



# HISTOIRE DE L'AVIATION



**CAEA & BIA - 5 - HISTOIRE**

# Histoire de l'aviation.

DE L'ANTIQUITÉ AU DÉBUT DU XXI <sup>ème</sup> SIÈCLE Du rêve jusqu'aux premières tentatives...	2
LE CHOIX DU "PLUS LÉGER QUE L'AIR".	4
LES TEMPS HÉROÏQUES (1890 -1913)	7
LES PREMIERS VOLS DE PLUS DE 24 HEURES et les PREMIERS RECORDS	10
LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE (1914-1918).	19
ENTRE DEUX GUERRES (1919-1939)	26
LA DEUXIEME GUERRE MONDIALE (1939-1945)	44
DE 1945 A AUJOURD'HUI.	53
LA COMPETITION TECHNIQUE	64
LES HÉLICOPTÈRES	75
Les avions expérimentaux... très spéciaux.	80
LA CONQUETE DE L'ESPACE.	86
Commentaires sur cette édition ... revisitée !	101
Sources : bibliographie et internet	102
Index	103
TABLE DES MATIÈRES	107

Vous trouverez à la fin de ce document

- Des références bibliographiques et surtout des adresses internet
- Une table des illustrations
- Un index
- Une table des matières détaillée



# DE L'ANTIQUITÉ AU DÉBUT DU XXI<sup>ème</sup> SIÈCLE

## Du rêve jusqu'aux premières tentatives...

L'idée de naviguer ou de s'élever dans les airs est aussi ancienne que l'humanité.

S'élever dans les airs, ce fut de tout temps le désir des hommes : faire comme les dieux de l'antiquité et de la mythologie auxquels on attribuait souvent des déplacements aériens. Certains, tels Mercure, étaient représentés avec des ailes.

La légende la plus connue est celle de **Dédale** et d'**Icare** enfermés en Crète, dans le labyrinthe.



Pour s'enfuir Dédale a l'idée de fabriquer des ailes semblables à celles des oiseaux, confectionnées avec de la cire et des plumes. Dédale met en garde son fils, lui interdisant de s'approcher trop près du soleil. Mais Icare, grisé par le vol, oublie l'interdit et prenant trop d'altitude, il fait fondre progressivement la cire. Ses ailes finirent par le trahir et il meurt précipité dans la mer...

*Le mythe d'Icare s'échappant du labyrinthe. ⇨*



Plus proche de nous, dans la religion chrétienne, les anges, les archanges et les séraphins sont toujours représentés avec des ailes. Il en est de même dans d'autres religions où les livres saints sont de véritables volières. À notre époque, on s'intéresse moins aux ailes. Les seuls attributs que l'on emprunte encore au monde animal, ce sont les cornes et encore, plutôt pour les attribuer aux autres que pour s'en parer soi-même.

*L'Archange St Michel ⇨*

En 350 Av.J.C., **Aristote** étudie le vol des oiseaux : pour le comprendre, mais aussi à la recherche d'une application pratique.

À l'époque de la Grèce antique, on cherchait déjà à pénétrer les mystères du vol. Des condamnés à mort étaient attelés à des oies et précipités du haut de falaises. On devine le résultat.

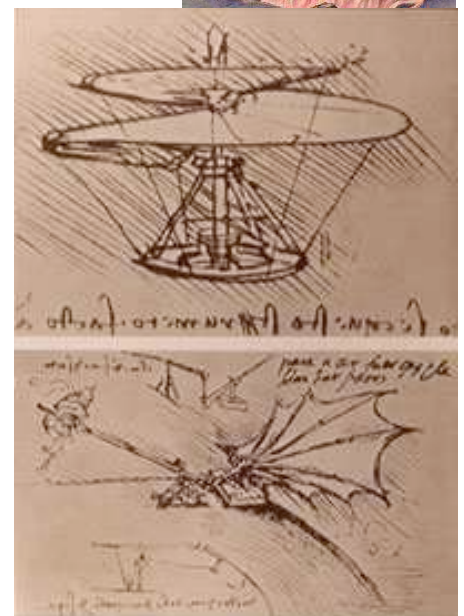


Bien des intrépides, avec des ailes fixées dans le dos, se sont élancés dans le vide. Mais, après quelques battements d'ailes, cela se terminait à peu près toujours de la même façon.

*⇨ Léonard de Vinci ...Et ses inventions :  
ici un avion et un hélicoptère ⇨*

Vers 1500, **Léonard de Vinci** effectue les premières études connues sur le vol des oiseaux et il recherche une imitation mécanique. Il conçoit et il dessine des machines volantes, proches de **l'avion**, de **l'hélicoptère** et du **parachute** : mais il semble qu'il n'ait fait aucune tentative pour les réaliser.

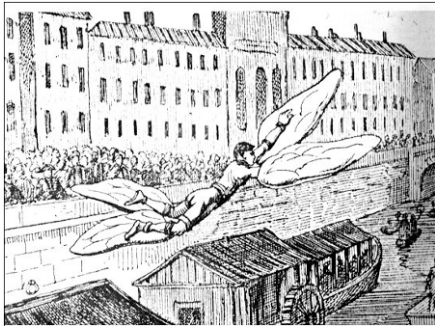
Il dessine **l'hélice**.



Dés cette époque, on pense à nouveau à faire voler l'homme, mais on n'envisage ce vol qu'avec des ailes battantes, comme les oiseaux (*vol ramé*). On n'envisage pas les ailes fixes (*le vol plané*).



Au XVII<sup>ème</sup> siècle, le philosophe **Descartes** ne croit pas trop que l'homme puisse voler par ses propres moyens. Il pense que l'homme n'est pas assez fort et ne dispose pas de moyens assez puissants pour s'élever dans les airs : "*Il faudrait des ressorts trop subtils et tout ensemble trop forts pour être fabriqués par des hommes*". Malgré tout de nombreux téméraires vont tenter leur chance...



On relate des tentatives du serrurier **Besnier en 1678** puis, en **1742**, du **Marquis de Bacqueville** qui aurait volé au-dessus de la Seine en s'élançant de son hôtel avant de tomber sur un bateau de lavandière et de se casser la jambe.

⇨ *Le Marquis de Bacqueville*  
*Le serrurier Besnier* ⇨

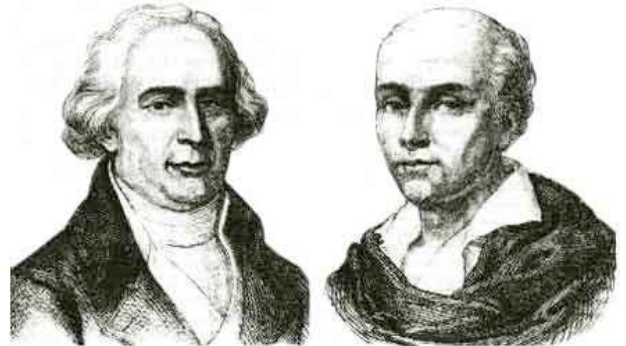


En 1782, **Lalande** et quelques savants de l'époque démontrent, avec beaucoup d'autorité et de fatuité, preuves à l'appui, qu'il est impossible qu'un homme puisse s'élever dans les airs et s'y maintenir.

Mais l'année suivante, le **19 septembre 1783**, **les frères Montgolfier** font la démonstration du contraire.

*Les frères Montgolfier* ⇨

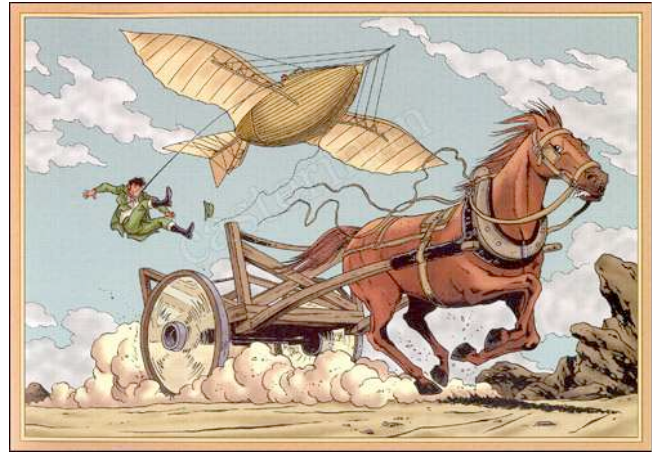
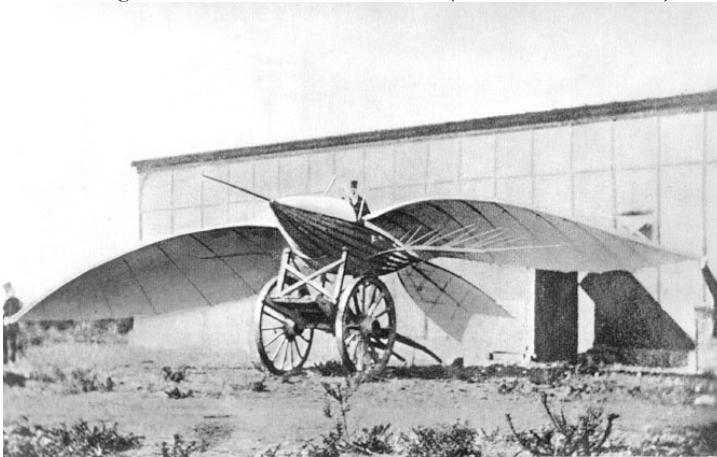
C'est de leur invention, ainsi que des ballons et des dirigeables que nous allons parler en premier car nous ne parlerons pas seulement des avions mais de l'ensemble de l'aéronautique, jusqu'aux fusées interplanétaires.



Les chercheurs du XVIII<sup>ème</sup> siècle s'orientent dans deux directions qui vont progressivement se combattre...

- Les partisans des plus légers que l'air qui sentent bien que leur rêve de s'élever dans les airs est réalisable...
- Les partisans des plus lourds que l'air qui veulent voler comme les oiseaux... mais qui ne trouveront pas de si tôt le moteur qu'il leur faudrait pour mener à bien leurs projets.

Pourtant, le breton **Jean-Marie Le Bris** réussit à faire s'élever un planeur de sa fabrication "**l'Albatros**" sur la plage de Sainte-Anne-la-Palud en **décembre 1856**. Il décolle, posé sur une charrette, face au vent et tiré par un cheval. Le Bris a inventé le contrôle du vol en agissant sur l'incidence des ailes. (Brevet de mars 1857).



*Jean-Marie Le Bris et son Albatros. Une unique photo mais aussi des gravures... ⚡*

Bien que **Le Bris** ait vraiment fait décoller un plus lourd que l'air son moteur (le cheval !) était au sol. Cette absence de moteur fera en sorte que les "plus légers" vont gagner la première manche... mais ils seront totalement dépassés au XX<sup>ème</sup> siècle par les progrès phénoménaux des "plus lourds".

L'invention de Le Bris est en fait très proche des **cerfs-volants** dont l'origine, mentionnée dans des textes chinois du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C, est probablement bien plus ancienne. Les **Chinois** en faisaient une utilisation militaire (Signaux de communication, évaluation de distances etc...). Les premiers vols humains, ont dû avoir lieu avant même le premier millénaire.

Dans ses récits, **Marco Polo** rapporte comment les Chinois étaient capables de faire des cerfs-volants assez grands pour emporter un homme.

*Cerf volant chinois* ⇨

Le "Flyer" des frères Wright est issu d'un cerf-volant... tout comme les ailes delta et les parapentes modernes.





# LE CHOIX DU "PLUS LÉGER QUE L'AIR".

## LES BALLONS À AIR CHAUD... OU MONTGOLFIERES.

En **1783**, les frères **Étienne et Joseph de MONTGOLFIER**, des fabricants de papier, après avoir observé l'envol d'un morceau de papier dans la cheminée, inventent l'aérostat (montgolfière) ou ballon à air chaud. Ce ballon était constitué d'une enveloppe en papier à l'intérieur duquel de l'air chaud était produit par la combustion de papier et de paille. Cette invention arrive dans un siècle passionné de sciences et de technique et elle connaît un vif succès.

*Le premier vol avec un canard, un mouton et un coq ⇒*

Le **19 Septembre 1783**, ils font voler le premier ballon à air chaud, en présence du roi Louis XVI. Les premiers passagers sont **un canard, un mouton et un coq**. Prudents, ils avaient estimé qu'ils pourraient effectuer de meilleures observations en restant eux-mêmes au sol.



Un mois plus tard, le **19 octobre 1783**, le premier vol humain est effectué par **Pilatre de Rozier** qui monta à 320 pieds (120 mètres environ) au-dessus de la terre. Pour plus de sûreté, son ballon était retenu par une corde. Il fut le premier homme à s'élever au dessus du sol. Louis XVI avait commencé par s'y opposer, ne voulant y faire monter que des condamnés à mort, qui seraient graciés en cas de réussite. Le **21 Novembre 1783**, accompagné du **Marquis d'Arlandes**, il survola Paris sur environ 10 km dans un autre ballon fabriqué par les frères Montgolfier.

*⇐ Le premier vol humain par Pilatre de Rozier accompagné du marquis d'Arlandes.*

Le principal danger était alors constitué par le foyer au-dessous de l'enveloppe en papier.

## LES BALLONS À GAZ

Le **1er Décembre 1783**, le physicien Jacques **Charles** et le marchand de toile **Robert** effectuaient le premier vol dans un **ballon gonflé à l'hydrogène**, gaz plus léger que l'air, récemment isolé et obtenu à partir de l'acide sulfurique. Ils volèrent pendant deux heures à partir du jardin des Tuileries.



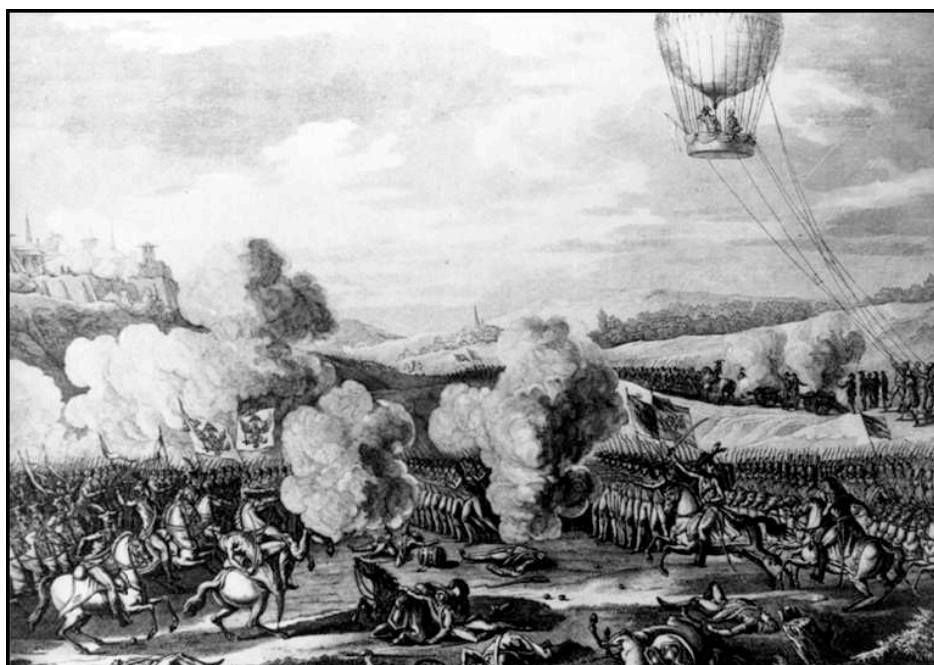
Le **7 Février 1785**, **Blanchard** traverse la **Manche**, d'Angleterre vers la France, avec un ballon libre (à gaz).

*⇐ ⇒*



En **1821**, on remplace l'hydrogène par le gaz d'éclairage, moins coûteux mais tout aussi inflammable.

Pour la petite histoire : la **première femme à monter en ballon** fut **Élisabeth Tible**, en **1784**, accompagnée d'un de ses amis. Les mauvaises langues racontent que c'était son amant et qu'elle voulait "essayer le plaisir dans un nouvel atmosphère". C'est à dire s'envoyer en l'air au propre et au figuré en même temps...



Le **15 juin 1785** eut lieu la **première catastrophe aérienne** avec l'incendie de la montgolfière de **Pilat de Rozier** qui s'est écrasée au sol alors qu'il tentait lui aussi de traverser la Manche mais en sens inverse, de la France vers l'Angleterre. Il fut tué.

En **1794**, le **ballon est utilisé à des fins militaires** (observation), à **Fleurus**, dans la bataille contre les troupes anglo-hollandaises.

⇨ *Fleurus en 1794.*



A Toulouse, au mois d'août 1805, **Mme Blanchard** dont le ballon évoluait au dessus de la ville fut déportée par les vents et atterrit dans un champ près de Caraman. Croyant voir arriver le diable, les paysans se précipitèrent sur elle armés de bâtons et de fourches et la malheureuse ne parvint à les calmer qu'en leur vidant sa bourse qui était remplie de pièces d'or.

Le **7 Octobre 1870**, le premier ministre Léon Gambetta quitte Paris assiégé en ballon libre, pour rejoindre le gouvernement à Tours.

⇨ *L'imagerie républicaine le montre fuyant en ballon Paris assiégé par les Prussiens pendant la guerre de 1870.*

Pendant le siège de Paris, le ballon a été utilisé à de nombreuses reprises pour le transport de voyageurs, de courrier et de pigeons.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, les ballons sont utilisés pour la recherche scientifique, pour l'amusement, pour les attractions foraines, et aussi pour le rêve des aventuriers, notamment après la publication des ouvrages de **Jules Verne** : Voyages Extraordinaires et Cinq semaines en ballon. Le **tour du monde en ballon et sans escale** restait un des derniers défis aéronautiques de notre époque.

*Breiting Orbiter-III lors de son tour du monde en 1999* ⇨

Il sera **réalisé en mars 1999 par Brian Jones et par Bertrand Piccard**. Mais cet exploit, car c'en est bien un, n'a pu être réalisé qu'avec l'aide au sol d'une très haute technologie, des moyens d'observation (*en particulier le repérage Météo des JetStream*) et de communication très sophistiqués et des moyens financiers considérables.



## LES BALLONS DIRIGEABLES

L'inconvénient majeur des ballons était bien l'absence de moyen de pilotage. Un ballon entraîné par le vent circule donc à la même vitesse et dans la même direction que lui.

La fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle vit des tentatives d'améliorations pour les diriger, par adjonction d'hélices. Le ballon (appelé alors "aérostation") avait été en partie abandonné et restait surtout une attraction foraine.

En **1783**, le général français **Meunier** dessina le premier ballon dirigeable. Il était mû par trois hélices actionnées par l'équipage. Son invention ne fonctionnera qu'un siècle plus tard ... avec des moteurs !



Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le **Baron anglais Cayley** (*un grand nom, sur lequel nous reviendront*) conçut un dirigeable propulsé par des moteurs à vapeur et muni d'un gouvernail de direction.

Mais l'absence d'un moteur suffisant freina longtemps l'évolution des dirigeables. A partir de 1870 on mit au point des moteurs plus légers : des moteurs à vapeur, des moteurs à explosion ou des moteurs électriques, actionnant des hélices.

En **1852**, il y aurait eu un vol de dirigeable. Mais le **premier dirigeable** digne de ce nom, fut "**La France**" conçu par **Charles Renard en 1884**. Il était actionné par un moteur électrique alimenté par des batteries qui entraînait une hélice placée à l'avant (dont on avait entrepris la fabrication vers 1852).

En **1898**, le **brésilien Santos-Dumont** adapta un moteur à essence sur un dirigeable. En **1901** (*19 octobre*) il contournait la Tour Eiffel sur son **Santos Dumont VI** et remporte le **prix Deutsch** de cent mille francs or.

*Le contournement de la Tour Eiffel par Santos Dumont en 1901 ⇨*

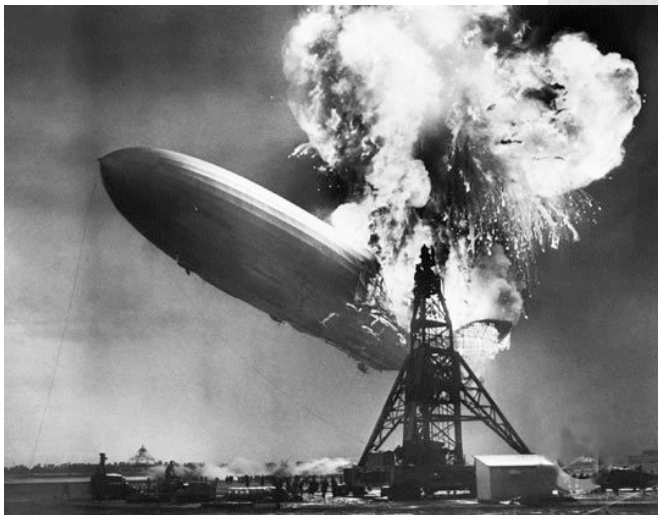
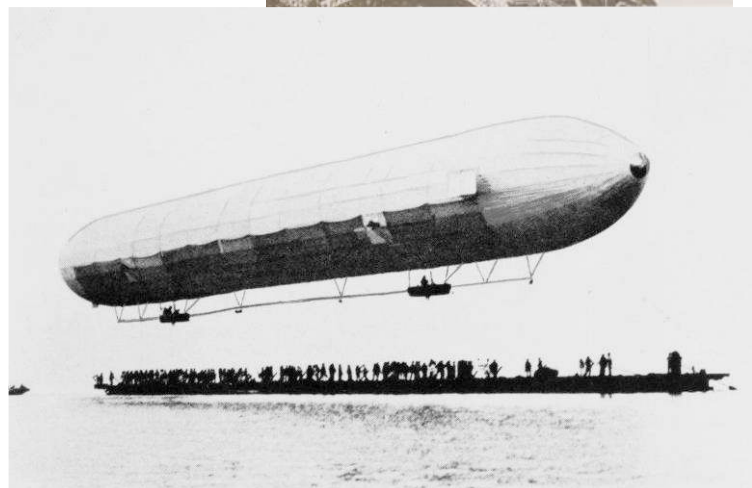


*Le premier vol d'un Zeppelin. ⇨*

La **première traversée de la Manche en dirigeable** eut lieu le **16 Octobre 1910**.

Par la suite, l'Allemagne développa énormément les dirigeables. Le **Baron Von Zeppelin**, à partir de 1909, construisit des dirigeables de grande taille pour des transports long courrier.

Le **Graf-Zeppelin**, long de 236 m, constitué de cinq ballons enfermés dans une carcasse en aluminium recouverte de toile, était actionné par cinq moteurs de 530 CV. Il pouvait emporter 24 passagers.



Le gaz utilisé dans ces dirigeables était soit de l'**hélium** soit, le plus souvent, de l'**hydrogène** (très inflammable !).

Des lignes commerciales furent créées qui reliaient Berlin à New-York. La durée du voyage était alors 120 heures (5 jours).

En août 1929, le **LZ 127 "Graf Zeppelin"** effectua un **tour du monde**. Le voyage dura 21 jours, 5 heures et 31 minutes. le dirigeable avait voyagé sur 49 618 km.

Puis, en 1937, il y eut l'incendie du «**Hindenburg**», un dirigeable géant de 250 mètres de long, au cours duquel périrent 36 des 97 occupants.

*⇨ L'accident du Hindenburg le 6 mai 1937 à l'aéroport de Lakehurst non loin de New York.*

Cet accident spectaculaire et dramatique sonnera le glas des vols de dirigeables. Il était dû au remplacement de l'hélium par de l'hydrogène... plus léger mais très inflammable !

Des projets modernes vont les remettre au goût du jour pour le travail aérien en remplacement de l'hélicoptère.



# LES TEMPS HÉROÏQUES (1890 -1913)

## LES PREMIERS VOLS

Les premiers résultats enregistrés avec les ballons avaient ancré l'idée que pour évoluer dans l'air il fallait être plus léger que lui. On en resta longtemps persuadé. Il fut difficile d'y revenir et cela retarda les progrès.

Vers 1796, le **baron anglais CAYLEY** (*celui qui s'était déjà intéressé aux ballons*) fut l'un des précurseurs de l'aéroplane et de l'avion. Il comprit que l'on devait abandonner l'idée de faire voler une machine avec la seule force de l'homme et qu'il fallait, abandonner l'idée d'une aile battante, et donc diriger les recherches vers une aile fixe munie d'une hélice et d'un moteur pour l'actionner.. Il conçut et dessina une aile. Il étudia les forces aérodynamiques et il mit en évidence la portance et la traînée. Il réalisa un planeur sur lequel il fit monter d'abord un enfant de 10 ans et ensuite son cocher, jugeant préférable, probablement dans l'intérêt de la science, de rester lui-même au sol pour une meilleure observation...

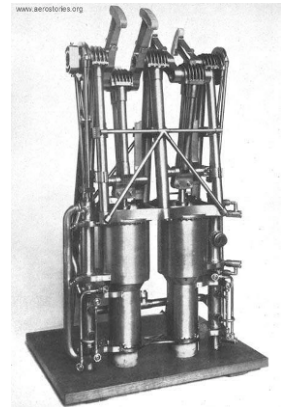
L'**hélice**, ce n'était peut-être pas le plus difficile à réaliser car on s'en servait depuis une dizaine d'années pour les dirigeables. Au début, on fabriquait les pales avec des barbes de bambou qui imitaient les plumes des oiseaux. On les réalise ensuite en bois.



*Eole : hélice en Bambou*



*Atelier de construction d'hélices en bois.*



*Moteur à vapeur de l'Eole de Clément Ader*

Mais, pour le moteur, on ne connaissait au début que la machine à vapeur, lourde et peu performante. Vinrent ensuite le moteur à gaz, puis le moteur à explosion et le moteur électrique.

De nombreuses tentatives furent faites alors car l'idée de l'aéroplane était dans l'air et de nombreux esprits curieux s'y penchèrent. Il y eut bien des essais. Mais il y eut beaucoup de casse, beaucoup d'accidents et nombreux furent ceux qui y laissèrent la vie.



Vers 1852, un français **Louis Letur** se tue avec une machine à ailes battantes munie d'un parachute.

Qui a véritablement effectué le premier vol : **Clément Ader** ou **les frères Wright** ? En France ou aux États-Unis ? On n'a jamais pu le déterminer exactement.



*les frères Wright*



*Clément Ader*



Le vocable "**Aéroplane**" apparaît en 1855.

Les essais de Clément Ader sont mieux connus, parce que c'était en France et que ses vols étaient sinon homologués, tout au moins effectués devant un certain nombre de personnes qui pouvaient en témoigner.

Les frères Wright, aux U.S.A., faisaient leurs recherches très secrètement et à l'abri des regards, de peur de se faire voler leurs découvertes. Leurs résultats n'ont été homologués qu'assez tardivement, longtemps après leurs premières tentatives.

Les uns et les autres étaient encouragés et aidés financièrement par les militaires de leurs pays respectifs, qui tenaient beaucoup à ce que ces recherches restent secrètes.



## QUATRE GRANDES FIGURES

### Otto LILIENTHAL.

⇒ C'était un ingénieur allemand. Il est considéré comme le père de l'aviation. A partir de 1890, il se consacra à **l'étude du vol plané**, après une observation attentive du vol des oiseaux. Il construisit des planeurs, qu'il expérimentait lui-même. Pour ses essais, il avait fait aménager près de chez lui une colline de 30 mètres de haut.



Il publia un livre qui fit sensation à l'époque "Le vol des oiseaux comme base de l'aviation".

Il eut une influence considérable non seulement en Allemagne mais aussi en France et dans bien d'autres pays. Un de ses élèves, Ferber disait "Concevoir une machine volante n'est rien, la construire est peu, l'essayer est tout". Lilienthal se tue en 1896 en essayant un planeur biplan dont l'aile supérieure se brise en vol.

### Clément ADER

Ingénieur, né en 1841 à Muret, près de Toulouse, il se passionne pour l'aéronautique et entend développer l'aéroplane : une surface glissante dans l'air et non plus l'imitation du battement des ailes des oiseaux. Il démontre que pour faire décoller un engin plus lourd que l'air on a besoin d'une puissance ascensionnelle qui ne peut être que mécanique, c'est à-dire un moteur. Son modèle, c'est la chauve-souris. C'est d'ailleurs la forme qu'il donne aux ailes de l'aéroplane qu'il construit à partir de 1882 et qu'il baptise "**Éole**".

L'appareil a une envergure de 14 m. et un poids de 295 kg. Son revêtement consiste en un entoilage en soie. Il est muni d'un moteur à vapeur de 20 CV et il est doté d'une hélice à 4 pales en bambou.

Le **9 octobre 1890, il effectue un premier bond de 50 mètres** avec un homme à bord.

Est-ce **le premier vol** ? On en a discuté longtemps car ce vol n'était pas officiel et n'a pas pu être homologué. Avait-il vraiment volé ou bien s'était-il seulement soulevé ?

La même année, en 1890, il construit un nouvel engin auquel il donne le nom d'Avion (du latin "avis" : oiseau), un nom que l'on va appliquer quelques années plus tard à tous les appareils que l'on appelait jusqu'alors des aéroplanes.



*Clément Ader : L'Éole 1882 – Vol en 1890 ?*



*Clément Ader : L'avion n°3 - 1897*

Congédié par l'Armée, ruiné et découragé, Ader fit casser l'Éole et il renonça à ses essais pour se consacrer à la viticulture.

Clément Ader a effectué de nombreux essais pour l'armée. Mais en 1897 son dernier appareil, l' **Avion N° 3** (deux hélices entraînées chacune par un moteur de 20 CV) ne parvient pas à effectuer un décollage contrôlé. Il réussit seulement, déporté par un vent violent, à réaliser de petits sauts qu'il sera ensuite difficile de valider comme de véritables vols.

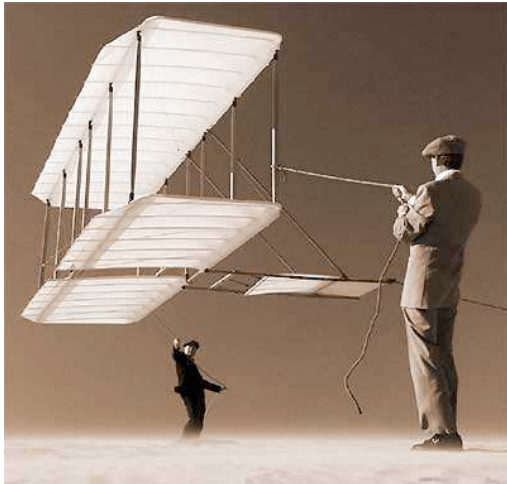
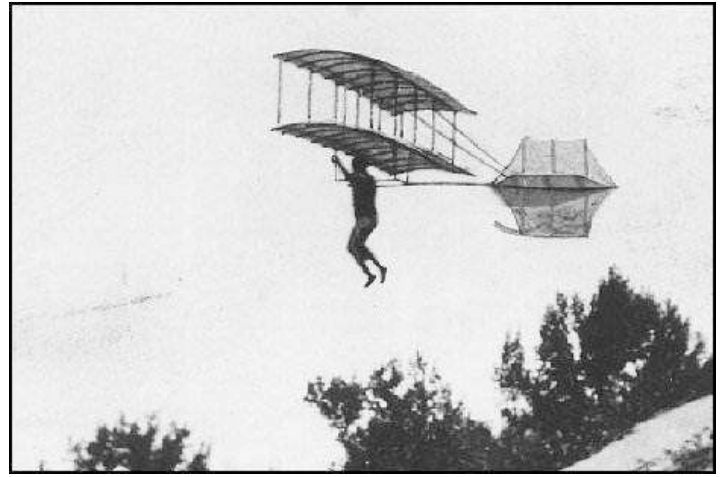
L'avion III finira sa course dans un champ voisin.



## Orville et Wilbur WRIGHT

Aux États-Unis, ces deux frères étaient des fabricants de bicyclettes, passionnés de mécanique. Ils se tenaient au courant des expériences menées en Europe et ils étaient aidés et conseillés par un ingénieur d'origine française, **Octave Chanute**.

*Octave Chanute en planeur. ⇨*



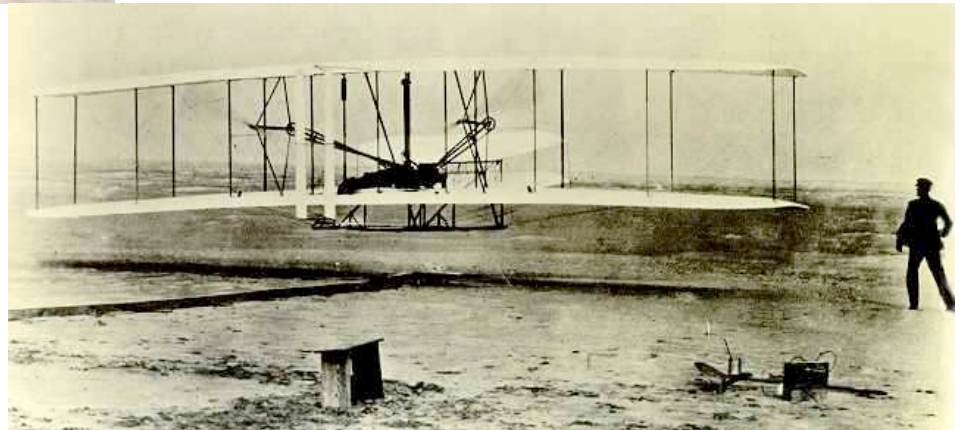
Ils expérimentèrent d'abord des **planeurs**. Puis sur l'un d'eux ils montèrent un moteur à explosion.



Ce premier avion, **le Flyer** (en français "La volante", du nom de leur marque de cycles), était un biplan "canard" (\*) de 12,35 m d'envergure.

(\*) signifie que l'empennage (c'est-à-dire l'ensemble des ailerons et du gouvernail) était à l'avant.

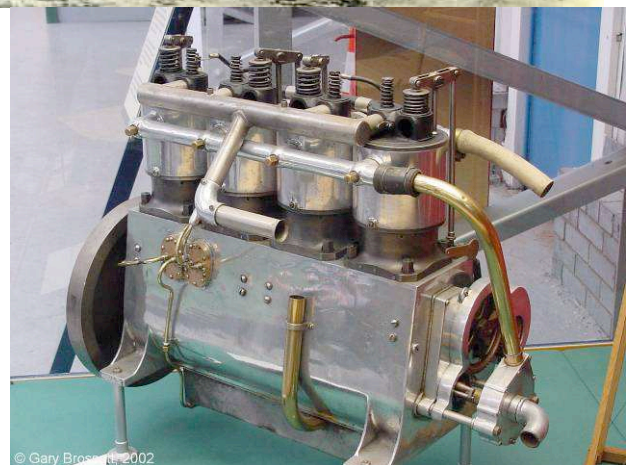
*Premier vol du Flyer ⇨*



Les deux hélices étaient placées à l'arrière et tournaient en sens inverse l'une de l'autre (contrarotatives). Elles étaient entraînées par un **moteur à explosion de 12 CV** de puissance. L'appareil devait être propulsé à partir d'une rampe de lancement et se posait sur des patins. Le **17 décembre 1903**, ils réalisent le premier vol non discuté, répété à quatre reprises dans la même journée, sur quelques mètres puis sur quelques dizaines de mètres, devant plusieurs témoins.

Ils vinrent s'installer en France en 1908.

Leurs travaux et leurs recherches sont contemporains de ceux d'Ader et il est bien difficile de savoir qui a devancé l'autre car tous ces essais étaient tenus très secrets.



# LES PREMIERS VOLS DE PLUS DE 24 HEURES et les PREMIERS RECORDS

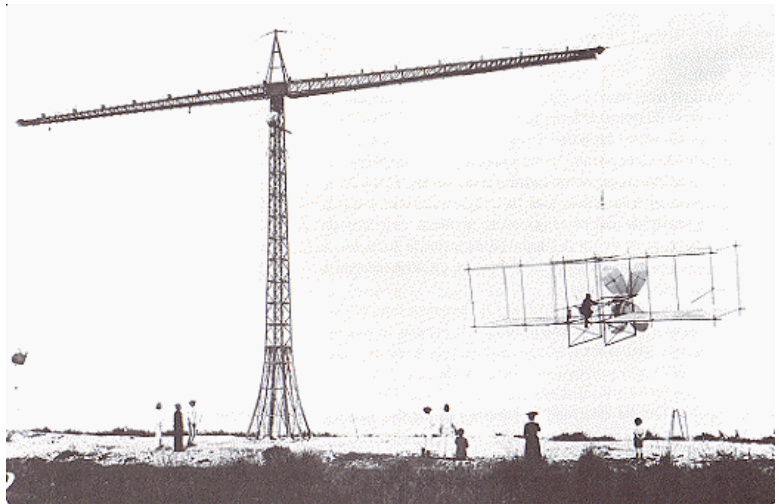
## 1901 - 1903

Dès 1901 **Ferber** vole sur un planeur avec lequel il fera un bond de 50 mètres. En 1903 il l'équipe d'un moteur et il accroche sa machine volante à une "grue" qui tournait comme un véritable manège. FERBER s'éteindra 6 ans plus tard lors de l'un des premiers accidents de l'aéronautique.

*Les essais de Ferber en juin 1903 à Nice. ⇨*

## 1904 - 1905

ont été des années calmes, au cours desquelles il n'y a pas eu d'événement marquant. Ce sont certainement les frères Wright qui parcourent alors les plus grandes distances mais dans le secret.



Création de la Fédération Aéronautique Internationale ( la F.I.A. ) : à partir de là, il sera possible d'enregistrer les performances et les records.

## 1906

Le **23 Octobre 1906, Santos-Dumont**, un riche Brésilien résidant en France, effectue un premier vol de 60 m en distance, à 3 m de haut. Son avion, le "**14 bis**" est un biplan, doté d'un train d'atterrissage constitué de deux roues de bicyclette.

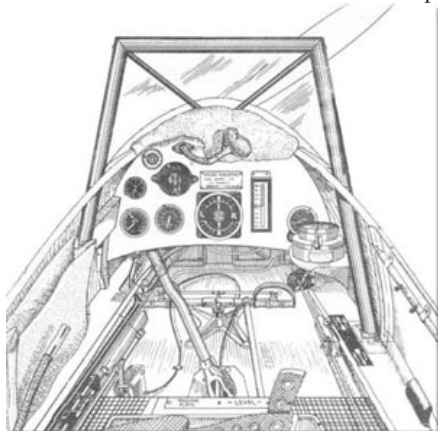
*Reconstitution du 14 bis. ⇨*

Il est équipé d'un moteur léger et puissant de 50 CV appelé "Antoinette", conçu et fabriqué par Levasseur. Peu de temps après, il parcourt 220 m en distance, à la vitesse de 41 km/h.



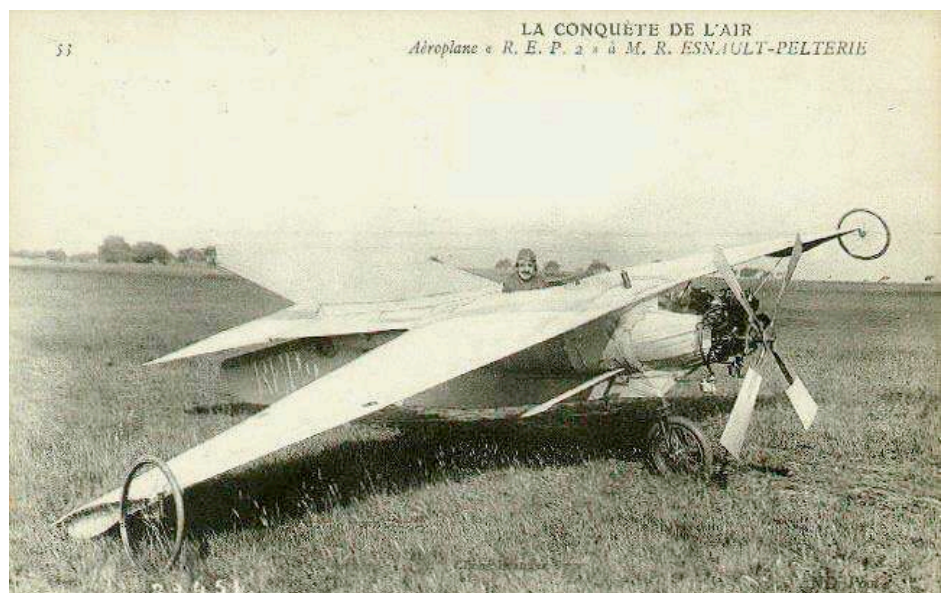
Les essais et les recherches se multiplient : français, allemands, anglais, américains, russes, italiens... Mais les français sont les plus actifs, avec Voisin et Ferber.

Des mécènes s'intéressent à l'aviation et promettent une prime à celui qui effectuera la première boucle de 1 km.



Le français **Robert Esnault-Pelterie** invente le "**manche à balai**" qui commande les **ailerons** (aussi de son invention depuis 1905) et les gouvernes de profondeur.

*Robert Esnault-Pelterie et son avion ⇨*





## 1907

Le 13 novembre 1907, **Paul Cornu**, effectue (malgré lui selon wikipédia !) en **hélicoptère** un vol libre de (très !) courte durée.

*Paul Cornu et son hélicoptère ↗*



*Le moteur exposé au musée de l'air ↗*



## 1908

**Henri Farman** effectue **1 km en circuit fermé**, sur un avion "**Voisin**" équipé d'un moteur "Antoinette".  
(Reconstitué ci-contre)

Peu après, il effectue la liaison Bouy-Reims : 27 km en 20 minutes (=80 km/h), avec un passager à bord.

Puis il part en tournée dans les grandes villes européennes, où il est accueilli en héros. Les avions sont démontés chaque fois et transportés dans des caisses.



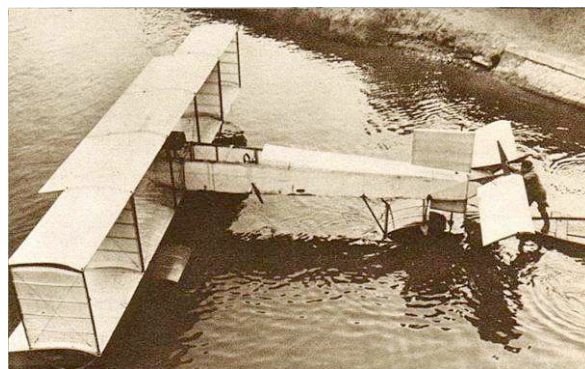
Les frères Wright sont venus s'établir en France. Leurs performances sont modestes au début, inférieures à ce qu'ils réussissaient aux U.S.A.. Mais ils se rattraperont vite par la suite. A la fin de l'année, ils arrivent à parcourir une distance de 124 km à 66 km/h. Ils montent une école de pilotage à Pau. On commence à parler de **Louis Blériot** et de **Louis Breguet**. Mais aussi de **Gabriel Voisin** et de **Henri Farman**.



*Gabriel Voisin (droite) avec Henri Farman.*

**Gabriel Voisin (1880/1973)** est un ingénieur-mécanicien, qui fabrique des planeurs à ses heures de loisirs,

**Henri Farman** est ingénieur. Il réfléchit aux problèmes du profil, de l'incidence et de l'angle à donner à ses appareils pour obtenir une plus grande stabilité.



*Hydravion Canard Voisin en 1912*

**Louis Blériot**, fabricant de phares pour auto. Il se met à construire prototype sur prototype, en y engouffrant une partie de sa fortune. Ce sont des monoplans entoilés en papier de Chine. Le 31 Octobre 1908, il effectue son premier voyage aérien : un trajet de 30 km avec 2 escales.



## 1909 :

C'est l'année des performances ! Le **25 Juillet 1909** après un décollage au lever du soleil **Louis BLERIOT** réussit la traversée de la MANCHE : c'est l'exploit de l'année. Il gagne le prix du **Daily Mail**.

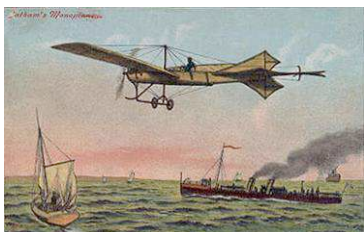


*Le Bleriot XI de Blériot*

La traversée de la Manche sera un combat à distance entre **Hubert Latham** et son monoplan **Antoinette IV** et Blériot dont le **Bleriot XI** semble bien moins performant mais qui équipé d'un moteur **Anzani** de 25 chevaux à 3 cylindres très léger et très primitif. Ce moteur Anzani dispose pourtant d'une qualité indispensable "il ne lâche pas".



*Le moteur Anzani du Bleriot XI*



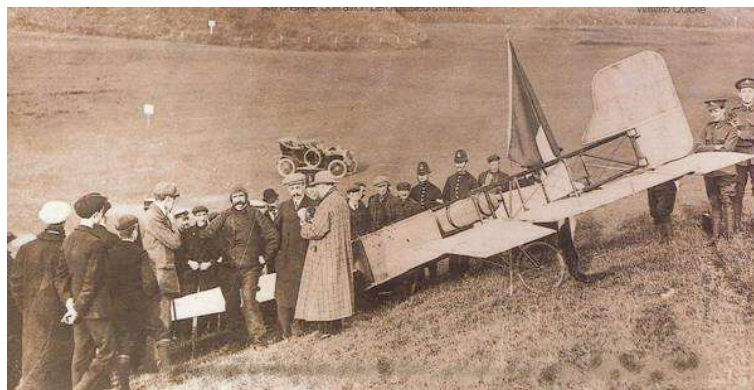
La première tentative a lieu le 19 juillet. Hubert Latham tente l'aventure il est suivi par un contre-torpilleur dans lequel a embarqué **Levavasseur**. Mais le moteur s'arrête au bout d'une douzaine de kilomètres et Latham est repêché par son équipe.

⇐ *Le monoplan Antoinette*

*Hubert Latham première tentative* ⇒



La seconde tentative a lieu une semaine plus tard. Lorsque Blériot s'élance il est 4h41, c'est juste après le lever du soleil comme l'impose le règlement de l'épreuve on est le dimanche 25 juillet 1909. Sa femme est à bord du contre-torpilleur "Escopette". De l'autre côté, un drapeau Français à la main, Charles Fontaine l'attend pour lui indiquer un passage suffisamment bas dans les hautes falaises de Douvres. Il était 5h13 ; le vol de 38 kilomètres avait prit juste 32 minutes. "*c'est fait*", dit seulement Blériot. "Et Latham?" "*Latham est encore à Sangatte.*" on l'avait laissé dormir alors que Blériot prenait l'air !



En 1909 a lieu à Reims, en présence du Président de la République, le **premier meeting aérien**. Il se crée des meetings en beaucoup d'endroits mais on enregistre déjà bon nombre d'accidents mortels.

**Farman** bat des **records de vitesse** (80km/h), de distance (180 km puis 234 km) et de hauteur (155 m).

## 1910

Les exploits se succèdent. Les distances s'allongent : Londres-Manchester (300 km) ; traversée de la Manche aller et retour ; puis Paris-Bruxelles-Paris avec un passager.

En altitude, on atteint les 1.000 m puis les 3.000 m. Le record de vitesse est passé de 80 km/h à 109 km/h. Un jeune pilote brésilien de 23 ans, **Christian Chavez**, survole les Alpes à 2000 m d'altitude. Mais il se tue à l'atterrissage..

**Premier brevet féminin de pilote** : la baronne **Raymonde de Laroche**. ⇒

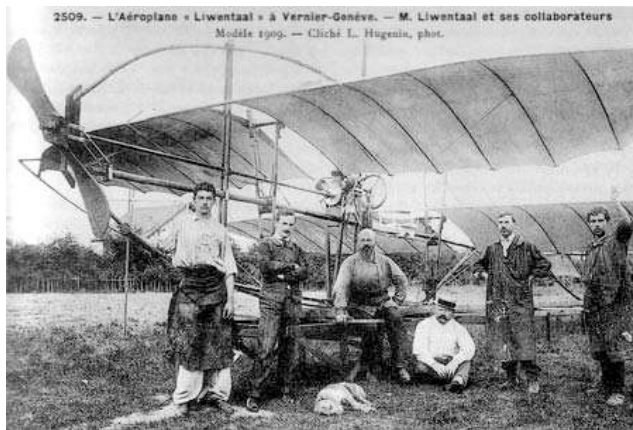




Les formes définitives se cherchent encore : **libellule**, **canard**, **monoplan**, **biplan** ou **triplan**...?

*Canard Voisin (1911 ?) ⇨*

*Libellule ⇨*



*Triplan du Belge Bulot ⇨*

*Biplan Farman ⇨*

*Libellule Liwentaal sur sa rampe de glissement ⇨*



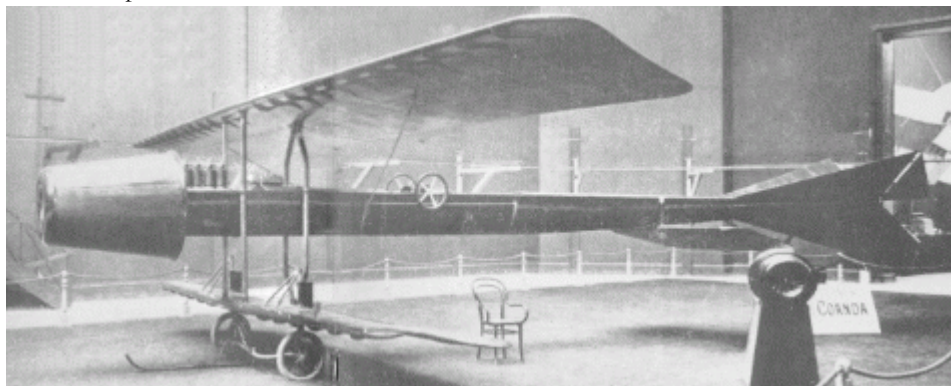
On se met à **voler de nuit** et même par mauvais temps, on prend des photos d'avion, on établit des **liaisons radio air-sol**. Les militaires s'intéressent à l'aviation. On crée une section aérienne dans l'Armée Française, sous les ordres du **Général Roques**. On crée des brevets militaires et on organise des compétitions militaires.

Au **Salon de l'Aviation**, en 1910, **Joachim Caproni** présente un **avion à turbine**, sans hélice, ancêtre des réacteurs, mais qui restera sans lendemain.

*Le premier avion à réaction qui n'as fait que rouler ⇨*

Lors du premier essai de vol, de longues flammes sortaient de la tuyère d'échappement et l'avion s'est écrasé contre un mur, après avoir éjecté son pilote. **Henri Coandă** s'en est tiré avec quelques brûlures et contusions mineures.

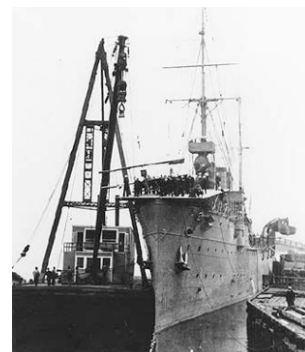
On raconte que **Gustave Eiffel** lui aurait dit: « Jeune homme, vous êtes né 30 ans trop tôt! ».



1910 c'est aussi la naissance de l'**Aéronavale** !

*⇨ décollage du pont de l'USS Birmingham par Eugene B. Ely.*

*l'USS Birmingham ⇨*



Le 14/12/1910 à Hampton Roads – Virginie - Un biplan **Curtiss Pusher** piloté par le Lieutenant ⇨ **Eugene B. Ely décolle en 25 m sur la piste en bois du pont du croiseur américain "USS Birmingham"**,

*Le Curtiss Pusher ⇨*

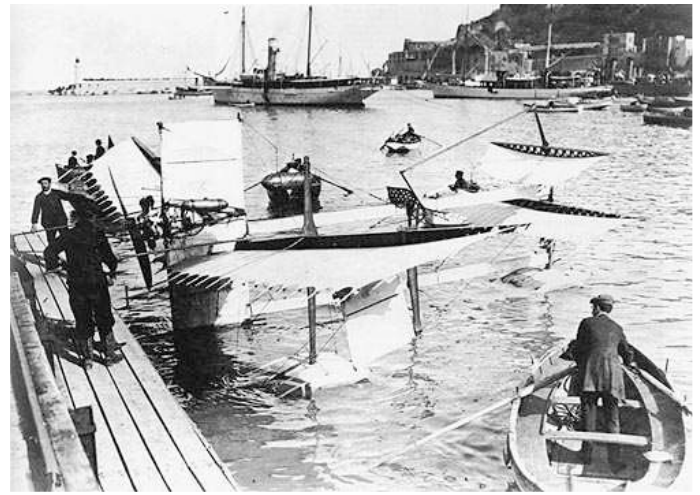
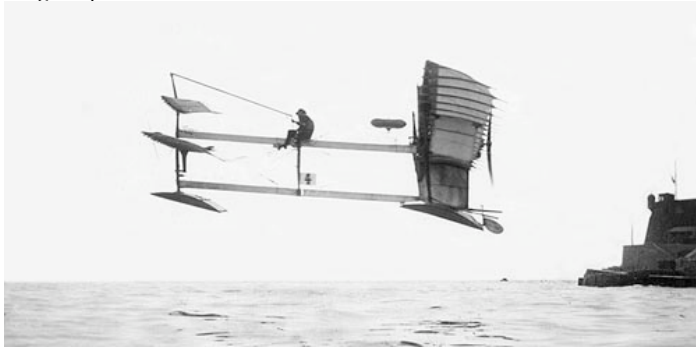
Le **premier appontage** sera effectué par le même pilote (Ely) toujours sur un biplan Curtiss Pusher, le 18/01/1911, sur le pont du croiseur américain "Pennsylvania" équipé d'une plate-forme en bois longue de 35 m, ancré dans la baie de San Francisco.

L'avion est équipé de trois crochets fixes chargés d'accrocher une des 22 cordes tendues en travers du pont, lestées à chaque extrémité de sacs de sable de 45 kg.





Le français **Henri Fabre** construit le **premier hydravion** (que l'on appelait un "aéroplane marin") et le **28 mars 1910**, il réussit le premier décollage sur l'eau, à l'étang de Berre. L'hydravion sera longtemps un concurrent de l'avion.



On commence à construire des avions plus légers en vue de la commercialisation : **Santos-Dumont** met au point la "**Demoiselle**", sur laquelle **Roland Garros** fera les premiers essais.

La France est alors à la pointe de l'aéronautique. Les pionniers et les constructeurs sont stimulés par la passion de la découverte de l'air et par un système de primes offertes par de grands journaux ou par de riches industriels, pour récompenser les plus audacieux d'entre eux. Qui sont ces pionniers et ces constructeurs ?

⇨ *La "Demoiselle" de Roland Garros*

## 1911

Les pilotes sont de plus en plus nombreux. L'aviation entre dans la vie courante. Les courses aériennes se multiplient: Paris-Madrid en 3 étapes, Paris-Rome, Circuit des capitales européennes...

Les frères **Morane** commencent à utiliser le métal dans la construction aéronautique.

Apparition du "**monobloc**" : avion monoplane à aile basse montée en porte-à-faux, sans hauban, où tout est profilé.

On se met à prendre des passagers : Louis Breguet embarque 10 personnes, puis 12 dans ce que l'on se met à appeler un "**aérobis**".

Le 18 février 1911, aux Indes, le français **Henri Péquet** inaugure la **première poste aérienne** au monde, transportant 15 kg de courrier et de cartes postales.

*Poste aérienne. ⇨*



La population commence à s'intéresser à l'aviation et les mécènes deviennent plus nombreux.

Les frères Michelin créent le **Grand Prix Michelin** : ils promettent une prime de 100.000 Fr à celui qui assurera la liaison Paris-Clermont-Ferrand (366 km) avec un passager à bord et qui se posera au sommet du Puy-de-Dôme.



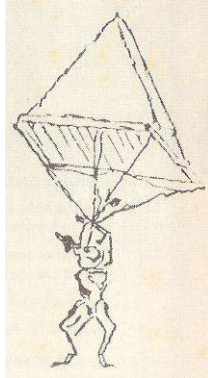


## 1912

En France, le Parlement a créé l'Aéronautique Militaire.  
En Angleterre, on crée ce qui deviendra la **R.A.F.**

*Patrouille acrobatique de la RAF "les Red Arrows".* ⇨

Un aviateur américain, **Albert Berry** effectue, le **1er mars 1912, le premier saut en parachute**. Aérostier, il gagne sa vie grâce à des exhibitions parachutistes à partir de ballons. Il accomplit son exploit dans le cadre d'une campagne de publicité au profit d'un nouvel avion (son parachute était logé sur l'axe du train d'atterrissage).



En fait, le parachute a été inventé par **Léonard de Vinci** et, réalisé dans le respect du croquis initial, il ne sera testé, avec succès qu'en 2008.

⇨ *Croquis initial de Léonard de Vinci*

⇨ ⇨ *Test de validité du croquis de e Vinci en 2008*

Le **premier saut en parachute** a été effectué, à partir d'un ballon, par **André Garnerin** le **22 octobre 1797** au-dessus du parc Monceau. Quelques gravures retracent cet exploit.

*Premier saut en parachute effectué, à partir d'un ballon, par André Garnerin* ⇨



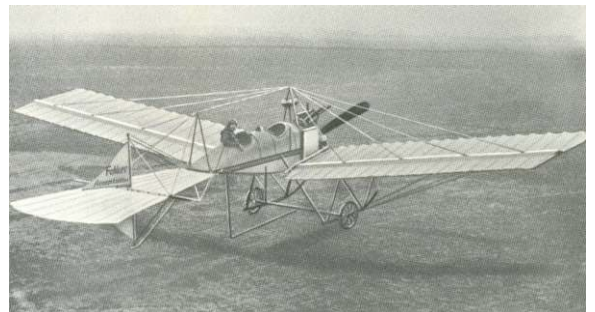
On fait confiance aux instruments et on les perfectionne : l'ingénieur **Badin** mesure la vitesse, à l'aide de l'**anémomètre**. Sur les ailes, on installe les **volets** et les **dispositifs hypersustentateurs** on a compris qu'un cabre exagéré ralentit la vitesse et provoque le décrochage et la perte de vitesse.

On installe le **pilote automatique**.

C'est le début des raids et des grands voyages. Le 7 mars 1911, le Grand Prix Michelin est attribué à Renaux et Senouque. Il avait été créé en 1908. Dans la foulée : Paris-Madrid (1.700 km) puis Paris-Rome (1.200 km environ): Beaumont arrive 1<sup>er</sup> et Roland Garros est 2<sup>ème</sup>.



↑ *Des Breguet 1912* ⇨



*Fokker 1912* ↑

Il y a aussi la Coupe Michelin : les concurrents doivent parcourir au moins le double du kilométrage de l'année précédente. Elle passe de 584 km en 1910 à 1.252 km en 1911. On effectue la traversée du continent américain, de New-York à la Californie (5.000 km) mais c'est laborieux : 82 heures de vol mais en 49 jours, avec 68 escales et beaucoup d'hélices cassées.

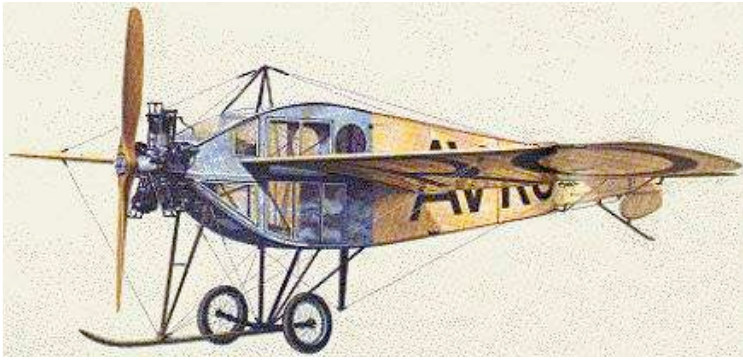
Il commence à se créer un peu partout dans le monde de grandes usines aéronautiques : Voisin, Farman, Blériot, Breguet, Wright Morane-Saulnier en France. A l'étranger : Cessna, Bell, De Havilland, Douglas, Curtiss aux U.S.A. ; Fokker aux Pays-Bas ; Sirkosky en Russie. Certaines de ces usines existent encore.

On commence à pratiquer la **voltige aérienne** Le "cirque Blériot", médisent les confrères.... Ce cirque fait connaître l'aviation et vendre des modèles. Dans cet esprit, en octobre **Pégoud**, Domenjoz et Perreyon créent à Buc la 1<sup>ère</sup> formation d'une **patrouille de vol acrobatique**, s'exhibant devant un public de 20.000 personnes. Leurs shows sont semblables aux "mouvements d'une troupe américaine de danseurs de claquettes", les appareils volent ensemble, grimpant et planant, réalisant des virages serrés, suivant un programme préalablement convenu, le tout dans une beauté rythmique qui était attractive. Ils ont inventé le Show aérien.

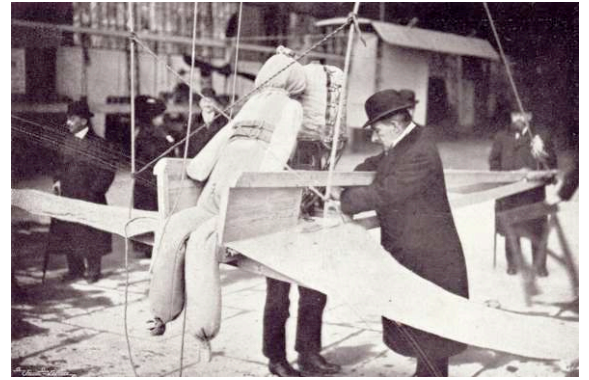
*En civil : Pégoud, F.Colin, Domenjoz, Perreyon, à l'origine de la 1ère patrouille acrobatique aérienne (Ph. : C.Lopez-Beltran)* ⇨







AVROF - A.V. ROE (1912) Premier monoplan fermé, par une structure en tubes d'acier couverte de toile et d'aluminium, et des fenêtres en cellulöid ↗



Le "siège éjectable" du Baron d'Odkolek ↗

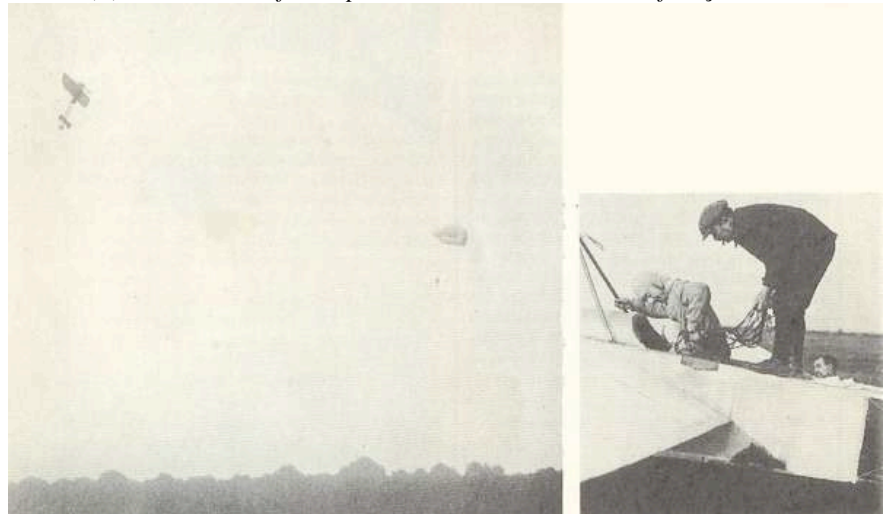
A Issy-les-Moulineaux, le "siège éjectable" du **Baron d'Odkolek** est expérimenté. Un mannequin est éjecté d'un aéroplane en vol grâce à un petit canon.

## 1913



Ce sont aussi les **premiers sauts en parachute à partir d'un avion**.

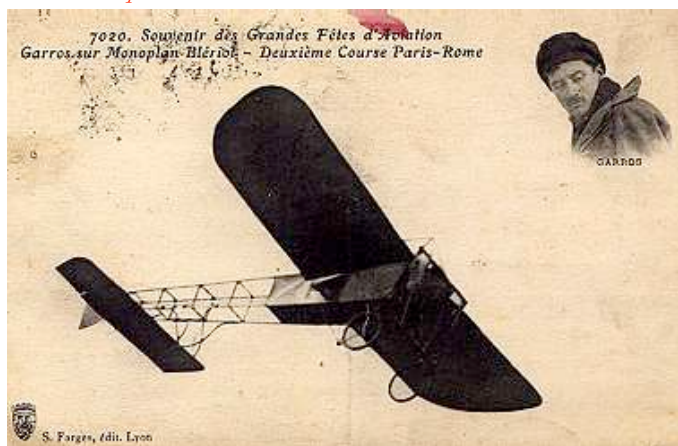
Le premier saut en parachute d'un avion à lieu le **19 août 1913 (\*)**. A l'aide d'un parachute disposé sur le haut du fuselage, l'aviateur **Pégoud** saute de son monoplan Blériot. (\*) encore un conflit de paternité entre américain & français !



↗ Le premier saut par Pégoud qui sacrifie un "Blériot" pour l'occasion

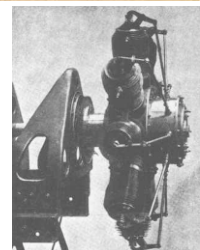
L'aviation française a joué un rôle déterminant dans le développement de l'aéronautique.

↗ D'autres exemples de sauts en parachute.



Le 23 septembre, **Roland Garros** sur son **Morane-Saulnier type H** (moteur en étoile **Gnome** de 60 CV), **traverse la Méditerranée**, de St Raphaël à Bizerte : 730 km dont 500 au dessus de la mer. Il vole à 2500 mètres d'altitude, sans moyen radio. Il avait 250 litres d'essence au départ, il lui reste à peine 5 litres à l'atterrissage. Le vol a duré 7 h 53 minutes.

moteur en étoile *Gnome monosoupape* de 60 CV ⇒







*Reconstitution volante du Morane-Saulnier type H*



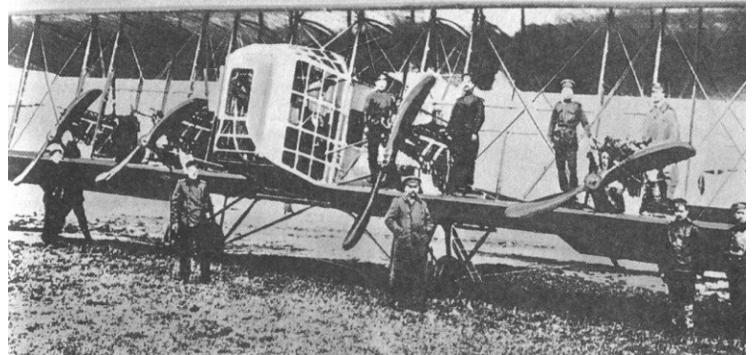
*Deperdussin*

**Deperdussin** atteint les 200 km/h avec le premier avion moderne (aile basse, fuselage sans aucun haubanage, moteur de 160 CV).

Parallèlement les avions évoluent : le **premier bimoteur** vraiment réussi fut réalisé par l'ingénieur russe **Sikorsky**.

En 1913 il construisit un **quadrimoteur, le Bolchoï**, qui fut l'ancêtre des grands bombardiers (les forteresses volantes) et des gros transporteurs.

Ici le **Sikorsky Ilya Mourometz** A conçu en 1913 et premier vol en 1914



On se met à réfléchir davantage à l'aviation, à essayer de comprendre et de mieux connaître la mécanique du vol : "L'avion doit être et sera un instrument de recherche scientifique".

On cherche à comprendre le pourquoi de l'accident incompréhensible. Il ne doit plus y avoir d'accidents incompréhensibles. Il ne faut plus parler de fatalité mais de faits et de lois. On considère maintenant que l'aviateur doit être un spécialiste et non plus simplement un héros, un inconscient ou un fou.

**1913** est donc une année glorieuse, marquée par la traversée des Alpes, par le circuit des capitales (Paris-Berlin-Varsovie St.Petersbourg-Stockolm-Copenhague-La Haye-Paris) et par la traversée de la Méditerranée par Roland Garros.

On s'intéresse à la **voltige** depuis 2 ans déjà et, le 21 septembre, sur un monoplan Blériot, le pilote français **Adolphe Pégoud** réalise son premier "**looping**"... (le premier looping de l'histoire date est probablement du au russe **Nesterov** sur Nieuport IV le 20 août 1913 à Kiev). Pégoud passera un triple looping le 28 sept !

*Looping d'un Fokker lors de la première guerre mondiale. ⇨*

On prépare déjà la guerre et on s'y exerce. La guerre des Grecs contre les Turcs, dès 1911, a permis de mieux préciser le rôle de l'aviation dans un conflit.

- de simples missions de reconnaissance : de jour au début et ensuite de nuit,

- des lâchers de tracts et de bombes, artillerie contre-avions...

- par la suite : attaque d'un avion grec par l'artillerie turque et peu après attaque d'une canonnière turque par un hydravion grec.

Les frères Michelin ont créé le "Prix de l'Aéro-Cible" : lâcher de 15 projectiles de 20 kg, de 200 m de haut, sur une cible de 20 mètres de diamètre.

*Breguet 1913. ⇨*





A la veille de la Grande Guerre, on a établi bien des records. Si l'on compare les progrès réalisés entre 1906 et 1913.

<u>Les records :</u>	<u>Altitude</u>	<u>Distance</u>	<u>Vitesse</u>	<u>Durée de vol</u>
1906	6 m	200 m	41 km/h	21 secondes
1913	6.120 m	1.021 km	203 km/h	24 heures

### Les avions des records...

29 septembre 1913, le Français **Marcel Prévost** remporte la «**Coupe Gordon Bennett**» sur un «**Déperdussin**» en bouclant les 200 km du parcours en 59 minutes et 45 secondes. Prévost bat ainsi le record de vitesse moyenne (200,836 km/h) et de vitesse pure (**203,850 km/h**).

*Déperdussin 1913. ⇒*



Le 28 décembre 1913 : **Georges Legagneux** améliore le **record d'altitude** en avion à bord d'un **Morane Saulnier C** (modifié mais sans aide respiratoire) **6120 mètres**, au-dessus de Saint-Raphaël.

*Morane Saulnier C. ⇒*



En 1912, le Français **Fourny** bat le record de distance en avion : 1 010,9 km.

C'est la première fois que la barrière des **1 000 km** est (officiellement) atteinte.

Au cours de ce vol, Fourny améliore également le **record de temps de vol** : 13 heures, 17 minutes et 57 secondes.

*Ici un Nieuport IV G 1912/1913. ⇒*



# LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE (1914-1918).

## LA DÉCOUVERTE DE L'ARME AÉRIENNE 1914

Au début de la Guerre, le 3 août 1914, il y avait uniquement une aviation d'observation, de surveillance et de renseignement. On estimait que l'avion c'était surtout un moyen "pour voir de l'autre côté de la colline". C'est à la bataille de Verdun que le commandement militaire commence à comprendre que l'avion peut apporter beaucoup plus et on entrevoit les liens qui pourraient exister entre une bataille terrestre et une bataille aérienne. On vole couramment à 100 km/h et jusqu'à 3 000 m d'altitude. On commence à pratiquer la photographie aérienne.

L'armement des avions est inexistant au début et il reste pendant quelques temps encore très sommaire. Ce sont les pilotes qui demandent à pouvoir emporter des fusils, des mitrailleuses puis quelques bombes lancées à la main. Mais peu à peu la chasse va s'organiser et le bombardement va se mettre en route et se perfectionner.



La première victoire en **combat aérien** est remportée par l'équipage **Frantz et Quesnault** sur un avion "**Voisin**", le 5 octobre 1914 : ils abattent un avion allemand à la mitrailleuse.

⇨ *Appareil Voisin à bord duquel le sergent Frantz et le mitrailleur Quesnault remportèrent la première victoire aérienne le 5 octobre 1914 (droits photographiques S.H.A.A.)*

## 1915

En 1915 **Hugo Junkers** réalise le premier avion entièrement métallique à avoir réellement volé : le **Junker J1**.

*Junker J1 ⇨*

On voit apparaître le premier avion guidé par radio.



On construit beaucoup d'avions et ils commencent à se spécialiser

- pour la reconnaissance : les **Farman** et les **Caudron**,
- pour la chasse : les **Morane**, les **Nieuport**, les **Fokker** et les **Spad**
- pour le bombardement: les **Voisin** et les **Breguet** .

*Nieuport 11 "Bébé". ⇨*

Apparition des fusées, contre les ballons ennemis.

**Fusée** = projectile propulsé par réaction grâce à l'éjection à grande vitesse d'un gaz obtenu par combustion.

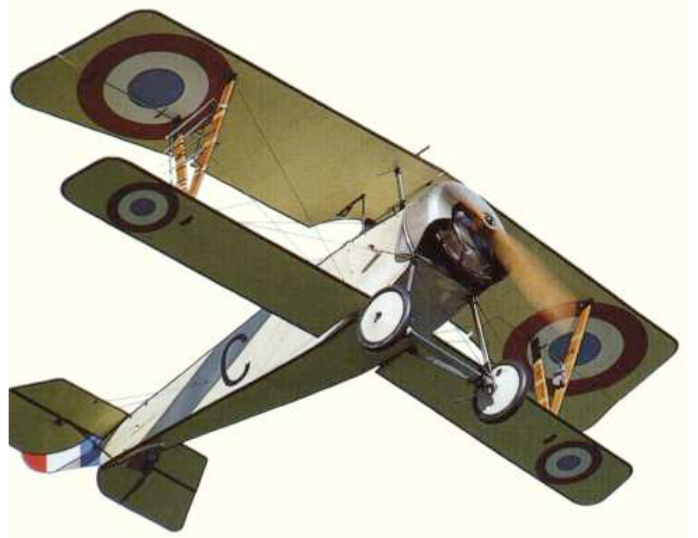
**Réaction ou propulsion par réaction** = mode de propulsion dans lequel des gaz sont chassés vers l'arrière d'un engin, projetant par réaction cet engin vers l'avant.

## 1916

L'Armée française crée une nouvelle arme, l'Armée de l'Air, avec son propre état-major.

Au mois d'avril, c'est la première grande bataille aérienne : 23 bombardiers français sont opposés à 12 chasseurs allemands.

Un groupe de volontaires américains, des militaires issus de la Légion Étrangère, constitue l'Escadrille La Fayette, qui viendra épauler les Alliés.





## 1917 - 1918:

Les effectifs des forces aériennes ont augmenté dans des proportions énormes. Les américains entrent en guerre.



↑ Breguet 14 ⇨

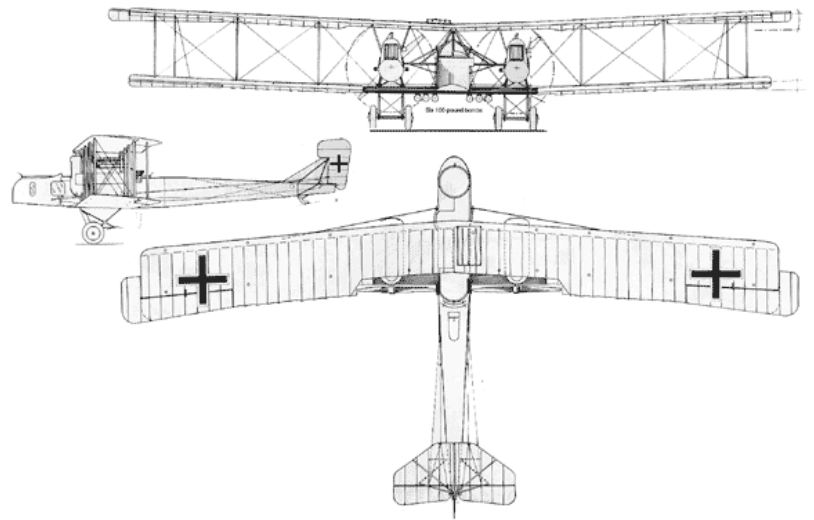
- Apparition du **Breguet 14** : un bombardier moyen biplace qui aura un rôle important jusqu'à la fin de la guerre.

- Apparition des **bombardiers allemands géants** : les **Gotha**. Les allemands jettent une bombe de 1.000 kg .

Bombardier Gotha. ⇨

- création de la 1<sup>o</sup> Division Aérienne Française, comprenant 600 avions de chasse et de bombardement.

A la fin de la Première Guerre Mondiale, l'aviation est devenue une arme offensive redoutable, dont les performances sont en nette progression



### Caractéristiques :

- pour les bombardiers :

Vitesse moyenne : 140 km/h

Rayon d'action: 500 km

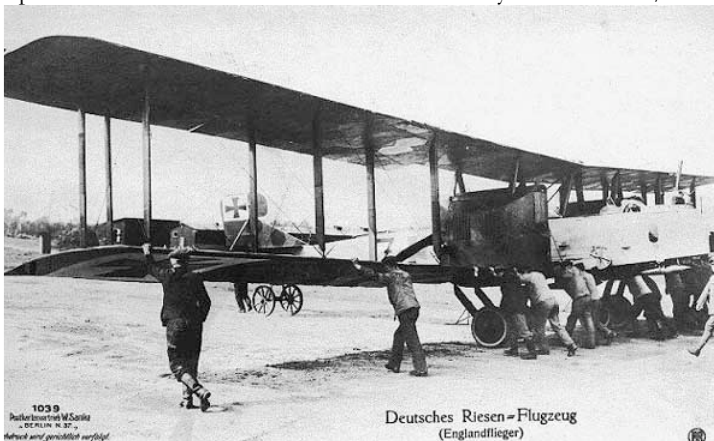
- pour les chasseurs :

Vitesse moyenne : 250 km/h

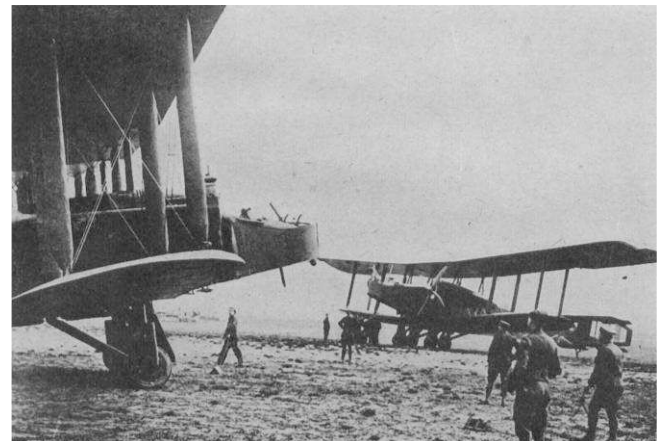
Plafond: 4.500 m

Charge utile : 500 à 1200 kg

Plafond: 6.000 m.



Bombardier allemand Gotha ↑



Handley Page V le plus grand bombardier de la RAF ↑

## LES FORCES EN PRESENCE EN 1914

Lorsque la guerre commence, l'aviation française mettait en ligne 158 avions, de 14 types différents. Pour les servir, elle disposait d'environ 250 pilotes, sur les 650 formés entre 1909 et 1914.

Il convient d'ajouter à ce total cinq dirigeables et quatre parcs de ballons. L'état-major avait préparé une guerre de mouvement et il avait estimé que des ballons ne pourraient pas accompagner les armées en campagne. Ces ballons avaient été conservés uniquement pour communiquer avec l'extérieur en cas de siège.

La **Grande-Bretagne** possédait 84 avions. La Russie, environ 186.

En 1915, la **France** fait mettre en fabrication 1.200 avions supplémentaires.

Elle ne conservera que cinq types d'appareils : les **Morane** et les **Spad** pour la chasse, les **Voisin** pour le bombardement, les **Farman** et les **Caudron** pour la reconnaissance.

*Spad en 1917. ⇨*

Chez l'adversaire, l'**Allemagne** disposait d'environ 260 avions, de 12 dirigeables et de nombreux ballons.

**L'Autriche Hongrie** avait 72 avions.



*Caudron G4 ⤴*



*Morane Saulnier type L de l'escadrille MS 3 ⤴*

## LES MISSIONS AERIENNES

### Les reconnaissances

La première tâche attribuée à ces unités a été la **reconnaissance**.

Les états-majors étaient sceptiques quant aux résultats à attendre de l'observation aérienne. On commença à se rendre compte de leur utilité lors de la bataille de la Marne où l'action de la reconnaissance aérienne fut décisive.

En 1915 débutait un second type de mission de reconnaissance, la **photographie aérienne**.

Rapidement, la reconnaissance s'est accompagnée de **bombardements**.

Les projectiles utilisés étaient en général des obus de 90. Les tirs s'effectuaient à basse altitude et la précision était assez satisfaisante.

*Bombardement manuel ! ⚡*



Des **fléchettes** furent même utilisées : elles avaient la réputation de pouvoir traverser le cavalier et sa monture.

Dès le mois d'août 1914, le **capitaine Faure** avait fait monter des fusils-mitrailleurs sur des avions Voisin. Le pilote était à l'avant et l'observateur servant la mitrailleuse était derrière, au-dessus de la tête du pilote.





## Le bombardement stratégique.

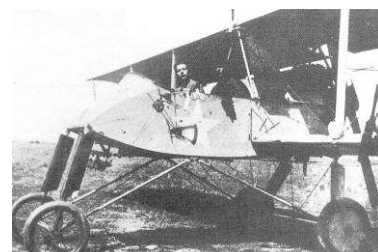
Fin 1914 une seconde tâche apparaissait : le bombardement stratégique. On mit au point le réglage de l'artillerie aérienne pour pouvoir bombarder des cibles précises (par exemple des usines d'armement) et pour porter atteinte au potentiel militaire de l'ennemi. Les premières unités de bombardement furent créées en novembre 1914. C'étaient des **avions Voisin à hélice propulsive** (placée à l'arrière) se déplaçant à la vitesse de 80 km/h et à 1.500 m d'altitude, qui pouvaient emporter jusqu'à 100 kilos de bombes. On comprit très vite l'intérêt de naviguer et de bombarder par groupe.

*Bombardier Voisin 5 à hélice propulsive. ⇨*

Fin 1915 eurent lieu les **premiers bombardements de nuit.**



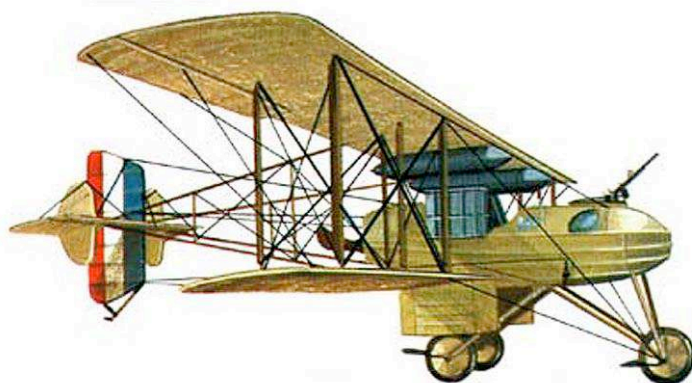
*Voisin type 5 ↑ à hélice propulsive et Canon ⇨*



*⇨Voisin type 3 avec mitrailleuse*



*Bréguet-Michelin B2, 1916 (hélice propulsive) ↑*



*Bréguet 5, 1915 : Chasseur d'escorte. ↑*

## La chasse



La troisième tâche mise en place fut **la chasse**.

Dès 1914, des rencontres opposaient des avions dont les pilotes ne disposaient que de carabines ou de revolvers.

Mais un véritable combat imposait une arme fixe et une manœuvre de l'avion pour le pointer en direction de l'objectif. Se posait alors la question de l'hélice.

Trois solutions furent tentées

- **monter l'arme à l'avant d'un appareil à hélice propulsive** (située à l'arrière) mais c'étaient des avions peu rapides et difficiles à manœuvrer,
- **tirer au dessus du plan de l'hélice** : c'était très inconfortable,
- **tirer à travers l'hélice.**

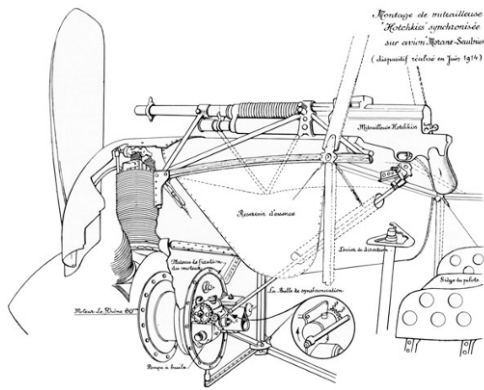


*↑ Nieuport XI mitrailleuse au-dessus de l'aile.*



*Bombardier De Havilland (DH-4) avec tir à travers l'hélice.(Observer le blindage) ↑*

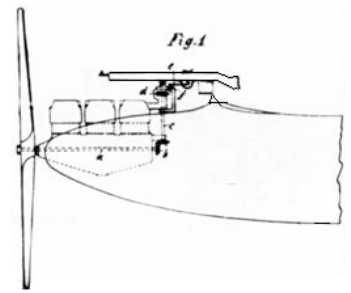




Le **tir à travers l'hélice** (\*) a été étudié par l'ingénieur français **Raymond Saulnier** repris, mis au point (blindage de l'hélice) et utilisé par **Roland Garros** en 1915. Mais son avion a été abattu peu après et lui-même a été fait prisonnier avant de pouvoir le détruire.

**Antony Fokker** perfectionne le "secret" avec un système de synchronisation de l'arbre moteur avec la détente de la mitrailleuse. \*) *Mais il n'est pas seul à avoir eu cette idée !*. Roland Garros pu s'évader après 2 ans de captivité. Mais il a ensuite été tué au combat en 1918.

⇨ *Invention mise au point par Marc Birkégt et utilisée par Fonck et Guynemer.*



(\*) *En fait il existait un Brevet suisse de Franz Schneider (1913) curieusement oubliée par tous au début de la 1ère Guerre mondiale.*

En 1916, le sergent Alkan met au point la version française de la synchronisation, le système anglais de Constantinesco suivra.

## L'EVOLUTION DES ESCADRILLES ET DES APPAREILS

L'évolution fut rapide. En 1917 certains avions pouvaient atteindre des plafonds supérieurs à 6 000 mètres.

Les effectifs ne cessaient de croître. Il fallait, pour tenir compte de ces données nouvelles, "étager" la chasse, ce qui permettait l'utilisation d'un très grand nombre d'appareils.

Le 1<sup>er</sup> décembre 1917, l'armée française comptait 171 escadrilles au front. En novembre 1918 260 escadrilles, dont 74 escadrilles de chasse de 18 avions chacune : soit environ 4.500 appareils.

L'aviation maritime, inexistante en 1914, comptait 1.200 **hydravions** en 1918.

*Hydravion "Voisin" ⇨*

Les moyens aériens français surclassaient les moyens allemands et devaient être un des éléments décisifs de la victoire finale.

En 1918, l'industrie aéronautique française occupait 190.000 personnes. Elle avait produit, (entre 1914 et fin 1918) 52.546 avions et 92.386 moteurs dont près de la moitié pendant la dernière année de guerre.

Les pilotes étaient formés par des écoles militaires. Il fut délivré 16.834 brevets de pilotes.

A la fin de la guerre, l'aviation est devenue une véritable arme offensive.

La vitesse moyenne est passée à 250 km/h..

La France a produit 51.040 avions et l'Allemagne 48.537. Mais les pertes en hommes et en matériel ont été très lourdes.

*Bréguet 17, 1918 ⇨*



## LES HOMMES

En 1914, les navigants appartenait à l'armée active. C'étaient soit des militaires de carrière, soit des pilotes brevetés accomplissant leur service militaire.

Un petit nombre de pilotes civils fut mobilisé dans l'armée avec leurs avions, comme **Louis Breguet**. Il y eut aussi des volontaires engagés.

Ils étaient dans leur immense majorité des passionnés. Certains étaient issus des classes aisées de la société (élèves des Grandes Écoles, fils de familles), d'autres étaient des sportifs, tels Georges Carpentier.

Tout le personnel était rassemblé dans la cellule aéronautique de base, l'escadrille, dotée d'un nom, d'un numéro et d'un insigne et qui regroupait environ 150 personnes (pilotes, mécaniciens, navigants, personnels divers). Elle stationnait en bordure des terrains, au voisinage d'une piste en herbe, signalée par une manche à air et un T d'atterrissage. Les équipages étaient chaudement habillés car les vols se faisaient à l'air libre et à des températures souvent très basses.

Ces pilotes étaient tous très motivés et leur désir était de remporter le plus possible de victoires et de devenir des "as".

Voici le classement des 10 premiers "as" Français (estimation pilote () non certifiée)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fonck	Guynemer	Nungesser	Madon	Boyau	Coiffard	Bourjade	Pinsard	Dorme	Guérin
75 (127)	54 (89)	43 (54)	41 (105)	35	34	28	27	23 (93)	23



*Le Fokker DR 1 triplan du Baron rouge" Manfred Von Richtoffen, ⚔*

Des reconstitutions volantes de son célèbre triplan Fokker.



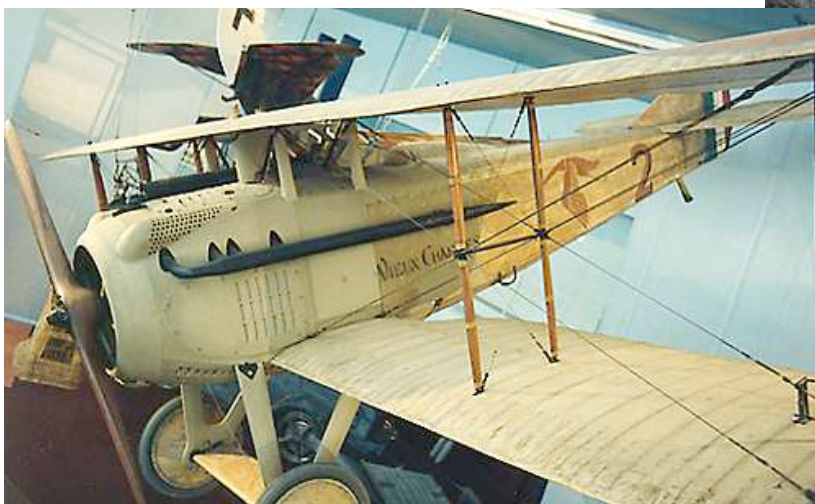
*Manfred Von Richtoffen*

Mais le plus grand "as" de la Première Guerre Mondiale fut le pilote allemand **Manfred Von Richtoffen**, avec **80 victoires homologuées**.



En France, **Guynemer** fut un pilote d'une rare bravoure et il est resté l'un des plus populaires, devenant un véritable mythe. Né en 1894, il avait 20 ans au début de la guerre. De constitution fragile, il fut refusé au conseil de révision et il ne put entrer dans l'armée (par la petite porte) que grâce à de faux documents et à diverses complications.

D'un courage sans pareil, téméraire à l'excès, à bord de son avion "**Le Vieux Charles**", il eut 54 victoires homologuées, mais on pense qu'il a abattu plus de 100 appareils.



Il disparut dans un combat aérien le 11 septembre 1917. Il avait 23 ans. Son corps n'a jamais été retrouvé..

⇨ *L'avion de Georges Guynemer.*

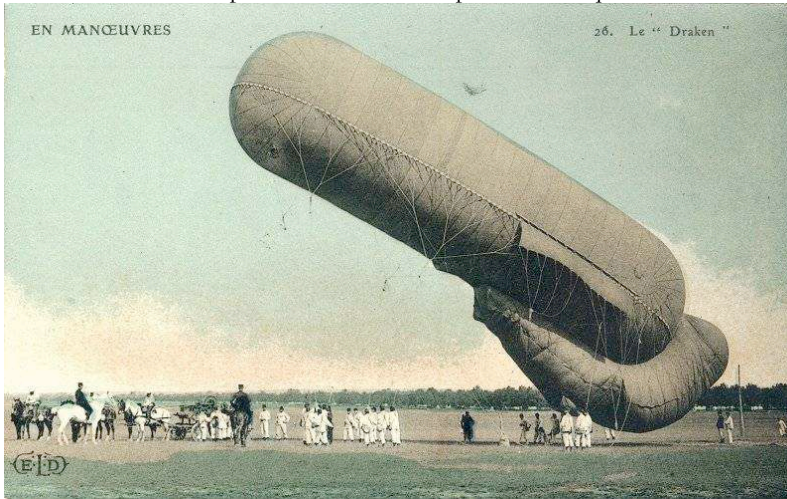
*Un Spad VII de l'escadrille des cigognes nommé "Le vieux Charles"*



## LA CHASSE A LA SAUCISSE

Alliés et Allemands faisaient grand usage des **ballons d'observation** appelés "**Saucisse**" chez les Français, et "**Drachen**" chez les Allemands. Gonflés avec de l'hydrogène et ascensionnant alors à leur plafond (environ 1500 m), ils remplissent en fait une triple mission sur une zone d'environ 6 kilomètres de profondeur occupée par l'ennemi : surveillance de son activité, repérage de ses batteries par les lueurs ou fumées et réglage du tir de l'artillerie amie.

L'observateur transmet par téléphone les informations recueillies. Il était vital pour les deux camps de pouvoir repérer les mouvements des troupes ennemies et anticiper leurs attaques.



*Manœuvre d'un Drachen*



*Ballon Caquot type M avec son treuil au camp de Coëtquidan.*

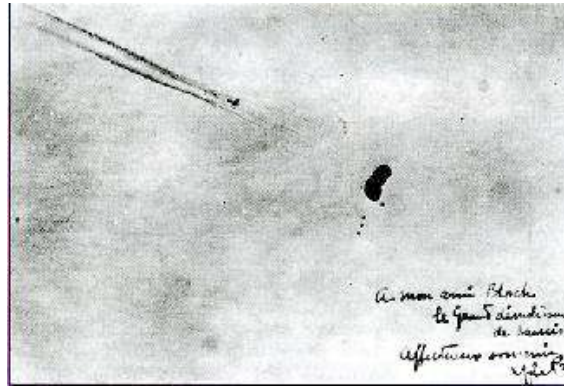
A 1.500 mètres d'altitude les ballons sont relativement à l'abri des obus.

Ils sont attaqués par les avions à partir d'octobre 1915.

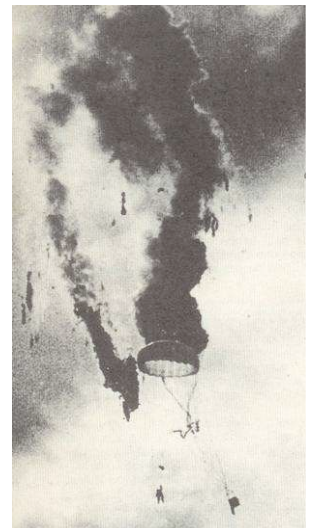
L'observateur embarque alors dans sa nacelle d'osier un parachute.



*Barrage avec ballons et câbles dans le ciel de Londres (1917 et 1918)*



*Un Nieuport XI attaque un ballon avec des fusées Le Prieur.*



*Saut en parachute à partir d'un ballon en feu ! ⇨*

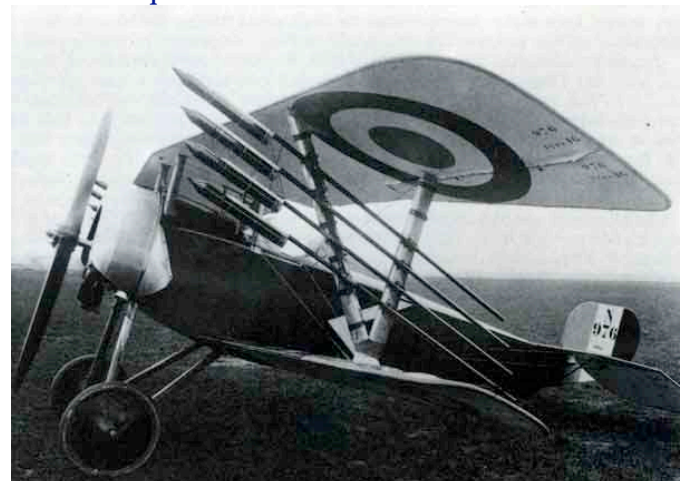
Mais ces ballons étaient aussi fortement protégés par la chasse et la **DCA**.

Leur destruction était donc difficile et dangereuse.

Pour les atteindre efficacement les avions s'équipent des premiers missiles **les roquettes "Le Prieur" !**



*Test de tir avec des roquettes "Le Prieur" ⇨*



*Nieuport 16 aux couleurs françaises; l'avion est équipé de fusées "Le Prieur"*



# ENTRE DEUX GUERRES (1919-1939)

## LES PROGRES TECHNIQUES

Les exploits réalisés au cours de la guerre ont été possibles grâce au courage et à l'habileté des pilotes mais aussi grâce aux énormes progrès techniques.

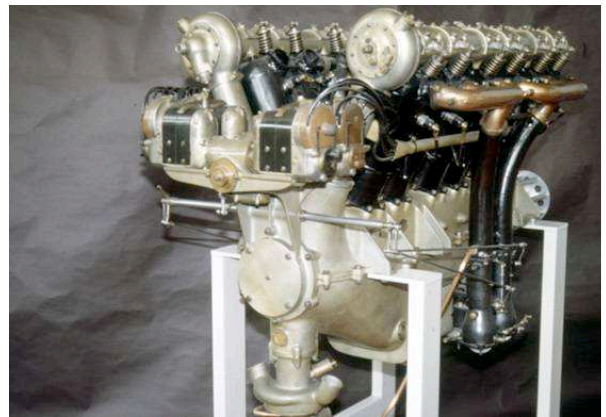
La  **finesse**  (meilleur plané de l'avion) a été améliorée par la généralisation du **monoplan** et du **train rentrant** ainsi que par la découverte d'alliages nouveaux comme le Duralumin qui offre une grande résistance pour un faible poids. Grâce à cela, on a obtenu une meilleure rigidité de l'ensemble et on a pu supprimer les haubans.



*Dayton Wright racer de 1920 (Coupe Gordon Bennett)  
Monoplan aluminium, train rentrant. ⇨*

Les moteurs ont évolué. Les recherches se sont poursuivies pour fabriquer des moteurs plus légers et plus puissants. En France, deux types de moteurs se sont partagé le marché : les moteurs à refroidissement par air (Gnome) et les moteurs refroidis par eau (Renault et Hispano-Suiza).

*Moteur Renault refroidi par eau homologué en 1917, en service en 1918 (Breguet XIV). 12 cylindres en V, 22,10 L, 305 CV à 1550 tr/mm, 380 kg. ⇨*



Le **français Rateau** a mis au point le **turbocompresseur**, qui ne sera utilisé que bien plus tard.

- Le perfectionnement de l'instrumentation de bord et en particulier le **variomètre** et le **Badin** (qui mesure la vitesse relative de l'avion par rapport à l'air ambiant).

- La **pressurisation des cabines**

- Le **ravitaillement en vol** : le premier ravitaillement en vol de l'Histoire a commencé par la témérité de quelques cascadeurs lorsque le 21 novembre 1921, au-dessus des côtes de la Californie, un homme passe d'un biplan à un autre avec un bidon de 20 litres de carburant et va verser son contenu dans le réservoir de l'avion qui l'accueille.

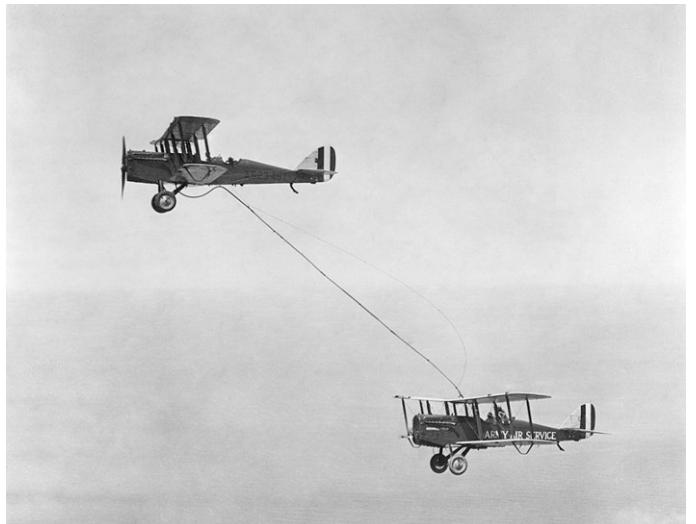
*Ravitaillement en vol (26 juin) 1923 ⇨*

*Dans les années 1920, les premiers essais de ravitaillement d'avion à avion ont lieu, cependant il s'agissait plus d'un exercice "sportif" destiné à établir des records que d'une procédure opérationnelle. L'exercice consistait à lancer un tuyau que le pilote de l'avion à ravitailler introduisait lui-même dans l'ouverture de ravitaillement normale de son avion.*

*Il s'agissait donc d'une manœuvre relativement dangereuse.*

*En 1923, un biplan DH-4B britannique vola pendant 37 heures d'affilée grâce à plusieurs répétitions de cette opération.*

La vitesse des avions a doublé, atteignant les 400km/h, le rayon d'action a quadruplé et le plafond a été porté de 6.000 à 10.000 mètres.



Les **porte-avions** ont fait leur apparition.

*Appontage en 1920 ⇨*

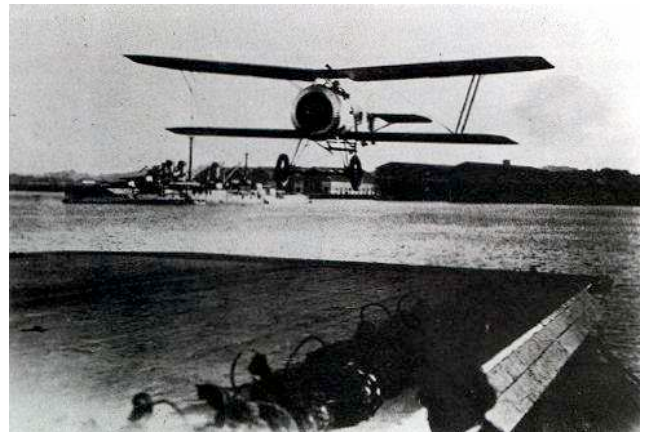
Toutes ces innovations étaient testées et mises au point par une nouvelle catégorie de pilotes les **pilotes d'essai**.

A la fin de la guerre, la plupart des pilotes ont été démobilisés et il existait un parc important d'avions.

Les pilotes vont chercher du travail, de préférence dans l'aviation. Deux sortes d'activités s'offrent à eux.

- les **exhibitions, les meetings, la voltige**,  
- mais aussi **l'exploration** et le défrichage de la planète.

Tous les avions de guerre étant devenus inutiles, on va s'appliquer à les transformer pour pouvoir les utiliser dans la vie civile.



## L'EXPLORATION DU GLOBE ET LES GRANDS RAIDS (1921-1930)

Dès la fin de la guerre, une série d'explorations va donner à l'avion la maîtrise du monde.

### 1919 : La conquête de l'atlantique... 8 ans avant Lindbergh !!!

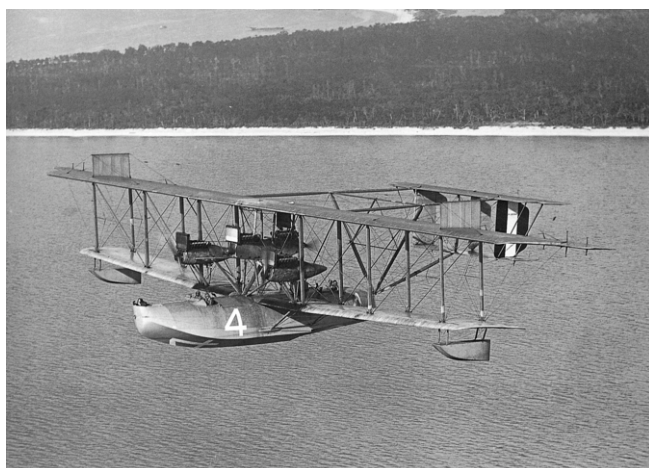
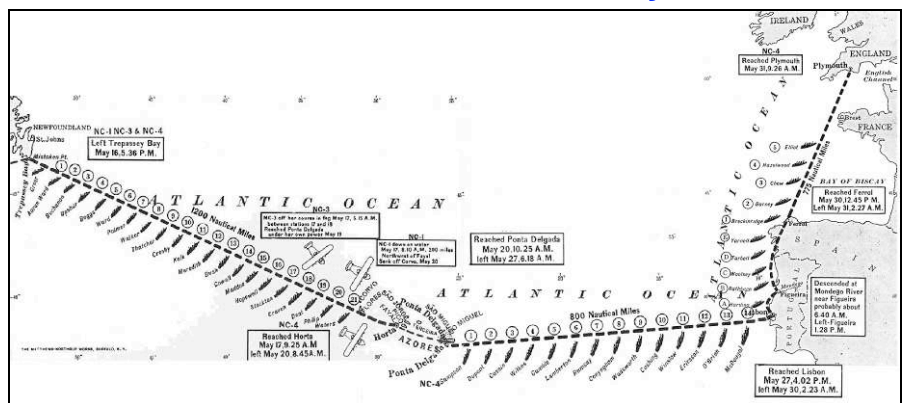
Lindbergh est-il le vainqueur de la traversée de l'atlantique ? Cette question difficile suggère l'existence de plusieurs exploits qu'il est bon de rappeler. Les tentatives étant souvent encouragées par des mécènes il faut préciser qu'en 1913 Lord Northcliffe crée le **prix du Daily Mail** de Londres. Il décide d'offrir la somme de 10 000 £ au premier aviateur qui franchirait l'Atlantique dans un avion, en partant des Etats Unis ou du Canada, et en arrivant en Grande Bretagne ou en Irlande à condition que le vol soit effectué en moins de 72 heures consécutives.

*La carte des deux premières tentatives réussies ⇨*



### Albert C. Read et son copilote Walter Hinton réussissent à traverser en hydravion.

Le 16 mai 1919, une escadrille de trois hydravions américains NC quitta Terre Neuve, en direction de l'Europe. Un seul atteindra les Açores, après 15 heures 13 minutes de vol. L'hydravion NC est commandé par le lieutenant de vaisseau **Albert C. Read** et ayant comme copilote **Walter Hinton**... et cinq membres d'équipage !



Une semaine plus tard ils repartent en direction de Lisbonne. Cette première traversée est purement militaire et elle ne correspond pas aux critères du prix Northcliffe.

Read et Hinton sont tout de même les **premiers à avoir franchi l'Atlantique en avion** entre le **16 et le 27 mai 1919**.

Partis de la Baie des Trépassés le 16 mai pour Terre Neuve, le Canada, les Açores, Ponta Delgada le 20 mai, pour finir le 27 mai à Lisbonne. Ils poursuivront jusqu'à Londres ou ils arriveront le 13 juin 1919.

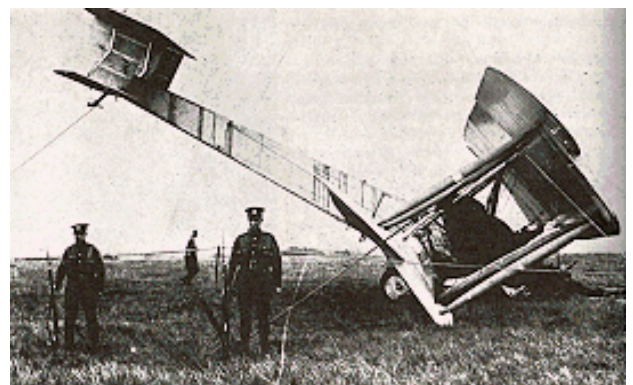
L'appareil est un **Curtiss NC 4 Cushion** (*Marine américaine*) volant à une vitesse de 155 km/h.

*⇨ L'hydravion Curtiss NC 4 ⇨*

### John William Alcock et Arthur Whitten Brown ... effectuent la traverse sans escale !

Du 15 au 16 juin 1919, les aviateurs britanniques **John William Alcock** (pilote) et **Arthur Whitten Brown** (navigateur) réalisent la **traversée sans escale de l'Atlantique-Nord**. Les deux Britanniques, , décollent **de Terre Neuve en direction de l'Irlande**. Ils franchissent une distance de 3.032 km en vol a duré 16 heures et 12 minutes. Ils peuvent toucher le prix Northcliffe (réactualisé à 13 000 £). L'appareil, un **bombardier bimoteur Vickers Vimy IV** , sera très endommagé à l'atterrissage.

*Vickers Vimy IV d'Alcock et Brown a son arrivée à Clifden (Irlande) ⇨*







Une reconstitution volante ↗



Vickers Vimy IV d'Alcock et Brown à son arrivée à Clifden (Irlande) ↗

## Georges Scott réalise un aller-retour ... en dirigeable !

Le premier aller-retour transatlantique se fit du 2 au 6 juillet et du 10 au 13 juillet 1919 à bord cette fois-ci d'un **dirigeable rigide R34**.

Le Major anglais **Georges Scott** et son équipage de 30 hommes couvrirent pour l'aller 5.037 km en 108 h 12 mn de Firth of Forth en Ecosse à Mineola près de New York, et pour le retour à Pulham 5.150 km en 75 h 03 mn.

Le R34 ⇒



En mai 1919, Raymond Orteig, (un Français) décide de créer un nouveau prix de 25 000 \$ pour une traversée de l'Atlantique d'une seule traite, de New York à Paris ou de Paris à New York. Ce prix tentera de nombreux aviateurs pendant 8 ans et c'est finalement **Charles Lindbergh** qui le remportera en décollant de New York le 20 mai 1927 à 12 heures 52, à bord du "**Spirit of St Louis**" et en se posant au Bourget 33 heures et 20 minutes plus tard.

## 1921

La Française **Adrienne BOLLAND**, franchit la Cordillère des Andes (6000 m) avec un **Caudron G3**.



Caudron G3 ↗

Adrienne BOLLAND ⇒

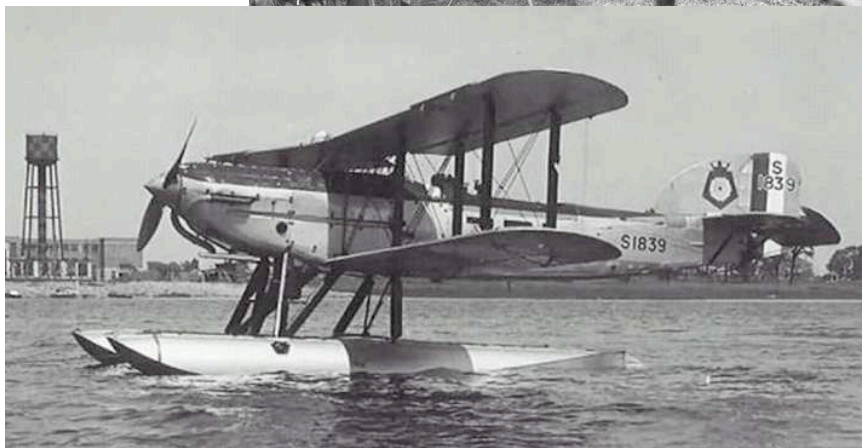


## 1922

Des Portugais, **Sacadura Cabrai** (pilote) et **Gago Coutinho** (navigateur), réalisent la première traversée aérienne de l'Atlantique-Sud.

L'appareil, un **Fairey III-D**, parcourt 8383 km en 62 heures. (avec escales !)

Fairey III-D ⇒



## 1923



Les performances des avions (vitesse, altitude, autonomie...) s'améliorent de jour en jour.

Le 30 octobre un Français, **Sadi Lecoinge**, sur un **Nieuport-Delage**, bat le **record d'altitude** (11.145 m).

⇨ *Nieuport NiD-40 1923*

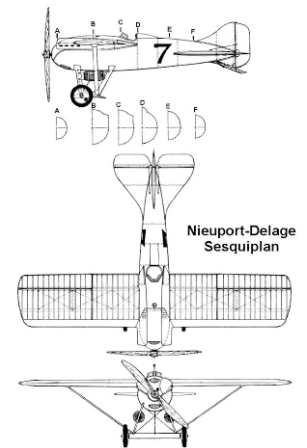


Les avions sont sérieusement modifiés pour accroître les performances !

Ce **Racer Nieuport-Delage** de Sadi Lecoinge est une formule **sesquiplan**. C'est un biplan dont l'aile inférieure est d'envergure nettement réduite par rapport à celle de l'aile supérieure.

*Schéma des deux ailes de ce sesquiplan ⇨*

⇨ *Le Racer Nieuport-Delage*



Les records pleuvent ! Pas plus tôt réalisés ils sont aussitôt effacés des tablettes par un autre concurrent.



*En Mars A. Pearson bat le record du monde de vitesse (380,571 km/h) sur un "Curtiss R6"*



*En novembre c'est le pilote américain A.J. Williams qui porte le record de vitesse pure à 429,925 km/h, sur un « Curtiss R2C-1 ».*

En avril l'équipage américain (les lieutenants Oakley Kelly et John MacReady), bat le record de durée de vol : 36 heures et 04 minutes, sur un « **Fokker Liberty** ».

En mai, **Kelly** et **Macready** effectuent la première traversée transcontinentale des États-Unis sans escale (de New-York à San Diego en Californie soit environ 4.000 km) en 26 h 50 min sur un **Fokker T-2** baptisé « **Non Stop Coast to Coast** ».

Ils obtiennent le trophée Mackay pour cet exploit.

*Fokker T-2 "Non Stop Coast to Coast" ⇨*



## 1924

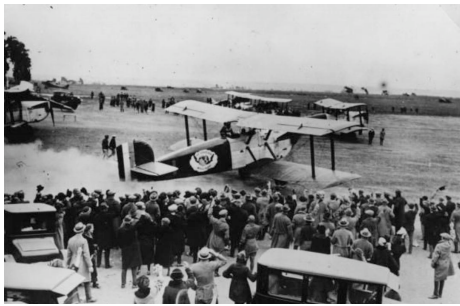
**Florentin Bonnet** bat le record mondial de vitesse avec **448,771 km/h** avec un monoplane **Bernard SIMB V-2** équipé d'un moteur **Hispano-Suiza** 12Gb de 600 CV.

*Bernard SIMB V-2 ⇨*

La France gardera ce trophée pendant 10 ans.

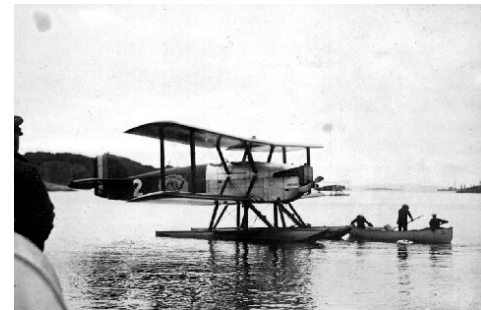






Sous le commandement du **major Martin**, quatre **Douglas DWC** de l'US Army Air Service quittent Seattle pour un **tour du monde aérien avec escales**. Deux de ces appareils, le Chicago et le New Orleans, parviennent à boucler le parcours en se posant à Seattle le 28 septembre suivant après 371 h et 11 min de vol.

*Douglas DWC (le "Chicago")* ⇨



## 1925

Deux Français, **Arrachart** et **Lemaitre**, à bord d'un **Bréguet-Renault 19A2** doté d'un nouveau moteur Renault 480 CV réalisent un vol, sans escale, d'Étampes à Villa-Cisneros dans le Sahara Espagnol. Soit 3166 km en 24 heures et 30'.

*Bréguet-Renault 19A2 - 480 CV* ⇨



Premier record du monde homologué de vol sans escale en ligne droite. Le lendemain, ils se posent à Dakar, ayant ainsi effectué 4.800 kilomètres en seulement deux étapes.

## 1926

Le **record de distance** en ligne droite (5.396 km) est battu par le français **Dieudonné Costes** et **Rignot** avec un **Breguet-19**.

*Breguet-19* ⇨

On survole le Pôle Nord.



En 1926, sur le Breguet super bidon **Point d'interrogation**, **Costes** effectue, avec le lieutenant de vaisseau **Le Brix**, le **premier tour du monde** (57 000 km en 39 escales) avec, en prime, la première traversée de l'Atlantique sud sans escale, puis un retour de Tokyo à Paris en moins de quatre jours.

⇨ *Breguet 19 super bidon baptisé "Point d'interrogation" ?*

## 1927

On se bat pour la conquête de l'Atlantique-Nord. L'Amérique et l'Europe n'ont toujours pas été reliées. En 1926 **Fonck** l'a tenté mais ce fut un échec.

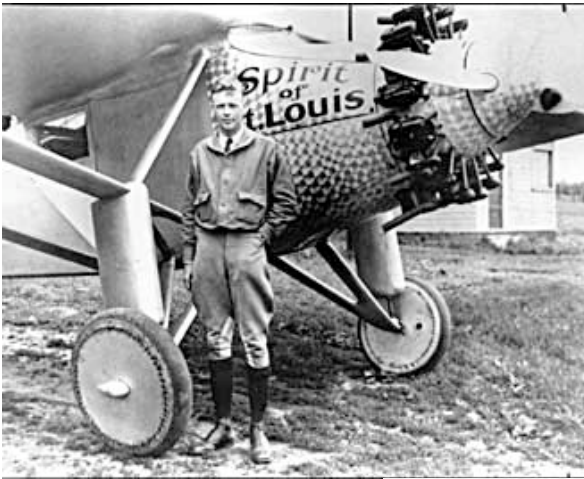
Le 8 Mai 1927 deux Français, **Nungesser et Coli**, sur leur avion l' "**Oiseau-Blanc**", décollent du terrain du Bourget à Paris pour atteindre l'Amérique. Mais ils disparaissent en mer.

*L'Oiseau-Blanc de Nungesser et Coli* ⇨

↷ *Au dernières nouvelles (voir carte) on suppose qu'ils ont atteint Terre-Neuve.*







Le **21 Mai 1927**, un jeune pilote de 25 ans décolle de New-York et atterrit au Bourget, c'est **Charles Lindberg**, surnommé le "**Fou volant**". Il a volé 33 heures 30 minutes et parcouru une distance de 5 780 km environ, soit une moyenne d'environ 172 km/h.

15 jours après Lindberg, l'américain **Chamberlain**, relie New-York à Berlin.

⇨ *Lindbergh posant devant le "Spirit of Saint Louis".*

Son avion, un **Ryan** baptisée le **Spirit of Saint-Louis**, est une merveille de technique. Il est équipé de toute l'instrumentation moderne, notamment d'un **gyroscope**, d'un **contrôleur de vol**, d'un **indicateur de vitesse** et d'un **altimètre**.

Lindberg dispose aussi d'un périscope car dans sa cabine il n'a aucune visibilité.

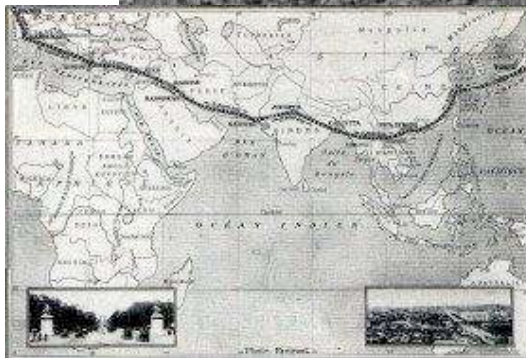
Ce vol sans escale et en solitaire apporta la gloire à Lindbergh, renvoyant dans les oubliettes de l'Histoire les vols transatlantiques précédents.

*Le Ryan Spirit of Saint-Louis ⇨*

Pour la conquête de l'Atlantique-Nord, la palme revient donc à l'Amérique. L'Europe est battue.



Mais, toujours en 1927, les Français **Costes et Le Brix** réalisent leur premier tour du monde en 39 étapes. Leur avion est un **Breguet 19** nommé "Nungesser et Coli"!



⇨ *Tableau de bord du Breguet 19 nommé "Nungesser et Coli".*

Les pilotes :

*Dieudonné Costes & Joseph Le Bris. ⇨*



⇨ *Rencontre avec le Spirit of St Louis à Panama*

*Arrivée à Tokyo ⇨*





## 1928

L'américaine **Amelia Earhart**, avec deux autres équipages, réalise la traversée Angleterre/-Terre-Neuve (environ 6.000 km). Quatre ans plus tard, en 1932, elle renouvellera cet exploit en solitaire. Elle disparaîtra en mer le 2 juillet 1937 avec son bimoteur **Lockheed Electra** lors d'une tentative de tour du monde par l'est.



## 1929

Les Français **Loti et Lefèvre** relient New-York à l'Espagne sur leur avion l' "**Oiseau Canari**".

*L' "Oiseau Canari" ⇨*

On survole le Pôle Sud (le Pôle-Nord a été survolé en 1926).

Costes et Bellonte bouclent un raid Paris-Tsitsihar-Hanoï-Paris à bord de leur Breguet Point d'interrogation. Ce raid comporte un vol sans escale de 7 905 km correspondant à un record du monde !



## 1930

En mai 1930 **Mermoz** traverse l'**Atlantique-Sud**, sur un **Latécoère-28**. Décollant de Saint-Louis du Sénégal, à bord d'un **Laté 28**, baptisé **Comte-de-La-Vaulx**. Pendant tout le vol, il a été aidé par des moyens radio (T.S.F.) et radionavigation (radiogonio). Il a pu, en volant au ras de l'eau, franchir les énormes cumulo-nimbus du "Pot-au-Noir", au dessus de l'équateur.

*Latécoère 28, baptisé Comte-de-La-Vaulx ⇨*

À la suite de cet exploit, l'**aéropostale** établit de manière définitive la liaison par air entre Toulouse et Santiago du Chili (durée : quatre jours et demi).



Le 1 septembre 1930 deux français, **Costes et Bellonte**, sur leur **Breguet XIX "Point d'Interrogation"** refont en sens inverse la traversée de l'Atlantique-Nord (effectuée par Lindbergh en 1927) : c'était bien un nouvel exploit car les vents et les courants contraires rendent la traversée beaucoup plus difficile d' Est en Ouest que dans l'autre sens.

Les américains ne s'y étaient pas trompés. Beaux joueurs, ils ont fait une ovation à nos compatriotes lors de leur arrivée.

*Breguet XIX baptisé « ? » ⇨*





## Après les exploits, la construction de l'aviation moderne.(1931- 1939)

A partir de 1930, toutes les grandes explorations sont terminées. Presque toutes les liaisons ont été faites. L'aviation a perdu un peu de son caractère aventureux et héroïque pour devenir une routine. L'explorateur est remplacé par le commandant de bord. Les avions deviennent plus puissants et les performances s'améliorent encore. On assiste à la mise en place de l'aviation commerciale. Mais aussi à l'aviation de loisir. Le **vol à voile** commence à se faire connaître et à devenir un sport populaire.

### 1931

Premier vol d'un **ballon dans la stratosphère** (15 781 m), avec les suisses **Auguste Piccard et Kipfer**.

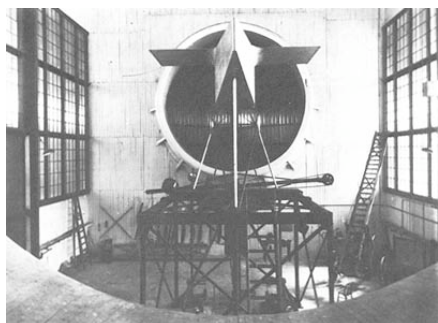


Premier vol du de Havilland **DH.82 Tiger Moth**.

*DH.82 Tiger Moth* ⇨⇨



**Première utilisation d'une soufflerie** dans le laboratoire de la **NACA** à Langley (États-Unis).



↑ *Soufflerie NACA de Langley.*

Le britannique G.H. Stainforth bat le record du monde de vitesse à près de 655 km/h sur précurseur du Spitfire un **Supermarine S.6B**.

*Supermarine S.6B* ⇨



### 1932

**Amelia Earhart** est la première femme à traverser l'Atlantique Nord en solo sur un Lockheed Vega.

Premier vol de l'avion de course **Gee Bee R-1** et du **De Havilland DH 84 Dragon**.



↑ *de Havilland DH.84 Dragon.*

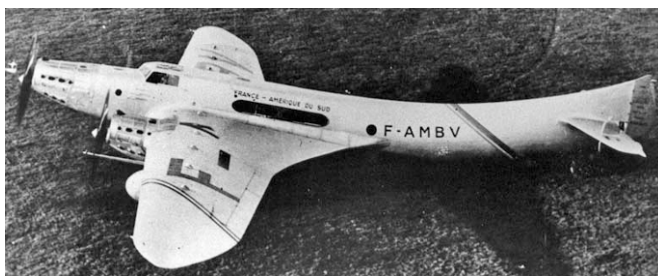


↑ *Gee Bee R-1 (Réplica)*

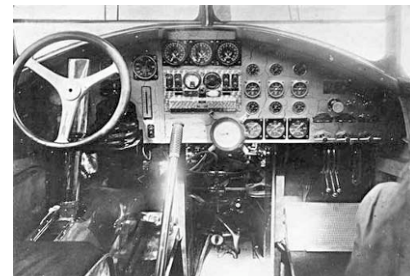
### 1933

**Jean Mermoz** réalise un vol direct entre le Sénégal et le Brésil à bord de son **Couzinet 71** : "**L'Arc-en-ciel**".

Deux **Westland PV-3** et **PV-6** britanniques survolent l'Everest.



*Le Couzinet 71 "Arc en Ciel" de Mermoz* ↑



↑ *Tableau de bord de l' "Arc en Ciel"*



## 1934

Premier vol du **Lockheed L-10 Electra** et du chasseur biplan britannique **Gloster Gladiator**.



↑ Lockheed L-10 Electra à bord duquel disparaîtrait Amelia Earhart en 1937



↑ Poste de pilotage de l'Electra

Le **DH.88 Comet** effectue son premier vol en 1933

## 1934

En 1934 se dispute la **course Londres-Melbourne** (environ 22.000 km en 70 h 54 min).

*DH 88 Comet. ⇒*

Les grands gagnants furent Charles **Scott** et Tom Campbell **Black** sur DH.88 Comet, baptisé « **Grosvenor House** » devant un Douglas DC-2 de la KLM et un Boeing 247 américains.



Les deux avions suivants :

un **Douglas DC-2**  
et un **Boeing-247**.

*Douglas DC-2. ⇒*

C'est très important car il semble que c'est à partir de là que les américains ont acquis la suprématie pour la construction des avions de transport et ils l'ont conservée, même si ces dernières années elle est assez grignotée.



*Boeing-247. ⇒*

Il y a eu longtemps une sévère concurrence entre l'hydravion et l'avion.

Mais la suprématie de l'avion "terrestre" finit par s'imposer, surtout à partir de 1939 où il enlève définitivement le record de vitesse.

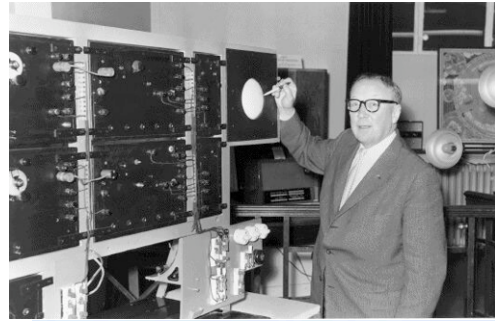


## 1935

Les dirigeables allemands effectuent désormais des traversées de l'Atlantique Sud. Le trajet entre l'Allemagne et le Brésil prend 71 heures.

Les concurrents français restent sereins avec un trajet Toulouse-Brésil de seulement 42 heures et 30 minutes.

Le premier système de **radar** est présenté par les Britanniques.



*Premier vol du bombardier allemand Heinkel He 111.*



*Premier vol du chasseur embarqué Grumman F3F.*



*Premier vol du prototype du Boeing B-17 Flying Fortress.*



*Premier vol du Morane-Saulnier MS.405, prototype du MS.406.*



Premier vol du **bombardier en piqué** Junkers Ju 87 Stuka.

Cet avion a été préparé en secret depuis 1933, contraintes du Traité de Versailles obligent.



*1<sup>er</sup> vol du Douglas DC-3 "Dakota".*



*Première traversée de la Manche par un « Pou-du-ciel ».*



*1<sup>er</sup> vol du chasseur britannique Hawker Hurricane.*



## 1936

Premier « **pont aérien** » de l'histoire. Les **Junkers 52** fournis par l'Allemagne permettent au général Franco de transporter 1 500 soldats du Maroc à Séville.

Disparition de **Jean Mermoz** dans l'Atlantique Sud à bord de l'hydravion **Croix du sud**. C'était la 24e traversée de l'Atlantique de Jean Mermoz.

*La "Croix du sud" ⇒*

Premier vol du prototype du **Supermarine Spitfire**.



*↑ Supermarine Spitfire.*



*Junkers 52 ↑*

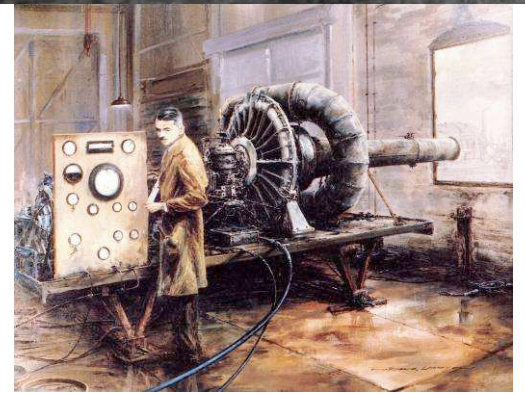
## 1937

Premier vol du **Heinkel HC-112** équipé d'un **moteur fusée**.

*Heinkel HC-112 ⇒*



*↑ Guernica immortalisé par un chef d'œuvre de Pablo Picasso*



*Turbine à gaz de Franck Whittle. ↑*

Bombardement de terreur effectué sur la ville de **Guernica** en Espagne par des appareils allemands **Stuka**.

**Franck Whittle** fait pour la première fois tourner une **turbine à gaz**.

**Premier atterrissage entièrement automatique** réussit par le capitaine **Carl Crane** qui a mis au point le système, et le capitaine Holloman. Les inventeurs du procédé reçoivent le Trophée Mackay.

Le dirigeable allemand **LZ-129 Hindenburg** prend feu à **Lakehurst** tuant 36 personnes.

*Le 6 mai 1937 : l'accident du LZ-129 Hindenburg à Lakehurst. ⇒*







LZ-127 ↑



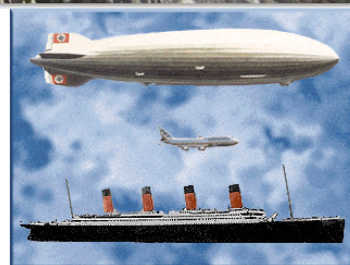
LZ-129 ⇒

L'accident du **LZ-129** Hindenburg marque la fin du transport de passager par des dirigeables...

Regardons encore une fois le gigantisme de ces machines volantes !!!

Le comparatif avec le Titanic (à peine 20 m plus long que le **LZ 127**) et un boeing 747

Comparatif 747, Titanic et LZ-127 ⇒



## 1938

Howard Hughes ⇒

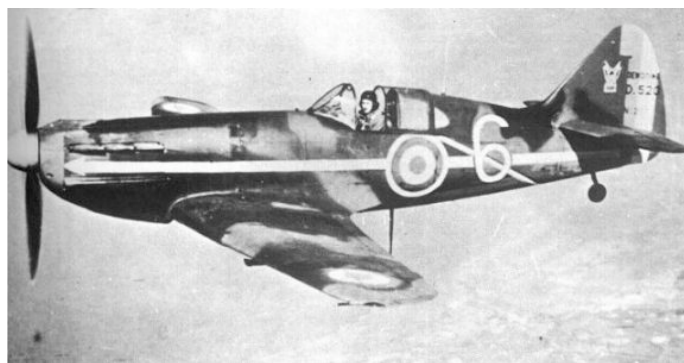
**Howard Hughes** boucle le tour du monde en avion avec escale en 3 jours 19 heures et 14 minutes.

Premier vol du **Douglas DC-4**, du chasseur français **Dewoitine D.520** et du chasseur américain **Curtiss P-40 Warhawk**.

DC-4 ⇒⇒



↑ Curtiss P-40 Warhawk de l'escadrille des "Tigres volants".



↑ du chasseur français Dewoitine D.520

En octobre 1938, à bord d'un appareil Messerschmitt **Me 209** le Flugkapitän Fritz Wendel établit le **Record de vitesse des avions à moteur à piston à 755,11 km/h.**



Messerschmitt voulut modifier cet appareil pour en faire un chasseur mais le résultat (Me 209 V-4) fut inexploitable.



## 1939

On constate encore quelques exploits sur différentes traversées destinées à l'aviation commerciale. **Howard Hughes** relie Los Angeles et New York en 7 heures et 28 minutes sur un « Hugues Special ».  
L'hydravion **Lieutenant-de-vaisseau-Paris** réalise la première liaison Paris-États-Unis avec passagers en 28 h 30' sans escale.

*Lieutenant-de-vaisseau-Paris* ⇨



Mais la guerre s'approche à grand pas avec sa profusion de nouvelles machines.



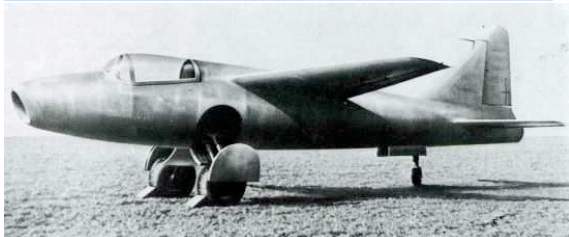
⇨ *Chasseur américain  
Lockheed P-38 Lightning*

*Chasseur japonais ⇨  
Mitsubishi A6M Zero,*



⇨ *Chasseur allemand  
Messerschmitt Bf 109*

*Chasseur allemand ⇨  
Focke-Wulf Fw 190,*



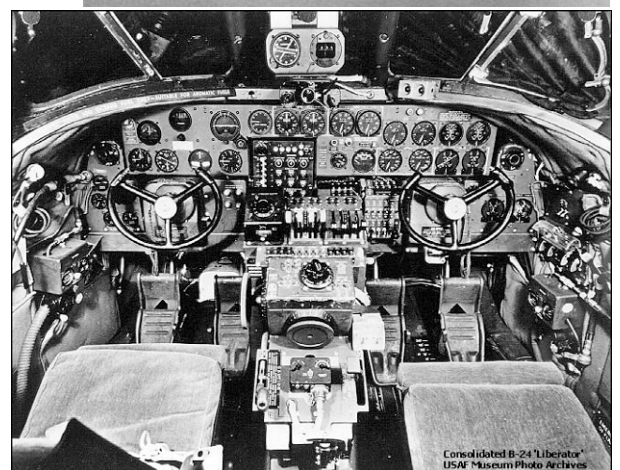
⇨ *Heinkel He 178 équipé  
d'un turboréacteur !!!*

*Bombardier lourd allemand  
Heinkel He 177 ⇨*



⇨ *Bombardier  
américain  
Consolidated  
B-24 Liberator*

*Cockpit du B24*  
⇨



A la veille de la 2<sup>e</sup> Guerre Mondiale, les progrès réalisés entre 1920 et 1939 étaient les suivants :

Année	Altitude	Distance	Vitesse
1920	10.000 m	3.166 km	275 km/h
1939	17.000 m	11.520 km	755 km/h



# NAISSANCE DE L'AVIATION MARCHANDE. LES COMPAGNIES AERIENNES

L'année 1930 a mis fin aux rêves des pionniers. On est allé un peu partout mais on complète la découverte de la terre. On vole la nuit et aussi par mauvais temps.

En 1927, on atteint une vitesse de 450 km/h et une altitude de 11.710 m Désormais, l'Amérique, l'Angleterre et la France se préoccupent des possibilités commerciales de la traversée de l'Atlantique-Nord : transport de voyageurs, de marchandises et de courrier.

Il se crée des lignes aériennes et des compagnies de transport aérien.

En France : les Lignes Farman et les Messageries Aériennes. Les "**Lignes Aériennes Latécoère**" existent depuis 1919, desservant le Maroc avec des pilotes prestigieux, tels **Didier Daurat**. On commence à parler de **Mermoz** et de **Saint-Exupéry**.

*DH Imperial Airways Ltd. employees refueling a Handley. ⇨*

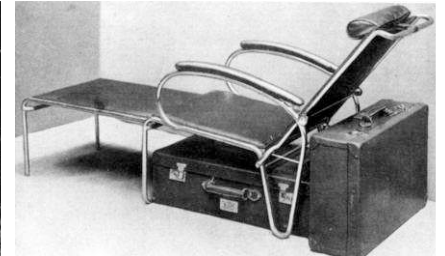
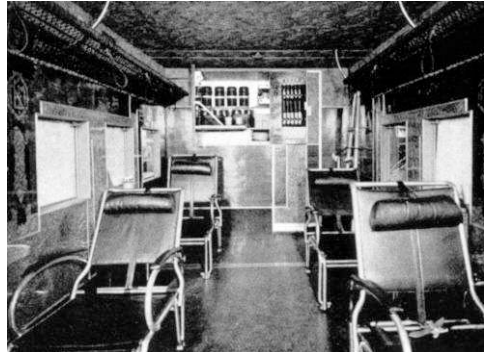


Création de la **Pan-Am** aux Etats-Unis, de la **Lufthansa** en Allemagne et de l' **Aéroflot** en Russie.

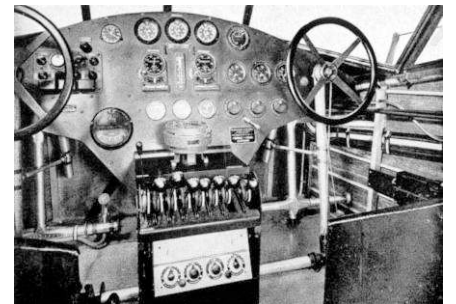
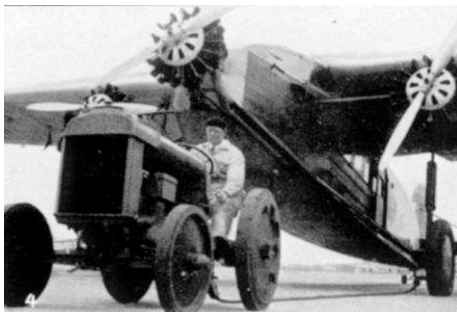
En 1928, en France, création du Ministère de l'Air.

On continue à aller de plus en plus haut et de plus en plus loin. New-York-Paris est parcouru fréquemment. L'aviation commerciale s'est développée et la traversée de l'Atlantique-Sud ne pose plus de problèmes.

## Un petit voyage en Fokker F 12 de la KLM dans les années 30...



Ce **Fokker F 12** de la KLM comporte une cabine spacieuse équipée de sièges confortables.



Après sa sortie du hangar accroché derrière un engin (tracteur) de manœuvres au sol, l'équipage s'installe dans le poste de pilotage.





Le plein a déjà été réalisé et l'équipe technique s'emploie au démarrage des trois moteurs.



L'avion peut commencer son roulage. Le vol s'est bien déroulé et l'équipage satisfait après l'atterrissage. La KLM sera heureuse de vous revoir sur ses lignes. D'autres appareils de plus grande capacité vous y attendent : un Fokker 36 et un Fokker 22 vous attendent sur cet autre aéroport



## En France

En 1932, on établit le statut de l'Aviation Marchande, qui entraîne la fusion de plusieurs compagnies et la création un an plus tard d'Air-France qui possède 259 appareils (de 28 types différents) et qui dessert 38.000 km de lignes aériennes.

**Air-France** a développé un réseau dans tout l'Empire Français ainsi qu'un réseau international qui relie Paris aux grandes villes Européennes et aussi des lignes au long-cours vers l'Asie. En 1934, devant la concurrence allemande de la Cie Lufthansa, Air-France décide de rouvrir la ligne d'Amérique du Sud (France - Buenos-Aires), sous la direction de Mermoz, avec des avions Dewoitine, Latécoère et des hydravions Bleriot. Seule manque à Air France la ligne de l'Atlantique Nord.

## En ANGLETERRE,

les **Imperials-Airways** ont développé un réseau semblable à celui d'Air France avec des avions De Havilland (constructeur anglais).

En 1939, ils ouvrent la ligne de l'Atlantique Nord, avec le **De Havilland-Caribou**.

*De Havilland-Caribou ⇨*



## En Allemagne

La **Lufthansa**, compagnie d'état, a un réseau comparable au réseau Anglais.

Mais l'Allemagne n'a pas d'empire colonial et, sous couvert d'aviation commerciale, elle a développé une véritable aviation militaire. En 1938, un allemand, le capitaine Henke, a réalisé le premier vol commercial sans escale, Berlin-New-york.

La troisième compagnie européenne est la **K.L.M.**, aux Pays-Bas. Elle est dotée d'avions **Fokker** et de **Douglas** américains.

En 1939, on était allé à peu près partout, on avait presque tout exploré et on avait l'impression que la Terre était devenue une très petite planète.

## L'AVIATION DE TOURISME

Elle regroupe les avions destinés aux voyages d'affaires et aux loisirs. Dès 1925, cette aviation de tourisme connaît un remarquable développement aux U.S.A.



*⇧ ⇩ Potez 36 biplace tourisme et école 1929*

Chez nous, l'Aéro-Club de France, fondé en 1898, encourage l'aéronautique. Le Ministère de l'Air a été créé en 1928.

L'État commence à s'intéresser à l'aviation légère et, à partir de 1930, il favorise la création et le développement des aéro-clubs.



*⇧ Caudron C 230 "Lucciole"*



Il existe des subventions pour les avions de tourisme achetés par les particuliers : des **Potez**, des **Caudron**, des **Morane-Saulnier**...

*Mécanos autour d'un Gipsy Moth d'Aéroclub en 1930-35 ⇨*







Mais, dès 1935, on sent arriver l'orage. Boeing construit des forteresses volantes : les **B-17**.

Profitant des conflits en cours, notamment de la guerre sino japonaise qui dure depuis 1931 et de la campagne d'Éthiopie lancée par les italiens, la préparation de la guerre se poursuit et s'active.

⇨ *B 17 dans le film ... belle*

En 1936, l'Espagne va servir de banc d'essai aux différentes armées de l'air, laissant le triste souvenir du bombardement de **Guernica**, immortalisé par Picasso.

On met au point les diverses tactiques et notamment le vol rasant, les attaques au sol, les attaques de bateaux, les transports de troupes...

## LE SERVICE POSTAL ET L'AÉROPOSTALE

Le Service Postal, c'est le transport du courrier.

Il a eu lieu pour la première fois le **18 Février 1911**, aux Indes. Le français **Henri Péquet** a transporté 15 kg de courrier et de cartes postales entre Allahabad et Naini.

En Angleterre, le premier transport de courrier est effectué en 1911, entre Londres et Windsor (environ 40 km).

En France, la poste aérienne fut officiellement créée en 1918. Le service aéropostal régulier entre Londres et Paris démarra l'année suivante.

Aux États-Unis, la première ligne aéro postale régulière fut établie en 1918 entre New-York et Washington (environ 350 km).

*Affiche publicitaire des lignes Latécoère ⇨*



**Pierre Latécoère**, constructeur d'avions à Toulouse, envisage déjà la mise en place d'un service postal vers l'Espagne et au-delà vers l'Afrique et vers l'Amérique du Sud. En 1919, il décide d'acheminer le courrier de Toulouse à Casablanca, sur des **Breguet 14** et des **Salmson**.

En 1923, il établit une liaison **Toulouse-Casablanca-Dakar** (4700 km) aidé du pilote **Didier Daurat**, auquel se joindront plus tard **Mermoz** et **Saint-Exupéry**.

En 1927, Latécoère réalise son grand projet de service postal : relier Toulouse - Dakar et, au-delà, l'Amérique du Sud.



Il s'associe alors avec un groupe sud américain et, pour mettre en place ce nouveau service, il crée une nouvelle compagnie : **l'Aéropostale**

En 1930, . Il engage le pilote Mermoz, qui sera un des principaux acteurs de cette épopée. La ligne **Toulouse-Casablanca Dakar** est prolongée jusqu'à Natal puis **Rio-de-Janeiro** et **Buenos Aires**.

En 1929, il atteint **Santiago du Chili**, après un atterrissage et un redécollage dans la Cordillère des Andes.

↑ *Saint Louis du Sénégal le 13 mai 1930. ↑  
Installés sur les flotteurs du Laté 28-3 "Comte de la Vault", Gimé, Mermoz et  
Dabry viennent d'effectuer le premier transport de courrier sur l'Atlantique Sud.*

L'Aéropostale achemine 30 millions de lettres. Elle s'est adjoint des pilotes exceptionnels tels Antoine de Saint-Exupéry.

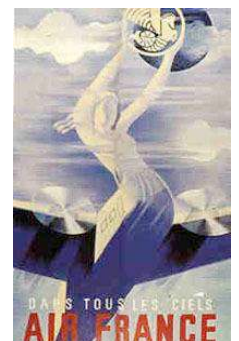
Mais elle est victime de la crise économique et de difficultés financières.

Elle disparaît en 1933, reprise par **Air-France**.

⇨ *Symbole d'Air France*

*Affiche publicitaire d'Air France ⇨*

Mermoz, qui est devenu Inspecteur-Général d'Air France, continue à piloter. Mais en 1936 il disparaît dans l'Atlantique Sud, aux commandes de son hydravion "**Croix du Sud**".



Les vols aéro postaux réguliers entre l'Europe et les États-Unis débutèrent en 1939, entre Washington et Marseille.



## QUELQUES GRANDES FIGURES DE CETTE ÉPOQUE

### Jean Mermoz

Né dans l'Aisne en 1901, il s'est retrouvé pendant la guerre à Aurillac. Engagé à 19 ans il devint pilote militaire. Mais l'armée ne lui convenait pas, il y resta peu de temps, passant ensuite quelques années à Paris, dans une situation assez précaire. Embauché par Didier Daurat aux usines Latécoère comme simple mécanicien au début, il deviendra par la suite une figure emblématique de l'Aéropostale. Il est chargé de prolonger les lignes aériennes au delà de l'Atlantique, vers l'Amérique du Sud et le Chili.

Le 12 mai 1930, il traverse sans escale l'Atlantique-Sud, de St Louis-du-Sénégal à Natal 3.200 km au dessus de l'Océan. Le courrier est ensuite embarqué jusqu'à Rio-de-Janeiro, puis Buenos-Aires et Santiago-du-Chili : 13.400 km parcourus en 108 heures.

En 1933, l'Aéropostale a été rachetée par Air-France et Mermoz est devenu Inspecteur-Général dans cette société. Il tient néanmoins à continuer à piloter.

*Le 7 décembre 1936, pour sa 25e traversée sur "La Croix du Sud", l'hydravion quadrimoteur effectuait un faux départ en raison d'une fuite d'huile. Après réparation, l'appareil décollait, emportant vers leur destinée son équipage. Quelques heures après, ce fut le dernier message :*

**"Coupons moteur arrière droit..."**

Il faut aussi retenir d'autres noms moins connus, mais qui restent cependant de grandes figures de l'aéronautique



### Antoine de Saint-Exupéry

Né en 1900, il est venu à l'aviation un peu par dépit, après avoir échoué à l'École Navale. Sa vraie passion était l'écriture et la poésie. Il était un rêveur plutôt qu'un homme d'action.

De son vivant, il était devenu célèbre autant comme un des écrivains les plus brillants de sa génération que comme un pionnier de l'aviation. Ses oeuvres les plus connues sont **Vol de Nuit**, **Terre des Hommes** et **Le Petit Prince**.

Il était souvent très distrait, même aux commandes de son avion, à tel point que certains hésitaient à monter avec lui.



↑ Lockheed P-38 Lightning

Il pilota longtemps. A 44 ans, alors qu'il était considéré comme le plus vieux pilote du monde, il a voulu effectuer une dernière mission de reconnaissance.

Décollant de Corse à bord de son **Lockheed P-38 Lightning** un matin du 31 Juillet 1944, il n'est jamais revenu. L'épave de l'avion et quelques preuves matérielles (*identification avec certitude de pièces numérotées de l'appareil*) ont été retrouvées récemment à l'est de l'île de Riou au large de Marseille en 2004 .



## Didier Daurat :

Après avoir été un brillant pilote de chasse pendant la guerre 14-18, il entra ensuite chez **Latécoère** où il devint la clé de voûte de l'**Aéropostale** et l'organisateur des lignes de l'Amérique du Sud.



*Caudron Simoun aux couleurs bleue de l'Aéropostale ⤴*



Crédits Musée Air France

## Henri Guillaumet

Compagnon de **Mermoz** et de **Saint-Exupéry**. Il a franchi 393 fois la Cordillère des Andes, à plus de 6.000 mètres d'altitude. Son avion fut abattu le 27 novembre 1940 au cours d'un combat aérien.

*Antoine de Saint-Exupéry et Henri Guillaumet devant un Laté-28 de l'Aéropostale. Cet appareil, plus moderne, remplacera avantageusement les antiques Breguet XIV. ⤴*



### L'accident de Guillaumet dans les Andes.

Le vendredi 13 juin 1930, en traversant les Andes pour la 92e fois pour l'Aéropostale, **Henri Guillaumet** s'écrase avec son **Potez 25** à la Laguna Diamante à cause du mauvais temps.

Il marche pendant cinq jours et quatre nuits, passant trois cols. Il manque plusieurs fois d'abandonner mais persiste en pensant à ses camarades et à sa femme Noëlle. Il atteint un village au bout d'une semaine. L'exploit que les habitants des vallées résumant parfaitement : « Es impossible », construit la légende de cet homme discret au milieu des stars de l'Aéropostale.

À Antoine de Saint-Exupéry, venu le rechercher, il déclare : **« Ce que j'ai fait, je te le jure, jamais aucune bête ne l'aurait fait ».**

Modèle des pilotes de ligne, franchira 193 fois la Cordillère des Andes et fera 12 traversées d'études de l'Atlantique Nord entre 1938 et 1939.

*L'appareil de Guillaumet et Lefèvre, un Potez 25, tel qu'il fut retrouvé dans les Andes après son accident en 1930. Cet avion sera réparé et revolera !!! ⤴*



*L'aventure de l'Aéropostale*

Outre ces grands pilotes, il y eut aussi des avionneurs célèbres, on peut difficilement tous les citer mais les plus célèbres sont Emile Dewoitine et Louis Breguet. **Émile Dewoitine** est le premier à construire un **avion monocoque**. Il devient également un partisan du **chasseur monoplan**.



**Louis Charles Breguet**, était un constructeur d'avions.

*Un avion de la Compagnie des Messageries Aériennes.*

En 1919 il fonde la **Compagnie des messageries aériennes** qui deviendra par la suite la société **Air France**.



*Louis Breguet ⤴*



# LA DEUXIEME GUERRE MONDIALE (1939-1945)

## LES ARMÉES DE L'AIR EN 1939

### L'Armée de l'Air Française

L'armée de l'air a été créée en 1933. Au début de la guerre, elle dispose d'environ 1.500 appareils, de modèles très différents et de qualité médiocre.

Elle comprend quatre types d'avions

- des avions d'observation, au nombre de 34, notamment les **Potez**, lents et périmés. - des avions de chasse, au nombre de **500** : ce sont des **Morane 406** et des **Curtiss**. Le **Dewoitine-520** sera construit ultérieurement.



*À Lussexil, à l'automne 1939, décollage d'une patrouille de Morane-Saulnier 406*



*Un Dewoitine 520 ↗*



*Un Bloch 210 ↗*

- des bombardiers : au nombre de **300** : le **Bloch 200** (périmé) et le **Farman 223**.  
- une aviation navale, avec des avions très insuffisants en nombre et en qualité.

### L'Armée de l'Air Britannique : la Royal-Air-Force (R. A F.)

La R. A F. est récente. Elle comporte **1.750 avions**

- des avions de chasse : essentiellement des **Spitfire** et des **Hurricane**, qui associent robustesse et rapidité et dont l'action fut décisive,

*Spitfire (second plan) et Hurricane ↔*



- des avions de bombardement: le **Vickers-Wellington**, le **Fairey- Bat**

*Vickers-Wellington* ⇨



## L'Armée de l'Air Allemande

Dés 1935, l'armée allemande renaît sur la volonté d' Hitler, en violation du traité de Versailles. En 1939, sa puissance est redoutable. Elle dispose de **8 000 avions**

- des avions de reconnaissance : le **Storch**. Avion à *décollage et atterrissage très court* ayant servi lors de l'évasion de Mussolini ...

*Le Fieseler Storch* ⇨



- des avions de chasse :

le **Messerschmitt-109** et le **Focke-Wulf Fw 190** (monomoteur, monoplan.) et le **Messerschmitt-110** (bimoteur, biplace). Ils atteignaient environ 600 km/h.



*Messerschmitt-109* ⤴



*Messerschmitt-110* ⤴



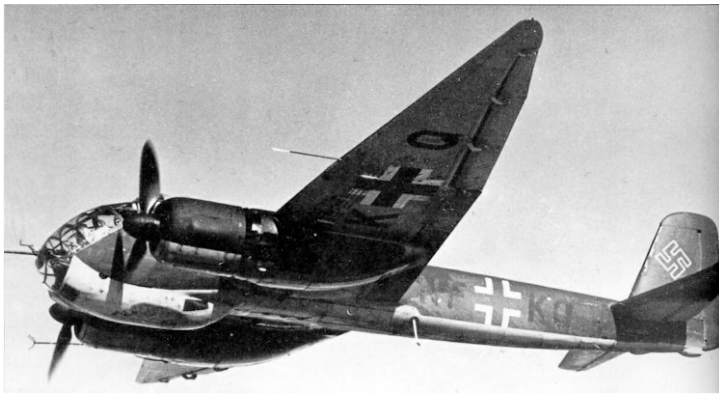
*Messerschmitt-262* ⤴



*Focke-Wulf Fw 190 Würger* ⤴

Citons aussi le **Messerschmitt-262** qui est le premier avion a réaction (biréacteur) à avoir été engagé en combat aérien.





*Junker-88* ⚡

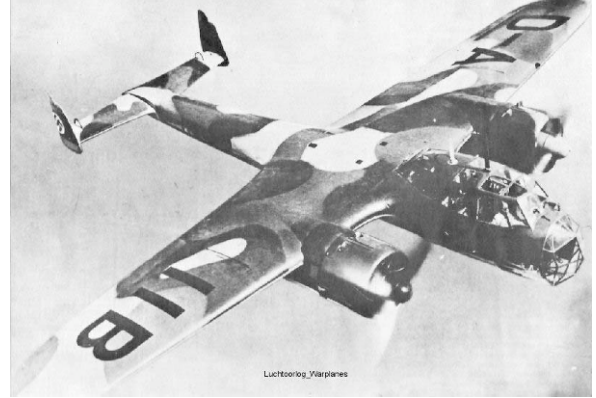


*Heinkel-111* ⚡

- des avions de bombardement : le **Heinkel-111**, le **Dornier-17**, le **Dornier-215**.
- d'un avion de bombardement en piqué : le **Junker-87**, baptisé "**Stuka**", toutes sirènes hurlantes quand il attaque.



*Bombardier en piqué Junker-87 "Stuka"* ⚡



*le Dornier-215* ⚡

## L'Armée de l'Air Italienne

Elle comprend **1.500 avions** : les **Fiat** et les **Savoias** sont les plus connus.



*Fiat G50* ⚡



*Savoia Marchetti S.79* ⚡

## L'Armée de l'Air Américaine.

Il n'y a pas de ministère de l'air aux U.S.A.

La guerre et la marine possèdent chacune sa propre aviation : U.S.-Navy et U.S. Air-Force.

Ils disposent de 1.500 avions dont 800 embarqués sur **porte-avions** !

*Le Lexington* ⇒

Le matériel est d'excellente qualité. Il y a notamment

- plusieurs porte-avions comme le Saragota, le **Lexington**, le Ranger, le Yorktown.
- Des **bombardiers** dont le **Boeing B-17**, forteresse volante quadrimoteur de 1200 CV chacun et dont le d'action est de 3220 km. Vitesse maxi 462 km/h.







*Curtiss P-40* ⤴



*Boeing B-17, forteresse volante* ⤴

- Des chasseurs parmi les quels le **Curtiss P-40 Warhawk** réalisé en 1938, avion de chasse doté d'un moteur de 1200 CV. Il sera suivi en 1940 par le **North American P-51 Mustang**.
- Les avions se modernisent très vite. On voit apparaître le chasseur embarqué **Chance Vought F4U Corsair** en 1940 puis le **Gruman F6F Hellcat** 1942.

La construction aéronautique a été intense et, à la fin de la guerre, ils avaient mis en service 158.000 avions, parmi lesquels 51.000 bombardiers.



*Gruman F6F Hellcat* ⤴



*North American P-51 Mustang* ⤴



⤴ *Chance Vought F4U Corsair aux couleurs Françaises* ⤴

⇨ *Les ailes de ce chasseur embarqué se plient pour gagner de la place.*

## L'Armée de l'Air Japonaise

Elle dispose de nombreux avions et de **porte-avions modernes**.

Les meilleurs avions sont les **bombardiers Mitsubishi** et les chasseurs à long rayon d'action **Mitsubishi-Zéro**.



⤴ *Bombardiers Mitsubishi* ⤴

*F6F Hellcat US en compagnie d'un Mitsubishi Zero* ⇨





## LA GUERRE

Pour toutes les armées européennes, le laboratoire de la guerre a été la Guerre d'Espagne. Pendant les six ans de la guerre 39-45, il y a eu une production aéronautique intense : il a été fabriqué 675 000 avions. Les appareils devenant de plus en plus lourds, il fallut aussi moderniser les bases aériennes et remplacer les pistes en herbe par des pistes en gravier ou en béton.

Le 1er Septembre 1939, l'Allemagne envahit la Pologne. La campagne de Pologne dure un mois.



Le 3 Septembre 1939, l'Angleterre et la France déclarent la guerre à l'Allemagne. D'octobre à Avril 1940 se déroule, la "Drôle de Guerre" : aucune attaque importante n'est enregistrée entre les belligérants qui s'observent.

L'Angleterre se prépare.

Elle construit beaucoup d'avions et elle forme d'excellents pilotes.

En Avril 1940, **Hitler** envahit la Norvège. Pour la première fois, on utilise **des parachutistes**.

C'est aussi la première opération de "straffing" (bombardement à ras de terre).

Mai 1940 : l'Allemagne attaque la France qui réagit très mal à cette attaque

L'armée de l'air se défendra vaillamment. Elle abattra 778 avions de mai à juin 1940.

Mais la supériorité allemande est écrasante et le commandement est nettement plus efficace, notamment pour les liaisons et pour la coordination entre les armées de terre et de l'air. La France est écrasée et demande l'armistice.

Le 17 juin 1940, le Général **De Gaulle** arrive à Londres, en avion.



Pendant l'été 1940 se déroule **la bataille d'Angleterre**. L'Allemagne décide d'attaquer et de bombarder l'Angleterre (chasseurs Junkers, Heinkel, Dornier). C'est un échec

600 jeunes pilotes anglais se battent comme des lions. Ils contre-attaquent et ils détruisent une armada de 3.000 avions allemands.

Inventé par **Sir Robert Watson**, **le radar** fait son apparition en Octobre 1940 et les anglais sont les premiers à l'utiliser. Le radar est un appareil de repérage qui permet de détecter et de localiser un objet ou un obstacle par émission d'ondes radioélectriques et captage des ondes qu'il réfléchit.

L'écoute radio et les ordres transmis aux pilotes par radio, associés au repérage radar, rendent l'aviation anglaise très redoutable.



En juin 1942, l'Allemagne attaque l'U.R.S.S. Les Russes disposent de chasseurs **Yak 3** (excellents et très rapides) et de bombardiers tels que l' **Iliouchine**.

*l'escadrille Normandie Niemen équipée de Yak ⇨*

Ils sont aidés par les alliés (le groupe Français **Normandie-Niemen** équipé de Yak).





La guerre est devenue mondiale. Le **7 Décembre 1941**, c'est la tragédie de **Pearl-Harbor** (aux Îles Hawaiï) : avec des chasseurs et des bombardiers lancés depuis leurs porte-avions, les japonais attaquent à l'improviste et coulent une partie de la flotte américaine et ils détruisent 200 avions au sol. C'est ce qui décide les américains à entrer en guerre en Europe, aux côtés des armées alliées.



*USS Arizona burning at Pearl Harbor ↕*



*Rescuing survivor near USS West Virginia during the Pearl Harbor attack.*

En 1942, du fait de l'aviation, la guerre s'est étendue à presque tout le globe toute l'Europe, le Pacifique, le Japon, la Chine, l'Afrique-du-Nord.

Un épisode intéressant eut lieu en avril 1942 : le **raid de Doolittle**. Seize bombardiers **B-25 Mitchell** extrêmement allégés décollèrent du porte-avions **USS Hornet** vers Yokohama et Tōkyō avec pour objectif de poursuivre jusqu'à des terrains d'aviation de Chine. Ces incursions ne furent que des « piqûres d'épingle » mais, après Pearl Harbour, elles constituèrent une victoire significative pour la propagande.

*L'Oriskany CV-34, classe Essex ⇔*



Il faut signaler au cours de cette guerre le rôle important des porte-avions, alors qu'il n'y a presque pas eu de combats navals.

En 1942, les bombardements sur l'Allemagne débutent. Les forteresses volantes (**B-17**) et les chasseurs bombardiers américains (**le Thunderbolt, l'Invader Douglas**) commencent à y déverser leurs bombes, accompagnés notamment des chasseurs (**Mustang P-51, le Lightning P-38**).



*⇐ Lightning P 38 surnommé "le diable à 2 queues"*



*Douglas Invader A 26 ⇒*



*⇐ Thunderbolt*

*Bombardier B-25 Mitchell ⇒ (Le même que pour le raid "Doolittle")*





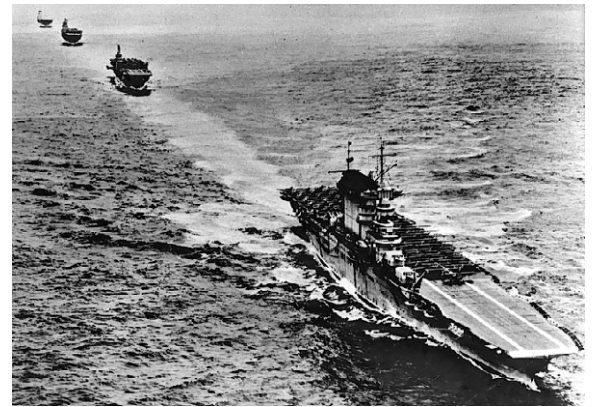
Les États-Unis continuent la guerre dans le Pacifique.

Ils disposent de plusieurs porte-avions (**Lexington, Enterprise, le Yorktown**).

En Juin 1942 ils remportent la **victoire aéronavale de Midway**, qui les venge du désastre de Pearl-Harbor : des **bombardiers Gruman** décollent de porte-avions et coulent quatre porte-avions et un croiseur japonais.

*Lexington, Ranger, Yorktown, Enterprise from ILN 1941/12/13 ⇨*

En Europe la reconquête est chèrement payée.



Les Allemands ripostent avec les **V-1** et les **V-2**.

Le V-1, en étude depuis 1937, était un véritable **avion-fusée** sans pilote, chargé d'explosifs et catapulté.

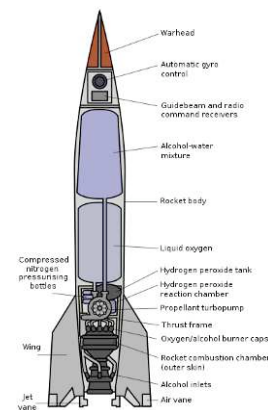
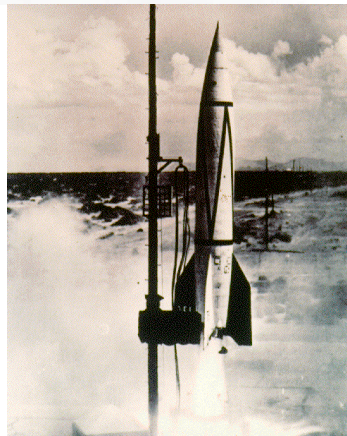
Sa vitesse atteignait 600 km/h.

La première bombe **V1** toucha l'Angleterre en 1944.

⇨ V1

Le **V-2**, était une fusée stratosphérique, téléguidée par radio, propulsée par la poussée due à la combustion d'un mélange de carburants et de comburants liquides.

Elle s'élevait à 110 km d'altitude à une vitesse de 5.600 km/h.



*V2 sur sa rampe ↑*

⇨⇨ Lancement d'un V2 du centre de Peenemünde

Le **6 juin 1944** : débarquement des troupes alliées en Normandie, avec la participation de 11.000 avions dont 2.400 avions de transport de troupes et 860 planeurs.

*Omaha Beach, le 6 juin 1944 ⇨*

En 1945, en Allemagne, les alliés utilisèrent des **C-47** (*version militaire du DC 3*), gros porteurs qui accompagnaient les **Forteresses Volantes**, les **Liberators** et les **Lancasters**, sous la protection des **Tempest**, des **Marauders**, ou des **Typhons** (chasseurs).



*Parachutage à partir d'un C47 "Dakota" ⇨*

*B 26 ⇨ "Marauder"*







⇨ B-24 Libérateur



Avro Lancaster ⇨



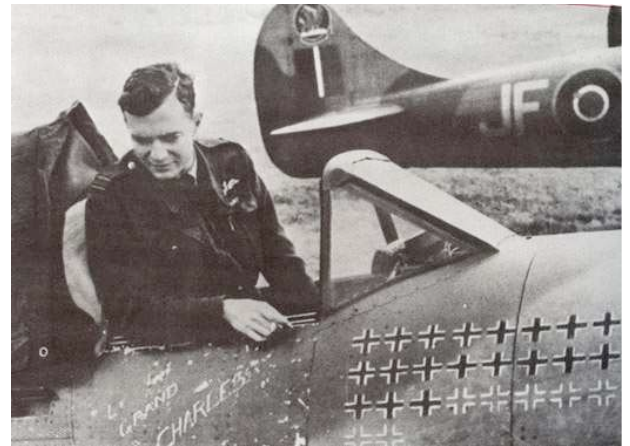
⇨ Hawker Tempest et son frère le Hawker Typhoont ⇨

### Le 8 Mai 1945, les Allemands capitulaient.

Dans cette guerre **Pierre Closterman** (décédé le 22 mars 2006) est le pilote français qui a remporté le plus grand nombre de victoires : 420 missions, 35 victoires.

Pierre Closterman ⇨

Mais les hostilités continuaient dans le Pacifique et en Asie où le Japon, toujours en guerre contre la Chine, envahissait aussi les Philippines et l'Indochine.



Contre la marine américaine, le Japon utilisa les **Kamikaze** : c'étaient des avions-suicide bourrés d'explosifs, accrochés sous le fuselage d'un bombardier.

⇨ Kamikaze

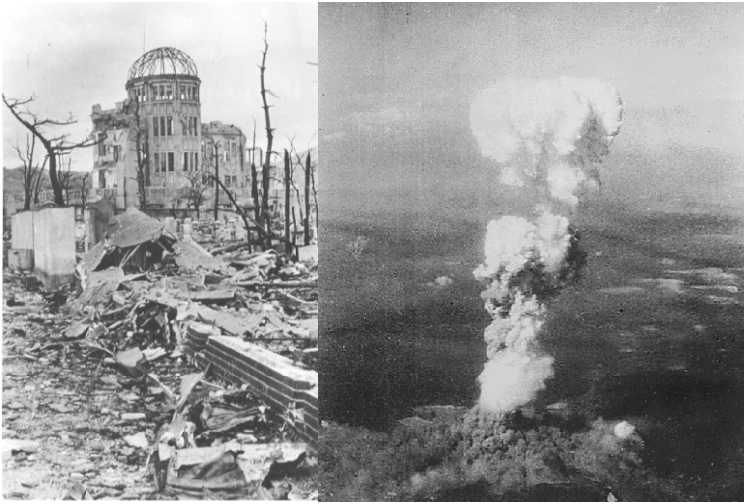
Ils étaient largués en vol et allaient s'écraser sur les porte-avions US lors de la bataille d'Okinawa.

⇨ Bombe volante Oka



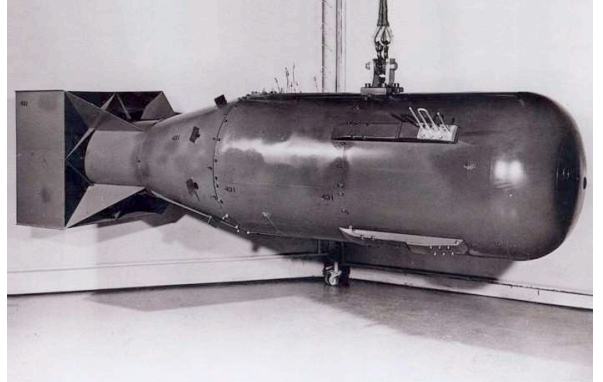
⇨ Le 25 novembre 1944, depuis le cuirassé USS New Jersey, on observe un kamikaze qui s'abat sur le porte-avion USS Intrepid.





Cela ne modifia pas le cours des choses et, pour mettre un terme à ce conflit interminable, le **6 Août 1945** une **forteresse volante B-29 "Enola Gay"** pilotée par **Paul W Tibbets** va larguer la première bombe atomique **"Little Boy"** sur la ville de **Hiroshima**.

*Bombe d'Hiroshima "Little Boy" ⇒*



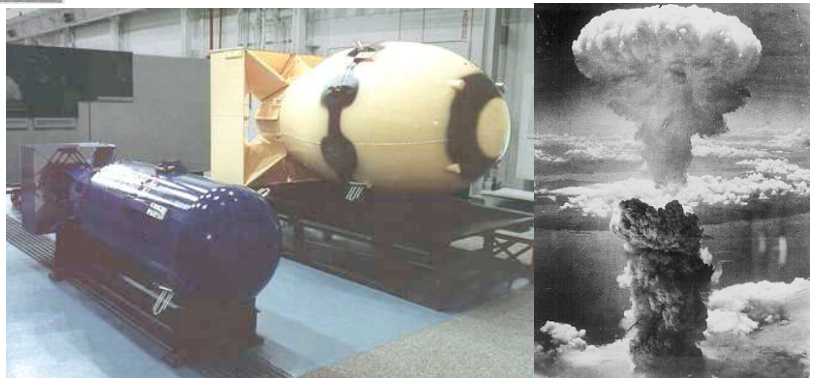
*Usine de production de B 29  
 ↷ B29 Flying Superfortress et sa cargaison de bombes.*



Trois jours plus tard, le **9 Août**, une autre bombe atomique **"Fat Man"** (Reconstitution ci-contre peinte en jaune avec des bandes noires) s'abattait sur **Nagasaki**, ce qui mit un terme à la guerre sino japonaise.

*Bombe envoyée sur Nagasaki "Fat Man" ⇒*

*Le champignon atomique au-dessus de Nagasaki ⇒⇒*



Le 7 Septembre 1945, le Japon demandait la paix, mettant fin ainsi à la seconde guerre mondiale.

Les acquisitions au cours de ces six années de guerre furent ;

- le radar,
- la fusée,
- le turboréacteur,
- d'énormes progrès dans les **équipements de bord et de sécurité** ainsi que dans les **instruments de navigation**.



# DE 1945 A AUJOURD'HUI.

## LES PROGRES

Les recherches effectuées pendant la guerre ont abouti à des séries de progrès qui ont révolutionné le domaine de l'aéronautique. Il y a eu bien des innovations.

L'hélice n'est plus le seul mode de propulsion pour les avions. Il y a maintenant la **turbine** : c'est un moteur dans lequel une roue mobile est entraînée par l'énergie que dégage la combustion d'un carburant en présence d'air comprimé. Elle a deux applications

- le **turbopropulseur**, : la turbine entraîne une hélice,

- le **turboréacteur** : l'air admis par l'avant est comprimé par des turbines et rejeté à l'arrière par une tuyère (la tuyère est un conduit dans lequel se produit la détente qui fournit l'énergie).

Il y a eu des progrès fantastiques dans la construction des avions : l'utilisation d'aciers spéciaux et de métaux rares (le titane notamment), de matériaux nouveaux (composites, plastiques, élastomères) et dans l'instrumentation : des aides au pilotage et à la navigation, ainsi que des améliorations dans les des infrastructures au sol.

La fin de la guerre a laissé un monde ravagé, mais avide d'échanges commerciaux. Ces besoins, conjugués au savoir faire des industriels et des pilotes, vont favoriser la reprise du transport aérien dans des proportions colossales.



*Super-Constellation* ⤴



*Boeing 707* ⤴

Le transport aérien n'est plus un mythe mais un élément économique.

Les transports intercontinentaux sont réguliers et journaliers, surtout vers les États-Unis : en **Super-Constellation** au début, puis en **Boeing** et maintenant en **Airbus**. Avant son arrêt définitif **Concorde** effectuera le trajet Paris New-York à Mach 2.



*Concorde* ⤴



*Airbus A380* ⤴

La durée du voyage qui était d'une quinzaine d'heures avec escale aux Açores a été ramenée à 6 heures puis à 3 heures environ, avec beaucoup de confort: sièges-couchettes, gastronomie...

Après la fin de la deuxième guerre mondiale, la persistance de la Guerre Froide a justifié le déblocage de crédits importants pour perfectionner les armes et les machines volantes.

Une compétition s'est engagée entre les grandes puissances et, dans chaque pays, entre les grands constructeurs, dont les buts étaient

- la fabrication d'avions de chasse supersoniques,
- la fabrication d'avions de transport à réaction,
- la fabrication d'hélicoptères,
- l'étude et la conquête de l'espace.

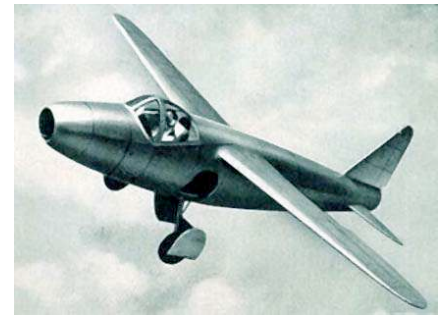


## L'AVION A RÉACTION

Les premiers turboréacteurs ont été conçus à peu près simultanément par Sir **Frank Whittle** en Angleterre et par le Dr. **Hans von Ohain** en Allemagne dans les années 1930.

Le premier turboréacteur fut construit par **Whittle** en 1935 et tourna au banc en 1936.

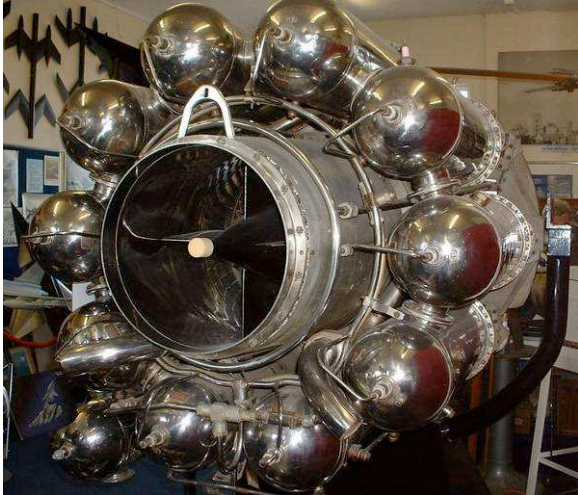
Mais ce fut Von Ohain qui fit voler le premier turboréacteur sur un **Heinkel He 178** en 1939.



*Heinkel He 178 ⇨*

En Mai 1941, **Whittle** équipa le **Gloster-E 28-39** qui fut le premier avion à réaction britannique qui vola.

*⇨ Gloster-E 28-39 et son moteur ⇨*



Les premiers avions à réaction construits en série furent des chasseurs-bombardiers **Messerschmitt Me 262 Schwalbe** utilisés à la fin de la Seconde Guerre mondiale.

*Me 262 ⇨*

Le **Messerschmitt 262**, mis en service en 1944, fut le premier chasseur à réaction et aussi le premier avion à réaction au monde à avoir été engagé en combat aérien.

Après guerre, les turboréacteurs se généralisèrent, aussi bien dans l'aviation militaire que civile, ainsi que les turbopropulseurs mais uniquement dans le civil.

Les turboréacteurs d'aujourd'hui sont des machines d'une extrême complexité. Le développement d'un nouveau moteur demande des moyens humains, technologiques et financiers considérables que seules quelques rares entreprises possèdent dans le monde.

### **Avion fusée ou avion à réaction ?**

Il faut remonter à 1863, pour trouver le premier brevet déposé par le Français **Charles de Louvrié**. En 1910, **Henri Coanda**, ingénieur roumain, présenta le premier avion à réaction de l'histoire. Même si son unique vol d'essai se termina contre un mur, il vola tout de même avec un réacteur situé dans le nez et qui fournissait une poussée de 220 kg.

Les avions propulsés par fusée sont assimilables aux avions à réaction. Le 1<sup>er</sup> avion fusée, l'**Ente**, construit par Alexander Lippisch vola le 11 juin 1928 avec Friedrich Stammer aux commandes. Il fut suivi de très près par l'**Opel Sander Rack-1**, construit par Julius Hatry et piloté par Fritz von Opel, himself, le 30 septembre 1928.

L'avion qu'il pilotait décolla et vola plusieurs minutes à 100 m d'altitude. Mais la difficulté était d'entretenir la réaction.



*⇨ Lippisch Ente*

*l'Opel Sander Rack-1 ⇨*

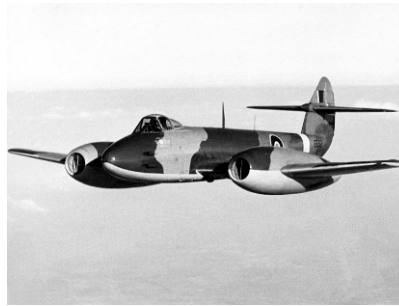




Whittle émigra ensuite aux États-Unis où il s'associa avec la Société Bell pour construire le **Bell-XP-59** qui n'eut pas le succès prévu car ses performances étaient inférieures à celles des monomoteurs conventionnels de l'époque.



*Bell-XP-59* ⤴



⤴ *Gloster-Météor* ⇨



Le 7 novembre 1945, un **Gloster-Météor** (canons démontés et des moteurs modifiés !) obtint le **record du monde de vitesse** : 976 km/h. L'année suivante, un Meteor F.4 (avec des ailes tronquées de 1,47 mètre) portera le record à 991 km/h.

## **LE MUR DU SON... puis LES AVIONS DE CHASSE SUPERSONIQUES.**

Ils ont été le premier objectif militaire d'après-guerre. Mais il fallait franchir le mur du son. Le **mur du son** est dû au fait que l'air n'est pas incompressible et qu'à haute vitesse il se crée une onde de choc sur l'avant de l'avion. Pour dépasser la vitesse du son, c'est-à-dire pour voler à plus de 1 100 km/h environ (suivant la température de l'air) l'avion doit "surmonter" cette onde de choc qui entraîne des vibrations dans les gouvernes et qui ébranle le fuselage. Les ingénieurs ignoraient encore en 1947 comment régler ce problème et n'avaient que la solution "d'aller voir".



*Poste de pilotage Bell X-1* ⤴



*Bell X-1* ⤴

En 1947, la Société Bell-Aircrafts (USA) s'y attaquait et travailla sur une série d'essais, conjointement avec l'US Air-Force. L'avion fabriqué pour cette tentative était le **Bell X-1**, avion entièrement métallique et très robuste.

Pour le dessiner, les ingénieurs s'inspirèrent d'une balle de fusil, ce qui lui apporta un aérodynamisme certain. Il était pressurisé et il disposait de systèmes très sophistiqués pour toutes sortes de mesures.



*B-29 plus Bell X-1* ⤴



*B-29 plus Bell X-1* ⤴

Ce prototype était équipé d'un moteur-fusée XLR-11 fonctionnant avec un mélange d'oxygène liquide, d'eau et d'alcool. L'autonomie était très limitée (quatre minutes) aussi devait-on minimiser le temps de vol. Pour ce faire, l'avion était accroché sous un **B-29**, quadrimoteur bombardier, qui lâchait le Bell X-1 à haute altitude (13 000 m). Une fois libéré, le Bell X-1 allumait son moteur et descendait en piqué afin d'atteindre sa vitesse maximale. Cette procédure permettait d'économiser le carburant nécessaire au décollage et à la montée en altitude.



**Chuck YEAGER**, pilote d'essais chez Bell Aircrafts, fut le premier homme à voler plus vite que le son : c'était le 14 octobre 1947.

Il renouvela son exploit le 19 janvier 1949, mais cette fois le **Bell X-1** décolla de manière autonome.

*Chuck YEAGER devant le Bell X-1 ⇨*



En Europe, les essais ont été nombreux et parfois mortels.

La société britannique **De Havilland** produisait le **Shallow DH-108** qui effectua son premier vol le 15 mai 1946, puis le **Vampire** qui permit à **John Derry** de franchir le mur du son le 6 septembre 1948.

Il fut le premier européen à passer le mur du son.

*⇨ De Havilland Vampire*

*⇩ Shallow DH-108*



Le premier avion à réaction français est le **SO 6000 Triton** qui effectua son premier vol le 11 novembre 1946, cinq ans après les anglais et les américains. Il a été suivi de près par l'**Espadon** qui atteint la vitesse de 1.000 km/h.



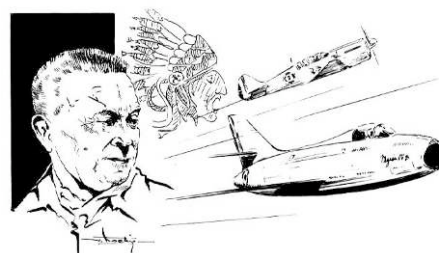
*SO 6020 "Espadon" ⇧*



*SO 6000 Triton ⇧*

**Constantin Rozanoff** a été le premier pilote français à franchir le mur du son, le 4 février 1953, sur un **Dassault Mystère IV** (après les américains en 1947 et les anglais en 1948).

*⇨ Dassault Mystère IV*



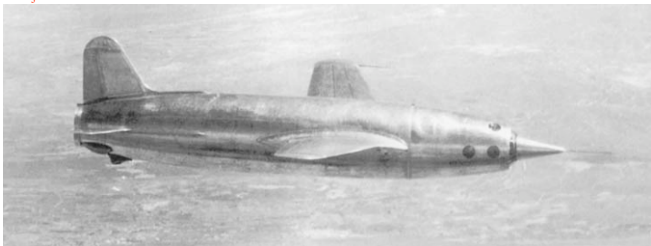


**René Leduc**, un ingénieur français a construit en 1955 une tuyère thermopropulsive appelée **stato-réacteur**. Son prototype, le **CO-10** était fixé sur le dos d'un quadrimoteur. Ce système permit, avant même les largages, d'observer le comportement de la tuyère en altitude lors de vols en composite.



⤴ Le Leduc 010-01 sur le Languedoc 31 (F-BCUT). ⤴  
Le Leduc 010-02 à Istres. ⇨

*Aile en flèche, cockpit annulaire en verre, raccords Karmann, cet appareil conçu en 1938 était d'une rare modernité.* ⤴



A 300 km/h, vitesse nécessaire pour comprimer l'air, le pilote injecte du carburant dans cet air comprimé, ce qui produit une forte détente et une forte poussée. L'avion peut alors quitter le quadrimoteur et il devient autonome. Ce principe avait un intérêt certain car aucune pièce n'était en mouvement dans ce moteur qui fournissait une poussée largement suffisante pour voler à Mach 2. Mais le 15 février 1958, le gouvernement français ordonna l'abandon de ces essais.



Le record du succès aéronautique français est détenu par les usines **Marcel-Dassault** qui fabriquent depuis 1960 le **Mirage-III**, avion de chasse vendu à plus de 1.400 exemplaires dans 25 pays.

Ce chasseur a détenu le record de vitesse sur 100 km obtenu par Mme **Jacqueline Auriol** le 14 juin 1963 sur la base d'Istres, avec une vitesse moyenne de 2 038 km/h (Mach-2).

⇨ *Famille Dassault De l'Ouragan au Mirage IV en passant par le Mystères IV, le Supermystère, l'étendard IV et le Mirages III*

Les principaux avions fabriqués par Marcel-Dassault sont : l'**Ouragan** et le **Mystère-IV** équipés de moteurs **Hispano-Suiza**, ainsi que l'**Étendard IV**, le **Mirage III**, le **Mirage IV** et le **Rafale** (à partir de 1986), équipés de moteurs **Snecma**.



⇨ *Mirage III*

*Étendard IV* ⇨



Le **Mirage IV**, c'est le porteur de "La Bombe" française. Le 1<sup>er</sup> prototype décolle le 17 juin 1959. La production en série débute en décembre 1963 et s'achève avec le Mirage IV A n°62 en mars 1968. Le dernier vol de cet avion sera effectué en 2005.





⇨ *Le Rafale*

*Un Mirage IV décollant avec des fusées d'appoint ⇨*



L'Angleterre développe un avion à décollage vertical : **Le Harrier.**

⇨ *Le Harrier*

Mais les budgets de recherche sont de plus en plus lourds et à la fin de la guerre froide les partenaires européens s'unissent et créent l'**Eurofighter.**

*l'Eurofighter ⇨*



## LES AVIONS DE TRANSPORT

Rapidement l'aviation commerciale exploita les progrès militaires.

⇨ *DC 4*



Aux États-Unis, les anciennes forteresses volantes quadrimoteur furent converties en avions de transport et devinrent des longs courriers, tels les **Douglas DC-4** et les **Lockheed Constellation.**

*Lockheed Constellation ⇨*



Les promoteurs dans le transport aérien furent les britanniques avec le **Comet** fabriqué par **De Havilland** qui fit son premier vol le 27 juillet 1949 et mise en service en 1952, après trois ans d'essais intensifs. Cet avion connut un vif succès et les grandes compagnies mondiales l'adoptèrent immédiatement.



*Comet De Havilland ⤴*



*Vicker Viscount ⤴*



*DC 6 ⤴*

Mais les connaissances de l'époque étaient empiriques sur les problèmes de résistance des matériaux face aux différences de pression. Un avion de transport a un fort diamètre et il est donc très sensible à la différence des pression entre l'air extérieur de faible pression (car l'avion vole à haute altitude) et l'air intérieur maintenu à haute pression (pour permettre aux passagers de respirer). Les Comet disparurent tragiquement en série : la cellule explosait sous les effets répétés de ces différences de pression. De Havilland voulant comprendre le phénomène effectua des recherches sur les causes de ces accidents et définit des règles de construction dont tous les autres constructeurs profitèrent.

Les soviétiques lancèrent quelques temps après le **Tupolev TU-104**, biracteur qui avait des performances étonnantes pour l'époque. Les moteurs de cet avion avaient presque cinq fois la poussée utile des moteurs du Comet. Mais les avions soviétiques n'étaient pas commercialisés dans les pays non communistes et on n'a jamais connu leurs caractéristiques précises.





*Tupolev TU-104* ⚡



*Boeing-707 utilisé en ravitaillement (KC 135)* ⚡

Les USA mirent un certain temps à réagir mais ils remportèrent toutes les marchés avec la sortie d'une série d'avions tous remarquables et détenteurs de records

En 1954, le **Boeing-707**, quadriréacteur subsonique, transporte 150 passagers à 850 km/h.

Le **Boeing-747** vole pour la première fois en 1969. C'est un énorme transporteur qui peut emporter jusqu'à 500 passagers et décoller avec une charge de 400 tonnes. Le **Douglas DC-8** et le **747** deviennent les long-courriers du monde occidental.



*Boeing-747* ⚡



*Douglas DC 8* ⚡

Le **Boeing-727** est un triréacteur, produit à 1 830 exemplaires.

En 1995, le record d'avions construits est détenu par Boeing avec le Boeing-737, biréacteur de 130 passagers, construit à plus de 3050 exemplaires.



*Caravelle Sud Aviation* ⚡



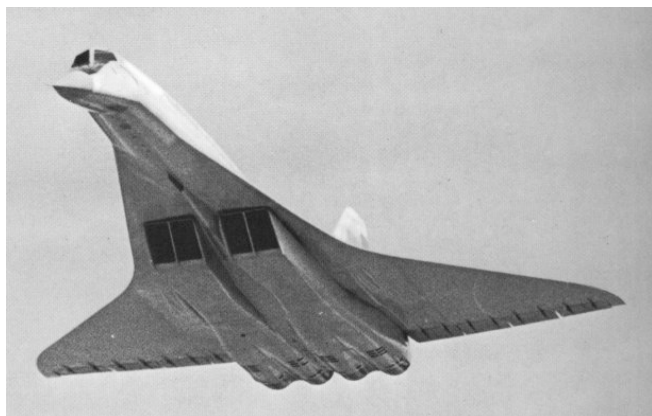
*Boeing-727* ⚡

En France : Les usines **Sud-Aviation** à Toulouse qui par la suite devinrent **Aérospatiale**, construisirent un court-courrier biréacteur, la **Caravelle**. Les réacteurs étaient fixés sur le fuselage, à l'arrière. Il fut mis en service en 1955 et il a été construit à 300 exemplaires. Il a eu une très belle carrière mais il a été supplanté par la concurrence américaine et Air-France l'a abandonné en 1981 car il était bruyant et très gourmand.

La Caravelle reste néanmoins le premier succès français de l'aviation commerciale d'après-guerre et plusieurs industriels (en payant des redevances à l'Aérospatiale) copieront le "principe Caravelle" de fixer les réacteurs à l'arrière du fuselage.

Une victoire technologique a été remportée par l'association franco-britannique **Aérospatiale British-Aérospatiale**, avec la réalisation du premier avion de transport supersonique **le Concorde**, un avion de 180 tonnes.





*Tupolev 144 "Concordski" ⤴*



*Concorde ⤴*

Le Concorde est un avion de transport supersonique (SST) construit par l'association de Sud-Aviation (devenue par la suite l'Aérospatiale après sa fusion avec Nord-Aviation et la SEREB) et de la British Aircraft Corporation (devenue ensuite British Aerospace).

La France et l'Angleterre unirent leurs efforts pour sortir ce superbe avion révolutionnaire qui effectua son premier vol en 1969. Il a été ensuite construit à 14 exemplaires. Ce fut l'un des deux seuls avions de ligne supersoniques à avoir été produits, l'autre étant le **Tupolev Tu-144** soviétique (appelé familièrement le Concordski ou Concordoff).

*Concorde a été critiqué mais jamais égalé et les connaissances techniques acquises par le bureau d'études de l'Aérospatiale lors de sa conception ont profité aux avions de la série Airbus.*

*La vitesse de croisière du Concorde est de Mach 2,02 à une altitude de 15 650 mètres. Il est doté d'une aile delta modifiée (aile dite "gothique") et de moteurs Olympus à postcombustion développés d'abord pour le bombardier britannique **Avro Vulcan**. Il fut aussi le premier avion civil à être équipé de commandes de vol électriques, précédant ainsi les Airbus.*

### **LE CRASH du Tu 144**

*Le 3 juin 1973 les supersoniques Concorde et TU-144 sont les vedettes du salon du Bourget.*

*Le premier vient de terminer une spectaculaire évolution quand le second décolle de la piste 03. L'avion piloté par le chef-pilote d'essai Edouard Elyan, évolue normalement et termine par un passage à basse vitesse devant le public.*

*Le TU-144 s'aligne alors sur la piste 07 pour atterrir, mais la tour lui indique que la piste en service est la 25 (la même, mais en sens opposé). L'avion fait alors un virage sur la droite pour revenir faire un deuxième passage à basse vitesse, "moustaches" déployées, au-dessus de la piste 03. Ceci fait, le TU-144 remonte pleins gaz en direction du nord. La montée semble alors se prolonger anormalement, soudain l'avion bascule, part en piqué, puis semble vouloir faire une ressource. Mais les contraintes sont trop importantes pour l'appareil, une vapeur blanche enveloppe l'appareil, signe que la cellule se crigue et que du carburant fuit. Le TU-144 explose à basse altitude et s'abat sur la ville de Goussainville. Les causes de l'accident ne seront jamais clairement établies, plusieurs hypothèses seront avancées, mais la plus probable serait que le pilote du TU-144 a été à un moment donné, surpris par l'apparition d'un autre appareil sur sa trajectoire. Ceci est fort probable, car lors de la montée très cabrée le champ de vision dans le TU-144 était très réduit. Le pilote a sans doute aperçu un bref instant et sans pouvoir en apprécier réellement la distance, un autre avion (peut être un chasseur français "Mirage" regagnant sa base, mais l'information n'a jamais été confirmée). Pour éviter la collision, il aurait alors volontairement provoqué le piqué mais n'aurait pas pu par la suite contrôler la manœuvre. Cet accident fera plusieurs morts (6 membres d'équipage et 8 habitants de Goussainville).*

### **LE CRASH du Concorde**

*Le mardi 25 juillet 2000, le Concorde d'Air France va décoller de Paris Charles de Gaulle à destination de New York (3 PNT, 6 PNC et 100 passagers).*

*Lors du décollage de la piste 26 droite de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, peu avant la rotation, le pneu avant droit (roue n° 2) du train gauche roule sur une lamelle métallique tombée d'un autre avion et se détériore. Des débris sont projetés contre la structure de l'aile, provoquant une rupture du réservoir 5. Un feu important, alimenté par la fuite, se déclare presque immédiatement sous la voilure gauche. Des problèmes apparaissent peu après sur le moteur 2 et momentanément sur le moteur 1. L'avion décolle. L'équipage arrête le moteur 2, toujours proche du régime ralenti, après une alarme feu moteur. Il constate que le train ne rentre pas. L'avion vole pendant environ une minute à la vitesse d'environ 200 kt (360 km/h) et à l'altitude radio sonde d'environ 200 pieds (65 mètres), mais il ne peut pas prendre ni altitude ni vitesse.*

*Le moteur 1 perd alors sa poussée, l'incidence et l'inclinaison de l'avion augmentent fortement. La poussée des moteurs 3 et 4 diminue rapidement. L'avion s'écrase sur un hôtel. Les 109 personnes à bord sont tuées, 4 personnes au sol sont également tuées et 6 autres personnes au sol sont blessées.*



*Avro Vulcan ⤴*





Cet accident, les recherches d'amélioration qui lui ont succédé et le prix du baril de pétrole mettent progressivement fin à la carrière du **Concorde**. Les vols commerciaux commencés avec British Airways et Air France en 1976 se terminent en 2003 (le 26 novembre) avec le vol de la « retraite ».

Pour lutter contre la concurrence américaine, les Européens créèrent **Airbus-Industries**, consortium qui regroupe la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Espagne et l'Italie.



*Airbus 319 ↗*



*Airbus 340 ↗*

A la fin du XX<sup>e</sup> siècle, c'est le constructeur le plus dynamique et le deuxième constructeur mondial.



Il a su comprendre les besoins des exploitants en produisant une série d'avions adaptée à chaque contrainte : de l'**Airbus 319** (biréacteur à faible capacité) jusqu'à l'**Airbus 340** (quadriréacteur capable d'effectuer la moitié du tour du monde sans escale).

↔ *Gamme Airbus du Beluga au 319 en passant par le 340* ↔

En 1972, on mit en service un moyen courrier : l'**A-300** suivi par l'**A-310** puis par l'**A-320** et enfin l'**A-340** (quadrimoteur à grand rayon d'action) sont tous des réussites commerciales.

L'**A 380** (deux ponts grande capacité) débute sa carrière commerciale en 2007 après quelques retards techniques.

La particularité de la gamme des avions Airbus est leur faible coût d'exploitation.

Ces avions sont à commandes de vol électriques ce qui diminue le poids par suppression des mécanismes complexes et par l'utilisation d'ordinateurs de vol.

*Airbus 380 ↔*

Ces avions à gestion informatisée et à faible coût d'exploitation représentent le type des avions de transport à réaction des décennies à venir.



Le centre de gravité de l'avion est reculé, ce qui diminue la traînée et réduit la consommation de carburant, qui est le poste le plus important dans l'exploitation d'un avion.

La réaction de Boeing ne se fait pas attendre mais cible pourtant un autre marché...

Le **Boeing 787**, ou **Dreamliner** est un futur avion de moyenne capacité dont la mise en service est prévue en 2010.

Cet appareil transportera entre 210 et 330 passagers et, selon Boeing, cet avion aurait un rendement supérieur de 20% à celui des avions actuels.

*Boeing 787 Dreamliner (projet 209 2010 !) ↔*





## LES AVIONS D'AFFAIRES ET DE TOURISME

L'aviation se développe aussi bien dans le secteur du loisir que dans celui de l'aviation d'affaire.

Citons quelques constructeurs d'avions à hélice : **Jodel**, **Scintex**, **René-Leduc**, **Morane-Saulnier** (Rallye), **Wassmer**, **Piper**, **Cessna**... les progrès sont permanents... jusqu'au parachute de sécurité du **Cirrus**.



*Jodel ↕*



*Cirrus en test de parachute ↕*

Le marché des avions à réaction (affaire) progresse lui aussi et les équipements deviennent luxueux. Citons par exemple : **Mystère-20**, **Falcon 2000**, **Cessna-Citation**...



↔  
*Falcon 2000*



*Cessna Citation* →

## LE TRAVAIL AÉRIEN

Il faut bien en parler car cela revient à se poser la question : en dehors de la guerre et des applications militaires, à quoi servent les avions et les hélicoptères ? Leurs utilisations sont multiples :

- le **transport de passagers** : c'est probablement l'essentiel,
- le **transport du courrier** et des **marchandises**,

*Aéropostale : Le Potez 25 de Guillaumet et Lefèvre redressé et bientôt réparé. ↔*





- les **secours et le sauvetage** : pour les accidents sur la route, en mer, en montagne, pendant les inondations, pour les urgences médicales nécessitant le transport de blessés ou de malades, pour la localisation et le recueil des personnes en difficulté,

*Un hélicoptère médicalisé ⇨*



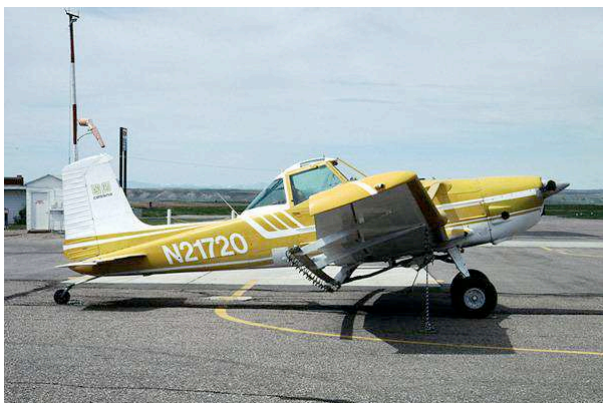
*⇨ Un EC 45 de Gendarmerie ⇩*

- la **police** : la surveillance du territoire, des routes et des frontières, la recherche des personnes disparues ou bien celles qui sont en fuite,
- la **photographie aérienne**, avec de multiples applications : la mise au point des cartes géographiques, les relevés de terrain, les études hydrologiques et archéologiques, la recherche du pétrole et des gisements miniers,
- la **météorologie**, malgré que cela relève de plus en plus des observations faites dans l'espace par les satellites,

- les **chantiers**, les travaux nécessitant le transport d'engins et de matériaux dans des endroits difficilement accessibles, la pose et la surveillance de lignes électriques, les plates-formes pétrolières,
- l'**agriculture** : les traitements, les ensemencements, la surveillance et l'exploitation des forêts, la **lutte contre les incendies** (les Canadair...),

*Canadair ⇨*

- la **publicité**, le remorquage d'enseignes et de banderoles,
- l'**instruction aérienne** et la **formation des pilotes**. C'est un peu le point de départ de tout car les avions ne peuvent voler que s'il y a des pilotes aux commandes.



*Sikorsky S-60 "grue" ⇨*

*⇨ Cessna 188 "épandage"*





# LA COMPETITION TECHNIQUE

La 2<sup>ème</sup> guerre mondiale a marqué les esprits et montré l'intérêt d'une suprématie technique. Les Etats Unis, l'Union Soviétique et dans un degré moindre l'Europe et Israël lancent leurs ingénieurs de recherche dans toutes les directions ! Différents conflits, de la guerre Viêt-Nam à la guerre du golfe, permettront de tester le matériel en situation réelle. Même si les productions européennes sont importantes et d'un excellent niveau les plus grandes innovations seront développées par les grandes puissances de la "Guerre froide".

## La puissance de feu.

La guerre du VietNam (1959-1975) met en scène des chasseurs (F4) et des bombardiers (B52) très performants...

Le **B52** (mis en services en 1955) sera engagé dans tous les conflits mondiaux (impliquant les USA).

Sur les 744 appareils produits 85 + 9 (réserve) étaient encore en service en 2006.



*B52 ↑ et ses munitions !!!!*

*⇔ F-4F Phantom*

L'appréciation des performances permettra aussi d'en commercialiser en Europe (le Phantom ci-dessus est aux couleurs allemandes).

Mis en service en 1960, le **F4 Phantom** est un chasseur embarqué. C'est l'un des avions militaires américains les plus importants du XX<sup>e</sup> siècle et **l'avion de combat occidental ayant été le plus produit depuis la Guerre de Corée** (5 195 exemplaires en 20 ans). Il est encore utilisée dans plusieurs armées (9 en 2005).

La puissance de feu augmente avec les **missiles de croisière**.

Historiquement, le premier missile de croisière est le **V1** que les allemands utilisent en 1944 .

Après la Seconde Guerre mondiale, les deux principaux acteurs de la Guerre froide (URSS et États-Unis) développèrent leurs propres programmes de missiles de croisière, certains capables d'emporter une charge nucléaire.

**Missiles de croisière** Le premier système américain, le missile **TM 61 Matador**, fut déployé à partir de 1954.

Les missiles de croisière peuvent être lancés depuis une infrastructure fixe au sol, d'un véhicule terrestre, d'un navire de guerre, d'un sous-marin ou d'un bombardier. Leur propulsion est assurée par un turboréacteur, un statoréacteur ou un moteur-fusée. Leur vitesse est généralement entre 800 km/h et 1000 km/h, même si les deux grandes puissances ont aussi développé des versions supersoniques.

Leur portée peut dépasser 3 000 km pour les plus gros. Une fois le missile tiré, il est généralement totalement autonome, il rejoint sa cible grâce à un système de guidage inertiel, topographique ou satellite.



*Un BGM-109 Tomahawk ↑*

## L'espionnage



Le **Lockheed U-2** est un avion espion volant à très haute altitude ((70 000 pieds, soit environ 21 000 mètres) pour échapper aux défenses aériennes classiques mais avec une vitesse relativement faible 820 km/h maximum.

La résolution des optiques des satellites rendront ces avions espions obsolètes.

*⇔ Lockheed U-2*

Le SR 71 Blackbird effectue des missions à 25000 m d'altitude et à Mach 2 tout en pouvant pousser jusqu'à Mach 3,5



Le **SR 71 Blackbird** conçu pour l'espionnage devait aussi échapper aux intercepteurs et à la défense antiaérienne... son atout principal était la vitesse et l'altitude.

Il décroche successivement différents records mondiaux :

- le 1er septembre 1974, de New York à Londres (5568 km) en 1h54m56,4s soit 2907 km/h de moyenne
- le 13 septembre 1974, de Londres à Los Angeles (8764 km) en 3h47m39s soit 2310 km/h de moyenne
- Le 27 juillet 1976, un SR-71 établit un **record simultané d'altitude et de vitesse** en atteignant 3528 km/h à 25.929 mètres

*Lockheed SR-71 Blackbird ⇨  
vole de 1968 à 1990 puis de 1995 à 1998*



## Les avions à géométrie variable.

Pour être performant dans tous les domaines du vol on va rechercher des solutions complexes : les ailes à géométrie variable.



*Mig 23 à géométrie variable*

*F 14 "Tomcat" à géométrie variable*



*⇨ Un photomontage du  
Bell X5*

Les coûts de développement sont énormes et beaucoup de prototypes performants (Le **Mirage G8** français détient le record d'Europe de vitesse avec Mach 2,234 à 12800 m) ne débouchent pas sur une production en série.

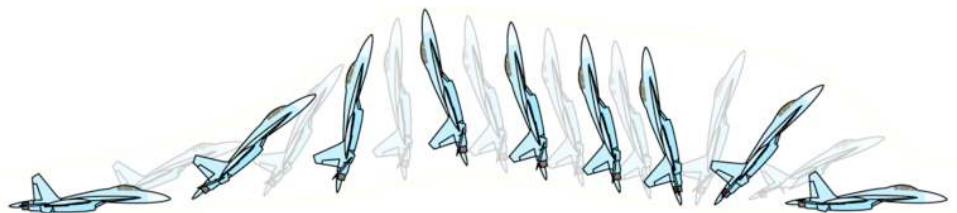


*Deux Mirages G8 expérimentaux: français en configuration comparées*

Citons encore ceux qui ont été produits en série en plus des **Mig 23** et **F14** déjà vus. Un bombardier : le **Rockwell B-1** Lancer toujours en service. Les General Dynamics EF-111A Raven et F-111 Aardvark. Un Européen : le **Panavia Tornado** et une production importante soviétique **MiG-27** Flogger, Soukhoï Su-17/20/22 Fitter, Soukhoï Su-24 Fencer, Tupolev Tu-22M Backfire, Tupolev Tu-160 Blackjack.

## La manœuvrabilité

La manœuvre dite du "Cobra" oblige l'adversaire (assaillant) à une dépassement "involontaire" afin de mieux se replacer en combat aérien.



Le "Cobra" ou "Pugachev Cobra" est une manœuvre de combat aérien, plus particulièrement en post-décrochage. Cette manœuvre est rendue possible grâce à une combinaison du contrôle du tangage, de stabilité, et d'efficacité des moteurs et des entrées d'air à angle d'attaque très élevé. Utile en combat aérien, le



"Pugachev Cobra" effectué rapidement permet des virages serrés et peut ainsi désarçonner l'adversaire, l'empêchant ainsi de verrouiller sa cible ou encore de permettre au pilote de se placer en position d'attaque. Le "Pugachev cobra" est considéré comme l'une des manœuvres les plus exigeantes et difficiles à effectuer durant les spectacles aériens à travers le monde. Le cobra fut nommé "Pugachev Cobra" après que le pilote d'essai de Sukhoï, Viktor Pugachev, ait été le premier à effectuer un cobra au salon aéronautique du Bourget en 1989.



*Boeing F18 Super Hornet...*

*Avec ses nouvelles entrées d'air rectangulaires qui le différencie de l'ancien F 18 Hornet*



*Mig 29*

Les avions capables d'effectuer cette manœuvre sont rares ! Ce sont souvent des versions modifiées. Les systèmes favorisant cette manoeuvrabilité extrême sont : les extensions de bords d'attaque (Apex), les plans canard, les grandes gouvernes et les tuyères vectorielles.



*Sukhoï Su 27*



*Saab Drakken*

Le club fermé des avions ayant réussi la manœuvre se réduit à la liste suivante : **Su 27 et Su 35, Mig 29, Saab Drakken, F18 Super Hornet...** Et bien sur le Dassault Rafale

### *La manoeuvrabilité... Jusqu'à l'instable flèche inversée.. puis à l'aile trapézoïdale*

On explore différents types de voilures. Après la géométrie variable pour être performant à haute ou basse vitesse on teste le double delta. C'est le cas du **Saab Drakken** déjà vu mais l'exploration se poursuit avec des avions expérimentaux comme le **F 16X**.

*F16 X (X pour eXpérimental)*

Les commandes de vols électriques et les ordinateurs embarqués permettent de contrôler des formes très instables mais présentant un fort potentiel manoeuvrant : la flèche inversée !

Le **Grumman X-29A** montra de bonnes qualités de manoeuvrabilité jusqu'à un angle de 45° en montée.



Mais cela nécessitait de constantes corrections (jusqu'à 40 par secondes) initiées par le contrôle de vol électronique. Les prototypes sont au musée depuis 1991 ! Malgré cela les soviétiques construisent le **Soukhoï Su-47** dont le premier vol a eu lieu en 1997. C'est un avion de chasse expérimental surnommé le **Berkut** (l'aigle doré). Le Su-47 a été conçu pour dépasser les performances des chasseurs à la pointe de la technologie actuelle tel que le **F-22 Raptor**.





*Sukhoï 47 ↕*



*Grumman X-29A ⇨*

De leur côté les américains sont partis sur d'autres voies mariant **manœuvrabilité** et **furtivité**. Les **ailes de forme trapézoïdale** ne conservent que la partie arrière de la flèche inversée. Les **Lockheed F-22 Raptor** et **Northrop YF-23 Black Widow II** sont construits et testés. Bilan ? Le F-22 sera produit en série alors que les deux YF-23 finiront au musée...



*⇨ Northrop YF-23  
Black Widow II*

*Lockheed F-22  
Raptor ⇨*



## La furtivité.

Les formes du **F-22** ont été conçues pour réduire au maximum sa signature radar qui, au final, est environ 100 fois inférieure à celle du **F-15** bien que les deux avions aient à peu près la même taille.

La furtivité radar est caractérisée par un chiffre : la surface équivalente radar (SER). C'est la valeur de la surface plane qui renverrait la même énergie que l'aéronef. En l'absence de traitement la SER d'un avion est de l'ordre de plusieurs dizaines de m<sup>2</sup> ; après traitement on obtient des valeurs de l'ordre du m<sup>2</sup> voire moins. Certains avions tels que le F-22 de l'USAF auraient des SER équivalentes à celles des oiseaux mais les chiffres réels sont évidemment tenus secrets par les constructeurs.



*Northrop B-2 Spirit ↕*



*⇨ Lockheed Martin F-117 Night Hawk*

### **Comment obtenir la furtivité ?**

- **Travail sur la géométrie.** Suppression des formes en dièdre qui concentrent l'énergie et remplacement par des formes arrondies (diffusion de l'énergie) ou par des formes planes (émission dans une direction privilégiée) ; leur but est de renvoyer les ondes radar dans d'autres directions que celles de l'émetteur.

- **Utilisation de matériaux absorbants** (Radar Absorbent Materials). L'énergie reçue est transformée sous une autre forme (chaleur), ce qui limite la puissance des ondes radar réfléchies.



Le F-22 est donc entièrement d'une peinture absorbant les ondes radar. De plus les surfaces de contrôles sont conçues par thermoformage pour éviter d'utiliser des rivets qui créeraient des aspérités, et ses antennes et détecteurs sont noyés dans le revêtement, même le canon est caché derrière une trappe amovible.

▪ **Réduction de la signature thermique** les sorties de gaz des tuyères sont invisibles du sol car placées sur le dessus des ailes. Ces gaz sont dilués avec de l'air froid pour diminuer au mieux la signature infra rouge.



Les premiers aéronefs développés pour étudier les concepts de furtivité furent le **Have Blue** précurseur du chasseur-bombardier **Lockheed Martin F-117 Night Hawk** (Premier vol en 1981 mise en service 1983 retiré en 2008) et le **Tacit Blue** précurseur du bombardier stratégique **Northrop B-2 Spirit** (Premier vol en 1989 mise en service 1997).

Tous les aéronefs à usage militaire sont maintenant conçus avec pour objectif l'obtention d'une signature radar et infrarouge la plus faible possible sans trop compromettre les qualités de vol de l'appareil.

⇨ **Eurocopter Tigre**

C'est donc aussi le cas de l'**Eurocopter Tigre** dont la signature infra rouge a été extrêmement réduite. (Léger, rapide (280 km/h) avec une très grande autonomie (800 km) cet hélicoptère est aussi très maniable et il peut réaliser un looping !)

## Le décollage vertical. (ADAV ou VTOL)

ADAV = Aéronef à décollage et atterrissage verticaux.

VTOL = Vertical Take Off and Landing aircraft.

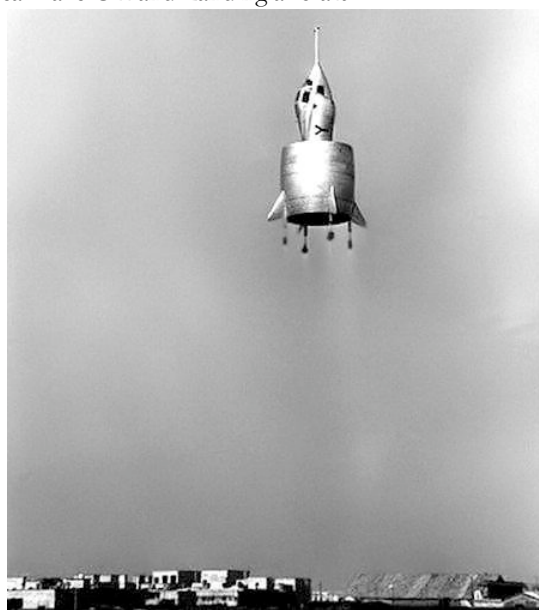


le **Convair XFY-1 Pogo** occupe une place de choix dans l'histoire de l'aviation puisqu'il fut (en 1954) le premier avion à réussir une double transition ce qui fait de lui tout simplement le **premier avion à décollage et atterrissage vertical techniquement réussi !**

⇨ **Convair XFY-1 Pogo**

**C-450 coléoptère** ⇨

En France (1958 à 59) la Snecma réalise le **C-450 coléoptère**.



**Lockheed XFV-1**



**Ryan X-13 Vertijet**



**Focke-Wulf Triebflügel**

Le **Lockheed XFV-1** et le **Ryan X-13 Vertijet** voleront alors que le très original concept **Focke-Wulf Triebflügel** restera à l'état de projet. Finalement on se rend compte d'un défaut majeur des ADAV : leur énorme consommation de carburant lors des phases de décollage et d'atterrissage. Les projets d'ADAV, à la mode dans les années 60 ne déboucheront que sur 2 mises en service effectives : le Yak-38 Forger et le Hawker Siddeley AV-8B Harrier.





Yak-38 ↗

- le chasseur embarqué soviétique **Yakovlev Yak-38 Forger**. Celui-ci dispose de moteurs de sustentation à l'avant et d'un moteur de propulsion avec déflexion de poussée à l'arrière

AV-8B Harrier ⇨

- l'avion d'attaque anglo-américain **Hawker Siddeley Harrier** (avec ses dérivés *Sea Harrier* et *AV-8B Harrier II*). Le Harrier dispose d'un seul réacteur fixe dont on se contente de faire varier l'orientation du flux (*système de déflexion de la poussée*).



En 1960 les français lancent un programme expérimental d'ADAV.

Le **Mirage III V** est équipé de deux motorisations : des (8 !) réacteurs de sustentation pour le décollage et l'atterrissage et un réacteur classique pour le vol normal.

Mirage III V ⇨

Il sera précédé d'un démonstrateur désigné **Balzac V**.

Deux prototypes seront réalisés et le Mirage III V (V pour vertical) atteindra Mach 2 ! Mais la production en série jugée coûteuse et complexe sera abandonnée.



Plus récent, le **Lockheed F-35B** est destiné à remplacer les Harrier à partir des années 2010. La formule retenue pour cet avion est cependant plus proche de celle du Yak 38 que de celle du Harrier, puisqu'il est équipé d'une soufflante de sustentation à l'avant et d'un réacteur de propulsion à tuyère orientable à l'arrière.



⇨ Lockheed F-35B ↗

Le prototype effectua son premier atterrissage vertical le 23 juin 2001.

Une autre solution consiste à utiliser des moteurs qui basculent de la verticale pour le décollage/atterrissage à l'horizontale pour le vol normal. (*Système désigné Tilt-rotor dans le cas d'un moteur à hélices et tilt-jet avec un moteur à réaction ou encore tilt-wing si c'est l'aile entière qui bascule*). Mais peu de projets ont réellement abouti. Après beaucoup de difficultés, 20 ans de travail et des interdictions de vol faisant suite à des accidents mortels, les premiers exemplaires de série du **Boeing V-22 Osprey** (avion de transport militaire, premier vol le 19 mars 1989) ont été livrés fin 2005.



⇨ Boeing V-22 Osprey ↗



## Le décollage et atterrissage court. (ADAC ou STOL)

**ADAC** = *Aéronef à décollage et atterrissage court*. **STOL** = *Short Take Off and Landing aircraft*.

Un Avion à Décollage et Atterrissage Court (ADAC) est un aéronef à voilure fixe capable d'utiliser des pistes de longueur très limitée, en général inférieures à **200 mètres**, aussi bien pour le décollage et que pour l'atterrissage.

Les ADAC n'incluent pas les hélicoptères, les ballons ou les dirigeables, qui ne sont pas des avions. Par contre un autogire rentre dans la catégorie des ADAC.

Pour réaliser un ADAC il faut disposer de caractéristiques aérodynamiques particulières améliorant la portance :

- Voilure de taille importante... éventuellement soufflée pour atteindre l'hypersustentation. Aile haute...
- Dispositifs hypersustentateurs tels que les volets et les becs.
- Bon rapport poids/puissance qui permet d'atteindre plus rapidement la vitesse nécessaire à la sustentation.

Au début des années 60 le **Bréguet 941** montre des capacités de décollage et d'atterrissage hors du commun. Une série de démonstrations spectaculaires ont prouvé que cet "avion-miracle" peut se poser partout, dans des clairières, sur l'héliport d'Issy-les-Moulineaux aux portes de Paris, dans une avenue, en centre-ville à Bruxelles, dans un champ en bordure de la zone industrielle de Turboméca, à Bordes... Sa carrière sans succès commercial se terminera en 1974.

Les Américains se sont énormément intéressés à cet appareil lors des ses présentations. Ils s'approprièrent sa technologie avant-gardiste à la suite d'accidents (initiés par des pilotes Américains) qui leur permettront d'étudier le Breguet 941 immobilisé pour réparation dans leurs ateliers !

*Bréguet 941 en finale ⇨*



La plupart des ADAC sont de petits avions, citons :



*↑ Piper J-3 Cub ↑*



*↑ Fieseler Fi 156 "Storch" ↑*

Le **Fieseler Fi 156 "Storch"** est un avion militaire de reconnaissance allemand conçu en 1935. Sa vitesse de décrochage très basse (*46 km/h*) lui donne des performances STOL convaincantes (*décollage 70 m atterrissage 25 m !*). Ce type d'appareil servit à l'évasion de l'ex-dictateur italien Mussolini d'un minuscule plateau lors de l'opération Eiche. On le voit aussi à la fin du film "La grande vadrouille". Citons aussi le **Piper Cub** (ou **J-3**) dont la conception remonte aux années 30. Cet engin était capable de décoller sur 130 m et de se poser sur 115 m.

On revoit ces avions dans les concours de distance (Landing & Take Off) régulièrement organisés aux USA.

Dans les utilitaires performants on trouve des appareils comme le **De Havilland Canada DHC-2 Beaver** fréquemment en version hydravion ou le **Pilatus PC 6 Porter** utilisé par des parachutistes ou dans des conditions extrêmes (Himalaya).



*↑ De Havilland Canada DHC-2 Beaver ↑*



*↑ Pilatus PC 6 Porter ↑*



## Le transport "tout terrain" de charges lourdes !

Les avions militaires de transport sont étudiés pour des décollages et atterrissages très courts sur terrains sommaires (herbe, latérite). Mais les masses et les volumes demandés par les militaires ne permettent plus le respect des critères "ADAC".



*Lockheed C-130 Hercules* ⤴



*⤴ C-160 Transall*

Le **C-160 Transall**, par exemple, décolle en 1000 m et se pose très court en 600m, il peut pratiquer approches dites "grande pente" (10-15°) avec des taux impressionnants (4000 ft/mn en opération à Sarajevo). Son concurrent américain est le **Hercules C-130**.



*L'Antonov An-70* ⤴



*⤴ C-141 Starlifter*

Citons encore le très performant **C-141 Starlifter** et, coté URSS, l'**Antonov An-70**.

	C-160 Transall	Hercules C-130	Antonov An-70	Airbus A400M	C-141 Starlifter	Lockheed C-5 Galaxy	Antonov An-225
Envergure	40 m	40 m	41 m	42 m	49 m	68 m	84 m
Longueur	32 m	30 m	44 m	45 m	51 m	75 m	88 m
Hauteur	12 m	12 m	16 m	15 m	12 m	20 m	18 m
Poids à vide	30 tonnes	33 tonnes	73 tonnes	66 tonnes	65 tonnes	153 tonnes	350 tonnes
Poids maxi	54 tonnes	79 tonnes	133 tonnes	136 tonnes	147 tonnes	380 tonnes	640 tonnes
Vitesse ascensionnelle	400 m/min	580 m/min			792 m/min	549 m/min	



*Lockheed C-5A Galaxy* ⤴



*⤴ Antonov An-225*

On double les masses lorsqu'on passe au **Lockheed C-5A Galaxy**, on les multiplie par quatre avec l'**Antonov An-225**.



Un **Lockheed C-5A Galaxy** décolle sur une longueur maximum de 2 500 m au décollage et de 1 200 m à l'atterrissage.



*Lockheed C-130 Hercules avec fusées d'appoint au décollage*



*Airbus A400M*

L'**Airbus A400M** est un transport militaire polyvalent destiné à remplacer les vieillissants C-130 Hercules et C-160 Transall. Dans certaines situations délicates, des fusées d'appoint peuvent grandement améliorer les performances lors d'un décollage ou pour la montée initiale. *Rocket Assisted Take Off (RATO)*

### Les très hautes vitesses

Toujours plus vite... Quel que soit l'aéronef aller plus vite a toujours constitué un challenge motivant pour les ingénieurs.

On se demande parfois à quoi ça sert lorsque on découvre ce qu'est vraiment un **X-43A Scramjet** !

L'objet : 1,5 m d'envergure, 3,65 m de long et 60 cm de haut pèse 1,2 tonnes à vide. Il est fixé sur le nez d'une fusée Pégasus capable de le propulser à une vitesse supérieure à Mach 6. Cette fusée est elle-même fixée sous l'aile droite d'un bombardier géant octoréacteur B52 modifié pour l'expérience.

*X43 fixé au bout d'une fusée Pégasus portée par un B 52* ⇒

Déroulement du vol :

- Le **B 52** largue la **fusée Pégasus** et le X43 à 13 000 m.
- La fusée propulse le X-43A jusqu'à une altitude de 29 000 mètres et lui confère une vitesse supérieure à Mach 7.
- Le **statoréacteur** de l'X-43A s'allume alors pendant 10 secondes et porte la vitesse à Mach 10.
- L'avion ensuite a effectué une série de manœuvres aérodynamiques alors qu'il était en vol plané contrôlé pendant environ six minutes avant de plonger dans l'océan Pacifique.



Le **X-43A Scramjet** a donc battu, le 17 novembre 2004, le record mondial de vitesse pour le premier avion propulsé avec un statoréacteur atmosphérique (puisant l'oxygène dans l'atmosphère) en atteignant brièvement 11 000 km/h (Mach 10), soit près de cinq fois la vitesse du Concorde.

Le dernier de la flotte des 3 "avions" X-43A (premier détruit en vol, second avec un record à Mach 7) a été modifié afin de résister aux températures beaucoup plus élevées à mach 10 provenant du frottement de l'air.

Le nez et le bord d'attaque des ailes pourront en effet atteindre 2 000° Celsius, soit près de 900° de plus que lors du précédent vol à mach 7



*X-43 A au bout de sa fusée d'accélération* ⤴

*X-15 sous un B-52 avant larguage* ⇒





Le **North American X-15** est, un avion fusée expérimental.

De 1960 à 1968, les 3 exemplaires construits ont effectué environ 200 vols d'essais pour le compte de la NASA, pulvérisant tous les records de vitesse et d'altitude détenus par un aéronef piloté à aile fixe.



Atterrissage du X-15 sur des skis ⤴



North American X-15 en vol ⤴

Le **X-15** a établi des records définitifs de **7 272,68 km/h** pour la vitesse (le 3 octobre 1967) et de **107 960 mètres** pour l'altitude (23 août 1963).

Si on se restreint aux avions "autonomes" l'avion à réaction le plus rapide reste le **Lockheed SR-71 Blackbird**. Composé de titane, il supportait des températures de plus de 500 degrés causés par ses vols à grande vitesse.

Le 27 juillet 1976, un SR-71 établit un record simultané d'altitude et de vitesse en atteignant **3528 km/h** à 25.929 mètres.

Lockheed SR-71 Blackbird. ⇒



Pour les avions pouvant emporter des passagers c'est évidemment le **Concorde** qui est à l'honneur avec un Record d'altitude à avec 68000 pieds (Concorde 001) et un Record de vitesse établi à Mach 2,23 soit environ **2 754 km/h** avec Concorde 101.

Premier vol le 2 mars 1969, vol commerciaux le 21 janvier 1976 ... retiré du service le 26 novembre 2003

⇐ **Concorde**

On rappelle que la vitesse commerciale du Concorde est déjà très élevée : **2 170 km.h<sup>-1</sup>**.

A cette vitesse, malgré le froid qui règne à l'extérieur, environ: -57°C, la peau de l'avion va atteindre une température de: +127°C, ce qui va provoquer un allongement de Concorde d'environ 23 cm..

Un avion de chasse à Mach 3,27 (maxi actuel) supporterait une température de: +350°C.

Pour les avions de chasse il ne reste plus que les **Mig 25 FoxBat** et **Mig 31 Foxhound** à pouvoir évoluer à Mach 3. Le 5 octobre 1967, un Mig 25 (baptisé E-266 pour l'occasion) établit un record à 2 981,5 km/h de moyenne sur un circuit de 500 km.



Mig 25 FoxBat ⤴ et son cousin le Mig 31 Foxhound ⇔

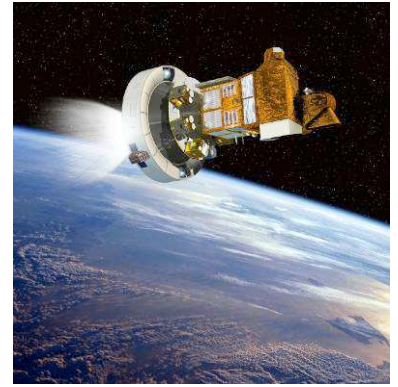




Pour compléter le tableau des records il nous faut ajouter quelques engins spatiaux.



*Capsule Apollo 10 ↕*



*Helios 2 ↕*

*↔ Discovery à l'atterrissage*

La **navette spatiale** "évolue" à 28 800 km.h<sup>-1</sup> dans l'orbite terrestre basse.

La mission **Apollo 10** (Terre Lune mais sans se poser) détient le record de vitesse le plus élevé pour un véhicule habité avec 39 895 km.h<sup>-1</sup>. Mais avec une vitesse de 252 792 km.h<sup>-1</sup>, la sonde solaire **Helios 2** est le plus rapide objet créé par l'homme

### *Encore des records !*



*F-8F Bearcat ↕*

Il aura fallu attendre le 16 août 1969 pour qu'un **F-8F Bearcat** modifié batte le très vieux record de vitesse pour un avion à moteur à piston, détenu depuis 1939 par le **Me-209** allemand, en le portant à 776,449 Km/h. Ce record sera porté à 850, 263 Km/h en 1989 avec le même type d'appareil

Cet avion est arrivé un peu tard pour la deuxième guerre mondiale fut construit jusqu'en 1949 et servit en Corée en 1950 dans l'US Navy.

La France l'utilisa également en Indochine. Le F-8F Bearcat est le dernier chasseur à piston de l'US Navy.

L'écologie remet le dirigeable au goût du jour.

Le 27 octobre 2004, un **Zeppelin NT** aux commandes duquel se trouvait le milliardaire américain **Steve Fossett** a battu le record mondial de vitesse pour un ballon dirigeable, en volant à une vitesse de 111,8 km/h.

*Zeppelin NT ↔*



Le record de vitesse pour un hélicoptère est de 372 km/h avec un **"Dauphin"** de la société Aérospatiale (19 novembre 1991).



*Hélicoptère Dauphin ↕*



*↕ Hélicoptère Lama*

Le record d'altitude est détenu par un **Lama** de la société Aérospatiale avec 10 856 mètres (19 juin 1972).



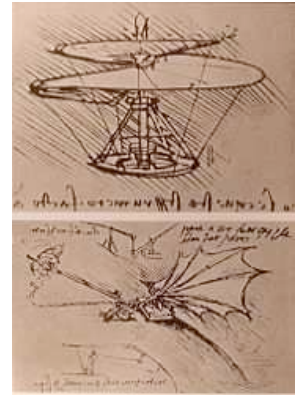
# LES HÉLICOPTÈRES

L'hélicoptère est un aéronef dans lequel la sustentation et les déplacements sont assurés par une ou plusieurs voilures tournantes dites "rotors" (on appelle "voilure" l'ensemble de la surface portante d'un avion).

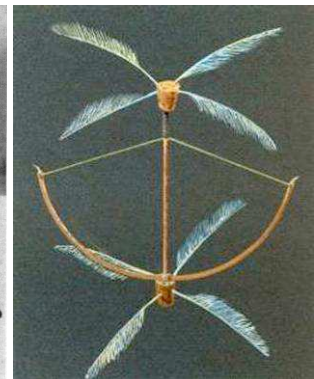
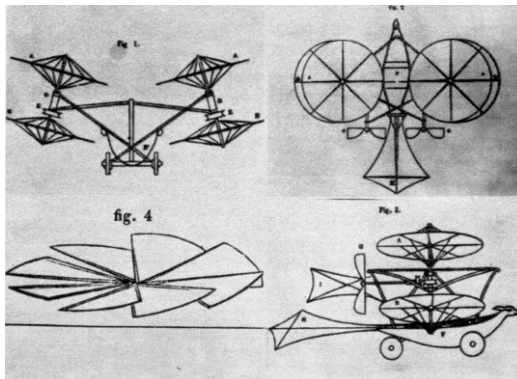
Ce sont les **Chinois** qui ont inventé un jouet, dit "**toupie volante**" qui s'élevait en tournant rapidement. Plus près de nous, **Léonard de Vinci** au début du **XVI<sup>e</sup> siècle**, fut le premier à concevoir un engin susceptible de soulever un être humain. Il fit des desseins représentant un appareil à rotor hélicoïdal et il procéda à des expériences avec des maquettes de sa conception. Mais il comptait sur l'énergie musculaire pour faire tourner le rotor, ce qui n'aurait jamais suffi.

De la fin du **XVIII<sup>e</sup> siècle** au début du **XX<sup>e</sup> siècle**, de nombreux expérimentateurs et des théoriciens se penchèrent sur l'hélicoptère.

Il y eut les études et les réalisations de **George Cayley** en Angleterre (1796) et de **Enrico Forlanini** en Italie (1877).



*Dessins de Léonard de Vinci*



*Quelques dessins ou réalisations de George Cayley i ⚡*

Les français se sont montrés particulièrement fertiles en ce domaine, entre autres **Félix Nadar** et le colonel **Charles Renard**.

Au début du **XX<sup>e</sup> siècle** on remarque le français **Paul Cornu** (qui réalisa le premier décollage vertical en 1907), **Maurice Léger** et **Louis Breguet**, le Hongrois **von Karman**, **Ellehammer** au Danemark et **Igor Sikorsky** en Russie.



*Paul Cornu en 1907 ⚡*

Dans l'entre-deux guerres, on citera **Émile Berliner** et son fils Henry aux États-Unis. **George De Bothezat**, originaire de Russie et son collaborateur Ivan Jérôme réalisèrent un appareil à quatre rotors pour l'US Air-Force. D'autres encore s'attaquèrent aux nombreux problèmes du vol vertical.

C'est l'invention en 1922 du **rotor à pales articulées**, due à l'Espagnol **Juan de la Cierva**, qui allait permettre la réalisation d'**autogyres** d'abord puis des hélicoptères fiables, mettant également à profit l'allègement des structures et des moteurs.



L'hélicoptère des **Berliner** fut probablement le **premier à effectuer en 1924 un vol contrôlé** en assurant sa sustentation par des rotors motorisés : la distance franchie n'était que de 90 mètres environ, à une altitude de 5 mètres, mais l'appareil montra sa maniabilité.

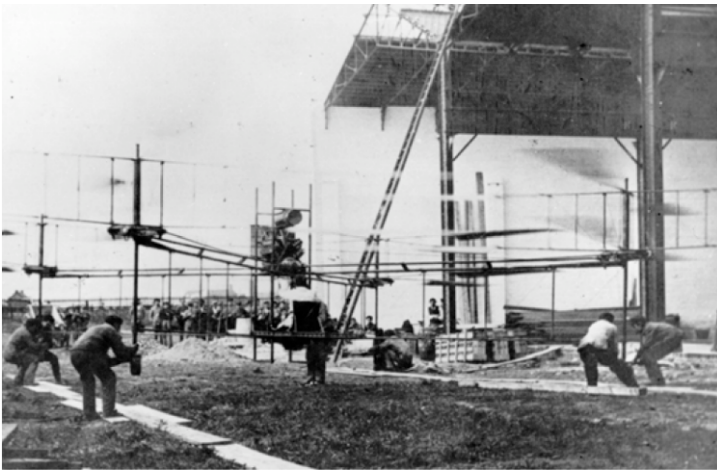
⚡ *Cernia*

*Berliner* ⚡



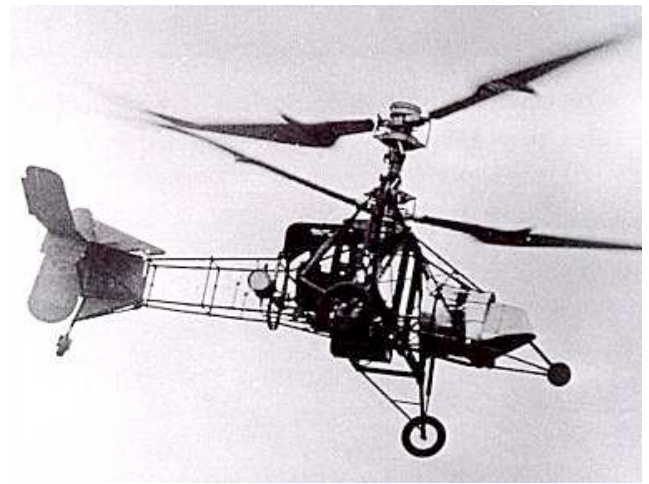
Le premier hélicoptère digne de ce nom fut en 1926 l'appareil expérimental de **Louis Breguet** et **René Dorant**, le "Giroplane-Laboratoire", à rotors coaxiaux, qui tint l'air 1 h 20, parcourut 44 km en circuit fermé et atteignit 100 km/h.





↑ Breguet en 1924

Malgré cet appareil très réussi, l'hélicoptère restera un appareil expérimental jusqu'en 1940.



↑ Breguet "Giroplane-Laboratoire" en 1926

La même année, l'ingénieur allemand **Focke** mettait au point un appareil à rotors transversaux qui allait pulvériser tous les records, le "**Focke-61**".

Focke en 1924 ⇨



Mais le véritable père de l'hélicoptère paraît être **Igor Sikorsky**.

Né en Russie, il y mit au point plusieurs modèles d'avion et il y construisit le premier quadrimoteur. Il quitta la Russie au moment de la Révolution d'Octobre et, après un bref séjour en France, il partit aux États-Unis où il poursuivit les recherches aéronautiques, surtout pour les hydravions. Devenu citoyen américain, il s'intéressa tout particulièrement aux hélicoptères et en 1939 il fit voler le premier appareil monorotor fiable, le **VS-300**.

Il pilotait lui-même et il faisait lui-même les essais de ses prototypes.

Sikorsky VS-300 ⇨



Un autre de ses prototypes, le **XR4**, effectua en 1942 le premier trajet longue distance, depuis Stratford dans le Connecticut jusqu'à Dayton dans l'Ohio, soit environ 1.225 km.

Il allait donner naissance aux R-4, opérationnels dans l'US Air-Force dès la fin de la Seconde Guerre mondiale et qui ouvraient l'ère industrielle de l'hélicoptère.

⇨ Sikorsky XR4 Bell 47 ↵



La grande difficulté était la mise au point du rotor qui est une sorte d'hélice de grand diamètre, qui tourne à peu près horizontalement.

Sa réalisation technique est très complexe et c'est la raison pour laquelle il fallut attendre une trentaine d'années pour bien la maîtriser.

Sur les modèles les plus courants, il y a un rotor principal dont les pales sont à pas variable, qui assure la sustentation et les déplacements et un rotor auxiliaire (*ou rotor anticouple ou rotor de queue*) qui compense le couple d'entraînement du rotor principal, qui évite l'autorotation et qui permet d'orienter et de diriger l'appareil.



© Frédéric ROLLAND www.Airservice.org

Quelques hélicoptères possèdent des moignons d'aile et un système de propulsion assurant une poussée horizontale, prenant la relève du rotor de sustentation et du rotor de queue.

Les allemands, de leur côté, avaient étudié et perfectionné l'hélicoptère, à la veille de la deuxième guerre mondiale. C'est aux U.S.A. que l'hélicoptère s'est imposé en premier lieu, grâce à des constructeurs tels que **Sikorsky** et **Bell** (avec le magnifique **Bell 47** et sa bulle panoramique), pour ne citer que les plus célèbres.



Bell 47 ⇨



photo by L. Martini

En 1954, le constructeur français Aérospatiale fut le premier à monter sur une **Alouette-2** un moteur à turbine (turbomoteur Astazou), ce qui lui permit de battre le record mondial d'altitude.

Dès la fin de la guerre, l'hélicoptère connut un grand développement, avec la mise au point de systèmes de stabilisation et l'augmentation des puissances et des performances.

⇨ Alouette-2

L'hélicoptère allait faire ses preuves pendant la guerre de Corée, puis en Indochine et pendant la guerre d'Algérie.

Quelque 2.000 hélicoptères furent utilisés par les forces américaines dans la guerre du Viêt-Nam pour l'observation, pour l'acheminement des hommes et du matériel et pour l'évacuation des blessés.

Dans les années 1960, l'utilisation du turbomoteur se généralisa, réduisant les vibrations et la consommation, ce qui favorisa la diffusion de ce type d'appareil. D'autres perfectionnements ont porté sur les structures (alliages légers, pales en fibre de verre), sur l'aérodynamique, sur les têtes de rotor (articulations semi-rigides à élastomères), ainsi que sur les équipements (électroniques en particulier). En 1967, deux hélicoptères **Sikorsky HH-3** ont effectué la première traversée transatlantique, de New York à Paris, avec ravitaillement en vol.

*Sikorsky HH-3 (longue perche de ravitaillement)* ⇨







Osprey MV-22 ↗

L'hélicoptère est un moyen de transport très souple d'utilisation car il s'affranchit de toutes les infrastructures nécessaires aux avions.

Rapide et confortable sur de courtes distances. Il connaît une vogue croissante qui augmente sans cesse grâce à l'apparition de machines à faible coût d'exploitation.

Il est très utile dans les cas où l'avion ne peut ni décoller ni atterrir (absence d'infrastructure au sol ou nécessité d'une position stationnaire). Ses limites : il, ne peut transporter qu'un faible nombre de passagers et, dans la plupart des cas, il est sans grand intérêt pour les distances supérieures à 400 km.

Sa vitesse limitée débouche sur des recherches d'appareils hybrides tels que le **Osprey** à rotors basculants en bout d'aile.

## Les records

### **Les records de taille et de charge transportées.**

Le **plus gros hélicoptère** jamais construit au monde est à ce jour le **Mil Mi-12** de la société russe Mil.

(Masse maxi avec charge : 105 tonnes dont 40 t de charge utile !!!)

Ses deux rotors contrarotatifs sont disposés à l'extrémité de poutres latérales, ce qui permet de faire l'économie d'un rotor de queue.

Sa motorisation (deux fois deux moteurs à turbine) a été reprise du Mil Mi-6, qui avec un seul rotor de ce type était déjà l'un des plus gros hélicoptères de transport au monde.



Mil Mi-6 ⇒  
premier vol le 10 juillet 1968.

Mil Mi-12 ↘

Le Mi-12 a permis de battre plusieurs **records**.

- Le 22 février 1969, le Mi-12 emporta une charge record de **31 030 kg** à 2951 m d'altitude.
- Le 6 août 1969, **44 205 kg** à 2 255 m.

D'un point de vue théorique et pratique, le Mi-12 était en fait capable de transporter des charges beaucoup plus lourdes à faible altitude du simple fait de la plus forte densité de l'air. Un décollage roulé sur piste permettait en outre de profiter de la portance créée par les ailettes. De tels essais ont eu lieu de toute évidence. On ne sait cependant rien sur les valeurs limites obtenues.... Ni sur le nombre de prototypes ( 2 ???)



Pour ce qui est du titre de "plus petit hélicoptère du monde" on a le choix entre le CABRI G2 qui est un véritable hélicoptère (Biplace, 425 kg à vide, maxi 700 kg, carburant 170 litres, Vitesse maxi 100 kts, Autonomie 450 nm)  
↔ CABRI G2

BDH-4 ⇒

et le BDH-4 ou GEN H4 (Environ 75 kg, longueur de 3,96 mètres (rotor compris), altitude 150 m, autonomie de 30 minutes, vitesse maximale est de 90 km/heure).





### Les records de distance.

Le 6 avril 1966, un **Hughes YOH-6A** relie Culver City, Californie à Ormond Beach en Floride soit **3561,55 km** en 15 h 8'.



Hughes YOH-6A

Le 31 mai 1967 un **Sikorsky S-61R** parcourt **6870 km** sur le trajet New York - Paris en 30 h 46' min après 9 ravitaillements en vol.



Sikorsky S-61R –

(Notez la perche de ravitaillement qui s'allonge sous le rotor)

### Les records d'altitude.

En juin 1972 Jean Boulet, a mené son **SA 315 B Lama** (dérivé de l'**Alouette II**) à l'altitude de **12 442 m** au-dessus d'Istres.



SA 315 B Lama

En mai 2005, un hélicoptère monoturbiné **Ecureuil AS350 B3** s'est **posé à 8.850 mètres** sur le sommet de l'Everest (Népal), pulvérisant ainsi le record du monde de posé et de décollage en altitude. Ce record ne pourra jamais être battu, l'Everest étant le plus haut sommet du monde !



L'Ecureuil AS350 B3 du record

### Record de vitesse.

Le record de vitesse en hélicoptère datait de 1986 et détenu par le **Westland Lynx** Britannique " G-LYNX" avec **400,87 Km/h**. (Plus de 200 nœuds)



Le Westland Lynx du record

Le record est tombé le 15 septembre 2010 avec **463 Km/h** par une machine expérimentale américaine de nouvelle génération, le **Sikorsky X2**.

Cette machine était en concurrence l'hélicoptère hybride **X3** d'**Eurocopter**. Le 16 mai 2011 ce dernier dépasse son objectif de vitesse en franchissant le cap des **430 km/h** (232 nœuds).



Sikorsky X2 . Le record n'a pas été enregistré car il a eu lieu lors d'un vol d'essai de l'aéronef et non lors d'une homologation officielle.



**Eurocopter X3**. Cet hélicoptère est un gyrodyne puisque les mouvements verticaux sont assurés par un rotor entraîné par un moteur, comme un hélicoptère, et la traction obtenue par plusieurs autres moteurs, comme un avion.

Le **Sikorsky X2** a-t-il gagné la compétition... Pas facile de répondre avant homologation du record.

En outre, le **X3 d'Eurocopter**, réalisé à partir de la banque d'organe maison est réalisable en série ce qui permettrait de toucher une clientèle d'affaire pressée et riche. Il perdra sûrement la bataille de la vitesse en se consolant avec celle de la commercialisation.



# Les avions expérimentaux... très spéciaux.

## La recherche sur des propulsions sans pétrole...

Peut-on voler sans utiliser de pétrole ?

Cette question cruciale du monde moderne avant le tarissement des sources d'énergie fossile nécessite une réponse complexe.

La réponse est évidemment OUI puisque plusieurs démonstrateurs ont déjà volé (sans oublier les planeurs ou les ballons !) ... mais il faut aussi connaître l'objectif du vol et là ça se corse !

Si on s'intéresse aux performances (charge transportée, vitesse de déplacement ou autre...) le moteur d'avion utilisant des produits pétroliers (turbomachine ou moteur à explosion) a encore de beaux jours devant lui compte tenu de son rapport poids puissance (moteur PLUS réserve d'énergie embarquée). Un A380 "électrique" est actuellement impossible à imaginer !

Faisons donc faire le point sur les différentes recherches en cours...

On citera

- l'avion électrique produisant son énergie à partir du rayonnement Solaire (Panneaux photovoltaïques)
- L'avion à hydrogène (carburant de substitution)
- l'avion "vélo" mu par l'énergie musculaire
- l'avion électrique transportant son énergie (Batteries ou centrale... nucléaire !)
- l'avion utilisant l'effet de sol

## L'avion solaire

Les premiers pas de l'aviation solaire s'appuient sur des prototypes sans pilotes. Dérivé du modélisme (Radio Queen 1957) on construit des modèles imposants tels Sunrise I et II en 1974/75, puis Solaris (1976). Solar solitude (1996) et Solar Excel (1990/99) décrochent des records dans les années 90. L'idée c'est maintenant de passer au vol Solaire "habité".

Solar One (1978) et Solar Riser (1979) volent quelques dizaine de mètres à faible altitude... Puis, après les exploits du Gossamer Albatross (force musculaire), MacCready réalise une version modifiée Solaire habitée renommée Gossamer Penguin.

Le **18 mai 1980**, le **Gossamer Penguin**, avec à son bord le fils de MacCready, Marshall, âgé de 13 ans, accomplit ce qui est considéré comme **le premier vol solaire habité**.

*Gossamer Penguin* ⇨



Ce résultat encourageant permet la construction d'un nouvel avion destiné à la **traversée de la manche**.

Le **Solar Challenger**, 14.2 m d'envergure couvert de cellules solaires produisant 2500 W, relie Pontoise-Cormeilles près de Paris à la base RAF de Manston à côté de Londres en 5 heures 23 minutes, couvrant 262.3 km, avec l'énergie solaire pour seule source et aucun stockage.



*Solar Challenger* ⇨



*Sunseeker* ⇨

En 1989, Eric Raymond réalise **Sunseeker**, un planeur solaire, qui, durant le mois d'août 1990, traversa les USA en 21 vols solaires totalisant 121 heures dans les airs.





*Pathfinder Plus* ⤴



*Helios* ⇌

Après les planeurs solaires le nouveau challenge s'appelle **HALE** (High Altitude Long Endurance). Le but de ces plate formes volant éternellement à haute altitude est de remplacer certaines missions des satellites (imagerie, relais etc). Le gouvernement américain finance Halsol qui valide l'aérodynamique puis la NASA lance une série de prototypes : **Pathfinder** place le record d'altitude à 21 802 m en 1995 . Les technologies évoluent **Pathfinder Plus** (1998), les records aussi **Centurion** (24 400 m en 1999). Les objectifs de la **NASA** étaient de faire voler en continu (plus de 24 h) à plus de 15 000 m (idéalement à 30 000 m). En 2001, **Helios** atteignit son premier but près de Hawaï avec un **record du monde d'altitude de 29 524 m** (non-officiel). Malheureusement, une défaillance structurelle, le précipite dans l'océan pacifique le 26 Juin 2003.



*Helios plongeant dans le pacifique en 2003* ⤴



*Zephyr* ⤴

Il faut aussi parler de **Zephyr** (sans pilote), qui vient de battre le record de durée de vol pour un avion solaire totalement autonome avec un vol de **54 heures** (non homologué). D'une envergure de 18 m et d'un poids de 30 kg, Zephyr est développé par la compagnie britannique QinetiQ, possède une batterie au lithium-soufre rechargée pendant le jour par des panneaux solaires placées sur les ailes. Principalement construit en fibre de carbone, l'appareil peut atteindre une altitude de 18 000 mètres.



*SoLong* ⤴



⤴ *Le Solar Impulse de Picard comparé à un A 340* ⤴

Zéphyr n'est pas le premier avion de ce genre à faire de longs vols il avait été précédé par **SoLong** en 2005 qui avait volé durant 48 heures (mais il avait des périodes de plané).... Et bien sur la série NASA (**Helios, Pathfinder** etc ...). En 2010, le célèbre pilote de ballon Bertrand Piccard a l'intention de lancer un avion piloté nommé **Solar Impulse** (site officiel). Cet avion innovant devra voler autour du globe. L'avion devra avoir l'envergure gigantesque de 80 mètres, soit davantage que l'Airbus A380 ! Comme cet avion ne sera piloté que par une seule personne, il devra faire de nombreuses escales. On pense donc en réalité à la somme de 5 vols de 4-5 jours chacun.

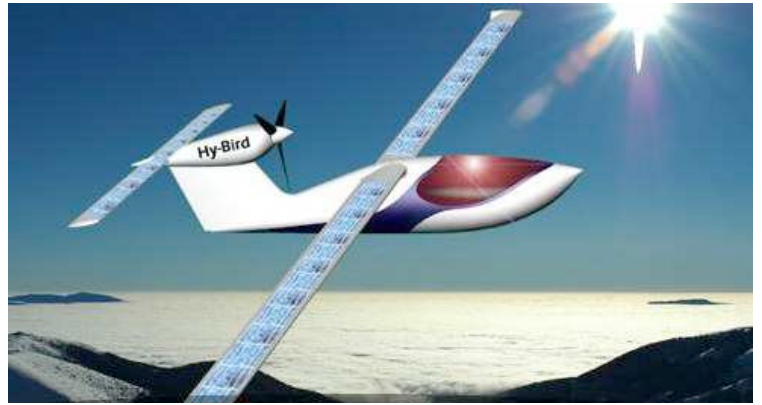
## L'avion hybride solaire et hydrogène (projet)

La société savoyarde **Lisa Airplanes** va réaliser un hybride Hydrogène pile à combustible/cellules photovoltaïques. Le projet **Hy-Bird**, bien avancé car dérivé d'un avion existant **l'Akoya**, espère effectuer un tour du monde (avec escales) avant le projet de Picard (Solar Impulse).

*Hy-bird* ⇒

L'objectif est ici de commercialiser le résultat de ces recherches pour l'aviation de loisir.

*Akoya* ⇒



## L'avion à hydrogène

L'avionneur américain **Boeing**, concurrent direct d'Airbus, a annoncé avoir réussi à faire voler, début 2008, à plusieurs reprises un avion utilisant de l'hydrogène. L'appareil et son pilote auraient réalisé plusieurs essais depuis le début de l'année, volant pendant 20 minutes grâce à une pile à combustible et atteignant la vitesse de croisière de 100 km/h à 1000 mètres d'altitude.

*Boeing à hydrogène* ⇒

Au décollage, le biplace a cependant bénéficié d'un système de batterie hybride – moitié lithium, moitié pile à combustible – alimentant un moteur classique et une hélice.

L'hydrogène ne pouvant, pour l'instant, servir de "*source d'énergie primaire*" pour les gros avions



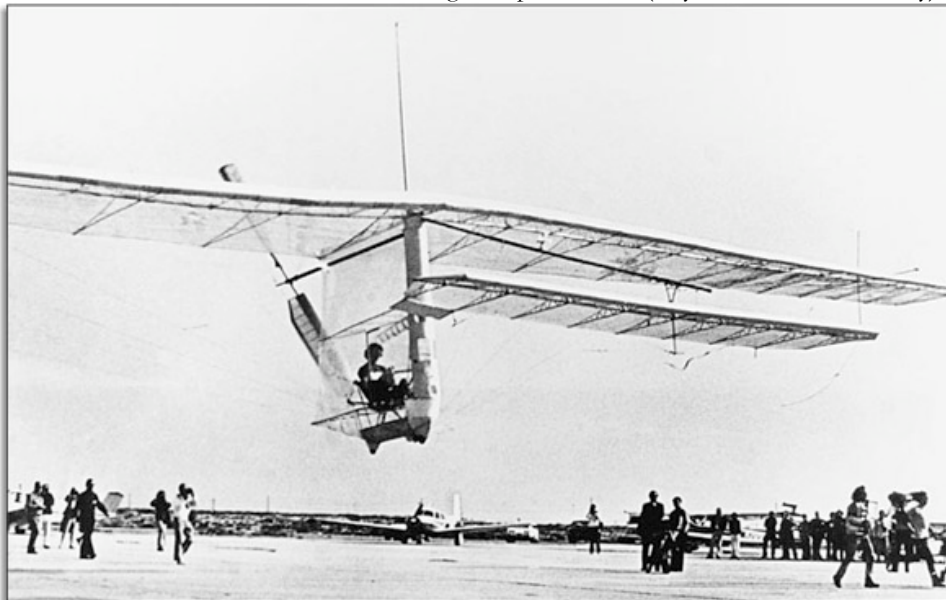
Depuis les années 1970, l'hydrogène, bien qu'éclipsé par le pétrole et le nucléaire, a suscité l'intérêt des scientifiques. Il revient à la mode à mesure que les états et les industriels se confrontent au réchauffement climatique. Son utilisation rencontre toutefois des obstacles importants, de production, de stockage et de rentabilité économique.

Côté européen, la pile à combustible (qui fonctionne à l'hydrogène) a également vocation à se développer.

Preuve en est le partenariat scientifique public-privé d'un milliard d'euros sur 6 ans approuvé par les 27 états-membres pour soutenir la filière. L'idée est, cette fois, de réduire la pollution des transports terrestres.

## Le vol musculaire...

Le **Gossamer Condor** est le premier avion à énergie musculaire qui a été capable de remporter le Prix Kremer en 1977. Ce défi offrait 50 000 livres (86 000 USD) à la première équipe capable de faire voler un avion à énergie musculaire sur un parcours de 1.6 km en forme de huit. Les premières tentatives d'avions à énergie musculaire qui ont suivi avaient conduit à des engins bien profilés mais trop lourds ou trop rapides, demandant trop de puissance au pilote. Au cours de l'été 1976, Paul MacCready (américain) et sa société AeroVironment ont relevé le défi organisé par la RAeS (Royal Aeronautical Society).



*Le Gossamer Condor a gagné le prix Kremer le 23 août 1977.*





Les premiers essais officiels ne réussissent pas : le 6 août, l'avion se crashe après une avarie du système de commande; le 20 août l'avion fait le parcours mais n'atteint pas l'altitude imposée par le règlement du Prix Kremer (3 mètres). Même chose le 22 août, toujours à cause du vent. Le 23 août 1977, Bryan Allen parcourt enfin le circuit imposé en 7 minutes 25 secondes, à une vitesse moyenne de 17 km/h. Il aura fallu non pas un mois et demi comme prévu initialement de façon plutôt optimiste, mais une année de réflexion, d'essais, de crashes, de réparations et de profondes modifications (au moins une douzaine) pour réussir à voler assez longtemps et à contrôler la trajectoire. La principale difficulté étant de réaliser un virage lorsque les effets induits prennent le pas sur la commande de vol.

Le **Gossamer Albatross** est l'un des deux seuls engins volants mus par la force musculaire à avoir effectué un vol prolongé. A son bord, Bryan Allen franchit la Manche le 12 juin 1979 en 2 h et 49 min pour les 36 km, soit à une vitesse de 13 km/h. Jusqu'à présent la seule autre réussite est celle du Daedalus (Dédale) conçu par le Massachusetts Institute of Technology qui parcourut 115.11 km depuis Héraclion sur l'île Minos en Crète à Thira sur l'île de Santorin dans la mer Egée avec Kanellos Kanellopoulos aux pédales (23 avril 1988)



*La traversée "musculaire" de la Manche par le Gossamer Albatross le 12 juin 1979 ⇨*



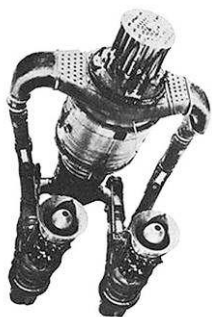
**Daedalus** est un avion à pédales qui détient le record du monde de distance pour un avion à propulsion musculaire. Le 23 avril 1988 il parcourt une distance de 119 km, de la base aérienne d'Héraklion dans l'île de Crète jusqu'à l'île de Santorin. (3 heures 55 min. Pilote Grec Kannellos Kanelopoulos).

*⇨ Daedalus : Record de distance : 119 km à la force du mollet le 23 avril 1988 ⇨*

## L'avion nucléaire ?

### Un avion transportant une centrale nucléaire

Pour la motorisation, **General Electric** a exécuté une série d'expériences très réussies en utilisant le concept de cycle direct et des réacteurs spéciaux. La recherche appelée Heat Transfer Reactor Experiment (HTRE) a fourni de l'énergie nucléaire a un moteur GE X-39 (GE J-47 modifié).



Les recherches se sont poursuivies avec **Convair** et un programme d'essai en vol d'un réacteur nucléaire utilisant un B-36H fortement modifié et officiellement désigné **NB-36H**.

*⇨ Moteur HTRE et GE X-39*

*Convair NB-36H ⇨*



Convair NB-36H  
USAF Museum Photo Archives

*Cet avion avait un nez totalement remodelé conçu pour faciliter l'installation de la capsule spéciale de 12 tonnes de protection de l'équipage. Tout l'avion était modifié et offrait même la possibilité de retirer le réacteur nucléaire après chaque vol pour des examens détaillés et d'éventuel essai au sol supplémentaire.*

Le NB-36H a réalisé un total de 47 vols pendant son programme d'essai qui a duré de septembre 1955 à mars 1957.

Notons que sa propulsion n'a jamais été totalement nucléaire car il avait besoin de ses propulseurs classiques pour voler.



Les USA ont conclu que les risques encourus avec les rayonnements n'étaient pas plus grand que les risques qui avaient été encourus pendant le développement de l'énergie électrique, de l'avion, de l'automobile, ou des fusées.

Et coté soviétique ? L'URSS a eu, elle aussi, quelques projets dans ce domaine. Myasishchev, étudia un bombardier et un hydravion à propulsion nucléaire, les M-60 et M-60-1 et Tupolev entreprit la conception d'un bombardier intercontinental à propulsion atomique, le Tu-120. A cet effet un Tu-95M de série fut modifié pour les essais de son réacteur nucléaire, à l'extrême fin des années 50.

*Le Tu-95 LAL ⇨*



Ce laboratoire volant fut baptisé Tu-95 LAL (Letaïouchaïa Atomiaïa Laboratoriïa "laboratoire atomique volant") ou Tu-119. L'avion fut équipé de deux types de moteurs. Des NK42MV normaux et deux NK44A expérimentaux, fonctionnant grâce à un réacteur nucléaire. Ce dernier fut installé dans le fuselage, tout de suite derrière le centre de gravité. En 1962, dans le Kazakhstan, l'avion effectua 40 vols d'essais avec les réacteurs allumés. Deux équipages (un civil et un militaire) volèrent avec cet avion. Voici ce que l'on peut en lire dans les mémoires du commandant de l'équipage civil, le pilote d'essais E.A. Goriounov : "Nous avons tous été irradiés, mais nous l'ignorions. Des deux équipages, ont survécu aujourd'hui [début 1994], seulement trois hommes : l'ingénieur navigant, un navigateur militaire et moi. Le premier, jeune technicien, mit exactement trois ans à mourir. Nous avons vécu notre Tchernobyl un quart de siècle plus tôt. Chez nous, il est très rare que la vie des gens soit prise en considération". L'expérimentation du système de propulsion nucléaire pour avion cessa vers le milieu des années 60, pour des raisons écologiques et économiques ; tout développement de ce projet en URSS fut interrompu.

## L'aide de l'effet de sol.

### Le monstre de la Caspienne

Dans les années 60-70 les satellites américains observent un avion d'allure bizarre. Ils le surnomment "le monstre de la Caspienne".

*Ekranoplane : le KM ⇨*

L'engin, développé par les Soviétiques, est un "Ekranoplane" c'est-à-dire qu'il utilise l'effet de sol pour voler à très basse altitude (moins de 5 m) au dessus d'un plan d'eau. En réalisant un Ekranoplane géant, le **KM**, les Soviétiques ont développé un appareil aux dimensions et performances étonnantes (98 m de long, 550 tonnes, 600 km/h en octobre 1966). Remarquez l'aile très large et les réacteurs placés en avant pour souffler sur son profil.



Un autre Ekranoplane, le **Lun**, était un engin d'attaque équipé de 3 radars de surveillance et d'acquisition d'objectifs et de 3 batteries doubles de missile mer-mer **SS-N-22** "Moskit".

*Ekranoplane : le Lun ⇩*



### Les hydravions à effet de sol

En fait le concept est connu de tous les pilotes qui découvrent l'effet de sol dès leur premier atterrissage. Le phénomène peut se comprendre comme la formation d'un "coussin d'air" comprimé entre la voilure et le sol.

On les appelle des **WIG** (*Wing In Ground effect*).

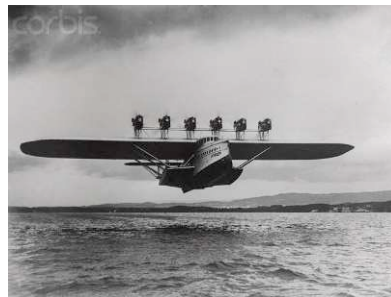
Les recherches des années 20 conduisent à des hydravions comme le **Dornier Do-X** (1929) qui utilisent l'effet de sol pour augmenter la portance et l'autonomie.

Bien plus tard le célèbre et imposant **Hughes H-4** (1947) piloté par **Howard Hughes** ne réalisera son premier vol que grâce à l'effet de sol.

*Hughes H-4 ⇨*







↻ 3 photos du



Dornier Do-X



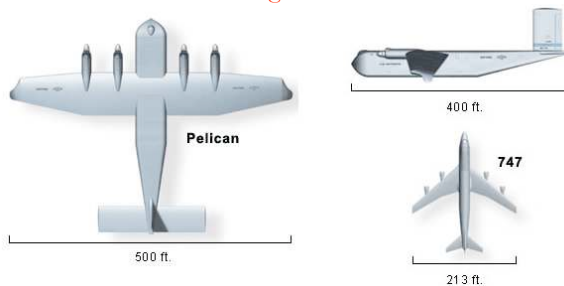
## Projet fou ?

Le projet **Boeing Pelican ULTRA** est un concept d'avion cargo géant à effet de sol développé par Boeing, et dévoilé en 2003. Envergure 152 m, charge utile 1 270 tonnes, rayon d'action de 18 000 kilomètres, 4 turbopropulseurs et 8 hélices contrarotatives. Il volerait principalement entre 6 et 15 mètres au-dessus de la mer pour profiter de l'effet de sol, mais saurait aussi s'élever à des altitudes aéronautiques au prix d'une réduction du rayon d'action. Il pourrait décoller depuis des pistes classiques : son poids est en effet réparti sur 38 trains d'atterrissage, soit 76 roues

↻ Boeing Pelican ULTRA ↻



Hughes H-4 ↻



## D'autres exemples de WIG craft

Quelques recherches sur ces WIG craft se poursuivent en occident car ces engins procurent une réelle économie de carburant.

Mais comme ils nécessitent des zones d'utilisations particulières le marché est restreint à quelques unités qui n'intéressent que les petites sociétés.

Malgré tout on observe régulièrement la naissance de quelques-uns de ces avions aux formes étranges.

Certain d'entre eux peuvent réellement voler à plusieurs milliers de mètres d'altitude mais un WIG craft est nécessairement un mauvais avion... et réciproquement.

Pour l'Allemagne, la Lippisch Research Corporation, étudie différents modèles dont le **X-114** ici lors de ses premiers vols en 1977.

Les recherches se poursuivent encore en 2001 (**FS-8**)

FS-8 ↻

X-114 ⇨



Aux USA le **L-325** construit par la société Flarecraft peut transporter 4 passagers.

L-325 Flarecraft ⇨





# LA CONQUETE DE L'ESPACE.

## La Terre et l'espace...

### La Terre dans le système solaire

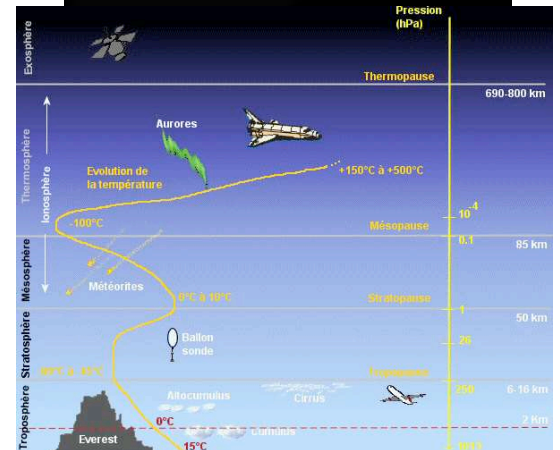
Notre planète, **la Terre**, a une circonférence de: 42.000 km et un diamètre de 12.756 km. Elle tourne en 23 h 56' autour de son axe dont l'inclinaison est de 23°43' par rapport au plan de l'écliptique. Elle gravite autour du Soleil, situé à environ 150 millions de km, en 365,25 jours.

Son satellite naturel, **la Lune**, évolue à une distance moyenne de 370.000 km



### De la troposphère au vide spatial on peut rencontrer :

- de 0 à 5.000 mètres : les **petits oiseaux**, les oiseaux migrateurs et les petits avions (aéro clubs),
- vers 9.000 mètres : les **avions de ligne** (Airbus, Boeing...),
- à 17.000 mètres évoluait le **Concorde**
- à 40 km : les **ballons stratosphériques**,
- à 300 km : la **navette spatiale américaine**, et les **satellites espions** (très faible durée de vie mais très basse altitude pour de meilleures photos)
- vers 400 km : les stations spatiales. La station **Mir** (avant son abandon !) jusqu'en 2001, remplacée depuis par l'**ISS**
- de 600 km à 800 km: les satellites d'observation comme **Hubble**, **Spot-3**, ou le satellite français d'observation **Eutelstat**...
- à 35.768 km : les satellites géostationnaires : **Météostat**, **Télécom-2**,



*Discovery ↗ est l'une des 3 navettes américaines encore opérationnelle en 2009*

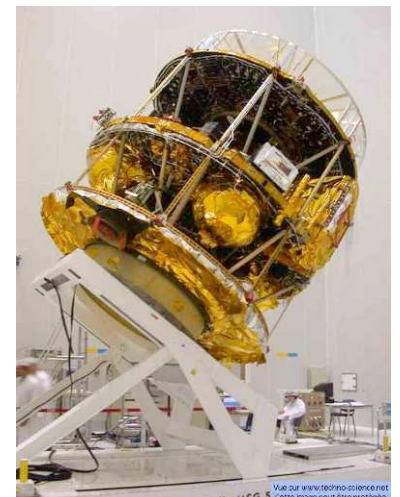
↔ Du 19 fév 86 au 23 mars 2001... La station MIR

↔ Le télescope spatial Hubble (HST) lancé en avril 1990.

*Le satellite MétéoSat MSG-2 lancé par une Ariane V fin 2005 ↔*

Les orbites inférieures à 200 km sont peu utilisées car trop sensibles aux perturbations atmosphériques.

La durée de vie des satellites y est très faible... seulement quelques jours pour des satellites militaires (espions) lancés pour couvrir un conflit





## Les évolutions des engins spatiaux.

Avant d'atteindre l'espace ou lors de leur retour, les engins spatiaux doivent traverser l'atmosphère Terrestre.

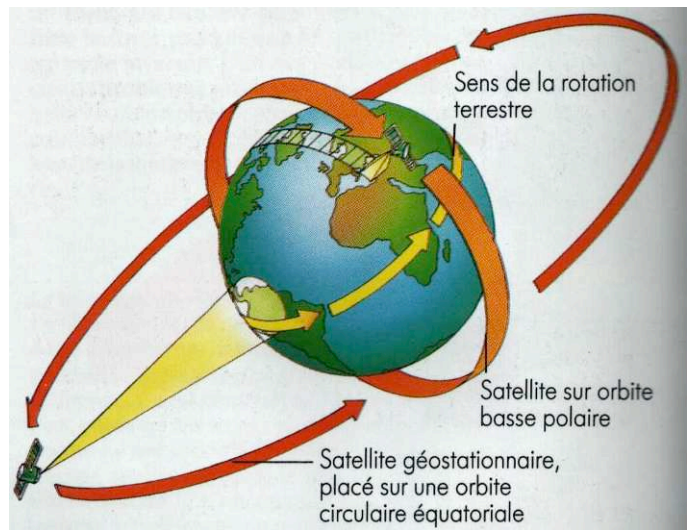
**L'atmosphère** : c'est l'enveloppe gazeuse de la terre. Son épaisseur est difficile à définir puisque sa densité s'atténue lentement, mais on peut obtenir des satellites évoluant (pas longtemps !!!) à partir de 250 km d'altitude. Les corps qui la traversent sont soumis à l'attraction terrestre mais aussi à des frottements. L'atmosphère est très dense surtout dans les 100 km les plus proches, que l'on appelle la "sphère de Karman".

**L'espace** (espace extra-atmosphérique ou cosmos) : c'est ce qui se situe au-delà de l'atmosphère terrestre et qui n'a pas de limite.

Les **orbites** : ce sont les trajectoires parcourues par les engins spatiaux autour de la terre (ou autour d'autres planètes).

Selon leur distance par rapport à la terre, il y a :

- les **orbites circulaires** qui peuvent être **polaires** ou **équatoriales** ou d'incidences différentes, l'on distingue les orbites circulaires basses (200 à 1.000 km), utilisées pour les vols habités et pour les satellites d'observation, et les orbites circulaires hautes (surtout pour les satellites de navigation).



- les **orbites elliptiques**, avec apogée (point distal) et périégée (point proximal)  
 - **l'orbite géostationnaire**, située à 37.568 km. Au delà de cette distance évoluent les fusées interplanétaires, capables d'échapper à l'attraction terrestre.

⇨ *Spot-5.*

*Les 30 satellites du projet européen Galilée : 9 satellites équidistants tournant sur chacune des 3 orbites et trois satellites de rechange. ⇨*

*Le GPS compte pour sa part 5 satellites de rechange s'ajoutant aux 24 actifs.*



La vitesse d'un satellite dépend de son altitude. D'après une **Loi de Kepler** : une orbite est parcourue à une vitesse d'autant plus faible que son altitude est plus élevée.

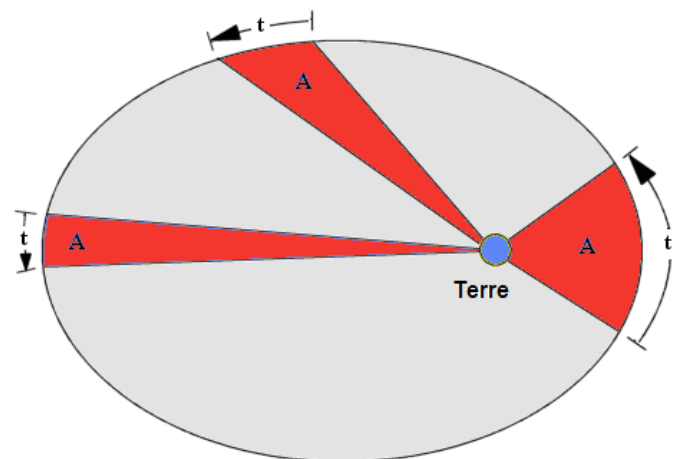
Sur ce schéma la trajectoire est elliptique ce qui permet de constater que, pour une durée identique ( $t$ ), les distances parcourues sont plus faibles lorsque le satellite est éloigné de la Terre.

*A 280 km d'altitude un satellite évolue à 7,75 km/h et fait le tour de la Terre en 1 h 30.*

*A 35 900 km d'altitude on tombe à 3,07 km/h et une durée de 24 h pour un tour !*

*Loi des aires (Képler) ⇨*

Cette loi s'applique à tous les corps en gravitation autour d'un corps attracteur.



## Les satellites

Un satellite (artificiel) est un engin qui a été placé en orbite autour d'un astre de masse plus importante. Il y a les satellites à défilement et les satellites géostationnaires

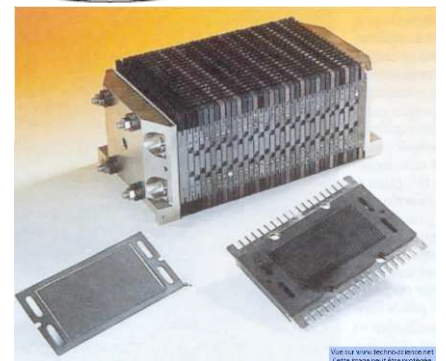
On distingue des satellites

- d'astronomie,
- de navigation,
- de météorologie (à défilement ou géostationnaires),
- de télécommunication,
- militaires (d'observation, de surveillance ou de reconnaissance),

Les satellites sont alimentés

- par l'énergie lumineuse solaire convertie en énergie utilisable par effet photovoltaïque, par des batteries ou par des piles à combustibles...

*pile à combustible ⇨*



## Les lanceurs de satellites

- les **fusées**, type la **fusée Ariane** : elles placent sur différentes orbites des charges dont elles n'assurent pas le retour,
- les **lanceurs avec navette de retour**, type le **Programme Discovery** qui comprend un propulseur (la fusée elle-même) et un orbiteur (la navette spatiale).

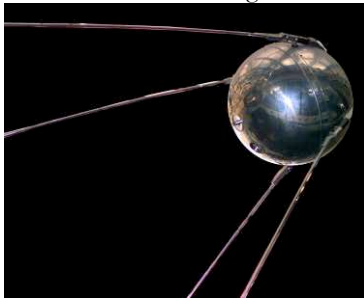
*Discovery - Shuttle* ⇨

- Leurs combustibles sont :
- le mélange Oxygène et Hydrogène
  - les ergols (ou propergols) qui sont les carburants spécifiques des fusées dans l'espace.



## Les premières incursions de l'homme dans l' Espace

L'étude de l'Espace a été entreprise moins par curiosité scientifique que par une concurrence entre les grandes puissances qui s'affrontaient dans une guerre froide.



*Sputnik* ↑

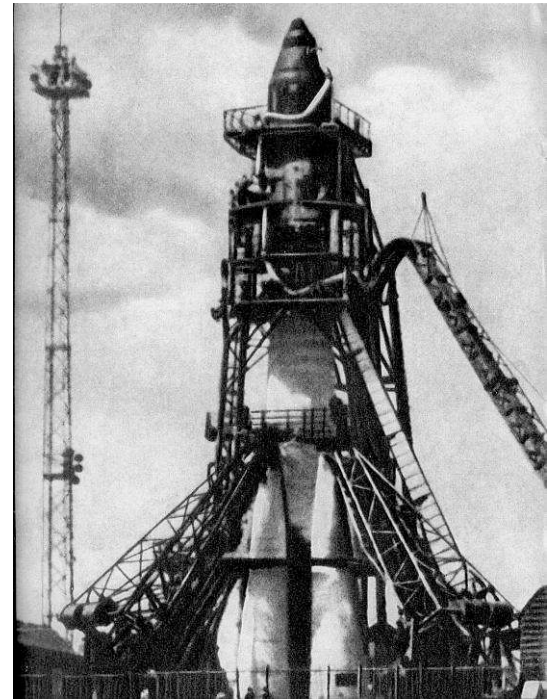


*Gagarine entrant dans le vostok* ↑

## **Les premiers succès sont soviétiques :**

Le premier satellite artificiel envoyé dans l'espace, appelé **Sputnik**, a été lancé par l'U.R.S.S. le 5 octobre 1957, sur une orbite elliptique. C'était une sphère métallique hérissée d'antennes et pesant 83 kg. Sputnik faisait le tour de la terre en 90 minutes sur une orbite elliptique (947 228 km) et émettait régulièrement un signal radio qui exaspérait les américains.

*Lanceur Vostok 1-19 qui va emporter Youri Gagarine* ⇨



Un mois plus tard, le 3 Novembre 1957, les russes mettaient sur orbite un deuxième Sputnik qui pesait 508 kg.

A cette époque les américains avaient lancé le **Programme Vanguard**, pour un petit satellite de quelques kilos seulement.

Les soviétiques, avec le **Programme Vostok**, ont encore été les premiers à lancer dans l'espace des êtres vivants : d'abord une petite **chienne (Laïka)**, puis le 12 avril 1961 le premier homme, **Youri Gagarine**, qui a parcouru une orbite autour de la terre en 108 minutes.

*Laïka* ⇨



Aux États-Unis, les budgets de la **N.A.S.A.** furent débloqués grâce au discours de L. Johnson (*alors Vice-Président, chargé de l'Espace*) au Sénat américain, qui déclarait "L'Angleterre a été la maîtresse du monde grâce à ses navires et les américains grâce à leurs avions. Celui qui maîtrisera l'espace maîtrisera le monde. Je ne veux pas m'endormir sous une lune communiste".

*Alan Shepard* ⇨

Comme pour le transport aérien subsonique, les américains ont fait preuve au début d'une certaine inertie. Mais une fois provoqués, ils ont mis en oeuvre des moyens techniques et industriels gigantesques. Piqués au vif, ils lancent le **Programme Mercury** et, un mois après le premier vol de Gagarine, ils envoient dans l'espace **Alan Shepard**. Le vol de Shepard n'est qu'un simple vol parabolique et non un véritable vol orbital.





## Les USA rattrapent leur retard et gagnent la course à la Lune.

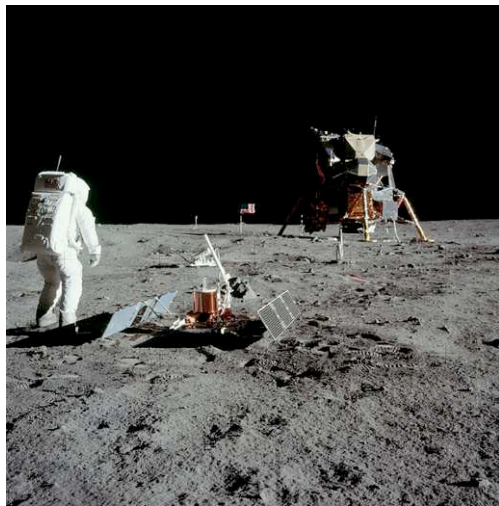
Le **Président Kennedy** s'est vite rendu compte que le vol de Alan Shepard n'était qu'un vol bien léger par rapport à l'avance soviétique et il a réclamé au Congrès des crédits supplémentaires pour la NASA.

Le **Programme Mercury** a été intensifié et, le 20 février 1962, **John Glenn** est le premier américain à effectuer une révolution complète autour de la terre avec un vol de 5 heures (trois tours et demi autour de la Terre).

*Départ de John Glenn dans une fusée Atlas en fév 1962 ⇨*

A la suite du Programme Mercury, les américains développent le **Programme Gemini** pour acquérir une meilleure maîtrise de l'espace : vols de longue durée et sorties de E. White dans l'espace le 3 juin 1965.

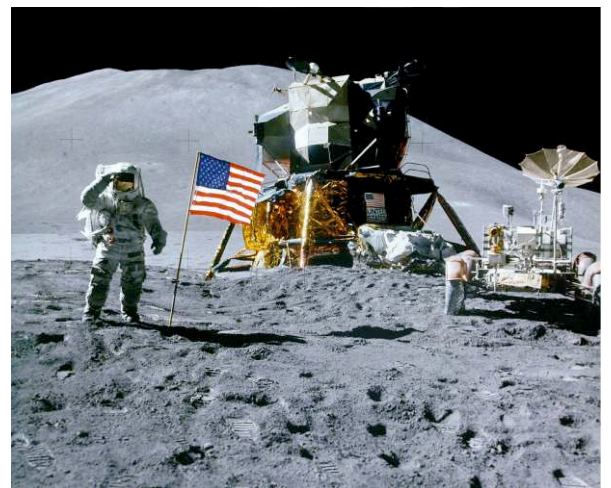
Le Président Kennedy décide alors que les américains seront les premiers à poser le pied sur la lune.



*Armstrong sur la lune avec Apollo XI ↑*

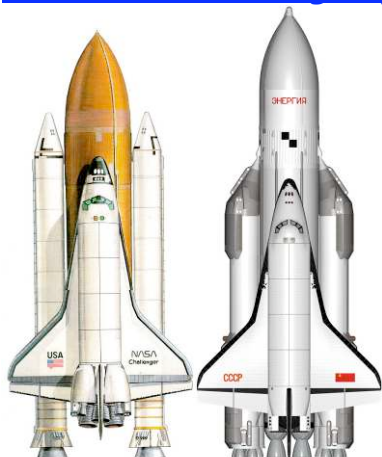
Avec le **Programme Apollo** et la fusée **Saturne V**, ils atteignent ce but. **Neil Armstrong** est le premier homme qui a posé le pied sur la lune, le **20 juillet 1969** :

*"Un petit pas pour l'homme, un grand pas pour l'humanité", a-t-il déclaré alors.*



*↑ Mission Appollo XVII avec la jeep lunaire.*

## L'invention du cargo spatial réutilisable : la navette (Shuttle)



*⇨ Comparatif Bourane / Challenger*

La lune ayant été explorée, les américains changent d'objectif avec les **navettes spatiales**, qui sont récupérables : après un séjour dans l'espace, la navette rentre sur la terre en planant.

L'intérêt d'une telle procédure est de pouvoir réparer un satellite et même de le ramener sur terre.

*Le projet Hermès qui n'aboutira qu'à une maquette... ⇨*



### États-Unis

- **Enterprise** (test)
- **Pathfinder** (maquette)
- **Columbia** (*détruite en 2003*)
- **Challenger** (*détruite en 1986*)
- **Discovery** (en service)
- **Atlantis** (en service)
- **Endeavour** (en service)

### URSS : Projet Bourane

- **1.01 Bourane** (détruite en 2002)
- **1.02 Ptichka** (inachevée)
- **2.01** (incomplète)
- **2.02** (démantelée)
- **2.03** (démantelée)

### Russie

- **Kliper** (abandonné)

### Europe

- **Hermès** (abandonné)



↑ L'accident de challenger en 1986

Les russes tenteront de suivre avec la navette **Bourane** mais le projet est abandonné après le premier vol, totalement automatique (*sans équipage*), en 1988.

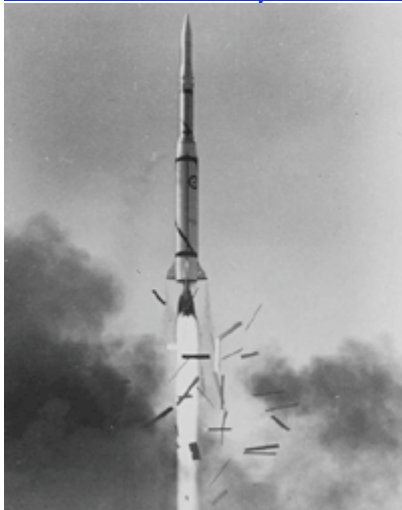
*Décollage d'Endeavour* ⇨

Coté américain les coûts s'avèrent plus importants que prévus... et deux accidents endeuillent ces missions (Challenger en 1986 et Columbia en 2003).



L'Europe étudie le concept avec **Hermès** puis abandonne devant le coût prohibitif.

## Une troisième puissance spatiale : la France puis la communauté Européenne.



La France est entrée dans l'ère spatiale avec le lancement de la **fusée Diamant-A** le 26 juin 1956. Ce type de fusée mettra sur orbite le premier satellite Français baptisé **Asterix**, le 26 novembre 1965.

Les européens ont choisi l'option de la **fusée Ariane**. C'est un lanceur de satellites conçu par l'Agence Spatiale Européenne. Le premier tir a eu lieu à **Kourou**, en Guyane française, en 1979. La gestion technique a été confiée au Centre National d'Études Spatiales (**C.N.E.S.**).



⇨ fusée Diamant-A et Asterix ⇨

*Ariane Test 02 en 1980* ⇨

La fusée Ariane est opérationnelle depuis 1982.

Elle a déjà lancé avec régularité plus d'une soixantaine de satellites. Elle présente deux gros avantages par rapport à la navette américaine



- elle permet une mise sur orbite plus éloignée,
- elle est beaucoup plus économique.

La fusée **Ariane 5**, plus puissante encore, vient de prendre la relève. Elle a récemment mis un satellite en orbite à 3.500 km de distance.

⇨ *Ariane V*

Les satellites artificiels se sont montrés rapidement très utiles dans des domaines tels que

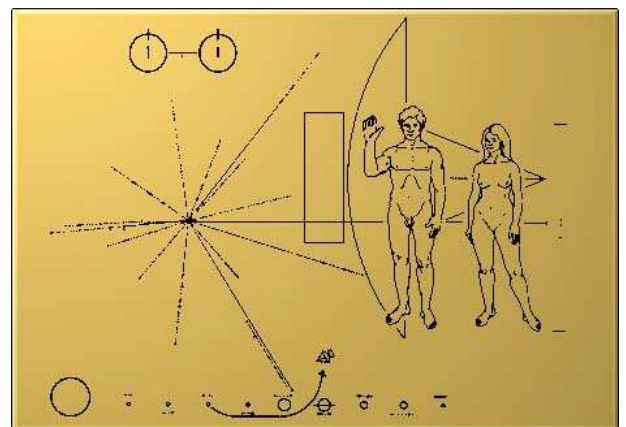
- les télécommunications,
- la télévision,
- les observations météorologiques et géologiques,
- la navigation et la localisation,
- l'exploration de l'espace
- les applications militaires,

## Une réglementation se met en place.

Devant le nombre important de satellites mis en orbite autour de la terre, il est devenu nécessaire de réglementer l'utilisation de l'espace. Cette mission a été confiée en 1958 au Comité de l'Espace des Nations Unies et ses grands principes sont les suivants :

- l'espace appartient à tous les pays,
- l'exploration de l'espace doit être faite pour l'intérêt de tous,
- pas d'utilisation d'armes nucléaires dans l'espace,
- les astronautes sont considérés comme des envoyés de l'humanité,
- des réserves devraient être faites sur l'utilisation des images obtenues lors de survols...

*Le message de paix porté par les sondes Pioneer 10 et 11* ⇨





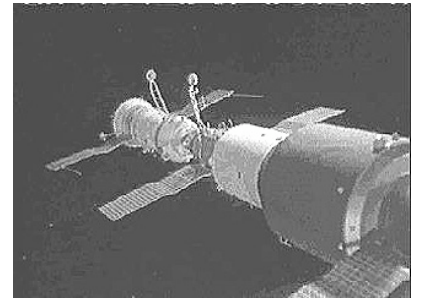
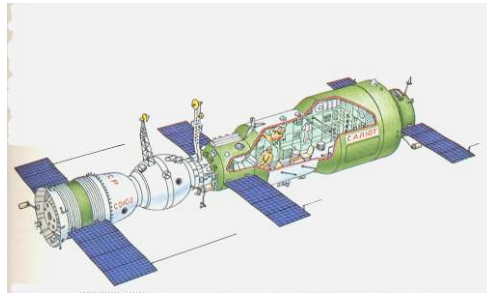
# Habiter dans l'espace ! De Saliout 1 à l'ISS en passant par MIR.

Lorsque l'on souhaite aller plus loin que la Lune on sait qu'il faudra des vols de très longue durée (plusieurs années pour un aller retour sur Mars !). Les scientifiques ont besoin d'informations. Ils vont utiliser des stations habitées pour réaliser des expériences de longue durée dans l'espace.

La première station est russe elle se nomme **Saliout-1**. Sa masse de 18 tonnes a été mise en orbite par un lanceur **Proton**.

*Saliout 1 arrimé au vaisseau Soyouz 11* ⇒

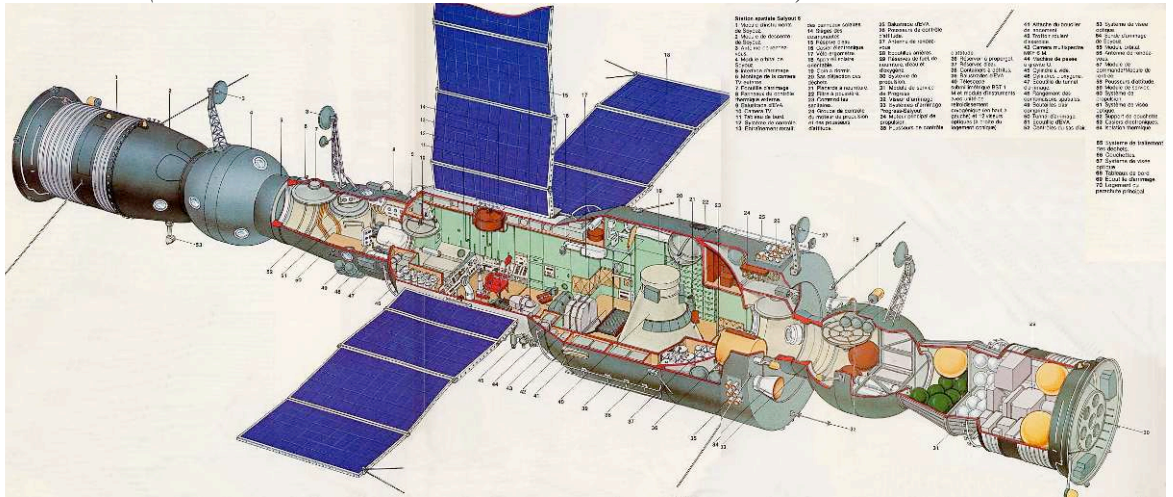
Du 19 avril au 16 octobre 1970 elle effectue 2 929 révolutions en 175 jours. Elle ne sera habitée que 23 jours par les 3 hommes d'équipage du Soyouz 11.



De 1973 à 1977 les stations russes se succèdent (**Cosmos-557** puis **Saliout-2, 3, 4 et 5**). La guerre froide n'est pas encore terminée et les objectifs sont encore militaires (*observations du territoire "ennemi" et destruction de satellites au canon !!!*).

Une seconde génération de station Saliout est ensuite conçue dans le but d'accueillir bien plus longtemps les cosmonautes. **Saliout 6** (1977 à 1982) est occupé pendant 617 jours et **Saliout 7** (1982 à 1991) pendant 1 075 jours.

*Saliout 6* ⇒

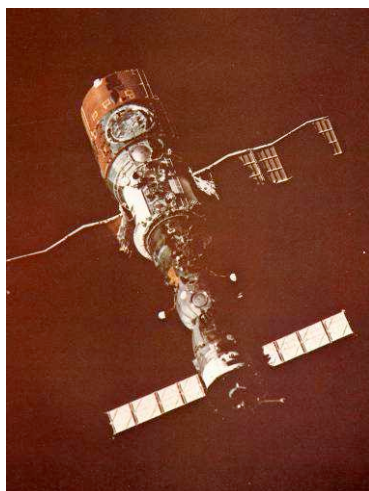
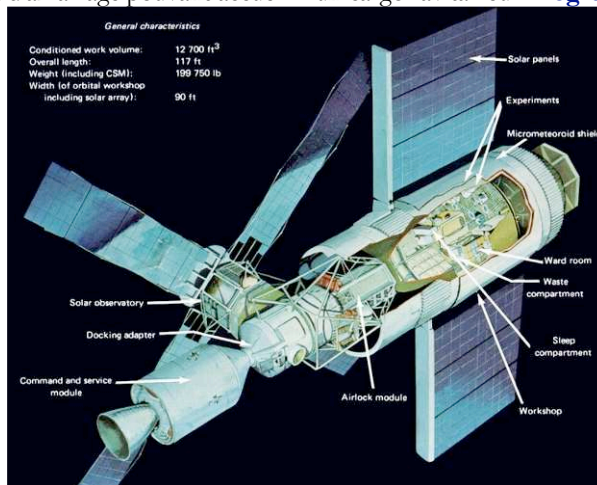


Ces stations comportent un second point d'amarrage pouvant accueillir un cargo ravitailleur **Progress** pour l'équipage.

Les américains ne restent pas inactifs et lancent leur première station **Skylab** le 14 mai 1973. Après quelques déboires (non déploiement d'un panneau solaire et insuffisance de climatisation), 3 missions seront effectuées sur cette station (28, 59 et 84 jours) avant son abandon par manque de crédits après seulement 9 mois d'utilisation en 1973.

*Skylab et son panneau non déployé* ⇒

Les USA perdront le contrôle de Skylab en 1979 à la suite d'une éruption solaire. La station se désintègre au-dessus de l'océan Indien le 11 juillet 1979 en rentrant dans l'atmosphère.



Avec les **Saliout 6** (1977 – 1982), puis **Saliout 7** (1982 – 1991), dans lequel le français **Jean loup Chrétien** passera quelques jours, la coopération internationale reprend des couleurs.

⇐ *Saliout 6*

*Saliout 7* ⇒

Les modules de liaison sont toujours des **Soyouz** ⇓ :



Les russes construisent ensuite à la station MIR.



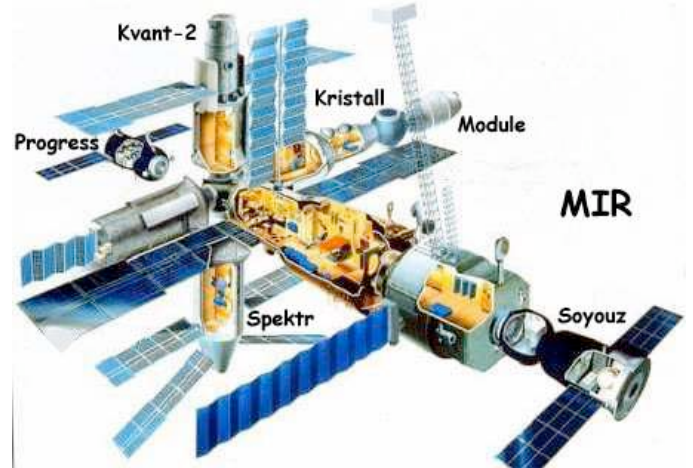
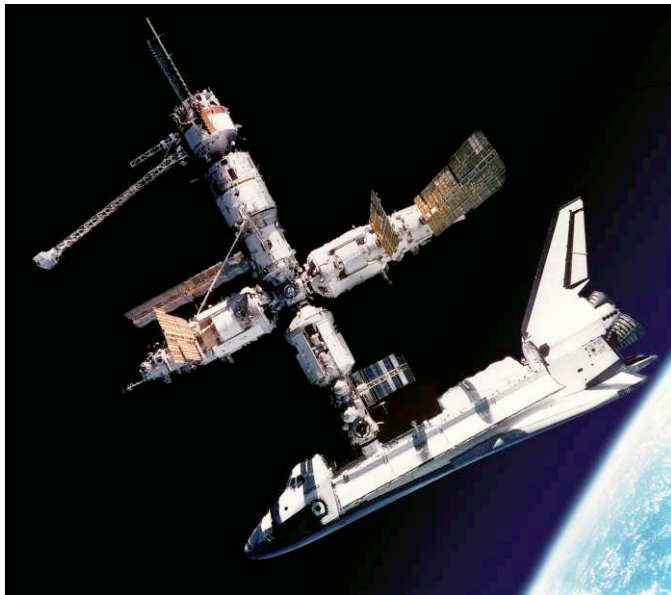
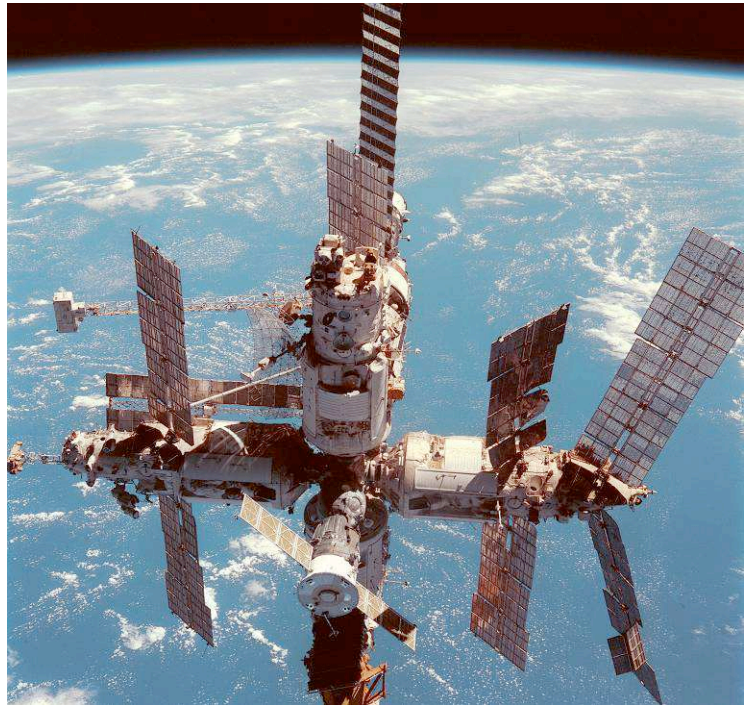
La station **Mir** (du russe *Mir* signifiant *paix et monde*) était une station spatiale russe. Mise en orbite le 19 février 1986 elle fut détruite en 2001. Son assemblage en orbite a duré 10 ans (jusqu'en 1996). Mir été constituée de différents modules (inspiré des stations Saliout). Une coopération USA /Russie a permis de combiner ses possibilités avec celles des navettes spatiales des États-Unis.

La station était un grand laboratoire scientifique dans l'espace. D'une masse supérieure à 100 tonnes, Mir était aussi grande que six autobus. Excepté pendant deux périodes courtes, la station Mir a été habitée sans interruption jusqu'en août 1999. C'était un étroit labyrinthe, envahi de tuyaux, de câbles et d'instruments scientifiques, pouvant accueillir normalement trois hommes d'équipage (maxi 6).

*MIR en 1998* ⇨

La station subira deux accidents graves en 1997 (un incendie et une collision avec un cargo Progress). Abandonnée en 1999 elle tombera dans le pacifique en 2001.

*Atlantis accroché à la station MIR* ⇨



La collaboration de la Russie avec les Etats Unis et de nombreuses autres puissances a montré l'intérêt d'une association internationale autour de projets lourds et coûteux.

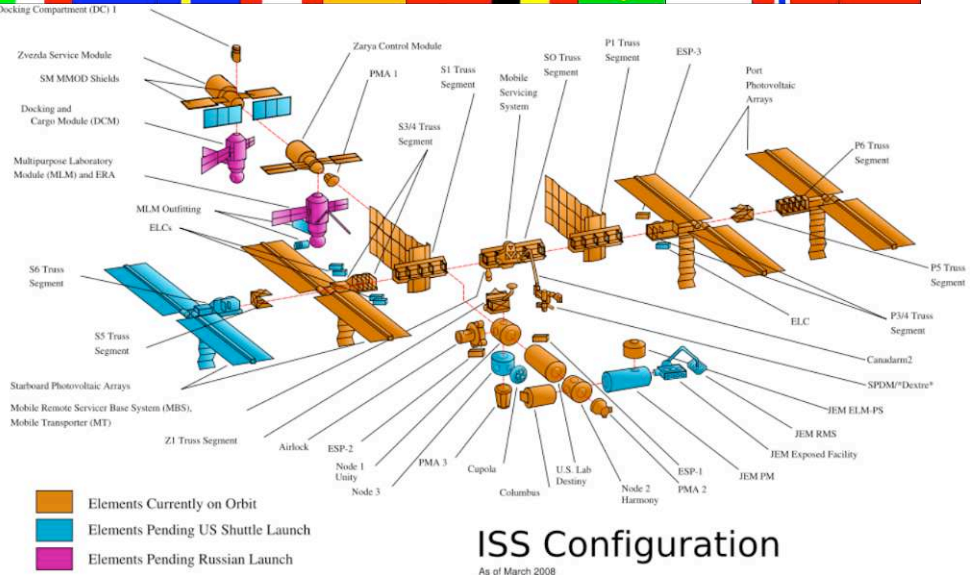
La succession de Mir sera un programme international : la station **ISS**. Lorsque l'accord final est signé en 1998, ce sont 16 nations qui participent au projet : les États-Unis, la Russie, le Canada, le Japon, 11 États de l'Union Européenne et le Brésil.



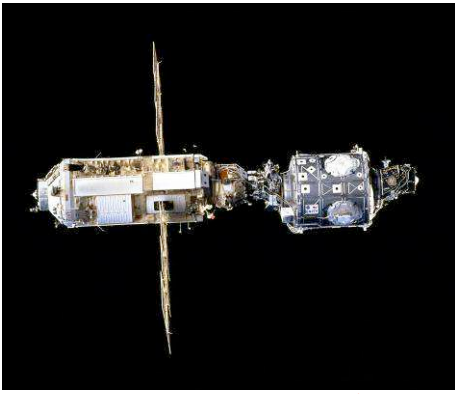
L'ISS (*International Space Station*) se déplace en orbite autour de la Terre à une altitude d'environ 340 kilomètres, à une vitesse de 27 700 km/h (7,7 km/s).

*Schéma d'assemblage de l'ISS en Mars 2008... repérer Zarya en haut à gauche* ⇨

Elle effectue le tour de notre planète 15 fois par jour et l'observation visuelle de son passage est facilité par différents sites internet indiquant les horaires d'observation très précis son passage spectaculaire ne dure que quelques minutes.



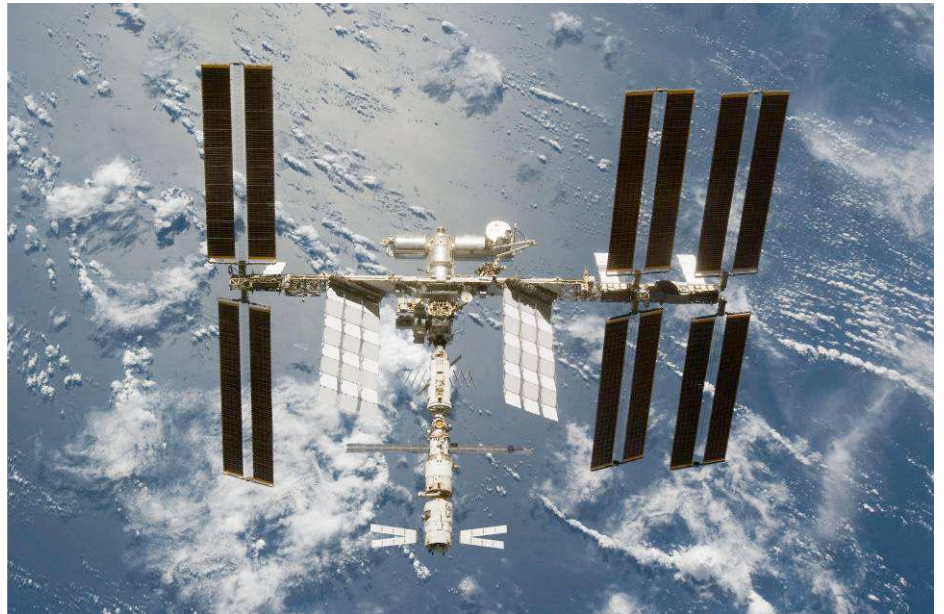




*Le module Zarya en 1998 ↕*

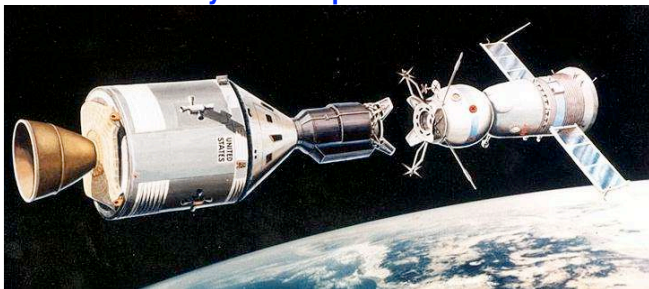
Le premier élément de la Station Spatiale Internationale, le module **Zarya**, est mis en orbite par une fusée **Proton** le 20 novembre 1998. Dix ans plus tard, en mars 2008, L'ISS a une masse de **277 tonnes**.

*L'ISS en 2008. Le petit module Zarya (centre/bas) reconnaissable a son panneau solaire très étroit ⇒*



Lorsqu'elle sera terminée, la Station spatiale internationale mesurera 108 mètres de longueur sur 74 mètres de large, pour une masse de **415 tonnes**. Avec un volume habitable de plus de 1 200 m<sup>3</sup>, elle pourra accueillir 7 astronautes en permanence. Son énergie sera fournie par les plus grands panneaux solaires qui aient jamais été construits, d'une puissance maximale de 110 kW.

### La rencontre Soyuz 19 Apollo 18



*Vue d'artiste de la rencontre Apollo-Soyouz du 17 juillet 1975 ↕*

**Apollo-Soyouz** (souvent abrégé en **ASTP** pour Apollo-Soyouz Test Project) a été en 1975 la première mission spatiale conjointe entre l'Union soviétique et les États-Unis après l'affrontement de la guerre froide et la course à la Lune.



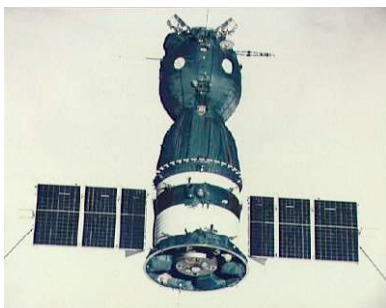
*Les deux équipages réunis ⇒*

Cette mission **Apollo-Soyouz** restera une grande réussite qui permit aux deux camps de trouver des sujets d'entente.

*⇒ Soyuz 19 photographié depuis Apollo XVIII.*

Ce **premier rendez-vous orbital américano-soviétique** du 17 juillet 1975 se répètera en 1996 avec la visite de la navette spatiale américaine à la station spatiale Mir.

Cette collaboration constituera les fondations des projets qui suivront (**ISS**).

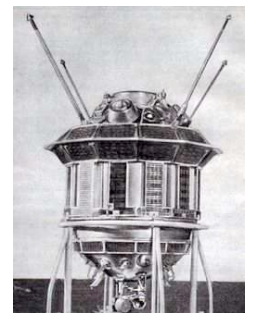


### L'exploration du système solaire

Pour un premier survol, une première exploration, ou pour aller visiter des corps ou des planètes lointains sans billet de retour il faut évidemment utiliser des sondes spatiales. Ces vaisseaux d'exploration inhabités sont chargés d'effectuer diverses missions : mesures, photos, prélèvements et analyses. Ces engins spatiaux connaissent un taux d'échec très élevé mais certaines missions apportent des images ou des résultats spectaculaires faisant autant rêver le grand public que les scientifiques. Le nombre de sondes envoyées dans l'espace depuis 50 ans est très élevé et nous ne reprendrons ici que quelques missions car il n'est pas possible de s'intéresser à toutes ces missions.

#### La première sonde : Luna 3

En 1959 **Luna 3** fut le premier essai concluant de lancement de sonde spatiale. Cet engin soviétique réussit une orbite autour de la Lune et parvint à envoyer des photos de sa face cachée.



*↕ Luna 3*



## Les sondes Pioneer 10 et 11

La sonde **Pioneer 10** fut lancée en 1972 dans le but de survoler Jupiter (succès en 1973). C'est aussi la première sonde qui s'est aventurée au-delà de la ceinture d'astéroïdes. Sa mission terminée elle s'éloigne définitivement du Soleil à plus de 44 000 km/h en direction de l'étoile Aldébaran. Un an plus tard (1973) sa sœur **Pioneer 11** est, elle aussi, lancée vers Jupiter qu'elle survole en 1974.

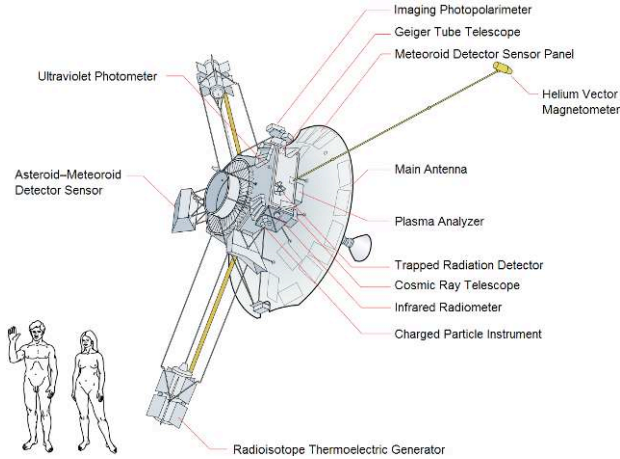


Schéma et symbole de Pioneer 10 et 11

Elle est ensuite dirigée vers Saturne qu'elle atteint en 1979. Pioneer 11 se dirige ensuite vers la constellation de l'Aigle qu'elle atteindra... dans 4 millions d'années !

Les deux petites (258 kg) sondes Pioneer 10 et 11 sont actuellement présumées perdues. Leur dernier contact remonte à septembre 1995 pour Pioneer 11 et à janvier 2003 pour Pioneer 10.



Pioneer 10 (assemblage)

Le suivi reste possible et fournit des données utiles à la communauté scientifique. Leur décélération, très faible (de  $8 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ ), mais inexplicable par les connaissances de la physique actuelle, a été nommée **l'anomalie Pioneer**.

## Les sondes Voyager 1 et 2

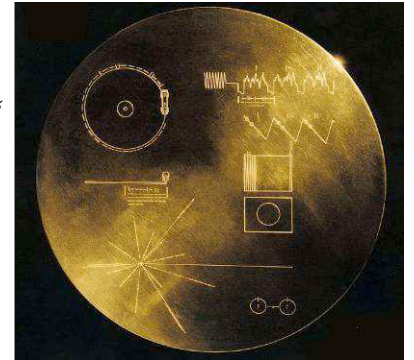
Plus imposantes (800 kg) et plus performantes, **Voyager 1 & 2** sont lancées en 1977 et à 15 jours d'intervalle (*Voyager 2 est partie la première le 20 août 1977, 15 jours avant sa sœur jumelle partie le 5 septembre*) en direction de **Jupiter** (atteinte en 1979) et de **Saturne** (atteinte 1980 pour Voyager 1 et 1981 pour Voyager 2). La mission a été conçue pour profiter d'un alignement astral exceptionnel survenant une fois tous les 175 ans !



Voyager 1 (dessin)

Comme les deux sondes Pioneer qui portaient une plaque, les sondes Voyager contiennent un message destiné à d'éventuels extra-terrestres. C'est un vidéodisque (accompagné de son mode d'emploi) renfermant une encyclopédie audiovisuelle de la Terre.

**Voyager 1** a pris ensuite la direction de **Titan** (Satellite de Saturne) puis a quitté le plan de l'écliptique pour s'enfoncer indéfiniment dans l'espace. C'est le **premier objet de réalisation humaine à avoir quitté le système solaire**.



Disque d'information !



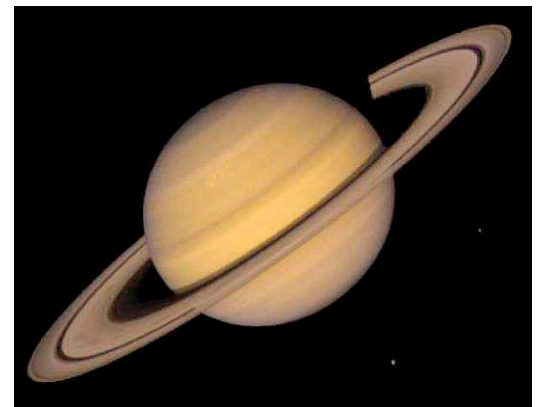
Grande tache rouge de Jupiter

De son côté, **Voyager 2**, a été reprogrammée à distance pour rejoindre **Uranus** (en 1986) puis **Neptune** (en 1989).

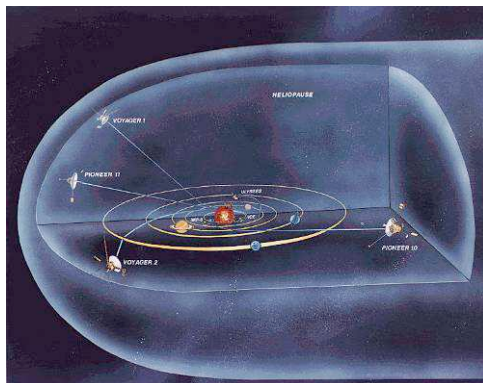
Ensuite Voyager 2 prit, à son tour, une direction la faisant sortir du système solaire.

La mission de ces deux sondes est donc un énorme succès scientifique. Une très grande quantité de mesures et de photos ont été réalisées sur ces planètes et beaucoup (48) de leurs très nombreux satellites.

Mais l'aventure n'est pas terminée !



Saturne photographiée par Voyager 2



Les sondes Voyager 1 et 2 produisent leur électricité à partir de la chaleur émise par une source de plutonium 238. La décroissance radioactive occasionne une baisse progressive de l'énergie disponible mais les sondes sont toujours actives et la NASA espère maintenir les contacts et recevoir des informations scientifiques jusqu'en 2020. On sait donc que, depuis le 16 décembre 2004, Voyager 1 est la **première création humaine à quitter le système solaire** en franchissant sa frontière : l'**héliosphère**. Cette frontière, le **choc terminal**, se trouve à environ 14,1 milliards de kilomètres du Soleil, soit 94 unités astronomiques (1 UA = dist Terre Soleil = 150 M de km). Ce fut ensuite au tour de Voyager 2 à franchir le choc terminal en 2007.

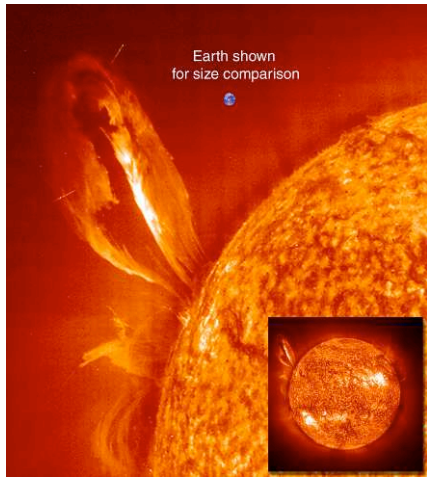
Le 15 août 2006, Voyager 1 a dépassé la barrière symbolique des 100 UA de distance par rapport au Soleil, soit 15 milliards de km.

Position des 4 sondes sortant du système solaire



**La surveillance du Soleil : SoHO.**

**SoHO** (*Solar and Heliospheric Observatory*), est un satellite de l'ESA, construit par Matra et lancé par la NASA et dont les instruments, au nombre de 12, ont été conçus et réalisés par des scientifiques Européens et Américains.



Lancé en 1995, il est positionné aux alentours du point de Lagrange L1 (*endroit où les attractions terrestre et solaire s'équilibrent*), le satellite est situé à 1,5 million de kilomètres de la Terre, dans la direction du Soleil. Sa mission débute en 1996. Plusieurs fois prolongée elle devrait se terminer fin 2009. SoHO est destiné à étudier le Soleil sous plusieurs aspects : l'héliosismologie, le rayonnement électromagnétique, le plasma et le vent solaire. Mais c'est aussi un fabuleux détecteur de comètes puisque plus de 1500 ont été découvertes grâce à lui.

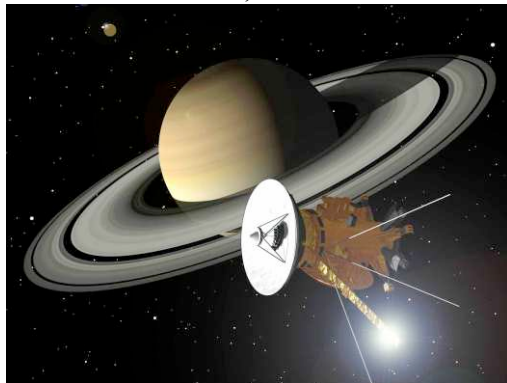


*SoHO avant son départ ⇨*

*⇨ Une image du Soleil*

**L'exploit de la mission Cassini-Huygens vers Saturne et Titan**

La mission **Cassini-Huygens** est une mission conjointe de la NASA, de l'Agence spatiale européenne dont le but principal est d'explorer Saturne et ses satellites, en particulier **Titan**. La sonde Cassini-Huygens est composée d'un **orbiteur** : **Cassini**, équipé au total de 12 instruments, et d'un **atterrisseur** : **Huygens**, équipé de 6 instruments.

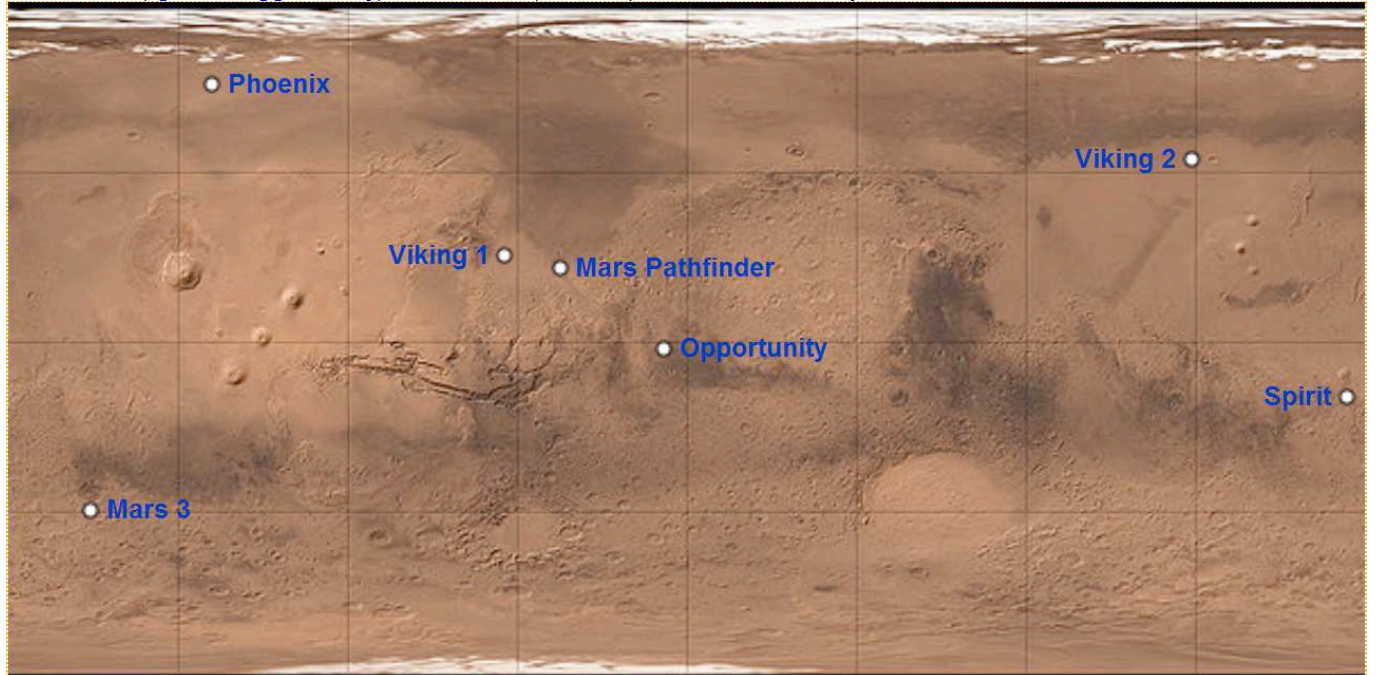


Le lancement est effectué le 15 octobre 1997 et, après 7 ans de voyage, Cassini se place en orbite autour de Saturne. Après avoir traversé les anneaux de cette planète géante le module Huygens se détache puis réussit l'exploit de se poser sans dommages sur Titan le 14 janvier 2005.



**Explorer Mars avec des véhicules autonomes pour préparer la venue de l'homme.**

Actuellement (2009) Mars est survolé par 3 sondes (**Mars Odyssey**, **Mars Express** et **Mars reconnaissance Orbiter**). Au sol deux **rovers** (**Spirit** et **Opportunity**) et un **lander** (**Phoenix**) fournissent des analyses détaillées du sol.

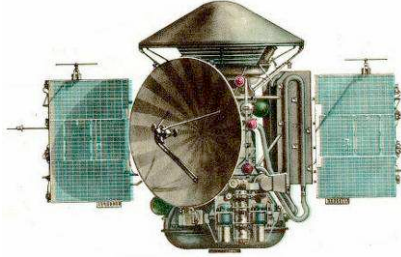


*Carte des robots ayant réussi leur atterrissage sur Mars. 3 sont encore actifs en 2009-02-20*

L'exploration de la planète Mars a tenu, et tient encore, une place importante dans les programmes d'exploration spatiale. Près de quarante sondes, orbiteurs et atterrisseurs, ont été envoyées vers Mars, faisant d'elle la planète la mieux connue après la Terre. Dans le cas de Mars, le **premier survol** et la **première mise en orbite** furent réalisées par les sondes **Mariner 4** et **Mariner 9** dans la deuxième moitié des années 1960.

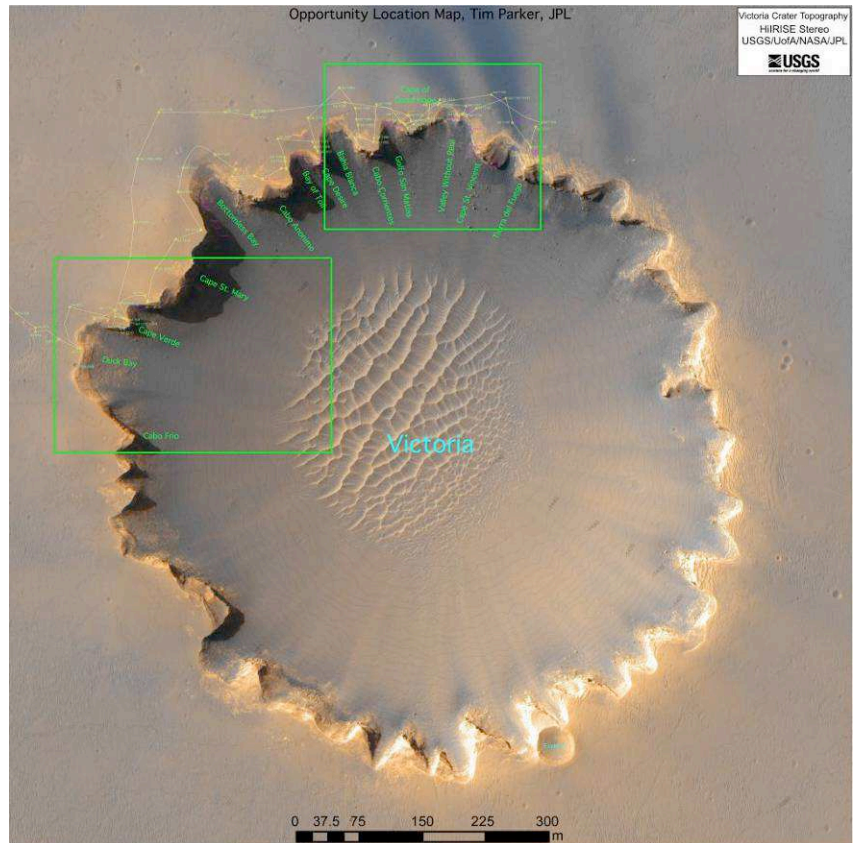
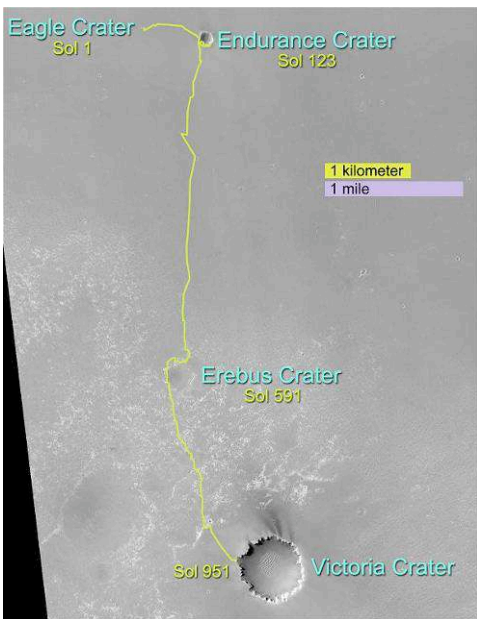


**Mars 3** sera le **premier atterrisseur à se poser à la surface de la planète rouge** au début des années 1970 malheureusement il cesse d'émettre au bout de quelques secondes. *Mars 3 ↔ Mars Odissey ⇨*



En 2001, la NASA envoie l'orbiteur 2001 **Mars Odissey** dont le spectromètre gamma découvre de grandes quantités d'eau gelée à quelques mètres sous la surface et dresse la première carte des éléments chimiques composant le sol martien. Aujourd'hui, la sonde est toujours en activité en servant de relais pour les communications avec les engins au sol.

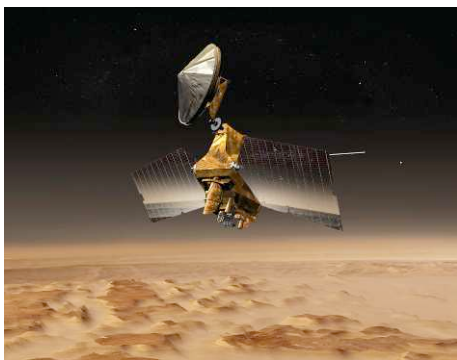
Lors de la fenêtre de tir suivante, l'agence spatiale américaine lance la mission **Mars Exploration Rover** qui est composée de deux rovers parfaitement identiques. **Spirit** (MER-A) est lancé le 10 juin 2003 et se pose à la surface de Mars le 3 janvier 2004 dans le cratère Gusev qui pourrait être le lit d'un ancien lac.



*La promenade d'Opportunity sur Mars ↕*  
*L'exploration du bord du cratère Victoria ⇨*

Le second Rover, **Opportunity** (MER-B) est lancé le 8 juillet 2003 et atterrit le 24 janvier 2004 dans Meridiani Planum où des hématites, pouvant avoir été créée en présence d'eau liquide, ont été découvertes par Mars Global Surveyor.

Les missions des deux robots sont les mêmes : étudier les roches à la recherche de preuves concernant la présence prolongée d'eau liquide. Les premiers éléments probants sont rapportés par Opportunity.



Le 12 août 2005, la NASA poursuit son programme d'exploration avec le lancement de **Mars Reconnaissance Orbiter**. En 2006 cette sonde transmet des images spectaculaires de sa surface en très haute définition. Enfin, le 4 août 2007 est lancé l'atterrisseur **Phoenix** qui se pose à proximité de la calotte polaire Nord, là où d'importants stocks de glace ont été détectés juste au-dessous de la surface.

*↔ Mars Reconnaissance Orbiter Phoenix ⇨*



À travers ces missions automatiques, se préparent d'éventuelles missions habitées vers Mars. La NASA prévoit la reprise de missions lunaires habitées à l'horizon 2020 afin de préparer de futures missions humaines vers Mars. L'ESA prévoit également la possibilité de missions habitées vers Mars sans fixer de date précise.



## La chine s'invite dans l'espace en 1970 et y habite en 2003.

Au cours des années 1970 la Chine se lance dans la conquête de l'espace. Grâce à la fusée "Longue Marche" elle met en orbite le premier satellite chinois, le 26 avril 1970, la Chine devient la **cinquième puissance spatiale**. Beaucoup d'échecs (autant de secrets d'État) émaillent ces débuts, mais la Chine veut rattraper son retard, elle étudie même sa propre navette.

*Dong Fang Hong* ⇨

Pendant ce temps Américains Européens et Soviétiques se lancent dans l'industrie du lancement commercial de satellites.

Les Chinois se replacent sur ce marché et décrochent ainsi une demi-douzaine de contrats. En janvier 1995 un accident (*fusée chinoise porteuse d'un satellite commercial s'écrase peu après son décollage, tuant six personnes et en blessant 127 autres*) retransmis en direct à la télé nationale met un terme à tous les contrats de commerciaux avec la Chine.

La recherche spatiale continue tout de même et aboutit le **15 octobre 2003** à la mise en orbite du **premier Chinois de l'Espace**.

*Fusée Longue Marche 2 F* ⇨

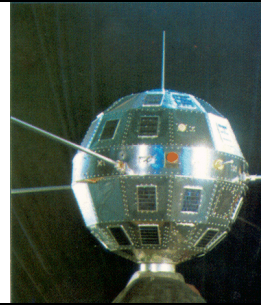
*Yang Liwei* ⇨

**Yang Liwei** a été lancé dans l'espace à bord du vaisseau spatial **Shenzhou 5**, propulsé par une **fusée Longue Marche** (fusée) 2F du **centre spatial de Jiuquan**.

Cet exploit permet à la Chine de devenir la troisième puissance, après la Russie et les Etats-Unis, capable d'envoyer un homme dans l'espace par ses propres moyens.

En 2005 ce sont deux **taïkonautes** qui effectuèrent une mission de cinq jours à bord de la navette **Shenzhou VI**.

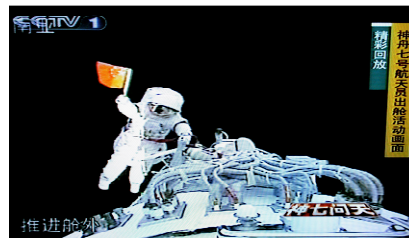
En 2008 trois astronautes (taïkonautes) chinois réalisent une mission avec sortie dans l'espace **Shenzhou VII**.



⇨ Schéma de Shenzhou V



⇨ Shenzhou VI



Direct TV ⇨ Zhai Zhigang : sortie de Shenzhou VII

*Lancement de Shenzhou V* ⇨



*Chang'e* ⇨

Toujours en 2008 la chine lance son **premier satellite autour de la Lune** !

Baptisé **Chang'e**, du nom d'une déesse de la mythologie chinoise, le satellite a été propulsé par un lanceur Longue Marche 3-A depuis la base de Xichang, dans le Sichuan.

*Lancement de Chang'e avec un lanceur Longue Marche 3-A* ⇨



Ce satellite de reconnaissance est la première étape d'un programme visant à envoyer un astronaute chinois sur la Lune vers 2020.



## Et maintenant le tourisme spatial !

Le tourisme spatial est le bien sûr réservé aux personnes particulièrement fortunées qui peuvent déboursier plusieurs millions pour participer à l'aventure spatiale. C'est donc avant tout une entreprise commerciale !



*Astronote "vendant" deux satellites récupérés par la navette ⇒  
En fait cette plaisanterie de l'astronote Dale A. Gardner concerne les satellites Palapa B-2 et Westar 6 qui, après avoir été lancés par Challenger en février 1984, ont été récupérés par Discovery en novembre suite à la défaillance de leurs moteurs.*

### Space Adventures,

Actuellement, la seule entreprise fournissant un tel service est **Space Adventures**, qui détient un contrat d'exclusivité pour quatre lancements jusqu'en 2007 avec l'Agence spatiale fédérale russe (FKA). Le prix d'un séjour est estimé à 20 millions de dollars.

A ce jour (2009) six touristes ont pris leur billet pour l'espace.

Le premier "touriste" : **Dennis Tito** : du 28 avril au 6 mai 2001.

Puis, par ordre chronologique : Mark Shuttleworth ; Gregory Olsen ; la **première femme touriste de l'espace** : l'américano-iranienne **Anousheh Ansari** ; Charles Simonyi et enfin Richard Garriott.

*Dennis Tito, premier touriste de l'Espace, à l'entraînement ⇒*



*Projet de mini navette ↕*

Eric C. Anderson (PDG de Space Adventures) va proposer des **vols suborbitaux** mais il envisage aussi la création de **deux aéroports spatiaux** et le lancement du **premier voyage privé sur la lune**.



*Le Spaceport ↕*

### Virgin Galactic

La société **Virgin Galactic** de **Richard Branson**, créée en 2004 propose quant à elle un **vol parabolique** à plus de 100 km d'altitude (limite théorique de l'Espace) à bord d'avions spatiaux de type **SpaceShipTwo** (de l'entreprise Scaled Composites), pouvant emporter 2 pilotes et 6 passagers payant dans un premier temps 200 000 dollars la place. Le prix devrait baisser vers les 30 000 à 40 000 dollars si le succès est au rendez-vous.

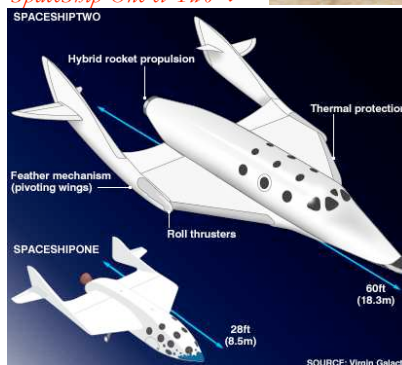
Le premier vol en automatique eut lieu en 2003. Puis, le 21 juin 2004, lors de son 15e vol, le pilote d'essai et astronaute **Mike Melvill**, a atteint l'altitude historique de 100,095 km effectuant ainsi **le premier vol privé dans l'espace**.



*WhiteKnight Two ↕*

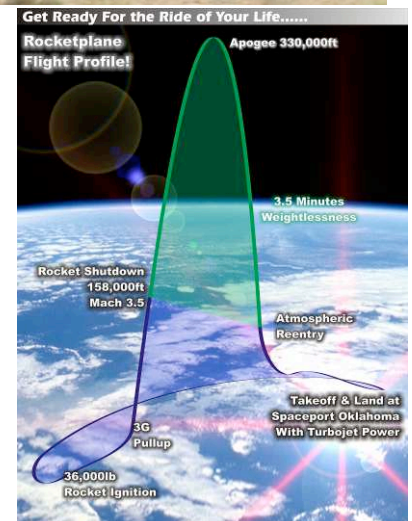
*SpaceShip One ⇒*

*SpaceShip One et Two ↕*



Le 4 octobre 2004, (date anniversaire du lancement du premier satellite dans l'espace *Spoutnik 1*), il a gagné le **Ansari X Prize** en effectuant un second vol spatial cinq jours après le premier, en brisant du même coup le record d'altitude (314 750 pieds) de l'avion-fusée américain X-15. *Le second vol devait être fait dans les deux semaines pour obtenir le prix.*

Le **WhiteKnight Two** est l'avion porteur du **SpaceShipTwo**, capable de le lâcher à une altitude proche de 50 000 pieds. Le premier exemplaire a effectué son premier vol le 21 décembre 2008 sur le Mojave Air & Spaceport.

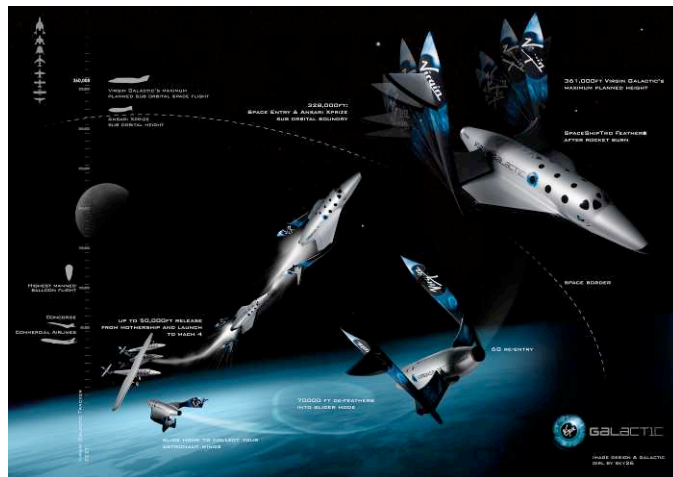


*Le vol parabolique ↕*





↑ WhiteKnight One portant SpaceShip One

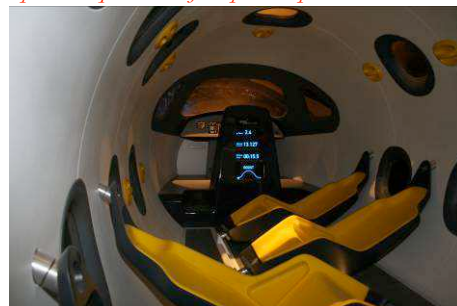


Le vol parabolique ↑ Projet SpaceShipTwo

## EADS Astrium

La société **EADS Astrium**, filiale du groupe EADS, a dévoilé en 2007 son projet de tourisme spatial. Un avion-fusée conçu par Astrium permettra à quatre passagers d'atteindre une altitude de plus de 100 km, pour un coût se situant entre 150 000 et 200 000 euros par personne. La durée du vol sera d'environ une heure et demie. Le premier vol pourrait avoir lieu en 2012.

Avion-fusée : projet EADS Astrium ⇨



## Les spationautes français

Treize spationautes français sont sélectionnés par le CNES entre 1980 et 1990. Neuf d'entre eux effectuent au moins un vol ; seize missions de spationautes français sont ainsi réalisées de 1982 à 2002, dont 13 directement organisées par le CNES.



Noms	Missions	Dates	Observations
Jean-Loup CHRETIEN	Soyouz T 6	24 06 au 02 07 1982	1er spationaute français - Saliout 7
Patrick BAUDRY	STS 51 G - Discovery	17 06 au 24 06 1985	-
Jean-Loup CHRETIEN	Soyouz TM 7	26 11 au 21 12 1988	2ème mission, Aragatz - 1 sortie EVA
Michel TOGNINI	Soyouz TM 15	27 07 au 10 08 1992	mission Antares
Jean-Pierre HAIGNERE	Soyouz TM 17	17 08 au 02 09 1996	mission Altair
Jean-François CLERVOY	STS 66 - Atlantis	03 11 au 14 11 1994	mission Atlas 3
Jean-Jacques FAVIER	STS 78 - Columbia	20 06 au 07 07 1996	-
Claudie ANDRE-DESHAYS	Soyouz TM 24	17 08 au 02 09 1996	mission Cassiopée
Jean-François CLERVOY	STS 84 - Atlantis	15 05 au 24 05 1997	2ème mission - jonction avec MIR
Jean-Loup CHRETIEN	STS 86 - Atlantis	18 09 au 06 10 1997	3ème mission - jonction avec MIR
Léopold EYHARTS	Soyouz TM 27	29 01 au 19 02 1998	station MIR
Jean-Pierre HAIGNERE	Soyouz TM 29	20 02 au 28 08 1999	2ème mission - Perséus - 1 sortie EVA
Michel TOGNINI	STS 93 - Columbia	23 07 au 28 07 1999	2ème mission - deux Français dans l'espace
Jean-François CLERVOY	STS 103 - Discovery	20 12 au 27 12 1999	3ème mission - ISS - 3 EVA
Claudie HAIGNERE	Soyouz TM 32	21 10 au 31 10 2001	2ème mission - ISS - Andromède
Philippe PERRIN	STS 111 - Endeavour	05 06 au 17 06 2002	ISS - 3 EVA - mission Le Petit Prince
Léopold EYHARTS	STS 122 - Atlantis	07 02 au 26 03 2008	2ème mission - arrimage de Columbus à l'ISS Retour STS 123 Endeavour





Le **spationaute** français **Jean-Loup Chrétien** est le premier Européen de l'Ouest, et donc le premier Français, dans l'espace en 1982. Il a volé trois fois en quinze ans !

↪ *Jean-Loup Chrétien*  
*Claudie Andre-Desbays – Haignere.* ↪

La première, et pour l'instant la seule, française à avoir voyagé dans l'espace est **Claudie Andre-Desbays – Haignere**.



## Les pays ou organisations lanceurs de satellite en 2009

Liste chronologique des pays ou organisation disposant de leur propre capacité de lancement d'un satellite :

1. **Union soviétique**, le 4 octobre 1957 avec le lancement de **Spoutnik-1** ;
2. **États-Unis**, le 1er février 1958 avec le lancement d'**Explorer 1** ;
3. **France**, le 26 novembre 1965, avec la Fusée **Diamant** qui lance **Astérix** ;
4. **Japon**, le 11 février 1970, grâce au lanceur à poudre **Lambda** ;
5. **Chine**, le 24 avril 1971, avec sa fusée **Long-Marche** ;
6. **Royaume-Uni**, le 28 octobre 1971, lors du lancement du satellite **Prospero** avec son lanceur **Black-Arrow** ;
7. **Europe**, le 24 décembre 1979 avec le lanceur **Ariane** de l'**ESA** ;
8. **Inde** rejoint le club le 18 juillet 1980 ;
9. **Israël**, le 19 septembre 1988, avec le lancement du satellite **Ofek-1** ;
10. et En 1993, suite au démantèlement de l'URSS, la **Russie** et l'**Ukraine** sont les deux seuls états "ex-soviétiques" à disposer de lanceurs.
11. La société **SPACE-X** réussit, le 28 septembre 2008, le tir d'un lanceur **Falcon 1** qui place une charge factice (165 kg) en orbite.
12. **Iran**, le 2 février 2009, avec le lancement du satellite **Omid** ;

## Chronologie des faits ayant marqué les vols habités de 1961 à 2009

Liste chronologique des événements marquant l'envoi d'un vol habité dans l'espace :

Date	Equipage	Vaisseau	Commentaire
12 avril 1961	Youri Gagarine	Vostok 1	Premier homme dans l'espace.
5 mai 1961	Alan Shepard	Mercury 3	Premier Américain dans l'espace (vol suborbital).
20 février 1962	John Glenn	Mercury 6	Premier vol orbital américain.
16 juin 1963	Valentina Terechkova	Vostok 6	Première femme dans l'espace.
19 juillet 1963	Joseph A. Walker	X-15 Flight 90	Premier avion dans l'espace.
23 août 1963	Joseph A. Walker	X-15 Flight 91	Première personne à voler pour la deuxième fois.
18 mars 1965	Alexei Leonov et Pavel Belyayev	Voskhod 2	Première sortie dans l'espace
16 juillet 1969	Neil Armstrong, Michael Collins , Buzz Aldrin	Apollo 11	Premiers pas de l'Homme sur la Lune (le 20 juillet 1969).
26 juillet 1971	David Scott, Alfred Worden et James Irwin	Apollo 15	Ont conduit la Jeep lunaire
12 avril 1981	John Young, Robert L. Crippen	STS-1, Columbia	Premier vol de la navette spatiale, test des systèmes
15 octobre 2003	Yang Liwei	Shenzhou 5	1er vol habité chinois
21 juin 2004	Mike Melvill	Space ShipOne - Vol 15P	<b>Premier vol spatial privé</b>
29 septembre 2004	Mike Melvill	SpaceShipOne - Vol 16P	1e vol concourant pour le Ansari X Prize
4 octobre 2004	Brian Binnie	SpaceShipOne - Vol 17P	2nd vol validant le <b>Ansari X Prize</b> .
12 octobre 2005	Fèi Jùnlóng et Niè H ishèng	Shenzhou 6	Second vol habité chinois.
25 septembre 2008	Zhai Zhigang , Liu Boming et Jing Haipeng	Shenzhou 7	Troisième vol habité chinois. Première sortie extra-véhiculaire chinoise.



## Commentaires sur cette édition ... revisitée !

### Remerciement destiné à Charles Morel et à sa famille.

Ce recueil d'événements historiques est un prolongement d'un premier travail réalisé par le Docteur Charles Morel.

Il était initialement destiné à sensibiliser les élèves préparant le BIA dans la région de Mende (Lozère) à l'histoire de l'aviation.

Je tiens à le remercier pour ce travail qui a servi de base à ce recueil et surtout à préciser que c'est bien son premier document qui m'a donné envie de me lancer dans cette aventure.

Après une numérisation du texte initial, j'ai donc tout d'abord simplement essayé de compléter au mieux et surtout d'illustrer son premier texte. J'ai parfois pris la décision d'apporter des rectifications qui seront, je l'espère, considérées comme judicieuses. Le document a pris progressivement du volume et s'est, petit à petit, vu ajouter quelques paragraphes.



*Première page de l'édition de Charles Morel*

Comme l'histoire ne s'arrête pas... une prolongation jusqu'en 2009 a été réalisée en prenant en compte la fin de vie du Concorde, la naissance de l'A380 ou l'évolution de la conquête spatiale (arrivée de la Chine... de l'Inde ...).

Mais la masse de documents qui avait été consultée a inévitablement créé l'envie de rajouter encore quelques chapitres. J'ai donc décidé de figer un premier travail avant de continuer à m'éloigner de la version initiale.

N'ayant pas la prétention d'être historien ni celle d'avoir inventé quoi que ce soit je vais donc continuer, sans aucune prétention, à développer ce document au gré de mon inspiration du moment ... Je me rends bien compte que derrière chaque personnage ou derrière chaque machine volante se dissimule tellement de richesse d'inventivité du cerveau humain que personne ne pourra rassembler toutes ces anecdotes qui font l'histoire dans un livre aussi volumineux soit-il.

Ce sera donc au gré de mes envies que viendront se greffer de nouvelles pages de cette histoire.

Si vous êtes un élève préparant le BIA il faudra peut-être retenir quelques noms, surtout ceux qui sont mis en avant dans les titres ou par une typographie enrichie, et quelques dates... sans s'aventurer sur les traces des machines trop exotiques surtout si elles n'ont pas débouché sur une avancée technique utilisée à l'époque.

### Copyright et images !

Pour illustrer ces textes il a bien fallu trouver des photos... La source la plus intéressante m'a semblé être internet. J'ai donc copieusement téléchargé des images sans me préoccuper de leur provenance.

J'en ai retouché, recadré ou modifié quelques unes ... mais la plupart ont été copiées sans modification. Sachant que ces images étaient facilement accessibles et compte tenu du fait que cet ouvrage est réalisé sans but lucratif cela ne m'a pas paru poser de problème.

Toutefois... si vous découvrez que j'ai utilisé par inadvertance une image qui peut générer des droits d'auteurs il vous suffira de me contacter au travers du portail académique de Montpellier :

**Gérard Pujol**    *Formation aéronautique (DAFA),*    *Académie de Montpellier*

en me précisant bien quelle est l'image à retirer ! La modification sera réalisée dans les plus brefs délais.

*Gérard Pujol*



# Sources : bibliographie et internet

Je reporte ici quelques références documentaires et bien sûr quelques liens internet.  
Pour les problèmes de copyrights se reporter à la page précédente.

## Bibliographie

Titre	Auteur	Editeur
Histoire de l'aviation	Edmond Petit	Que sais-je
Histoire de l'aviation	René CHAMBE	Flammarion
Chronique de l'aviation	Edouard Chemel	Editions Chronique

## Quelques liens Internet

<http://fandavion.free.fr>

<http://fr.wikipedia.org>

[http://www.thenorthspin.com/page\\_official\\_usaf\\_pastjet.html](http://www.thenorthspin.com/page_official_usaf_pastjet.html) Super banque d'images !

<http://website.lineone.net/~roling48/index.htm>

<http://prototypes.free.fr>

<http://www.gamekult.com/forum>

<http://anciens-cols-bleus.net/histoires-et-histoire-f37/les-histoires-de-bonnerue-t1990-140.htm#41233>

<http://bleriot.blog4ever.com>

<http://avia-dejavu.net>

<http://aviation-militaire.oldiblog.com/>

<http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/Displays/index.html>

<http://avions.legendaires.free.fr/accueil.php>

<http://www.ajbs.fr/musee4.php>

<http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/index.html>

<http://www.military-aircraft.org.uk/index.htm>

<http://www.ukairshows.info/wallpapers/index.html>

Une chronologie année par année (difficile d'accès mais une fois trouvée on ne peut plus s'en passer !)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/1932\\_en\\_a%C3%A9ronautique](http://fr.wikipedia.org/wiki/1932_en_a%C3%A9ronautique)

Une chronologie de la conquête de l'espace

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Conqu%C3%AAte\\_de\\_l%27espace#Des\\_grandes\\_dates](http://fr.wikipedia.org/wiki/Conqu%C3%AAte_de_l%27espace#Des_grandes_dates)

Une collection d'inventeurs d'originalités

<http://inter.action.free.fr/pantheon/index.html>

Des infos mais surtout des images extraordinaires sur le F35 ADAV

<http://www.jsf.mil/>

Une chronologie simple et efficace :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie\\_de\\_l%27a%C3%A9ronautique#Ann.C3.A9es\\_1910](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_de_l%27a%C3%A9ronautique#Ann.C3.A9es_1910)

D'autres chronologies :

[http://www.ac-orleans-tours.fr/aero-scolaire/histoire\\_de\\_l%27aviation\\_et\\_de\\_l%27espace.htm](http://www.ac-orleans-tours.fr/aero-scolaire/histoire_de_l%27aviation_et_de_l%27espace.htm)

<http://membres.lycos.fr/derpanzerwolf/aviation/Chronologie.htm>

De vrais photos anciennes sur :

<http://www.firstworldwar.com/photos/aviation.htm>

De l'astronomie

<http://www.astrocosmos.net/article/voyager.htm>

# Index

\*

\* 13

1

1 000 km	18
14 bis	10
1678	3
17 décembre 1903	9
1742	3
1782	3
1783	3, 4, 5
1784	4
1785	4, 5
1794	5
1821	4
1852	6, 7
1856	3
1870	5
1884	6
1890	8
1898	6
19 août 1913	16
1901	6, 10
1903	10
1904	10
1905	10
1906	10
1907	11
1908	11
1909	12
1910	6, 12
1911	14
1912	15
1913	16
1914	19
1915	19
1916	19
1917	20
1918	20
1919	27
1921	28
1922	28
1923	29
1924	29
1925	30
1926	30
1927	30
1928	32
1929	32
1930	32
1931	33
1932	33
1933	33
1934	34
1935	35
1936	36
1937	6
1938	37
1939	38
1999	5
1er mars 1912	15

2

20 juillet 1969	89
21 Mai 1927	31
22 octobre 1797	15
23 Octobre 1906	10
25 Juillet 1909	12
28 mars 1910	14

5

5 octobre 1914	19
----------------	----

6

6 Août 1945	52
-------------	----

7

7 Décembre 1941	49
-----------------	----

A

<i>accident de challenger</i>	90
ADAC	70
ADAV	68
ADER	8
Adolphe Pégoud	<i>Voir</i> Pégoud
Adrienne BOLLAND	28
aérobis	14
Aéroflot	39
Aéronavale	13
Aéropostale	7
aéropostale	32
AÉROPOSTALE	41
ailerons	10
Air France	43
Airbus 319	61
Airbus 340	61
Airbus 380	61
Airbus A380	53
Airbus A400M	72
Air-France	40, 41
Akoya	82
Alan Shepard	88
Albert Berry	<i>Voir</i> Berry
Albert C. Read	27
Alouette-2	77
altimètre	31
Amelia Earhart	32
André Garnerin	<i>Voir</i> Garnerin, <i>Voir</i> Garnerin
anémomètre	15
Anousheh Ansari	98
Ansari X Prize	98
Antoine de Saint-Exupéry	42
Antoinette	10, 11
Antoinette IV	12

<i>Antonov An-225</i>	71
<i>Antonov An-70</i>	71
Antony Fokker	23
Apollo	89
<i>Apollo 10</i>	74
<i>Apollo XI</i>	89
<i>Apollo-Soyouz</i>	93
<i>Appollo XVII</i>	89
<i>Ariane</i>	90
Ariane 5	90
<i>Ariane V</i>	90
Armstrong	89
Armstrong Neil	89
Arrachart et Lemaitre	30
Arthur Whitten Brown	27
Astazou	77
Asterix	90
<i>Astérix</i>	90
Atlantis	89, 92
Auguste Piccard	33
autogyres	75
AV-8B Harrier	<i>Voir</i> Harrier
aviation solaire	80
Avion	8
<i>avion à réaction</i>	13
avion à turbine	13
Avion N° 3	8
avion nucléaire	83
AVRO	16
<i>Avro Lancaster</i>	51
<i>Avro Vulcan</i>	60

B

B 26	50
B 52	72
B-17	41
<i>B-2 Spirit</i>	67, 68
<i>B-24 Liberator</i>	38
<i>B-24 Liberator</i>	51
<i>B-25 Mitchell</i>	49
B-29 "Enola Gay"	52
<i>B29 Flying Superfortress</i>	52
Badin	15, 26
ballon dans la stratosphère	33
ballon gonflé à l'hydrogene	4
Balzac V	69
baron anglais CAYLEY	7
Baron anglais Cayley	<i>Voir</i> Baron d'Odkolek
<i>Baron d'Odkolek</i>	16
bataille d'Angleterre	48
Bébé	<i>Voir</i> Nieuport
Bell 47	76, 77
Bell X-1	55
Bell X5	65
<i>Bell-XP-59</i>	55
<i>Beluga</i>	61
Berliner	75
Berry	15
Bertrand Piccard	5
Besnier	3

biplan	13
<i>Biplan</i>	13
Blanchard	4, 5
Blanchard traverse la Manche	4
Blériot	11
Bleriot XI	12
<i>Bloch 210</i>	44
<i>Boeing 707</i>	53
<i>Boeing 787</i>	61
<i>Boeing à hydrogène</i>	82
<i>Boeing B-17</i>	47
<i>Boeing B-17 Flying Fortress</i>	35
Boeing Pelican ULTRA85	85
Boeing V-22 Osprey	69
Boeing-247	34
<i>Boeing-707</i>	59
<i>Boeing-727</i>	59
<i>Boeing-747</i>	59
<i>Boeing F18 Super Hornet</i>	66
bombardements	21
bombardier en piqué	35
<i>Bombardiers Mitsubishi</i>	47
<i>Bourane</i>	89, 90
Breguet	14
Breguet 19	31
<i>Breguet 19 super bidon</i>	30
<i>Breguet 1912</i>	15
<i>Breguet 1913</i>	17
<i>Bréguet 5</i>	22
Bréguet 941	70
Breguet XIX	32
Breguet-19	30
<i>Bréguet-Michelin B2</i>	22
Bréguet-Renault 19A2	30
<i>Breiting Orbiter-III</i>	5
Brian Jones	5

C

C.N.E.S.	90
<i>C-130 Hercules</i>	71
<i>C-141 Starlifter</i>	71
<i>C-160 Transall</i>	<i>Voir</i> Transall
<i>C-450 coléoptère</i>	68
<i>C47 "Dakota"</i>	50
<i>C-5A Galaxy</i>	71
<i>Canadair</i>	63
canard	13
<i>Canard</i>	13
capitaine Faure	21
<i>Caquot</i>	25
<i>Caravelle Sud Aviation</i>	59
Cassini	95
Cassini-Huygens	95
Caudron	19
<i>Caudron C 230 "Lucciole"</i>	40
Caudron G3	28
<i>Caudron G4</i>	21
<i>Caudron Simoun</i>	43
Cayley	6
CAYLEY	7
Centurion	81



cerf-volant	3
<i>Cervia</i>	75
<i>Cessna 188 "épandage"</i>	63
<i>Cessna Citation</i>	62
<i>Challenger</i>	89
<i>Chance Vought F4U Corsair</i>	47
<i>Change</i>	97
Charles	4
Charles Lindberg	31
Charles Lindbergh	28
Charles Renard	6, 75
Chavez	12
Chinois	3
<i>Chrétien Jean-Loup</i>	100
Christian Chavez	12
<i>Chuck YEAGER</i>	56
<i>Cirrus</i>	62
<i>Claudie Andre-Desbays - Haignere</i>	100
Clément Ader	7
Clément ADER	8
Cobra	65
Columbia	89, 90
combat aérien	19
<i>Comet De Havilland</i>	58
Compagnie des messageries aériennes	43
Comte-de-La-Vaulx	32
<i>Concorde</i>	53, 60, 73, 86
Constantin Rozanoff	56
contournait la Tour Eiffel	6
contrôleur de vol	31
<i>Convair NB-36H</i>	83
Convair XFY-1 Pogo	68
Cornu	11
Costes et Bellonte	32
Costes et Le Brix	31
Coupe Gordon Bennett	18
course Londres-Melbourne	34
Couzinnet 71	33
<b>CRASH du Concorde</b>	60
Croix du sud	36
Curtiss NC 4	27
<i>Curtiss P-40</i>	47
Curtiss P-40 Warhawk	37
Curtiss Pusher	13
<i>Curtiss R6</i>	29

## D

<b>Daedalus</b>	83
<i>Dassault Mystère IV</i>	56
<i>DC 4</i>	58
<i>DC 6</i>	58
DCA	25
De Gaulle	48
<i>De Havilland (DH-4)</i>	22
<i>De Havilland Canada DHC-2 Beaver</i>	70
De Havilland DH.84 Dragon	33
<i>De Havilland Vampire</i>	56
de Laroche	12
Demoiselle	14
Dennis Tito	98
<i>Deperdussin</i>	17, 18
Descartes	3
Dewoitine D.520	37

Diamant-A	90
Didier Daurat	39, 43
Dieudonné Costes	30
dirigeables	6
<i>Discovery</i>	74, 86, 89
dispositifs hypersustentateurs	15
<i>Dong Fang Hong</i>	97
<i>Doolittle</i>	49
Dornier Do-X	84
<i>Douglas DC 8</i>	59
Douglas DC-2	34
<i>Douglas DC-3</i>	35
Douglas DC-4	37
<i>Douglas Invader A 26</i>	49
Drachen	25

## E

EADS	99
<i>EADS Astrium</i>	99
<i>Ecranoplane : le KM</i>	84
Élisabeth Tible	4
<i>Ely</i>	13
Émile Dewoitine	43
Endeavour	89, 90
Enrico Forlanini	75
Ente	54
Enterprise	89
<i>Eole</i>	8
Esnault-Pelterie	10, 11, Voir Esnault-Pelterie, Voir Esnault-Pelterie
<i>Étendard IV</i>	57
<i>Eurocopter Tigre</i>	Voir Tigre
<b>Eurocopter X3</b>	79

## F

<i>F 14 "Tomcat"</i>	65
<i>F-117 Night Hawk</i>	67, 68
<b>F-15</b>	67
<i>F16 X</i>	66
<i>F18 Super Hornet</i>	66
<b>F-22</b>	67
<b>F-22 Raptor</b>	67
<i>F-4F Phantom</i>	64
<i>F6F Hellcat</i>	47
<b>F-8F Bearcat</b>	74
Fabre	14
Fairey III-D	28
<i>Falcon 2000</i>	62
Farman	11, 12, 19
Fat Man	52
Félix Nadar	75
Ferber	10
<i>Fieseler Fi 156 "Storch"</i>	70
<i>Fieseler Storch</i>	45
finesse	26
Fleurus	5
Florentin Bonnet	29
Flyer	9
Focke	76
<i>Focke-Wulf Fw 190</i>	38, 45
<i>Focke-Wulf Triebflügel</i>	68
<i>Fokker</i>	17, 19
<i>Fokker 1912</i>	15
<b>Fokker F 12</b>	39

Fokker Liberty	29
Fokker T-2	29
Fonck	24, 30
Fou volant	31
Fourny	18
<i>Franck Whittle</i>	36
Frank Whittle	54
Frantz et Quesnault	19
<i>FS-8</i>	85
Fusée	19
<i>fusée Diamant-A</i>	90
<i>Fusée Longue Marche</i>	97

## G

Gabriel Voisin	11
<i>Gagarine</i>	88
<i>Galileo</i>	87
Gambetta	5
Garnerin	15
gaz d'éclairage	4
<b>Gee Bee R-1</b>	33
Gemini	89
Général Roques	13
George Cayley	75
Georges Legagneux	18
<i>Gipsy Moth</i>	40
<i>Giroplane-Laboratoire</i>	76
Glenn	89
<i>Glenn John</i>	89
Gloster Gladiator	34
<i>Gloster-E 28-39</i>	54
<i>Gloster-Météor</i>	55
<b>Gossamer Albatross</b>	83
Gossamer Condor	82
<i>Gossamer Penguin</i>	80
Gotha	20
Graf-Zeppelin	6
Grand Prix Michelin	14
Grosvenor House	34
<i>Gruman F6F Hellcat</i>	47
<i>Grumann X-29A</i>	67
<i>Grumman F3F</i>	35
Guernica	36
Gustave Eiffel	13
Guynemer	24
gyrodyne	79
gyroscope	31

## H

<b>HALE</b>	81
<i>Handley Page V</i>	20
Harrier	68, 69
<i>Hawker Hurricane</i>	35
<b>Hawker Siddeley Harrier</b>	69
<i>Hawker Tempest</i>	51
<i>Hawker Typhoon</i>	51
<i>Heinkel HC-112</i>	36
<i>Heinkel He 111</i>	35
<i>Heinkel He 177</i>	38
<i>Heinkel He 178</i>	38, 54
<i>Heinkel-111</i>	46
hélice	2, 7
hélicoptère	2, 11
<i>Hélicoptère Dauphin</i>	74
<i>Hélicoptère Lama</i>	74
<i>Helios</i>	81

<i>Helios 2</i>	74
héliosphère	94
hélium	6
Henri Coanda	54
Henri Coandă	13
Henri Fabre	14
Henri Farman	11, Voir Farman
Henri Guillaumet	43
Henri Péquet	Voir Péquet
<i>Hermès</i>	89, 90
Hindenburg	6
Hiroshima	52
Hitler	48
Howard Hughes	37, 84
<i>Hubble (HST)</i>	86
Hubert Latham	12
<i>Hughes H-4</i>	84
Hugo Junkers	19
<i>Hurricane</i>	44
Huygens	95
<i>Hy-bird</i>	82
hydravions	23
hydrogene	4
hydrogène	6

## I

Igor Sikorsky	76
Imperials-Airways	40
indicateur de vitesse	31
ISS	86, 92, 93

## J

Jean loup Chrétien	91
Jean Mermoz	33, 42
Jean-Loup CHRETIEN	99
<i>jeep lunaire</i>	89
Jiuquan	97
<i>Jodel</i>	62
John Glenn	89
John William Alcock	27
Jones	5
Ju 87 Stuka	35
Juan de la Cierva	Voir Cervia, Voir Cervia
Jules Verne	5
Junker J1	19
<i>Junker-87 "Stuka"</i>	46
<i>Junker-88</i>	46
Junkers 52	36

## K

K.L.M.	40
<b>Kamikaze</b>	51
Kennedy	89
km en circuit fermé	11
Kourou	90

## L

<i>L-325 Flarecraft</i>	85
<b>La France</b>	6
<i>L'accident du Hindenburg</i>	6

<i>Laika</i> .....	88
<i>Lakehurst</i> .....	6, 36
Lalande .....	3
Lama .....	74
L'Arc-en-ciel .....	33
Laté 28, .....	32
L'avion solaire .....	80
le Bolchoï .....	17
Le Bris .....	3
Le Brix .....	30
<i>Le Harrier</i> .....	58
<i>Le Lexington</i> .....	46
le monstre de la Caspienne .....	84
Le Prieur .....	25
Le Vieux Charles .....	24
<i>Leduc 010</i> .....	57
Legagneux .....	18
Léonard de Vinci 2, 15, 75	
<b>les frères Montgolfier</b> .....	3
<i>l'escadrille des cigognes</i> .....	24
liaisons radio air-sol .....	13
libellule .....	13
<i>Libellule</i> .....	13
Lieutenant-de-vaisseau- Paris .....	38
<i>Lightning P 38</i> .....	49
Lignes Aériennes Latécoère .....	39
<b>LILIENTHAL</b> .....	8
<i>Lindbergh</i> .....	31
<i>Lippisch Ente</i> .....	54
Lisa Airplanes .....	82
<i>Little Boy</i> .....	52
<i>Lockheed C-130 Hercules</i> . Voir C130 .....	
<i>Lockheed Constellation</i> .....	58
<i>Lockheed Electra</i> .....	32
<i>Lockheed F-22 Raptor</i> .. Voir F22 .....	
<i>Lockheed F-35B</i> .....	69
<i>Lockheed L-10 Electra</i> .....	34
<i>Lockheed Martin F-117 Night Hawk</i> .. Voir F117 .....	
<i>Lockheed P-38 Lightning</i> .....	38, 42
<i>Lockheed SR-71 Blackbird</i> .....	65
<i>Lockheed U-2</i> .. Voir U-2 .....	
<i>Lockheed XFV-1</i> .....	68
Loi de Kepler .....	87
<i>Loi des aires</i> .....	87
looping .....	17
l'Opel Sander Rack-1, .....	54
Loti et Lefèvre .....	32
Louis Blériot .....	11, Voir Blériot .....
Louis Breguet .....	11, 75
Louis Charles Breguet .....	43
Louis Letur .....	7
Lufthansa .....	39
Lun .....	84
<i>Luna 3</i> .....	93
<b>LZ 127</b> .....	6
<i>LZ-127</i> .....	37
<i>LZ-129</i> .....	37
<b>LZ-129 Hindenburg</b> .....	36

## M

major Martin, .....	30
---------------------	----

manche à balai .....	10
<b>Manfred Von Richtoffen</b> ..... Voir Von Richtoffen .....	
Marcel Prévost .....	18
Marco Polo .....	3
Mariner 4 .....	95
Marquis d'Arlandes .....	4
Marquis de Bacqueville .....	3
<i>Mars 3</i> .....	96
<b>Mars Exploration Rover</b> .....	96
<i>Mars Odyssey</i> .....	96
<b>Mars Reconnaissance Orbiter</b> .....	96
<b>Me 209</b> .....	37
<i>Me 262</i> .....	54
<b>Me-209</b> .....	74
meetings .....	26
Mercury .....	88, 89
Mermoz .....	32
<i>Messerschmitt Bf 109</i> .....	38
<i>Messerschmitt-109</i> .....	45
<i>MétéoSat</i> .....	86
Meunier .....	5
Midway .....	50
<i>Mig 23</i> .....	65
<i>Mig 25 FoxBat</i> .....	73
<i>Mig 29</i> .....	66
<i>Mig 31 Foxhound</i> .....	73
<b>MiG-27</b> .....	65
Mike Melvill .....	98
<i>Mil Mi-12</i> .....	78
<i>Mil Mi-6</i> .....	78
Mir .....	86, 92
<b>MIR</b> .....	86, 91, 92
<b>Mirage G8</b> .....	65
<i>Mirage III</i> .....	57
<i>Mirage III V</i> .....	69
<i>Mirage IV</i> .....	58
<i>Mirages G8</i> .....	65
missiles de croisière .....	64
<i>Mitsubishi A6M Zero</i> .....	38
<i>Mitsubishi Zero</i> .....	47
monobloc .....	14
monoplan .....	13, 26
monoplans .....	11
<b>MONTGOLFIER</b> .....	4
<b>Morane</b> .....	19, Voir <i>Morane Saulnier C</i> .....
<i>Morane Saulnier type L</i> .....	21
<i>Morane-Saulnier 406</i> .....	44
<i>Morane-Saulnier MS.405</i> .....	35
<b>Morane-Saulnier type H</b> .....	16, 17
moteur en étoile Gnome .....	16
moteur fusée .....	36
mur du son .....	55

## N

<b>N.A.S.A.</b> .....	88
<b>NACA</b> .....	33
Nagasaki .....	52
navette spatiale .....	74
navettes spatiales .....	89
Neptune .....	94
Nieuport .....	19
<i>Nieuport 11 "Bébé"</i> .....	19
<i>Nieuport 16</i> .....	25

<i>Nieuport IV</i> .....	18
<i>Nieuport XI</i> .....	22
<b>Nieuport-Delage</b> .....	29
<b>Non Stop Coast to Coast</b> .....	29
<i>Normandie Niemen</i> .....	48
<i>Northrop B-2 Spirit</i> .. Voir B-2 .....	
<b>Nungesser</b> .....	24
<b>Nungesser et Coli</b> .....	30, 31

## O

<b>Octave Chanute</b> .....	9
<b>Oiseau Canari</b> .....	32
<b>Oiseau-Blanc</b> .....	30
<b>Okinawa</b> .....	51
<i>Omaha Beach</i> .....	50
<i>Opel Sander Rack-1</i> .....	54
<i>Opportunity</i> .....	96
orbite géostationnaire .....	87
orbites .....	87
orbites elliptiques .....	87
<i>Oriskany CV-34</i> .....	49
<b>Osprey</b> .....	78
<i>Osprey MV-22</i> .....	78

## P

<i>P-51 Mustang</i> .....	47
<b>Pan-Am</b> .....	39
parachute .....	2
parachutistes .....	48
<b>Pathfinder</b> .....	89
<i>Pathfinder Plus</i> .....	81
patrouille de vol acrobatique .....	15
<b>Paul Cornu 75</b> . Voir <i>Cornu</i> .....	
<b>Paul W Tibbets</b> .....	52
<b>Pearl-Harbor</b> .....	49
Pégoud .....	15, 16
Pennsylvania .....	13
<b>Péquet</b> .....	14
<i>Phoenix</i> .....	96
photographie aérienne .....	21
<b>Piccard</b> .....	5
<b>Pierre Closterman</b> .....	51
<b>Pierre Latécoère</b> .....	41
<b>Pilatre de Rozier</b> .....	4, 5
<i>Pilatus PC 6 Porter</i> .....	70
pilote automatique .....	15
<b>Pioneer 10</b> .....	94
<i>Pioneer 10 et 11</i> .....	90
<i>Piper J-3 Cub</i> .....	70
plus gros hélicoptère .....	78
<b>Point d'interrogation</b> .....	30
<b>Point d'Interrogation</b> .....	32
porte-avions .....	26, 46
<b>Potez 25</b> .....	43, 62
<i>Potez 36</i> .....	40
<i>Pon-du-ciel</i> .....	35
premier appontage .....	13
<b>Premier atterrissage entièrement automatique</b> .....	36
premier avion entièrement métallique .....	19
<b>premier Chinois de l'Espace</b> .....	97
premier dirigeable .....	6

premier hydravion .....	14
premier meeting aérien .....	12
premier saut en parachute .....	15
premier tour du monde .....	30
premier vol .....	8
premier vol privé dans l'espace .....	98
première catastrophe aérienne .....	5
première poste aérienne .....	14
première traversée de la Manche en dirigeable .....	6
premiers à avoir franchi l'Atlantique en avion .....	27
premiers sauts en parachute à partir d'un avion .....	16
pressurisation des cabines .....	26
<b>Prévost</b> .....	18
<b>prix du Daily Mail</b> .....	27
Prix Kremer .....	83
<b>Programme Apollo</b> .....	89
<b>Programme Gemini</b> .....	89
<b>Programme Mercury</b> .....	88, 89
<b>Programme Vanguard</b> .....	88
<b>Programme Vostok</b> .....	88
<i>projet Hermès</i> .....	89
<b>Proton</b> .....	91

## R

<b>R.A.F.</b> .....	15
<b>R34</b> .....	28
radar .....	35, 48
<i>Rafale</i> .....	58, 66
<b>Rateau</b> .....	26
ravitaillement en vol .....	26
<b>Raymond Saulnier</b> .....	23
<b>Raymonde de Laroche</b> ..... Voir Laroche .....	
reconnaissance .....	21
record d'altitude .....	18, 74
record de distance .....	18
<b>Record de distance</b> .....	79
record de temps de vol .....	18
record de vitesse .....	74
<b>Record de vitesse</b> .....	79
<b>Record de vitesse des avions à moteur à piston</b> .....	37
record du monde d'altitude .....	81
record mondial de vitesse .....	72
<b>René Dorant</b> .....	75
<b>René Leduc</b> .....	57
<b>Richard Branson</b> .....	98
<b>Robert Watson</b> .....	48
<b>Rockwell B-1</b> .....	65
<b>Roland Garros</b> .....	14, 16, 23
<b>Ryan</b> .....	31
<i>Ryan X-13 Vertijet</i> .....	68

## S

<b>Saab Draken</b> .....	66
<i>Saab Drakken</i> .....	66



<b>Sacadura Cabrai</b> .....	28
<b>Sadi Leconte</b> .....	29
<i>Saint Louis du Sénégal</i> .....	41
<i>Saliout 1</i> .....	91
<i>Saliout 6</i> .....	91
<i>Saliout 7</i> .....	91
<b>Saliout-1</b> .....	91
<b>Salon de l'Aviation</b> .....	13
<b>Santos-Dumont</b> .. 6, 10, 14	
<i>Saturne</i> .....	94
<b>Saturne V</b> .....	89
<b>Saucisse</b> .....	25
<i>Savoia Marchetti S.79</i> .....	46
<b>Scott</b> .....	28
<b>sesquiplan</b> .....	29
<i>Shallow DH-108</i> .....	56
<b>Shenzhou 5</b> .....	97
<b>Shenzhou VI</b> .....	97
<b>Shepard</b> .....	88
<i>Shepard Alan</i> .....	88
<i>Shuttle</i> .....	88
<i>siège éjectable</i> .....	16
<b>Sikorsky</b> .....	17, 76
<b>Sikorsky HH-3</b> .....	77
<i>Sikorsky S-60 "grue"</i> .....	63
<b>Sikorsky X2</b> .....	79
<b>Skylab</b> .....	91
<i>SO 6000 Triton</i> .....	56
<i>SO 6020 "Espadon"</i> .....	56
<i>SoHO</i> .....	95
<i>Solar Challenger</i> .....	80
<i>Solar Impulse</i> .....	81
<i>Soleil</i> .....	95
<i>SoLong</i> .....	81
<b>Soyouz</b> .....	91
<i>Soyouz 11</i> .....	91
<i>Soyouz 19</i> .....	93
Space Adventures .....	98
<i>SpaceShip One</i> .....	98
<b>Spad</b> .....	19, 21

<i>Spad VII</i> .....	24
<b>Spirit</b> .....	96
<b>Spirit of Saint-Louis</b> .....	31
<b>Spirit of St Louis</b> .....	28
<i>Spitfire</i> .....	44
<i>Spot-5</i> .....	87
<b>Spoutnik</b> .....	88
<b>SR 71 Blackbird</b> .....	65
<i>SR-71 Blackbird</i> .....	65, 73
<b>stato-réacteur</b> .....	57
<i>Su 27</i> .....	66
<i>Sukleboï 47</i> .....	67
<i>Sukleboï Su 27</i> .....	66
<i>Sunseeker</i> .....	80
<i>Super-Constellation</i> .....	53
<b>Supermarine S.6B</b> .....	33
Supermarine Spitfire .....	36
survole les Alpes .....	12

## T

<b>Terre</b> .....	86
<i>Thunderbolt</i> .....	49
<b>Tiger Moth</b> .....	33
<i>Tigre</i> .....	68
<b>tir à travers l'hélice</b> .....	23
<b>tirer à travers l'hélice</b> .....	22
<b>Titan</b> .....	94, 95
<i>tour du monde</i> .....	5, 6
<b>tour du monde aérien</b>	
avec escales .....	30
<b>tour du monde en ballon</b>	
et sans escale .....	5
<b>train rentrant</b> .....	26
<i>Transall</i> .....	71
<b>traverse la Méditerranée</b>	
.....	16
<b>traversée de la MANCHE</b>	
.....	12

<b>traversée sans escale de</b>	
l'Atlantique-Nord .....	27
<b>triplan</b> .....	13
<i>Triplan</i> .....	13
<b>triplan Fokker</b> .....	24
<i>Tu-95 LAL</i> .....	84
<i>Tupolev 144 "Concordski"</i> .....	60
<i>Tupolev TU-104</i> .....	59

## U

<i>U-2</i> .....	64
<b>Uranus</b> .....	94
<i>USS Arizona</i> .....	49
<b>USS Birmingham</b> .....	Voir
<i>USS West Virginia</i> .....	49

## V

<b>V-1</b> .....	50
<b>V-2</b> .....	50
<b>V-22 Osprey</b> .....	69
<b>variomètre</b> .....	26
<i>Vicker Viscount</i> .....	58
<b>Vickers Vimy IV</b> .....	27
<i>Vickers-Wellington</i> .....	45
<b>Virgin Galactic</b> .....	98
Voisin .....	10, 11, 19
<b>Voisin à hélice propulsive</b>	
.....	22
<i>Voisin type 3</i> .....	22
<i>Voisin type 5</i> .....	22
<b>vol musculaire</b> .....	82
<b>voler de nuit</b> .....	13
<b>volets</b> .....	15
<b>voltige</b> .....	17, 26
<b>voltige aérienne</b> .....	15
<b>Von Richtoffen</b> .....	24
<b>Vostok</b> .....	88

<i>Voyager 1</i> .....	94
<b>Voyager 1 &amp; 2</b> .....	94
VTOL .....	Voir ADAV

## W

<b>Walter Hinton</b> .....	27
<b>WhiteKnight</b> .....	98
<i>WhiteKnight Two</i> .....	98
<b>WIG</b> ( <i>Wing In Ground effect</i> )	
.....	84
<b>Wright</b> .....	7, 11
<b>WRIGHT</b> .....	9

## X

X 13	
<i>X-114</i> .....	85
<b>X-15</b> .....	73
<i>X-43 A</i> .....	72
<b>X-43A Scramjet</b> .....	72

## Y

<i>Yak</i> .....	48
<i>Yak-38</i> .....	69
<b>Yak-38 Forger</b> .....	69
<i>Yang Liwei</i> .....	97
<b>Youri Gagarine</b> .....	88

## Z

<i>Zarya</i> .....	93
<i>Zephyr</i> .....	81
<b>Zeppelin</b> .....	6
Zeppelin .....	6
<b>Zeppelin NT</b> .....	74

# TABLE DES MATIÈRES

<b>DE L'ANTIQUITÉ AU DÉBUT DU XXI<sup>ème</sup> SIÈCLE Du rêve jusqu'aux premières tentatives...</b>	<b>2</b>
<b>LE CHOIX DU "PLUS LÉGER QUE L'AIR" .....</b>	<b>4</b>
LES BALLONS À AIR CHAUD... OU MONGOLFIÈRES .....	4
LES BALLONS À GAZ .....	4
LES BALLONS DIRIGEABLES .....	5
<b>LES TEMPS HÉROÏQUES (1890 -1913) .....</b>	<b>7</b>
LES PREMIERS VOLS .....	7
QUATRE GRANDES FIGURES .....	8
Otto LILIENTHAL .....	8
Clément ADER .....	8
Orville et Wilbur WRIGHT .....	9
<b>LES PREMIERS VOLS DE PLUS DE 24 HEURES et les PREMIERS RECORDS .....</b>	<b>10</b>
1901 - 1903 .....	10
1904 - 1905 .....	10
1906 .....	10
1907 .....	11
1908 .....	11
1909 : .....	12
1910 .....	12
1911 .....	14
1912 .....	15
1913 .....	16
Les avions des records .....	18
<b>LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE (1914-1918) .....</b>	<b>19</b>
LA DÉCOUVERTE DE L'ARME AÉRIENNE 1914 .....	19
1915 .....	19
1916 .....	19
1917 - 1918: .....	20
LES FORCES EN PRESENCE EN 1914 .....	20
LES MISSIONS AERIENNES .....	21
<i>Les reconnaissances</i> .....	21
<i>Le bombardement stratégique</i> .....	22
<i>La chasse</i> .....	22
L'EVOLUTION DES ESCADRILLES ET DES APPAREILS .....	23
LES HOMMES .....	23
LA CHASSE A LA SAUCISSE .....	25
<b>ENTRE DEUX GUERRES (1919-1939) .....</b>	<b>26</b>
LES PROGRES TECHNIQUES .....	26
L'EXPLORATION DU GLOBE ET LES GRANDS RAIDS (1921-1930) .....	27
1919 : <i>La conquête de l'atlantique... 8 ans avant Lindbergh !!!</i> .....	27
1921 .....	28
1922 .....	28
1923 .....	29
1924 .....	29
1925 .....	30
1926 .....	30
1927 .....	30
1928 .....	32
1929 .....	32
1930 .....	32
<i>Après les exploits, la construction de l'aviation moderne.(1931- 1939)</i> .....	33
1931 .....	33
1932 .....	33
1933 .....	33



1934.....	34
1934.....	34
1935.....	35
1936.....	36
1937.....	36
1938.....	37
1939.....	38
NAISSANCE DE L'AVIATION MARCHANDE. LES COMPAGNIES AERIENNES .....	39
Un petit voyage en Fokker F 12 de la KLM dans les années 30... ..	39
En France .....	40
En ANGLETERRE, .....	40
En Allemagne .....	40
L'AVIATION DE TOURISME.....	40
LE SERVICE POSTAL ET L'AÉROPOSTALE .....	41
QUELQUES GRANDES FIGURES DE CETTE ÉPOQUE .....	42
Jean Mermoz.....	42
Antoine de Saint-Exupéry.....	42
Didier Daurat : .....	43
Henri Guillaumet.....	43
<b>LA DEUXIEME GUERRE MONDIALE (1939-1945) .....</b>	<b>44</b>
LES ARMÉES DE L'AIR EN 1939 .....	44
L'Armée de l'Air Française .....	44
L'Armée de l'Air Britannique : la Royal-Air-Force (R. A F.) .....	44
L'Armée de l'Air Allemande .....	45
L'Armée de l'Air Italienne .....	46
L'Armée de l'Air Américaine .....	46
L'Armée de l'Air Japonaise .....	47
LA GUERRE.....	48
<b>DE 1945 A AUJOURD'HUI .....</b>	<b>53</b>
LES PROGRES .....	53
L'AVION A RÉACTION.....	54
Avion fusée ou avion à réaction ? .....	54
LE MUR DU SON... puis LES AVIONS DE CHASSE SUPERSONIQUES .....	55
LES AVIONS DE TRANSPORT .....	58
LES AVIONS D'AFFAIRES ET DE TOURISME .....	62
LE TRAVAIL AÉRIEN .....	62
<b>LA COMPETITION TECHNIQUE.....</b>	<b>64</b>
La puissance de feu .....	64
L'espionnage.....	64
Les avions à géométrie variable .....	65
La manœuvrabilité.....	65
La manœuvrabilité... Jusqu'à l'instable flèche inversée.. puis à l'aile trapézoïdale .....	66
La furtivité.....	67
Le décollage vertical. (ADAV ou VTOL).....	68
Le décollage et atterrissage court. (ADAC ou STOL) .....	70
Le transport "tout terrain" de charges lourdes ! .....	71
Les très hautes vitesses .....	72
Encore des records ! .....	74
<b>LES HÉLICOPTÈRES.....</b>	<b>75</b>
Les records .....	78
<i>Les records de distance.</i> .....	79
<i>Les records d'altitude.</i> .....	79
<b>Les avions expérimentaux... très spéciaux. ....</b>	<b>80</b>
La recherche sur des propulsions sans pétrole .....	80
L'avion solaire .....	80
L'avion hybride solaire et hydrogène (projet) .....	82
L'avion à hydrogène .....	82
Le vol musculaire .....	82
L'avion nucléaire ? .....	83
Un avion transportant une centrale nucléaire.....	83
L'aide de l'effet de sol.....	84

Le monstre de la Caspienne .....	84
Les hydravions à effet de sol .....	84
Projet fou ? .....	85
D'autres exemples de WIG craft.....	85
<b>LA CONQUETE DE L'ESPACE .....</b>	<b>86</b>
La Terre et l'espace.....	86
La Terre dans le système solaire .....	86
De la troposphère au vide spatial on peut rencontrer : .....	86
Les évolutions des engins spatiaux.....	87
Les satellites .....	87
Les lanceurs de satellites .....	88
Les premières incursions de l'homme dans l' Espace .....	88
Les premiers succès sont soviétiques :.....	88
Les USA rattrapent leur retard et gagnent la course à la Lune. ....	89
L'invention du cargo spatial réutilisable : la navette (Shuttle).....	89
Une troisième puissance spatiale : la France puis la communauté Européenne. ....	90
Une réglementation se met en place.....	90
Habiter dans l'espace ! De Saliout 1 à l'ISS en passant par MIR.....	91
L'exploration du système solaire .....	93
Explorer Mars avec des véhicules autonomes pour préparer la venue de l'homme.....	95
La chine s'invite dans l'espace en 1970 et y habite en 2003. ....	97
Et maintenant le tourisme spatial ! .....	98
Space Adventures, .....	98
Virgin Galactic .....	98
EADS Astrium .....	99
Les spationautes français.....	99
Les pays ou organisations lanceurs de satellite en 2009.....	100
Chronologie des faits ayant marqué les vols habités de 1961 à 2009.....	100
<b>Commentaires sur cette édition ... revisitée ! .....</b>	<b>101</b>
Remerciement destiné à Charles Morel et à sa famille.....	101
Copyright et images ! .....	101
<b>Sources : bibliographie et internet .....</b>	<b>102</b>
Bibliographie .....	102
Quelques liens Internet .....	102
<b>Index .....</b>	<b>103</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>107</b>



Nom du document : Histoire L'aviation - Gé - 14-img réd.doc  
Répertoire : H:\1 - BIA cours\0 - Cours & Diapo G5 - Histoire  
Modèle : C:\Users\G\AppData\Roaming\Microsoft\Modèles\Normal.dot  
Titre : Histoire  
Sujet :  
Auteur : Gérard Pujol  
Mots clés :  
Commentaires :  
Date de création : 18/02/2013 13:57:00  
N° de révision : 2  
Dernier enregistr. le : 18/02/2013 13:57:00  
Dernier enregistrement par : G  
Temps total d'édition : 5 Minutes  
Dernière impression sur : 18/02/2013 13:58:00  
Tel qu'à la dernière impression  
Nombre de pages : 110  
Nombre de mots : 43 353 (approx.)  
Nombre de caractères : 238 446 (approx.)