



Association Aéronautique
Astronautique de France

LA SOCIÉTÉ SAVANTE DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'ESPACE



Panorama de l'Aérostation

par les membres du groupe *Aérostation et dirigeables*

SOMMAIRE

PREFACE.....	5
<i>Bruno Chanetz, président du Haut conseil scientifique</i>	
PREAMBULE.....	6
Pourquoi ce « panorama »	6
Taxonomie de l'aérostation	
ETAT ACTUEL DE L'AEROSTATION DANS LE MONDE	
SITUATION DE L'AEROSTATION EN FRANCE	
Les manifestations sportives	
Les ballons scientifiques, avec le CNES	7
Le marché du vol lent pour le tourisme en montgolfière	
Les ballons captifs de surveillance, militaires ou civils	
Le tourisme en ballon captif	
Les dirigeables	
SITUATION AUX USA.....	9
SITUATION EN ALLEMAGNE.....	10
SITUATION AU ROYAUME UNI	
SITUATION DANS LE RESTE DU MONDE	
LES VERROUS, ECARTS ENTRE SOUHAITS CLIENTS ET CAPACITES DES SYSTEMES.....	11
VERROUS POUR LES CAPTIFS	
VERROUS POUR LES DIRIGEABLES	
LA REGLEMENTATION DES AEROSTATS	
BALLONS LIBRES ET CAPTIFS	
LE CAS DE LA REGLEMENTATION DES DIRIGEABLES	
ANALYSE METHODIQUE DES « VERROUS » ET DES INNOVATIONS POSSIBLES.....	12
DES PISTES D'INNOVATION IDENTIFIEES POUR LES BALLONS CAPTIFS	
DES PISTES D'INNOVATION IDENTIFIEES POUR LES DIRIGEABLES	
LES MARCHES FUTURS DES DIRIGEABLES, SI LES VERROUS D'USAGE SONT LEVES	
LE SOUTIEN FINANCIER ENCORE MODESTE DES POUVOIRS PUBLICS FRANÇAIS.....	13
CONCLUSIONS.....	14
ANNEXES.....	15

PRÉFACE

Prédisant en 2010 la mobilité à venir et le ciel du futur, l'ONERA n'hésitait pas à y faire figurer un dirigeable¹. La crise de la Covid 19 a brutalement déclenché le déclin d'un transport aérien consommateur d'énergies fossiles, polluant et peut-être surdimensionné. D'un autre côté, le dirigeable, malade depuis longtemps de ses difficultés d'emploi, revient avec la levée aujourd'hui probable des verrous qui bloquent son marché potentiel. C'est dans ce contexte que le Groupe de travail (GT) « *Aérostation et dirigeables* » sort un rapport présentant un remarquable panorama sur la question.

Pourtant la constitution de ce GT est antérieure à la crise. Lors de sa réunion du 12 décembre 2019, le Conseil d'administration de 3AF a validé la proposition du Haut Conseil Scientifique (HCS) de 3AF de créer un Groupe de travail (GT) sur l'aérostation et les dirigeables. Philippe Tixier, membre 3AF, a ainsi été sollicité pour rassembler les acteurs du domaine afin d'établir un panorama de la situation actuelle en France et à l'étranger, en insistant sur ce qui fait la force des projets français. Dès 2019, 3AF avait déjà pris acte du regain d'intérêt de ce secteur en publiant un dossier consacré aux *Ballons et Dirigeables* dans la Lettre n°36².

La composition de ce GT comprend des experts du CNES et de l'ONERA, ainsi que des représentants de sociétés françaises impliquées dans ce renouveau de l'aérostation : Aérofile, CNIM Air Space, Dirisolar, Flying Whales, Star Engineering, Stratobus. Le groupe, animé par Philippe Tixier, président de Dirisolar, une start-up ayant un projet de dirigeable solaire, s'est mis au travail dès le début 2020 avec une périodicité de réunion de trois semaines. La feuille de route, avec l'objectif d'un rapport d'étape pour fin 2020 et un *rapport de synthèse final* mi-2021, a été présentée au cours de la réunion du HCS du 24 juin 2020.



Comme le montre ce panorama, la France, berceau de l'aérostation, est actuellement en pointe dans le domaine. A l'heure où les priorités changent, où le paramètre gain de temps se met en retrait au profit de la minimisation de l'énergie et des nuisances, le regain d'intérêt actuel pour les ballons et dirigeables devrait se concrétiser dans le domaine de la surveillance, du transport de fret et du tourisme. Ce rapport est destiné à éclairer les pouvoirs publics et les investisseurs sur le potentiel de ce secteur, où la France a de vrais atouts dans la compétition mondiale qui se joue.

Bruno Chanetz,
président du Haut conseil scientifique

1 - Lettre 3AF n°32 (juin-juillet 2018), numéro spécial *La prospective à l'ONERA*

2 - Lettre 3AF n°36 (mars-avril 2019), dossier *Ballons et dirigeables*

Rapport « Panorama » de l'Aérostation

Préambule

Le Groupe de Travail Aérostation remet à la 3AF le présent rapport, à la date prévue soit décembre 2020, malgré la crise. Ce premier rapport, dit rapport d'étape 1, traite des paragraphes annoncés dans la table des matières.

Ont contribué à la rédaction de ce rapport : *Sylvain Allano, Jean Claude Bertrand, Pierre Laurent Borras, Bruno Chanetz, Jean Philippe Chessel, Alice Clech, Vincent Dubourg, Matthieu Gobbi, Sébastien Griveau, Hervé Kuhlmann, Thibault Proux, Pascal Taillandier, Philippe Tixier.*

Le deuxième rapport, dit rapport d'étape 2, est prévu au premier semestre 2021. Il précisera les recommandations du groupe pour favoriser les perspectives de l'Aérostation, et notamment celles des Dirigeables. Il sera tenté de quantifier les enjeux économiques et sociétaux de ces nouveaux usages.

Ce deuxième rapport appellera aussi une prise de conscience des pouvoirs publics français : les projets français sont aujourd'hui au premier rang mondial des innovations dans cette discipline aérostatique. Au moment où l'industrie aéronautique française du « plus lourd que l'air » entre dans une récession historique, le « plus léger que l'air » français apparaît en mesure de prendre une position de tête et ainsi de donner à la France un avantage concurrentiel significatif et porteur de retombées d'une ampleur encore insoupçonnée il y a quelques années.

Pourquoi ce « panorama »

Voulu par la 3AF en 2019 (annexe : la lettre 3AF), le groupe s'est constitué en février 2020 (annexe). Il a réuni à partir du 6 mars huit sociétés membres. Les réunions se tiennent en moyenne à fréquence bimensuelle.

Ce Groupe de Travail Aérostation obtient en décembre 2020 un succès dépassant les attentes de ses huit membres.

Taxonomie de l'aérostation

Avant toute chose il est nécessaire de clarifier le vocabulaire utilisé dans ce rapport. Aux USA, la NASA a établi la «taxonomie» des appareils volants, c'est à dire les termes à utiliser pour classer et traiter ces appareils. Les aérostats y figurent. Cette taxonomie est largement utilisée dans le monde, nous l'avons donc adoptée dans le présent rapport (Annexe).

Etat actuel de l'aérostation dans le monde

Situation de l'aérostation en France

Les manifestations sportives

Les français sont très présents et très moteurs dans les manifestations sportives de ballons. Chaque année, plusieurs événements français rassemblent les adeptes du vol libre en montgolfière, pilotes ou spectateurs, comme le Mondial Air Ballons à Chambley ou la coupe d'Europe des montgolfières à Mainfonds.

D'autres rassemblements importants ont lieu hors de France, par exemple à Albuquerque, aux USA. La compétition entre ballons à gaz, avec la célèbre Coupe Gordon Bennett, née en 1906, et organisée par le pays du dernier vainqueur, attire de plus en plus de spectateurs [Lien](#). Cette coupe voit les meilleurs pilotes du monde se surpasser en ingéniosité de manœuvre mais aussi en invention de dispositifs améliorant l'état de l'art. Le gagnant est celui qui s'écarte le plus du point de départ ; le record actuel est de 3400 km.

Le plus titré des vainqueurs de la Coupe Gordon Bennett est le français Vincent Leys, qui a gagné neuf fois cette compétition.

Où trouver notre document en ligne :

<https://www.3af.fr/groupe/haut-conseil-scientifique-147/page/media>

Les ballons scientifiques, avec le CNES

Depuis 60 ans, le CNES déploie une activité en constante amélioration dans le domaine des ballons scientifiques (lien). Aujourd'hui au premier rang mondial avec les USA, le CNES continue de faire progresser les techniques aérostatiques. Ces innovations techniques aident aussi à l'émergence de solutions pour les dirigeables innovants. Le CNES s'appuie sur un industriel français, CNIM Air Space, pour la fabrication de ses ballons scientifiques.



Le marché du vol lent pour le tourisme en montgolfière

L'engouement du grand public pour les vols ludiques en montgolfière ne cesse de croître. Malgré le coût élevé d'un vol, malgré l'aléa important du succès du vol, le grand public reste fasciné par une telle aventure. Plus de 400 montgolfières emportent chaque année en France des dizaines de milliers de passagers. Cette activité reste cependant trop dispersée et trop concurrentielle entre plus de 160 sociétés et associations (liste en annexe). Ces instances n'ont ainsi pas de capacité financière suffisante pour investir dans les développements de projets innovants, par exemple dans les dirigeables pour le tourisme.

Les ballons captifs de surveillance, militaires ou civils

Déployés un temps à grande échelle, notamment au cours de la première guerre mondiale, les ballons captifs d'observation militaire ne répondent toujours pas aux souhaits réitérés des utilisateurs : rester en permanence en service par tous les vents, et donc supprimer l'équipe au sol en astreinte pour ramener le ballon si le vent est trop fort.

Les armées françaises utilisent toujours le meilleur produit américain T COM. Les efforts de **CNIM Air Space** sont importants pour entrer dans ce marché avec des produits plus performants, par exemple le produit CERBERE. [Vidéo CERBERE](#) | [Vidéo WHITE HAWK](#)



Plusieurs sociétés françaises offrent également des ballons captifs pour des missions de capture de données aériennes et donc de surveillance, dont A-NSE et EONEF.

Le tourisme en ballon captif

Leader mondial avec plus de 100 grands ballons pour 30 passagers, exportés et en service dans 33 pays, Aérophile, PME française, a transporté depuis 1995 plusieurs millions de passagers, sans aucun blessé ni mort, donc avec une sécurité parfaite. [Video](#)

La maîtrise totale de cette activité par une société qui n'a bénéficié d'aucun soutien significatif, ni de grands groupes industriels, ni des pouvoirs publics, doit être citée en exemple. Cette belle histoire doit aussi faire réfléchir à l'organisation française, qui est censée soutenir les meilleurs projets français d'innovations de rupture.



Le projet Ballooneos de Star Engineering reprend le concept de ballon captif habité véhiculé par câble de télécabine. Un démonstrateur est programmé sur la station d'Ax 3 domaines

Les dirigeables

La vague des projets ULM français

En 1998, Christian Theuveny a obtenu de la DGAC la création en France de la classe 5 ULM pour les dirigeables.

Cette catégorie d'appareils, unique au monde, permet à un dirigeable, avec un volume d'hélium limité à 900 m³ et deux personnes à bord, de voler sous la seule responsabilité du constructeur. La procédure lourde, longue et incertaine de la certification EASA est ainsi évitée.

Cette possibilité a ainsi permis, entre 2002 et 2013, à douze dirigeables ULM habités de voler :

- 2002 - Liftium de Didier Costes
- 2003 - Voliris 900 de Christian Theuveny
- 2004 - Electroplume, Jean Pierre David et Pierre Chabert
- 2005 - Space Bike de Hervé Kuhlmann
- 2005 - Liftium 2 de Didier Costes
- 2006 - MC 160 de Hervé Kuhlmann
- 2007 - Colibri d'AirStar
- 2008 - Alizé de Pierre Balaskovic
- 2009 - Sol'R Néphélios, solaire, de Bastien Lefrançois
- 2010 - ANSE 400 Aero Nautic de Baptiste Regas
- 2012 - Voliris 901 d'Alain Bernard et Gérard Durand
- 2013 - Iris Challenger II de Pierre Chabert et Gérard Feldzer

Ces réalisations de dirigeables ULM, dont les budgets unitaires sont restés inférieurs à 2 millions d'euros, ont précisément ouvert la voie au renouveau des dirigeables en France.

Le Radeau des Cimes

Ce gros dirigeable à air chaud, au design inspiré des dirigeables Gefaflug allemands, opérationnel pour l'exploration des canopées, reste une réalisation unique.

L'initiative du pôle de compétitivité Pégase

Un colloque de trois jours organisé en 2007 par le pôle de compétitivité Pégase a rassemblé les acteurs français de l'aérostation à l'époque, et a abouti à la publication en 2008 du «livre blanc» dirigeables. Les trois recommandations clés de ce «livre» portent sur :

- 1- Un dirigeable stratosphérique pour télécoms ;
- 2- Un dirigeable porteur de charges lourdes ;
- 3- Un dirigeable à capacité «tout temps».

Récemment le pôle Pégase s'est intégré au pôle Safe.

Les projets en cours

A la suite de la parution du livre blanc de Pégase, cinq projets français ont émergé.



Le projet StratobusTM de Thales Alenia Space applique la recommandation (1).

Cette plateforme à haute altitude (19 km) comble un «trou capacitair» entre le drone et le satellite. Dirigeable stratosphérique autonome de 140 m de long alimenté en énergie solaire. Il emporte une charge utile entre 250 et 450 kg, pour des missions d'observation, surveillance, télécommunications et environnementales. [Video](#)



FLYING WHALES applique la recommandation (2).

Ce projet LCA60T de dirigeable transport de charges lourdes jusqu'à 60 tonnes est en cours de développement. Les premiers vols sont programmés pour 2023, à partir du site de Laruscade, où sera implantée la ligne d'assemblage.

Dirisolar applique la recommandation (3).

Le projet DS1500 emporte 4 passagers et 1 pilote pour du tourisme. Sa propulsion électrique est alimentée par des batteries, rechargées en vol par des capteurs solaires, ou échangées entre 2 vols. Des applications de capture de données aériennes sont également possibles. [Video](#)



CNIM Air Space et RTE ont développé un dirigeable drone, nommé Diridrone. Destiné à l'inspection des lignes électriques haute-tension, Diridrone est un drone « plus léger que l'air », pouvant réaliser de manière automatique des vols sur de longues distances. [Video](#)



La société **Voliris** a mené l'étude de son dirigeable hybride NATAC. [Video](#)

L'ONERA participe aux projets d'aérostats français, en fournissant des prestations d'études et d'expérimentations. Les avancées techniques pour les dirigeables sont un ou simulateur numérique de vol, comprenant notamment la modélisation du comportement dans les turbulences, et des guides de conception pour la protection à la foudre, au givrage, et aux perturbations électromagnétiques.

Situation aux USA

Dès 2001, le DOD (Department of Defence) américain a financé un grand nombre de projets aérostatistiques aux USA, avec l'ambition de doter les armées US de moyens accrus grâce à des plateformes aérostatistiques, ballons captifs et dirigeables.

En 2012, le Congrès US a demandé au DOD un rapport sur ces projets aérostatistiques financés par l'Etat, rapport que le Congrès a complété par le rapport « GAO ». Les deux rapports ont constaté l'insuccès des efforts entrepris, malgré un financement cumulé de 7 Mds \$, et ont eu pour conséquence de stopper les crédits gouvernementaux pour les nouveaux développements d'aérostats à but militaire. Depuis, des initiatives privées continuent à financer les projets aérostatistiques américains. La Défense américaine passe des contrats à des industriels, pour des captifs existants ou pour en développer de nouveaux. TCOM a remporté un contrat de presque 1 milliard de dollars en 2019. [Lien](#) Drone Aviation a développé grâce à l'armée des petits ballons captifs tactiques. [Lien](#)

Les USA ont une flotte de près de 200 ballons captifs en opération, du plus gros (TARS), au plus petit (RAID) avec le plus fort contingent en taille moyenne (PGSS et PTDS).

Les projets de ballons libres (avec contrôle d'altitude) se développent rapidement :

- Le plus visible actuellement est le projet Loon de Google qui a développé (avec l'aide de Raven) et produit des ballons stratosphériques équipés de stations de base pour la téléphonie mobile (3G/4G) qui sont déployés essentiellement en Afrique (Kenya, Mozambique, ...);
- WorldView qui développe des ballons similaires pour les besoins du DoD US.

Les projets de dirigeables américains sont peu nombreux et essentiellement financés par les initiatives privées. Les principaux projets actuels de dirigeables sont les suivants :

- Lockheed Martin, le plus important industriel aéronautique mondial (devant Airbus et Boeing) poursuit le développement d'un dirigeable [Lien](#) ;

- Goodyear, le plus grand constructeur historique de dirigeables, a acheté la licence Zeppelin NT pour remplacer ses trois dirigeables anciens pour le tourisme ;
- SCEYE qui développe un dirigeable stratosphérique avec des fonds propres privés ;
- Serguei Brin, fondateur de Google, passionné de dirigeables, a financé la société LTA Research, qui développe un dirigeable solaire pour le tourisme.

Situation en Allemagne

L'Allemagne est un acteur majeur de l'aérostation depuis l'origine.

Aujourd'hui, Woerner est le leader incontesté de la conception et de la réalisation de ballons libres à gaz habités. Il est le principal fournisseur des compétiteurs de la coupe Gordon Bennett. Woerner a aussi certifié pour vols commerciaux des ballons habités gonflés à l'hydrogène. Woerner est seul au monde à proposer l'hydrogène comme gaz porteur.

Gefaflug, inventeur et fabricant de dirigeables à air chaud, a livré 70 appareils dans le monde, et cédé des licences à plusieurs étrangers.

WDL exploite deux dirigeables souples pour le tourisme, mais n'entreprend aucun développement nouveau depuis vingt ans.

Zeppelin NT a inventé le dirigeable «semi rigide» du même nom, et l'a mis en service commercial en 2001. Avec sa vectorisation très performante, le Zeppelin NT a fait progresser la disponibilité jusqu'à 60 %. C'est le leader actuel des dirigeables souples pour le tourisme, avec cependant un succès commercial en demi-teinte : seulement sept exemplaires ont été mis en exploitation en vingt ans, probablement à cause des prix trop élevés de l'appareil et des vols.

Actuellement, nous ne connaissons pas de projet de dirigeable innovant en Allemagne.

Situation au Royaume Uni

Cameron est le leader mondial pour la conception et la fabrication de montgolfières. Il a livré plus de 3000 montgolfières dans le monde. La disponibilité des montgolfières ne dépasse pas 33 %, sauf sur quelques sites à météo locale particulièrement favorable, comme à Goreme en Turquie.

Lindstrand est le second fabricant de gros ballons captifs pour le tourisme, avec 40 appareils en service, derrière Aéroophile.

HAV développe un projet de dirigeable hybride pour le transport de charges. Expérimenté par le DOD aux USA, sous le nom de programme LEMV, ce programme est actuellement sans suite. L'expérimentation a repris au Royaume Uni.

Varialift est un projet de transport de charges basé sur la compression d'hélium. Ce projet est actuellement au stade de l'ingénierie numérique, avec début de fabrication d'un démonstrateur à Châteaudun en France.

Situation dans le reste du monde

La société Russe Ros Aero Systems a vendu plusieurs systèmes de ballons captifs, sur le territoire national pour les JO de Sotchi, et en Chine pour la surveillance des frontières. La société a été rachetée en 2018 par la société Israélienne Atlas LTA.

Jean Louis Etienne a voulu tenter la traversée de l'Arctique avec un dirigeable AS30 russe. Pendant sa préparation en vue de cette traversée, l'appareil a été détruit à Fayence par un coup de vent exceptionnel.

Au Brésil, la société Altave développe des ballons captifs en partenariat avec CNIM Air Space.

En Belgique, la société liégeoise Flywin développe un dirigeable pour le fret aérien.

Les verrous, écarts entre souhaits clients et capacités des systèmes

Les nombreuses analyses parues depuis vingt ans pointent en majorité comme verrous d'usage : **Verrous pour les captifs**

La nécessité d'amener l'appareil au sol, et de le dégonfler en cas de vent trop fort est un verrou ou à minima un frein important pour les acheteurs. Dans la situation de vent trop fort, un dégonflage du ballon est nécessaire. Il faut noter ici l'exception d'Aérophile, qui exploite des ballons pour le tourisme sans jamais dégonfler.

Les mouvements trop importants, même par vent faible, qui appellent une puissance élevée pour la stabilisation sur les six axes des équipements de capture de données.

Verrous pour les dirigeables :

La nécessité d'une équipe au sol pour atterrir, cette équipe est trop coûteuse.

Une disponibilité non assurée, un pic de vent à 25 km/h est rédhibitoire.

Le besoin de d'infrastructures lourdes, hangar et mât d'arrimage coûteux.

Et, conséquence de ces causes qui se cumulent, le coût d'exploitation trop élevé.

La réglementation des aérostats

Ballons libres et captifs

L'organisation des responsabilités est claire en Europe : depuis la création de l'EASA, agence européenne, en 2005, la DGAC a renoncé à garder une compétence technique en certification de types d'aérostats, et notamment en certification de dirigeables. Les «Type certificates» sont maintenant tous instruits et délivrés par l'EASA.

La DGAC garde la main pour les «permit to fly», accordés en France selon les conditions particulières à chaque lieu envisagé pour voler.

La réglementation en France pour les ballons libres et les ballons captifs est opérationnelle pour tous les vols de montgolfière et pour les opérations de ballon captif touristique. Aérophile a collaboré avec l'EASA pour finaliser les bases de certification spécifiques pour les ballons captifs emportant des passagers.

A l'inverse, la FAA refuse de certifier les ballons de ce type parce qu'elle n'a pas de base de certification applicable.

Cet exemple est, du reste, assez représentatif de la différence d'environnement réglementaire entre l'Europe et les US :

- La FAA s'implique peu et laisse aux industriels une grande liberté et une grande responsabilité ;
- L'EASA accepte de travailler à l'élaboration de normes exigeantes en collaboration avec les industriels.

Le GTA considère que l'approche Européenne est sans doute plus contraignante, mais offre en définitive une meilleure garantie de sécurité et une protection pour l'ensemble de la filière.

Le cas de la réglementation des dirigeables

Autant la réglementation pour les ballons libres, dont les montgolfières, et les ballons captifs pour le tourisme est bien au point et fonctionne, autant la réglementation des dirigeables n'est pas établie. La raison essentielle en est qu'il n'y a pas de dirigeable en service commercial en France, et qu'il n'y a eu que très peu d'expérimentations de dirigeables, avec des résultats pas assez assurés pour avoir permis une réglementation satisfaisante pour une exploitation commerciale.

Cependant, l'EASA et la DGAC ont récemment précisé la marche à suivre pour tout dirigeable innovant, et ont bien indiqué que la réglementation pourra évoluer si les démonstrations sont concluantes. C'est pourquoi **Thales Alenia Space** et **FLYING WHALES** ont entamé la procédure de certification de leur programme depuis plus de deux ans et, en 2020, plusieurs industriels européens se sont associés à l'EASA afin de produire conjointement le premier Code de Conditions

Spéciales applicable aux dirigeables (la SC-GAS pour Special Conditions for Gas AirShips), ainsi que les réglementations opérationnelles (Airships Rulebook).

Analyse méthodique des «verrous» et des innovations possibles

Des pistes d'innovation identifiées pour les ballons captifs

Une permanence de la mission dans le temps, réclamée par les clients. Cette avancée majeure n'est plus une utopie : plusieurs brevets récents la prévoient.

Une meilleure stabilité de la position des capteurs de données : plusieurs brevets sont en cours.

Des pistes d'innovation identifiées pour les dirigeables

L'ingénierie numérique, une obligation désormais incontournable pour les architectures innovantes : les modélisations des parties les plus délicates des dirigeables (enveloppes en tissu et tendeurs) sont aujourd'hui totalement maîtrisées. Les simulations de cas de chargements extrêmes sont aujourd'hui plus instructives que les meilleures expérimentations en environnement réel. Les expérimentations réelles se heurtent en effet à l'impossibilité de recréer à la demande les perturbations aérologiques complexes, perturbations que l'on sait exister, mais dont on ne peut prévoir à l'avance l'occurrence.

Des matériaux et les équipements plus résistants et plus légers :

Les progrès en matériaux et équipements sont immenses depuis deux siècles, et ne faiblissent pas. A titre d'exemple, le moteur électrique brushless retenu en 2018 pour le projet Dirisolar est soixante fois plus puissant au kilogramme que le moteur électrique du dirigeable La France, qui a réalisé le premier circuit fermé en 1884. Les concepteurs de batteries prévoient des augmentations spectaculaires de performances au kg embarqué dans les années à venir. Les toiles, les tendeurs, les tubes font également des progrès importants, notamment grâce à la maîtrise des composites. Les capteurs solaires font aussi l'objet de recherches intenses, avec des perspectives de gain de poids majeur.

Une meilleure opérabilité avec des vents forts doit augmenter la disponibilité, le point faible historique des dirigeables: la disponibilité devrait passer à plus de 90%, avec les changements de forme qui permettent un atterrissage avec un vent jusqu'à 50 km/h.

Le mariage idéal de l'énergie solaire avec les dirigeables à gaz :

Les avions et les hélicoptères peuvent difficilement faire appel à l'énergie solaire, car la puissance dont ils ont besoin pour voler est importante, et il leur faut donc une surface de capteurs beaucoup trop grande et incompatible avec leur architecture. Tel n'est pas le cas des dirigeables, qui n'ont pas besoin d'une puissance minimale pour rester en l'air, et qui peuvent toujours réduire leur vitesse pour consommer moins d'énergie en vol. Leur grande surface permet par ailleurs d'accueillir beaucoup de capteurs solaires. La durée de vol théorique d'un dirigeable solaire est illimitée.

Ainsi le vol continu d'un dirigeable, sans obligation d'atterrir, devient une hypothèse crédible. Le routage permanent, en recherche intelligente des vents «portants», combiné à l'énergie solaire, change la donne et permet d'envisager des dirigeables qui n'auront plus obligation d'atterrir et donc de s'ancrer au sol. La difficile question de la résistance aux vents forts d'un dirigeable ancré au sol disparaît.

Les marchés futurs des dirigeables, si les verrous d'usage sont levés

La segmentation des marchés pour les dirigeables : Les besoins identifiés pour les dirigeables se déclinent en quatre grands domaines, avec une situation de non-concurrence directe pour les porteurs de projet membres du Groupe de Travail :

- Les stations stratosphériques
- Le transport de charges

- Le tourisme
- La capture de données en basse altitude

Les stations stratosphériques :

Ce produit innovant est destiné à conquérir une part importante du nouveau marché des HAPS : c'est l'objet d'une compétition mondiale depuis une dizaine d'années, de la part de sociétés prestigieuses comme Google, Boeing, Lockheed Martin, Airbus. L'enjeu de Stratobus™ est de développer un dirigeable pour combler un « trou capacitaire » entre le drone et le satellite.

Les retombées économiques en France sont évaluées à environ 350 M€/an et 300 ETP à partir de 2030, pour la production de la plateforme uniquement (hors missions).

Le transport de charges lourdes :

De nombreux segments de marché s'offrent aux dirigeables charges lourdes.

- Le marché du transport de grumes, illustré en France par l'ONF qui soutient FLYING WHALES depuis sa création;
- Le marché de l'énergie pour le transport de pylônes Haute Tension, de tourets de câbles, de pales d'éolienne ;
- Le marché de la logistique au profit des grands groupes internationaux de logistique ;
- Le désenclavement de zones difficiles d'accès (Nord du Canada, Afrique occidentale, ouest de la Chine, Sibérie...);
- L'aide humanitaire pour le transport rapide de nourriture, médicaments, assistance médicale alors que les moyens de communication classiques auront été détruits.

Ces marchés seront d'autant plus importants que la solution sera indépendante d'infrastructures sol ; Ce qui est le cas pour FLYING WHALES dont le projet est quasiment le seul à pouvoir charger et décharger en vol stationnaire donc sans se poser.

Le besoin est évalué à plusieurs centaines de dirigeables sur une dizaine d'années, générant 300 emplois directs chez FW et 300 emplois indirects chez les sous-traitants.

Le tourisme :

Les enquêtes de marché effectuées récemment montrent un très grand intérêt du grand public pour des vols à 70 € sur un dirigeable de tourisme, prix cohérent avec la spectaculaire réduction des coûts qui va résulter de la suppression des équipes au sol et de l'augmentation de la disponibilité. Plus de 60% des touristes interrogés seraient partants, et il n'est pas déraisonnable de considérer que ce pourcentage peut s'appliquer à l'ensemble des touristes mondiaux (3 milliards en 2019). Le nombre d'emplois à créer pour construire et exploiter des dirigeables de tourisme se chiffre en milliers, si la production de ces appareils s'installe en France.

Les captures de données aériennes, civiles ou militaires. Le contexte sécuritaire, sanitaire et environnemental actuel se traduit par une utilisation accrue de moyens aériens pour la capture de données. Selon une étude récente, en 2019, le marché mondial des systèmes d'aérostats et des services associés pour de type de mission est estimé à plus de 8 milliards de dollars. Cette même étude estime que d'ici 5 ans, le marché européen, qui est aujourd'hui émergent, représentera près de 30% du marché mondial.

Le soutien financier encore modeste des pouvoirs publics français.

Aérophile, né en 1993, est l'exemple de la réussite mondiale d'une PME innovante en aérostation, avec plus de cent systèmes vendus dans 27 pays. Ce succès a été obtenu sans l'aide d'un grand groupe industriel et peu d'aide significative des pouvoirs publics (moins de 450 K€ de subventions).

En 2006 le Pôle de compétitivité Pégase s'est porté volontaire auprès des pouvoirs publics pour stimuler le renouveau des dirigeables en France, et notamment pour labelliser les projets, et aider ainsi à leur financement public.

Le projet Stratobus mené par Thales Alenia Space, lancé en 2009, a obtenu à ce jour 25 M€ grâce

au PSPC opéré par la BPI. Une aide plus récente de la DGA porte sur un autre montant confidentiel. Le projet Flying Whales lancé en 2012, a obtenu 25 M€ grâce à un PSPC, et des soutiens du gouvernement français (CIR, RAPID et FUI), des régions Nouvelle Aquitaine et Ile de France, soit un cumul de 40 M€ d'aides publiques sur un total de 450 M€ nécessaires pour mettre en service le produit.

A-NSE a bénéficié d'un financement DGA « Rapid » de 400 K€ pour son projet Neptune de dirigeable atterrissant sur l'eau.

Airstar et CNIM Airspace ont bénéficié d'aides pour un cumul de 2 M€ sur plusieurs projets de ballons captifs.

L'ONERA, pour les projets Horus, Neptune et Aéroliifter, a bénéficié au total de 700 K€ d'aides.

Dirisolar a bénéficié du CIR pour un montant d'environ 400 K€.

Le cumul des soutiens financiers atteint donc environ 70 M€, pour un total des budgets de projets de 900 M€, soit 7,8 % d'aides financières publiques.

Le soutien financier de l'Etat français reste ainsi modeste, en comparaison des soutiens actuellement annoncés pour de nouveaux développements dans l'industrie aéronautique, notamment 1,5 Md€ pour l'avion à hydrogène.

Conclusions

Les analyses du Groupe de Travail Aérostation **soulignent la persistance remarquable des initiatives privées en France**, malgré une grande difficulté à intéresser les investisseurs.

Les écarts résiduels entre souhaits clients et capacités systèmes sont relativement bien identifiés, les porteurs de projet français les prennent en compte, et annoncent **des avancées décisives dans la levée des verrous et dans l'émergence de nouveaux cas d'usage**. Ces avancées sont validées par un recours significatif aux simulations et modèles numériques, et aux essais de modèles réduits en soufflerie. Ces nouveaux moyens portent maintenant le TRL des projets au niveau 6, avant la construction d'appareils grandeur nature. Le risque est **désormais beaucoup mieux maîtrisé avant les dépenses de R&D les plus importantes, celles des prototypes**.

Une impérieuse nécessité est apparue au groupe de Travail : la mutualisation de la connaissance des avancées techniques, le partage des résultats d'expérimentation, et le partage de la connaissance des fournisseurs actifs. Les porteurs de projets dans le groupe de travail ne sont pas en situation de concurrence. **Cette mutualisation s'est faite en bonne intelligence, en décloisonnant les initiatives d'innovation, évitant ainsi la duplication des efforts de recherche**.

L'opportunité d'une allocation budgétaire significative de soutien financier public à l'aérostation française, est en question. Le taux d'aides publiques actuel, 7,8%, n'est pas à la hauteur des enjeux. Fortement créateur d'emplois à l'horizon d'une dizaine d'années, porteur d'une ambition crédible de position dominante au niveau mondial,

l'aérostation française mériterait un soutien financier public d'une autre dimension.

ANNEXES

1. Lettre de la 3AF

2 Constitution du groupe de travail aérostation (GT)

3. Taxonomie de l'aérostation

4. Activité des sociétés membres du groupe

- Aérophile
- CNES
- CNIM
- Dirisolar
- Flying Whales
- ONERA
- Star Engineering
- Stratobus

5. Brevets des sociétés membres

- Aérophile
- CNES
- Dirisolar
- Flying Whales
- Stratobus

6. Fiches produits et projets des sociétés membres du GT

- Aérophile (Aero2 | Aero30NG)
- CNES (BSO | BPS | MIR | BPCL | AEC | BLD)
- CNIM (CERBERE | CONDOR | DIRIDRONE | EAGLE_OWL | WHITE_HAWK)
- Dirisolar (DS1500)
- Star Engineering (Ballooneos)
- Thalès Alenia Space (Stratobus)
- Flying Whales (LCA60T)

7. Liste d'exploitants d'aérostats en France



Association Aéronautique
Astronautique de France

6, rue Galilée - Paris

Tél. : 01 56 64 12 30

Fax : 01 56 64 12 31

Email : gestionmembres@aaaf.asso.fr

www.3af.fr

