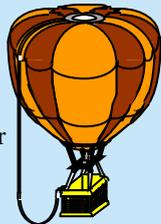


### AERONEFS

On désigne par aéronefs, tous les appareils capables de s'élever et de circuler dans l'espace aérien (article L.110-1 du code de l'aviation civile). Suivant la classification O.A.C.I., on désigne :

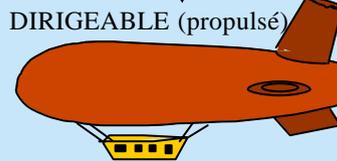
**BALLONS CAPTIFS**  
hauteur d'envol limitée par longueur de l'élingue

**BALLONS LIBRES**  
à air chaud (Montgolfière) ou à gaz, apte à circuler sans propulseur



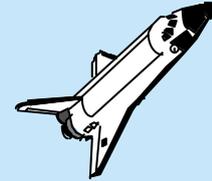
### AEROSTATS

ou « plus légers que l'air ». La sustentation est principalement due à la « flottabilité »



### AEROSPATIAUX

Ils appliquent, à la fois, les lois d'aérodynamique et de balistique



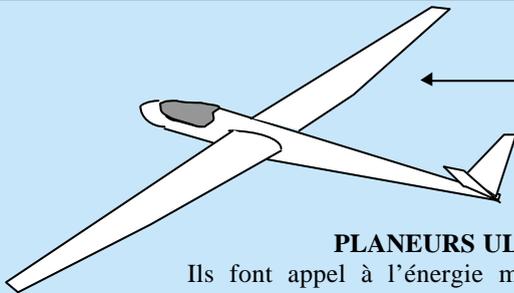
Lanceurs spatiaux  
missiles  
Modèles réduits

### AERODYNES

ou « plus lourd que l'air ». La sustentation est principalement obtenue par l'application de forces aérodynamiques

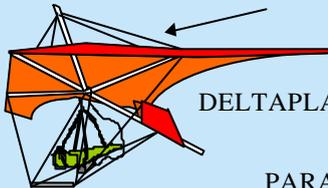
### PLANEURS

Appareils à voilure fixe (aile) utilisant les courants atmosphériques pour circuler dans l'atmosphère

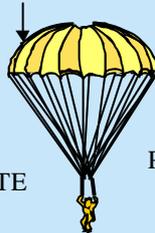


### PLANEURS ULTRA LEGERS (P.U.L.)

Ils font appel à l'énergie musculaire et énergie potentielle pour décoller, se maintenir en vol et atterrir



DELTA PLANE



PARACHUTE



PARAPENTE

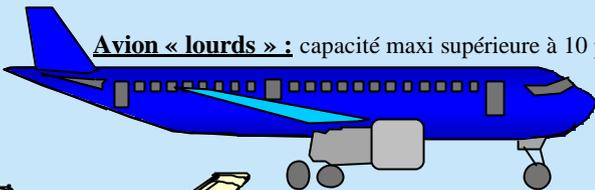


Cerfs-volants et aéromodèles

### AVIONS

Appareils à voilure fixe (aile) et dotés d'un ou plusieurs dispositifs de propulsion

**Avion « lourds » :** capacité maxi supérieure à 10 passagers



**Avions légers :** 5,7 tonnes maximum au décollage



Ultra Légers Motorisés (ULM)



Pendulaire ou « 2 axes »



ULM « multiaxes »

PARAMOTEUR  
sorte de parapente avec moteur dans le dos du pilote

AÉROMODÈLES  
(3 classes)



### GIRAVIONS

appareils à voilures tournantes (rotor) assurant simultanément la sustentation et la propulsion

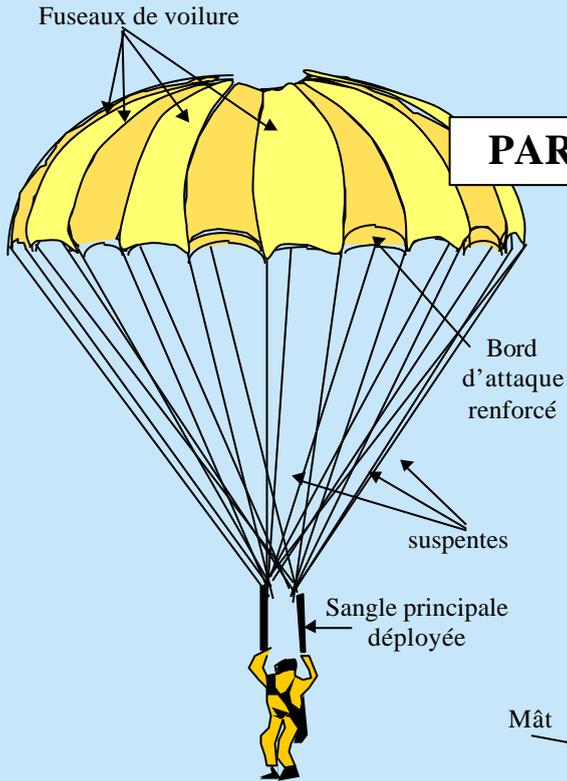
### HELICOPTERES

Giravion à décollage vertical (rotor entraîné en rotation par un moteur à piston ou une turbine)

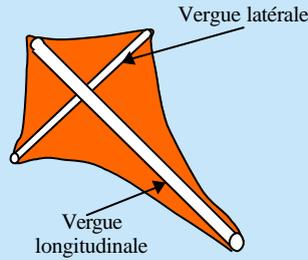


### AUTOGIRES (rotor libre)

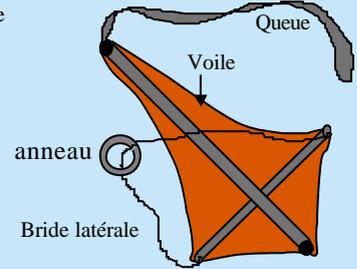
La rotation de la voilure est obtenue par la vitesse du vent relatif de l'aéronef propulsé par un moteur à hélice (pas de décollage)



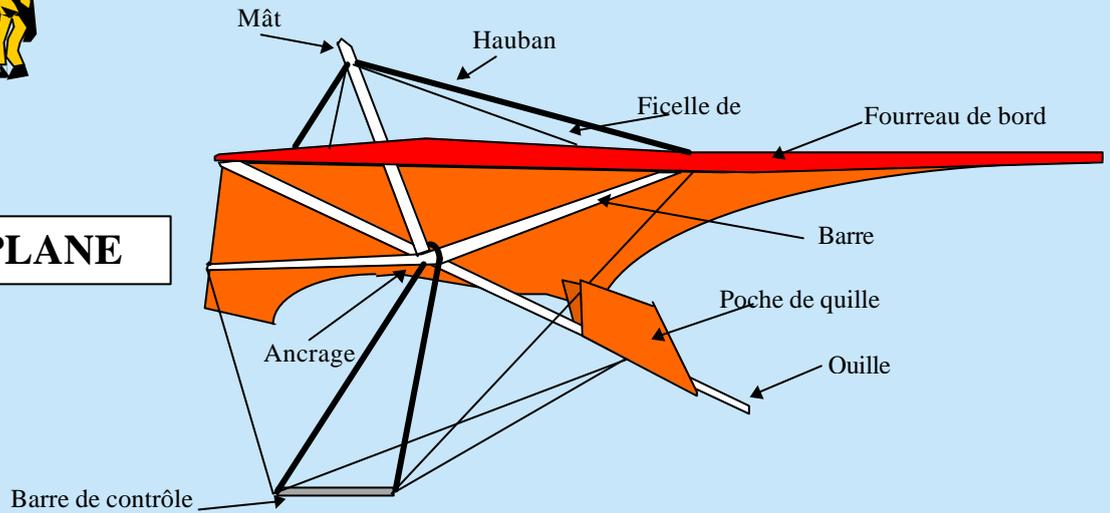
### PARACHUTE



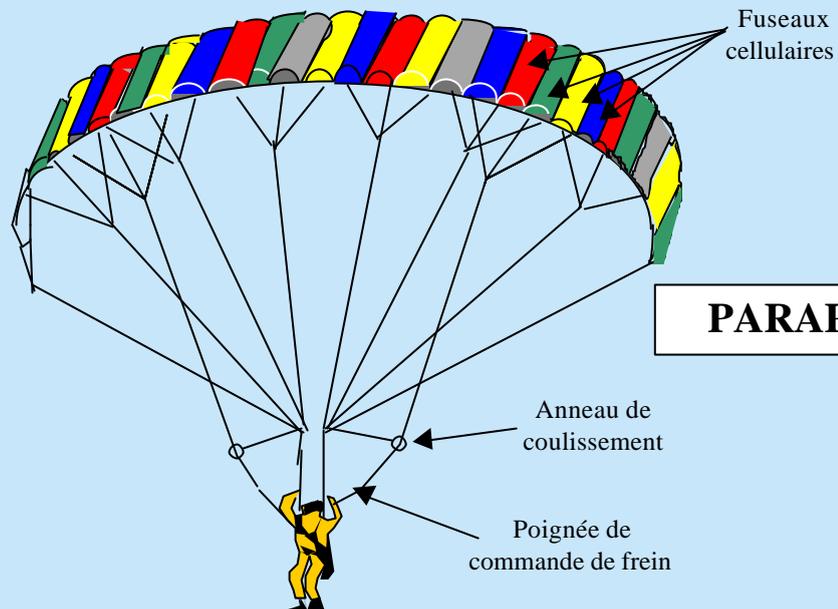
### EXTRADOS



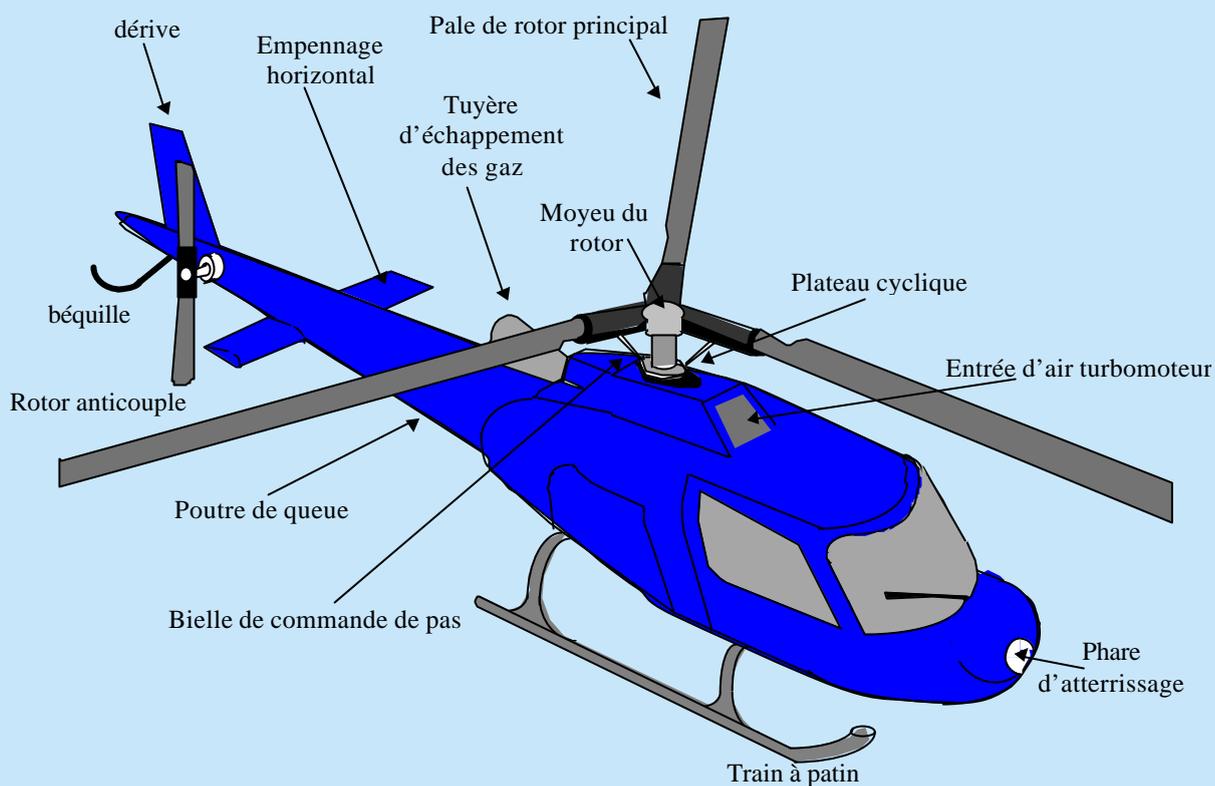
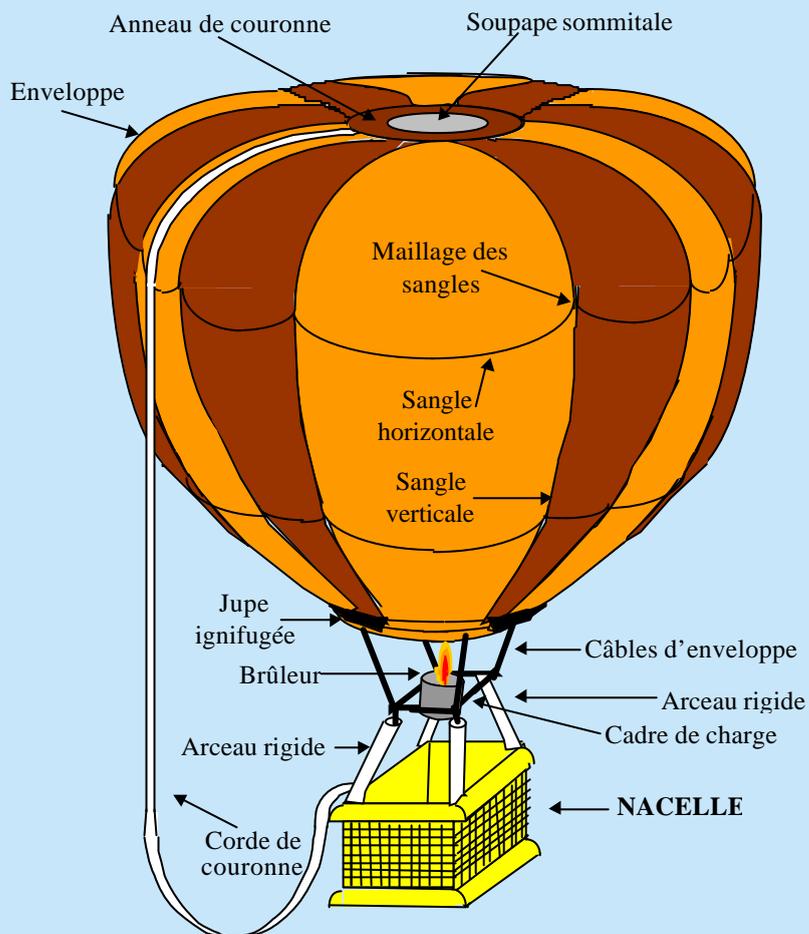
### INTRADOS



### DELTAPLANE



### PARAPENTE





### LE TRAIN D'ATERRISSAGE

Il a pour fonctions :

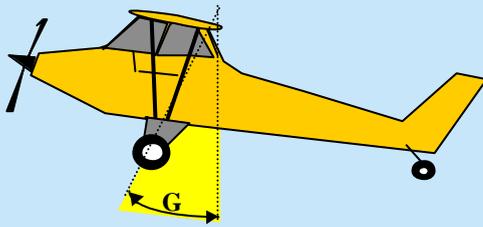
a/ au roulage il assure : **- la stabilité et la maniabilité**

**- le freinage**

b/ à l'atterrissage, au moment de la prise de contact avec le sol, il absorbe **l'énergie**

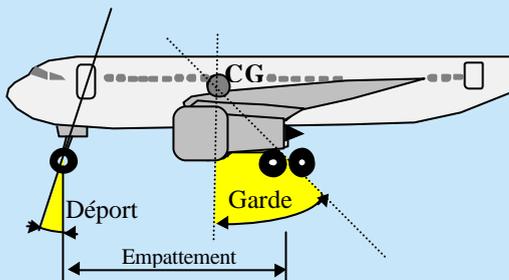
**cinétique acquise par la vitesse**

En vol, le train d'atterrissage présente une traînée importante qui peut être limitée par des carénages de roues sur atterrisseurs fixes, ou supprimée par un système d'escamotage (train rentrant). Lors de la rentrée du train il y a déplacement du centre de gravité.



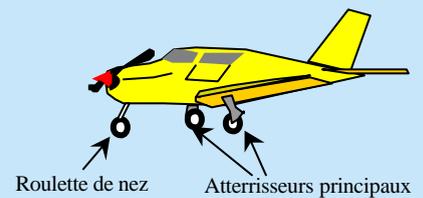
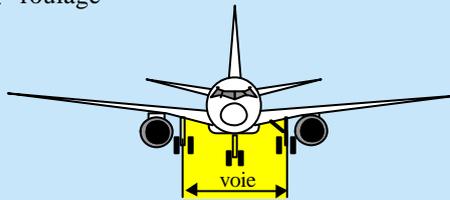
#### Le train d'atterrissage classique :

il se compose d'un train principal et d'une roulette de queue. Simple et robuste, il présente un angle de garde d'environ 20° ce qui évite la mise en "pylône".



#### Le train d'atterrissage tricycle :

L'angle de garde d'environ 15° évite le basculement sur la queue. L'angle de déport évite la casse de la roulette de nez lors d'une rencontre avec un obstacle au roulage



Plus coûteux, plus lourd, une roulette de nez fragile, il représente en contrepartie plusieurs avantages par rapport au train classique :

- au roulage, l'avion est en ligne de vol, le pilote a une meilleure visibilité
- meilleure stabilité et moins sensible au vent de travers
- bonne tenue au freinage
- plus faible influence du couple de l'hélice

### LES COMMANDES DE VOL

Elles transmettent, aux gouvernes, les ordres commandés par le pilote au moyen :

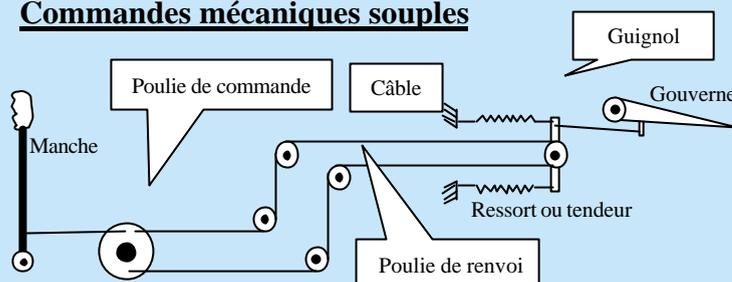
a/ du manche

1/ mouvement à droite ou à gauche : **ailerons**

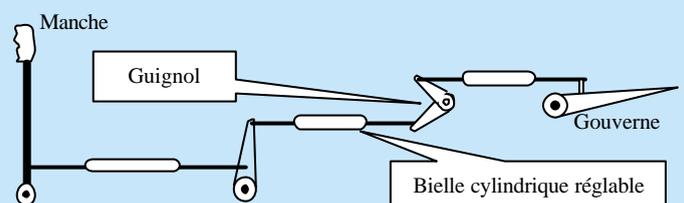
2/ mouvement avant ou arrière : **gouverne de profondeur**

b/ des palonniers : **gouverne de direction**

#### Commandes mécaniques souples

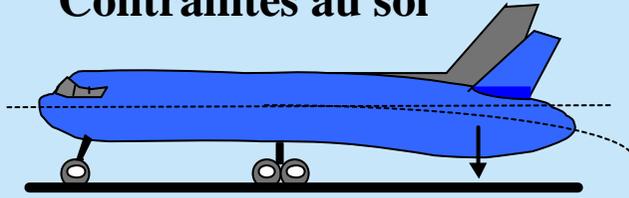


#### Commandes mécaniques rigides



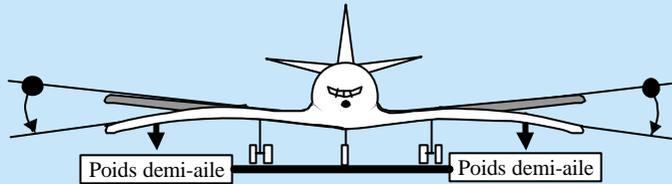
# CONTRAINTES DUES AUX CHARGES STATIQUES

## Contraintes au sol



L'extrados du fuselage subit une traction

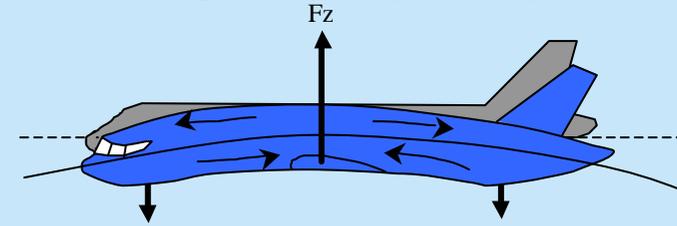
L'intrados du fuselage subit une compression



L'extrados de l'aile subit une traction

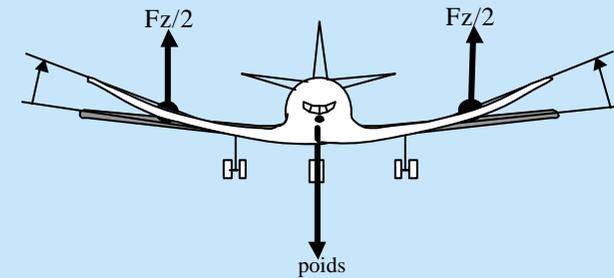
L'intrados de l'aile subit une compression

## Contraintes en vol



L'extrados du fuselage subit une traction

L'intrados du fuselage subit une compression

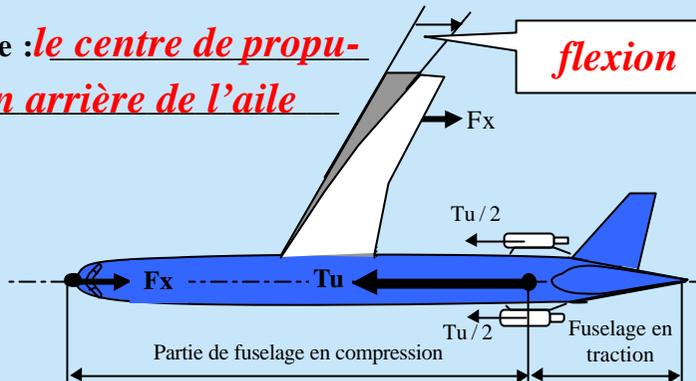


L'extrados de l'aile subit une compression

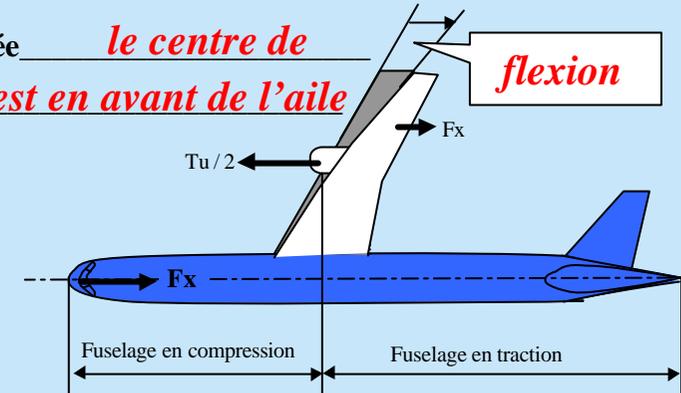
L'intrados de l'aile subit une traction

## INFLUENCE DU MODE DE PROPULSION SUR LA NATURE DES CONTRAINTES

1/ Aile poussée : le centre de propulsion est en arrière de l'aile



2/ Ailes tractée le centre de propulsion est en avant de l'aile

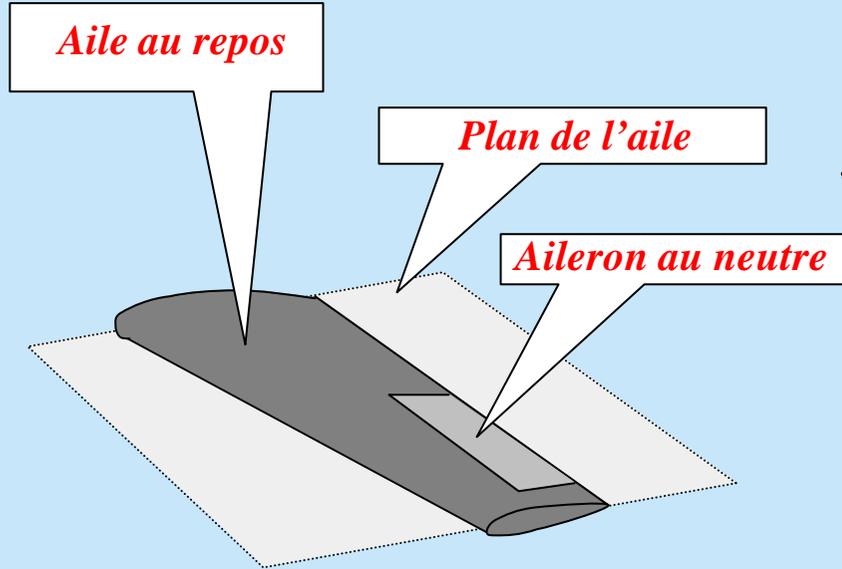


Dans les deux cas, l'aile subit une flexion, mais les parties du fuselage en compression et en traction sont fonction de la position des propulseurs.

# CONTRAINTES DUES AUX CHARGES AERODYNAMIQUES

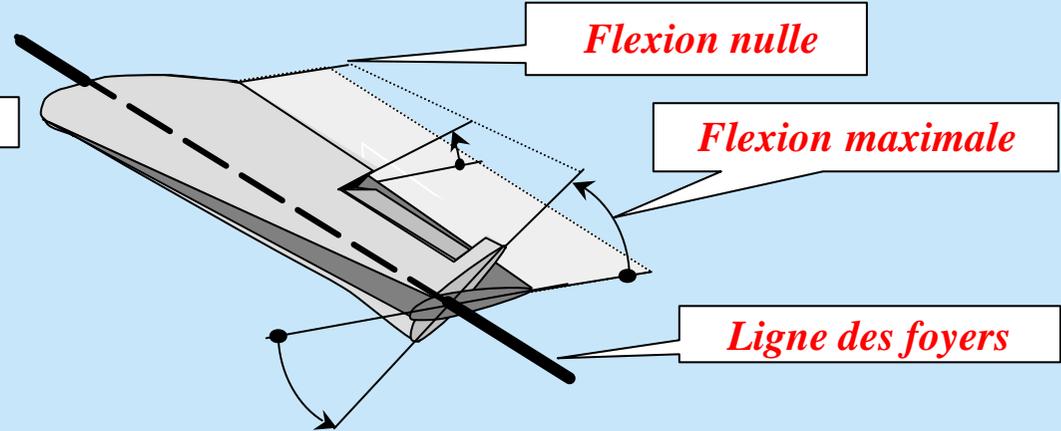
## Torsion de l'aile lors d'une variation de portance

### 1/ Aileron au neutre



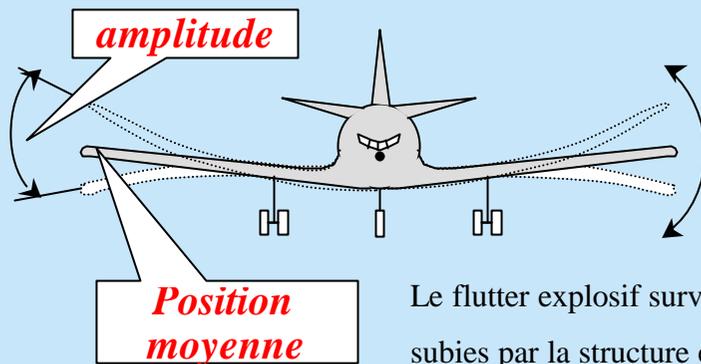
### 2/ Aileron baissé

La portance augmente en arrière de la ligne des foyers. Au niveau de l'emplanture, l'aile reste rigide par liaison mécanique avec le fuselage tandis qu'elle subit une flexion maximale à son extrémité libre..



## VIBRATIONS MÉCANIQUES ET FLUTTER EXPLOSIF

Les vibrations sont des mouvements oscillatoires autour d'une position moyenne. Elles se caractérisent principalement par l'amplitude et la fréquence qui est le nombre d'oscillations par seconde.



Les principales origines de ces vibrations sont :

- Fonctionnement des propulseurs
- Forces aérodynamiques instationnaires
- Nombre de Mach

Le flutter explosif survient pour un nombre de Mach spécifique à chaque avion, lorsque les diverses vibrations subies par la structure entrent en résonance (vibrations simultanées et de même fréquence).

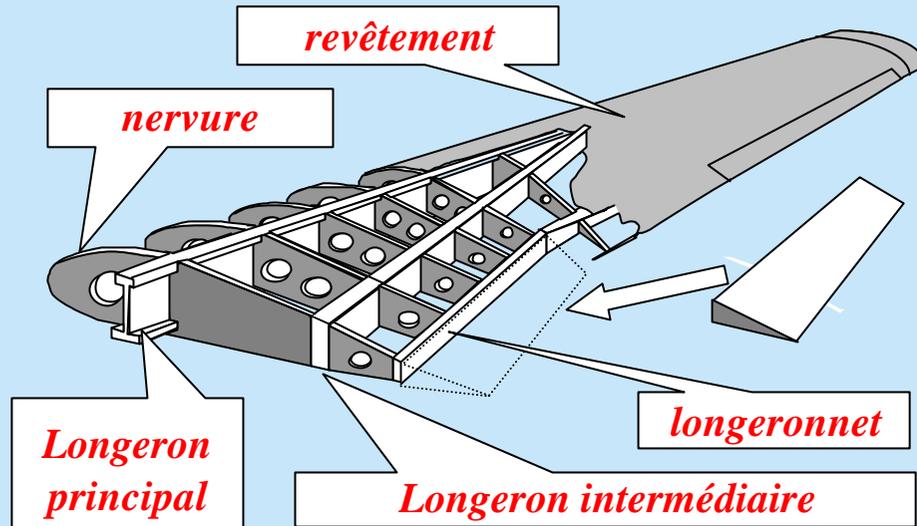
Les structures ont pour rôle de donner ses formes à l'avion. Elles doivent être : légères et capable d'absorber les contraintes

Les modes de construction seront fonction des matériaux utilisés : a/ Bois et toile b/ métallique c/ composite

### AILE METALLIQUE DE STRUCTURE TYPE « CAISSON »

L'aile a pour fonction d'assurer la sustentation en résistant aux contraintes dont elle fait l'objet. Elle doit en outre permettre :

- permettre le logement des Réservoirs de carburant
- permettre le passage des éléments de commandes
- être pourvue de trappes de visite pour la maintenance



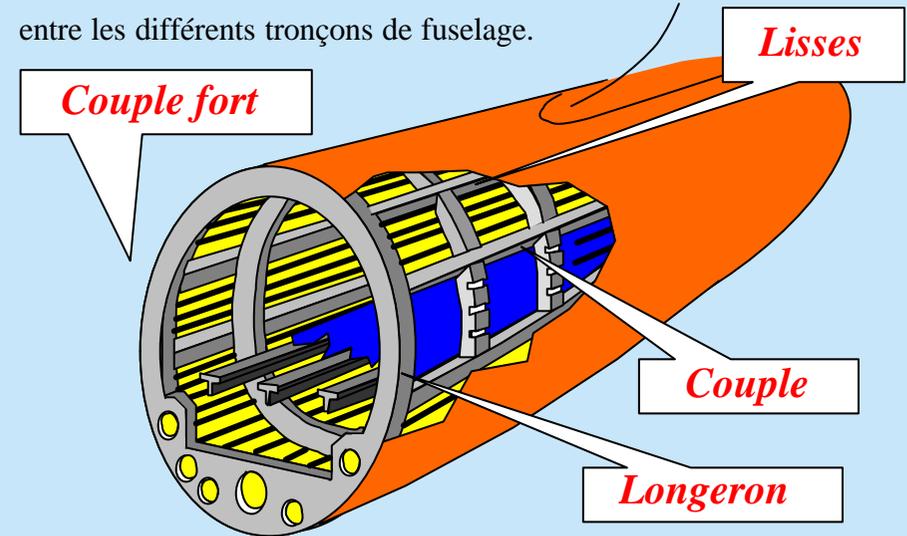
Nervures : elles donnent la forme du profil et transmettent les efforts aux longerons

Longerons : Ils absorbent les efforts de flexion

Revêtement : Ils transmettent les efforts aux nervures et aux longerons

### FUSELAGE DE STRUCTURE TYPE « CAISSON »

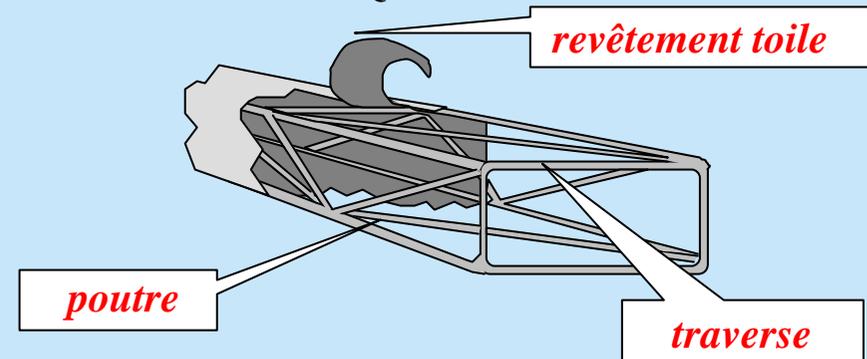
Les couples donnent la forme du fuselage et absorbent les efforts de torsion. Le couple fort permet le raccordement entre les différents tronçons de fuselage.

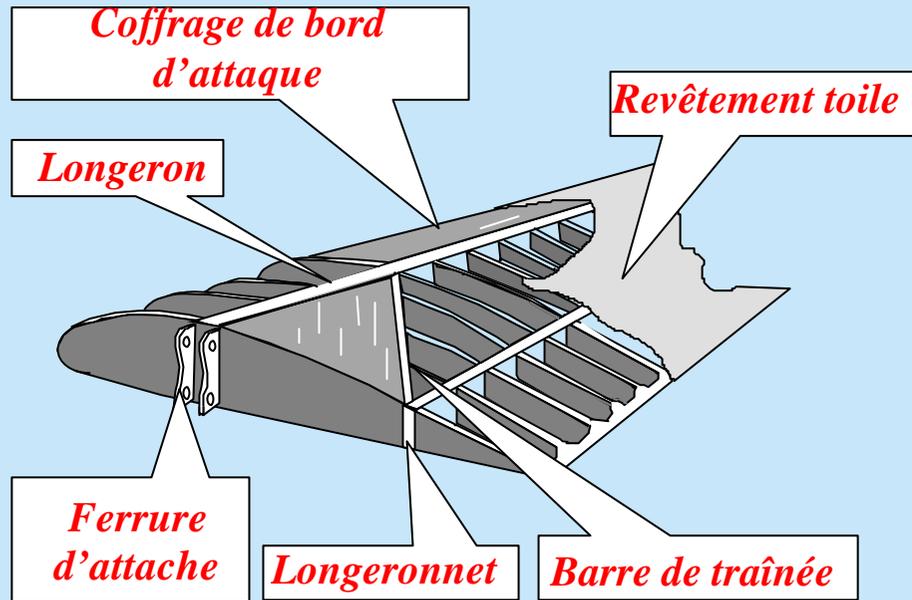


Les longerons encaissent les efforts de flexion

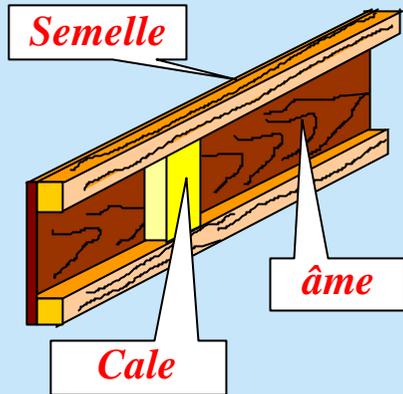
Les lisses raidissent le revêtement

### STRUCTURE METALLIQUE TYPE « TREILLIS »

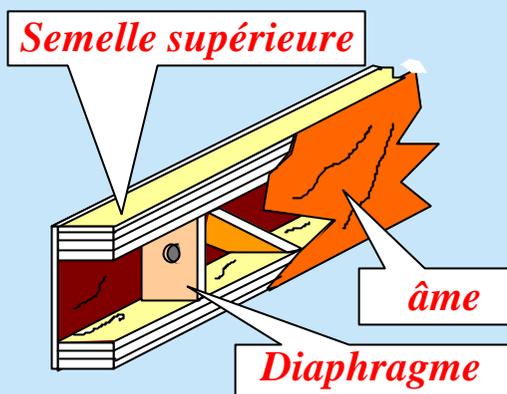




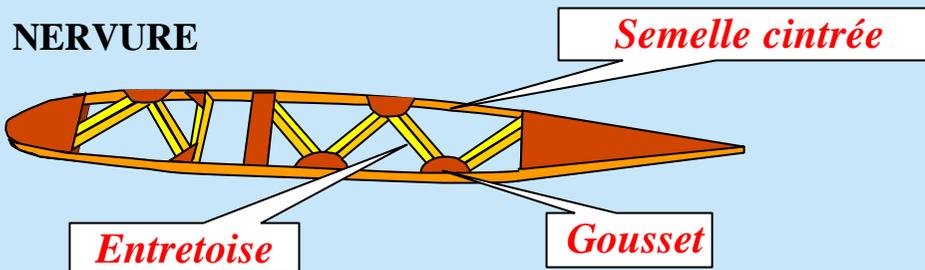
## LONGERONNET



## LONGERON



## NERVURE



Les bois utilisés pour la construction aéronautique doivent être sans défauts (nœuds, vermoulures, fibres torses gerçures...) et bien secs. La réglementation impose que ces bois soit visés par le GSAC. Il est cependant possible d'utiliser des bois de 2<sup>ème</sup> choix pour les pièces n'ayant pas une fonction maîtresse.

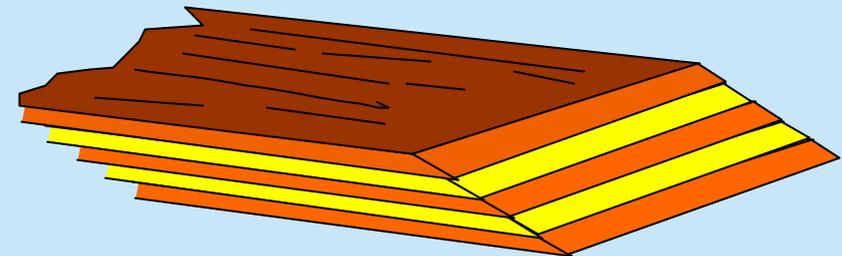
Catégorie	Particularités	Utilisation
RESINEUX	Fibres serrées et parallèles	Pièces maîtresses
	Résistent bien aux efforts de flexion et de traction	
	Résistent moins bien aux efforts aérodynamiques.	Pièces secondaires
FEUILLUS	Bonne résistance à la traction	Contre-plaqués
	léger, presque toujours sans nœud	
	Meilleur contre-plaqué de revêtement	Remplissages, raccords, aéromodèles
	Très léger	fixations de train, hélice, patins et cales
Durs	Bonne résistance à la compression	

Le bois est deux fois moins résistant aux efforts de compression qu'aux efforts de traction. L'extrados de l'aile subissant des efforts de compression alors l'intrados subit des efforts de traction, la semelle d'extrados d'un longeron sera plus épaisse que la semelle d'intrados.

## Les contre-plaqués (Ctp)

Ils sont obtenus par collage de feuilles de bois de faible épaisseur appelées plis et toujours en nombre impair.

Les fibres des plis extérieurs sont toujours parallèles.



## LES MATERIAUX COMPOSITES

On désigne sous ce nom, les matériaux constitués par l'assemblage de matériaux de base qui se différencient par leurs propriétés. On obtient ainsi des propriétés mécaniques et physiques de hautes performances. On distingue :

### MATERIAUX AGGLOMERES

Ils sont constitués de fibres de verre, de carbone ou de bore, liées par une "matrice" de résine organique ou d'alliage métallique. On les utilise en particulier

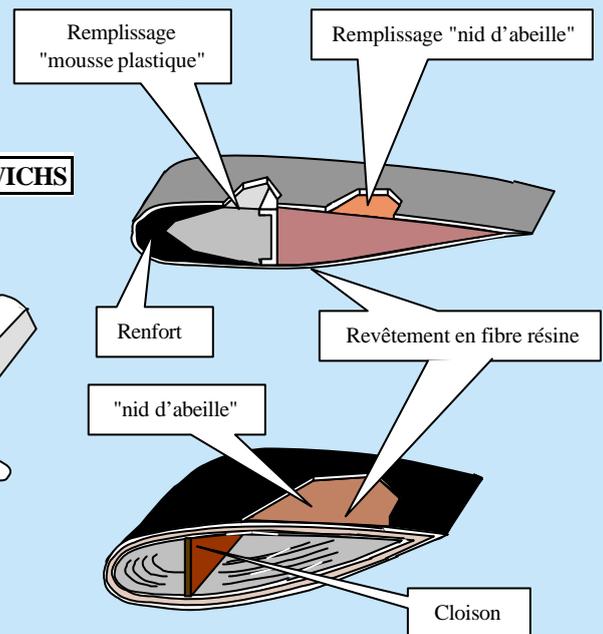
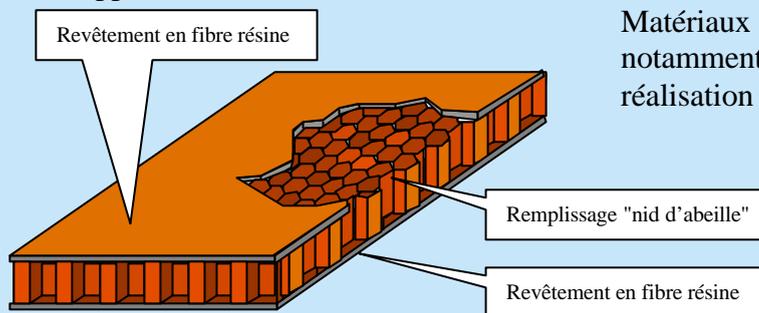
- revêtements de voilure
- revêtement pales d'hélicoptère
- renforcement de bord d'attaque
- trappes de visite

COMPOSITE		PROPRIÉTÉS	UTILISATIONS
matrice	fibre		
Résine époxyde	Verre	Densité : 1,99 Rr : 120 daN/mm <sup>2</sup>	Pales d'hélicoptère
	carbone	Densité : 1,55 Rr : 140 daN/mm <sup>2</sup>	Pales d'hélicoptère, aubes de compresseur de réacteur
	bore	Densité : 2,1 Rr : 195 daN/mm <sup>2</sup>	Cellule, carters, aubes de compresseur de réacteur

### MATERIAUX SANDWICHS

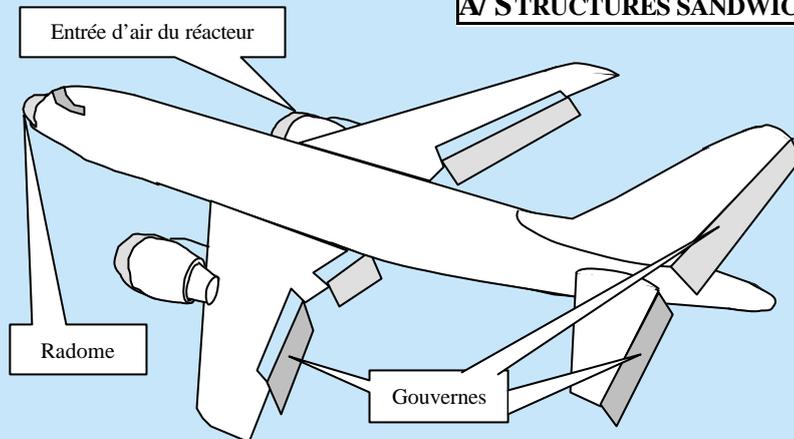
Matériaux légers et de grandes résistances. Ils sont notamment utilisés sans nécessité de raidisseurs, pour la réalisation d'organes à fonctions aérodynamiques :

- gouvernes
- pales d'hélicoptères
- spoilers

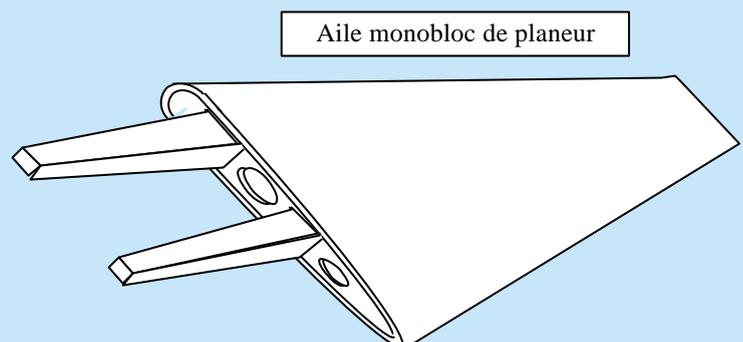
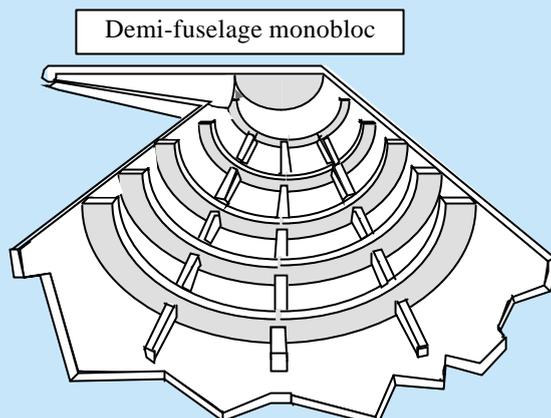


## STRUCTURES COMPOSITES

### A/ STRUCTURES SANDWICHS



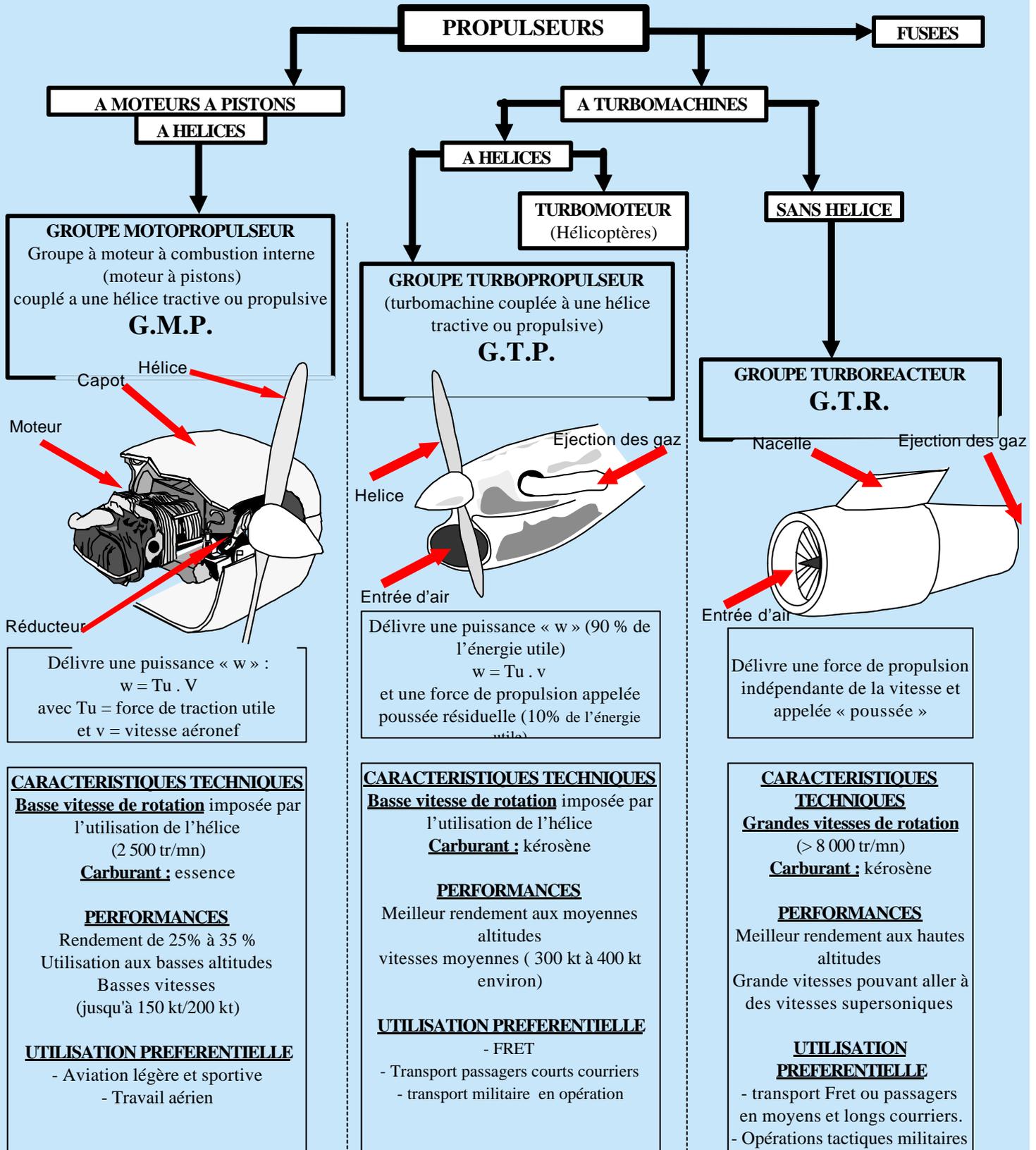
### B/ STRUCTURES MONOCOQUES FIBRES RESINES



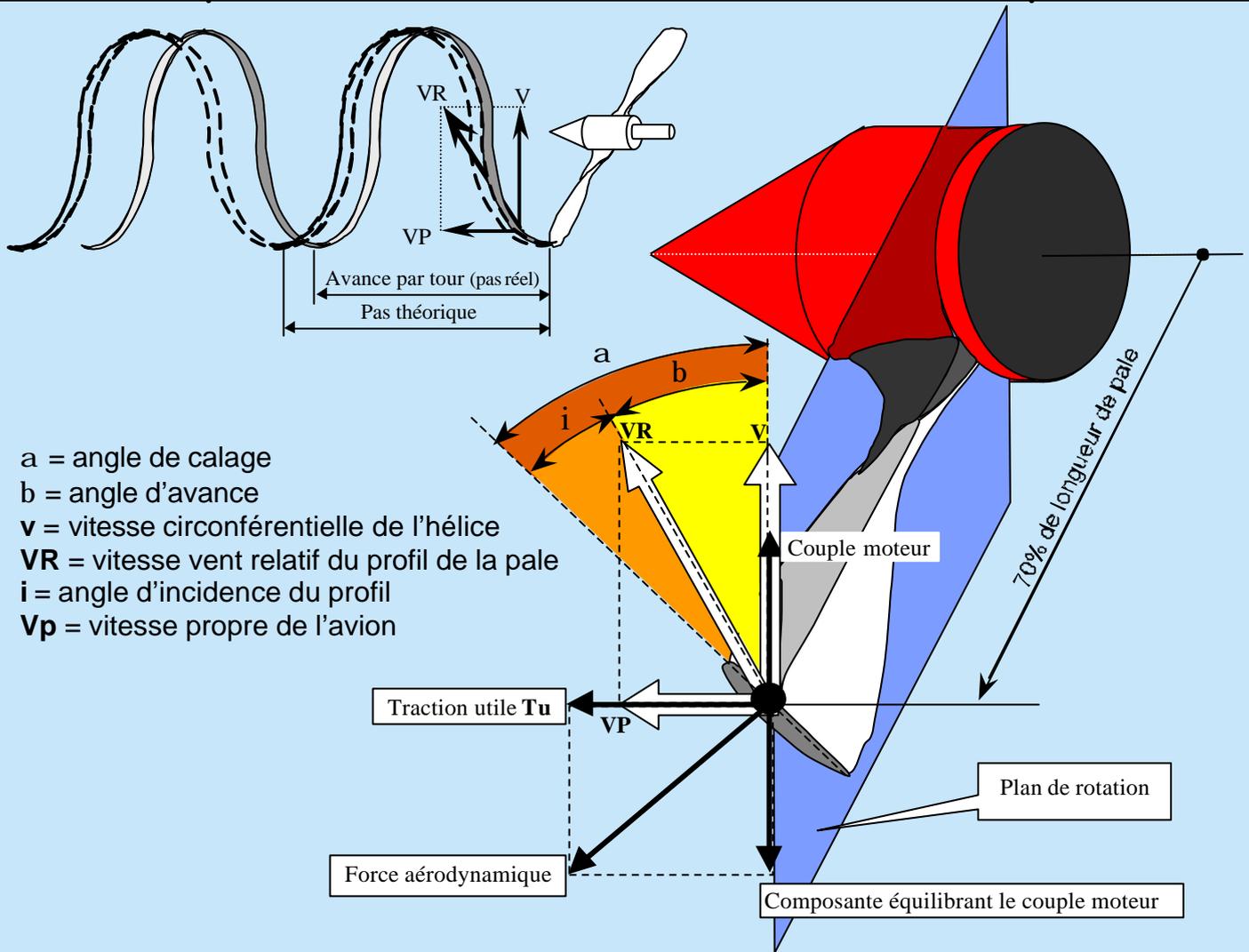
Nom de l'alliage	Désignations normalisées	Utilisations aéronautiques
<b>ZICRAL</b>	<b>33-7075 AZ 5 GU DIN N° 3.4364</b>	<b>Revêtements d'extrados – longerons d'ailes – lisses – empennages – trains d'atterrissage</b>
<b>DURALUMIN</b>	<b>33 – 2024 AU 4 G 1 AU 2 GN 33 – 2017 33 – 2618 DIN N° 3 – 1305</b>	<b>Revêtements d'intrados - circuits hydrauliques – circuits pneumatiques – canalisations d'huile – nids d'abeilles – fuselages – longerons et nervures d'intrados – structures coque – ailettes de compresseurs axiaux – roue de compresseur centrifuge</b>
<b>ALPAX</b>	<b>AS 12 UN</b>	<b>Pistons de moteurs – pistons de compresseurs</b>
<b>DURALINOX</b>	<b>AG 3 DIN N° 3.3524.1</b>	<b>Nids d'abeille – circuits hydrauliques – circuits pneumatiques – circuits d'huile</b>
<b>ACIERS</b>	<b>Z 10 CNT 18_8 36 NCD 16 SAE 2330 SAE 1095 SAE 4130</b>	<b>Becs de bord d'attaque d'avions supersoniques – ailettes médianes de compresseur réacteur – cheminées et tubulures d'échappement – collecteurs – amortisseurs de trains d'atterrissage – pièces structurelles usinées – tiges d'accouplement – câbles de commandes – ressorts – tubes hydrauliques extérieurs</b>
<b>ALLIAGES DE MAGNESIUM</b>	<b>GA 9 GZ 4</b>	<b>Boîtiers d'instruments de bord - arter de moteur – éléments de sytructure – sièges – roues d'avion – tableau de bord – stator et carter de compresseurs de turbomachines – mât radio</b>
<b>ALLIAGES DE TITANE</b>	<b>T-A 6 V 4 T-A 3 Cr</b>	<b>revêtement sur avion supersonique - train d'atterrissage – attache de voilure – cadres – lisses – cloison parefeu</b>
<b>MONEL</b>	<b>Ni Cu 29 Fe</b>	<b>Rivets – collecteurs d'échappement – soupapes</b>

Les propulseurs sont des machines composées d'un moteur thermique ayant pour fonction de fournir l'énergie nécessaire à :

- la propulsion de l'aéronef
- l'entraînement des équipements et servitudes de bord (production d'électricité.....)



*Fiche élève*



- a = angle de calage
- b = angle d'avance
- v = vitesse circonférentielle de l'hélice
- VR = vitesse vent relatif du profil de la pale
- i = angle d'incidence du profil
- Vp = vitesse propre de l'avion

**RÔLE DE L'HELICE :** *elle restitue la puissance développée par le moteur et nécessaire à la traction*

**DEFINITION ET DESCRIPTION DE L'HELICE :** *voilure tournant dans un plan perpendiculaire à l'axe des roulis*

Elle se compose d'un minimum de deux pales réunies par la partie centrale appelée moyeu. Elle se comporte comme une aile dont la force aérodynamique se décompose en une traction et en un couple équilibrant le couple moteur. L'extrémité de pale ayant une vitesse linéaire plus importante que les sections de pale plus au centre, il faut répartir l'effort de traction sans déformation de la pale. Pour cela l'angle de calage est d'autant plus petit que la section est éloignée du moyeu. Chaque hélice est définie par sa corde de référence située à 70% de sa longueur en partant du centre de rotation.

**LE PAS DE L'HELICE :** c'est la distance théorique parcourue par l'avion quand l'hélice a effectué un tour.  
**L'AVANCE PAR TOUR :** c'est la distance réellement parcourue par l'avion quand l'hélice a effectué un tour. L'avance par tour est toujours inférieure au pas théorique. La perte d'avance est due à la compressibilité de l'air. On peut calculer le pas réel pour chaque avion en effectuant le rapport :

$$\text{Avance par tour} = \frac{V_p \text{ (m/s)}}{\text{Tours / seconde}}$$

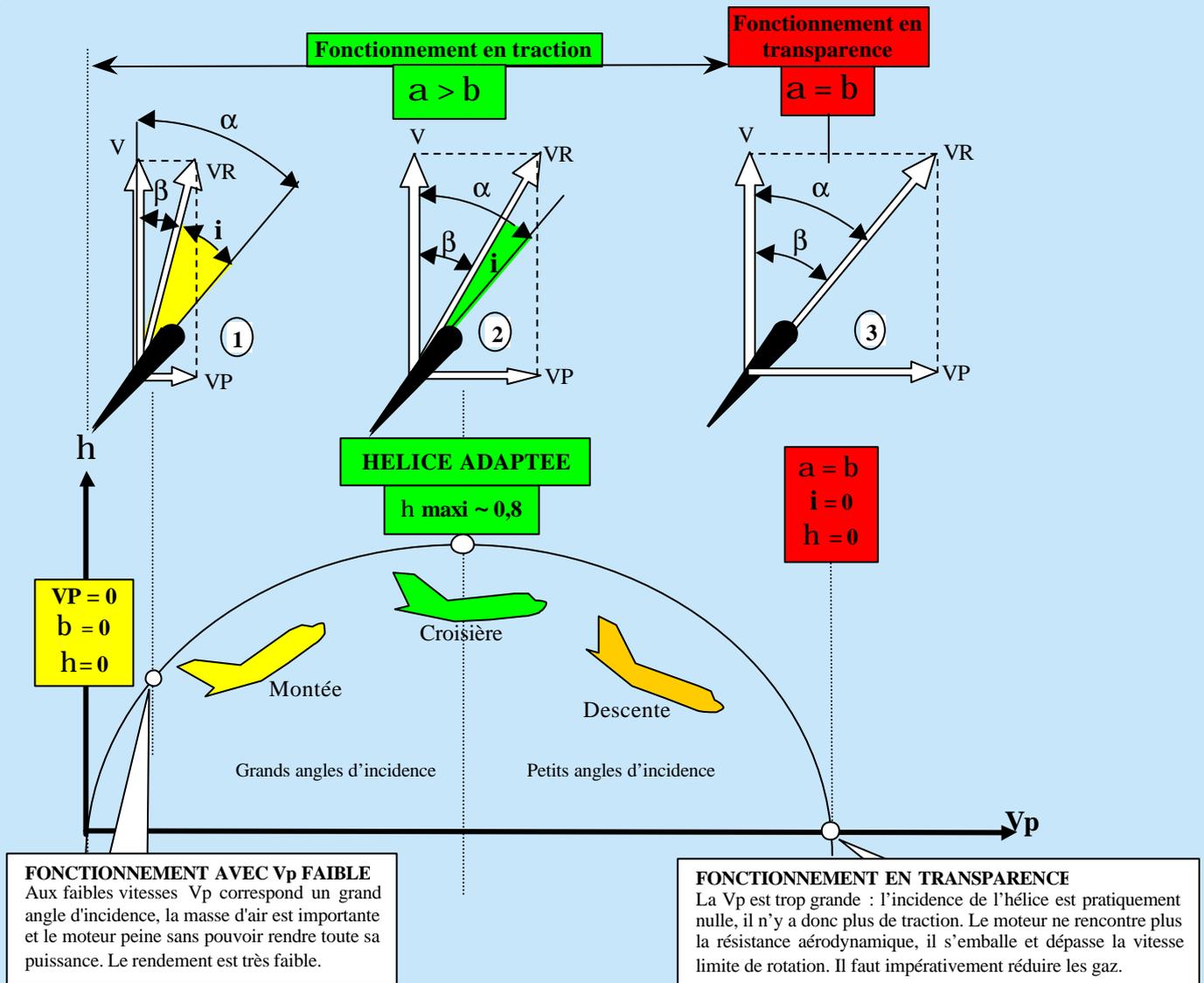
**LE RENDEMENT DE L'HELICE :** il se définit comme le rapport de la puissance restituée par la puissance fournie :

$$\text{Rendement } \eta = \frac{\text{Puissance restituée}}{\text{Puissance absorbée}}$$

$$\eta = \frac{\text{Pas théorique}}{\text{Avance par tour}}$$

### L'HELICE A CALAGE FIXE

Le calage de l'hélice est déterminé une fois pour toute lors de sa construction ou de sa mise en place sur avion (hélice à calage réglable au sol)



On constate que l'angle d'incidence de l'hélice est inversement proportionnel à la vitesse propre et proportionnel à la vitesse de rotation. Nous retiendrons :

- Au point fixe (avion à l'arrêt) le rendement est nul
- Aux grandes vitesses le rendement diminue et peut devenir nul
- Le rendement est optimum pour la vitesse d'adaptation

### HELICE A CALAGE VARIABLE ET HELICE A VITESSE CONSTANTE

Ces deux systèmes ont pour fonction de permettre au pilote d'adapter l'hélice en fonction du régime adopté.

#### L'HELICE A CALAGE VARIABLE

*Le pilote sélectionne un calage d'hélice par une commande à crans (commande que l'on peut comparer à celle de changement de vitesses d'une voiture)*

#### L'HELICE A VITESSE CONSTANTE

*Le pilote sélectionne une vitesse de rotation. Cette vitesse est réglée, par auto-adaptation du calage, de manière à rester constante lors de faibles variations de puissance moteur ou de vitesse avion.*

### FONCTIONS DU GMP

*Il a pour fonction de fournir la puissance mécanique nécessaire à la propulsion de l'avion et à l'entraînement des servitudes*

### DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Pour fonctionner, chaque piston effectue 4 opérations :

- 1 - **Admission**
- 2 - **Compression**
- 3 - **Explosion-détente**
- 4 - **Echappement**

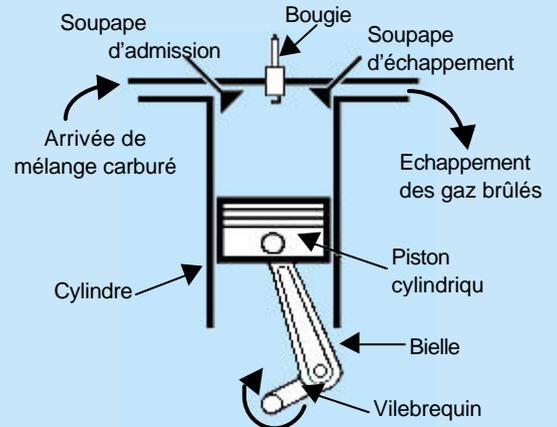
Dans un moteur « 2 temps », ces opérations s'effectuent en :

- 2 courses de piston soit 1 tours de vilebrequin

Dans un moteur « 4 temps », ces opérations s'effectuent en :

- 4 courses de piston soit 2 tours de vilebrequin

### MOTEUR « 4 TEMPS avec 4 CYLINDRES en ligne »



#### 1/ ADMISSION

La soupape d'admission est en position d'ouverture. La descente du piston provoque l'aspiration du mélange carburé. Au démarrage du moteur, le mouvement du piston est assuré par le démarreur électrique.

#### 2/ COMPRESSION

Les deux soupapes sont en position de fermeture. La remontée du piston a pour effet de comprimer le mélange carburé.

#### 3/ EXPLOSION-DETENTE

La bougie enflamme le mélange carburé comprimé. La combustion exerce, par dilatation du mélange, une pression sur le piston. Le piston est donc repoussé, et les gaz brûlés se détendent.

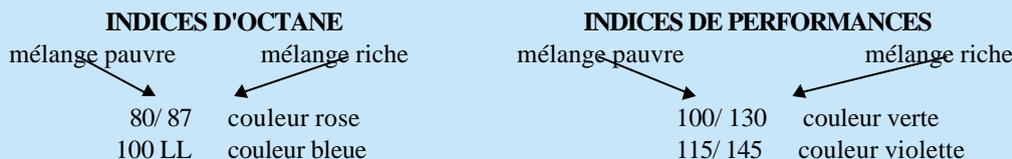
#### 4/ ECHAPPEMENT

La soupape d'échappement est en position ouverte. La remontée du piston contribue à l'évacuation des gaz brûlés.

Réducteur de vitesse de rotation

### CARBURANT

*Le moteur doit être alimenté par l'essence prescrite par le constructeur. Ce carburant se caractérise par l'indice d'octane (<100) ou de performance (100 et +)*

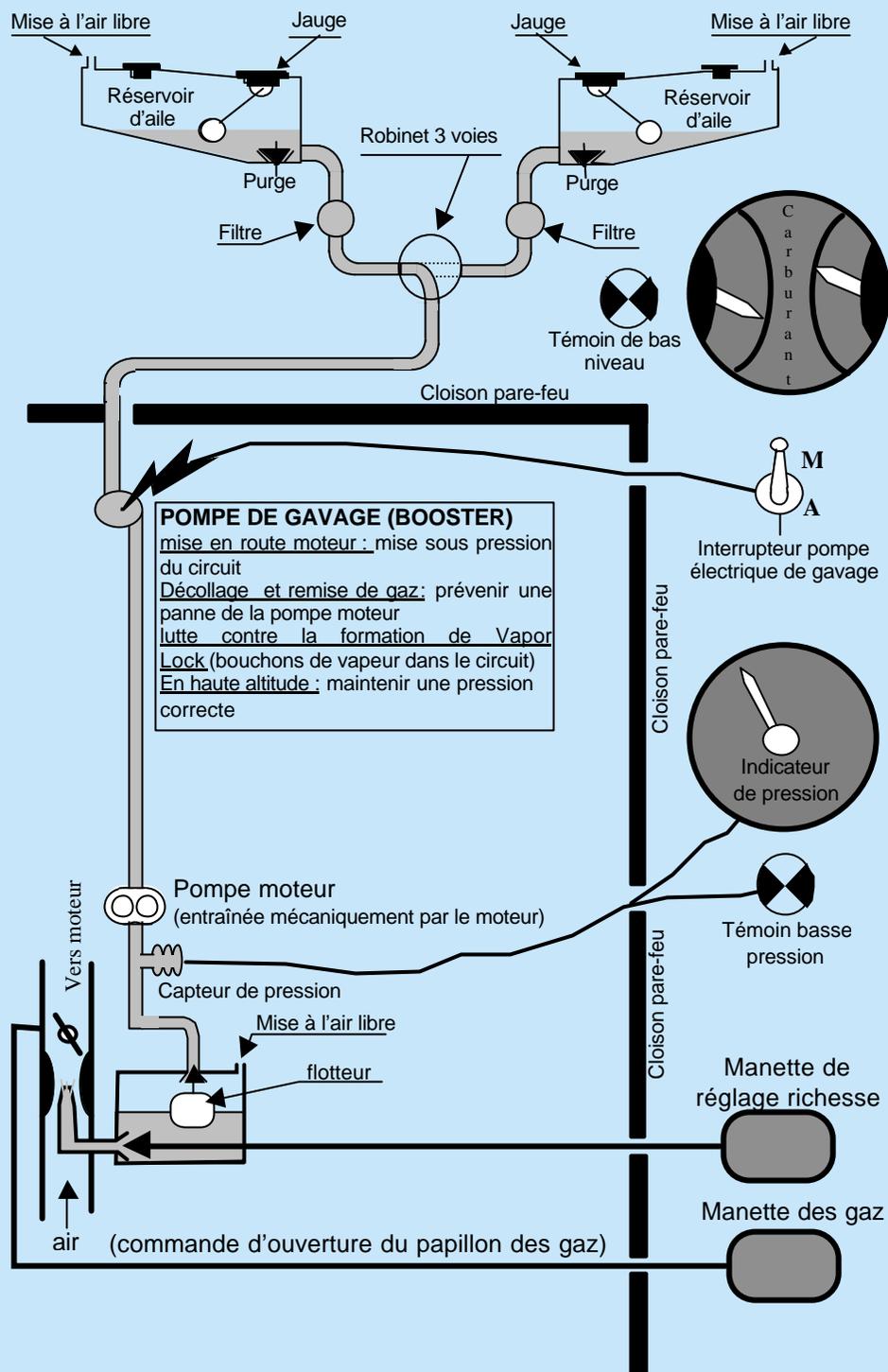


NE JAMAIS UTILISER UNE ESSENCE D'INDICE INFÉRIEUR A CELUI PRÉCONISÉ

### LUBRIFICATION

*Les huiles utilisées sont d'origine minérales ou dispersantes. Elles se caractérisent par leur grade qui est l'indice représentant leur viscosité.*

ON NE PEUT MELANGER QUE DES HUILES DE MEME ORIGINE NATURELLE

**RÔLE DE L'ALIMENTATION :**

alimente le moteur en carburant, par gravité, une pompe moteur et, lorsque nécessaire, par une pompe électrique commandée

les réservoirs sont mis à à l'air libre de manière à compenser la baisse du niveau carburant par un volume d'air équivalent. Lorsque l'avion est équipé de 2 réservoirs (un dans chaque aile), un robinet sélecteur permet au pilote de passer d'un l'un à l'autre pour limiter le déséquilibre dû aux masses de carburant de chaque aile.

**LA CARBURATION**

Elle assure le mélange air/essence avant son admission dans les cylindres

La proportion air-essence du mélange est de : **1 gr d'essence pour 15 d'air**

On appelle mélange riche lorsque le mélange supérieur à 1/15

On appelle mélange pauvre lorsque le mélange inférieur à 1/15

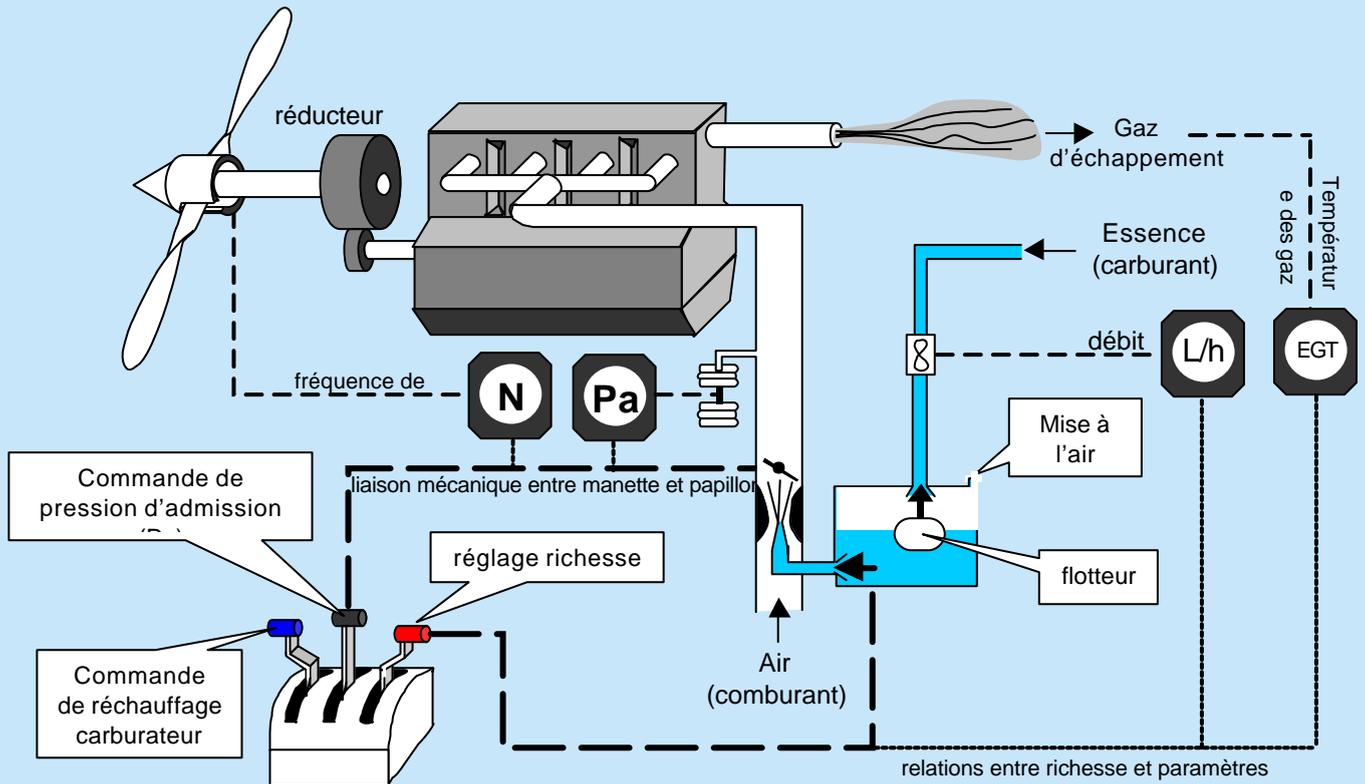
**La manette de richesse :** elle permet au pilote d'ajuster la richesse en fonction de la masse volumique de l'air qui varie avec la pression statique ( $P_s$ ) et avec la température

**La manette de gaz ou manette de pression d'admission :** en commandant l'ouverture du papillon, elle permet de modifier à volonté la puissance moteur qui est proportionnelle à la masse de mélange admise dans les cylindres.

**Le givrage du carburateur,** dangereux car il peut obstruer l'arrivée des gaz vers les cylindres. Il peut se produire par détente des gaz au niveau du papillon. Ce risque est favorisé par :

- bas régime (papillon faiblement ouvert)
- température carburateur entre 0 et +10°
- atmosphère humide
- température extérieure inférieure à 20°C

On remédie à cet inconvénient par la possibilité de commander un système de réchauffage par air réchauffé en circulant autour des pipes d'échappement



### UTILISATION DE L'HELICE

Elle est liée à la puissance du moteur qui est définie par la pression admission commandée par la manette des gaz pour une fréquence de rotation (N). Il faudra éviter le surrégime prolongé. La vitesse maximale est repérée sur le tachymètre par trait rouge.

### UTILISATION DE LA COMMANDE DE MELANGE

#### Pleine puissance :

manette sur « plein riche » pour maintenir l'équilibre thermique (refroidissement du moteur par évacuation des gaz imbrulés)

#### Puissance de croisière :

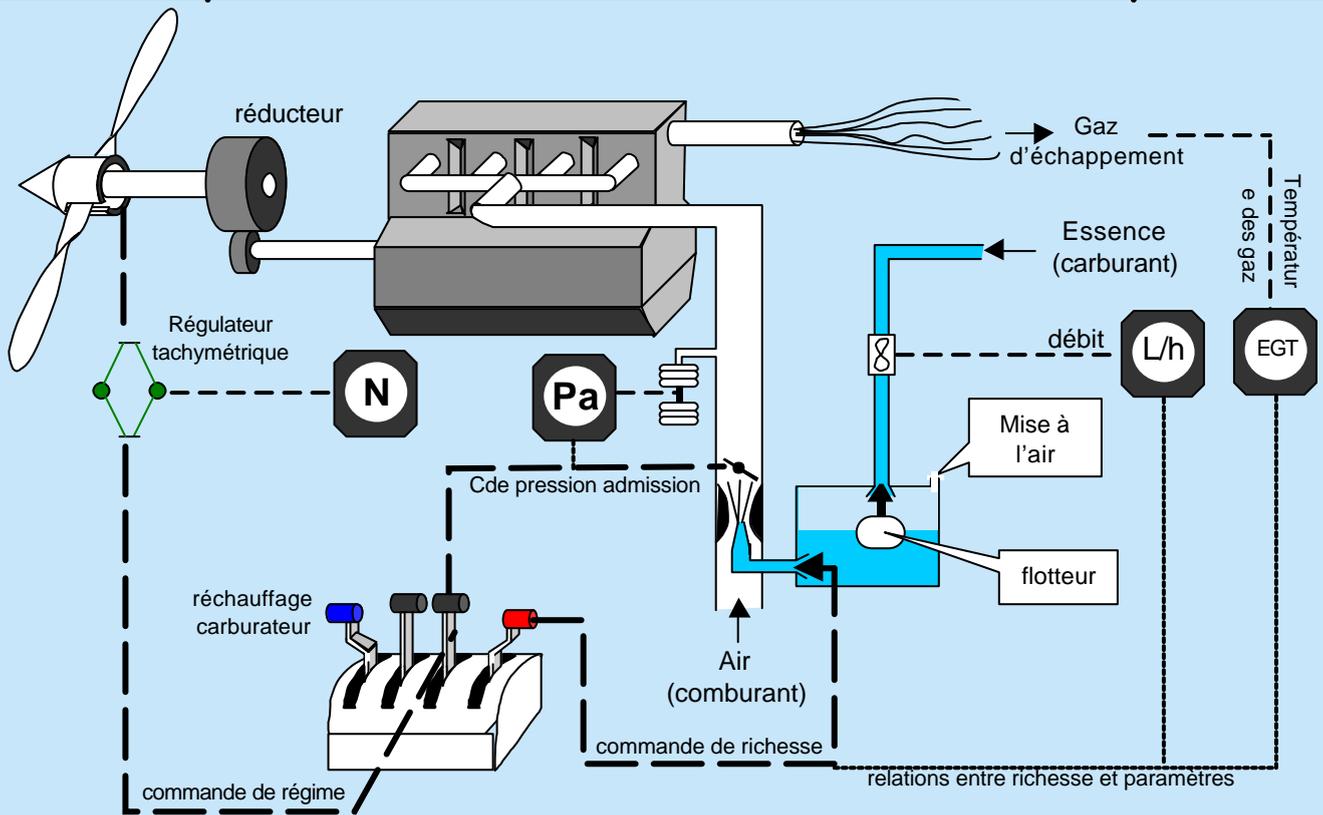
- 1/ appauvrir le mélange jusqu'à constater une chute de régime
- 2/ enrichir le mélange jusqu'à obtenir le régime maximal
- 3/ contrôler les températures températures cylindres ou EGT et huile

### UTILISATION DE LA COMMANDE DE RECHAUFFAGE CARBURATEUR

Le réchauffage a pour effet de diminuer la masse volumique de l'air, ce qui se traduit par une perte de puissance, il ne faudra le mettre en service que pour les bas Bas régimes de rotation et uniquement lorsqu'il y a risque de givrage. On utilisera cette commande en « tout ou rien » et avant de réduire la puissance.

### ORDRE DES OPERATIONS

AUGMENTATION DE PUISSANCE		DIMINUTION DE PUISSANCE	
1	<u>Plein riche</u>	1	<u>réchauffage carbu sur « chaud »</u>
2	<u>Augmenter la P.A.</u>	2	<u>réduction de la P.A.</u>
3	<u>réchauffage carbu sur « froid »</u>	3	<u>réglage de la richesse</u>



### UTILISATION DE L'HELICE

1/ **Décollage (pleine puissance)** : manette de régime sur plein « *petit* pas », soit régime *maximal*

2/ **Croisière** : manette de régime sur « *grand* pas », soit régime *petit*

### UTILISATION DE LA COMMANDE DE MELANGE

#### Pleine puissance :

manette sur « *plein riche* » pour maintenir l'équilibre *thermique*

#### Puissance de croisière :

1/ *appauvrir* le mélange jusqu'à constater une chute de *régime*

2/ *enrichir* le mélange jusqu'à obtenir le régime *maximal*

3/ contrôler les températures *températures cylindres ou EGT et huile*

### UTILISATION DE LA COMMANDE DE RECHAUFFAGE CARBURATEUR

Le réchauffage a pour effet de diminuer *masse volumique* de l'air, ce qui se traduit par une perte de *puissance*, il ne faudra le mettre en service que pour les bas *régimes de rotation* et uniquement lorsqu'il y a risque de givrage. On utilisera cette commande en « *tout* ou *rien* » et avant de réduire la *puissance*

**ORDRE DES OPERATIONS** : Dans tous les cas il faut éviter *le surcouple sur* l'arbre moteur

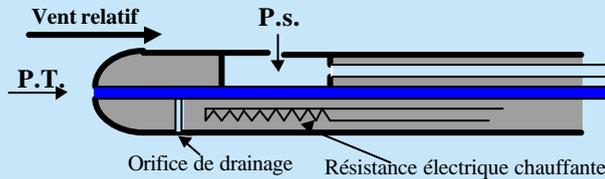
AUGMENTATION DE PUISSANCE		DIMINUTION DE PUISSANCE	
1	<i>plein riche</i>	1	<i>réchauffage carbu sur « chaud »</i>
2	<i>augmenter le régime</i>	2	<i>diminuer la P.A.</i>
3	<i>augmenter la P.A.</i>	3	<i>diminuer le régime</i>
4	<i>réchauffage carbu sur « froid »</i>	4	<i>régler la richesse</i>

## RÔLE

*Il indique aux erreurs près, la vitesse du vent relatif, c'est à dire la vitesse de déplacement de l'avion par rapport à la masse d'air.*

On appelle « VI », la vitesse indiquée en  $Kt_{(nœud)}$  ou éventuellement en Km/h. 1 nœud = 1,852 Km/h

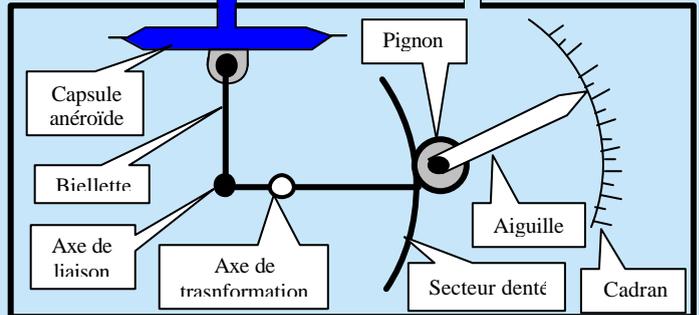
On appelle « Vv », la vitesse vraie de l'aéronef :  $Vv = VI + \text{erreurs}$ . La vitesse propre « Vp » est la composante horizontale de la vitesse vraie Vv.



Mesure effectuée :  $Pd = PT - PS$

Réalisation des graduation selon la relation :

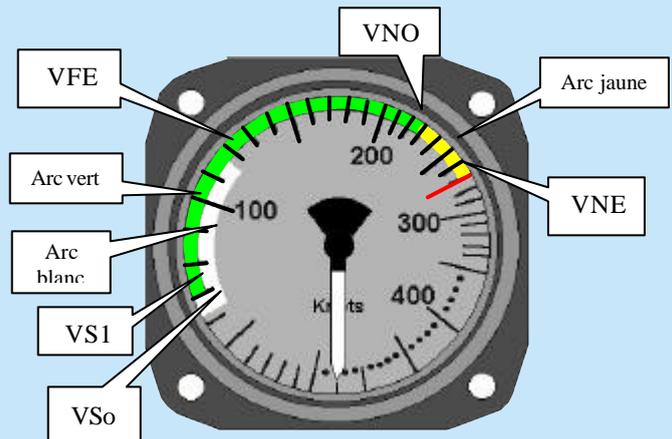
$$EV = \sqrt{\frac{2Pd}{r_0}}$$



**ERREUR DE PRINCIPE :** l'étalonnage ne tient pas compte de la variation de la masse volumique « r » de l'air en fonction de l'altitude et de la température. Nous effectuerons une correction approximative de la manière suivante : 1% de VI pour 600 ft d'altitude (2% pour 200 ft, etc....)

### LES VITESSES REMARQUABLES :

- Vso = vitesse de décrochage volets et trains sortis
- VS1 = vitesse de décrochage en « lisse »
- VFE = vitesse maximale volets sortis
- VNO = vitesse normale maximale en opération
- VNE = vitesse à ne jamais dépasser



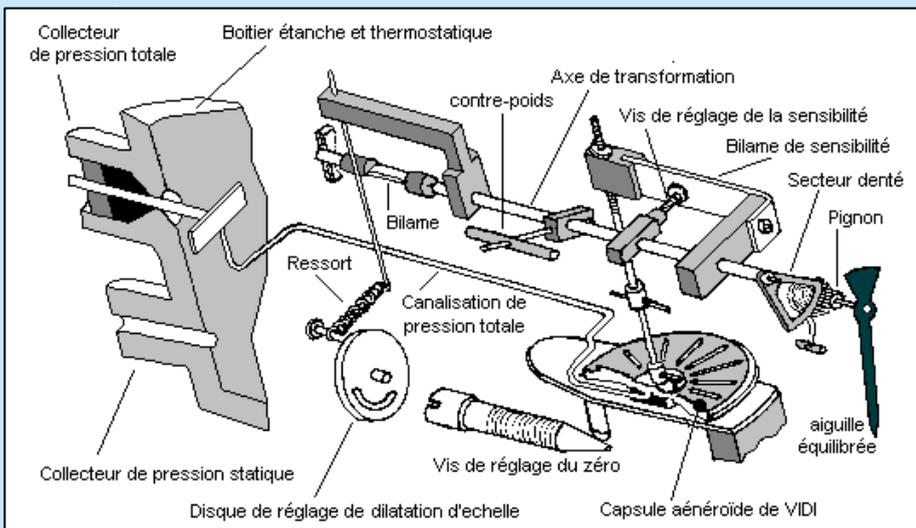
### DELIMITATION DES ARCS DE COULEURS

Arc Blanc : *plage de vitesses d'utilisation des volets*

Arc vert : *plage de vitesses d'utilisation en lisse (hypersustentateurs rentrés)*

Arc jaune : *plage utilisable en atmosphère calme*

Arc rouge : *vitesses à ne jamais dépasser*



La capsule anéroïde de Vidi subit une déflexion proportionnelle à la pression mesurée (Pression – pression statique)

Les bilames ont pour fonction d'effectuer des compenser les erreurs dues à l'influence de la température sur le système mécanique.

L'axe de transformation transforme la déflexion linéaire de la capsule en un déplacement angulaire amplifié.

Le ressort hélicoïdal modifie la sensibilité de mesure en fonction de l'intensité de la pression

Vis de réglage du zéro, permet le réglage de la position en hauteur de la capsule

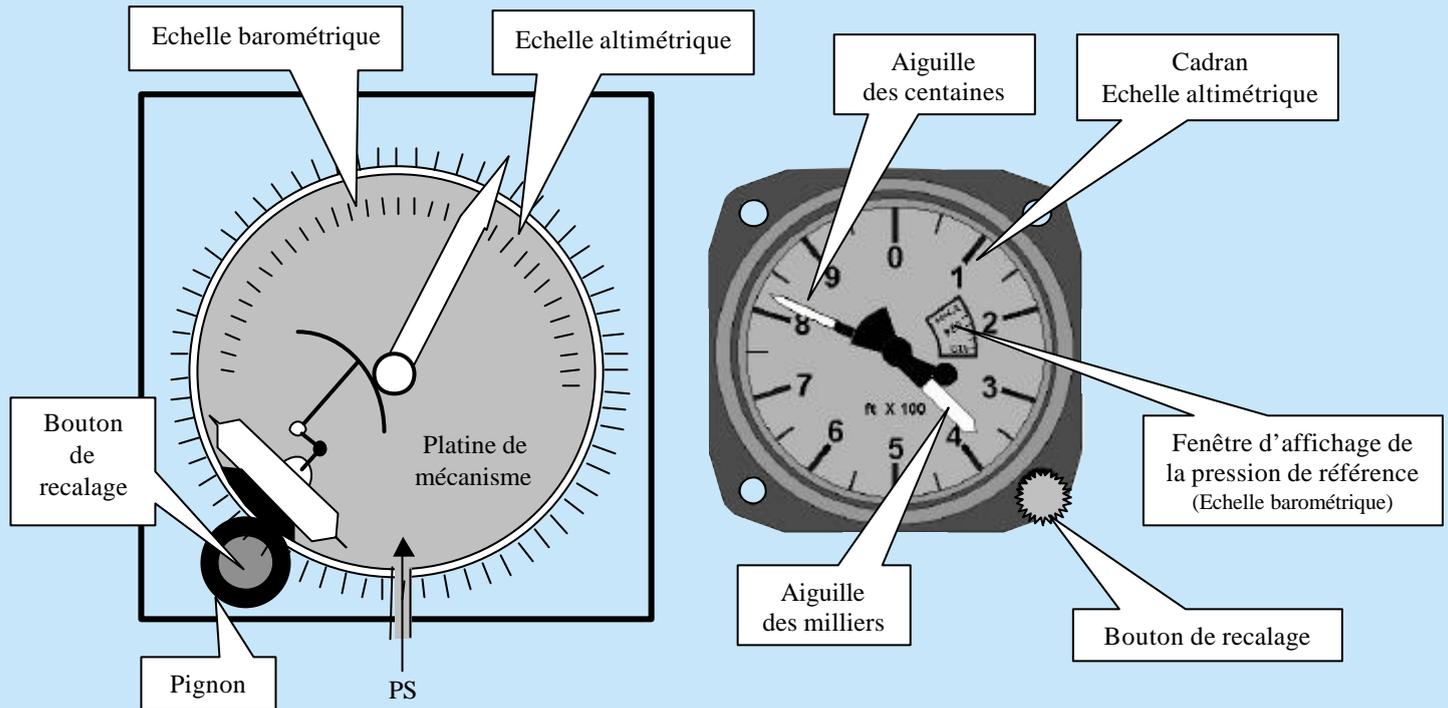
**RÔLE :** Il évalue et indique l'altitude ou hauteur au dessus d'un niveau pris pour référence

## PRINCIPE

C'est un baromètre mesurant la pression atmosphérique et la traduit en valeur altimétrique par un cadran gradué en pieds (ft) ou parfois en mètres (m)

On retiendra que, dans les basses couches de l'atmosphère, une variation de 28 ft correspond à une variation de pression 1 hectopascal (hpa).

Un bouton de recalage permet de sélectionner la pression de référence en faisant tourner l'ensemble du mécanisme (et son aiguille) par rapport au cadran altimétrique.



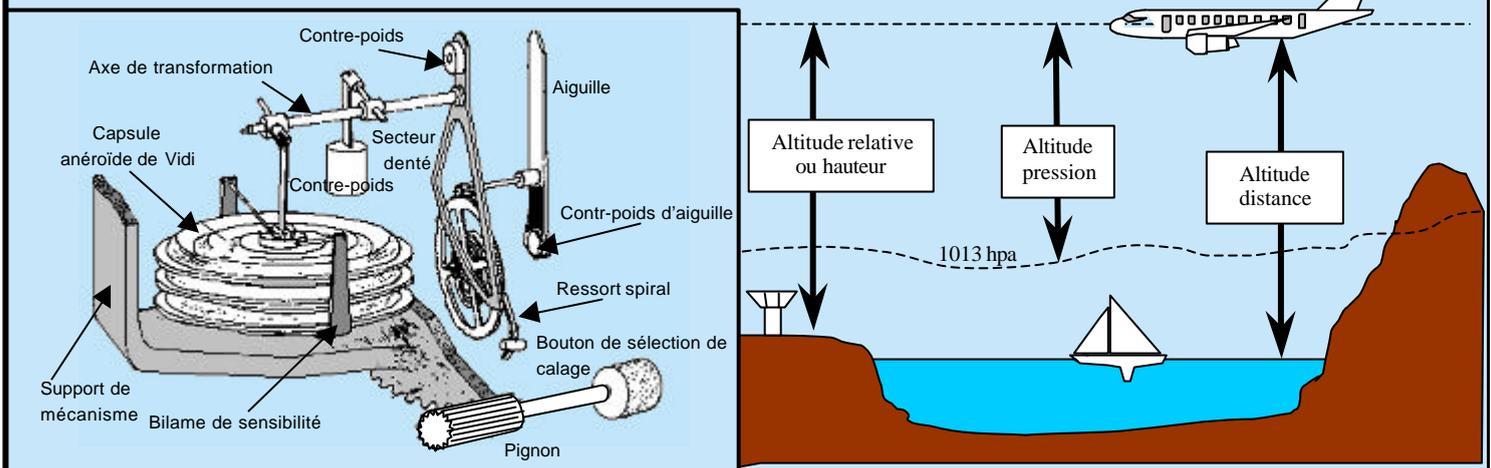
## CALAGES ALTIMETRIQUES

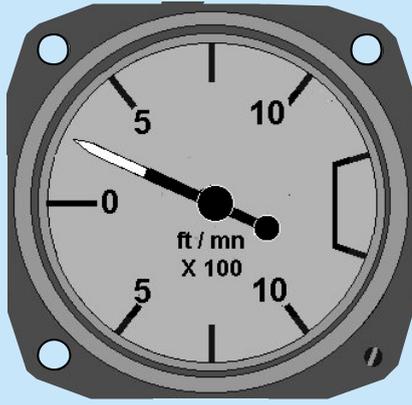
Caler l'altimètre consiste à afficher, dans la fenêtre de l'instrument, la pression de référence choisie. A chaque calage barométrique correspond une altitude de référence.

Calage au QNE : la pression de référence est 1013 hpa

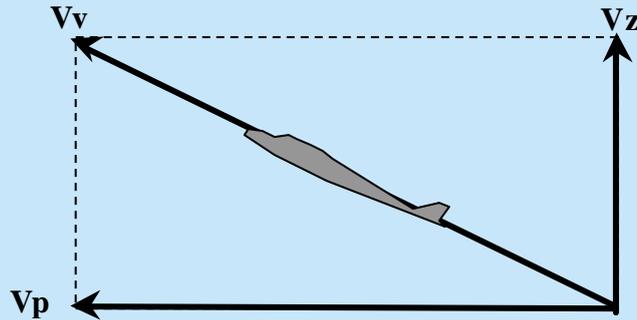
Calage au QFE : la pression de référence est celle du jour

Calage au QNH : au niveau de l'aérodrome





RÔLE : il évalue les vitesses verticales ( $V_z$ ) de montée ou de descente par rapport au sol



## PRINCIPE DU VARIOMÈTRE A "BOÎTIER CAPACITÉ"

Lors d'une variation d'altitude, et par conséquent lors d'une variation de pression statique, l'orifice calibré retarde la variation de pression dans le boîtier :

En palier :  $P.s. = P'$

En montée :  $P.s. < P'$

la capsule s'écrase

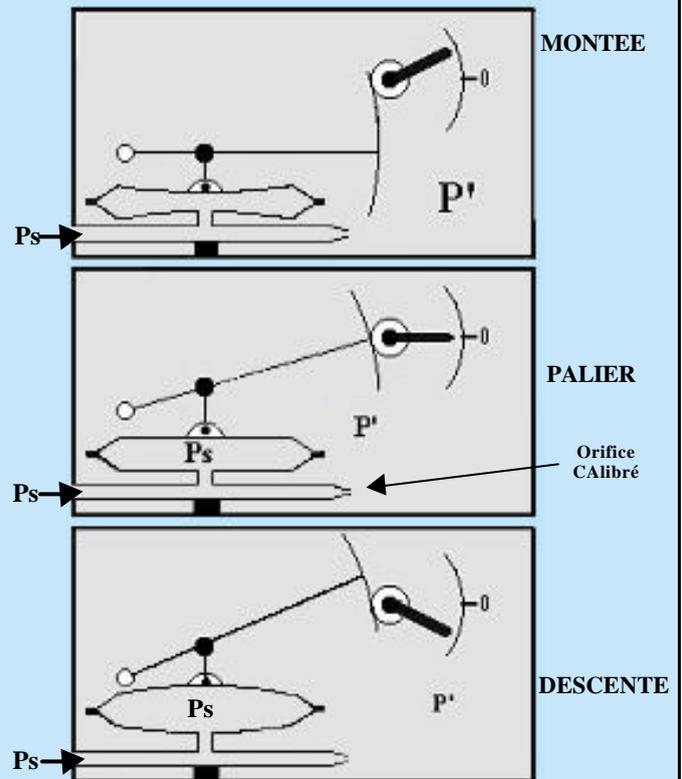
En descente :  $P.s. > P'$

la capsule se gonfle

La différence entre les deux pressions  $P_s$  et  $P'$  est fonction

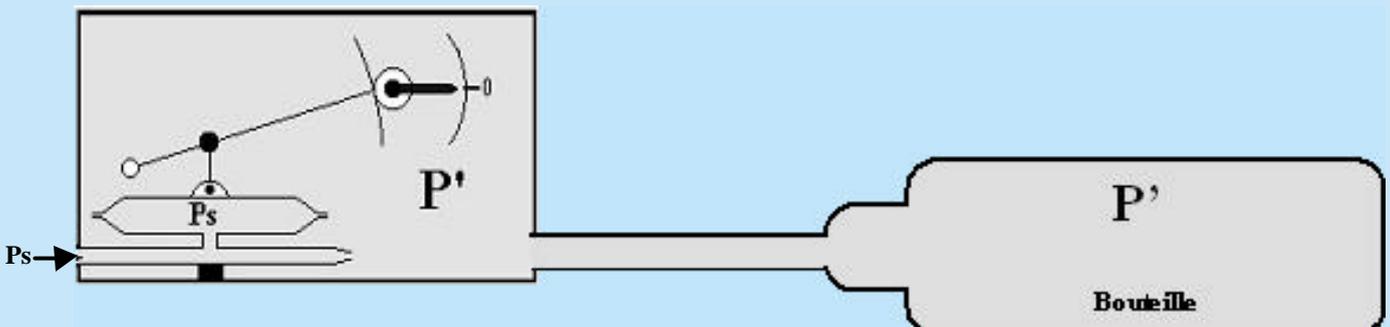
- de la vitesse verticale de l'avion
- de la capacité du boîtier
- de la viscosité de l'air qui est proportionnelle à sa masse volumique

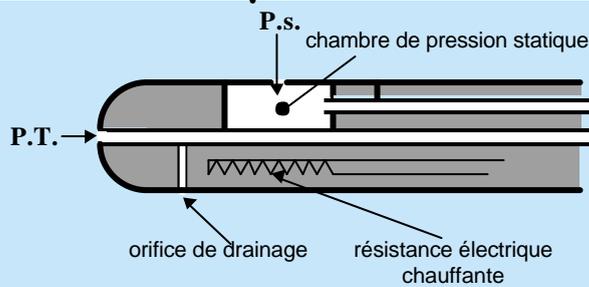
Sa précision n'est que de l'ordre de 10% et ses indications présentent un retard lors des variations de vitesse verticale. En particulier, après une mise en palier, l'équilibre entre les deux pressions s'effectue lentement et l'aiguille revient progressivement et lentement à zéro. Ce retard s'appelle hystérésis. Les informations ne peuvent donc être exploitées que lors d'un vol stabilisé sur une trajectoire rectiligne.



## VARIOMÈTRE SENSIBLE A CAPACITÉ SÉPARÉE

La bouteille constitue une capacité importante de pression  $P'$  (principe utilisé sur planeur). Cette pression variera donc moins rapidement pour une même vitesse verticale, ce qui a pour effet d'augmenter la différence entre  $P'$  et  $P_s$  et par conséquent la sensibilité de l'appareil.



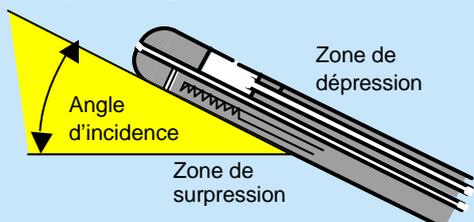


## RECAPITULATION DES ERREURS DE MESURE

Erreurs de principe : variation de la masse volumique de l'air

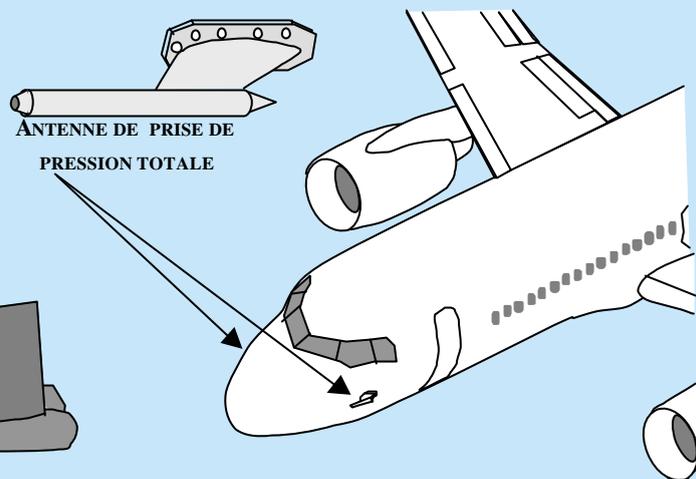
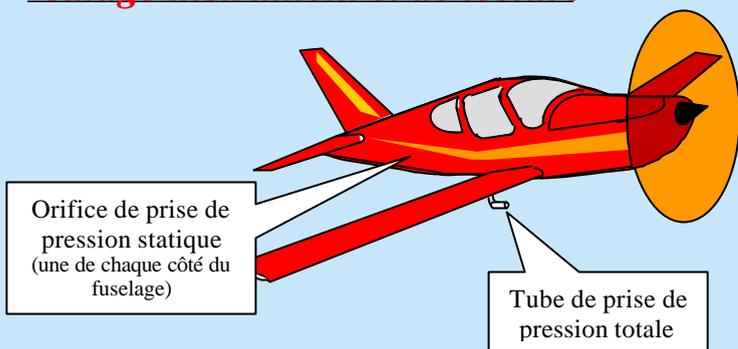
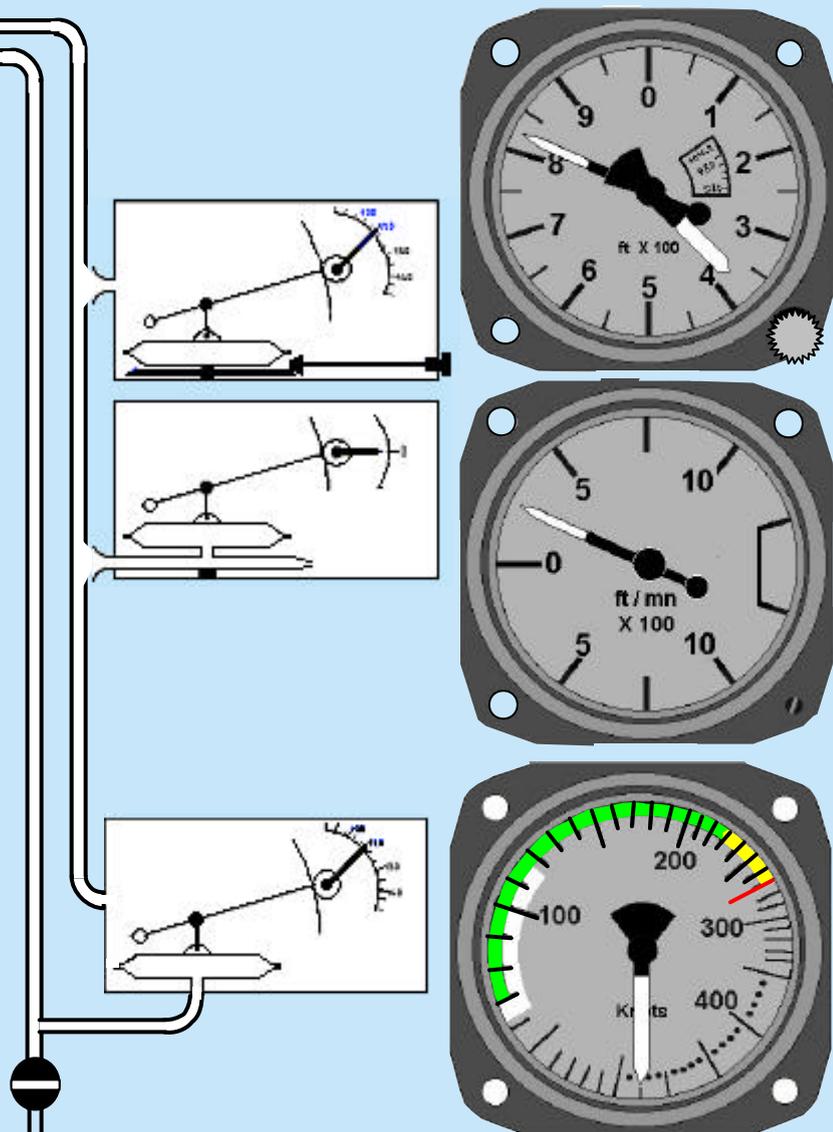
Erreurs instrumentales : étalonnage et hystérésis de la capsule

Erreurs d'installation : pertes de charges et position antenne



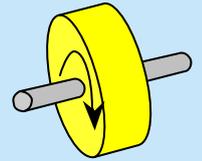
Erreurs d'évolutions : accélération et variations d'incidence

Erreurs humaines : erreurs de calage instrument et de lecture



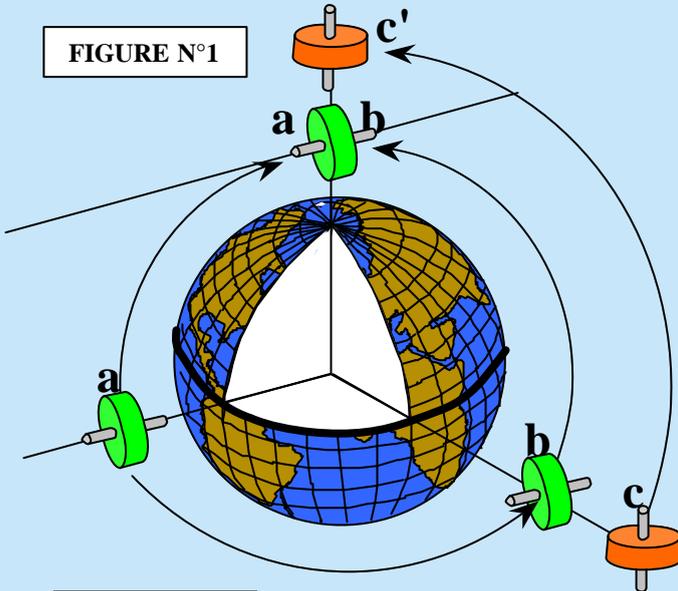
## DEFINITION D'UN GYROSCOPE

Un gyroscope est un solide de révolution animé d'une grande vitesse de rotation. Il a pour propriété fondamentale de s'opposer à toute force qui tendrait à modifier l'orientation de son axe de rotation (loi de fixité).



## PREMIERE LOI GYROSCOPIQUE : loi de fixité

FIGURE N°1

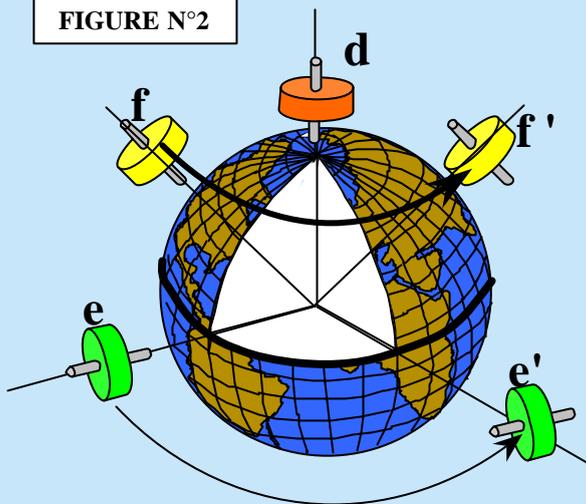


Un gyroscope libre animé d'une grande vitesse de rotation a pour propriété fondamentale de conserver son axe de rotation selon une orientation fixe dans l'espace absolu.

Cela signifie que son orientation n'est pas liée aux références terrestres. On constate sur la figure N°1 :

L'axe de gyroscope "a" suspendu dans le vide au-dessus de l'équateur, est orienté suivant la verticale locale. Si on le transporte vers le pôle nord en « a' », son axe de rotation reste orienté parallèlement à son orientation initiale et l'on constate alors qu'il est cette fois-ci perpendiculaire à la verticale polaire soit horizontal

FIGURE N°2



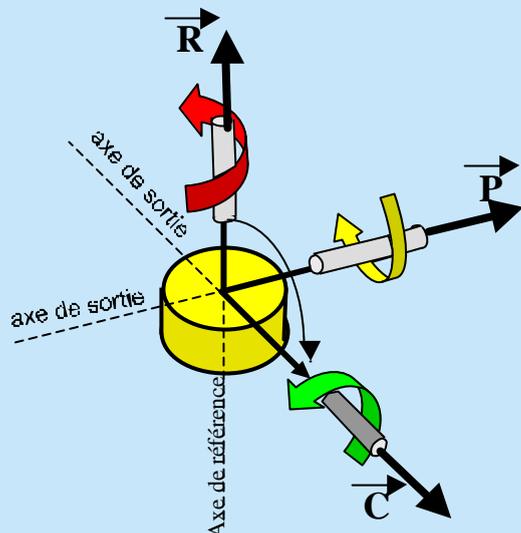
Ce même gyroscope « a » se déplaçant vers l'Est (position « b »), voit son axe passer de la position verticale à la position horizontale après un déplacement 90° autour de l'équateur.

Le gyroscope « b » dont l'axe horizontal est orienté dans le sens Est-Ouest, conservera son axe horizontal si on le déplace vers l'un des deux pôles.

Le gyroscope « c » dont l'axe horizontal est orienté dans le sens Nord-Sud, voit passer son axe à la position verticale, si on le déplace dans le sens Sud - Nord

## DEUXIEME LOI GYROSCOPIQUE

Si l'on applique un couple à un gyroscope libre en rotation, sur un axe différent de son axe de rotation, il réagit à ce couple de manière à amener son axe et son sens de rotation parallèle à celui du couple appliqué, et ce ci par le plus court chemin.



Ce mouvement est dit « mouvement de précession » lorsqu'il est provoqué volontairement, et « dérive » lorsqu'il est dû à un élément perturbateur.

Le vecteur « R » représente le sens de l'avance d'un tire-bouchon tournant dans le même sens que le gyroscope.

Le vecteur « C » représente le sens de l'avance d'un tire-bouchon tournant dans le même sens que le couple appliqué.

Le vecteur « R » représente le sens de l'avance d'un tire-bouchon tournant dans le même sens que la précession.

## L'HORIZON ARTIFICIEL

L'horizon artificiel est un instrument utilisant la loi de fixé dans l'espace d'un gyroscope. Ce gyroscope étant asservi à la verticale locale, le principe consiste à mesurer les angles compris entre l'axe du gyroscope et les axes liés à l'avion.

On obtient ainsi les sens et degrés d'inclinaison et d'attitude longitudinale à cabré ou à piqué.

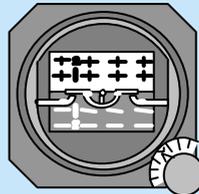
Certaines erreurs d'indications subsistent en virage et lors d'accélération.

**Index fixe :** représente le plan de l'avion

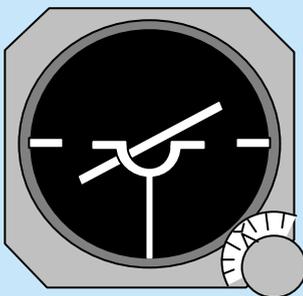
**Barre d'horizon :** représente l'horizon naturel

**Figurine :** représente l'assiette choisie pour référence

**Bouton de calage figurine**

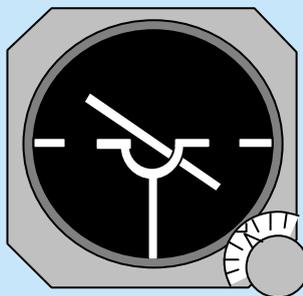


Horizon artificiel à tambour



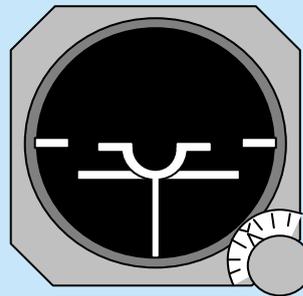
Inclinaison à :

*droite*



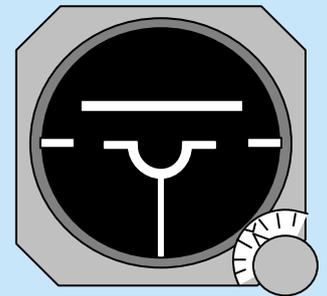
Inclinaison à :

*gauche*



Attitude à :

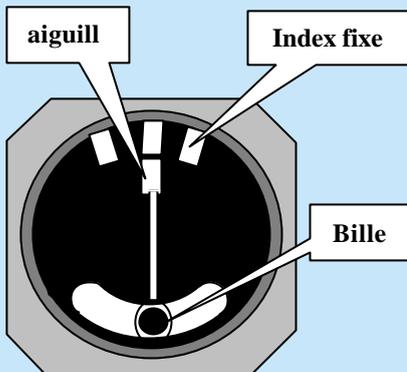
*cabré*



Attitude à :

*piqué*

## INDICATEUR DE VIRAGE



### Vol rectiligne symétrique :

L'aiguille et la bille sont toutes deux au milieu.

L'indicateur de virage est un gyromètre utilisant la loi de précession d'un gyroscope à un degré de liberté. Il indique le sens et le taux du virage.

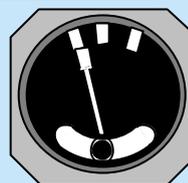
1/ **Virages en vols symétriques :** la verticale apparente est perpendiculaire au plan de l'avion, la bille est au milieu.

Virages à gauche

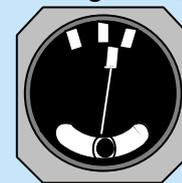
Virages à droite



Taux 1



Taux 2



Taux 1



Taux 2

## VOLS DISSYMETRIQUES



### Vol à plat :

La bille n'est pas alignée sur la verticale vraie mais sur la verticale apparente

### Virages à gauche dissymétriques



Virage dérapé

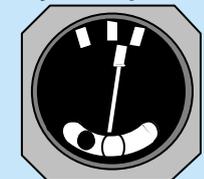


Virage glissé

### Virages à droite dissymétriques



Virage glissé



Virage dérapé