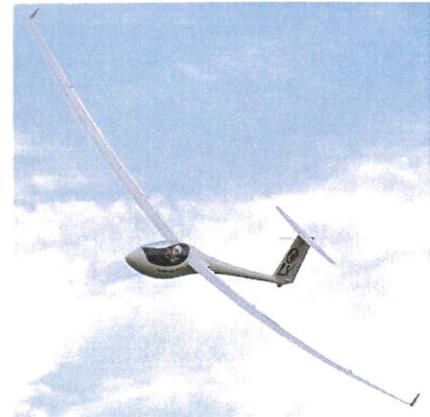


**Plus lourds que l'air (Aérodynes)**

**Non motorisés**

- Modèles réduits
- Cerfs-volants
- Planeurs ultra légers (PUL)
  - parachutes
  - parapentes
  - deltaplanes
- Planeurs



**Motorisés**

- Modèles réduits

**A voile fixe**

- Avions
- Ultra légers motorisés (ULM)

Multi-axes



pendulaires



paramoteurs



**A voile tournante (giravions)**

- Autogires
- Hélicoptères
- Hybrides



**Plus légers que l'air (Aérostats)**

**Ballons**

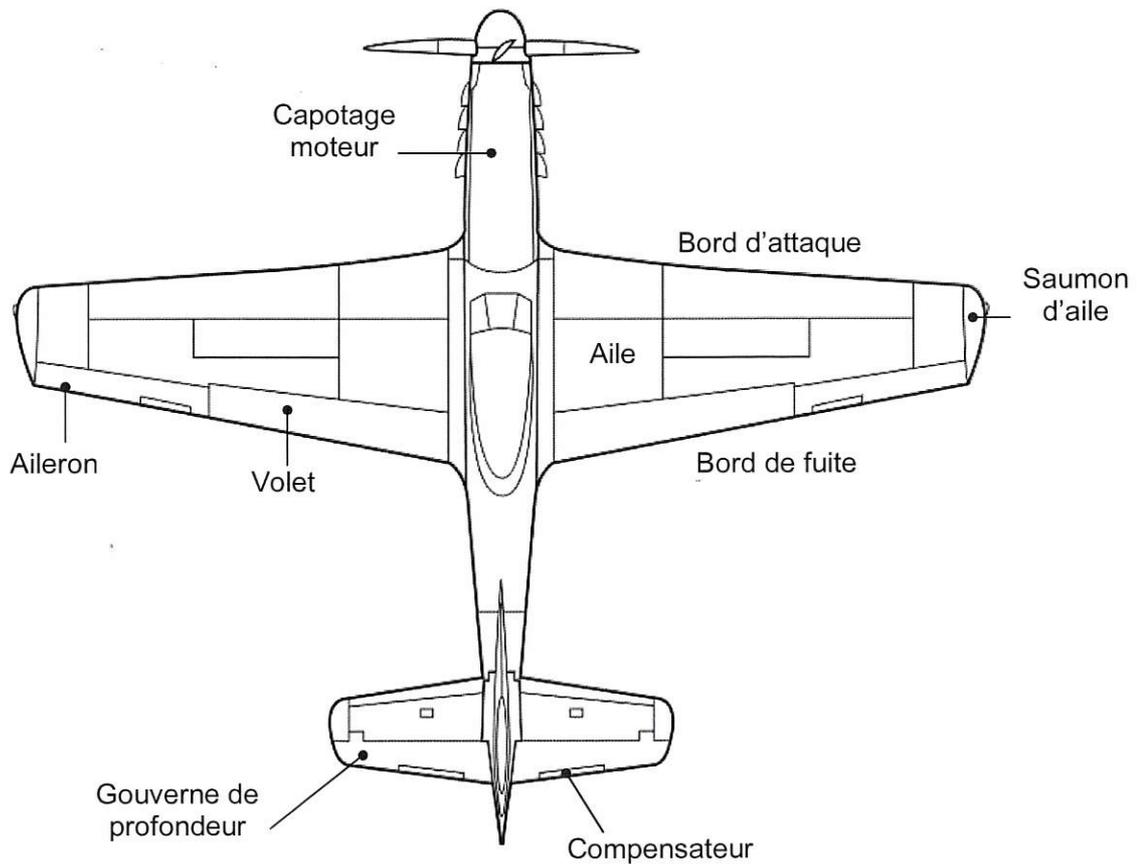
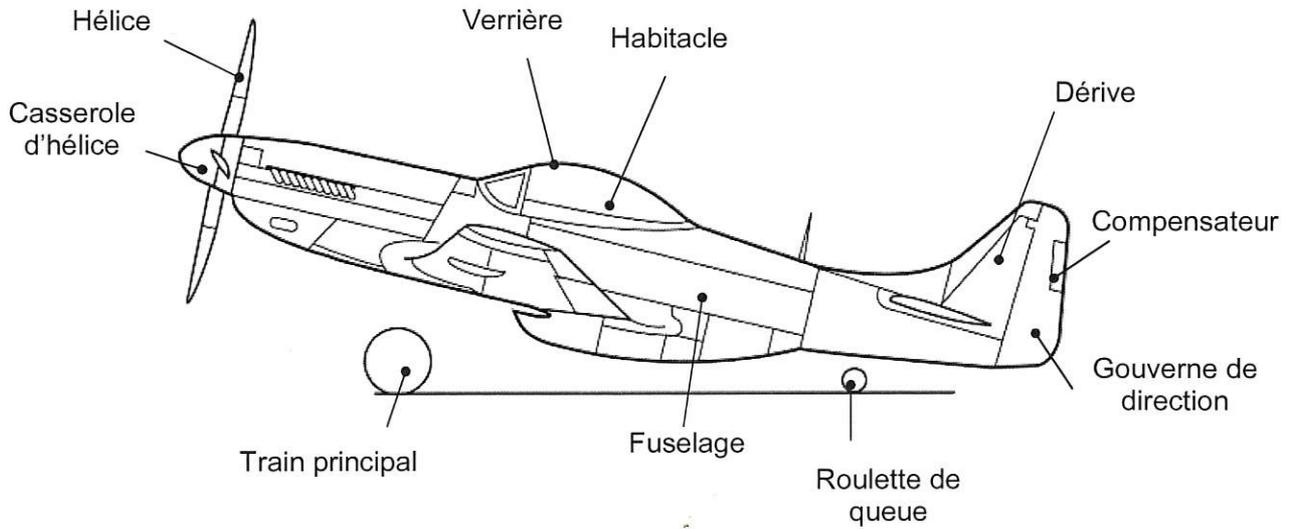
- Captifs ou libres
- A air chaud
- A gaz (hélium)



**Dirigeables**

- A structure souple ou rigide
- Propulsés





La voilure est constituée de **deux ailes** ancrées sur le fuselage. Elles génèrent une force aérodynamique portante qui permet la sustentation de l'aéronef.

En fonction de la façon dont elle est ancrée sur le fuselage elle est dite :

**Aile haute**



**Aile médiane**



**Aile basse**



On peut y loger une partie du carburant.

On y ancre : un des ensembles de gouvernes : les ailerons

Si nécessaire : les dispositifs hypersustentateurs (becs et volets),  
les aérofreins,  
les moteurs,  
le train d'atterrissage.

Ses **différentes parties** sont :

*l'emplature* : partie qui assure la jonction avec le fuselage  
*le saumon* : partie la plus extérieure de l'aile  
*l'extrados* : partie supérieure de l'aile  
*l'intrados* : partie inférieure de l'aile  
*le bord d'attaque* : partie avant de l'aile  
*le bord de fuite* : partie arrière de l'aile

Elle peut avoir un **dièdre** :

**positif** si le saumon est plus haut que l'emplature **négalif** dans le cas contraire



Elle est de **forme** et de **profil** très variables.

Pour les formes on citera les ailes rectangulaires, trapézoïdales, elliptiques, en flèche, delta, à géométrie variable ...

Pour les profils on citera les profils plan-convexes, biconvexes, creux, à double courbure, super critiques ...

Il a existé des voilures biplan et triplan.



Leur fonction principale est de supporter deux des trois ensembles de gouvernes de l'avion.

### Empennage vertical

Il se trouve à l'arrière du fuselage.

Il se compose d'un plan fixe (dérive) et de la gouverne de direction.

### Empennage horizontal

Il se trouve le plus souvent à l'arrière du fuselage. Il est quelquefois sur l'empennage vertical et dans ce cas on parlera d'empennage :



**cruciforme** lorsqu'il est au milieu



**en T** s'il est au sommet

Il se compose d'un plan fixe et de la gouverne de profondeur.

Sur certains avions, il est constitué d'une seule surface entièrement mobile; on dit alors qu'il est "monobloc".

Lorsque l'empennage horizontal est placé à l'avant de l'appareil, on parle d'une formule "canard".



### Empennage papillon

Deux surfaces obliques remplacent les empennages traditionnels et assurent de manière combinée les fonctions de gouverne de profondeur et de direction.



Il permet à un avion de quitter et de retrouver le sol "en douceur".  
Il peut être fixe ou rentrant. Il est constitué de roues, de flotteurs, de skis ou de patins.

### Il se compose :

- d'un **train principal** :  
les roues des avions légers sont en général sous les ailes.  
les roues des gros porteurs sont en général sous le fuselage.
- d'un **train auxiliaire** pouvant consister en :

une roulette de nez :

**train tricycle**



une roulette de queue :

**train classique**



Dans les deux cas, la roulette commandée par les palonniers permet de diriger l'avion au sol.

Certains avions n'ont qu'un train principal situé sous le fuselage, il est alors appelé monotrace.  
L'équilibre latéral est dans ce cas assuré par des balancines situées en bout d'ailes.

### En fonction de la charge à supporter on utilisera :

une roue simple



un diaboloto



un boggie



Le train est en général monté sur des dispositifs **amortisseurs** destinés à absorber l'impact à l'atterrissage.

Les **freins** sont disposés sur le train principal. La commande des freins est le plus souvent montée sur les palonniers.

Une gouverne est une **surface mobile** située sur certains éléments de structure (voilure, empennages), permettant de créer les forces nécessaires pour **modifier l'attitude** de l'avion.

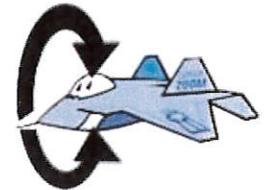
**La gouverne de profondeur**

Elle est située sur l'empennage horizontal.  
Elle permet le contrôle en **tangage** (modification de l'assiette)



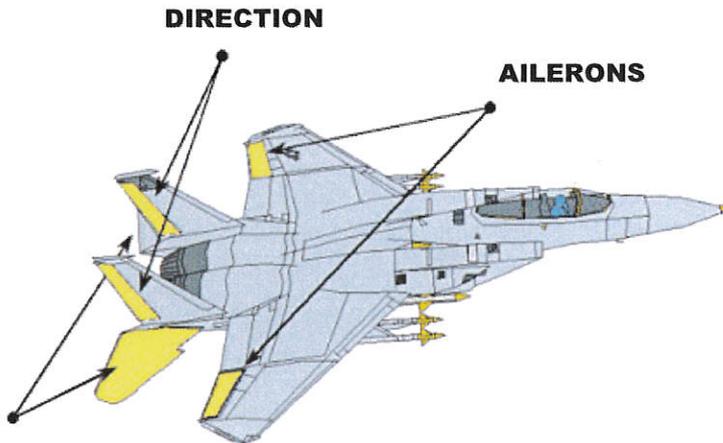
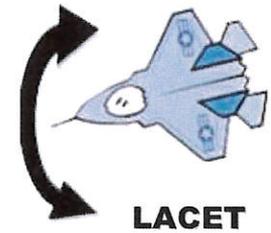
**Les ailerons**

Ils sont situés à l'extrémité de chaque aile.  
Ils permettent le contrôle en **roulis** (modification de l'inclinaison)



**La gouverne de direction**

Elle est située sur l'empennage vertical.  
Elle permet le contrôle en **lacet**.



**PROFONDEUR**

Compensateur

C'est une petite surface qui s'apparente à une mini-gouverne placée à l'extrémité de la gouverne principale. Elle est réglable du cockpit à l'aide d'un volant.

Son rôle est d'annuler l'effort aux commandes produit lors d'un changement de trajectoire.



**Gouvernes secondaires**



Beccs et Volets

Ils permettent de voler à basse vitesse pour les besoins de l'atterrissage et du décollage.  
Pour maintenir la portance constante, la diminution de vitesse est compensée par une augmentation de la surface alaire et/ou une augmentation de la courbure



Aérofrenins/Spoilers

En vol, ils permettent de diminuer la vitesse et d'augmenter le taux de chute.  
Au sol, ils contribuent au freinage afin de diminuer la longueur de roulement.

Situées dans le **poste de pilotage** elles permettent d'**actionner** les gouvernes.

### Le manche à balais (souvent un volant)

Se manipule avec les mains.

#### → Action latérale (droite - gauche)

Le **braquage du manche à droite** commande le mouvement :

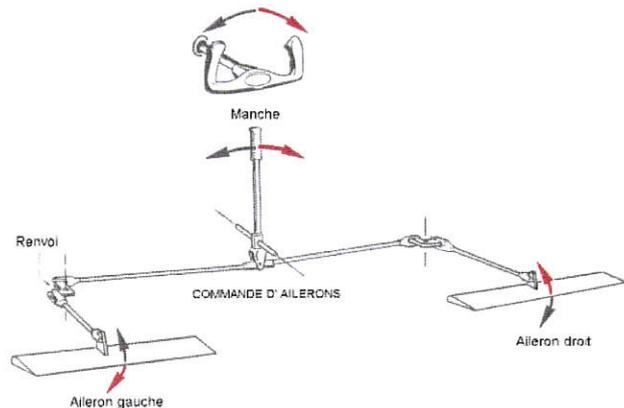
- de l'aileron droit vers le haut
- de l'aileron gauche vers le bas

⇒ **inclinaison à droite**

Le **braquage du manche à gauche** commande le mouvement :

- de l'aileron droit vers le bas
- de l'aileron gauche vers le haut

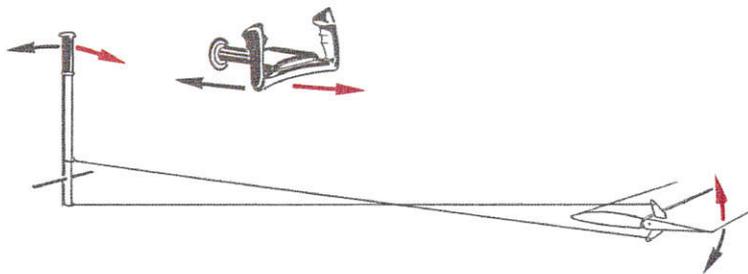
⇒ **inclinaison à gauche**



#### → Action longitudinale (avant - arrière)

Le **braquage du manche vers l'avant** commande le mouvement de la gouverne de profondeur vers le bas. Ceci entraîne une **modification de l'assiette à piquer**.

Le **braquage du manche vers l'arrière** commande le mouvement de la gouverne de profondeur vers le haut. Ceci entraîne une **modification de l'assiette à cabrer**.

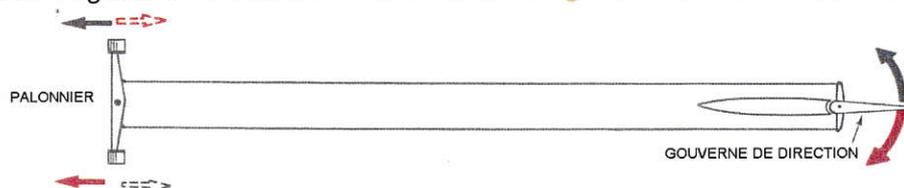


### Le palonnier

Se manipule avec les pieds. Action latérale (droite, gauche).

Le **braquage du palonnier vers la droite** commande le mouvement de la gouverne de direction vers la droite. Ceci entraîne une **rotation à droite autour de l'axe de lacet**.

Le **braquage du palonnier vers la gauche** commande le mouvement de la gouverne de direction vers la gauche. Ceci entraîne une **rotation à gauche autour de l'axe de lacet**.



### Transmission des consignes de pilotage

- Transmission mécanique (Souples par câbles, poulies, renvois et guignols, ou rigides, par tubes, renvois et guignols).
- Transmission électrique. C'est celle qu'utilisent les Airbus.

### Bois, toiles et dérivés

#### **Bois**

Principalement utilisés dans les débuts de l'aviation.  
Encore utilisés dans l'aviation légère.  
Les essences sont choisies en fonction de leurs caractéristiques :

- pièces maîtresses : spruce et épicéa.
- pièces secondaires : sapin et pin d'orégon.
- patins, fixation de trains : frêne et hêtre.

**Toiles** : Lin et coton dans les débuts, dacron aujourd'hui.



### Métaux

Zircal , Duralinox, Aciers, Alliages de Magnésium, Alliages de Titane, Monel, Duralumin, Alpax



### Résines

Produits liquides constitués d'une "base" et d'un "durcisseur" qui, mélangés en proportion adéquate, permettent un durcissement irréversible sous certaines conditions de température.

### Tissus de fibre

Tissus réalisés à partir de fibres de verre, carbone ou bore.

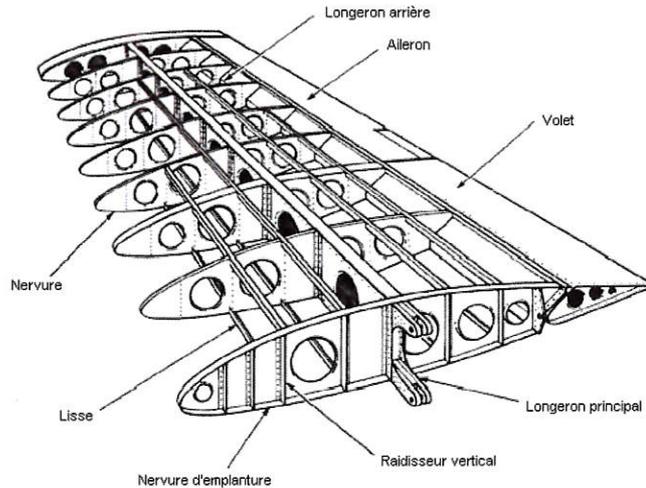
### Matériaux composites

On désigne sous ce nom des matériaux constitués par l'assemblage de matériaux de base (résines et tissus de fibres). On obtient ainsi des propriétés mécaniques et physiques performantes.



### Construction d'une aile

Longerons et nervures constituent le squelette de la voilure, sur lequel est fixé le revêtement.

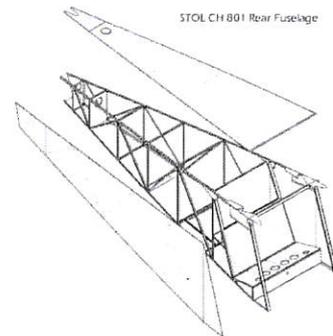


### Construction du fuselage

#### Treillis :

Il s'agit de "longerons" assemblés entre eux par des "traverses" pour donner la forme souhaitée. Ces poutres, longerons, traverses et entretoises peuvent être en bois et dans ce cas ils seront collés, ou métalliques et là ils seront soudés.

Le revêtement est souple (toile ou tôle mince).  
Il est **non travaillant**.



#### Caisson semi-monocoque :

Il s'agit de "cadres" assemblés entre eux par des "longerons" et agrémentés de "lisses" pour donner la forme souhaitée. Les cadres absorbent les efforts de torsion, les longerons ceux de flexion.

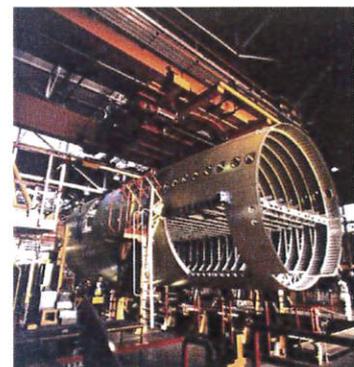
Le revêtement préalablement mis en forme, est vissé ou riveté sur cette coque et participe à la transmission des efforts. Il est **travaillant**.



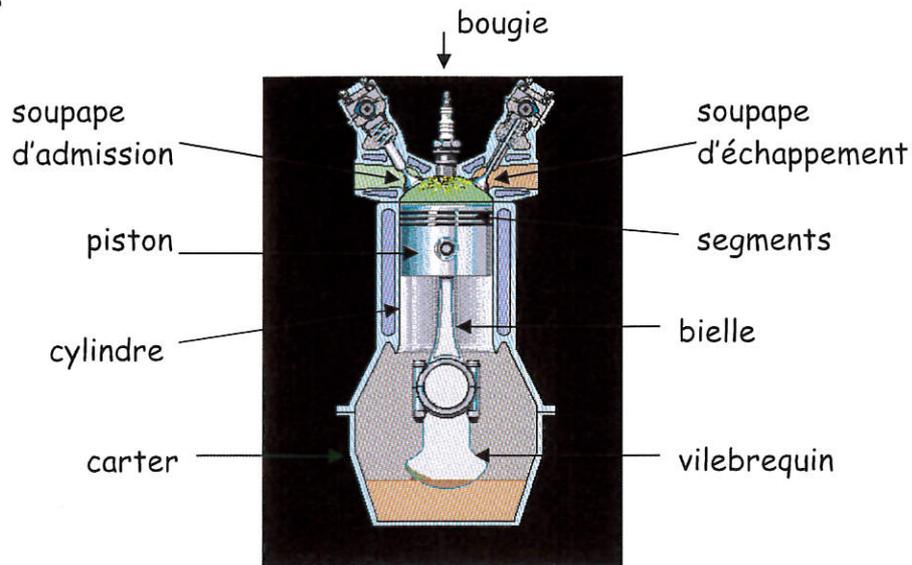
#### Caisson monocoque :

Il n'y a plus de longerons ni de lisses.

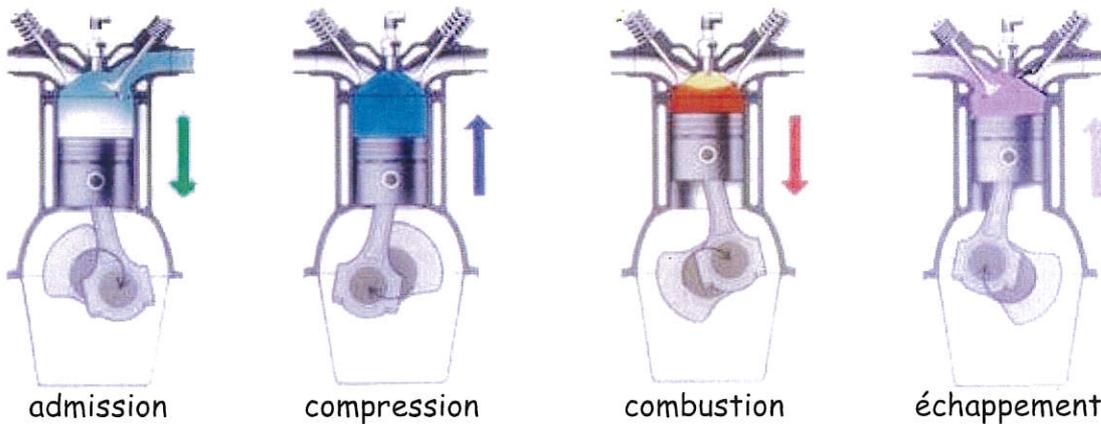
Le revêtement est directement vissé ou riveté sur les cadres et participe à la transmission et à l'absorption des efforts.



**Description :**

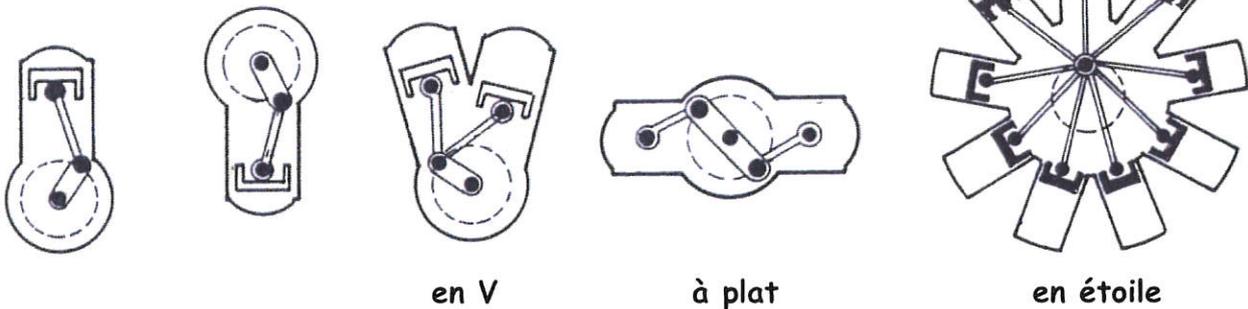


**Fonctionnement :**



**Montage des cylindres :**

Très varié...



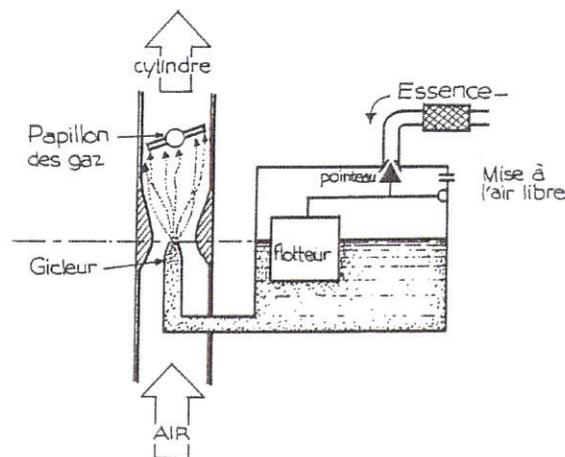
### Alimentation en carburant :

Pour que l'essence parvienne des réservoirs jusqu'au dispositif de mélange, on utilise une pompe mécanique entraînée par le moteur, doublée d'une pompe électrique de secours.

### Elaboration du mélange air-essence :

Deux procédés sont utilisés pour produire un mélange air – essence qui permette l'inflammation dans les cylindres :

- l'**injection**, qui consiste à injecter de très fines gouttelettes (brumisation) d'essence dans le canal d'admission vers les cylindres, en amont de la soupape d'admission.
- la **carburation**, qui assure l'élaboration du mélange air – essence dans le carburateur, avant son admission dans les cylindres.



Le carburateur est sujet au **givrage**, qui peut obstruer complètement le conduit d'admission du mélange air – essence, et provoquer l'arrêt du moteur.

Pour éviter le givrage lorsque le risque d'apparition existe, il faut actionner le **réchauffage carburateur**. L'air extérieur est alors préalablement réchauffé par circulation autour de l'échappement pour arriver au carburateur avec une température d'environ 50°C.

La commande qui permet de faire varier la pression du mélange air – essence entrant dans les cylindres est la **manette des gaz**.

Le taux du mélange air – essence est réglé à l'aide de la commande de **richesse**.

### Allumage :

Production d'une étincelle permettant de démarrer la combustion du mélange.

Il est réalisé par une **bougie** alimentée par une **magnéto**.

Il est quasiment toujours doublé (2 bougies par cylindre).

### Servitudes :

En opération normale, le moteur entraîne les dispositifs de production des énergies et éléments de confort nécessaires.

**Energie électrique** Alternateurs divers.

**Energie hydraulique** Pompes haute pression diverses.

**Energie pneumatique** Pompes à vide.

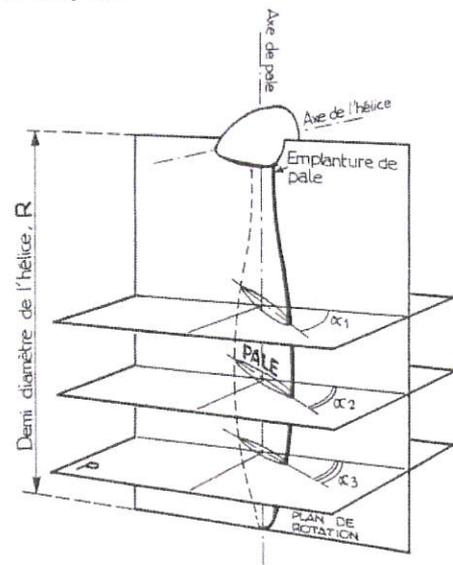
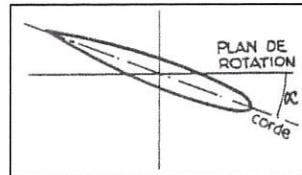
**Climatisation et pressurisation**



C'est un dispositif qui permet de transformer l'énergie mécanique fournie par le moteur en une force tractive ou propulsive directement utilisable par l'avion pour se déplacer.

**Elle est constituée :**

D'un moyeux centré sur l'arbre de sortie du moteur,  
De deux ou plusieurs pales fixées sur le moyeu.



On appelle **Pas** la **distance** parcourue par l'hélice le long de son axe de rotation en un tour.

On appelle **Calage** l'**angle** formé par la corde de l'un des profils et le plan de rotation de l'hélice.

La pale étant vrillée, par convention on dit que le **calage** est celui du profil se situant à **70%** du rayon maximum.

**Fonctionnement :**

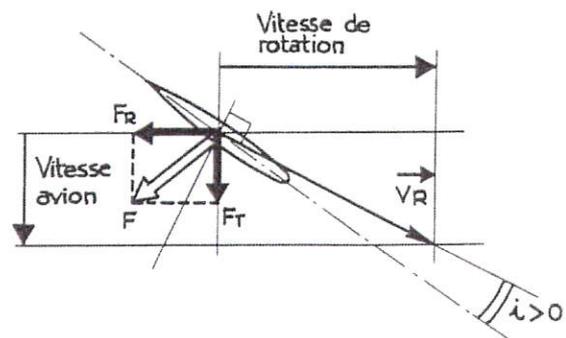
Le fonctionnement de l'hélice est tout à fait analogue à celui d'une aile d'avion.

Le vent relatif  $V_R$  issu :

- du déplacement de l'avion (Vitesse avion)
- de la rotation de l'hélice (Vitesse de rotation)

créé sur chaque pale une force aérodynamique  $F$  qui se décompose :

- en traction  $F_T$
- en traînée  $F_R$



Dans le cas du vol stabilisé, la traction de l'hélice équilibre la traînée de l'avion, et le couple résistant de l'hélice équilibre le couple du moteur.

**Hélice à calage variable (ou pas variable) :**

Un avion devant pouvoir évoluer sur une plage de vitesses assez étendue, il est nécessaire de faire varier l'angle de calage des pales de l'hélice afin de maintenir le régime moteur optimal.

A chaque régime de vol correspondra donc un pas approprié.

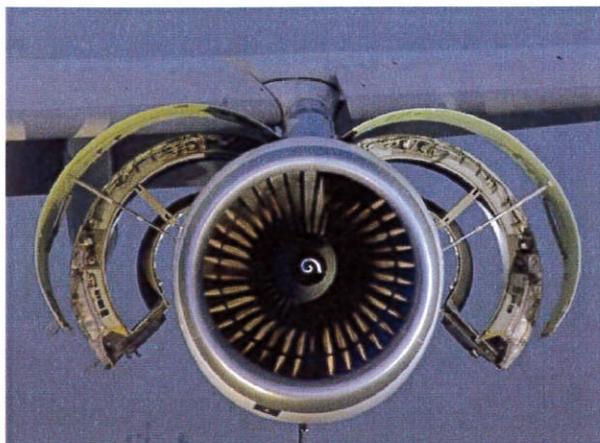
- Décollage : **petit pas**.
- Croisière : **grand pas** adapté au régime de vol.
- Panne moteur ou vol à voile : **drapeau**.
- A l'atterrissage, après le poser des roues : **revers**.



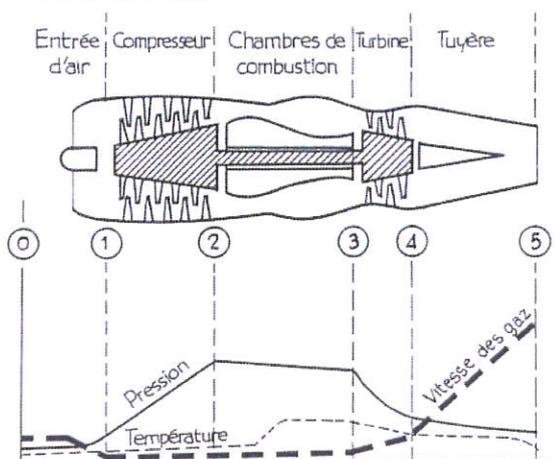
Elles utilisent l'éjection à grande vitesse des gaz de combustion soit :

- Dans une direction appropriée (turboréacteurs).
- Sur des turbines pour en récupérer l'énergie (turbopropulseurs et turbomoteurs).

### Turboréacteur



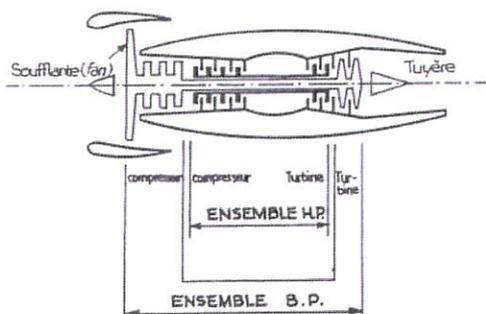
### Description :



### Différents types :

**Simple flux :** Un, deux ou trois corps ou étages.  
Avec ou sans Post-combustion

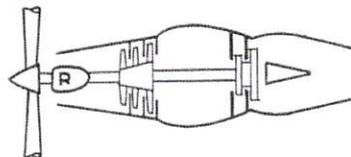
**Double flux :**



### Turbopropulseur

C'est un turboréacteur dont la turbine du second étage est conçue pour récupérer le maximum de l'énergie des gaz de combustion sous forme de couple.

Ce couple est transmis à une **hélice** au moyen d'un réducteur permettant la réduction de la vitesse de rotation.



### Turbomoteur

Utilisé sur les hélicoptères.

C'est un turbopropulseur dont le réducteur entraîne non plus l'hélice mais une boîte de transmission commandant à la fois le rotor principal et le rotor anticouple.

L'anémomètre, que l'on appelle plus communément **badin**, nom de son inventeur, indique la vitesse de l'aéronef par rapport à l'air qui l'entoure.

Elle est exprimée en **nœuds** (un mile nautique par heure) ou en **kilomètres par heure**.



Il comporte des arcs de couleur qui correspondent à des **vitesse caractéristiques** :

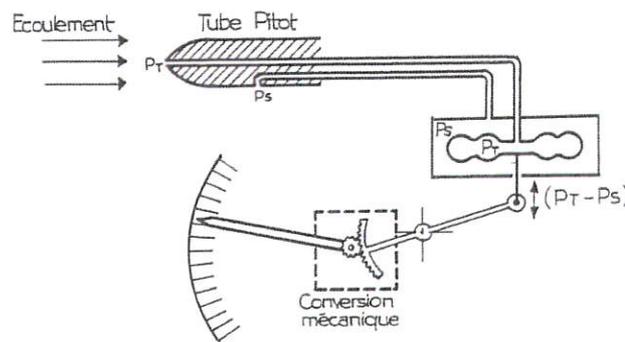
**Arc blanc** : zone d'utilisation des volets, allant de la vitesse de décrochage volets sortis à la **VFE**, vitesse maximale d'utilisation des volets.

**Arc vert** : vitesses normales d'utilisation, allant de la vitesse de décrochage en lisse à la **VNO**, vitesse à ne pas dépasser en atmosphère turbulente.

**Arc jaune** : vitesses à ne pas utiliser en atmosphère turbulente, allant de la **VNO** à la **VNE**, vitesse maximum à ne jamais dépasser (**trait rouge**).

### Principe :

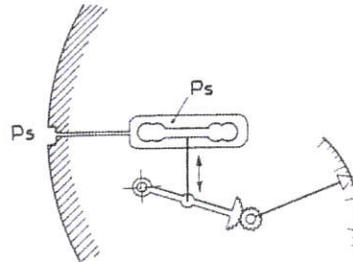
Il mesure la différence entre la pression totale **P<sub>T</sub>** et la pression statique **P<sub>S</sub>** et la convertit en vitesse.



### L'altimètre

L'altimètre indique l'altitude en **pieds** (ft) ou en **mètres**. Rappel : 1 ft ~ 0.3 m.

La grande aiguille indique les centaines de pieds, la petite les milliers de pieds.



#### Principe :

Il mesure la pression atmosphérique aux environs de l'aéronef : c'est la pression statique **Ps**.  
On sait que celle-ci diminue suivant une loi théorique précise en fonction de l'augmentation d'altitude. Il suffit donc de graduer l'indicateur qui rend compte de cette variation en unité d'altitude.

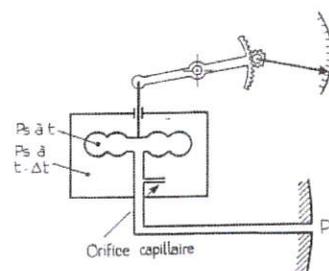
L'altimètre fonctionne par rapport à une référence de pression atmosphérique que le pilote affiche dans la petite fenêtre à l'aide de la molette.

#### Les différentes références altimétriques

- Le niveau de la mer (calage **QNH**) : l'altimètre mesure une **altitude**.
- La piste (calage **QFE**) : l'altimètre mesure une **hauteur** par rapport à l'aérodrome.
- La pression **1013,25 hP** (calage **standard**) : l'altimètre mesure un **niveau de vol**.

### Le variomètre

Le variomètre indique une vitesse verticale de montée ou de descente en **pieds par minute** (ft/mn) ou **mètres par seconde** (m/s).



#### Principe :

Il mesure la différence entre la pression atmosphérique aux environs de l'aéronef à l'instant  $t$  et celle de l'instant  $t-\Delta t$ .

Ces deux pressions sont disponibles dans l'avion, ce sont :  
la pression statique instantanée **Ps**.  
la pression statique à l'instant  $t-\Delta t$  mise «en mémoire».

**L'horizon artificiel:**

Il restitue la position de l'**horizon naturel** lorsque celui-ci n'est pas visible (**vol de nuit et dans les nuages**).  
Il devient alors possible de contrôler l'attitude de l'avion par une parfaite similitude avec le vol à vue.

Il est constitué d'une :

- **maquette** centrale qui représente l'avion
- sphère intérieure sur laquelle figure la ligne d'horizon en blanc, le ciel en bleu, et la terre en marron.
- couronne sur laquelle figurent des traits correspondant aux valeurs de l'inclinaison : 10°, 20°, 30°, 60°, 90°.

Lors d'un mouvement de l'avion, c'est l'ensemble avion - maquette qui se déplace autour de la sphère + couronne, ces dernières étant rendues fixes dans l'espace par la toupie d'un **gyroscope**.



10° d'assiette à cabrer et 5° d'inclinaison à gauche

Les pilotes disposent donc d'informations sur l'**assiette** et sur l'**inclinaison** de l'avion par simple lecture de l'horizon artificiel.



**L'indicateur de virage / la bille :**

L'**indicateur de virage** indique le **sens** et le **taux du virage**. Il est associé à un **gyroscope** dont la référence est la verticale.

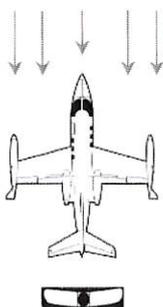
Lorsque la maquette avion est positionnée sur le trait L ou R, l'avion vire au **taux 1**, soit **180°/mn**.

La **bille** est constituée d'une bille métallique enfermée dans un tube en verre incurvé vers le bas et rempli d'un liquide amortisseur.

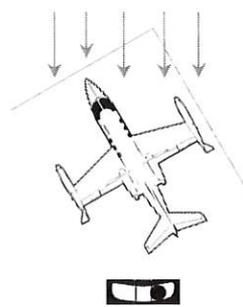
Elle rend compte de la **symétrie du vol**.



Bille centrée, l'écoulement de l'air est **symétrique** par rapport à l'axe longitudinal de l'avion.



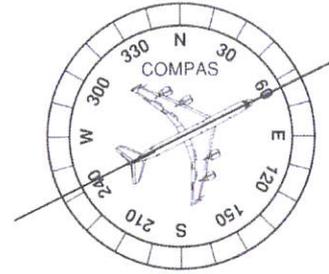
Si la bille s'écarte de sa position centrale, l'avion est en **dérapage**.



La symétrie du vol se contrôle avec la gouverne de direction, en poussant la **pédale de palonnier** du côté vers lequel s'écarte la bille.

### Le compas

Il s'agit d'une boussole qui permet de mesurer l'orientation de l'avion par rapport au Nord magnétique (**Cap magnétique**).



Cap 133

Il se compose d'un plateau circulaire gradué de 0 à 360°, associé à un aimant orienté sur l'axe Nord-Sud. L'ensemble est posé sur un pivot et baigne dans un liquide amortisseur qui limite les oscillations.

La lecture s'effectue en **dizaine de degrés** et certaines directions particulières sont repérées par des lettres :

- N pour le Nord (360°)
- E pour l'Est (90°)
- S pour le Sud (180°)
- W pour l'Ouest (270°)

Il présente des imprécisions gênantes en virage, en accélération, ou en décélération. Pour être exploité, il doit être lu en ligne droite, à vitesse à peu près constante.

### Le conservateur de cap, ou directionnel

Il donne également le **cap magnétique** et permet de s'affranchir des erreurs du compas dues aux conditions de vol.



Cap 327

Cependant, au bout d'un certain temps, le **gyroscope** du directionnel perd sa référence d'orientation. Il faut donc périodiquement (tous les quarts d'heure) recalibrer le directionnel sur la référence du compas, à l'aide de la molette. Cette opération s'effectue en ligne droite et à vitesse à peu près constante.