

# Stratobus™

Jean-Philippe Chessel est directeur et manager de la ligne de produit Stratobus Thales Alenia Space.

## 1 Stratobus™, une innovation pour de nouveaux horizons

Stratobus™ est un projet qui généralise le concept du dirigeable. Il peut donner naissance à un système d'observation, de navigation et de communication complémentaire des satellites, mobile, guidé par télécommandes et beaucoup plus performant que les stations au sol.

L'envoi du Stratobus™ dans la stratosphère ne nécessite pas de lanceurs. Au moyen de ballonnets de gaz internes, on le fait décoller du sol et monter en altitude (Figure 1A-C). Contrairement au zeppelin<sup>1</sup>, ce n'est pas un dirigeable troposphérique mais stratosphérique ; il va se positionner à une altitude d'environ 20 000 mètres, plus haut que les hélicoptères et les avions : il dépasse les nuages (Figure 1D).

L'enjeu est de le maintenir stationnaire (Figure 1E), et pour ce

faire, de lutter contre les vents qui se trouvent dans la stratosphère afin de pouvoir offrir un grand nombre de missions :

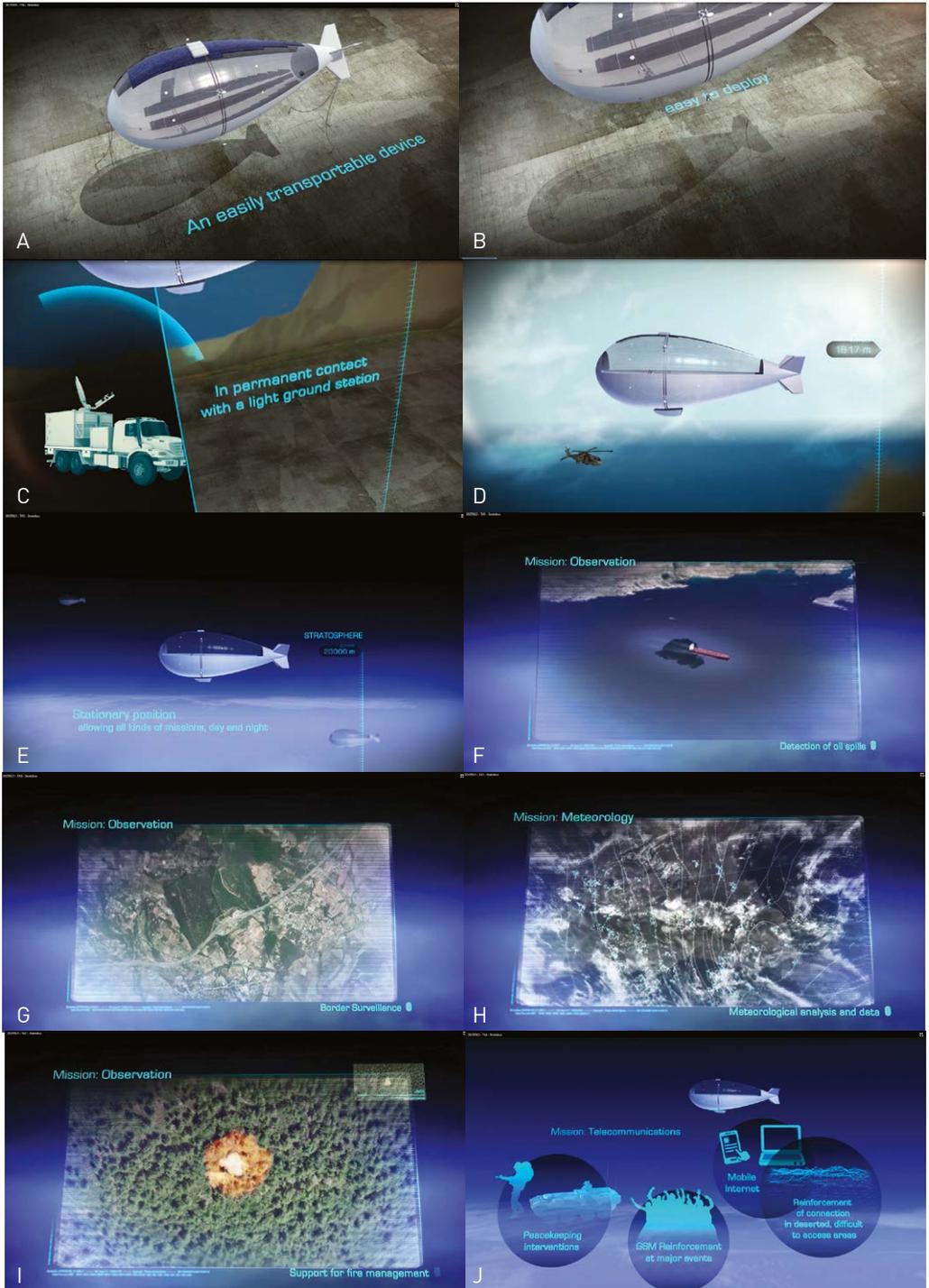
### 1) missions d'observation (Figure 1F) :

- surveillance de frontières ;
- surveillance de sites sensibles comme des raffineries pétrolières, des usines (Figure 1G) ;
- surveillance maritime : un navire qui pollue et qui dégage pourra être pris en photo sur le fait ;
- surveillance d'actes de piraterie maritime : présence ou pas de l'identification numérique (AIS) des bateaux qui pourraient être réceptionnés ;
- érosion des plages pour les applications de caractérisation des évolutions environnementales ;
- propreté à la fois de l'eau et des plages ;
- détection et aide à la gestion des tempêtes de sable ;

### 2) mesures météorologiques pour améliorer les modèles (Figure 1H) :

- surveillance et intervention dans le cas de désastres naturels ;

1. Zeppelin : premier dirigeable allemand à enveloppe rigide construit par Ferdinand von Zeppelin à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Le terme zeppelin est maintenant utilisé pour désigner tous les types de ballon dirigeable.



**Figure 1**  
Stratobus™ et ses missions.

- surveillance et aide à la gestion pour combattre les incendies de forêts (**Figure 1I**) ;
- mesure du taux de carbone au-dessus des villes ;
- thermographie urbaine pour détecter les défauts d'isolation thermique des immeubles ;

3) missions de **télécommunications** (renfort GPS local) (**Figure 1J**) :

- embarquer un pseudolite pour relayer et renforcer la localisation GPS.

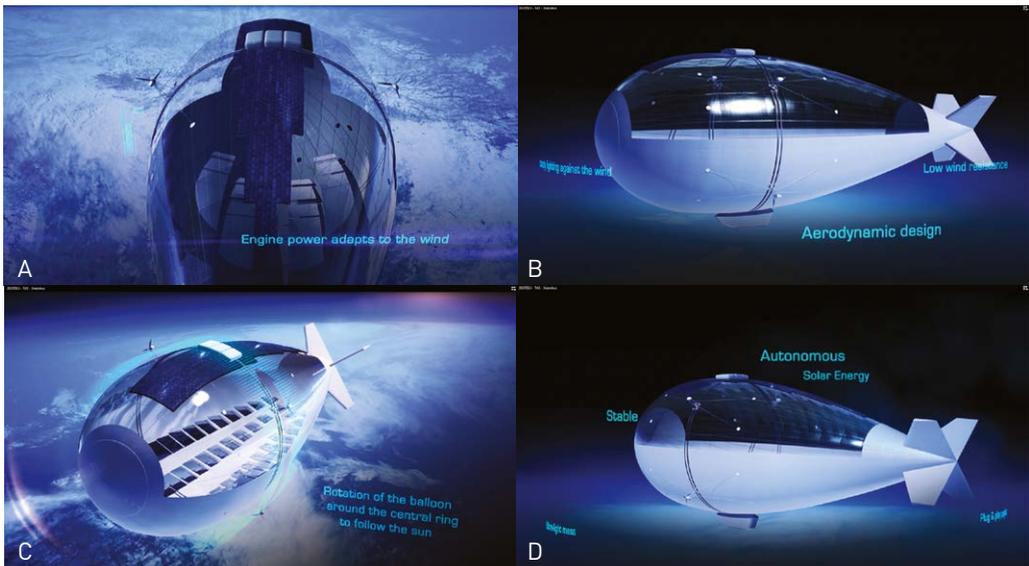
Thales Alenia Space propose le Stratobus™ comme un complément aux satellites, qui se positionne entre drones et satellites. Pour se maintenir en position dans la stratosphère, le Stratobus™ utilise quatre moteurs à *motorisation purement électrique*. La majeure partie du temps face au vent, il évolue comme une girouette en utilisant ses moteurs pour contrer la force du vent et

rester stationnaire. Lorsque le vent grossit, la motorisation se fait plus puissante, la vitesse augmente. Lorsque le vent diminue, il diminue sa vitesse. Lorsque le vent tourne, il suit le vent (**Figure 2A-B**). Lorsque le vent s'arrête, Stratobus™ utilise ses moteurs pour décrire une figure de type hippodrome autour de son point de référence, de manière à créer un vent relatif modéré.

Le Stratobus™ est *complètement autonome*. Il n'y a pas de pilote à bord et il génère sa propre énergie ; pour ce faire, il est équipé d'un panneau solaire placé sur le sommet de l'enveloppe. La **Figure 2C** présente une vue du dessus du panneau solaire et une vision à l'intérieur de l'enveloppe. En réalité, cette enveloppe est opaque et vide ; elle est utilisée pour renfermer un système de ballonnets et de gestion de gaz (pompes, valves, capteurs) que l'on actionne pour le gonflage d'air afin de

**Figure 2**

Stratobus™ joue avec le soleil et le vent pour s'alimenter et se diriger.



l'alourdir dans la descente, ou pour le vider et le monter en altitude. Le Stratobus™ est rempli d'un gaz plus léger que l'air : l'hélium. Il pourra également fonctionner à l'hydrogène dans quelques années. L'innovation spécifique au projet Stratobus™ repose sur le fait que l'ensemble de l'enveloppe tourne et s'oriente pour optimiser l'éclairage solaire. De jour, l'énergie utilisée est l'énergie solaire. De nuit, on utilise l'énergie qui a été stockée pendant la journée pour assurer la mission du Stratobus™ : rester stationnaire, lutter contre le vent, alimenter des charges utiles (**Figure 2C-D**).

Le concept Stratobus™ peut surprendre : c'est le retour du dirigeable. En fait, Stratobus™ n'est pas dans le cœur de métier de Thales Alenia Space, qui est leader mondial dans la fabrication de solutions par satellite. Mais des clients de tous horizons sont intéressés par ce produit qui répond parfaitement aux demandes d'un nouveau marché, le

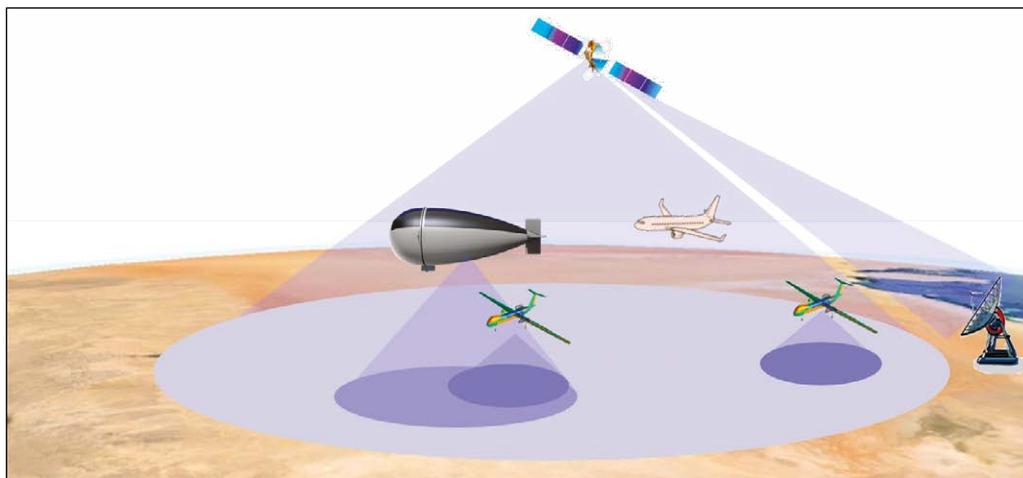
marché des HAPS<sup>2</sup> (« *High Altitude Pseudo-Satellite* ») : du monde militaire, du monde de la sécurité, du monde privé également, par exemple les opérateurs de télécommunication, qu'ils soient terrestres ou par satellite.

Le Stratobus™ n'est pas un concurrent du satellite, mais un produit destiné à augmenter la valeur des solutions par satellite. Il se positionne à 20 kilomètres d'altitude alors que les satellites évoluent entre 300 et 36 000 kilomètres lorsqu'ils sont géostationnaires ; ils sont beaucoup plus éloignés et ont une vision plus globale de la Terre, d'un pays, voire d'une partie de continent. À 20 kilomètres d'altitude au contraire, la vision est régionale (environ 500 km de diamètre). Le niveau de service offert aux clients n'est pas le même qu'avec un satellite, mais ses atouts complètent le satellite et la constellation de satellites (**Figure 3**).

2. HAPS (« *High Altitude Pseudo Satellite* ») : plateforme stratosphérique qui est un aéronef stationnaire fournissant des services de communication et d'observation.

**Figure 3**

Le Stratobus™, positionné dans l'espace aérien entre les drones et les satellites, couvre un rayon/ champ d'action intermédiaire.



Les satellites d'observation de la Terre, dotés d'une très bonne résolution, se situent autour de 700 kilomètres d'altitude et sont défilants autour de la Terre. Ils ne peuvent pas être stationnaires. À partir de là, il y a un temps de re-visite de quelques heures à quelques jours, ils vont repasser par exemple toutes les trois heures, tous les deux jours. Avec un Stratobus™, au contraire, on peut rester permanent au-dessus d'une zone. Le Stratobus™ va rester toute la journée, tous les mois, voire jusqu'à une année, suivant l'endroit où il est positionné sur la Terre. Il permet de compléter les informations et les images données par le(s) satellite(s), voire envoyer une vidéo de sa zone observée.

Pour les applications de télécommunication, dans les situations de diffusion d'Internet par satellite, on couvre des zones importantes, et le débit que reçoit l'utilisateur est faible, beaucoup plus faible que celui du câble. Le Stratobus™ va permettre d'augmenter le débit Internet

(data rate) dans une zone régionale, comme un amplificateur de satellite (**Figure 4**), et en particulier en bordure de couverture satellitaire ou dans des lieux à forte densité comme une zone portuaire.

On voit ainsi que Stratobus™, situé à une altitude où il n'y a pas encore de HAPS, s'attaque à un marché nouveau. Ce marché est estimé à plus d'un milliard de dollars à partir de 2020, et il fait aujourd'hui l'objet de nombreuses convoitises par les GAFAs en particulier, Google (avec son projet « Loon »), Facebook avec son Aquila, Lockheed Martin<sup>3</sup>, des Chinois... C'est une réelle course pour prendre la première position autour de 20 kilomètres et pour pouvoir offrir des services avec un premier produit le plus tôt possible. Le but du projet n'est pas d'abord scientifique mais industriel en vue de créer et alimenter un marché de milliers d'unités qui est mondial.

3. Lockheed Martin : entreprise américaine de défense et de sécurité.



**Figure 4**

Avec son dirigeable dernière génération, le Stratobus™, Thales Alenia Space s'étend vers de nouveaux horizons, offrant ainsi de nouveaux outils aux réseaux des télécommunications. Cette technologie offre un nouveau moyen d'accéder et de transmettre des informations au sein du réseau (en augmentant le débit Internet par exemple).

## 2 Une prouesse technologique

Le Stratobus™ est ce que l'on appelle un « blimp » (dirigeable à enveloppe souple), c'est-à-dire qu'il n'a pas de coque rigide ni même semi-rigide, à l'inverse du zeppelin qui a une coque semi-rigide renforcée par une poutre carbone. L'enveloppe du ballon est vide à l'exception du système de gestion des gaz et des ballonnets pour assurer son équilibrage, son accès à 20 km ; le ballonnet principal est gonflé d'air et dégonflé pour permettre la descente et la montée du ballon dans la stratosphère.

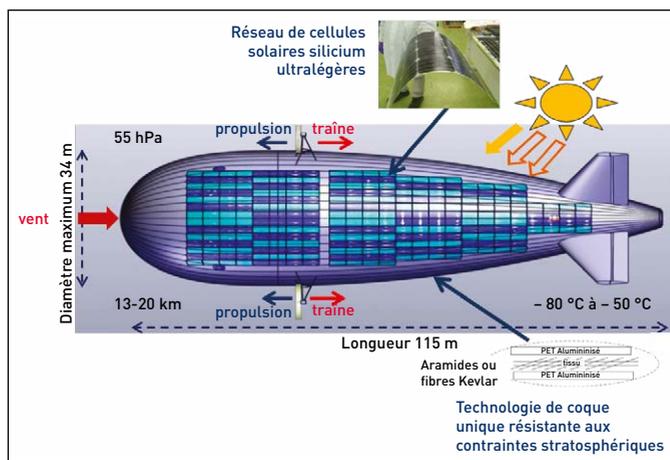
Au sol, le volume du gaz (hélium) qui remplit le Stratobus™ est de 6 000 m<sup>3</sup> environ ; à 20 000 m d'altitude, il fait 60 000 m<sup>3</sup>. Au sol, le ballonnet est rempli d'air pour le ballaster et maintenir le Stratobus™ au sol. Au fur et à mesure que l'air du ballonnet interne est purgé, l'hélium prend sa place et le volume porteur augmente. Le volume, limité par la taille de l'enveloppe, est défini par une

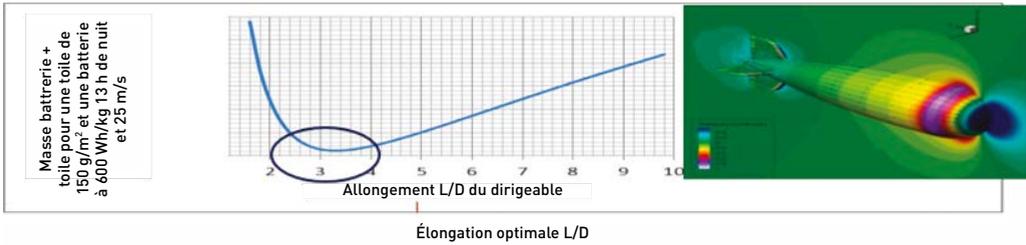
équation très simple qui utilise la poussée d'Archimède (cette fois dans l'air) et la portance de l'air, et relie la masse totale emportée et la masse du volume d'air (densité 100 g par m<sup>3</sup> à l'altitude voulue). Pour emporter une charge de 7 tonnes, on calcule un volume de 63 000 m<sup>3</sup>.

Le Stratobus™ n'est pas un « petit » dirigeable ; il fait 115 m de long, 34 m de diamètre au maître-couple (l'endroit où le diamètre est le plus important) (**Figure 5**) : très impressionnant. Il est un peu plus long et plus haut qu'un A380. À vrai dire, les dirigeables existants, comme le zeppelin, ont tous des tailles importantes, et les zeppelins faisaient jusqu'à 150 m de long et 40 m de diamètre. Par rapport aux projets concurrents, et grâce aux innovations technologiques, le Stratobus™ reste « relativement petit » – ce qui ne signifie pas qu'il ne s'agit pas d'un grand projet à développer et à réaliser industriellement. En effet, des projets concurrents parlent de 150 000 à 250 000 m<sup>3</sup>.

Figure 5

Le Stratobus™ et ses panneaux solaires flexibles et ultralégers (technologie silicium). Ces panneaux convertissent le rayonnement solaire en énergie électrique. Cette énergie est utilisée pour alimenter différents appareillages du Stratobus™ (notamment les piles à combustibles). La pisciforme aérodynamique dérivée du BD33 est une forme capable d'optimiser la traînée globale du dirigeable, c'est-à-dire capable de minimiser les frottements avec l'air. Les frottements les plus importants sont focalisés au niveau du nez de l'aéronef et s'estompent le long de l'enveloppe.





L'hélium interne est maintenu en état de légère surpression, de 55 hectopascals vis-à-vis de l'environnement extérieur. Cette surpression assure la rigidité d'enveloppe ainsi que des propriétés aérodynamiques intéressantes permettant de résister à la pression du vent, de réduire la traînée, et donc de la puissance nécessaire pour la motorisation.

Les simulations de traînées aérodynamiques ont permis de définir une forme optimale proche de celle qui avait été mise au point par Zeppelin dans les années 1930 : la « forme BD33 », très aérodynamique.

Le facteur d'allongement a lui aussi été optimisé (Figure 6). Plus le Stratobus™ est allongé, plus il est aérodynamique, mais il y a une limite : s'il est trop allongé, il risque de se plier lors de la montée en traversant des vents importants.

L'environnement thermique est bien connu et très stable : il fait très froid (de -80 à -50 °C). Le Stratobus™ a été conçu en fonction de cette contrainte.

### 3 Le système autonome du Stratobus™

Le Stratobus™ est autonome : il n'y a pas de pilote à bord,

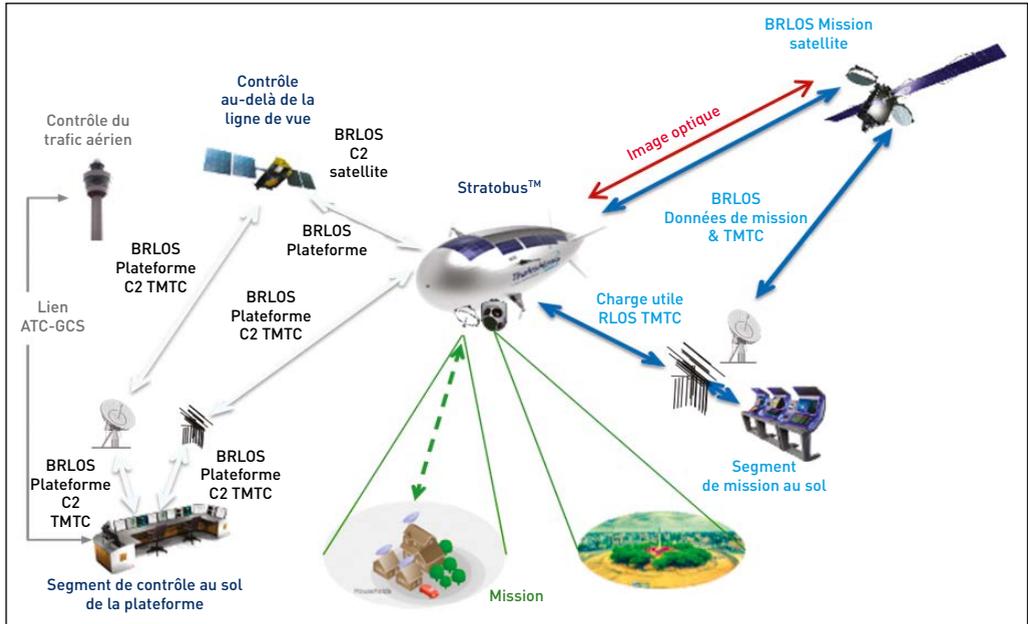
pas de câble qui le relie au sol comme les ballons captifs (à 20 000 m de distance, cela ferait beaucoup), on peut circuler en dessous. Il est télécommandé et, pour des questions de certification et de sécurité, on a séparé le « lien de la commande » de Stratobus™ du « lien des données mission » (Figure 7).

La commande de Stratobus™ peut se faire en direct, à partir d'une station au sol pour peu que l'on ne dépasse pas environ 200 kilomètres de distance. Grâce à sa motorisation, le Stratobus™ peut se déplacer dans les airs ; il faut donc pouvoir le piloter à distance. Pour le piloter, on passe par un satellite ; une antenne satellite est placée sur le sommet du Stratobus™. On peut par exemple le lancer à Istres dans le sud de la France et l'amener au-dessus du Mali. Il y sera en quelques jours par sa propre motorisation.

Il en est de même pour toute la partie « données mission », en particulier pour la réception de l'imagerie. Soit on utilise une station de réception d'imagerie locale située à moins de 200 kilomètres, soit on passe par un satellite. Par exemple, à partir du Mali, on peut avoir des images à Paris dans son bureau comme si on y était en quasi temps réel.

Figure 6

*Courbe traduisant l'évolution de l'allongement du dirigeable. Le facteur optimal est déterminé au minimum de la courbe, c'est en ce point que le dirigeable sera le plus aérodynamique.*



**Figure 7**

Le Stratobus™ effectue des missions d'observation, des missions de surveillance et des missions de télécommunication. Il peut échanger des informations, images ou vidéos en temps réel grâce aux plateformes de contrôle sur Terre et à l'échange d'informations avec les satellites.

Pour la mise en œuvre du Stratobus™, Thales Alenia Space n'a pas une approche unitaire (un service défini rendu par un satellite à un endroit unique), mais une approche de constellation en concevant toute une flotte de Stratobus™ (Figure 8). Un lien laser ou radio est intégré à

chaque dirigeable pour permettre la communication entre les Stratobus™ et la mise en place de réseaux. Ces réseaux, déployés, peuvent couvrir des régions de plusieurs milliers de kilomètres et échanger des informations quasiment instantanément entre Stratobus™, des vidéos



**Figure 8**

Ensemble de Stratobus™ présent dans la stratosphère. Les Stratobus™ peuvent être connectés entre eux à une distance de 500 kilomètres.

ou des images. Cela servira pour des applications militaires aussi bien que civiles. Les Stratobus™ étant mobiles, les mailles du réseau peuvent être optimisées en fonction de la demande des utilisateurs au sol.

### 3.1. Les raisons du choix de l'altitude de Stratobus™

Pourquoi avoir choisi 20 kilomètres d'altitude – comme d'ailleurs tous les projets de dirigeables stratosphériques, à l'heure actuelle ?

Premier avantage de cette altitude : l'adaptation aux vents. La courbe des vents (**Figure 9**) montre qu'il y a des vents importants qui correspondent au jet-stream<sup>4</sup>, situé entre 5 et 13 kilomètres d'altitude suivant l'hémisphère dans lequel on se trouve. Les vents diminuent ensuite pour trouver un plateau, entre 18 et 25 kilomètres, où le vent souffle en moyenne à 10 mètres par seconde. Évidemment pour positionner

4. Jet-stream : courant d'air rapide et confiné que l'on trouve dans l'atmosphère de certaines planètes telles que la Terre.

un engin qui doit lutter contre les vents, on choisit un endroit où les vents sont moins importants.

Autre avantage de cette altitude : elle se situe au-dessus du trafic aérien (**Figure 10**). C'est une zone où, aujourd'hui, il n'y a encore personne. Si on ne gêne pas le trafic aérien, il faut tout de même le traverser. Un travail de certification doit être mené pour répondre aux aspects réglementaires. Une fois que le trafic aérien est traversé, le Stratobus™ peut se déplacer et aller se positionner où l'on souhaite. Il est à noter que la réglementation aéronautique n'existe pas encore dans la stratosphère et que le projet Stratobus™ a initié un groupe de travail sur le sujet, aussi bien en Europe avec l'EASA (« European Aviation Safety Agency »), qu'au niveau mondial avec l'ICAO (« International Civil Aviation Organisation »).

Troisième avantage : la densité d'air est encore suffisante. Le dirigeable étant porté par l'air, il faut une densité d'air assez importante. Si l'on monte à 25 kilomètres, la densité d'air diminue, il va falloir

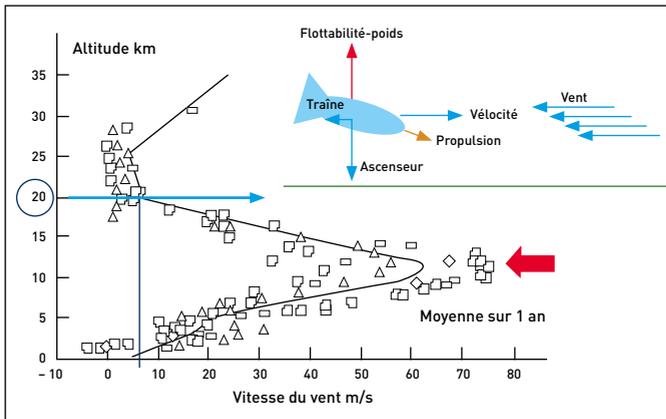


Figure 9

Vitesse moyenne des vents (exprimée en mètres par seconde) en fonction de l'altitude (exprimée en kilomètres). À 20 kilomètres d'altitude, les vents soufflent à moins de 10 mètres par seconde en moyenne. C'est une vitesse largement inférieure aux 60 mètres par seconde pouvant être observés à une altitude de 10 à 15 kilomètres.

Figure 10

Le Stratobus™ évolue dans la seconde couche de l'atmosphère, la stratosphère, ne perturbant pas le trafic aérien qui se situe en moyenne à environ 13 kilomètres d'altitude. Stratobus™ se situe à une altitude jusqu'à présent inoccupée par d'autres systèmes spatiaux (ballons sondes, navettes spatiales, satellites).

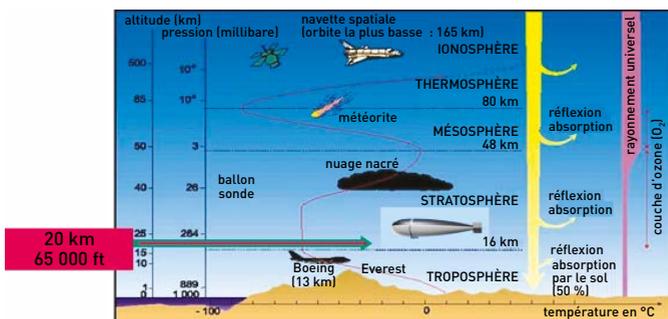
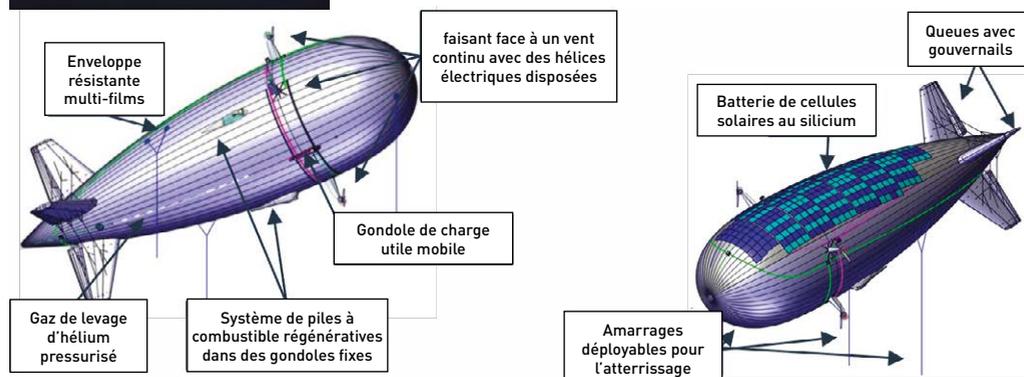


Figure 11

Le Stratobus™ est conçu à partir d'un grand nombre d'outils de haute technologie : enveloppe multi-films résistante et rotative, motorisation électrique, piles à combustible régénératives, panneaux solaires en silicium terrestre et système d'empennage arrière.



augmenter le volume. Cela poserait des problèmes du point de vue de la réalisation industrielle.

Pour répondre au marché, le Stratobus™ doit avoir la capacité d'embarquer une charge utile puissante. Il pourra emporter entre 250 à 450 kg suivant son emplacement au-dessus de la Terre. Il pourra fournir une puissance importante de l'ordre de 5 à 8 kilowatts à sa charge utile. 250 kg pour 5 kilowatts, cela représente la charge utile de la constellation « Globalstar 2 » [satellite permettant d'assurer les communications téléphoniques tout autour de la Terre avec une charge utile de l'ordre de 250 kg]. C'est ce qui a servi de dimensionnement au Stratobus™.

### 3.2. Les équipements de Stratobus™

Le Stratobus™ est motorisé, c'est ce qui fait sa différence avec un ballon (qui est dérivant). La motorisation lui permet de se diriger où il veut. Il dispose de quatre moteurs, en croix, qui permettent de le faire naviguer (Figure 11). Il y a également une nacelle contenant la charge utile, qui doit tout le temps rester pointée vers le sol. Cela est important et est assuré par un système astucieux de moteurs permettant le déplacement en sens inverse de la nacelle pour faire tourner l'ensemble de l'enveloppe.

Le Stratobus™ est également équipé de deux nacelles, contenant le système de stockage d'énergie, constitué

de piles à combustible réversibles. La pile à combustible réversible est à ce jour le meilleur moyen d'alimenter le Stratobus™ en énergie en termes de stockage d'énergie par kg. Durant la journée, l'eau embarquée du sol est électrolysée grâce à l'énergie fournie par le générateur solaire. L'électrolyse de l'eau produit deux gaz : le dihydrogène et le dioxygène, que l'on stocke dans des réservoirs de bord. Durant la nuit, le dihydrogène et le dioxygène alimentent une pile à combustible, qui fournit l'énergie électrique pour faire fonctionner les équipements de bord, produit de la chaleur réutilisable et régénère l'eau, laquelle remplira à nouveau le réservoir pour le jour suivant (Figure 12).

Le Stratobus™ dispose d'un système d'empennage arrière avec des gouvernes pour la stabilité et le pilotage. Il est entouré d'une enveloppe spécialement conçue pour résister pendant un an dans des conditions stratosphériques. Malgré toutes les précautions, les UV et l'ozone conduisent au vieillissement de l'enveloppe, qui doit être changée

au bout d'un certain nombre d'années. Elle comporte un assemblage de laies sur l'ensemble de l'enveloppe, de la qualité de leur assemblage dépend l'étanchéité au gaz porteur, et donc sa permanence dans la stratosphère ; Stratobus™ devra redescendre une fois par an pour remettre du gaz porteur.

#### 4 Un ballon dirigeable à haute performance de stockage énergétique

Le générateur solaire (Figure 13) est un système évidemment essentiel. Il a une surface d'environ 1 700 m<sup>2</sup> et doit générer une énergie conséquente à bord, de l'ordre de plusieurs centaines de kilowatts pendant la journée. Par ailleurs, ce générateur doit être le plus léger possible.

#### 5 Les technologies à bord

Le Stratobus™ maîtrise obligatoirement les quatre technologies clés suivantes (Figure 14) :

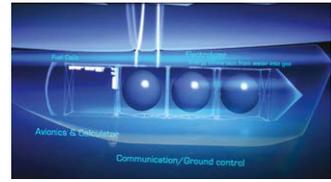
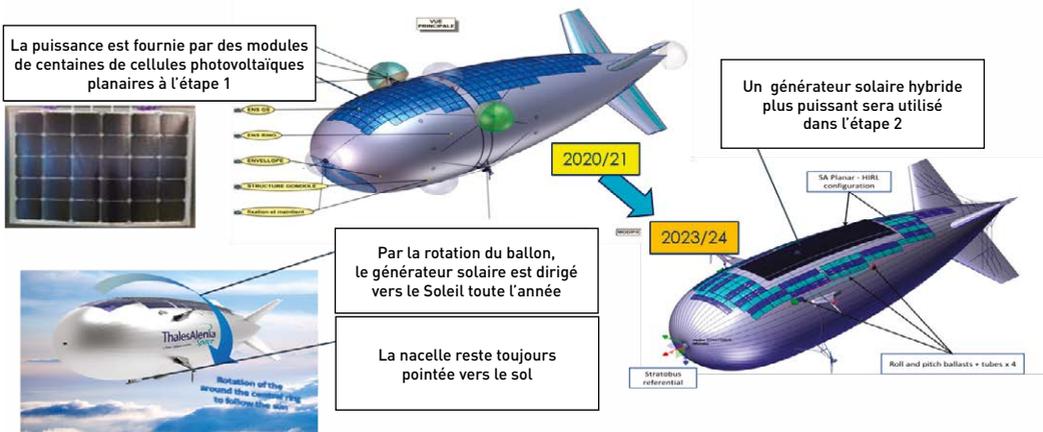


Figure 12

Le Stratobus™ possède un système de stockage d'énergie constitué de piles à combustible réversibles.

Figure 13

Les panneaux photovoltaïques disposés sur l'enveloppe du Stratobus™ sont constamment éclairés par le Soleil (grâce à la rotation de l'enveloppe) afin d'utiliser l'énergie solaire comme vecteur d'énergie. Les dirigeables de première génération sont constitués de panneaux photovoltaïques en silicium alors que ceux de seconde génération seront équipés de générateurs solaires hybrides (en silicium et en arséniure de gallium) plus puissants permettant de convertir de façon plus importante le rayonnement solaire en énergie électrique.



	<p><u>Cellules solaires</u></p> <p>Besoin de cellules solaires à haut rendement avec un faible rapport en kg/m<sup>2</sup> et un faible coût, résistant aux conditions stratosphériques et à l'hébergement conforme</p>		<p><u>Matériau de la coque</u></p> <p>Très résistant pour se conformer aux surpressions et tensions prévues et à l'environnement stratosphérique (UV), et ayant un faible rapport g/m<sup>2</sup></p>
	<p><u>Piles à combustible régénératives</u></p> <p>Nécessité d'un système de stockage de grande capacité avec un rapport Wh/kg élevé et une efficacité d'aller-retour élevée</p>		<p><u>Harnais léger</u></p> <p>Harnais ayant une masse très faible mais permettant de transporter une grande puissance à haute tension</p>

**Figure 14**

*Une structure légère, une enveloppe résistante, des panneaux solaires performants, des piles à combustible régénératives à haute densité de stockage constituent les quatre technologies indispensables à la réalisation du projet.*

– un générateur solaire possédant des qualités parfois contradictoires : il doit être de haute efficacité et avoir un rendement important, mais il ne doit pas être cher. On utilise des technologies silicium et non pas des technologies arséniure de gallium comme celles des satellites. Le générateur solaire doit également être très léger. Nous avons choisi des panneaux solaires en silicium, que nous avons allégés en enlevant le substrat. Ces panneaux deviennent donc flexibles. Ils doivent également être résistants aux environnements, aux UV et à l'ozone. Ils sont protégés par des films particuliers développés à cet effet ;

– un équipement clé est l'enveloppe, pour laquelle le développement du matériau est essentiel et complexe, car elle doit assurer de nombreuses fonctions. La première est de maintenir le gaz en surpression. La pression du gaz varie selon qu'il est éclairé par le Soleil ou froid la nuit entre 3 et 25 hectopascals. L'enveloppe doit donc respirer et se dilater sans qu'il n'y ait rupture. Par ailleurs, elle doit être strictement étanche, car l'hélium

s'échappe facilement. Afin d'assurer ces performances sur un an à poste, nous développons une enveloppe avec trois couches de matériaux : deux films plastiques pour assurer l'étanchéité, et un tissu à base de fils de type kevlar pour assurer la résistance mécanique aux fluctuations de la pression interne. L'enveloppe doit aussi être très légère, approximativement le poids de deux feuilles de papier blanc format A4 ;

– un autre des développements clés concerne la pile à combustible réversible : elle doit pouvoir stocker une grande quantité d'énergie – ordre de grandeur de 600 wattheures au kg. Par comparaison, les batteries actuelles stockent 250 wattheures au kg pour les meilleures. Au départ, nous nous sommes intéressés aux batteries de satellite, et, lorsque nous avons réalisé le dimensionnement, nous avons trouvé quatre tonnes de batterie : beaucoup trop ! Le poids des piles à combustible embarquées devrait rester entre 1 et 1,5 tonnes. La masse totale du Stratobus™ est de 8 tonnes ;

– la dernière technologique clé est le câblage, ce qui peut

paraître surprenant, mais il faut véhiculer beaucoup de puissance : plusieurs centaines de kilowatts. Afin de réduire l'intensité électrique de quelques dizaines d'ampères, on travaille à haut voltage. Malgré tout, le poids du câblage est important car l'engin est grand, 130 m de long et 33 m de diamètre. On a vite atteint des kilomètres de câblage qui finissent par peser. On a des actions pour développer de nouvelles technologies de câblage, en particulier à âme aluminium, qui permettront de réduire la masse.

## 6 Stratobus™, une plateforme multi-missions

Stratobus™ a été conçu pour être un porteur multi-missions (Figure 15). La charge utile doit se situer entre 250 et 450 kg, et doit pouvoir être montée en « *plug and play* »<sup>5</sup>,

5. Plug and play : procédure permettant aux périphériques d'être reconnus rapidement et automatiquement par le système d'exploitation dès le branchement du matériel.

donc rapidement. Il est en effet capital de réduire la durée de maintenance ainsi que de changer la charge utile rapidement, qu'il s'agisse d'une charge utile télécom, d'observation, de surveillance ou de navigation (renforts de GPS). Cette propriété est particulièrement importante dans l'exploitation en mode « réseau » où il faut traiter les Stratobus™ les uns derrière les autres.

## 7 Mise en place du programme de développement

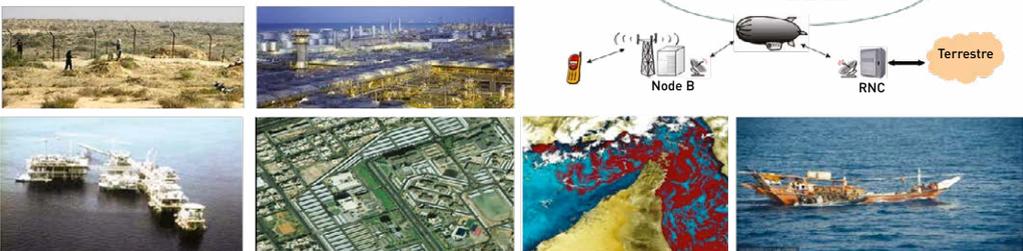
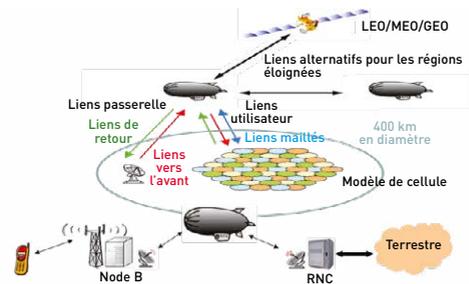
### 7.1. Un projet soutenu

Le projet « Stratobus » a été sélectionné par le plan d'investissement d'avenir<sup>6</sup> ; il est cofinancé par les ministères de l'Économie et du numérique, et de l'Écologie. Le programme a été lancé en avril 2016. La phase de « *preliminary design review* », qui

6. Plan d'investissement d'avenir : programme d'investissement de l'État français initié en 2010 permettant notamment un soutien à la recherche et aux projets innovants.

Figure 15

*Le Stratobus™ effectue à la fois des missions d'observation et de surveillance (surveillance des frontières, détection des rejets de pétrole par les navires, détection de navires pirates), des missions météorologiques (analyse de l'érosion des côtes, analyse des données météorologiques), des missions de télécommunication (renforcement de la connexion des zones à accès réduit, renforcement Internet) et également des missions de navigation (identification et reconnaissance des navires via un numéro IAS, renforcement du signal GPS).*





**Figure 16**

Le Stratobus™ prendra son envol dans la base aérienne 125 « Charles Monier » à Istres. Cette base aérienne, dont l'Armée de l'air française est affectataire principal, est située dans le département des Bouches-du- Rhône. C'est un site mondialement connu à la fois pour sa piste de 5 000 mètres (piste la plus longue d'Europe), mais également pour la présence sur site de différentes unités des forces aériennes stratégiques (Escadron de chasse 02.004 « La Fayette », Groupement de ravitaillement en vol 02.091 « Bretagne », Escadron de soutien technique spécialisé 15.093).

présente un premier concept cohérent avec des spécifications coordonnées avec nos partenaires, s'est terminée en fin d'année 2017. Le projet se trouve maintenant en phase de « *critical design review* », qui permet de croiser les résultats de tests sur maquettes avec les performances attendues ; cette phase doit se terminer en fin d'année 2018.

L'agence européenne EASA<sup>7</sup> accompagne le projet (Figure 16) pour les procédures de certifications qui sont très critiques puisqu'il n'existe pas d'engin aérien à cette altitude. La base réglementaire est une référence réglementaire pour des engins dirigeables stratosphériques. Une fois celle-ci

créée, le dirigeable devra être conforme afin d'obtenir un certificat type qui permettra de voler en Europe, mais également dans certaines parties du monde reconnaissant la réglementation EASA.

Les partenaires du projet sont indiqués sur la Figure 17 :

- Thales Alenia Space a un rôle de systémier, d'intégrateur. Nous sommes allés chercher des compétences chez des partenaires car Thales Alenia Space est une entreprise qui n'est pas spécialisée dans la fabrication de dirigeables :
- Airstar Aerospace pour l'enveloppe : cette entreprise fabrique les enveloppes pour le ballon dérivant du Centre national d'études spatiales (CNES) depuis une quarantaine d'années.

**Figure 17**

Les partenaires de Thales Alenia Space.

7. EASA : Agence Européenne de la Sécurité Aérienne.



## 7.2. Le programme de développement du projet

La feuille de route du développement du projet est présentée sur la **Figure 18**. La phase de R&D se terminera fin 2018-début 2019. À partir de fin 2018, un dossier de définition sera établi pour fabriquer le premier Stratobus™ et un ballon démonstrateur à échelle réduite (40 m de long et 12 m de diamètre) sera en cours de conception. Ce sera un ballon captif qui volera à environ 300 m en tant que démonstrateur de technologie. Cela permettra de tester certaines des technologies clés de Stratobus™, sa technologie d'enveloppe, sa résistance au vent, sa résistance à la température, sa perméabilité, et également de commencer à développer les moyens d'intégration car ce sont des moyens non usuels au vu de la taille des objets.

Ensuite viendra la phase de réalisation du premier dirigeable Stratobus™

(démarrage de cette phase fin 2018-début 2019). Le premier Stratobus™ « *proto flight model* » servira à valider et qualifier le produit. Le vol de démonstration est prévu sur la base militaire d'Istres en 2021. C'est la seule base en France ayant accès à la stratosphère, ayant le droit de créer un couloir pour accéder à la stratosphère, car c'est une ancienne base de secours de la navette spatiale US. La piste mesure 5 km de long, elle est la plus longue d'Europe.

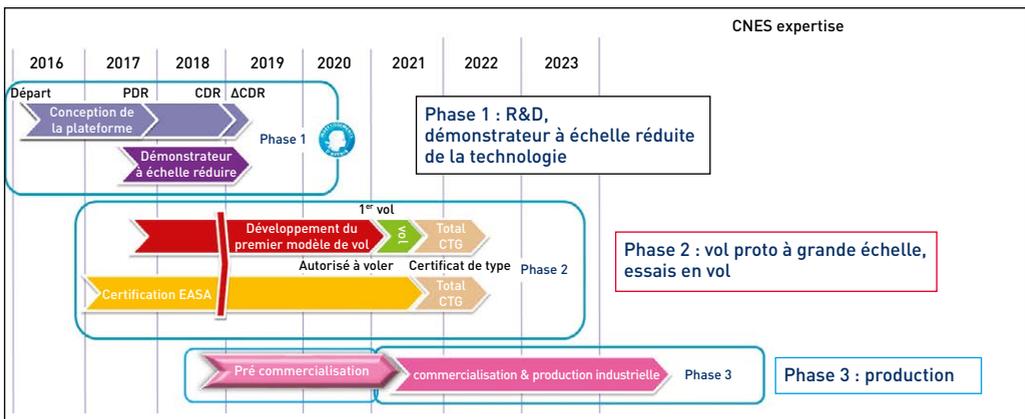
Les phases ultérieures seront :

- les procédures de certification ;
- la commercialisation, qui permettra de passer en production dès 2021, la commercialisation démarrant dès 2019.

Le dirigeable Stratobus™ servira à la fois pour des applications de télécommunication, d'observation civile et militaire, comme expliqué précédemment.

**Figure 18**

Le projet de réalisation du Stratobus™ s'articule en trois grandes phases : 1) phase de R&D et démonstrateur de technologies à échelle réduite ; 2) fabrication du prototype échelle 1 et phase de vols et de tests ; 3) phase de production.



## Stratobus, une innovation entre drones et satellites

**Rendez-vous à Istres début 2021, pour le premier vol du Stratobus™ (Figure 19) !**

Profitons-en pour rappeler que c'est la France qui a créé le premier dirigeable. C'est d'ailleurs le dirigeable « La France », lancé à Villacoublay en 1885 (Figure 20), qui a fait dire : « *Je mets des moteurs sur un ballon pour pouvoir me diriger et contrôler la direction du ballon* ».

Figure 19

*Le Stratobus™, dirigeable de nouvelle génération, prendra son envol à Istres début 2021 pour un vol de démonstration. Ce Stratobus™ est un dirigeable dernière génération en comparaison au dirigeable « La France », lancé à Villacoublay.*



Figure 20

*Le dirigeable « La France » est un ballon dirigeable français, lancé à Villacoublay en 1885 par Charles Renard et Arthur Constantin Krebs. Ce dirigeable a effectué plusieurs vols de 1884 à 1886 dont un trajet mémorable de huit kilomètres en vingt-trois minutes. Il s'agissait, à l'époque, du premier vol en circuit fermé du monde durant lequel un engin aérien revenait à son point de départ.*