elles avaient besoin, suffisamment légère et néanmoins capable de supporter avec les coefficients de sécurité nécessaires, les quelques 450 tonnes de charge utile, de structures d'emport, de lest et de carburant embarqué, outre la pression interne indispensable au maintien de la forme d'une carène longue de 260 m et haute de 65 m !

---

<sup>14</sup> Une solution envisageable sous certaines réserves serait d'ajouter un ballonnet d'hydrogène dont la portance compenserait le poids du carburant embarqué. Idéalement, cet hydrogène dont l'énergie massique est trois fois supérieure à celle du kérosène devrait être utilisé pour alimenter l'un des moteurs de propulsion.

<sup>15</sup> L'opération SENTINUC (blanc radiologique de Paris intra muros) réalisée par AIRSHIPVISION Int. SA en mars 2011 avait été programmée en novembre 2010. Les mauvaises conditions météorologiques du moment avaient finalement imposé de la reporter de 3 mois. En juin 2014, l'arrivée d'un ZEPPELIN NT attendu à Toulon pour une campagne de vols au profit de DCNS (Étude I2C) a été différée de 4 jours en raison d'un mistral de 35 à 40 nœuds soufflant dans la vallée du Rhône. La campagne elle même fut écourtée pour les mêmes raisons. Le ZEPPELIN NT impliqué dans ces deux opérations est pourtant considéré à juste titre comme un modèle de maniabilité.

---

Cette enveloppe aux performances inatteignables eut-elle existé<sup>16</sup> que la direction de projet du CL160 n'en aurait pas moins été confrontée lors des essais en vol à une série de difficultés qu'elle aurait probablement eu le plus grand mal à surmonter :

- Instabilité du dirigeable sur les trois axes due à son faible facteur de forme (4) ainsi qu'à la faible efficacité de ses gouvernes portées comme les empennages par une enveloppe souple et déformable. Ce phénomène avait été observé et commenté par le CEPA lors des essais en vol du SKYSHIP 600 d'AIRSHIP INDUSTRIES en 1984 et 1985. Pour tenter d'y remédier, il avait été recommandé d'équiper le dirigeable d'un pilote automatique alimenté par des capteurs de rafales dont le rôle aurait été d'anticiper les écarts de cap et les mouvements de tangage qui, à défaut, auraient rendu son pilotage particulièrement laborieux et imprécis en atmosphère perturbée. Un tel dispositif aurait probablement été efficace sur un dirigeable de 65 m de long qu'une rafale d'intensité moyenne parcourt en quelques secondes en provoquant deux abattées en sens inverse lorsqu'elle frappe successivement le nez puis les empennages<sup>17</sup>. On imagine en revanche les difficultés à modéliser les réponses d'une carène souple de 260 m de long traversée par la même rafale en une dizaine de secondes, et à élaborer les corrections de cap et de tangage appropriées. Ajoutons que les réactions d'une carène souple peuvent atteindre de grandes amplitudes et générer des facteurs de charge locaux aux effets potentiellement destructeurs sur les liaisons entre l'enveloppe et les structures rigides, elles mêmes soumises à des contraintes induites par les mouvements du dirigeable.
- Difficultés liées à la gestion des pressions internes qui, sur un dirigeable souple, sont typiquement comprises entre deux valeurs séparées de quelques millibars seulement : une pression minimale en deçà de laquelle la carène se déforme sous l'effet du poids qu'elle supporte ou de la pression dynamique, et une pression maximale à ne pas dépasser sous peine de déchirure catastrophique. Cette pression interne est réglée par l'admission ou par la chasse d'air ambiant dans les ballonnets compensateurs dont le volume détermine le plafond statique du dirigeable (18% du volume total au sol, 0% à 6.500' dans le cas du CL160). L'admission d'air se fait par des écopés, la chasse par des soupapes tarées à la pression de service. D'autres jeux de soupapes tarées à la pression maximale admissible ne s'ouvrent qu'en cas de danger de surpression interne causée notamment par une prise d'altitude trop rapide. Bien qu'un dirigeable pesé ne consomme par définition aucune énergie en montée<sup>18</sup>, sa vitesse verticale est néanmoins bridée par le débit des soupapes de vidange des ballonnets compensateurs. A titre d'exemple, une variation de pression statique d'un millibar par seconde correspondant à une variation d'altitude volontaire ou involontaire d'environ 30' par seconde (1.800' par minute) se traduisait sur un SKYSHIP 600 par la chasse ou par l'admission de 6,5 m<sup>3</sup> d'air par seconde, alors que dans le cas du CL160, c'est de 550 m<sup>3</sup> par seconde qu'il se serait agi. Si rien ne permet de penser que les soupapes du CL160 n'avaient pas été dimensionnées pour assurer un tel débit d'air sous une pression de quelques millibars seulement, l'on mesure en revanche le peu de défense dont aurait disposé cet engin de 550.000 m<sup>3</sup> à la fois instable et lent à réagir face à des ascendances qui peuvent atteindre des valeurs très supérieures aux 1.800'/mn précités. A l'inverse des dirigeables de loisir qui ne prennent l'air que par bonnes conditions météorologiques et ne s'aventurent jamais dans les zones à risques, le CL160 aurait tôt ou tard été confronté à des conditions extrêmes imprévues ou affrontées par nécessité commerciale.

<sup>16</sup> La société EURO AIRSHIP a montré qu'aucune enveloppe souple ne serait capable de supporter une charge supérieure à quelques dizaines de tonnes. On est quoi qu'il en soit fondé à se demander quel organisme certificateur aurait pris le risque d'autoriser l'emport d'une charge de 160 tonnes accrochée à une baudruche.

<sup>17</sup> Rappelons que la principale faiblesse structurelle des grands rigides des années trente résidait dans la liaison carène / empennages.

<sup>18</sup> Pas plus qu'il n'en récupère en descente.

- Difficultés liées au contrôle du dirigeable à faible vitesse et près du sol, c'est à dire dans la configuration exacte où les gouvernes de direction et de profondeur sont totalement inefficaces. Quatre turbines GE CT7-8L de 1.500 KW actionnant des hélices de 6 m de diamètre capables de fournir chacune une poussée de l'ordre de 5 tonnes étaient censées remédier à cette difficulté en agissant sur les axes verticaux, latéraux et de lacet. Là encore, la question se pose de l'efficacité de ce dispositif par vents forts et instables (voir point suivant).
- Difficultés probablement inextricables et certainement très sous-estimées du transfert de charges en l'absence d'infrastructures d'accueil au sol. La direction de projet avait imaginé un système de palans qui devait permettre de descendre jusqu'au sol une plateforme porteuse des 160 tonnes de charge utile, le dirigeable restant immobile à 100 m de hauteur afin de se maintenir à une certaine distance du sol et des éventuels points hauts, jusqu'à rétablir son équilibre aérostatique par pompage d'eau<sup>19</sup>. Cette solution en apparence élégante n'en soulève pas moins de nombreuses questions :
  - Les vents sont-ils moins forts et plus stables à 300' qu'à proximité immédiate du sol<sup>20</sup> ?
  - D'où l'eau de ballastage était-elle censée provenir et combien de temps le rééquilibrage aérostatique du dirigeable était-il censé durer ?
  - Quel eût été le comportement d'un CL160 "léger" face à une rafale de 10m/s parcourant toute sa longueur en plusieurs dizaines secondes, non sans produire une fois établie, une force qui aurait pu atteindre 35.000 daN par le travers, sachant par ailleurs que la tension des quatre câbles aurait empêché le dirigeable de virer dans le lit du vent et que les quatre turbines orientables auraient été incapables de développer une poussée égale à leur poussée unitaire (5.000 daN) dans toutes les directions souhaitées ?
  - Quel eût été dans les mêmes conditions le comportement du même dirigeable plus ou moins proche de son équilibre aérostatique ?
  - Que serait-il advenu si l'un des câbles s'était pris dans quelque obstacle, avait rompu, ou en cas de panne d'un treuil ?

Il n'est guère besoin d'aller plus loin dans ce questionnement pour aboutir à la conclusion que le projet de dirigeable CL160 était génétiquement voué à l'échec, si ce n'est pour ajouter que les quelques 150 millions d'Euros perdus par les actionnaires de CARGOLIFTER ne sont rien au regard des centaines de millions supplémentaires qu'il auraient dû investir en pure perte avant de parvenir au même constat à l'issue des essais en vol<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> La société EURO AIRSHIP déjà citée a imaginé un mode de compensation faisant appel à de l'air comprimé à 11 bars dans des tores de dimensions ad hoc. Dans le cas du CL160, la compression de 160 tonnes d'air à 11 bars aurait consommé une énergie de 10.800 KWh et occupé un volume de 14.500 m<sup>3</sup>, soit près de deux fois le volume d'un Zeppelin NT. Pour obtenir ce résultat, l'air a été assimilé à un gaz parfait, la compression à une transformation isotherme, et le rendement des compresseurs à l'unité.

<sup>20</sup> Rappelons que les grands dirigeables d'avant guerre étaient abrités dans des hangars gigantesques dont ils n'étaient extraits que par vent calme, avec néanmoins le renfort de plusieurs centaines d'hommes accrochés à leurs cordages, parfois au péril de leur vie. Une fois extraits du hangar, ils étaient, comme le sont les petits dirigeables modernes, amarrés à un mât qui les laissait libres en rotation, mais sous surveillance constante de leur équipage afin d'éviter qu'une surchauffe du gaz porteur ou quelque autre incident ne leur fasse quitter leur position horizontale pour la verticale (dirigeable LOS ANGELES a LAKEHURST en août 1927).

<sup>21</sup> A raison de 5 USD par m<sup>3</sup>, le remplissage en hélium d'un CL160 sujet à des limitations d'emploi aussi importantes que prévisibles n'en aurait pas moins coûté 2.250.000 USD + au minimum 15% supplémentaires par an pour remplacer les pertes. L'hélium est un gaz rare dont la production mondiale suffit à peine à satisfaire les besoins industriels existants.



L'intérêt que susciteraient l'existence d'aérostats de taille plus raisonnable et capables d'un véritable service tout temps tout terrains n'étant en rien remis en cause par ce qui précède, il reste aux responsables de la conduite du 7<sup>ème</sup> projet pour la France industrielle à juger de la pertinence de cette analyse et plus encore des réponses apportées par les projets de dirigeables gros porteurs qui leur sont soumis, étant entendu qu'à l'exception de ceux qui pourront s'appuyer sur de nombreuses années d'études technico-opérationnelles et d'analyses économiques, chaque porteur de projet aura une forte propension à en surestimer les applications potentielles et à sous estimer ses besoins de financement.

L'approche la plus raisonnable consisterait sans doute à financer le développement d'un engin tout temps de taille intermédiaire à partir d'un cahier des charges, d'un dossier de définition et d'un dossier justificatif de la définition qui n'auront rien ignoré des multiples exigences et contraintes précédemment exposées, et à s'assurer que sa réalisation fera appel à des matériaux aptes à supporter dans la durée les efforts parfois considérables auxquels ils seront soumis en service opérationnel.

Ce qui précède vaut également pour les applications de surveillance aéroterrestres ou aéromaritimes par aérostats habités ou dronisés, les conditions d'emploi des plateformes de surveillance ainsi que l'absence de charge utile autre que celle nécessaire à la conduite de la mission faisant toutefois que l'on reste ici dans un domaine mieux connu et mieux maîtrisé, bien que susceptible d'être considérablement élargi en raison de l'évolution rapide des besoins et des technologies<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Notamment en matière de propulsion ou de retour partiel à l'hydrogène comme gaz porteur.



**Zeppelin NT au large du CESDA (juin 2014).**

## **Re L'Auteur**

**PIERRE JOUILLE était le Conseiller militaire du Président, Responsable formation et essais en vols**

- ▶ Ancien officier supérieur de Marine (capitaine de vaisseau H), Ancien officier de programmes et coordonnateur "Armement" de l'état-major de la Marine
- ▶ Président du conseil de surveillance d'AIRSHIPVISION INT. SA.
- ▶ Ancien dirigeant de sociétés (Groupe SERA / SAMP) et Ancien conseiller des sociétés RAYTHEON et ATK.
- ▶ Expert international du domaine des systèmes d'armes et d'autoprotection aéroportés.
- ▶ Spécialiste des relations avec les états-majors, la DGA et les organismes internationaux.
- ▶ FonOfficier rapporteur de l'évaluation technico-opérationnelle du dirigeable SKYSHIP 600-01 D'AIRSHIP INDUSTRIES en 1984 et 1985.
- ▶ Pilote de porte-avions et d'aviation de patrouille maritime (4600 heures de vol, dont 100 heures de vols d'essai sur dirigeables).
- ▶ Ingénieur de l'École Navale ; brevet d'Aéronautique.