Ecole Supérieure des Transports

Mémoire de fin d'études

64eme promotion-2011

# Dirigeables Gros Porteurs : quels rôles dans la chaîne logistique ?

**José COMLANVI**

**Directeurs de Mémoire :**

**DME :Christophe-Clair BERNARD** : *Supply Chain Office & Logistics Director -ALSTOM Thermal Power Nuclear*

**DMP :Georges-GRASSET GOTHON** : *Indirect Sourcing Transportation-ALSTOM*

**DMP :Hervé KUHLMANN** :*Directeur Technique du Réseau DIRISOFT Recherche (Ecole Normale supérieure-Cachan)*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# REMERCIEMENTS

En préambule, je souhaite adresser tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur soutien durant toute ma scolarité à l'Ecole Supérieure de Transports et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie Monsieur Christophe-Clair BERNARD, Directeur école de ce mémoire, pour son cours sur le transport de colis exceptionnels et ses conseils à la fin de celui-ci qui m'ont permis de continuer ma réflexion.

Je remercie Monsieur Georges-GRASSET GOTHON, Directeur professionnel de ce mémoire pour toute sa disponibilité, ses compétences et connaissances dont il a su me faire bénéficier.

Je remercie également Monsieur Hervé KUHLMANN, Directeur professionnel de ce mémoire pour sa disponibilité, ses conseils et son expertise dont il a su également me faire bénéficier.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# SOMMAIRE

**Introduction**……4

**PARTIE 1 : PRESENTATION DU BALLON DIRIGEABLE**……6

Chapitre 1 : Histoire du ballon dirigeable……7

Chapitre 2 : Projets de ballons dirigeables modernes……12

Chapitre 3 : Le principe de fonctionnement du ballon dirigeable……22

Chapitre 4 : Ses forces et faiblesses……27

**PARTIE 2 : LE MARCHE POTENTIEL**……31

Chapitre 5 : Les secteurs d'activités demandeurs……32

Chapitre 6 : Impact du dirigeable sur l'organisation industrielle……40

Chapitre 7 : Autres marchés potentiels……41

**PARTIE 3 : EXPLOITATION OPERATIONNELLE DU DIRIGEABLE GROS PORTEUR**……52

Chapitre 8 : Le cadre juridique et institutionnel……53

Chapitre 9 : Opérations……56

Chapitre 10 : Etude prévisionnelle de coûts……59

Chapitre 11 : Impact socio-économique et environnemental……68

**Conclusion**……75



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# INTRODUCTION

Le but de ce mémoire est d'étudier les possibles rôles que pourraient jouer les Dirigeables Gros Porteurs (DGP) de nos jours.

Pour les industriels, réaliser des constructions « finies » en usine, permet de minimiser les dommages en lien avec les transports et le montage sur site. Construire une unité industrielle sous forme de modules « finis » permet de maîtriser les coûts et les charges financières. Ces avantages techniques, qualitatifs, financiers peuvent être un levier de compétitivité fort. Or, si les modes de transport actuels limitent ces concepts : ce n'est pas, a priori, le cas pour les dirigeables gros porteurs.

Ainsi, divers Etats européens appellent à développer de nouvelles technologies de transport pour : répondre aux demandes de l'industrie concernant le transport de pièces lourdes. Ils souhaitent également minimiser la construction d'infrastructures coûteuses et dommageables pour les populations et l'environnement ; répondre aux besoins accrus de sûreté et de sécurité civile et se conformer aux principes ratifiés dans le cadre du développement durable.

Enfin, le prix non maitrisable des hydrocarbures ainsi que l'augmentation de l'émission de gaz à effet de serre difficile à réduire sont au tant de raisons qui poussent à la réflexion pour la recherche de solutions alternatives aux transports routiers et aériens.

Dans cette réflexion, le dirigeable, malgré des limites observées dans le passé, aurait ainsi certains avantages que n'ont pas les autres modes. En effet ces machines qui ont connu leur apogée entre les deux guerres mondiales, Pourraient constituer une réponse pertinente tant au niveau industriel qu'au niveau écologique.
Ainsi pour répondre à toutes ces attentes, plusieurs projets de construction de ballons dirigeables modernes sont déjà en cours : Il s'agit des « Dirigeables Gros Porteurs » (DGP). Ces futurs géants de l'air auraient des capacités d'emport considérables avec des performances techniques qui n'auraient plus rien à voir avec celles des dirigeables du passé. Tout ceci nous amène à nous demander:

Quelle seraient les forces et les faiblesses des DGP ?



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Quelle serait la signature économique et commerciale des DGP ?
Quels nouveaux marchés pourraient se développer autour de cette nouvelle approche logistique ?
Qui seraient le ou les grands perdants de ce développement ?

Pour cela, nous analyserons les projets de dirigeables en cours de développement au travers d'un rapport composé de trois sections

En premier temps, nous traiterons de la présentation du ballon dirigeable à travers son histoire, les projets de DGP en cours, les fondamentaux physiques régissant le fonctionnement d'un dirigeable. Nous tenterons ici de définir un portrait robot des forces et faiblesses du dirigeable par rapport à l'environnement naturel.

Dans un deuxième temps, nous ferons une étude du marché potentiel en déterminant les marchés principaux et les possibles autres domaines d'application du dirigeable gros porteur.

Dans un troisième temps, nous aborderons l'exploitation opérationnelle du dirigeable en traitant les différents aspects en matière de règlementation aérienne française, européenne et internationale.

Ensuite, nous tenterons une approche prévisionnelle des coûts dans le cadre de l'exploitation d'un Dirigeable Gros Porteur et par comparaison aux autres modes de transport en particulier au transport routier et aérien.

Nous conclurons cette troisième section avec l'impact socio-économique et environnemental du ballon dirigeable.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# PARTIE 1 : **PRESENTATION DU BALLON DIRIGEABLE**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 1 : Histoire du ballon dirigeable

Les ballons dirigeables sont les premiers aéronefs de l'humanité. Ils ont réalisé avant tous les autres de nombreux exploits de l'aéronautique civile et militaire tels que :

- Vol
- Vol motorisé
- Vol motorisé avec retour au point de départ
- Traversée maritime ; traversée océanique
- Tour du monde
- Bombardement, porte-avions
- Photographies et observations aériennes….

## 1.1. Réussites

L'histoire commence entre :

1783 et 1785 : les premiers ballons à air chaud apparaissent avec les frères Montgolfier. Puis Jacques Charles propose un modèle, avec comme innovations majeures, par rapport au ballon à air chaud normal, la mise en place d'une soupape, *nacelle*[1], *lest*[2], enduit d'imperméabilisation et l'usage du baromètre pour la mesure de l'altitude. Meusnier, considéré comme l'inventeur du dirigeable réagit à ces avancées technologiques en posant deux contraintes relativement fondamentales à leur utilisation : il faut les caréner et les « stocker », d'où la nécessité d'un hangar de taille importante.

1852: L'ingénieur et aéronaute français, Henri Giffard (1825-1882) conçoit le premier ballon dirigeable. Long de 44 mètres, et possédant un volume de gaz de 2500 $m^3$, il était constitué d'une enveloppe non rigide. Le 24 septembre, grâce à son moteur à vapeur, il parcourut 27 km en environ 3 heures (Paris-Trappes).

1883: Le 8 Octobre, les frères Gaston et Albert Tissandier s'envolent d'Auteuil à bord du premier *aérostat*[3] dirigeable à propulsion électrique. Long de 28m, 1060 $m^3$ de gaz,

[1] Nacelle : Pièce contenant l'équipage, les commandes, la charge marchande et les passagers.

[2] Lest : Masse morte (eau, sable…) embarquée à bord des ballons pour être larguée en vol afin de ralentir sa chute ou d'accélérer sa montée.

[3] Aérostat : Aéronef « plus léger que l'air » dont la sustentation est assuré par la poussée d'Archimède.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

constitué d'une enveloppe non rigide, le ballon atterrit de force 70 minutes après leur départ dans un champ près de Croissy sur Seine (78), le gouvernail étant déclaré inefficace.

1884: Charles Renard et Arthur Constantin Krebs, deux ingénieurs français, mettent au point « La France », le premier dirigeable entièrement contrôlable ayant été capable de revenir à son point de départ par beau temps. Long de 52.4 mètres, 1864 $m^3$ de gaz et non rigide, il effectua le 9 août un trajet de 7.6 km en 23 minutes.

Puis vint le développement :

Le 2 Juillet 1900 : Le comte Ferdinand Von Zeppelin fait voler son premier ballon dirigeable à cadre rigide: le LZ1. Long de 128m, 11 300 $m^3$ de gaz, il parcourut 6 km en 18 min mais fut obligé d'amerrir sur le Bodensee, à Constance.

1908: Le 20 juin décolle le LZ4, quatrième dirigeable construit par Zeppelin pour effectuer un vol d'endurance de 24 heures afin de montrer sa fiabilité à l'armée allemande et de recevoir ainsi des subventions. Mais au deuxième arrêt dû à un incident technique, un orage arrache le LZ4 à ses ancrages et un moteur explose, enflammant l'aéronef. Le comte Zeppelin est ruiné, seule une souscription populaire de 6 millions de marks lui permet de continuer.

1909 : -Le 20 Juin, le LZ5, aéronef opérationnel, est livré à l'armée allemande. Le 16 novembre, la première compagnie commerciale de transport aérien régulier voit le jour, avec l'aide du gouvernement, il s'agit de la DELAG (*Deutsche Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft*).

-Arrivée des premiers dirigeables Schutte-Lanz. Concurrent le plus sérieux de Zeppelin, Schutte-Lanz utilisait du contreplaqué pour le revêtement de ses dirigeables. Malheureusement, les colles et le peu de connaissances à l'époque sur ce type de matériaux causèrent de graves accidents en vol. Zeppelin reprit à son compte bn nombre d'innovations réalisées par Schutte-Lanz (aérodynamisme de la carène, empennage cruciforme, quille intérieure…)

1910 : Crash du LZ5. Le LZ6 et le LZ7 « Deutschland » sont mis en service. Le LZ6 faisait 144 m de long et pouvait aller jusqu'à 56 km/h.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Puis vint l'âge d'or :

1912 : - Mise en service du LZ11 "Victoria Luise" et du LZ13 "Hansa". (Vitesse de pointe 40km/h)

- Fabrication du SPIESS, Dirigeable rigide français de ZODIAC.

1914-1918 : Plus de 110 dirigeables sont construits pour un usage militaire et certains servent à bombarder Londres et Paris. En 1918, 16 survécurent à la guerre.

1917 : Arrivée des dirigeables grimpeurs aptes à des vols à plus de 6000 m d'altitude.

1919 : Mise en service du LZ120 « Bodensee». Vitesse de pointe : 133km/h.

1920 : Le R34, dirigeable anglais (longueur : 196 m et volume de gaz : 56100 $m^3$) traverse l'Atlantique avec retour : une première mondiale. Le voyage aller et retour dura 183 heures et 15 minutes, pour une distance de 11 200 km (soit 61 km/h de moyenne).

1923 : Premier dirigeable rigide américain : le ZR-1 « Shenandoah », copie du LZ49.

1924 : Le LZ 126 "Los Angeles" est livré à la marine américaine. La nacelle comportait des installations pour 30 passagers, avec un confort inégalé. Le Los Angeles effectua environ 250 vols : le record de longévité.

1928 : Mise en service du LZ127 « Graf Zeppelin » : 237m de long avec l'utilisation du blau-gas et la récupération des eaux pour compensation des masses.

1933 : - Dirigeables porte-avions

- L'USS-Akron s'écrase, 72 personnes meurent dans l'accident. On réclame l'arrêt de la construction de dirigeables à hydrogène.

## 1.2. Les échecs : La chute

1937: Le 6 mai, le dirigeable LZ 129 "Hindenburg"[4] dont l'hydrogène a pris feu après une traversée transatlantique s'écrase à Lakehurst dans le New Jersey. Ce tragique accident marquera la fin de l'épopée des grands dirigeables.

[4] Voir Annexe A : Photographies du LZ 129 Hindenburg



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

En Mai 1937, le Hindenburg avait déjà traversé l'atlantique une vingtaine de fois sans aucuns soucis. Ce luxueux dirigeable était une véritable innovation. En effet il inaugure le transport de passagers par ballon dirigeable.

Le jour de l'accident, il transportait 97 personnes de Francfort à destination des Etats-Unis dont 36 passagers et 61 Hommes d'équipage. Long de 248 mètres et large de 41 mètres à son plus grand diamètre, l'engin est maintenu en l'air par 190000 m3 d'hydrogène et pouvait emporter 70 passagers maximum. Il est équipé de quatre moteurs diesel qui peuvent le propulser à une vitesse maximale de 70 Nœuds soit environ 135 Km/h. Pendant la traversée, qui dure trois jours, les passagers peuvent feuilleter les livres de la bibliothèque, dîner fastueusement dans la salle à manger ou se reposer dans le magnifique salon.

Le vol se déroule sans problème jusqu'au 6 mai 1937, date à laquelle le dirigeable atteint le New Jersey. Les orages l'empêchent d'atterrir. De ce fait, le Hindenburg survole la zone pendant plusieurs heures, puis le temps s'améliore suffisamment pour lui permettre de tenter un atterrissage. Lorsque le dirigeable est enfin au-dessus du point d'atterrissage, les pilotes laissent tomber les amarres qui doivent le faire descendre de son altitude de 60 m jusqu'au sol. Soudain, une légère bouffée de fumée apparaît à l'arrière du zeppelin, suivie d'une autre plus importante. Presque immédiatement, le dirigeable s'embrase.

Aussitôt trois commissions d'enquête sont formées afin de déterminer les causes de cette catastrophe. A l'époque, ni les autorités allemandes, ni les autorités américaines n'ont voulu enquêter sur l'éventualité d'un sabotage, de crainte de provoquer un incident diplomatique.

Cette tragédie a mis fin au transport de passagers par Zeppelin.

C'est seulement en 1997 qu'un spécialiste de l'hydrogène, Addison Bain[5], et une équipe de chercheurs de la NASA, ont relancé l'affaire. Ils affirment que le gaz n'est pas en cause. D'abord, les flammes du Hindenburg étaient rouges vifs, alors que l'hydrogène ne produit pas de flammes visibles. Ensuite, aucun témoin n'a mentionné l'odeur d'ail suffocante qui avait été mêlé à l'hydrogène pour permettre de détecter une fuite éventuelle.

[5] Addison Bain : Scientifique retraité de la NASA, membre fondateur de la l'association nationale d'hydrogène.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Les conditions météorologiques pourraient être à l'origine de l'accident. L'orage qui sévissait au moment où le dirigeable essayait d'atterrir charriait une grande quantité d'électricité, et des éclairs striaient le ciel autour de l'appareil. Bain s'est également procuré deux échantillons d'une enveloppe de dirigeable vieille de 60 ans et semblable à celle qui a été utilisé pour la construction du Hindenburg. Les tests montrent, que pour être renforcée, la carène de l'appareil avait été enduite d'un composé à base de nitrate qui entre dans la composition d'explosif. Par-dessus ce revêtement explosif, une autre couche à base d'une poudre d'aluminium utilisée pour la propulsion des fusées, a été appliquée. Pour parfaire cette véritable bombe ambulante, les différentes parties de la carène étaient assemblées par des armatures de bois, recouvertes d'une laque inflammable. Pour appuyer sa thèse, Bain a soumis les échantillons aux mêmes conditions atmosphériques du 6 mai 1937 et le matériau s'est aussitôt enflammé.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 2 : PROJETS DE BALLONS DIRIGEABLES MODERNES

Dans divers pays notamment en Europe et en Amérique du nord (USA, Allemagne, France, Grande-Bretagne, Russie), des projets de dirigeables ont vu le jour ces trente dernières années. Beaucoup de concepts ont été avancés, beaucoup d'études ont été réalisées et quelques prototypes à échelle réduite ont volé. Certains n'ont pas pu être menés à bout, le plus souvent pour des raisons de financement. Ils montrent néanmoins le renouveau et l'intérêt pour ce mode qui apparaît comme une nécessité pour combler certains segments du marché de transports.

Ci après, les projets les plus sérieux en exploitation ou en cours de développement :

## 2.1 Principaux projets de Dirigeables Gros Porteurs-DGP

- ***Image n°1 : Projet Skycat-20/Skycat-220 – Constructeur : ATG (Advanced Technologies Group) – Grande Bretagne***

*Source : http://www.aerospace-technology.com/projects/skycat/ (image de synthèse)*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

| PROJET SKYCAT-20/SKYCAT-200 - CONSTRUCTEUR: ATG - GRANDE BRETAGNE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| DGP décollage classique / vertical | Skycat-20=20 Skycat-200=200 | Skycat-20=80 Skycat-200=185 | Skycat-20=4000 Skycat-200=6000 | 135 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION[6] | BALLASTAGE[7] | STATUE |
| 2 dirigeables assemblés l'un à l'autre. | Moteur hybride | Hélium | Non Communiqué | En développement |

*Table n°1 : Caractéristiques du Skycat. Source : Jose Comlanvi 2011 : http://www.aerospace-technology.com/projects/skycat/*

Ce projet est l'œuvre du constructeur britannique ATG (Advanced Technologies Group).

Il s'agit de deux dirigeables assemblés l'un à l'autre. Doté d'un moteur hybride, il fonctionnera à l'hélium et à l'essence. Le système d'atterrissage sur coussin d'air lui permettra d'atterrir sur des terrains accidentés, sur l'eau, ou encore des marais.

Les usages voulus pour le Skycat sont : la surveillance militaire, le service d'incendie, le tourisme pour la version Skycat-20 et le transport de marchandises pour la version Skycat-200.

Mais le Skycat devrait être remplacé par le P-791 Airship. Il s'agit juste de la reprise du principe de ATG par Lookheed-Martin car ATG n'existe plus mais le concept est lui, bien vivant.

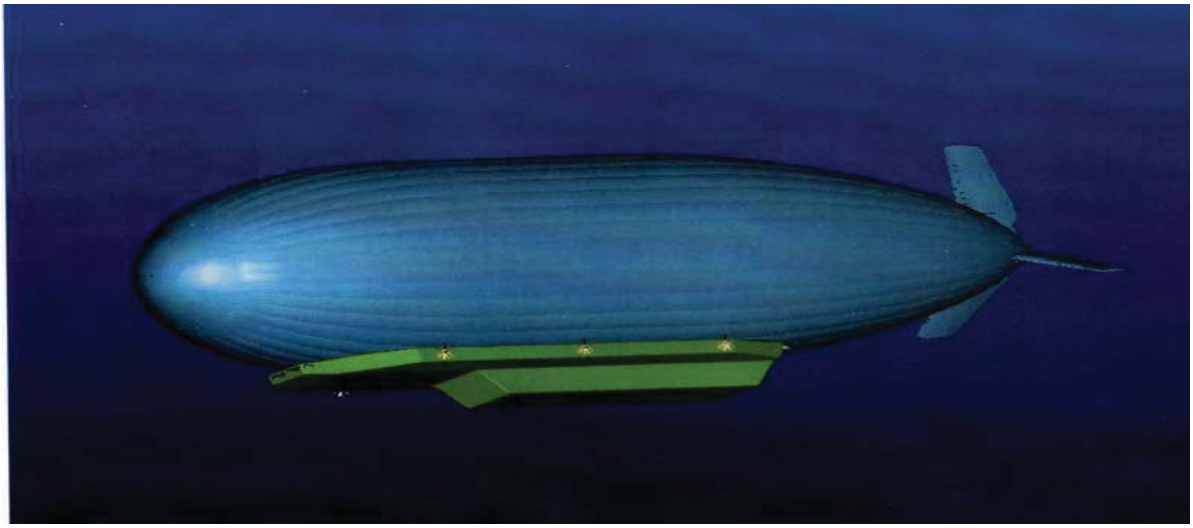
[6] Sustentation : Force qui maintient dans les airs un aéronef.

[7] Ballastage : Action de ballaster. Ballast synonyme : lest voir ([2])



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

- ***Image n°2 : Projet First 1A – Constructeur : AAT (Aerospace Adour Technology) – France***



*Source : http://www.airship-dirigeable-aat.com/aat.htm (image de synthèses)*

| PROJET FIRST 1A - CONSTRUCTEUR: AAT - France | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| DGP décollage vertical | 250 | 300 | 9000 | 160 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION | BALLASTAGE | STATUE |
| Rigide | 6 Moteurs à Gaz de 36.000 chevaux | Hélium | Ballastage à l'air | En développement |

*Table n°2 Caractéristiques du FIRST 1A. Source : Jose Comlanvi : E&Y*

Gonflé à l'hélium, avec une enveloppe en textile moderne anti-foudre, ballasté à l'air comprimé comme des sous-marins et doté de nacelles détachables, ce nouveau dirigeable devrait avoir une autonomie de vol comprise entre 6 000 et 10 000 km à une altitude de 2000m. Il doit pouvoir s'amarrer pratiquement en toutes circonstances et en tous lieux. Apte aux grandes distances (9.000 km à 160 km/h de moyenne), First 1A sera le premier dirigeable à bénéficier d'une autonomie réelle.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Il est fondé sur un concept révolutionnaire de ballastage par air comprimé qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet à l'international, y compris aux Etats-Unis et au Canada. Sa soute est détachable, amphibie, autonome (déplacement lent de la soute sur coussin d'air à partir de deux turbines avant et arrière).

- ***Image n°3 : Projet Aeros ML 866 – Constructeur : Aeroscraft – USA***

*Source : http://tech.icrontic.com/news/dirigible_revival-02-11-07/ (image de synthèse)*

| PROJET AEROS ML 866 - CONSTRUCTEUR: AEROSCRAFT - USA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| DGP décollage vertical | 400 | Env.80 | 5000 | 222 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION | BALLASTAGE | STATUE |
| Rigide | 6 Turbopropulseurs | Helium | Système COSH (Control of Static Heaviness) | En développement |

Table3 : Caractéristiques ML 866. *Source : Jose Comlanvi http://www.aerosml.com/aeroscraftfamily.php*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

L'Aeros ML 866 est un mélange de l'avion classique et du dirigeable. En effet, en alliant la portance aérodynamique à celle à l'hélium, en plus du système de ballastage COSH (Control of Static Heaviness) qui permet de contrôler la portance en ajustant son poids en plein vol sans avoir recours à des lests, cet engin pourra ainsi décoller comme un avion et présentera une amélioration de cette procédure de vol déjà bien connue dans le monde des dirigeables à la fin des années 1930. En effet la notion de portance aérodynamique était déjà utilisée pour l'opération du Graf Zeppelin LZ 127 le 26 Août 1929 lors de son départ de Los Angeles. Il s'agit d'une rétro-innovation.

## 2.2 : Cargolifter (Image n°4 )

*Source : http://www.zukunft-in-brand.de/index.php?id=cl160_1 (image de synthèse)*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

| PROJET CL 160 - CONSTRUCTEUR: CARGOLIFTER - ALLEMAGNE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| DGP décollage vertical | 160 | 260 | 10000 | 100 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION | BALLASTAGE | STATUE |
| Semi-rigide | 8 moteurs type hélicoptère | Hélium | Arrimage au sol avec des ancres | Abandonné |

*Table n°4 : Caractéristiques. Source : Jose Comlanvi : http://dirigeables.free.fr/CargoLifter.htm*

La société allemande Cargolifter fondée le 1er Septembre 1996 à Wiesbaden, est la seule initiative sérieuse depuis les années 30 en matière de dirigeables.

Elle était destinée à la construction du Dirigeable Gros Porteur CL 160. Ce dirigeable semi-rigide devrait être construit autour d'une poutre centrale supportant la charge et les installations de chargement et de déchargement. C'était un projet qui en 2002 rassemblait 71709 actionnaires.

Le budget nécessaire au développement du projet a été estimé à 150 millions d'euros. Le seul coût de construction du gigantesque hangar (360m de long, 210 m de large et 107m de haut) destiné à abriter le CL160 s'est élevé à 50 millions d'euros environ. Le reste du budget a été rapidement consommé dans la fabrication d'un ballon sphérique pour le levage et dans des conceptions infructueuses notamment en lien avec le développement de tissus techniques qui n'existaient pas à l'époque.

En fait, la construction en semi rigide comme cela devrait être le cas, générait une contrainte importante sur la toile à laquelle la quille était attachée. Hors, les matériaux de l'époque auraient rendu cette toile si épaisse que la charge utile aurait été très largement en deçà des 160 tonnes promises. Au dire de certains, la charge utile aurait été quasi nulle une fois l'appareil en ordre de vol.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## 2.3 Les transporteurs légers

- ***Image n°5 : LZ NT 07 - Constructeur : Luftschiffftecknik Gmbh – Allemagne***

*Source : http://www.airport-data.com/aircraft/photo/259064L.html:2006*

| LZ NT 07 - CONSTRUCTEUR LUFTSCHIFFTECHNIK Gmbh - ALLEMAGNE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| Blimp, décollage vertical | 1,9 | 75 | 900 | 125 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION | BALLASTAGE | STATUE |
| Semi-rigide | 3 moteurs à hélice | Hélium | Arrimage au sol | En exploitation |

*Table°5 : Caractéristiques du LZ NT 07 : Source Jose Comlanvi : http://dirigeables.free.fr/zeppelinNT.htm*

Ce Zeppelin semi-rigide a réalisé son premier vol en septembre 1997.

Actuellement il existe trois dirigeables du même type (Zeppelin NT-07). Ils sont en exploitation et volent régulièrement. Il est utilisé pour le transport de touristes avec un



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

emport de 15 passagers. Il est également utilisé pour la surveillance ou encore la publicité.

Le LZ NT 07 est doté de trois moteurs Textron Lycoming IO-360 fonctionnant à l'essence d'aviation. Sa durée de vol maximale théorique est assez élevée, soit une durée maximale de 24 heures. Son atterrissage nécessite une équipe de trois personnes au sol.

Cependant le LZ NT 07 ne vole que lorsque les conditions météorologiques sont clémentes avec un vent < 30km/h. Il est exploité en France par la société AIRSHIPVISION.

La version plus allongée avec un emport plus important, le LZ NT 14 est déjà en cours de développement. Ce nouvel engin ne sera pas le symbole d'innovation technologique si on le compare à son aîné le LZ NT 07 et gardera donc les mêmes caractéristiques techniques mais pourra voir sa charge utile augmentée entre 15 à 20 tonnes ce qui lui permettrait certainement d'avoir une nacelle plus grande pour transporter plus de touristes.

- ***Image n°6 : Au-30 – Constructeur : Ros Aeros System – Russie***

*Source : http://www.aero-systemes.com/dirigeables/2008*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

| AU-30 - CONSTRUCTEUR ROS AEROS SYSTEM - RUSSIE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| CATEGORIE | CHARGE UTILE (t) | LONGUEUR (m) | RAYON D'ACTION (km) | VITESSE MAX (km/h) |
| Blimp, décollage vertical | 1,5 | 54 | 1600 | 80 |
| STRUCTURE &ENVELOPPE | ENERGIE-PROPULTION | SUSTENTATION | BALLASTAGE | STATUE |
| Souple | 2 moteurs à piston | Hélium | Arrimage au sol | En exploitation |

*Table n°6 : Caractéristiques du Au-3O. Source : Jose Comlanvi http://www.aero-systemes.com/dirigeables*

Ce dirigeable, est celui que le célèbre médecin explorateur français Jean-Louis ETIENNE a utilisé pour son expédition au dessus de la banquise arctique en Avril 2008. Il est essentiellement destiné au transport de touristes et pour des missions de surveillance et de publicité. Il a une durée maximale de vol 24 heures en vitesse de croisière.

- ***Image n°7 : MC-500-Projet de DIRISOFT- France***

*Photo MC-500. Source : Jose Comlanvi Juin 2010*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Le réseau DIRISOFT est organisé autour d'un comité de pilotage et d'un conseil scientifique et fonctionne en projets. Il sera configuré pour être totalement compatible avec l'organisation de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Ce réseau a aussi vocation à être une source de propositions pour les appels à projets de l'ANR.
Le conseil scientifique du réseau DIRISOFT rassemble des personnalités scientifiques de tout premier plan dans le domaine des dirigeables. Le comité de pilotage, instance opérationnelle du réseau, est animé par Hervé Kuhlmann, chef de projet.
Le réseau DIRISOFT a vocation à couvrir l'ensemble des thématiques scientifiques concernées par la problématique des dirigeables pour les applications de surveillance et de transport de charges lourdes. Il s'agit donc d'un réseau de recherche pluridisciplinaire couvrant à la fois des domaines de science fondamentale (physique des gaz, mécanique, chimie, matériaux) que des champs technologiques aussi variés que l'énergétique, le contrôle/commande, ou l'étude et la modélisation des systèmes complexes.
Le MC-500 (photo maquette ci-dessus) un des projets majeur de DIRISOFT est un dirigeable nouvelle génération en partenariat avec la mairie de Paris.

Sa forme inspirée des ailes d'avions, les matériaux qui le composent, sa motorisation électrique alimentée par une pile à combustible et son maniement aisé, font de ce prototype MC 500 un appareil innovant.

Ce dirigeable destiné à survoler la ville de Paris aura pour mission principale, l'observation longue durée. Grâce à la technologie embarquée, il pourra surveiller le trafic, procéder à des mesures de la pollution et faire des photographies aériennes.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 3 : Le principe de fonctionnement du ballon dirigeable

Tous les objets volants créés par les humains s'appellent des aéronefs.

Il existe deux catégories d'aéronefs : les AERODYNES (ou les « plus lourds que l'air ») et les AEROSTATS (ou les « plus légers que l'air »). Le ballon dirigeable qui fait l'objet de cette étude fait partir de la catégorie des aérostats soit des « plus légers que l'air ».

## 3.1. Les aérostats

Les aérostats sont des aéronefs qui utilisent la force d'Archimède pour voler. L'étymologie du mot AEROSTATS signifie « capable de vol immobile ». Ces aérostats n'ont pas besoin d'une puissance minimale pour voler, ceci explique leur apparition avant les aérodynes.

Les aérostats se distinguent selon qu'ils soient motorisés ou non.

- ***Les aérostats non motorisés***

Aussi appelés « Ballons libres » ou simplement « ballons », ces aérostats ne peuvent se déplacer qu'au gré du vent une fois dans l'air. Les ballons captifs sont une sous-catégorie des ballons libres. Ils sont attachés au sol par un câble sur treuil et font la joie des citadins en mal d'altitude.

- ***Les aérostats motorisés***

Aussi appelés « ballons dirigeables » ou simplement « dirigeables » ils permettent contrairement aux ballons libres de suivre une route préalablement déterminée grâce à l'emport d'une puissance motrice et sont l'objet de cette étude.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## 3.2. Description

- Image n°8 : Coupe longitudinale de la structure du ZRIII « Los Angeles »

*Source :http://inter.action.free.fr/publications/zep.pdf :Octobre.2001*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## 3.3. Types de dirigeables

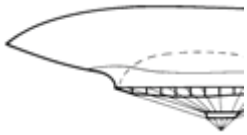
| | |
|---|---|
| | **TYPE SOUPLE**<br>L'enveloppe souple est souvent utilisée pour les petits dirigeables.<br>Ils sont aussi appelés « Blimps » et sont les plus répandus. |
|  | **TYPE SEMI-RIGIDE**<br>Souvent utilisé pour les dirigeables de taille moyenne. |
| | **TYPE RIGIDE**<br>Ils sont plus légers, plus performants de part leur enveloppe externe aérodynamique Ils sont donc capables de transporter de charges lourdes. |

*Table n°7 : Différents types de dirigeables. Source : http://inter.action.free.fr/publications/zep.pdf 2001/Jose Comlanvi*

## 3.4. Le principe physique

Les ballons sont soumis au théorème d'ARCHIMEDE appliqué dans l'air ; « ***Tout corps immergé dans un fluide subit une force opposée au poids du fluide déplacé ».***

### 3.4.1. La notion de portance

Cette force F dirigée vers le haut s'appelle " LA PORTANCE AEROSTATIQUE ". Elle s'applique au centre de gravité G de l'air déplacé. Elle est calculée par la formule suivante :



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

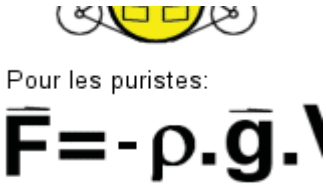



*Schéma n°1 : La notion de Portance*

Avec :

| | |
|---|---|
| **F** | La valeur de la portance aérostatique avec pour point d'application le centre de gravité de l'air déplacé. L'unité de mesure est le daN |
| **p** | Masse volumique de l'air déplacé par ballon. L'unité de mesure est le Kg/m3 |
| **V** | Volume d'air déplacé par ballon. L'unité de mesure est le M3 |
| **g** | L'accélération due à la gravité. Elle est dirigée vers le sol. L'unité de mesure le m/s2 |

La Portance a une valeur numérique très faible. Elle croît avec le volume et non avec la surface comme c'est le cas pour les aérodynes. Ceci favorise la grande taille des dirigeables et interdit pratiquement l'existence de petits dirigeables. D'autre part la portance diminue avec la masse volumique. Il est donc illusoire de vouloir réaliser des dirigeables ayant une capacité d'emport importante pour un usage de haute altitude.

### 3.4.2. La notion de l'EQUILIBRE

Pour réaliser l'équilibre du ballon dirigeable, il faut égaliser son poids (P=M.g) et la portance d'ARCHIMEDE. L'équation d'équilibre s'écrit : F=M.g



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

*Schéma n°2 : La notion de l'Equilibre*

Avec :

| | |
|---|---|
| **F** | La portance (voir paragraphe précédent) et O le point d'application de la portance. |
| **M** | La masse du ballon. G est le centre de gravité donc point d'application du poids. |
| **A** | Le métacentre de la flottabilité |
| **g** | Accélération due à la gravité (vers le bas) |

***Si la portance dépasse le poids, le dirigeable monte jusqu'à atteindre l'altitude d'équilibre et inversement si le poids est plus important que la portance le ballon perd en altitude jusqu'à équilibre.***



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 4 : Ses forces et faiblesses

## 4.1. Faiblesses

- ***Sensibilité météorologique***

Par comparaison les transports routier et maritime sont beaucoup moins tributaires des conditions météorologiques. Le transport aérien est un peu plus sensible à ce facteur. Néanmoins la plupart des avions commerciaux peuvent voler avec des vents atteignant les 90 km/h. Face à ces modes, on note que le ballon dirigeable est beaucoup plus sensible aux conditions météorologiques.

Ceci représente un handicap important à son exploitation. En effet le dirigeable a une forte prise au vent et ainsi au delà de 50 Km/h de vent le dirigeable n'est plus manœuvrable. Par ailleurs, il existe un risque de surcharge due à la neige et au givre, critère qui est non négligeable pour un chargeur. Ainsi le risque de perdre un, voire plusieurs jours, en raison de l'immobilisation du dirigeable gros porteur est difficilement acceptable pour lui. C'est peut être la une explication du scepticisme de certains professionnels du transport quant à la fiabilité de celui-ci.

Ceci dit, ces propos sur le risque de perdre plusieurs jours pour le transport peuvent être modérés s'il ne s'agit que du temps. Tout dépend de la base sur laquelle on travaille. Prenons l'exemple d'un flux Europe // Brésil, soit Belfort // Sao Paulo. Le transit time maritime multimodal est de 30 à 35 jours en porte à porte, quand le dirigeable mettra 1 semaine voire moins car historiquement la liaison Europe// Brésil en dirigeable durait 90H maximum (http://www.airships.net/hindenburg/flight-schedule). A partir de cette analyse perde 1 ou 3 jours redevient acceptable. Cependant, c'est une question d'enjeux.

Toutefois, il ne faudrait pas attendre du ballon dirigeable dès le début de son exploitation des performances semblables à celles d'un avion ou d'un camion en matière de sensibilité météorologique. Ainsi le délai se fera dans une fourchette de jours voire de semaines et c'est le transporteur qui choisira le jour du transport, en fonction de la météo et des connaissances qu'il aura de son, ou de ses appareils. Le ballon dirigeable bénéficiera incontestablement des avancées technologiques déjà acquises pendant ses phases de développement. Tout comme l'avion n'est pas arrivé au degré de performance que nous lui connaissons aujourd'hui, du jour au lendemain,



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

il faudra un peu de temps au ballon dirigeable pour se perfectionner. Nous pourrons alors profiter de toutes ses externalités positives.

- ***La Rareté de l'Hélium***[8]

La rareté du gaz porteur utilisé dans tous les ballons dirigeables depuis le Hindenburg pose la question d'une éventuelle alternative. En effet le stock de ce gaz « Noble » issu de la désintégration radioactive de certaines roches, extrait du gaz naturel et convoité pour ses qualités chimiques: incolore, inodore, insipide, non toxique, et très léger est en cours d'épuisement. En cause le «Helium Privatisation Act» de 1996, qui prévoit la vente intégrale d'ici à 2015 du principal stock d'hélium des Etats-Unis, situé à Amarillo au Texas. Ce gisement contient près d'un milliard de mètres cubes d'hélium, soit la moitié du stock mondial. «La Terre est âgée de 4,7 milliards d'années, et il a fallu ce temps pour accumuler les réserves d'hélium, que nous aurons épuisés dans cent ans. En effet ce gaz est très utilisé en médecine, mais aussi dans la fabrication des cristaux liquides LCD et des fibres optiques, il intervient également en médecine dans le refroidissement des aimants utilisés en IRM, pour faciliter la respiration de patients souffrant d'obstruction des voies respiratoires ou pour traiter des tumeurs oculaires. Les bouteilles des plongeurs en mer contiennent aussi de l'hélium, et la Nasa en utilise de grandes quantités pour pressuriser les navettes spatiales.

Ainsi le grand volume de l'enveloppe d'un dirigeable contenant de l'hélium, est une des causes principales de la vulnérabilité de ce mode de transport. (Approximativement il faut 1m$^3$ d'hélium pour soulever 1kg-*source H.KUHLMANN*)

Toutefois l'hélium n'est pas le seul gaz porteur pouvant servir à l'exploitation d'un ballon dirigeable. L'hydrogène qui a déjà servi de gaz porteur et qui est très abondant est une solution viable pour moins dépendre de l'hélium. Il est certes inflammable alors que l'hélium ne l'est pas. Mais l'hydrogène n'est pas plus inflammable que l'essence ou le GPL que nous mettons dans nos véhicules ou encore que le kérosène pour les avions ou pour finir que le fioul que nous stockons dans nos maisons. Les ingénieurs devront définir les règles de sécurité à respecter ainsi et mettre en place des contrôles pour vérifier qu'elles sont bien observées. Les exploitants de dirigeables devront se conformer à cette réglementation.

[8] Rareté de l'hélium : document complémentaire voir annexe B



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## 4.2. Forces

- ***la Vitesse***

Le dirigeable gros porteur se situera en matière de vitesse entre le mode de transport aérien et les modes de transport lents (le transport maritime et le transport fluvial). La vitesse de DGP en cours de construction étant en moyenne de 120 km/h les placera dans une position plus favorable par rapport au transport routier et ferroviaire sachant que pour un convoi routier de transport exceptionnel il faut raisonner sur 30 à 50km/h sur autoroute et que la vitesse commerciale d'un train de marchandises est d'environ 18 km/h.

- ***La capacité***

Avec les moyens actuels, toute charge de plus de 200 tonnes ne peut être que très péniblement transportée. En deçà, les entreprises estiment que les moyens actuels apportent une réponse, même si elle est coûteuse et incommode. Il faut souligner que les charges à transporter sont de plus en plus lourdes. Cette progression, que l'on observe depuis plusieurs années, devrait perdurer. Les performances constatées chez les constructeurs et transporteurs pour faire mieux (camions « mille pattes », surbaissés, études de trajets…) en témoignent. Les futurs ballons dirigeables gros porteurs existeront en plusieurs modèles. On aura des modèles de charge utile de 100 tonnes de 200 tonnes voire plus. Ils apporteront ainsi une solution adaptée au transport de colis exceptionnels.

- ***Faible dépendance aux infrastructures***

En dehors des hangars nécessaires pour les opérations de maintenance et pour protéger les dirigeables des mauvaises conditions météorologiques ; la nouvelle génération de dirigeables (DGP) aura une faible dépendance aux infrastructures au sol pour les opérations d'amarrage ou de ballastage notamment ceux qui seront dotés de la technologie du ballastage à l'air. L'exploitation de dirigeables nécessitera des infrastructures spécifiques moins étendues que celles du transport aérien. La plupart des DGP ayant la capacité de décoller et d'atterrir verticalement.

- ***La sécurité***

Le dirigeable offre des garanties en termes de sécurité car contrairement aux aérodynes, même en cas de défaillance moteur, porté par le gaz porteur, le dirigeable reste manœuvrable. Ceci représente une garantie de sécurité à la fois pour les



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

personnes et les marchandises transportées. Les chargeurs ayant recours au transport combiné en évoquant la protection qu'offre le train par rapport au transport routier sujet à des vols ou dégradations, pourraient trouver dans les DGP de bonnes garanties.

- ***Distance à parcourir***

Les distances à parcourir sont importantes (elles peuvent dépasser 10 000 km). Bien que les usines produisant des charges importantes aient pris en compte la contrainte du transport en choisissant leur implantation géographique , (sur une voie d'eau, un port, desserte ferrée…), il est rare que les trajets puissent être effectués par un seul moyen de transport. Les rives du Rhin ont la plus forte concentration européenne d'usines spécialisées dans l'industrie lourde mais, sauf exception, les produits qui y sont fabriqués sont livrés n'importe où. Ceci explique que le plus souvent les trajets s'effectuent par le Rhin jusqu'à Rotterdam où la mer prendra le relais. Cette caractéristique des distances peut être expliquée par le fait que le marché du transport de charges lourdes correspond, tout d'abord, à la demande de pays comme la Chine, l'Inde ou encore le Brésil car les transports de charges lourdes et/ou indivisibles ont souvent pour cause le renouvellement ou l'accroissement par les entreprises de leur outil de production. Ces opérations ont donc un caractère exceptionnel.

Le transport exceptionnel, n'est-ce pas là un marché intéressant pour le Dirigeable Gros Porteur ?



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# PARTIE 2 : **LE MARCHE POTENTIEL**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Pour le développement et la mise en place de la filière de dirigeables gros porteurs, il faut des préalables. La première partie étant l'existence d'une filière de construction de dirigeables comme nous l'avons vu dans la première partie de cette étude. Le second préalable qui fait l'objet de cette partie est l'existence d'un marché suffisant qui permettrait leur exploitation et la pérennité de cette activité.

La question est de savoir si le ballon dirigeable arrivera à trouver à nouveau une place dans le marché actuel car depuis leur disparition le monde s'est organisé sans eux. Mais si depuis quelques années, leur retour est de plus en plus d'actualité, c'est parce que sur certains segments du marché, on ressent le besoin d'un autre mode de transport plus pratique.

Ceci nous amène à nous demander :

Quels sont les domaines où nous en avons besoin ?

Mais aussi quels sont les autres domaines ou nous pourrions en avoir besoin ?

Aussi, étudierons-nous les répercussions que l'utilisation du DGP pourrait avoir sur les processus de conception, de production et de logistique.

# Chapitre 5 : Les secteurs d'activités demandeurs

## 5.1. Le colis exceptionnel : le transport exceptionnel

Un transport exceptionnel est un transport dont les caractéristiques ne correspondent pas aux prescriptions du Code de la Route. Il concerne le transport **d'objets** ou de **masses indivisibles** dont **les dimensions** ou **la masse** excédent les limites réglementaires fixées par le Code de la Route.
En effet, **un chargement divisible** ne peut normalement donner lieu à un transport exceptionnel.
Les convois de transports exceptionnels sont classés en **trois catégories**, suivant qu'au moins une de leurs caractéristiques (masse, longueur, largeur) excède les limites du tableau ci après.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

| CARACTERISTIQUE DU CONVOI | PREMIERE CATEGORIE | DEUXIEME CATEGORIE | TROISIEME CATEGORIE |
|---|---|---|---|
| Longueur (m) | $\leq 20$ | $20 < L \leq 25$ | $> 25$ |
| Largeur (m) | $\leq 3$ | $3 < l \leq 4$ | $> 4$ |
| Masse totale (Kg) | $M \leq 48000$ | $48000 < M \leq 72\ 000$ | $M > 72\ 000$ |

*Table n°8 : Classification des convois de transports exceptionnels. Jose Comlanvi source :* www.setra.equipement.gouv.fr

Il est à noter qu'il n'y a aucune limitation de la hauteur des véhicules. Il appartient donc au transporteur, de s'assurer avant d'emprunter un itinéraire, de la hauteur disponible sous tous les ouvrages surplombant la route. En Europe occidentale le gabarit moyen des ponts est de 4.30m de haut.*(http://www.cetu.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Note)*

Les convois larges et longs gênent l'écoulement du trafic. De plus, quand ils sont très lourds, cette gêne est augmentée car ils circulent alors à faible vitesse. De plus, ils peuvent causer des dommages aux chaussées et aux ouvrages d'art en accélérant ainsi l'usure.

Les circulaires en vigueur prévoient une signalisation spécifique des convois et des conditions particulières d'accompagnement (voiture pilote, véhicule de protection arrière, escorte, espacement entre véhicules…)…Bien entendu, les conditions imposées à la circulation sur les routes et sur les ponts d'un convoi-exceptionnel sont différentes suivant la catégorie à laquelle il appartient. Pour le franchissement des ponts, les convois de 1ère et 2ème catégories conformes à la circulaire en vigueur, sauf cas particulier tel que pont en mauvais état, âgé, à charge limitée…, peuvent rouler au milieu des autres véhicules sans restriction de circulation. Par contre, les convois de 3ème catégorie circulent seuls et très souvent doivent franchir les ponts au pas et dans l'axe voire même leur peut être interdit sur certains ouvrages de force portante insuffisante.

Le parc des ouvrages est très hétéroclite. En effet, comme le montre le graphique ci-après, plus de 5% des ponts du réseau national, hors ponts en maçonnerie, ont été calculés avec des règles de charges et de calcul (béton armé, métal…) antérieures à 1960. Les différentes règles ont énormément évolué depuis plus d'un siècle.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

.

*Schéma n°3 : Inventaire des ouvrages par âge/Source :* www.setra.equipement.gouv.fr

D'autre part les rayons de giration usuels des ronds-points varient de 18m à 22m voire 23m sachant que les convois de la troisième catégorie composé d'un attelage de 40m ont un rayon de giration de 17m (à l'intérieur) et 23m (à l'extérieur). Cela veut donc dire que les attelages de 40m ne pourront pas passer à tous les ronds-points.

On peut estimer qu'à partir de la troisième catégorie de transport exceptionnel, l'utilisation du camion comme mode de transport devient incommode voire peu raisonnable. De ce fait un autre mode de transport plus adapté serait le bienvenu.

Pour ce qui du transport aérien, même si l'Antonov a une charge utile de 250 tonnes comme l'indique le tableau ci-après, le fret qui mesure plus de 4,4m de hauteur ou plus de 6,4 de large devient intransportable par ce dernier. De plus il lui faut une piste de 3,5 km minimum pour décoller. *(http://www.techno-science.net/forum/viewtopic)*. Le fait que tous les aéroports ne disposent pas d'une de cette dimension limite le champ d'action et donc l'efficacité de mode pour le transport des colis exceptionnels.

| **Type d'appareil** | **Boeing 747 Freighter** | **Antonov 225 Mriya** |
|---|---|---|
| *Charge utile (kg)* | 110000 | 250000 |
| *Largeur max (m)* | 5 | 6,4 |
| *Hauteur max(m)* | 3 | 4,4 |

*Table n°9 Caractéristiques Antonov&Boeing 747. Jose Comlanvi source : Entretien*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Le ballon dirigeable apparait naturellement comme le moyen de transport le plus adapté pour transporter les colis qui font l'objet de la troisième catégorie de transport exceptionnel.
Les entreprises fabricantes ou utilisatrices de colis exceptionnels se repartissent sur quelques secteurs.

### 5.1.1 Industrie mécanique

Ce secteur qui est celui de la production d'équipements énergétiques comprend les activités de chaudronnerie et de vantellerie. Les grands industriels de ce secteur sont : ABB qui courant de l'année 2011 a procédé à plusieurs rachats d'autres sociétés et qui a publié le 22 Juillet 2011 sur son site internet une hausse de 43% de son résultat net au deuxième trimestre à la faveur d'une progression constante de son chiffre d'affaires. C'est la preuve que le secteur se porte bien. Par ailleurs nous avons aussi General Electric, VA Tech, Eiffel Construction, Alstom…
Du coté des entreprises clientes, nous avons en France EDF qui constitue au niveau européen aux cotés des entités nationales de production d'énergie, un des principaux demandeurs de turbines, de transformateurs, de générateurs, de réacteurs nucléaires.
Il s'agit ici des pièces très volumineuses pour équiper en général des centrales nucléaires comme celles d'EDF par exemple. Nous pouvons citer comme exemple le transport du « starter-alternateur » de 450t et d'une partie du futur réacteur EPR de 500t destinés à l'usine de Flamanville dans le département de la Manche. En effet le 06 Janvier 2011 ces deux éléments ont quitté l'usine ALSTOM de Belfort. Ils ont une largeur de plus de 8,4m soit 1,4m de plus que la largeur des convois exceptionnels habituels. Un tel gabarit a nécessité le démontage d'une partie du mobilier public de la ville. La solution multimodale Route-Maritime-Route avec de nombreuses ruptures de charges à été choisie. L'itinéraire a été le suivant : Belfort - Port de Strasbourg - Port de Rotterdam - Port de Cherbourg – Flamanville (*Source C.C.B*)
Dans cet exemple, en cas d'utilisation d'un DGP il aurait été nécessaire, de choisir soit un DGP de 500t ou deux dirigeables de 300t par pièces compte tenue de la largeur imposante et du poids d'une pièce. Le délai de transport aurait été plus court et surtout sans rupture de charge entre le lieu de chargement et le lieu de déchargement, ce qui représente un avantage considérable. De plus ici, la pièce une fois arrimée au dirigeable serait posée directement sur le site d'assemblage de Flamanville. L'opération de transport en elle-même prendrait une journée maximum au lieu de 15 jours …



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Par ailleurs, même le séisme de FUKUSHIMA au Japon et la politique d'arrêt de la production nucléaire qu'elle a engendrée ne constituera pas un frein au volume d'activité qu'une entreprise comme EDF pourrait fournir au ballon dirigeable. En effet le DGP interviendrait dans ce cas dans le démantèlement des centrales nucléaires en fin de vie ainsi que dans le transport des nouvelles unités remplaçantes du nucléaire telles que les éoliennes, turbines à gaz…

### 5.1.2. L'ingénierie

On trouve dans ce secteur les industriels spécialisés dans les activités de transfert des usines clefs en mains de l'industrie pétrolière , para-pétrolière ainsi que chimique. On identifie comme acteurs principaux de ce secteur Technip, Bouygues off shore, Total …

- ***Les usines clefs en mains***

Une grande partie des mises en place se font au Moyen-Orient et touchent à l'extraction et à la transformation du pétrole. L'assemblage sur site des pièces est très important. Les noyaux centraux des usines ont un poids d'environ 300 tonnes et sont actuellement intransportables sans division. Le dirigeable Gros porteur permettra de le faire avec le modèle de 300tonnes ou plus.

- ***Les unités off shore***

La construction des ces unités nécessite des charges très lourdes et leur transport varie sur des distances pouvant aller de 100 km à 2000 km. Aujourd'hui, les pièces de ces plateformes sont acheminées vers des ports, puis après assemblage sont tirées par navire du port jusqu'à leur lieu d'installation.
Le transport par ballon dirigeable de ces plateformes serait soumis aux mêmes contraintes de précision.

### 5.1.3. Les composants préfabriqués de navires

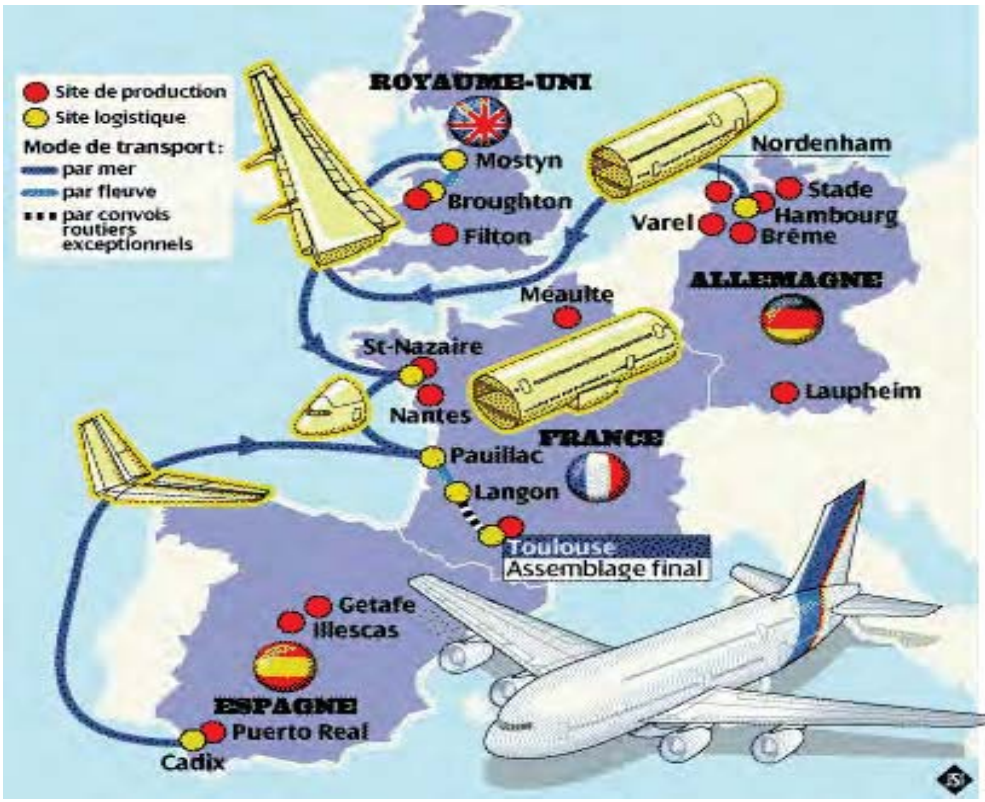
Pour des raisons de rentabilité et de spécificité des métiers, les composants des bateaux sont fabriqués dans des lieux différents. Ceux-ci peuvent peser plusieurs centaines de tonnes et leur manutention peut donc poser des problèmes, même dans un port ou les questions d'accès et des outils de manutention de charges ne se posent pas. Pour la mise en place le dirigeable gros porteur devra poser les charges en vol stationnaire vertical.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

### 5.1.4. L'industrie aéronautique

Le meilleur exemple est le transport de la voilure et du fuselage de l'A380 de Airbus qui constitue un programme s'étalant sur plusieurs dizaines d'années.




*Carte n°1 : Itinéraire du Pré-acheminement des pièces del'A380 ; Source : http://espacevacant.com*

Il a mis en évidence le problème du transport dans l'aéronautique.

Les modules composants les avions (fuselage, voilure, réacteurs…) sont fabriqués par différentes entreprises dispersées géographiquement. Pour les gros porteurs comme l'A380, les poids sont très élevés.

Comme on peut le remarquer sur l'image ci-dessus, les usines fabriquant les composants de l'A380 sont localisées en Grande-Bretagne, en Allemagne, en Espagne et en France (Saint-Nazaire et Blagnac où se fait l'assemblage donc où tous les composants doivent être acheminés). La solution retenue a été la route avec comme inconvénient le coût du transport qui est particulièrement élevé, car il faut y inclure le coût des travaux faits sur les infrastructures publiques. De plus cette opération génère des désagréments pour les populations des villes traversées qui ne vivent pas pleinement le succès scientifique et technique que représente ce géant des airs.

AIRBUS Industrie aurait souhaité, pour des raisons d'organisation de sa production, pouvoir acheminer des pièces d'un volume et d'un poids encore plus importants sachant que le composant le plus lourd aurait dépassé 350 tonnes. Ceci étant



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

impossible avec les moyens de transports dont nous disposons actuellement, la société a été contrainte d'y renoncer.

AIRBUS a donc examiné l'utilisation du dirigeable gros porteur pour acheminer les composants de l'A380 lorsque celui-ci existera et voici les conditions posées par AIRBUS :

- La possibilité de pouvoir porter les charges de poids de plus de 350 tonnes.
- La certitude que les délais de livraisons seront respectés.
- La certitude que les produits transportés ne courent aucun risque.

Par ailleurs en ce qui concerne l'assemblage des autres types d'avions, le tonnage des pièces va jusqu'à 250 tonnes et les distances à parcourir sont généralement comprises en 2000 km et 6000 km.

(*Source:http://www.innovationstransports.fr/IMG/pdf/TOME_1_RAPPORT_DIRIGEABLE-reduc.pdf*)

### 5.1.5. L'industrie aérospatiale

Le problème posé par les lanceurs de satellites est plus lié à leur dimension qu'à leur poids. A titre d'exemple, ont été analysés les transports d'ARIANE ESPACE des Mureaux (78) à Kourou (973)

Les ruptures de charges sont nombreuses :

- La route est utilisée pour le trajet Les Mureaux – Flins
- Le fluvial est utilisé pour le trajet Flins – Le Havre
- Enfin un navire roulier est utilisé pour la traversée maritime

Les navires rouliers utilisés par ARIANE ESPACE pour acheminer ses fusées à partir de ses usines européennes vers la Guyane, ont un hangar de 115 mètres de long, 17 mètres de large et une hauteur de 8mètres. Ils permettent de faire un transbordement horizontal des étages du lanceur comme on peut le voir sur l'image ci dessous. Ces navires ont été conçus pour pouvoir naviguer et accoster en eaux peu profondes.

*Image n°9 : Chargement d'Arianespace. Source : http://www.capcomespace.net*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Ces navires ne peuvent effectuer qu'un nombre limité de rotations par an. L'accroissement des demandes de lancement de satellites conduit donc parallèlement à augmenter la flotte. Le transport des lanceurs de satellites représente donc un marché potentiel pour le ballon dirigeable gros porteur long courrier tout en proposant une solution au problème de rotation des navires jusqu'ici utilisés. (Source : *www.predit.prd.fr/predit3/documentFo.fo?cmd=visualize&inCde)*

### 5.1.6. L'industrie du Bâtiment, Travaux Publics et Minière

Ce secteur comprend plusieurs catégories. Il comprend les catégories des ouvrages de génie civil (ponts, barrages, digues), celui des bâtiments et ouvrages spéciaux. En ce qui concerne ces deux catégories, notons que le fait que la construction soit en béton ou en métal aura un impact direct sur les dimensions des pièces à transporter. Notons également qu'avec le dirigeable, on assistera immanquablement à un développement d'usines de préfabrication tendant à localiser précisément les zones de production quelle que soit la localisation des sites de livraison : zones urbaines, périurbaines ou bien encore isolées. Les professions de la construction sont donc avec des contraintes comparables à l'industrie lourde, des demandeurs de transports exceptionnels et de masses indivisibles car les composants sont très lourds. Pour les ouvrages importants, une « usine foraine » est fréquemment installée.

Bouygues a fait deux simulations de l'utilisation du dirigeable. L'une pour la construction du stade de France et l'autre pour la construction du viaduc de Millau.

Il est apparu que ces deux ouvrages auraient pu être réalisés beaucoup plus vite et pour un coût très inférieur. Ces baisses du coût auraient été encore plus importantes avec une conception différente qui aurait été rendue possible par des contraintes différentes de poids et de dimensions. Donc l'utilisation du ballon dirigeable aurait incontestablement changé la donne

Les charges auraient été de 25O tonnes à 500 tonnes pour les composants courants. Les distances auraient été de quelques dizaines de kilomètres à quelques centaines de kilomètres.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 6 : Impact du dirigeable sur l'organisation industrielle

Les caractéristiques physiques des produits (poids, volume, conditionnement, nature) sont certes déterminantes pour l'organisation du transport et de la logistique mais l'inverse est il vrai ? La question ici est de savoir si l'utilisation du ballon dirigeable pourrait avoir un impact sur la conception, la production ainsi que sur le processus de transport.

Dans un premier temps, si on considère le ballon dirigeable comme un simple maillon de la chaîne logistique et comme un simple moyen de transport, on peut affirmer que l'utilisation du dirigeable gros porteur n'aura aucune incidence sur la conception, la production ni sur le processus logistique des marchandises transportées. Mais cette vision des choses parait très théorique car la logique voudrait que l'on pense que le fait de transporter autrement amènerait les industriels à concevoir autrement et donc à produire autrement les objets.

## 6.1. Impact sur le processus de conception et de production

Les produits sont conçus et fabriqués pour être livrés aux clients au lieu convenu quand ceux-ci ne sont ne sont pas directement fabriqués sur leur site de montage. Il serait donc inconcevable de penser que les ingénieurs ne tiennent pas compte de la capacité d'un produit à être transporté lors de sa conception. Aujourd'hui beaucoup de pièces sont fabriquées séparément pour être montées directement sur site. Ainsi avec la possibilité qu'offrira le dirigeable gros porteur en matière de transport c'est-à-dire une capacité d'emport plus importante, il n'est pas impossible de voir le processus de conception des pièces changer progressivement. Ainsi au lieu de fabriquer plusieurs petites pièces qui seront montées sur site après transport, on pourrait transporter par les DGP des pièces plus volumineuses voire même des modules « finis » directement en usine.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, Bouygues a fait deux simulations de l'utilisation du dirigeable. L'une pour la construction le stade de France et l'autre pour la construction du viaduc de Millau.

Il est apparu que ces deux ouvrages auraient pu être réalisés beaucoup plus vite et pour un coût très inférieur. Ces baisses du coût auraient été encore plus importantes avec une conception différente qui aurait été rendu possible si les



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

contraintes de poids et dimensions n'avaient pas été la même. Donc l'utilisation du ballon dirigeable pourrait changer les contraintes de dimensions et de poids et pourrait ainsi incontestablement changer la donne. Très logiquement la société Bouygues aurait très probablement modifié la conception et la production des matériaux de construction si le moyen de transport permettait de transporter plus lourd et plus volumineux. Cet exemple illustre bien l'idée que l'utilisation du ballon dirigeable peut progressivement modifier le processus de conception et de production.

### 6.2. Une simplification de la chaine de transport

Les industriels-chargeurs expriment un besoin de service global, en ce sens, le dirigeable devrait être à même de réaliser, le transport et de poser le colis au plus près de sa destination finale et donc limiterait de façon significative les opérations de post-acheminement et ce, sans rupture de charge d'où, notamment, un impact sur les primes d'assurances honorées directement ou indirectement par le chargeur. Dès lors, la chaîne de transport serait grandement simplifiée et verrait la participation d'un nombre d'acteurs réduits. De plus, dans certaines opérations d'acheminement dites linéaires, les services « transport&logistique » des entreprises chargeurs concernées peuvent suivre et organiser l'acheminement de bout en bout sans être obligés de voir leur marchandise passée dans les mains de différents transporteurs ou de devoir passer par un commissionnaire de transport.
La conséquence directe de la simplification de la chaîne de transport est la réduction du délai .En effet le DGP est plus rapide que la voie maritime. (Historiquement 90h de vol pour le dirigeable contre 35 jours pour le bateau pour un Paris-Rio De Janeiro). De plus, la problématique des délais d'attente trop longs pour l'obtention des autorisations pour les convois routiers serait également résolue.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 7 : Autres marchés potentiels

Outre le marché du transport des colis exceptionnels qui représente aujourd'hui le marché numéro 1 du dirigeable gros porteur, l'engin peut grâce à ses atouts et à ses avantages majeurs, intéresser d'autres secteurs.

## 7.1. Le transport des marchandises sur grande distance et sans rupture de charge

L'argument principal qui est avancé est que le coût du transport des marchandises de valeur (les produits transportés en vrac tels que céréales, minerais, ciments, combustibles solides ou liquides et les autres pondéreux étant évidemment hors du champ) pourrait être sensiblement diminué par la suppression des ruptures de charge pour un transport direct de fabricant à destinataire. En effet ces ruptures de charge sont génératrices de transbordements (même avec des conteneurs), de stockages, de temps perdus, de changements de transitaires, de documents de douanes ou autres qui accumulés, représentent une part importante et parfois prépondérante du coût total. Cela concerne non seulement les transports intercontinentaux par voies de mer et de terre mais aussi le fret aérien puisque dans ce cas les marchandises ne vont que d'un aéroport à un autre. Un dirigeable gros porteur (DGP, d'une capacité d'emport de 250 tonnes ou plus) éviterait ces inconvénients et pourrait donc être concurrentiel.

## 7.2. Le fret humanitaire

La logistique humanitaire consiste à mettre en place une action qui vise à l'amélioration de la situation d'un groupe de personnes se trouvant provisoirement ou durablement dans une situation soit d'urgence, soit qui ne lui permet pas de subvenir aux besoins de premières nécessités tels que le logement, une hygiène correcte, l'alimentation, l'accès à la santé et aux soins, l'accès à l'eau potable… Ces personnes ont donc besoin d'une aide extérieure suite soit à une guerre civile, soit une catastrophe nucléaire, catastrophe naturelle comme ce fut le cas en Haïti ou encore une catastrophe nucléaire causée elle-même par une catastrophe naturelle comme le fut le cas de Fukushima au Japon.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

- ***Le cas Haïti***

*Image n°10 : Deuxième nuit sans toit pour les habitants, du 13 au 14 janvier 2010, dans un camp installé par l'armée brésilienne. Source Wikipédia*

**Les faits**

Le séisme de 2010 à Haïti est un tremblement de terre majeur d'une magnitude de 7 ,0 à 7,3 survenu le 12 janvier 2010 à 16 heures 53 minutes, heure locale. Son épicentre est situé approximativement à 25 km de Port-au-Prince, la capitale. Une douzaine de secousses secondaires de magnitude s'étalant entre 5,0 et 5,9 ont été enregistrées dans les heures qui ont suivi.

Un second tremblement de terre d'une magnitude de 6,1 est survenu le 20 janvier 2010 soit huit jours après le premier tremblement de terre. Son épicentre est situé approximativement à 59 km à l'ouest de Port-au-Prince, et à moins de 10 kilomètres sous la surface de la terre. Le 24 janvier 2010 l'Institut géologique américain a déclaré avoir enregistré 52 répliques de magnitude supérieures ou égales à 4,5.

Le premier tremblement de terre a causé de nombreuses victimes, morts et blessés. A la date du 09 février 2010 les autorités haïtiennes confirment un bilan lourd de 230000 morts, 300000 blessés et 1,2 million de sans-abris. 211 rescapés ont été extraits des décombres par les équipes de secouristes venues du monde entier pour renforcer les efforts des haïtiens qui eux-mêmes à mains nues ont sauvé des décombres des centaines de personnes.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

**Conséquences sur Haïti**

L'échelle des destructions au niveau de la capitale même atteint 8 sur l'échelle de Mercallier. La zone la plus soumise aux destructions atteint 10 (sur 12 degrés dans l'échelle).

Alors que de nombreuses habitations modestes se sont effondrées, d'autres édifices gouvernementaux de construction plus solide, comme le Palais national, le ministère des Finances, le ministère des Travaux publics, le ministère de la Communication et de la Culture, le ministère des Postes, le Parlement, le Palais de justice, l'École normale supérieure, l'École nationale d'administration, l'École Nationale des Infirmières, l'Université de l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF), la prison centrale et le Centre des impôts ont également subi des dommages importants. Un hôpital de Pétionville, une banlieue de Port-au-Prince, se serait également effondré, ainsi que la maternité de l'hôpital général et l'hôpital de Martissant. Le siège de la Mission des Nations unies pour la stabilisation en Haïti : l'Hôtel Christopher, dont les fondations faisaient l'objet d'une remise aux normes (encore en cours) de l'ONU a été partiellement détruit. Le plus grand hôtel de la ville, l'Hôtel Montana, a également été détruit par le séisme.

Les villes de Carrefour (300 000 habitants, détruite à 40 %), Léogâne (200 000 habitants, détruite à plus de 90 %) et Gressier, proches de l'épicentre du séisme, ont aussi été gravement touchées. Ban Ki-Moon, le secrétaire général des Nations unies estimait que quelques trois millions de personnes auraient pu être sinistrées sur les 4 millions que compte la population de Port-au-Prince.

**Problématique logistique**

Le séisme a laissé praticable la seule piste de l'aéroport, mais la tour de contrôle a été détruite. Les premiers atterrissages ont donc été contrôlés depuis les aéroports de République dominicaine. Par la suite, une unité avancée des forces américaines a assuré le contrôle aérien depuis le tarmac de l'aéroport, avec des moyens de fortune. Moyens qui ont été renforcés le week-end du 16 janvier par une équipe de la Federal Aviation Administration (FAA) permettant de mettre fin à la ronde d'attente aérienne au-dessus de l'aéroport de Port-au-Prince : celui-ci a donc été pendant les mois qui ont suivi la catastrophe administré par l'armée américaine.

Les premiers jours, les avions gros porteurs ne pouvaient atterrir sur la piste. Il fallait donc que leur contenu soit transbordé sur les terrains d'aviation de la



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

République dominicaine, sur des avions de taille plus modeste, permettant leur acheminement via l'aéroport haïtien. Même dans les semaines suivantes, la saturation de l'aéroport a posé problème : Selon l'unité "protection civile" de la Commission européenne, il y avait au 25 janvier 2010 « un retard de 7 jours pour les vols à l'arrivée. Et environ 1 000 avions en attente.

La saturation aérienne étant manifeste, le porte-avions américain USS Carl Vinson assure dans le golfe la rotation d'une quinzaine d'hélicoptères. Mais connaissant la charge utile d'un hélicoptère, cette mesure n'a été efficace que pour le transport de personnes et non pour le transport des matériels de secours.

Le dirigeable gros porteur aurait été particulièrement adapté et aurait démontré toute son efficacité dans le transport des matériels de premiers secours. Grâce à sa charge utile relativement élevée un seul voyage correspondrait à plusieurs voyages des avions de taille modeste utilisés pour faire la liaison République Dominicaine – Haïti.

D'autre part, compte tenue de sa faible dépendance aux infrastructures, le ballon dirigeable paraît comme un moyen de transport efficace et nécessaire dans ce genre de situation. Il peut ainsi atterrir dans un champ ou n'importe quel espace vide et y décoller sans avoir besoin d'une piste et infrastructures aéroportuaires.

C'est une chance que la piste de l'aéroport soit encore praticable, laissant ainsi la perspective d'un acheminement par rotation aérienne des personnels de secours, de la logistique et du matériel d'urgence. Car comme nous pouvons le constater sur l'image ci-après, le port, principal pôle logistique, est hors d'usage de même que tous les matériels de manutention.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

*Image n°11 : Vue du port de Port-au-Prince le lendemain de la catastrophe sismique 2010. Source Wikipédia*

Cette situation a aggravé les problèmes logistiques rencontrés pour l'acheminement des matériels et des moyens humains de secours.

**La sécurité des convois humanitaires**

La difficulté des transmissions s'illustre également dans les infrastructures routières, par exemple pour relier les villes côtières du département Sud-est, situé au sud de Port-au-Prince, telle Jacmel, également durement touchée, il faut emprunter une route jonchée de blocs de roches et de troncs d'arbres que seule une moto parvient à éviter.

Outre les difficultés dues à l'état des infrastructures routières, l'acheminement de l'aide humanitaire par la voie routière pose également le problème de la sécurité des convois humanitaires surtout dans le département du Nord.

Les attaques contre les convois humanitaires dans le département du Nord sont le fait de véritables gangs organisés. Ils se servent de la faiblesse du système de transport de l'aide humanitaire pour opérer. En raison de ces attaques, des écoles ne parviennent plus à bénéficier du soutien du programme alimentaire mondial (PAM), ce qui constitue une grosse charge pour les parents démunis et hypothèque l'avenir des enfants.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Le ballon dirigeable peut aussi intervenir dans la distribution de l'aide humanitaire à l'intérieur du pays par sa capacité à se poser n' importe où. Son utilisation résoudrait ainsi le problème de la défectuosité avancée des infrastructures routières ainsi que le problème de la sécurité de convois humanitaires.

De la même manière, le ballon dirigeable aurait toute son utilité pour l'acheminement de l'aide humanitaire dans les zones enclavées, dépourvues de toutes infrastructures de transport pouvant permettre de s'y rendre. Un rapport des Nations Unies[9] a mis en évidence le manque d'évaluation humanitaire dans les villages de Katshungu et de Byangama dans la région de Shabunda en République Démocratique du Congo (RDC). Ces villages sont inaccessibles physiquement ce qui empêche la possibilité d'une mission humanitaire. La difficulté est double. Elle est due à la fois à l'état dégradé des voies et au manque de sécurité des convois humanitaires à destination de ces populations déplacées, les condamnant ainsi à la famine et à la maladie sans perspective d'assistance humanitaire.

### 7.3. Tourisme : «croisière aérienne »

Dans un tout autre registre, un autre marché exploitable pour le ballon dirigeable est celui du tourisme plus précisément du tourisme haut de gamme.

Dans un premier temps on peut penser à proposer une visite de Paris en ballon dirigeable en vol diurne et en vol de nuit avec restauration à bord. Cette nouvelle forme de tourisme augmentera très probablement l'attractivité de Paris et de la France en général. L'idée n'est pas nouvelle car dans les années 90 elle a eu un réel succès avec plus 100.000 passagers à raison de 12000 passagers /an. (www.airshipvision.eu/cielmonparis.html)

Tout en ayant la capacité de faire visiter Paris aux touristes et à des invités de marque, le dirigeable pourra aussi être un outil fantastique pour une communication civique et culturelle... La vue panoramique et le confort offert par sa cabine spacieuse feront découvrir Paris d'une manière inédite. Venise a ses gondoles, Paris pourra aussi avoir son «dirigeable». Cette idée est soutenue par la société AIRSHIPVISION à travers son projet " Projet ciel mon paris".

[9] Voir annexe C



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Par ailleurs les nouveaux dirigeables gros porteurs, peuvent être conçus pour être destinés au transport de voyageurs avec des vols commerciaux d'un autre genre. L'idée ne sera pas de concurrencer les avions de ligne sur des liaisons intercontinentales comme ce fut le cas dans les années 1930 mais de créer une nouvelle façon de voyager dans les airs.

En nous inspirant des croisières telles qu'elles existent actuellement, nous pouvons imaginer une croisière aérienne avec les mêmes services et confort à bord avec des cabines, des salons, des cuisines, des salles à manger, etc. Pour cela un personnel nombreux en sus de l'équipage qui lui aussi doit être nourri et logé (72 passagers et 55 hommes d'équipage pour le Hindenburg)est nécessaire. Ces contraintes représentent un volume très important qui réduit considérablement le nombre possible de passagers (quelques dizaines pour une capacité de levage de plus de cent tonnes) d'où un prix très élevé du billet de croisière qui ne rentrait ce voyage accessible qu'à une clientèle restreinte et fortunée. Pour varier par rapport à une croisière maritime, des croisières aériennes à thèmes pourront ainsi être organisées. Ainsi on peut imaginer à titre d'exemples des "croisières tour du monde" ou encore des "croisières traversée du désert" ....
Pour information, en 1936 le voyage transatlantique Aller-simple coûtait 400 USD tandis que le voyage Retour lui coûtait 720 USD. Par comparaison, aux USA à la même année une Pontiac Eight neuve coûtait 730 USD et une De Soto 695 USD. (*http://en.wikipedia.org/wiki/LZ_129_Hindenburg*). Dans tous les cas ce ne sera pas plus onéreux qu'un vol sur le Concorde qui valait aussi cher qu'une voiture neuve. Ou encore une traversée de nos jours, sur Queen Mary2 en « Top Catégorie » qui revient environ à 20000 Euros par personne.

### 7.4. L'usage militaire

Utilisés durant de la Première Guerre mondiale par l'armée allemande, lors d'opérations de repérages et de bombardements, les dirigeables ont connu un essor commercial jusqu'aux années 1930. Ils restent toujours convoités par les armées du monde.

Cette utilisation militaire du dirigeable est actuellement envisagée essentiellement par les américains, à la suite des difficultés logistiques qu'ils ont rencontrées lors de leurs interventions en Irak. Ces énormes dirigeables devaient être capables d'envoyer une unité de combat avec tout son matériel alors que jusqu'à présent son personnel est envoyé par avion et son matériel lourd par bateau. La



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

reconstitution de ses unités sur l'avant-théâtre d'opérations s'est avérée extrêmement lente et compliquée.

En plus des projets de dirigeables destinés au transport des troupes, depuis quelques mois, l'US Air Force planche sur deux projets de ballons dirigeables chargés d'espionner les forces ennemies en Afghanistan.

- ***Le Blue devil***

Le plus imposant des deux projets est connu sous le nom de code «Blue Devil» (diable bleu), mesurera une centaine de mètres pour un volume de 40.000 mètres cubes. «C'est l'un des plus imposants dirigeables conçus depuis la Seconde Guerre mondiale». Le «Blue Devil» devrait pouvoir rester dans le ciel une semaine entière à plus de six kilomètres du sol.

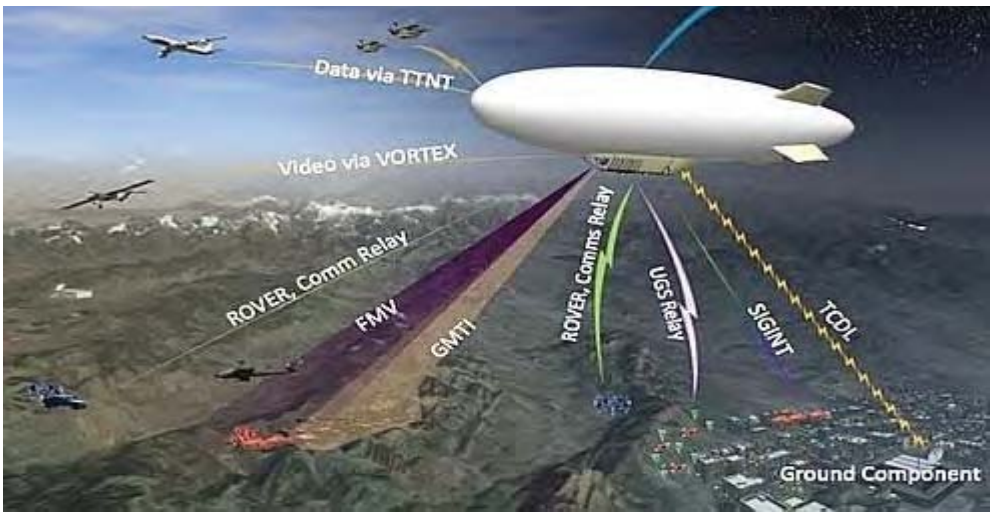



*Image n°12 : Le blue-devil. Source le figaro.fr publié le 24/01/11*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

- ***Le Long EnduranceMulti-Intelligence Vehicle (LEMV)***

*Image n°13 : LEMV : Source http://www.as.northropgrumman.com/products/lemv/index.html*

Ce dirigeable révolutionnaire bourré de technologies en construction par la société américaine Northrop Grumman aura une autonomie de 3 semaines entières dans le ciel.

*Deux ballons dirigeables supercalculateurs*

D'après le magazine *Wired du 18 Janvier 2011(auteur de l'article : Noah Shachtman, catégorie : Air force)*, l'armée américaine souhaite centraliser sur ces dirigeables pilotés depuis le sol un arsenal de capteurs sonores et vidéos, qui surveilleront les territoires alentours. Contrairement aux drones conventionnels, qui nécessitent un traitement par des analystes au sol, un supercalculateur embarqué dans la nacelle devra délivrer les informations demandées par les soldats en moins de quinze secondes, durant leurs missions. «Cela pourrait changer la nature de la surveillance aérienne», vante au magazine, le lieutenant-général David Deptula, responsable jusqu'en octobre 2010 du renseignement au sein de l'US Air Force.

L'armée américaine, qui utilise des ballons captifs gonflés à l'hélium depuis 2003 pour surveiller le territoire afghan, consacre d'importants moyens à ce programme de dirigeables autonomes. Le projet «Blue Devil» doit bénéficier d'un budget de 211 millions de dollars. Si son développement aboutit, un premier vol est programmé avant la fin de l'année 2011, a indiqué le magazine *Wired*. Le contrat du LEMV a été attribué pour trois ans et 517 millions de dollars à Northrop



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Grumman, avec un objectif de vol sur le terrain en décembre 2011, indique le groupe américain sur son site Internet.

### 7.5. La surveillance générale

Les domaines concernés sont la surveillance du trafic maritime dans les eaux nationales (repérage des dégazages en mer en particulier), celle du trafic routier, des forêts en période de sécheresse et plus généralement de tout événement comportant des risques et où le signalement de troubles éventuels dès qu'ils se produisent permet des interventions rapides au sol. L'avion (surveillance maritime) et l'hélicoptère assurent déjà ce rôle. Cependant, le premier, de par son principe, est obligé d'évoluer à une certaine vitesse ce qui ne lui permet pas l'observation dans la durée ; le second a un rayon d'action limité et s'il est capable de vol stationnaire, il ne peut pas le maintenir longtemps. Le dirigeable serait donc à même de mieux assurer ces fonctions de surveillance. Des évaluations ont déjà été faites avec les dirigeables classiques actuellement disponibles sur le marché *(Zeppelin* NT, Aeros) mais aucun n'a encore été retenu sauf en ce qui concerne l'observation de l'épaisseur de la banquise autour du pôle Nord par *Louis Etienne* en 2007 avec un prototype russe de 60 m de long.

### 7.6. Relais pour téléphonie mobile

L'idée serait de lancer des relais pour téléphonie mobile par le biais de ballons dirigeables qui auront pour vocation de limiter les zones d'ombre des réseaux de téléphonie mobile notamment dans les zones rurales ou en bordure de mer.

Avec une position en altitude d'environ 20 km, ils permettraient de balayer une zone plus large de 80 à 800 km selon la topographie locale. (*Source : http://www.generation-nt.com/commenter/telephone-mobile-ballon-relais-actualite-12806.html*)



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# PARTIE 3 : **EXPLOITATION OPERATIONNELLE DU DIRIGEABLE GROS PORTEUR**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 8 : Le cadre juridique et institutionnel

## 8.1. La réglementation aérienne

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, alors que l'avion prenait une place très importante sur les plans social, technique et économique, le dirigeable disparaissait, et, très vite n'a plus subsisté dans les mémoires que le souvenir d'un engin du passé. C'est précisément à cette époque que sont apparus tous les textes réglementaires relatifs à l'aéronautique (le document cadre – la convention de Chicago – date de décembre 1944). Le dirigeable n'y est pas spécifiquement pris en compte. L'existence d'une réglementation spécifique est-elle un préalable au développement du dirigeable? Pas vraiment car c'est souvent la valeur ajoutée qui entraîne la création d'une réglementation. C'est à dire que les autorités ne peuvent pas prévoir à l'avance des réglementations pour chacune des activités qui pourraient exister. Cela peut arriver mais vu la charge de travail des parlementaires tant au niveau national qu'européen, cela paraît peu probable. C'est donc l'exercice régulier d'une activité économique qui sera l'élément déclencheur pour la mise en place d'un cadre juridique.

Malheureusement, aujourd'hui d'après des entretiens, il n'existe aucun cadre juridique spécifique quant à l'exploitation commerciale régulière d'un ballon dirigeable.

Pourtant, nous avons pour la plupart vu au mois de mars de cette année 2011, des ballons dirigeables voler dans le ciel de Paris et de sa banlieue dans le cadre de la mesure du taux de radioactivité.

En effet ce type d'opération ponctuelle est soumis à des autorisations de vols. Ces laissez-passer déterminent le secteur et horaires de vol du dirigeable. (Source DGAC)

Dans le cadre d'une exploitation commerciale du DGP dans l'état actuel de la réglementation, et en attendant une réglementation spécifique aux dirigeables, la société de transport doit d'abord se faire délivrer des autorisations de vol et pour la partie transport, elle devra appliquer la réglementation actuellement en vigueur en matière de transport aérien : La convention de Montréal. Comment fonctionne le processus général ?

La Convention de Montréal, la Convention pour l'unification de certaines règles relatives au transport aérien international, signée à Montréal le 28 mai 1999 et entrée en vigueur le 4 novembre 2003, s'applique depuis le 28 juin 2004.
L'adoption d'une nouvelle convention en transport aérien international a été motivée par la nécessité de moderniser et de refondre la Convention de Varsovie et ses



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

instruments connexes. Celle-ci ayant été élaborée au début du développement de l'industrie du transport aérien, elle a fait l'objet au fil du 20e siècle de plusieurs protocoles modificatifs visant notamment à renforcer la responsabilité des transporteurs aériens et à rehausser les plafonds d'indemnisation.
Quelle est la situation en ce qui concerne le dirigeable ?

La convention de Montréal s'appliquerait donc au dirigeable. La réglementation complémentaire spécifique au dirigeable est actuellement en cours d'élaboration à l'Agence européenne de sécurité aérienne. Deux documents servent de base de travail : la réglementation germano – hollandaise et un rapport établi par le Département américain des transports (Airship Design Criteria). L'objectif est en effet non seulement d'établir des spécifications de certification et des documents d'orientation européens, mais également de parvenir à des règles identiques à celles des Etats-Unis. La réglementation vise toutes les catégories de dirigeables donc tous les types de construction (souples, rigides et semi rigides) et les décollages et atterrissages en mode horizontal ou vertical.

Une réglementation française, un préalable ?
La réponse est non. L'évolution actuelle est de placer la compétence en la matière au niveau européen. Et ceci est confirmé par la Direction Générale à l'Aviation Civile, il n'est pas utile d'engager une réflexion nationale.

## 8.2. La formation

L'exploitation technique du dirigeable fait appel à deux types de métiers spécifiques : le pilotage et les techniques au sol pour les manœuvres d'approche, d'accostage et d'amarrage.

### 8.2.1. La formation des pilotes de dirigeables

La France n'a plus, depuis 1954, ni formation ni diplôme de pilote adapté.
Il existe par ailleurs en France qu'un seul centre de formation ouvert. C'est la société *Voliris Sarl* ; les cours sont onéreux, non seulement du fait de sa position de monopole, mais également parce qu'il dispose d'un matériel coûteux qu'elle doit rentabiliser sur un marché étroit. La formation s'adresse à des personnes ayant un minimum de pré-requis. Elle répond aux normes françaises de la formation de pilotes ULM à savoir un volume maxi de 1100 $m^3$ dont 900 $m^3$ d'hélium (*Entretien*). Ce qui correspond aux dirigeables biplaces utilisés essentiellement pour des opérations de publicité.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Par conséquent, la possibilité de développer l'exploitation du dirigeable suppose de réfléchir, dans le contexte actuel, aux programmes de formation nécessaires et adaptés ainsi qu'à leur organisation. Cette réflexion pourrait s'appuyer sur les apports des expériences étrangères.

En effet, les Etats-Unis, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Grande-Bretagne délivrent des diplômes de pilote professionnel. Ceux-ci peuvent être validés en France au profit de leurs porteurs, mais seulement pour des missions et des durées déterminées.

Les Etats-Unis sont le pays qui possède le plus grand nombre de dirigeables. Ils disposent également de moyens de formation et délivrent un diplôme, mais au cours des quarante dernières années, pas plus de deux cents personnes y ont été formées.

Les pilotes actuels ont été formés au pilotage des engins de petite taille (Zeppelin-NT).

Les engins plus grands, capables d'emporter des charges lourdes, disposeront non seulement d'équipements supplémentaires, mais feront appel à des techniques de vol très différentes du seul fait de leurs dimensions.

En revanche, les futurs dirigeables devront impérativement être plus faciles à piloter que leurs aînés, du fait surtout de l'assistance du calculateur de vol. La formation sera largement assurée par un simulateur.

Cette remarque montre que l'aspect de la formation est à considérer comme un des éléments à prendre en compte dans le programme de développement du DGP.

### 8.2.2. La formation au métier de technicien au sol pour dirigeable

Ce métier consiste à guider les engins dans leur approche du sol et à les amarrer au sol. Le rôle du chef d'équipe, qui doit agir en parfaite coordination avec le pilote et connaître les réactions des appareils, est fondamental.

La formation de ce dernier doit donc être complète et poussée. Il doit posséder les même bases qu' un pilote et un savoir faire particulier à sa propre profession. Par ailleurs, tous les engins ayant des particularités, la formation du personnel au sol sera spécifique en fonction des aéronefs concernés.

Le travail des équipes elles-mêmes est dangereux en raison de la présence de cordes, d'hélices, ainsi que de mouvements qui ne peuvent pas être prévus précisément du fait des conditions météorologiques. Elles nécessitent donc une technicité particulière.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 9 : Opérations

## 9.1. Le profil commercial

Le dirigeable moderne doit avant tout se concevoir comme une plate-forme apte à recevoir divers modules correspondant à diverses utilisations. Cette polyvalence doit permettre de maximiser l'utilisation de l'appareil en s'affranchissant des spécificités saisonnières et économiques de chacun des marchés potentiels visés. Les possibilités sont nombreuses et peuvent brièvement se structurer comme suit :

| | |
|---|---|
| **Transport industriel** | Configuration « sèche », le colis est suspendu au dirigeable afin de maximiser la capacité d'emport. |
| **Transport de fret** | Un module conçu comme un conteneur géant est accroché au dirigeable. |
| **Applications touristiques** | Modules restaurant volant ou panorama volant. |
| **Applications touristiques à forte valeur ajoutée.** | Module historique reconstituant les conditions de voyage des années 30. |
| **Applications humanitaires et militaires & Sécurité civile.** | Divers Modules allant du dispositif bombardier d'eau au simple transport de troupes. |

*Table n°10 : Profil commercial du DGP. Source : DGP-Notes complémentaires/G.G.G*

A ce jour, seul le dirigeable présente la capacité de réaliser des atterrissages ou des décollages courts ou verticaux. Dans cette phase préliminaire il convient de concevoir un système de transport sûr, simple, fiable et le moins coûteux possible.

## 9.2. Opérations douanières

Aujourd'hui, une réglementation douanière en matière de transport de fret par ballon dirigeable n'existe pas car l'activité de transport de fret par dirigeable proprement dite n'a jamais existé. Au début des années 1900, le dirigeable était utilisé à des fin militaires, politiques ou encore pour du transport transatlantique de passagers.

Compte tenu de ses nombreux atouts, le transport par ballon est de plus en plus envisagé. Il est capable de décoller et d'atterrir verticalement et ce sans infrastructures presque, donc est capable de charger un colis exceptionnel directement sur son lieu de



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

fabrication et de le livrer au plus près de sa destination finale sans passage par une plateforme portuaire ou aéroportuaire. Ce qui pose le problème de la douane pour les transports hors union européenne. Etant donné qu'il est pressentit principalement pour le transport de colis exceptionnels dans un premier temps, on pourrait donc imaginer un **chargement direct à l'usine de départ avec une livraison direct à l'usine ou chantier de destination.** Car faire transiter ces colis par une plateforme portuaire ou aéroportuaire ferait perdre l'avantage du transport par dirigeable gros porteur du fait que le pré ou post acheminement de ce type de colis n'est pas du tout commode.

Donc une piste consisterait à penser que les chargeurs utilisateurs de ce mode de transport fassent les formalités douanières en ce qui concerne leur marchandise dans le bureau de douane dont ils dépendent et que la marchandise une fois bien emballée soit scellée, certainement scellée par la Douane elle-même à l'usine.

Le numéro de scellé devra être mentionné sur le document de transport et sur les documents d'accompagnement douaniers qui accompagneront la marchandise (un peu comme pour un carnet TIR). La douane du pays de départ de départ communique le numéro de scellé à la douane du pays d'arrivée.

La marchandise une fois déposée directement au plus près de sa destination finale, avant même de faire l'objet de tout usage, (c'est-à-dire emballée et scellée) devra être déclarée au bureau de douane du pays d'arrivée. Les services de Douanes à destination vérifient la conformité des documents ainsi que la concordance du numéro de scellé communiqué par la Douane du pays de départ et celui inscrit sur le document de transport et les documents d'accompagnement. Une fois toutes les vérifications faites, elle décide soit de procéder à une visite de la marchandise ou soit de la libérer directement. La libération engendrera un message à la douane du pays de départ signifiant ainsi le bon déroulement de la procédure.

Mais d'après l'article 78 du Code douanier, « ***Les aéronefs qui effectuent un parcours international doivent, pour franchir la frontière, suivre la route aérienne qui leur est imposée ». « Ils ne peuvent se poser que sur les aéroports douaniers. »*** Le code des douanes impose donc à chaque opérateur de respecter « la route légale ». Il y a donc obligation de passer par le bureau de douane, et surtout de se poser sur un aéroport douanier.

Néanmoins l'assimilation à du transit pourrait être envisagée, à supposer que le chargeur soit agrée pour obtenir une autorisation de dédouanement domiciliée, auquel cas, les marchandises pourraient être acheminées directement de son entrepôt. Mais



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

cela relève d'un accord du Pôle Action Economique après audit. Dès lors, une dérogation à la route légale pourrait être envisagée sous conditions. *(Source entretien)*

De plus, dans le cas ou le transport par DGP venait à se généraliser, il n'est pas impossible de constater une adaptation de la réglementation pour permettre le développement de la filière.

## 9.3. Les métiers « autour du dirigeable ».

Les dirigeables « flottent » dans l'air et leur comportement évoque celui d'un sous marin du fait de l'importance des opérations de ballastage. Par ailleurs, les contraintes structurelles subies rappellent celles endurées par les navires de grande taille. Ces similitudes de s'arrêtent pas là. Les phases d'approche et d'atterrissages ne sont pas sans rappeler un accostage de bateau. Comme sur les navires, les moteurs doivent être capables de fonctionner plusieurs jours sans failles et avec un minimum de maintenance.

A l'image des navires, les dirigeables actuels ne peuvent se passer des phases de remorquage et la durée des étapes les plus longues nécessitera une organisation par « quarts ».

Ces similitudes amènent à penser que l'organisation commerciale du transport maritime est particulièrement adaptée au dirigeable et pourrait se présenter comme suit :

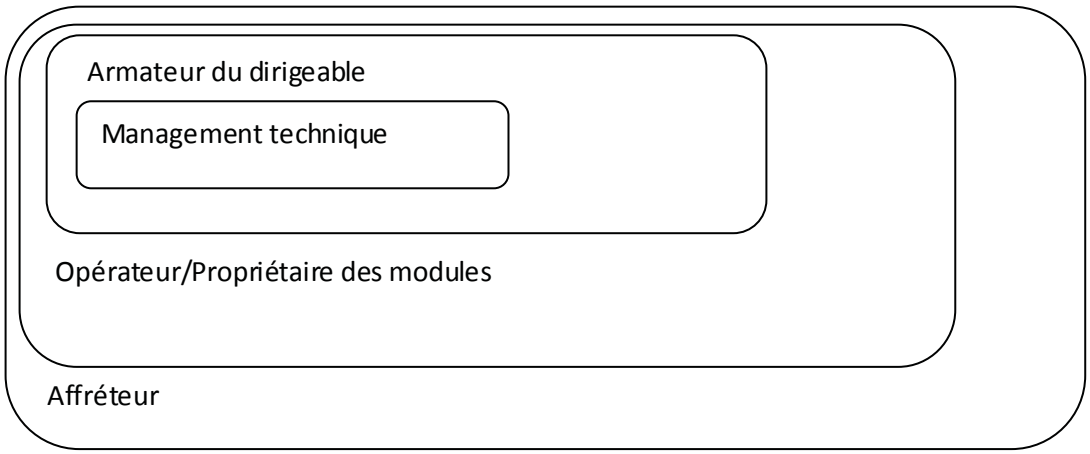



*Table n°11 : Organisation par quarts. Source : DGP-Notes complémentaires/G.G.G.*

La distribution des rôles :



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

➢ **L'armateur du dirigeable :**

- Assurera la gestion commerciale du dirigeable.
- S'occupera de la gestion opérationnelle du dirigeable.
- Assurera la maintenance et l'entretien de l'aéronef.
- Il peut éventuellement disposer d'un « panel » de modules.
- Sera responsable de la formation et s'assure de la compétence du personnel de bord.

➢ ***Le management technique :***

Sous la responsabilité de l'armateur, le management technique (gestion des équipages, grandes visites, formation continue des équipages etc..) pourra être externalisé au profit de sociétés spécialisées. Cette technique est courante dans le maritime ce qui permet de massifier les frais d'approvisionnement technique ou de maintenance.

➢ **L'opérateur du dirigeable ou de modules.**

- Disposera d'un panel de modules en propriété ou loués.
- Gestion commerciale du dirigeable.
- Pourra agir en tant que courtier et mettra en contact affréteur et armateur.

➢ **Affréteur**

- Il pourra être un utilisateur final de type chargeur.
- Il pourra être un commissionnaire de transport.
- Il pourra être une société de tourisme possédant ou louant des modules de tourisme.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 10 : Etude prévisionnelle de coût

L'étude prévisionnelle des coûts vise à identifier qualitativement si le développement, l'achat et l'exploitation de ce moyen de transport sont économiquement viables et compétitifs. Car le coût d'un mode de transport est naturellement un paramètre fondamental, en complément de ses performances opérationnelles, pour un chargeur ou un donneur d'ordre.

A défaut d'une documentation exhaustive et de données réelles d'exploitation, cette étude s'est basée sur des données tirées d'une récente étude commandée par la mairie de Paris et des informations tarifaires données par un donneur d'ordre important du transport exceptionnel.

## 10.1. Coût d'investissement d'un appareil

Les blimps d'une capacité de charge de 1 à 3 tonnes, comme ceux qu'on a pu observer dans le ciel parisien lors des mesures de radioactivité, ont un coût stabilisé. Le model russe Rosaeros AU 30 et le Zeppelin NT coûtent ainsi respectivement entre 2 et 6 millions d'euros l'unité.

D'autre part le Skycat 200t d'ATG a un coût d'investissement estimé à 55 et 65 millions d'euros.

Selon AAT, le coût d'un DGP 30t et d'un DGP 250t sera respectivement au minimum de 30 et 120 millions d'euros.

L'Aeroscraft, DGP de 400t de charge utile, aurait un coût unitaire estimé entre 40 et 60 millions d'euros.

A titre comparatif, l'airbus A380 coûte en 2008 entre 240 et 260 millions d'euros l'unité selon les modèles avec une charge utile de 15Ot.

| Type de porteur | Camion | Boeing 747 | Airbus A380 | DGP 250t |
|---|---|---|---|---|
| Charge utile maximale (t) | 30 | 110 | 150-175 | 250 |
| Coût d'investissement (Million d'euros) | 0,1-0,2 | 230 | 144-188 | 80-120 |

*Table n°12 : Coût d'investissements comparés des DGP avec d'autres modes de transport. (Source E&Y/2007)*

Pour une compagnie de 8 DGP de 250 t de charge utile, l'investissement initial total des immobilisations corporelles circulantes représenterait ainsi plus de 800 millions d'euros. A titre comparatif, la société de fret aérien Cargolux a investi 4 milliards



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

d'euros sur 6 ans dans 15 Boeing 747-400F neufs, soit 700 millions d'euros par an. La forte capacité de charge des grands modèles de DGP permet ainsi de réduire les coûts d'investissement pour des capacités équivalentes.

## 10.2. Coût d'exploitation des DGP

Ici nous séparerons les coûts d'exploitation directs (carburant, gaz porteur, entretien léger et équipage) des coûts d'exploitation indirects (maintenance lourde, administration, etc.).

### 10.2.1. Coûts d'exploitation directs

Le blimp Zeppelin NT est actuellement exploité à des fins touristiques à un coût d'environ 4000 euros par heure de vol ; ce coût est notamment influencé par la sensibilité de l'appareil aux conditions météorologiques, réduisant de ce fait le nombre d'heures de vol commercial disponibles.

L'heure de fonctionnement a été évaluée à 700 euros pour le DGP Skycat 20t, et 1000 euros pour le DGP Skycat 200t. En raisonnant en t.km, ce coût serait de 0,20 à 0,50 euros pour un dirigeable de 30t AAT et Skycat.

En considérant une compagnie aérienne affrétant ses DGP pour déplacer des charges lourdes indivisibles sur des distances de 10000 km aller-retour, chaque appareil fonctionnerait par hypothèse environ 6000 heures par an à raison de deux rotations par semaine hors période d'arrêt pour maintenance et conditions météorologiques extrêmes. La consommation de carburant d'un DGP 250t étant estimé à 2 à 5 fois moins qu'un avion cargo, le coût direct de ce poste serait donc plus faible dans les mêmes proportions pour un DGP. L'hélium devrait constituer un poste équivalent au carburant, selon l'augmentation de son prix d'achat (10 euros par $M^3$ en Avril 2008 d'après les porteurs de projet). Le coût de la masse salariale, identique dans sa structure entre DGP et avion cargo, devrait être très proche de celui d'une compagnie conventionnelle de fret aérien. Ainsi, le coût annuel d'exploitation direct d'un DGP de 25Ot pourrait atteindre 6 à 10 millions d'euros. Pour une flotte de 8 appareils DGP de 250t cela représenterait 48 à 80 millions d'euros par an.

Le coût des consommables du DGP pourrait être soumis à une forte volatilité. Ainsi, concernant le carburant, l'augmentation du prix d'achat de 8% par an a ainsi a entraîné le dépôt de bilan de huit compagnies aériennes en 2008. Cette augmentation est difficile à évaluer à l'horizon 2050, mais il est raisonnable d'imaginer que ce poste peut augmenter sensiblement. De même, la production d'hélium n'est pas garantie d'ici 2050. Le coût direct induit par la consommation d'hélium, qui augmente de 7% par an,



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

peut ainsi énormément augmenter selon les réserves disponibles. Cette tendance peut s'inverser en fonction de la rapidité de mise au point de techniques de recyclage économiquement rentables ou d'enveloppes très imperméables.

### 10.2.2. Coûts d'exploitation indirects

Les coûts indirects seraient évalués à 18 millions d'euros par appareil et par an (source : Skycat). Ce coût, difficile à estimer ne devrait cependant pas varier sensiblement par rapport aux coûts indirects d'exploitation d'un avion cargo conventionnel, en raison des mêmes effectifs par appareil exploité et de contraintes douanières ou aéroportuaires à priori similaires.

## 10.3. Coût total d'exploitation

Nous avons, sur la base de l'étude commandée par la mairie et de la documentation disponible, essayé d'établir une comparaison des coûts d'exploitation entre différents mode de transport. Pour cela, nous avons utilisé différentes sources de données. Ainsi pour le transport routier les données utilisées sont celles du Comité national routier (CNR), et pour le transport par ballons dirigeables, les données fournies par certains porteurs de projets tels que Skycat. Ce travail est naturellement sujet à des limites car les coûts peuvent significativement varier selon le mode de calcul (distances ; taux de remplissage ; nombre de rotations ; régularité des contrats etc.). Toutefois, l'objectif ici est de donner un ordre de grandeur des coûts et non pas un des chiffres exacts, ce qui est impossible en l'état des informations disponibles.

En comparant le coût total d'exploitation du DGP avec les autres modes de transport, il apparaît que le DGP (hors toutes les externalités positives) même à grande capacité de charge utile, est contrairement à toute attente beaucoup plus couteux que les autres modes de transport : 13 euros/t.km pour le DGP 250t contre 4 à 5 euros/t.km pour l'avion par exemple. Le coût d'exploitation du DGP décroit avec l'augmentation de la charge utile mais celui-ci reste tout de même élevé. Selon les projections de Skycat, le coût d'exploitation du DGP n'atteint un niveau comparable a celui du transport aérien par avion que pour des charges utiles approchant les 1000 tonnes.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

| Type de porteur | Camion 30t | Boeing 747 | Airbus A380 | DGP 250t |
|---|---|---|---|---|
| Charge utile maximale (t) | 30 | 110 | 150-175 | 250 |
| Coût d'exploitation total (Euro/t/h) | 3 | 47 | 38 | 20 |
| Coût d'exploitation total (Euro/t.km) | 6 | 5 | 4 | 13 |

*Table n°13 Coûts d'exploitation totaux du DGP et d'autres modes de transport de marchandises /Source : E&Y 2007*

Un tel écart en ordre de grandeur, laisse présager que le DGP d'une capacité de 30t ne sera pas compétitif et ne pourra faire face à la concurrence des autres modes de transports.

Pour les DGP de forte capacité, le coût reste très significativement supérieur aux autres modes de transport, éliminant de fait toutes les marchandises à faible valeur ajoutée. Ainsi là ou le DGP pouvait présenter un avantage opérationnel pour transporter des matériaux volumineux ou pondéreux, le coût de transport sera trop dissuasif, sauf des cas particuliers ou le coût de transport ne serait le critère numéro 1 face à d'autres contraintes (par exemple le manque d'infrastructures vers des zones enclavées et/ou sinistrées : le fret humanitaire)

Ainsi, on peut supposer que le DGP présentera un avantage concurrentiel dans les cas ou le coût de n'est pas un critère déterminant (marchandises à forte valeur ajoutée par exemple) ou lorsque la solution technique du DGP n'a pas d'alternative : le transport de charges lourdes et indivisibles par exemple.

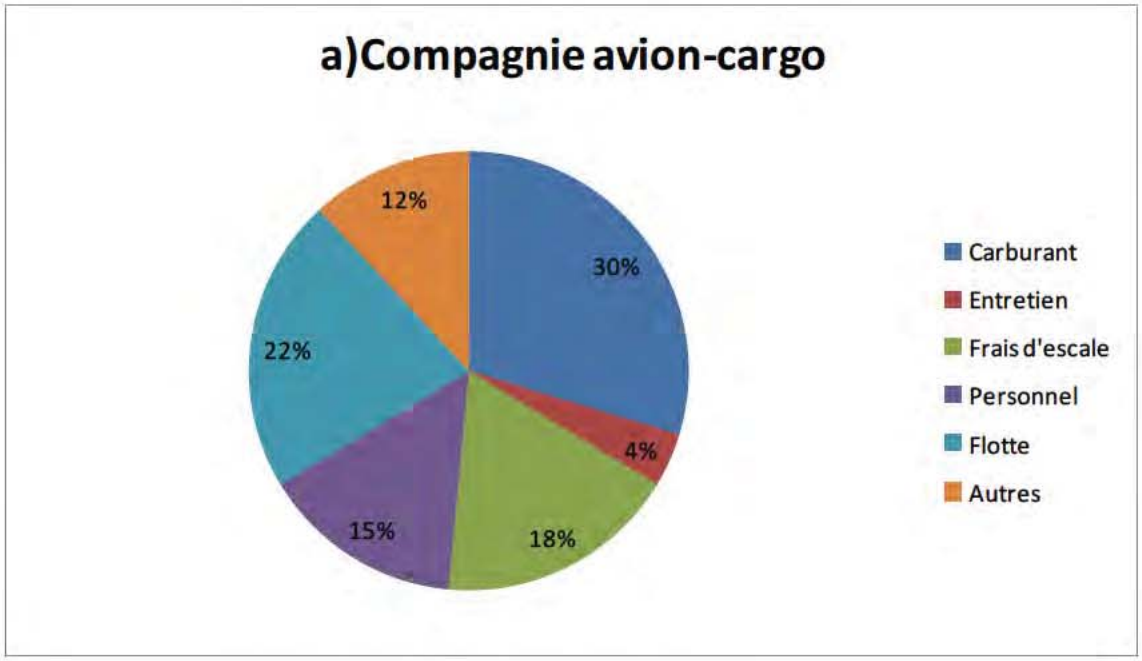
### 10.4. Décomposition des coûts d'exploitation

Les schémas ci-dessous comparent une décomposition des grands postes d'exploitation d'une compagnie aérienne de DGP avec une compagnie aérienne d'avions cargo existante équivalente telle que Cargolux. Dans l'ensemble, les principaux postes de coûts d'exploitation devraient peu varier d'une structure à l'autre en proportion, à l'exception du coût de la flotte, nettement plus lourd dans le cas du transport aérien par avion.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Le coût du carburant sera également nettement moindre dans le cas du DGP. Toutefois, la réduction du coût du carburant serait compensée par le coût de l'hélium qui viendra en plus.



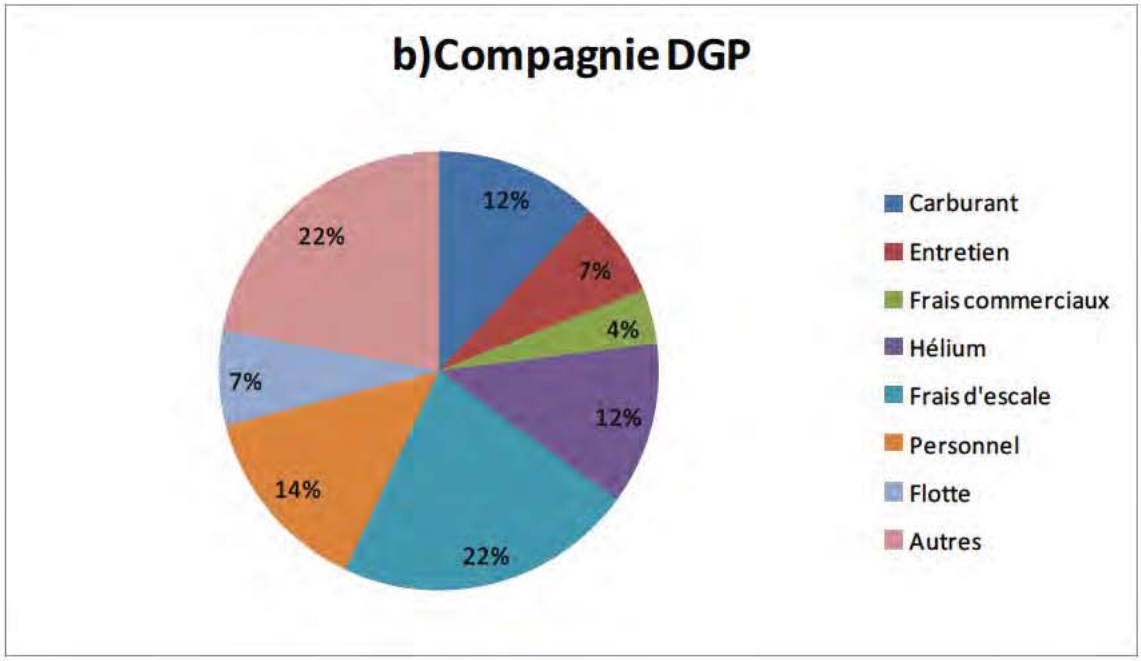




*Schéma n°4 : Répartition comparée des coûts d'exploitation a)d'une compagnie aérienne avion-cargo (Cargolux 2004) et b) d'une compagnie aérienne DGP. Source : E. &Y.2007.*



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## 10.5. Coût de transport d'un colis indivisible lourd

D'après des entretiens menés par le cabinet Ernst&Young avec des entreprises spécialisées de transport de charges exceptionnelles, le coût du transport d'une charge lourde indivisible n'excède pas 5 à 10% du montant du colis transporté.

A titre d'exemple, deux déplacement au maximum en DGP250t permettraient de transporter séparément l'ensemble du fuselage (150 à 190 tonnes environ) et des ailes de l'A380 (45t chacun) sans leur support routier, sur la même distance en moins de trois heures et à une vitesse d'environs 100km/h. Le coût du transport (hors externalités) par DGP 250t serait donc estimé par le même cabinet selon les mêmes hypothèses précédemment mentionnées à 40000 euros maximum, soit 10 fois moins que le transport par convoi exceptionnel en tenant compte de la marge opérationnelle du transporteur. Ce transport pourrait être réalisé directement depuis les sites de productions galloises, espagnoles et allemandes vers le site de Toulouse, ce qui éviterait les nombreuses ruptures de charge observées lors des différents transferts alternés par bateau et camion. Le transport par DGP mobiliserait un nombre limité de personnes pendant quelques heures uniquement lors des étapes de transbordement et pourrait réaliser la rotation plusieurs fois par semaine, les distances étant au maximum de 2000 km à vol d'oiseau entre les différents sites de production d'Airbus.

Pour finir on prendra un exemple de transport exceptionnel avec des ordres de grandeur très proche de la réalité fournis par un important chargeur du secteur.

**Exemple** : Transport d'un colis de 200 tonnes / Dimension L=30m ; l=5m ; H=5m

Départ : Belfort (90): Arrivée : Rio de Janeiro (Brésil)

D'après la table 9 (Partie 2) le fret ne passera pas dans l'Antonov 225 compte tenue de sa hauteur (hauteur max 4,4m).

Il reste deux possibilités : Le multimodal avec pour transport principal le maritime et le transport par DGP sans rupture de charge jusqu'à Rio de Janeiro.

⇨***Transport Multimodal : 1er Cas***

- Approche routière jusqu'à Vitry sur seine……..….120000 Euros (inclus la location de 2 grues de 500 à 600 tonnes pour le déchargement.)
- Fret Fluvial sur la seine (Vitry sur seine-Le Havre)……..30000 Euros
- Embarquement Le Havre direct de bord…….……..…15000 Euros
- Fret Maritime part cargo Le Havre-Santos…….……..…300000 Euros
- Débarquement à Santos…….…….…….…….……10000 Euros



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

- Transport local sur 50 km…….80000 Euros

Total Rendu site ……..550 000 Euros

Transit Time : 30 Jours

Soit 18500 Euros/Jour et 770 Euros/Heure

⇨ ***Transport par DGP 250T : 2eme Cas***

**Selon AAT** le coût d'exploitation d'un DGP de 250 T serait de 6 à 10 Millions d'euros par an pour 6 000 heures de vol. Par conséquent, en prenant une moyenne de 8 Millions d'Euros et en la divisant par 6 000 On aboutit à environ **1 400 Euros/heure**.
**Pour le Zeppellin NT** on a l'information que le coût de revient à **4 000 Euros/Heure**.

**Selon l'étude d'Ernst & Young**, les 40 000 Euros rapportés sur 5 Heures d'exploitation (3 H de vol + aléas…) donnent : **8 000 Euros/Heure**.

On le voit bien, les sources donnent une variation qui va de 1 à 10 … difficile de se faire une idée comparative.

Pour trancher la question et avoir un ordre de grandeur de coût d'exploitation du DGP qui serait proche de la réalité, nous avons opté pour un raisonnement basé sur des réalités historiques.

Nous avons procédé comme suit :

- *Elément 1* : Le prix d'un voyage par dirigeable en 1936 de Francfort à New York revenait à US500.

- *Elément 2* : 500USD, c'est le prix à l'époque d'une voiture moyenne d'occasion (De Soto airflow) aux USA.

- *Elément 3* : Avec un calculateur d'inflation, 500USD donnent aujourd'hui $7780.40 *(http://www.westegg.com/inflation/infl.cgi)*

- *Elément 4* : Une De Soto airflow neuve de 1934 coûtait 1000USD environ…

- *Elément 5* : Aujourd'hui, aux USA une voiture récente d'occasion moyenne gamme 5 portes peut s'acquérir pour USD7 000… Donc l'indice est



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

relativement réaliste. Bien qu'en matière de pouvoir d'achat pour USD7000 on puisse avoir aux USA une voiture neuve.

- *Elément 6* : Les recettes sur un vol plein du LZ 129 devaient s'établir à 72 passagers * USD500 = USD36 000 au minimum… si l'on rajoute le fret et le courrier… arrondissons sur 45 000USD.

- *Elément 7* : USD45 000 de 1936 donnent USD700236 en 2010. *(http://www.westegg.com/inflation/infl.cgi)*

- *Elément 8* : Donc un appareil de 120T de charge utile, coûterait USD14004/Heure sur les quelques 50 Heures de vol qu'il y avait à l'époque sur un transatlantique.

- *Elément 9* : 14004USD donnent 10000 Euros de l'heure.

Historiquement le vol à destination de Rio de Janeiro prenait de l'ordre de 90H

Soit : 90H * 10 000 Euros/heure = 900 000 Euros pour un Belfort (90)-Rio de Janeiro (Brésil)

Soit un coût total estimé à 900 000 Euros > 550000 Euros

Le transport par DGP serait plus onéreux que le transport maritime mais beaucoup plus rapide 4 jours contre 30 jours. De plus le DGP a la possibilité de charger au plus près de l'usine de fabrication et de livrer la marchandise au plus près de son emplacement final. Ceci limite considérablement les ruptures de charge. Ce qui est non négligeable car les avaries surviennent le plus souvent à ces occasions. Surtout pour des colis à très forte valeur ajoutée comme c'est souvent le cas en transport exceptionnel. Ceci dit tout dépend de l'enjeu qu'il y a derrière ce colis.

Toutefois, le DGP peut aller dans des zones géographiques où le transport final par route est quasi impossible ou suppose beaucoup d'aménagements dans le cadre d'un transport multimodal. Dans une telle situation, l'avantage concurrentiel du dirigeable ne pourra être mis en cause.

Le grand perdant dans la course contre le dirigeable sera l'Antonov car même si sa charge utile est de 250 tonnes pour le model 225, ses dimensions utiles souvent le neutralisent face au DGP. De pus comme face au maritime, le DGP dispose de l'avantage de pouvoir de poser au plus près de la destination finale du colis et ainsi éviter des coûts de pré et post-acheminement mais aussi les ruptures de charges.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# Chapitre 11 : Impact socio-économique et Environnemental

L'objectif de cette partie est d'apprécier en l'état des connaissances disponibles sur la filière dirigeable, l'impact que la mise en place et le développement de la filière du dirigeable aura en matière d'emplois dans un premier temps. Puis dans un second temps, apprécier son impact environnemental.

## 11.1. Impact socio-économique

En amont de la filière, les emplois directs induits peuvent correspondre aux activités de conception soit de recherche-développement, de production et de vente.

Les estimations sont principalement basées sur les cadences de production des grands constructeurs aéronautiques actuels. A défaut d'informations plus précises, nous nous baserons sur le modèle industriel pouvant se rapprocher par la taille et le coût des engins envisagés.

Airbus et Dassault Aviation totaliseraient respectivement 56000 et 12000 emplois, et ont livré 453 et 70 appareils. Une part de 31,1% du personnel d'Airbus est dédiée l'ingénierie et aux projets, soit en moyenne 71 emplois par avion livré pour ces trois constructeurs. De même, 52,7% et 6,3% des effectifs des effectifs d'Airbus sont respectivement dédiés à la construction et à la vente soit 65 et 8 personnes par avion livré.

Par analogie, nous pouvons nous baser sur ce modèle pour prévoir approximativement le nombre d'emplois que peut générer la filière dirigeable en France pour sa phase amont.

Lors de la phase exploitation du dirigeable, les emplois directs seront essentiellement constitués de personnel navigant, du personnel au sol et du personnel de maintenance. Les estimations faites sont inspirées de la filière Fret Cargo. Ainsi en 2007, UPS (United Parcel Service) avait 2800 pilotes et 153 mécaniciens pour 282 avions, soit 10 pilotes et 0,5 mécanicien par avion. Le dirigeable nécessiterait 5 personnes au sol pour 2 pilotes soit 25 personnes par appareil en comptant les rotations d'effectifs. D'après une étude commandée par la mairie de Paris, cette estimation difficile à établir, inclurait les contrôleurs, agents de manutention, techniciens au sol…etc.

Enfin l'aval de l'exploitation des dirigeables c'est-à-dire la fin de vie des appareils, les estimations d'emplois directs induits ont été calculées sur la base d'un récent projet français de démantèlement des avions de ligne, appelé PAMELA.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

En effet, ce projet mis en place par Airbus prévoit 70 emplois pour 10 avions démantelés par an. Par hypothèse on peut donc chiffrer à 7 le nombre d'emplois directs que généra un dirigeable à la fin de son exploitation commerciale.

A ces emplois on peut rajouter les emplois indirects qu'induiront le développement et l'exploitation de la filière dirigeable. Ces emplois indirects n'ont pas l'objet d'une étude spécifique dans ce mémoire. Néanmoins en suivant les trois principales phases de développement du dirigeable, nous pouvons estimer que des milliers emplois seront générés.

Par exemple, nous pourrons voir apparaître de nouvelles sociétés d'équipements pour ballons dirigeable ou/et voir croître le nombre d'emplois des équipementiers déjà existants.

D'autre part, l'exploitation du dirigeable nécessite des hangars. Leur construction, leur maintenance et leur démantèlement engendreront des emplois qui ne sont pas pris en compte dans les emplois directs.

## 11.2. Impact environnemental

L'objectif de cette partie est d'effectuer un bilan environnemental simplifié du ballon dirigeable sur la base d'une récente étude réalisée par Ernst&Young pour le compte de la mairie de Paris et de la documentation existante à ce jour. Pour ce faire nous adopterons une approche de cycle de vie. Car même si la durée de vie envisagée du dirigeable laisse penser que la phase exploitation sera la plus importante en matière d'impact environnemental, le recours à des matériaux et à des fluides particuliers nécessitent de ne pas laisser de côté la phase conception-construction et la phase destruction.

### 11.2.1. La phase conception-construction

Les matériaux utilisés par la fuselage/nacelle et pour les systèmes embarqués devraient être identiques à ceux utilisés par les avions. Ainsi, les impacts générés par l'utilisation de ces matériaux seront approximativement du même type. Cependant, le poids des matériaux utilisés pour construire le dirigeable rapporté à la charge utile de ce dernier pourrait être inférieur à celui d'un avion.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

### 11.2.2. La phase exploitation du dirigeable

Le tableau ci-après présente les différentes phases d'un vol de dirigeable gros porteur et ses principaux impacts environnementaux.

| Phase de vol | Principaux impacts |
|---|---|
| Dirigeable au stand | Emission de polluants locaux<br>Production d'eaux usées<br>Consommation d'eau<br>Bruit |
| Landing Take Off : roulage, décollage, atterrissage | Emission de polluants locaux<br>Bruit |
| Phase de montée, croisière, descente initiale | Emission de gaz à effet de serre<br>Bruit |
| Autres impacts toutes phases | Consommation d'hélium |

*Table n°14 Impacts environnementaux du DGP/ Source E&Y 2007*

### 11.2.3. La phase « dirigeable au stand »

Le stationnement au stand permet d'effectuer toutes les manœuvres nécessaires à l'exploitation d'un aéronef : maintenance légère, ravitaillement carburant, catering (approvisionnement), etc. Lors de cette phase les impacts environnementaux différeront sensiblement de ceux d'un avion.

Au stand, un aéronef devant décoller les heures suivantes consomme de l'énergie pour alimenter les systèmes de bord (climatisation, cockpit, etc.). Le dirigeable devrait consommer la même quantité d'énergie pour ces fonctions.

Cependant, la surface d'un Dirigeable Gros Porteur étant beaucoup plus grande que celle d'un avion, une quantité plus importante de liquide dégivrant et antigivrant contenant plus de 50% de glycol devra être pulvérisé sur le dirigeable dans les conditions de givre.

Du fait que le Dirigeable Gros Porteur peut se poser sur des plateformes aux infrastructures très légères et qu'il nécessite des opérations de lavage ou dégivrage, il sera nécessaire de mettre en place des systèmes de drainage et de traitement des eaux usées comme sur des aéroports.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

### 11.2.4. Phase « Landing Take Off » (LTO)

Les émissions de polluants locaux d'un aéronef sont évaluées sur un cycle normalisé « Landing Take Off ». A la différence d'un avion qui doit atteindre une vitesse minimum pour décoller, un dirigeable peut décoller et atterrir verticalement. Ce principe de fonctionnement générerait les bénéfices environnementaux suivants :

- Absence de phase roulage : la majeure partie des émissions de carbone et de dioxyde de carbone étant émis durant cette le DGP serait nettement moins polluant que l'avion.

- Fonctionnement des moteurs à bas régime durant les phases de décollage et d'atterrissage : pour décoller et atterrir, il suffirait de régler la pression interne du dirigeable à l'aide des moteurs fonctionnant à bas régime. Ainsi les émissions de polluants et de bruit seraient beaucoup plus faibles que pour un avion (6 à 10 fois moins de polluants locaux selon certaines études). Il est à noter qu'un dirigeable qui associerait portance aérodynamique et portance aérostatique aurait des performances en matière de bruit et de polluants locaux à mi-chemin entre avions et dirigeables à portance aérostatique.

- Aussi faut-il noter que pour toutes les plateformes aéroportuaires, une partie significative de la pollution locale est générée par les transports de surface pour l'accès à la plateforme principalement. Ainsi, le gain environnemental dû au dirigeable serait dilué par le niveau de pollution local entraîné notamment par le transport routier à proximité de la plateforme. Par ailleurs, dans le cas ou les plates-formes devraient être éloignées des zones urbaines, la mise en place d'une plate-forme logistique DGP pourrait avoir localement un impact sur la qualité de l'air du fait des DGP, du pré/post acheminement par camion ainsi que de l'utilisation de véhicules électriques sur la plate-forme.

### 11.2.5. La phase de montée, croisière et descente

Les gaz à effet de serre d'un aéronef sont principalement émis durant les phases de montée, de croisière et de descente.

Pour ce maintenir en l'air, un avion doit avoir une vitesse minimum et donc consommer de l'énergie. A l'inverse, le dirigeable est sustenté « gratuitement » par son gaz porteur. Ainsi, il semblerait que pour cette raison, le dirigeable soit énergiquement plus



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

efficace que l'avion. Cependant, ce constat n'est pas suffisant pour conclure sur la performance du dirigeable car les frottements aérodynamiques liés au volume d'un dirigeable sont beaucoup plus importants que pour un avion. D'après le rapport d'Ernst&Young :

- En phase de croisière, un dirigeable de même charge utile que les plus gros cargos actuellement en exploitation consommerait environ 2 à 3 fois moins de carburant que ces derniers.
- Au dessus d'une certaine charge transportée, nécessitant plusieurs avions alors qu'un seul dirigeable pourrait être utilisé. Le transport par dirigeable serait 3 à 4 fois plus écologique qu'un avion en croisière.
- Les émissions liées à la phase de montée étant évitées, le dirigeable serait nettement moins consommateur et donc moins émetteur de $CO_2$ à la tonne.km transportée.

A cela, il est important de rappeler que la technique du ballastage à air en étude par AAT (Aerospace Adour Technology) ainsi que les autres techniques de ballastage à eau ou au sable qui ont déjà prouvé leur efficacité dans le passé sont tant de facteurs qui diminuent véritablement le bilan environnemental du DGP en matière d'émission de gaz à effet de serre.

En conclusion, sur toutes les phases de vol considérées, un dirigeable émettrait 2 à 6 fois moins de $CO_2$ que l'aviation traditionnelle selon les avions et les missions considérés. La performance écologique d'un Dirigeable Gros Porteur serait comparable à celle d'un camion de faible emport.

Le bilan ramené à la tonne-kilomètre constituant l'indicateur de référence dans le domaine du transport de marchandises est résumé dans le graphique ci-dessous. L'histogramme représente la valeur moyenne pour la catégorie considérée, les barres bordeaux indiquant la fourchette de variation observée.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

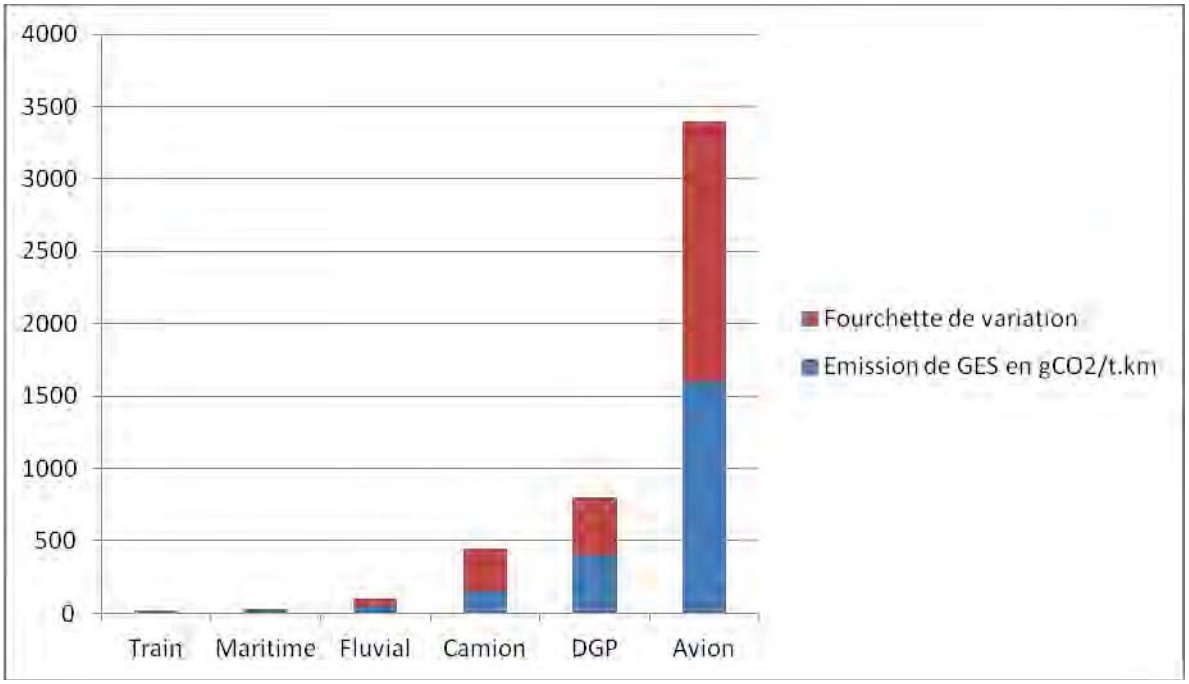



*Schéma n°5 : Emissions de GES par mode de transport de marchandises (source : E&Y et ADEME 2007).*

Il est à noter que la supériorité énergétique du dirigeable sur l'avion sera plus ou moins nette selon.

- Le type de mission

Le transport d'une charge émettra moins de GES s'il est effectué par un seul et même dirigeable que s'il est effectué par plusieurs avions (Ex : Comparaisons du bilan environnemental de 2 Boeing 747 de charge utile de 120t par rapport à un seul DGP de 250t.)

- Les spécifications du DGP

  Concept aérodynamique : Un dirigeable hybride associant portance aérostatique et aérodynamique se positionnerait dans la partie basse de la fourchette. Par exemple ? Le constructeur Aeroscraft annonce une efficacité énergétique deux fois supérieure à celle de l'avion.

  Mode de propulsion : Une motorisation plus performante permettrait de réduire la consommation de carburant et l'utilisation de carburants alternatifs réduirait les émissions de Gaz à effet de serre.

  Charge utile : Le dirigeable sera d'autant plus efficace qu'il sera de charge utile importante.

Comme indiqué précédemment, des solutions énergétiques alternatives en cours d'exploration pour les dirigeables lui donneraient des avantages par rapport aux autres



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

modes de transport, mais devront faire face aux contraintes de places comme c'est le cas habituellement pour la mise en oeuvre de la pile combustion.

### 11.2.6. La phase fin de vie du dirigeable

Les impacts d'un dirigeable en fin de vie dépendront fortement des matériaux de construction utilisés, des efforts réalisés en amont en matière d'éco-conception ainsi que la performance de la filière de recyclage en aval.

Ainsi les matériaux tels l'aluminium sont systématiquement recyclés. De plus, l'hélium pourrait être récupéré lors du démantèlement des DGP hors d'usage.

De plus, le projet PAMELA conduit par Airbus en particulier avec SITA a pour objectif de structurer la filière de déconstruction d'avions en fin de vie. Ainsi, il semble que celle-ci sera mature lorsque les premiers DGP arriveront en fin de vie. Une concertation approfondie sera tout de même nécessaire pour adapter cette filière de recyclage aux spécificités du Dirigeable Gros Porteur.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# CONCLUSION

Avant la deuxième guerre mondiale, le dirigeable présentait des performances d'emport et de rayon d'action nettement supérieures à celles des avions de l'époque, mais qui restent de nos jours encore excellentes pour des applications dans le domaine du transport de fret. Bénéficiant de plus de 50 années de recherches aéronautiques et spatiales, ces aptitudes pourront nettement être améliorées et ainsi permettre à ces engins de pouvoir dans des versions futures optimisées de répondre pleinement aux attentes tant en matière de performance que de technologique.

Ainsi aujourd'hui, des programmes d'utilisation du dirigeable se concrétisent dans le monde entier. Ils intéressent de nombreux domaines d'activité. En France, durant les dernières années, des projets apparus sont pris très au sérieux. Les collectivités locales se sont intéressées à la question. La presse s'en fait épisodiquement l'écho.

Cette étude a été centrée sur le dirigeable gros porteur, susceptible de transporter, sur de longues distances, des charges qui, du fait de leur poids et de leur volume, ne peuvent être acheminées simplement par les moyens classiques.
Le dirigeable pour le transport de ce type de marchandises est incontestablement la meilleure solution car le secteur visé prévoit de produire de plus en plus des colis exceptionnels dont les dimensions seront encore plus « exceptionnelles » pour des routes de plus en plus congestionnées. De surcroît, comme développé dans le présent mémoire, en termes d'efficacité énergétique et face au changement climatique, le ballon dirigeable devrait être le bon élève du transport aérien.
D'autre part, le pré-acheminement et le post acheminement sont supprimés car le DGP serait à même de poser la marchandise au plus près de sa destination finale.
Même si le prix du transport est plus onéreux que le mode maritime le DGP présente l'avantage d'avoir un délai d'acheminement plus court.
Même en étant six fois moins émetteurs de gaz à effet de serre que l'avion le plus propre, le ballon dirigeable reste plus polluant que le train mais garde l'avantage de pouvoir transporter des charges beaucoup plus volumineuses... Son aptitude à la verticalité lui donne un atout supplémentaire qu'aucun mode de transport de fret ne possède aujourd'hui et qui peut avoir des conséquences économiques décisives dans la logistique de fabrication et de vente de produits. Son impact sur l'environnement



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

(bruit, émissions) est nettement moindre que celui de la plupart des modes de transport actuels.
Pour les transports à une échelle mondiale, transocéanique ou transcontinentale, le choix entre l'avion et le bateau présente des écarts, tant en prix qu'en temps de transport, beaucoup trop grands et un "marché du milieu" pourrait dynamiser certaines économies latentes tout en offrant une nouvelle alternative aux chargeurs.

D'autre part, même si d'un coût d'exploitation supérieur aux autres moyens de transport du fait de son exploitation réduite, il reste intéressant car le DGP ne visera pas dans un premier temps le même marché que les autres moyens de transport. Il est clair le marché le mieux adapté pour une exploitation efficace et rentable immédiate du ballon dirigeable est celui des colis exceptionnels où il présente des atouts qu'aucun autre mode de transport ne dispose. Plus tard, après maîtrise de la chaîne d'exploitation du Dirigeable Gros Porteur, celui-ci pourrait se diversifier sur d'autres marchés.

De même, ces dirigeables sont intéressants notamment pour les pays enclavés mais aussi pour les territoires immenses dotés d'une faible densité d'infrastructures terrestres, car ils permettent de planifier autrement les besoins en infrastructures de transports. Dans le même ordre d'idées ils pourraient s'avérer aussi très utiles dans le secteur de la logistique humanitaire car malheureusement il y a toujours des catastrophes naturelles nucléaires ou encore des guerres
Malgré ces atouts connus depuis fort longtemps, le dirigeable n'arrive pas à revenir. La plupart des tentatives qui ont eu lieu se sont terminées par des échecs ou des renoncements. L'Association d'Etudes&Recherches sur les Aéronef Allégés (AERALL) a procédé à un examen de tous ces retours arrière. Selon elle, dans tous les cas, la cause était technique. Soit du côté des chercheurs qui sont isolés et ne disposent ni des outils, ni de l'ensemble des compétences indispensables pour conduire un projet jusqu'au bout. Soit du côté de ceux (publics ou privés) qui peuvent soutenir les projets. Certains inventeurs arrivent parfois à séduire et à obtenir un soutien. Mais dans ce cas, il s'agit pratiquement toujours d'une idée qui n'est ni validée ni achevée et qui conduit le plus souvent à l'échec.

La tentative allemande « Cargolifter », qui n'a pas pu être menée à terme pour des raisons d'économie locale et d'une mauvaise estimation de la faisabilité technique de l'engin en est un bel exemple. Les leçons de cet échec doivent conduire la France à



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

adopter une autre stratégie. Constatant que les modèles de dirigeables plus petits, voués à des missions différentes commencent à se déployer, il faut pouvoir capitaliser les recherches et les expériences et raisonner « en similitude », dès lors que les résultats sont, en grande partie, transposables. Ainsi Le dirigeable pourrait ainsi quitter le domaine du rêve nostalgique ou de l'utopie pour répondre concrètement aux nécessités d'une offre de transport de fret, mais aussi de sécurité et d'aide aux populations, qui iront en se développant.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# SOURCES DE DOCUMENTATIONS

## 1. Bibliographie


- Science & Vie Junior, numéro 201, Juin 2006, article « Les dirigeables nouvelle génération ».
- « Dirigeables » Histoire illustrée des navires aériens. Henry Beaubois Ed. Edita Lausanne.
- « Dirigeables » L'épopée méconnue des géants du ciel. Rick Archbold ; Ken Marshall. Ed. Gallimard.
- « Le zeppelin » en 300 histoires et 150 photos. Jacques Borgé & Nicolas Viasnoff. Ed. Balland.
- « Ballons, dirigeables et aéroplanes » Alphonse Berget. Ed.Broché.


## 2. ETUDES & RAPPORTS


- DGP-Notes complémentaire » Georges-Grasset Gothon
- Ernst&Young : Rapport DGP Final
- PROJET « AVEA » *Analyse de la demande* O. Benmoussa


## 3. Sitographie


- www.*setra.equipement.gouv.fr*
- http://www.buran.fr/mriya-antonov/mriya-carac.php
- http://www.boeing.com/commercial/747family/pf/pf_400f_prod.html
- http://espacevacant.com/333-102/huet/portfolioV2/sites/A380/production.html
- http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_europeen/ariane/ariane5/production_ariane5_transport.htm
- http://www.airships.net/hindenburg/flight-schedule
- http://www.cnr.fr/
- http://www.westegg.com/inflation/infl.cgi
- http://www.usinenouvelle.com/article/bientot-des-ballons-dirigeables-pour-le-fret-en-ile-de-france.N25045




This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

- http://www.airshipvision.eu/airshipvision.html
- http://www.carnetdevol.org/actualite-ballon/aerostat/americain.html
- http://lzdream.org/zeppelin/g/g_grimpeurs.html
- www.ABB.fr
- http://www.cawa.fr/
- http://www.cargolifter.com
- http://www.objectif-dirigeable.com/2.1.bases.php
- http://www.darpa.mil
- http://www.defenseindustrydaily.com/
- http://www.lockheedmartin.com/
- http://www.defnat.com/
- http://www.skystation.com/
- http://www.techno-science.net
- http://www.jeanlouisetienne.fr/poleairship/
- http://www.zeppelinflug.de/
- http://dirigeables.free.fr
- http://www.aerospace-technology.com/


## 4. Filmographie


- C'est Pas Sorcier, La Conquête du Ciel, « Les Dirigeables »
- http://www.youtube.com/watch?v=W3n5cUaG5fg = P-791 Airship


## 5. Entretiens

- Damien RAMCHURN : Chef de file Air France
- Hervé KUHLMANN : Responsable du Réseau Dirisoft Recherche (Ecole Normale supérieure-Cachan)
- Corinne PASSERAT : Mission Aviation Légère, Générale et Hélicoptères (MALGH) à la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)
- Alphonsine BOUYA : Programme Alimentaire Mondial (PAM)
- Sébastien PIREYRE : Responsable administrative et Formation – Voliris Sarl
- Emile ADJIBI : Spécialiste Sécurité à l'O.N.U.
- Frédéric MARTIN : Inspecteur des Douanes (Roissy)



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# TABLE DES ANNEXES

**ANNEXE A**: Photographies du LZ 129 Hindenburg.

**ANNEXE B** : Production et Reserve d'hélium dans le monde.

**ANNEXE C** : Briefing Humanitaire du 07 au 11 Septembre 2009.

**ANNEXE D** : Dirigeable et Poussée d'Archimède : document complémentaire



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## ANNEXE A : Photographies de l'intérieure du LZ 129 Hindenburg

Photo 1 : Hindenburg en vol

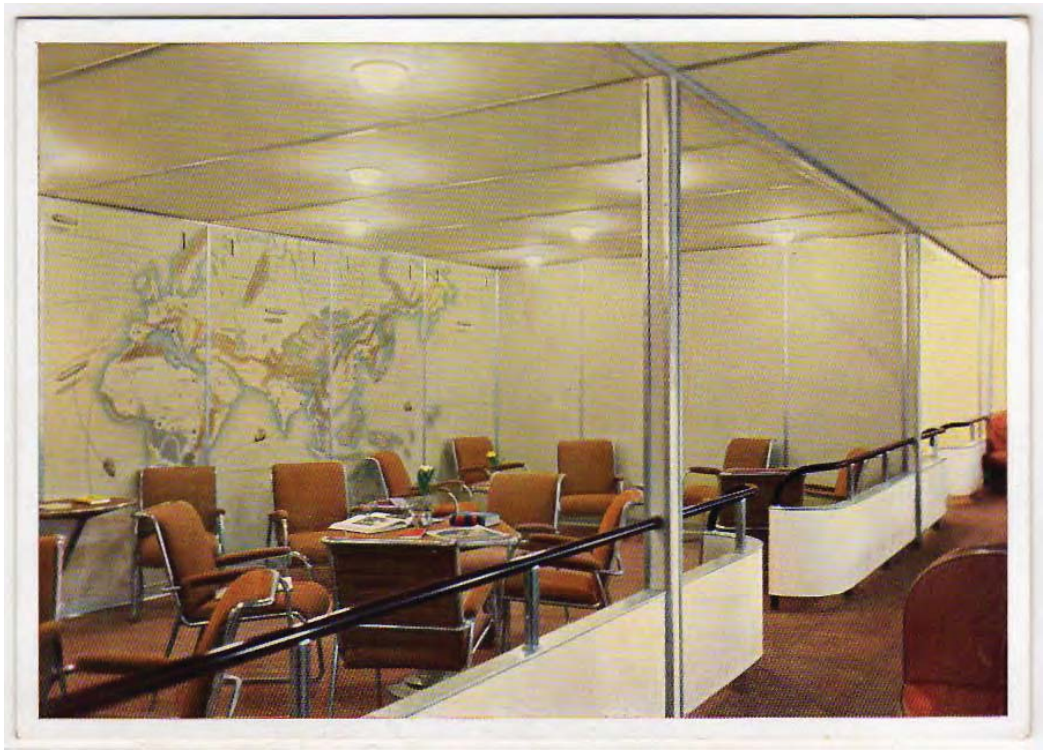


Photo 2 : Le salon



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Photo 3 La salle à manger

Photo 4 : Cabine de couchage



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

ANNEXE B : Gisements de Gaz naturel contenant de l'hélium

*Source : Rapport DGP final E&Y*

ANNEXE C : Briefing Humanitaire 07 au 11 Septembre 2009



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

OCHA Partenariat pour l'humanité

Bureau de Coordination des Affaires Humanitaires des Nations Unies

# BRIEFING HUMANITAIRE EN RDC
## 07 au 11 Septembre 09

**Faits marquants :**

- **Province Orientale :** Inexistence d'un cadre officiel pour la démobilisation des miliciens du FPJC candidats à la démobilisation
- **Province du Nord-Kivu :** Persistance des problèmes de protection dans l'ensemble de la province
- **Province du Sud Kivu :** Problématique de prise en charge des enfants abandonnées au Sud-Kivu.
- **Province du Katanga :** La ville de Kalemie, plongée dans le noir suite à la panne intervenue à la centrale hydroélectrique de Bendera, continue à enregistrer une augmentation des cas de cholera.

## PROVINCE ORIENTALE

***Protection des civils:***

**Territoire d'Irumu**

- Une source humanitaire a signalé que les militaires des FARDC ont délogé la population de Munobi (7 km de Gety Mission, et Gety est à 55 km au Sud de Bunia, District de l'Ituri) en guise des représailles à la mort d'un des leurs tué par des miliciens le 28/08 dernier. Les villageois ont trouvé refuge à Gety Mission.

***Mouvement des populations***

**Territoire d'Irumu**

- A la fin du mois d'août, le nombre total de déplacés en Ituri a été estimé à 184 432 personnes.

***Espace humanitaire***

**Territoire Dungu**

- l'ONGI Oxfam-GB est opérationnelle depuis le 31 août à Dungu (Haut-Uele). Cette dernière mettra en exécution dans la 2ème semaine de septembre un programme d'eau, hygiène et assainissement à Dungu. Ce programme financé par ECHO pour une durée de 6 mois s'étendra aussi à Niangara avec l'aménagement des sources d'eau et la construction des latrines.

***Besoins et réponses humanitaires***

- **Santé**

Des cas de diarrhée sanglante sont rapportés dans la cité de Mongwalu, dans le district de l'Ituri. Selon les résultats de laboratoire, ces diarrhées sont dues à la fièvre typhoïde. Sept cas dont deux décès ont été signalés la semaine dernière.

- **Sécurité alimentaire**

La fièvre aphteuse affecte les vaches dans le district de l'Ituri. Près de 2 000 vaches ont déjà été touchées avec 20 cas de décès. La FAO est dans l'attente des produits curatifs pour organiser une riposte.

- **Besoins non couverts**

Protection : le Cluster Protection de l'Ituri demeure préoccupé par l'inexistence d'un cadre officiel pour la démobilisation des miliciens du FPJC candidats à la démobilisation. En outre le cluster déplore l'attitude des FARDC qui exigent que les enfants démobilisés soient entendus avant leur réunification.

## PROVINCE DU NORD-KIVU

***Protection des civils:***

**Territoire de Lubero**

- Une autorité locale de Luofu rapporte que des FDLR ont demandé aux paysans qui se sont installés dans leurs champs aux villages de Luhanga, Bwambali et Kasenge (zone ouest de Luofu), de quitter la zone pour échapper aux opérations militaires en cours déclenchées par les FARDC dans le cadre de l'opération Kimia II. Ce groupe de paysans contraints d'abandonner leurs champs seraient arrivés à Luofu, selon les autorités locales.

***Mouvement de populations:***

**Territoire de walikale**

- Selon MSF-F, plus au moins 2.036 déplacés seraient arrivés à Bukumbirwa suite aux affrontements FARDC-FDLR et d'autres continueraient à arriver. Les besoins humanitaires urgents : Abris, eau, NFI, Food, Santé.

***Besoins non couvert***

**Territoire de Rutshuru**

- Solidarités RRM va se retirer au 18 septembre du site de Lusogha, dans la partie Nord de Rutshuru où ce programme mène une intervention eau (station de pompage et de traitement de l'eau). Cela fera 3 mois que le RRM intervient sur ce site (ce qui dépasse le mandat RRM). Un plaidoyer pour une reprise de l'activité continue auprès des acteurs Wash.
- MERLIN : a termine avec la campagne nationale de vaccination contre la tétanos dans la zone de santé sous son contrôle. Il a rapporte une situation faisant état d'une épidémie de cholera dans la position militaire de Katanda (27 cas de diarrhée dont 5 cas de cholera confirmes et référés au CS de Vitchumbi).

## PROVINCE DU SUD-KIVU

***Mouvement de populations***

**Territoire de Fizi**

- Près de 3 000 personnes sont arrivées à Lulimba à la suite des combats entre les FARDC et les FDLR dans le territoire de Fizi. D'autres déplacements de populations des localités voisines vers Lulimba sont également rapportés. Mais à cause de la restriction de l'accès humanitaire pour des raisons sécuritaires, il est difficile d'avoir des précisions sur le nombre de personnes déplacées dans la zone.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

OCHA Bureau de Coordination des Affaires Humanitaires des Nations Unies
Partenariat pour l'humanité

# BRIEFING HUMANITAIRE EN RDC
## 07 au 11 Septembre 09

***Protection des civils***

**Territoire de Minova**

- Le meutre d'un enfant de 3 ans par étranglement dans le camp des déplacés de Mubimbi à provoqué une vive tension de ceux-ci dans ce camp. Les jets de pierres lancées par les déplacés en colère ont blessé un policier et endommagé les pare-brises d'un véhicule de UNHCR. La mort de cet enfant serait liée au phénomène « Kabanga » ( meurtre par étranglement à l'aide d'une corde). Cette corde appelée « Kabanga » coûterait une importante somme d'argent. Depuis le début de l'année, environ une dizaine de personnes ont été tuées dans des circonstances similaires, dont 4 au cours du mois d'août 09. Il est recommandé aux acteurs de Protection de sensibiliser la population contre cette pratique superstitieuse.

**Territoire d'Uvira**

- la localité de Luvungi a été attaqué la nuit du 29 août 09 par des hommes armés non identifiés. Plusieurs maisons ont été incendiées pendant cette attaque. Les assaillants furent repoussés par les FARDC de la 8ème Brigade qui ont tué 2 parmi eux. Les 2 assaillants morts auraient été identifiés comme des éléments FARDC appartenant à la 33ème Brigade de l'Opération Kimia II. La population de la plaine de Ruzizi estime que toutes les attaques attribuées aux FDLR ne le sont pas réellement.

***Besoins non couverts***

**Territoire de Shabunda**

- Absence d'évaluation humanitaire sur la situation des déplacés de Katshungu (61 Km de shabunda centre) et de Byangama (104 Km de shabunda centre) à cause de l'inaccessibilité physique qui empêche la possibilité d'une mission par route à partir de Shabunda, mais aussi sécuritaire, la localité n'étant pas très loin de la partie parc de Kahuzi où les FDLR sont reportés s'être cachés. Et surtout, suite à l'indisponibilité d'une escorte de la Monuc.
- Nécessité d'un plaidoyer auprès des autorité militaires et de la MONUC pour une sécurisation des zones de retour ( Parc de Kahuzi, Kigulube, Nzovu, Mulungu, ...) afin de faciliter le retour des IDPs confrontés aux problèmes de survie dans les zones de déplacement sans assistance humanitaire.
- **Problématique de prise en charge des enfants abandonnés par les FDLR en fuite** : selon des sources locales dans les zones d'opération Kimya 2, les FDLR abandonnent leurs enfants pendant leur fuite. Ces enfants sont, ensuite, récupérés par les militaires FARDC qui les transfèrent directement à Bukavu. Le cluster protection de l'enfance signale qu'environ une trentaine d'enfants ont été récupérés et accueillis dans des centres pour enfants à Bukavu. Les acteurs de protection de l'enfance sont entrain d'étudier des mécanismes de prise en charge de ces derniers. Un groupe de travail est déjà en place pour étudier cette question d'abandon au Sud-Kivu.

***Besoins et réponses humanitaires***

- **Biens non alimentaire :Distribution des kits NFI aux déplacés de la plaine de Ruzizi, en territoire d'Uvira** : au cours de la semaine écoulée, IRC/RRM a distribué des kits NFI aux 2.126 ménages déplacés de la localité de Sange et 1.177 ménages déplacés de Luberizi. Ces kits ont été fournis par UNHCR et UNICEF. IRC/RRM va poursuivre les distributions dans la localité de Bwegera.
- Le CICR a distribué des kits NFI à 700 ménages de Katobo, dans les Moyens Plateaux d'Uvira, la semaine dernière.
- **Watsan :** IRC/RRM vient de construire 20 blocs de latrines d'urgence (à 4 portes) dans quatre localités de la plaine de Ruzizi, territoire d'Uvira notamment Luvungi, Sange, Luberizi, Bwegera (5 blocs dans chaque localité). L'ONG a distribué 30 kits hygiénistes (8 à Sange, 8 à Luberizi, 7 à Bwegera, 7 à Luvungi) et a formé 4 comités en vue de la promotion de l'hygiène. IRC/RRM a aussi réhabilité l'adduction de l'eau potable dans la localité de Sange.

## *PROVINCE DU KATANGA :*

***Mouvements de populations***

- Le plan de rapatriement pour l'année 2009 a été maintenu lors de la dernière réunion transfrontalière en Zambie. Le nombre de rapatriés prévu reste 18.549. Depuis le début du rapatriement 9.922 personnes, soit 2.995 familles, ont été rapatriées dans les territoires de Pweto, Moba et Kalemie.

***Besoins et réponses humanitaires***

- **Santé :** La situation épidémiologique du District de Tanganyika reste toujours préoccupante pour le choléra avec 78 cas pour la zone de Kalemie, 27 cas zone de santé de Nyemba, Kongolo 1 cas / 0 décès, Nyunzu 1 cas / 0 décès et Kansimba 1 cas / 0 décès. A cet effet, l'ONGi Solidarités a mis à la disposition du CTC /HGR Kalemie un blader de $10m^3$. UNICEF et Solidarités ont approvisionné en chlore les aires de santé des ZS de Kalemie et Nyemba. De son coté, l'OMS a remis un lot de Ringer Lactate de 1000L à l'HGR de Kalemie. A l'inverse, la situation du cholera qui préoccupait les acteurs humanitaires á Moba depuis la 32ième semaine, a plutôt évolué positivement dans les deux zones de santé du territoire de Moba où la courbe de cas reste descendante.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# ANNEXE D : **Dirigeable et poussée d'Archimède**

## Document d'accompagnement pour des activités pédagogiques

***Chacun, en fonction du niveau et de ses objectifs d'enseignement, pourra sélectionner au sein des informations suivantes ce qui lui semble le plus adapté pour la mise en place d'activités pédagogiques sur le thème de la poussée d'Archimède et du vol d'un dirigeable.***

L'exemple choisi ici se rapporte au dirigeable réalisé pour la mission de Jean-Louis Etienne, au-dessus de la banquise arctique en avril 2008. Le dirigeable a été assemblé et gonflé dans un des hangars Boussiron situés sur l'aéroport de Marseille – Marignane. Air liquide a fourni l'hélium nécessaire au gonflage pour essais. Le dirigeable a effectué sa première sortie en vol le 7 novembre 2007 à Marignane, puis il a rejoint l'aéroport de Fayence (dans le Var, entre Grasse et Draguignan) pour l'entraînement et a formation de l'équipage.

### 1. Propriétés physiques de l'hélium :

Dans les conditions normales de température et de pression, l'hélium est un gaz incolore, inodore, ininflammable et chimiquement inerte.
Sa masse volumique est égale à 0,176 $kg.m^{-3}$ et sa densité vaut 0,139 (le septième de l'air). C'est un gaz très volatil et les petites dimensions de la molécule d'hélium favorisent son passage au travers des parois.
La vitesse du son dans l'hélium et dans ces conditions physiques est égale à 960 $m.s^{-1}$ (pratiquement trois fois plus que dans l'air)

Sous une pression de 1013 hPa, la température d'ébullition de l'hélium a pour valeur -268,9°C. Au dessous de cette température, l'hélium se présente sous forme liquide, avec une densité égale à 0,124.

### 2. Propriétés chimiques de l'hélium :



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

L'hélium est un gaz inerte et cela lui confère un intérêt pour de nombreuses applications.
Du point de vue de la sécurité, l'évaporation de l'hélium liquide produit un volume de gaz 750 fois plus important qui remplace l'air initialement présent, d'où un risque d'asphyxie par manque d'oxygène. Toute manipulation d'hélium doit donc s'effectuer dans un local très ventilé.

### 3. Abondance naturelle et extraction de l'hélium:

L'hélium est très abondant dans l'univers (second constituant de l'univers, après l'hydrogène), mais très rare sur Terre, seulement à l'état de traces dans l'atmosphère (moins de 0,0005 %). Heureusement, il peut être assez présent dans les gisements de gaz naturel (jusqu'à 7%) et c'est de là que l'on l'extrait de façon industrielle, par distillation fractionnée. Les sites de production se situent pour l'essentiel en Algérie, au Canada, aux Etats-Unis et en Russie (La Russie pourrait produire 40 % de l'hélium mondial vers 2030)

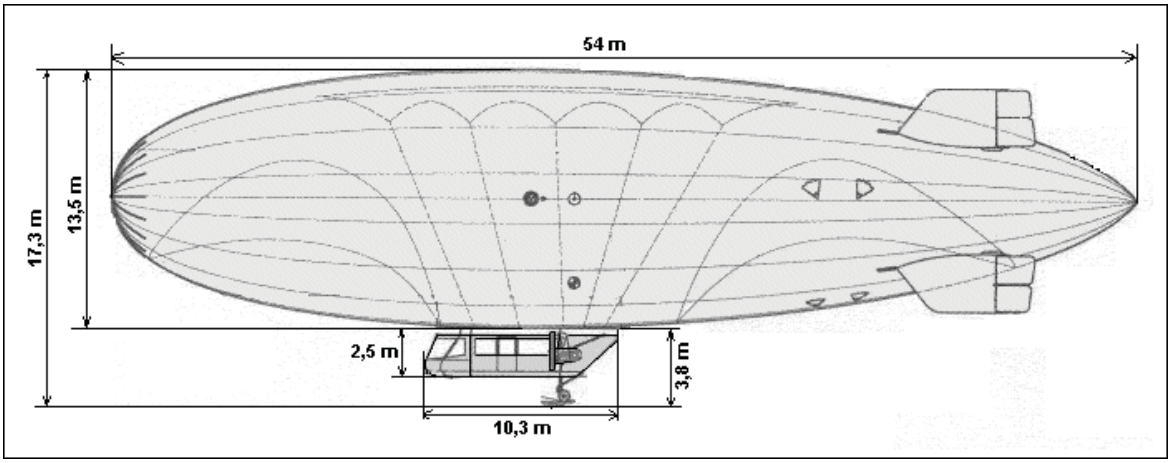
### 4. Principaux domaines d'utilisation:

**- cryogénie** : surtout pour la supraconductivité (alimentation des gros électroaimants…)
**- lanceurs** : la pressurisation des réservoirs de fusées fait appel à l'hélium
- **soudage** : l'hélium empêche tout phénomène d'oxydation
- **contrôle d'atmosphère** : grâce à l'inertie chimique de l'hélium
- **détection de fuites** : l'hélium, de par sa capacité à migrer au travers des parois est un bon indicateur de fuites.
- **off-shore** : l'heliox (80% d'hélium, 20% de dioxygène) est indispensable pour la plongée profonde
- **autres** : applications médicales, lasers He-Ne, ballons météo, dirigeables…

### 5. Gonflage du ballon dirigeable de la mission Total Pole Airship :



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.




Pour cette première phase de la mission, le ballon contient **4700 m$^3$ d'hélium**, soit environ 825 kg d'hélium. La masse d'air correspondant à un tel volume vaut environ 6075 kg. L'écart (5250 kg) correspond à la masse qui peut être soulevée par la poussée d'Archimède. Pratiquement, cela représente la masse de l'enveloppe, des moteurs, des gouvernes, de la nacelle et de sa charge utile.
A noter que du fait de l'aptitude de l'hélium à migrer au travers des parois, il faut régulièrement compenser les pertes (estimées à 1 l d'hélium par jour et par m$^2$ de surface d'enveloppe).

L'enveloppe avant gonflage

Ouverture de la vanne d'hélium



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

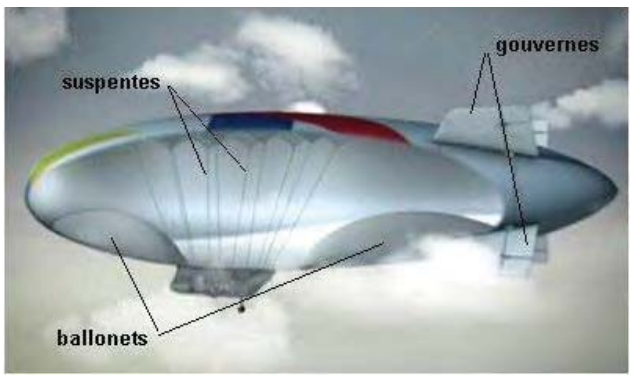
En cours de gonflage ;
à gauche, la citerne d'hélium liquide

Le dirigeable gonflé ; remarquer les poids suspendus à l'enveloppe.

Les images ci-dessus sont extraites d'une vidéo réalisée par « Air liquide », partenaire de l'opération. Pour voir cette vidéo sur le gonflage du dirigeable à l'hélium : http://www.airliquide.com/fr/le-groupe/developpement-durable-1/partenaire-de-jean-louis-etienne-1/une-expedition-gonflee-a-l-helium.html

**6. Principe du vol du dirigeable :**

Une vidéo commentée par Jean Louis Etienne et par Hubert de Chevigny, spécialiste de l'aéronautique, permet de comprendre comment vole un dirigeable, comment on peut agir sur son équilibre par le jeu de ballonnets inclus dans l'enveloppe et qui peuvent être remplis ou vidés d'air. Cette vidéo est téléchargeable sur le site « Planète – énergies », à l'adresse http://www.planete-energies.com/contenu/pole_air_ship.html#



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

**Ci-dessus** : vue du dirigeable en coupe partielle

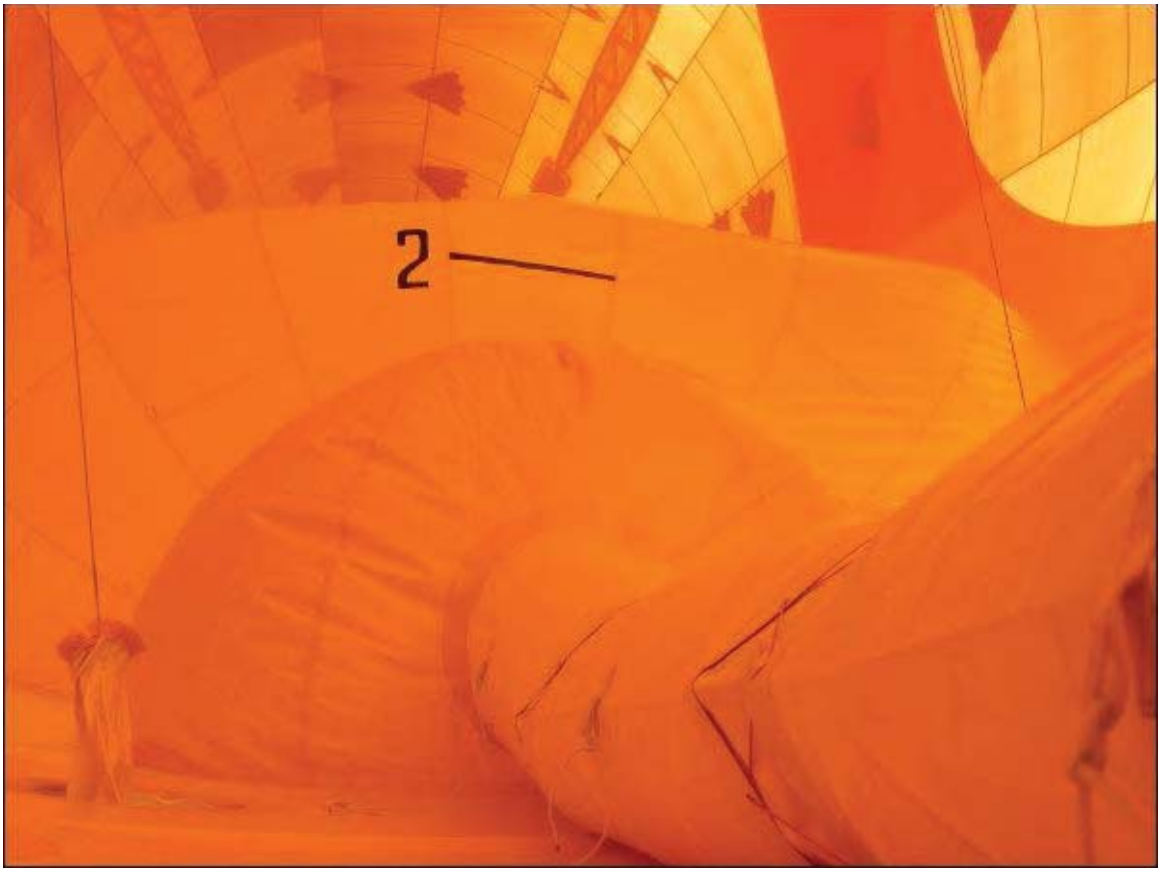
http://www.planete-energies.com/contenu/pole_air_ship.html#

**Ci-dessus** : gros plan sur les ventilateurs situés à la base de l'enveloppe et destinés au remplissage des ballonnets avec de l'air aspiré à l'extérieur.
Photo : Jean Cassanet – Septième continent.

**Ci-dessus :** rôle des ballonnets dans l'équilibre du dirigeable.
**A gauche** : En remplissant d'air le ballonnet avant, l'hélium est chassé vers l'arrière de l'enveloppe et l'appareil s'incline vers l'avant.
**A droite** : En remplissant d'air le ballonnet arrière, l'hélium est chassé vers l'avant de l'enveloppe et l'appareil s'incline vers l'arrière.
d'après : http://www.planete-energies.com/contenu/pole_air_ship.html#



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.




**Ci-dessus** : photo de l'intérieur de l'enveloppe du dirigeable. On distingue :

- à gauche, le point d'amarrage d'une suspente
- au centre, le ballonnet arrière, partiellement gonflé
- à droite et au premier plan, le tuyau d'alimentation du ballonnet en air

Photo : Jean Cassanet – Septième Continent



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

**Ci-dessus** : Le dirigeable de l'expédition « Total Pole Airship » :
Au premier plan, la nacelle, les moteurs (orientables) et le train d'atterrissage.
Remarquer les poids accrochés à la nacelle pour compenser la poussée d'Archimède (En l'absence d'équipage et d'instrumentation scientifique dans la nacelle, le dirigeable s'élèverait jusqu'à toucher le plafond du hangar.). Photo : Jean Cassanet – Septième Continent.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

**Ci-dessus** : le dirigeable de l'expédition « Total Pole Airship » en vol dans la région de Fayence (Var), au cours de la période de formation de l'équipage.
Copyright : Stéphane Compoint – Septième Continent.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

**Image n°1 :** Projet Skycat-20/Skycat-220 – Constructeur : ATG – Grande Bretagne.

**Table n°1 :** Caractéristiques du Skycat.

**Image n°2 :** Projet First 1A – Constructeur : AAT – France.

**Table n°2 :** Caractéristiques du FIRST 1A.

**Image n°3 :** Projet Aeros ML 866 – Constructeur : Aeroscraft – USA.

**Table n°3 :** Caractéristiques ML 866.

**Image n°4 :** Cargolifter .

**Table n°4 :** Caractéristiques du Cargolifter.

**Image n°5 :** LZ NT 07 - Constructeur : Luftschiffftecknik Gmbh – Allemagne.

**Table n°5 :** Caractéristiques du LZ NT 07 .

**Image n°6 :** Au-30 – Constructeur : Ros Aeros System – Russie.

**Table n°6 :** Caractéristiques du Au-3O.

**Image n°7 :** MC-500-Projet de DIRISOFT- France.

**Image n°8 :** Coupe longitudinale de la structure du ZRIII « Los Angeles »

**Schéma n°1 :** La notion de Portance.

**Schéma n°2 :** La notion de l'Equilibre.

**Table 8 :** Classification des convois de transports exceptionnels.

**Schéma n°3** : Inventaire des ouvrages par âge.

**Table n°9 :** Caractéristiques Antonov&Boeing 747.

**Table n°10 :** Profil commercial du DGP.

**Carte n°1 :** Itinéraire de pré-acheminement des pièces de l'A380

**Image n°9 :** Chargement d'Arianespace.

**Image n°10 :** Haïti pendant le séisme.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

**Image n°11** : Le port d'Haïti pendant le séisme.

**Image n°12 :** Le dirigeable Blue-Devil.

**Image n°13 :** Le LEMV.

**Table n°11 :** Organisation par quarts.

**Table n°12 :** Coût d'investissements comparés des DGP avec d'autres modes de transport.

**Table n°13** : Coûts d'exploitation totaux du DGP et d'autres modes de transport de marchandises.

**Schéma n°4 :** Répartition comparée des coûts d'exploitation a)d'une compagnie aérienne avion-cargo (Cargolux 2004) et b) d'une compagnie aérienne DGP.

**Table n°14 :** Impacts environnementaux du DGP.

**Schéma n°5 :** Emissions de GES par mode de transport de marchandises.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# TABLE DES MATIERES

**Remerciement**……2

**Sommaire**……3

**Introduction**……4

**PARTIE 1 : PRESENTATION DU BALLON DIRIGEABLE**……6

Chapitre 1 : Histoire du ballon dirigeable……7

1.1. Réussites……7

1.2. Les échecs : La chute……9

Chapitre 2 : Projets de ballons dirigeables modernes……12

2.1. Principaux projets de Dirigeables Gros Porteurs-DGP……12

2.2. Cargolifter……16

2.3. Les transporteurs légers……18

Chapitre 3 : .Le principe de fonctionnement du ballon dirigeable……22

3.1. Les aérostats……22

3.2. Description……23

3.3. Types de dirigeables……24

3.4. Le principe physique……24

3.4.1. La notion de Portance……24

3.4.2. La notion de l'Equilibre……25



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Chapitre 4 : Ses forces et faiblesses……27

4.1 Faiblesses……27

4.2. Forces……29

**PARTIE 2 : LE MARCHE POTENTIEL**……31

Chapitre 5 : Les secteurs d'activités demandeurs……32

5.1. Le colis exceptionnel : le transport exceptionnel……32

5.1.1. Industrie mécanique……35

5.1.2. L'ingénierie……36

5.1.3. Les composants préfabriqués de bateaux……36

5.1.4. L'industrie aéronautique……36

5.1.5. L'industrie aérospatiale……38

5.1.6. L'industrie du bâtiment, Travaux Public et Minières……39

Chapitre 6 : Impact du dirigeable sur l'organisation industrielle……40

6.1. Impact sur le processus de conception et de production……40

6.2. Simplification de la chaîne de transport……41

Chapitre 7 : Autres marchés potentiels……41

7.1. Le transport de marchandises sur grande distance et sans rupture de charge……41

7.2. Le fret humanitaire……42



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

7.3. Tourisme « Croisière aérienne »……47

7.4. L'usage militaire……48

7.5 La surveillance générale……51

7.6 Relais pour téléphonie mobile……51

**PARTIE 3 : EXPLOITATION OPERATIONNELLE DU DIRIGEABLE GROS PORTEUR**……52

Chapitre 8 : Le cadre juridique et institutionnel……53

8.1. La réglementation aérienne……53

8.2. La Formation……54

8.2.1. La formation des pilotes de dirigeables……54

8.2.2. La formation au métier de technicien au sol pour dirigeables……56

Chapitre 9 : Opérations……56

9.1. Le profil commercial……56

9.2. Opérations douanières……56

9.3. Les métiers « autour du dirigeable »……58

Chapitre 10 : Etude prévisionnelle de coûts……60

10.1. Coût d'investissement d'un appareil……60

10.2. Coûts d'exploitation des DGP……61

10.2.1 Coûts d'exploitation directe……61

10.2.2 Coûts d'exploitation indirecte……61



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

10.3 Coût total d'exploitation……..62

10.4. Décomposition des coûts d'exploitation……63

10.5. Coût de transport d'un colis indivisible lourd……65

Chapitre 11 : Impact socio-économique et environnemental……68

11.1. Impact socio-économique……..68

11.2. Impact environnemental……69

11.2.1. La phase conception-construction……69

11.2.2. La phase exploitation du dirigeable……..70

11.2.3. La phase « dirigeable au stand »……..70

11.2.4. La phase « Landing Take Off » LTO……71

11.2.5. La phase Montée, Croisière et Descente……71

11.2.6. La phase fin de vie du dirigeable……..74

**Conclusion**……75

**Sources de documentations**……..78

**Table des annexes**……80

**Table des illustrations**……93

**Table des matières**……95



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

# RESUME

A l'heure, où les Etats européens appellent à développer de nouvelles technologies de transports afin de faire face au défi écologique d'aujourd'hui, des projets de Dirigeables Gros Porteurs (DGP) font leur apparition un peu partout en Europe et aux Etats-Unis.

Mais près d'un siècle après leur disparition, cette nouvelle génération de dirigeables arrivera t'elle à trouver une place dans la chaîne logistique?

Tant de questions nous conduisent à étudier leurs forces et faiblesses pour déterminer les rôles que pourra jouer ce mode de transport, plus respectueux de l'environnement.

# ABSTRACT

At a time where European countries are calling for the development of new transport technologies to address the environmental challenge of our days, proposed large aircraft airship are emerging across Europe and the U.S.A.

But nearly a century after their death, this new generation of airships will they find a place in the supply chain?

So many questions drive us to study their strengths and weaknesses to determine the roles that can play this mode of transport more environmentally friendly.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 non transposé License.
To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/
or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.