

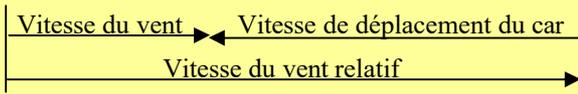
## LA SUSTENTATION

*c'est l'effet porteur dû aux actions combinées des pressions et dépressions que l'air exerce sur un corps*

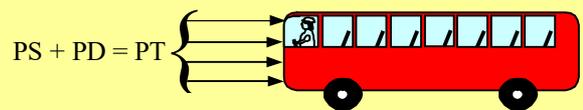
La pression est *l'application d'une force sur une surface :  $P = F / S$*



1/ **Corps au repos** : on appelle "pression statique PS", la pression exercée par l'air immobile sur toute la surface d'un corps au repos



2/ **Corps en mouvement** : on appelle pression dynamique PD, l'énergie acquise par l'air grâce à sa vitesse, ou pression due à la vitesse du vent relatif appliqué sur une surface perpendiculaire aux filets d'air. La valeur de cette pression peut être déterminée par le loi de Bernoulli :



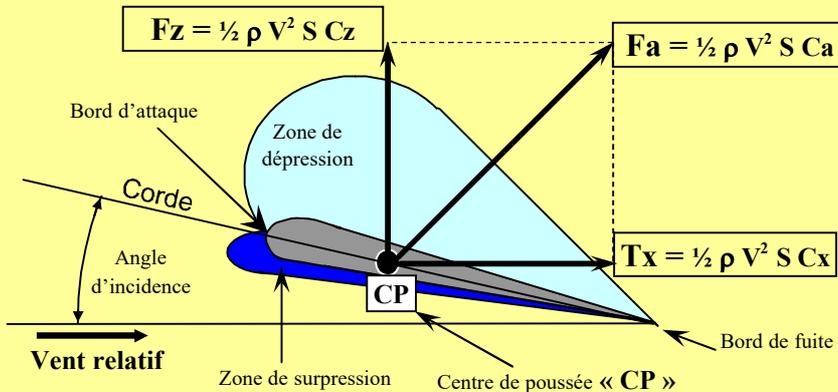
$$PD = \frac{1}{2} \rho V^2$$

V = Vitesse du vent relatif  
 $\rho$  = masse volumique de l'air

On appelle pression totale « PT », ou pression d'impact « PI », la somme des pressions statique et dynamique

L'air étant compressible, sa masse volumique est proportionnelle à la pression exercée et inversement proportionnelle à la température. La force résultant de la pression dynamique sur une surface perpendiculaire « S » vaut :

$$\text{Force} = \text{Pression} \times \text{Surface} \Rightarrow \text{Force aérodynamique} = PD \times S = \frac{1}{2} \rho V^2 S$$



### FORCE AERODYNAMIQUE

*c'est la force générée par l'ensemble des surpressions à l'intrados et des dépressions à l'extrados. Elle augmente avec vitesse et angle d'incidence*

Son centre d'application s'appelle :

*Centre de poussée*

### COMPOSANTES DE LA FORCE AERODYNAMIQUE (Fa)

La portance (*Fz*) est la composante aérodynamique perpendiculaire aux filets d'air du vent relatif.

La traînée (*Tx*) est la composante aérodynamique parallèle aux filets d'air du vent relatif.

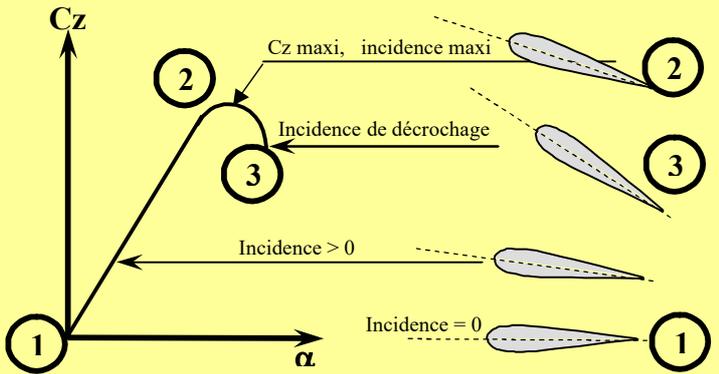
LE CENTRE DE POUSSEE (*C.P.*) point d'application des forces aérodynamiques. Il se déplace suivant l'angle d'incidence

LE FOYER est le point d'application des variations de portance. Il est fixe

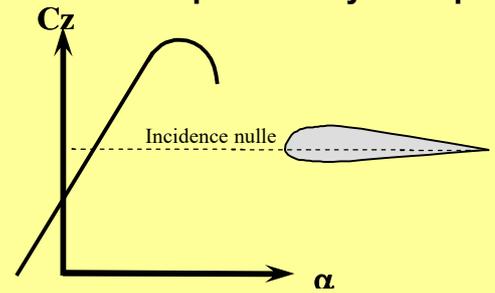
Les coefficients CZ et Cx sont respectivement les coefficients de portance et de traînée. Ils varient en fonction : a/ *la forme du profil* b/ *l'angle d'incidence*

## VARIATION DU COEFFICIENT DE PORTANCE

### A/ Cas d'un profil symétrique



### B/ Cas d'un profil dissymétrique



A portance nulle, l'incidence est **négative**

A incidence nulle, la portance est **positive**

1/ **l'incidence et le coefficient de portance sont nuls**

2/ **le coefficient de portance est au maximal**

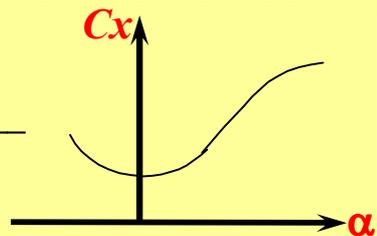
Entre 2 et 3/ **l'incidence augmente tandis que le coefficient de portance diminue**

3) **l'aile décroche, il n'y a plus de portance**

## VARIATION DU COEFFICIENT DE TRAINEE

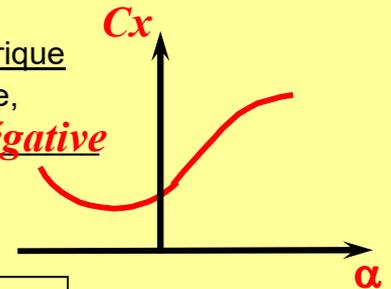
### A/ Profil symétrique

à incidence nulle,  
la traînée est **positive**  
et minimale



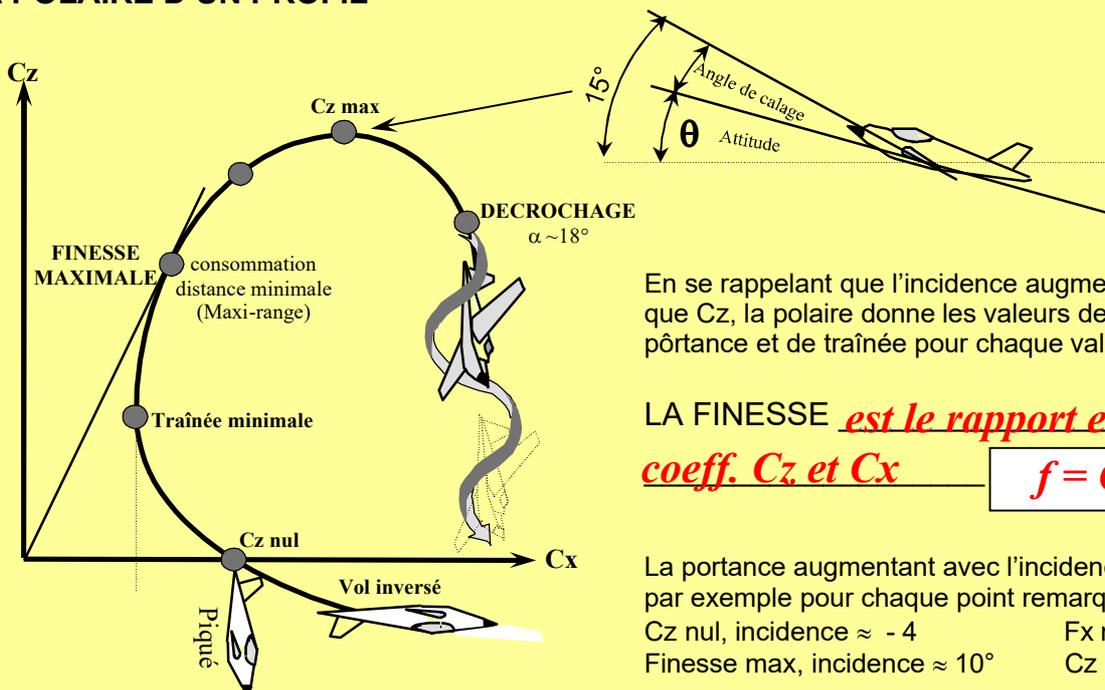
### B/ Profil dissymétrique

à traînée minimale,  
l'incidence est **négative**



La traînée est toujours **positive**

## LA POLAIRE D'UN PROFIL



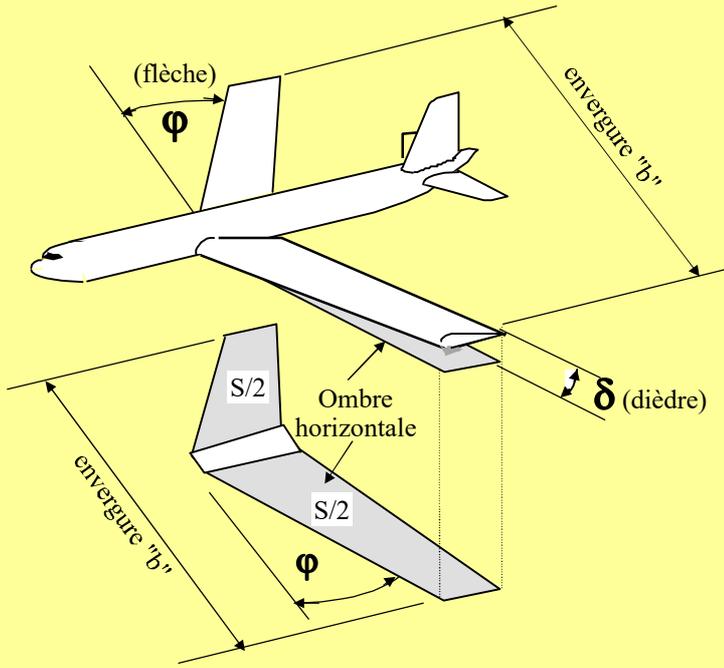
En se rappelant que l'incidence augmente en même temps que Cz, la polaire donne les valeurs des coefficients de portance et de traînée pour chaque valeur d'incidence.

LA FINESSE **est le rapport entre les coeff. Cz et Cx**

$$f = C_z / C_x$$

La portance augmentant avec l'incidence, on peut prendre par exemple pour chaque point remarquable :

Cz nul, incidence  $\approx -4$       Fx mini, incidence  $\approx 5^\circ$   
Finesse max, incidence  $\approx 10^\circ$       Cz max, incidence  $\approx 15^\circ$



**ENVERGURE « b »** : longueur comprise entre les extrémités extérieures des deux demi-ailes.

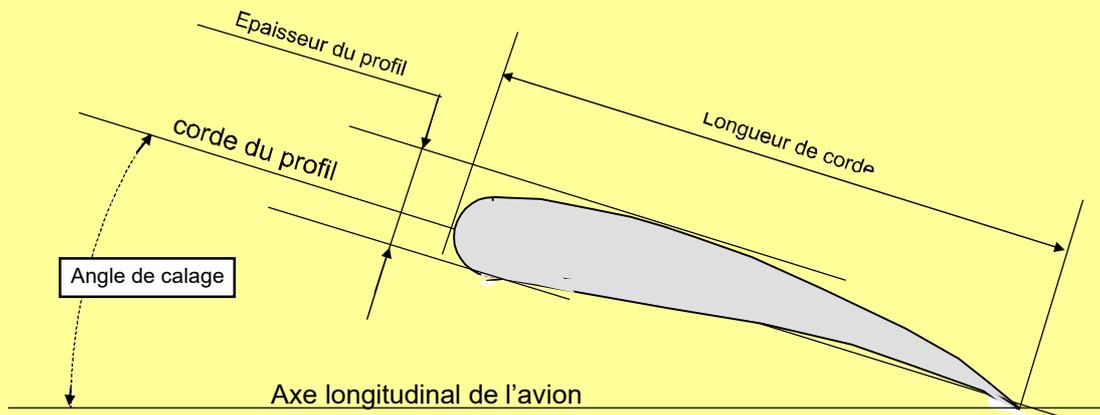
**SURFACE ALAIRE « S »** : surface de l'aile projetée (ombre) sur le plan perpendiculaire à l'axe des lacets de l'avion. Dans le cas d'une aile haute, la surface alaire comprend, en sus de la surface alaire de chaque demi-aile, la surface correspondant à la largeur du fuselage.

**DIEDRE (δ)** : angle formé entre le plan de l'aile et le plan perpendiculaire au plan de symétrie de l'avion.

**FLECHE « φ »** : angle compris entre une ligne de référence de l'aile et la perpendiculaire au plan de symétrie de l'avion.

**PROFIL D'AILE**

coupe de l'aile suivant un plan parallèle au plan de symétrie de l'avion, plan lui-même perpendiculaire au plan de la surface alaire.



**LIGNE MOYENNE**

ligne à égale distance de l'extrados et de l'intrados (en pointillés)

**PROFONDEUR**

longueur de la corde de référence prise du bord d'attaque au bord de fuite

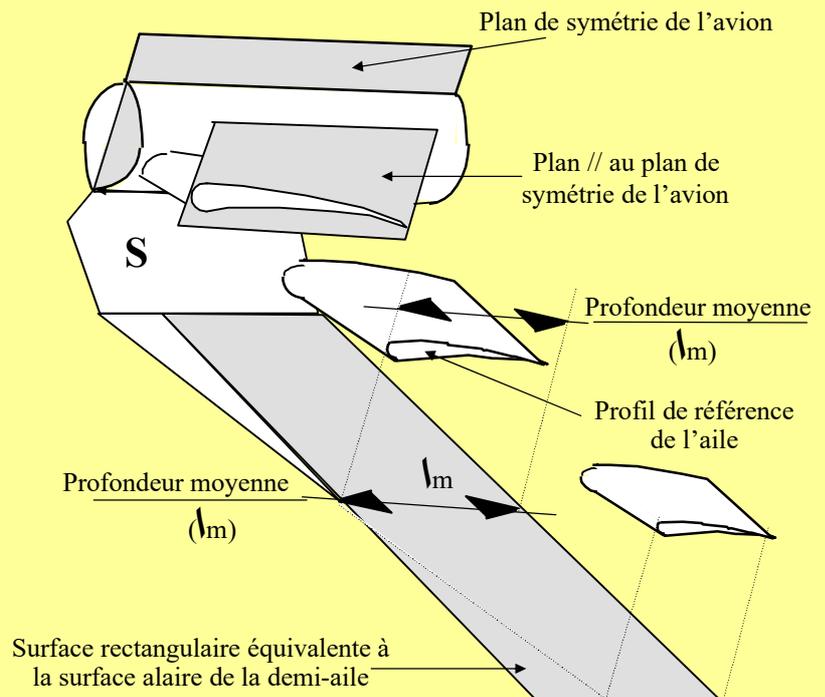
**ALLONGEMENT**

C'est le rapport entre l'envergure et la profondeur moyenne de l'aile

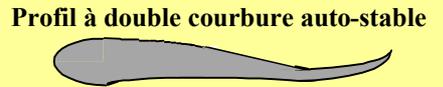
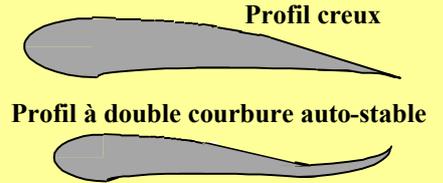
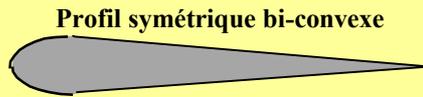
$$\lambda = \frac{b_{\text{envergure}}}{l_m} = \frac{b^2}{l_m \times b} = \frac{b^2}{S}$$

**L'ANGLE DE CALAGE**

Angle compris, par construction, entre l'axe longitudinal de l'avion et la corde de référence de l'aile.

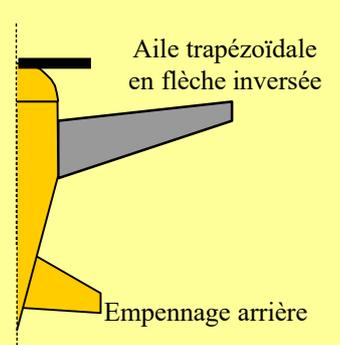
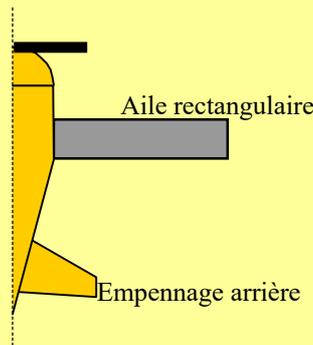
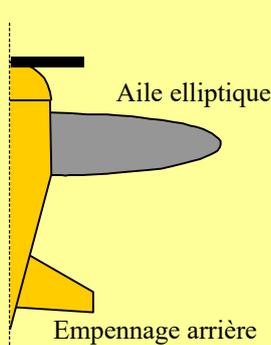
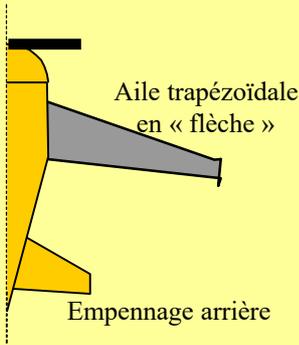


### PROFILS D'AILES



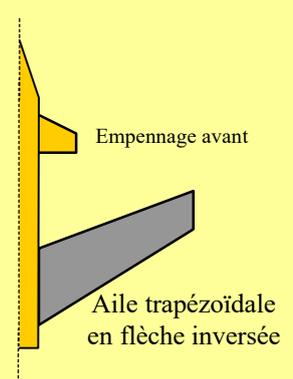
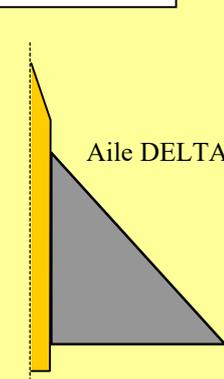
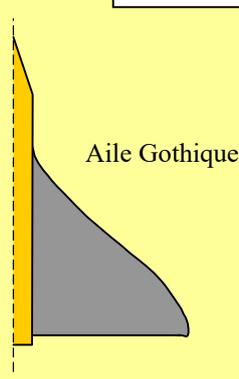
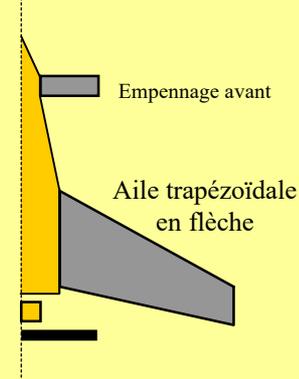
### PLANS LONGITUDINAUX : FORMULE CLASSIQUE

← Voilures plus stables →



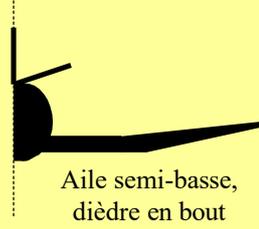
### PLANS LONGITUDINAUX : FORMULE « CANARD »

← Voilures plus stables →

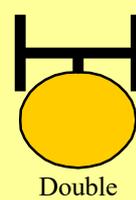
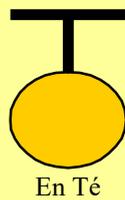


### PLANS FRONTAUX : AILES

← Voilures plus stables →

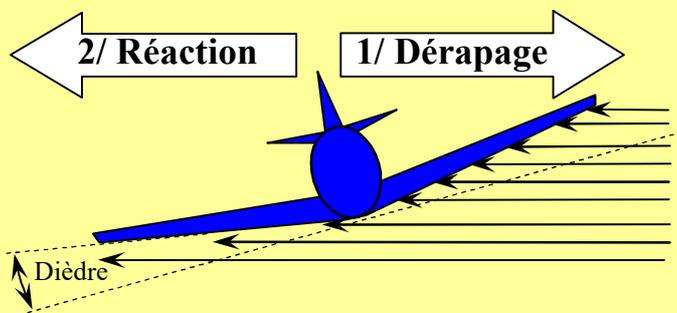
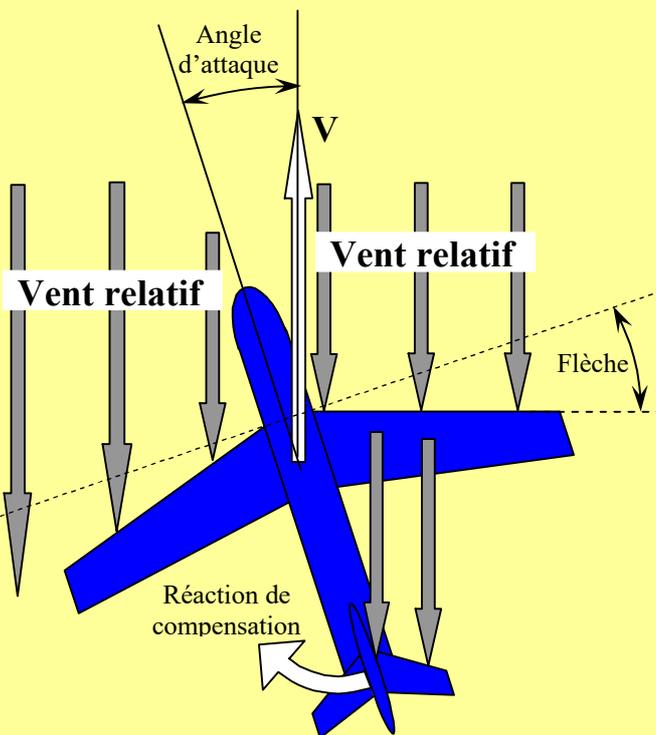


### PLANS FRONTAUX : EMPENNAGES CRUCIFORMES



## LE DERAPAGE

Lors d'un dérapage, l'écoulement de l'air n'est pas parallèle au plan de symétrie de l'avion. On dit que cet écoulement est **dissymétrique**



## Stabilité de route

a) l'effet du vent sur les surfaces verticales (dérive et fuselage) tend à « redresser » l'avion par rotation autour de l'axe de **lacets**

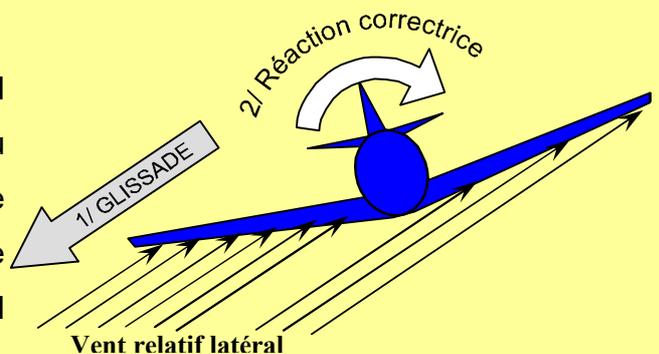
b) Par effet de la flèche, l'aile « en avant » attaque le vent relatif de front, alors que l'aile en arrière l'attaque plus en oblique. La traînée de l'aile en avant est plus **importante** que celle de l'aile en arrière. Par suite, on constate un effet correcteur de cap par rotation autour de l'axe de **lacets**.

## Stabilité latérale

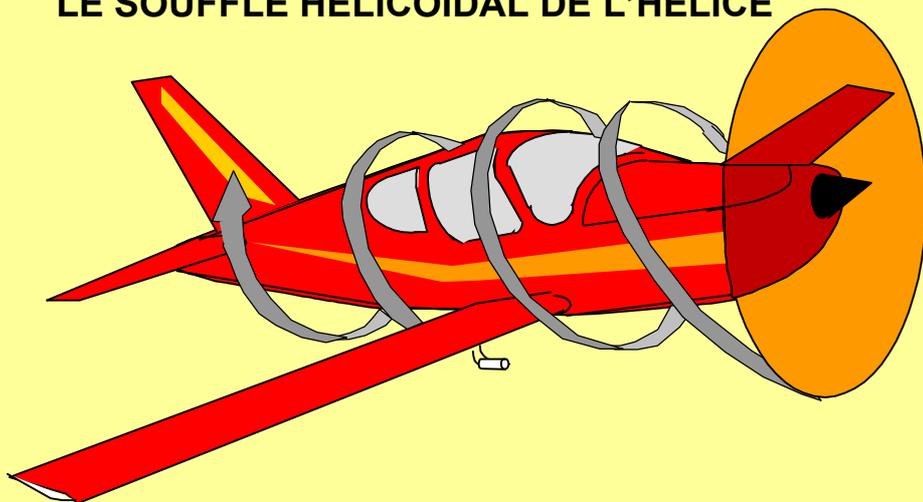
L'aile en arrière "sous le vent", attaque les filets d'air en oblique, sa traînée et sa portance sont **moins** importantes que celles de l'aile "en avant". La différence de portance entraîne une rotation autour de l'axe de **roulis**, et une contre-réaction tend à réduire le déplacement **latéral** de l'avion. Cet effet est accentué par le **dièdre** de chaque demi-aile de l'avion.

## LA GLISSADE

L'appareil étant incliné (sans mise en virage), il glisse vers le bas. L'aile au vent, par effet du dièdre, a une portance **supérieure** à celle de l'aile sous le vent. Il s'ensuit une rotation autour de l'axe de **roulis**. L'attaque du vent relatif latéral sur la dérive ajoute à cette correction mais avec un effet de rotation autour de l'axe de **lacets**



## LE SOUFFLE HELICOÏDAL DE L'HELICE



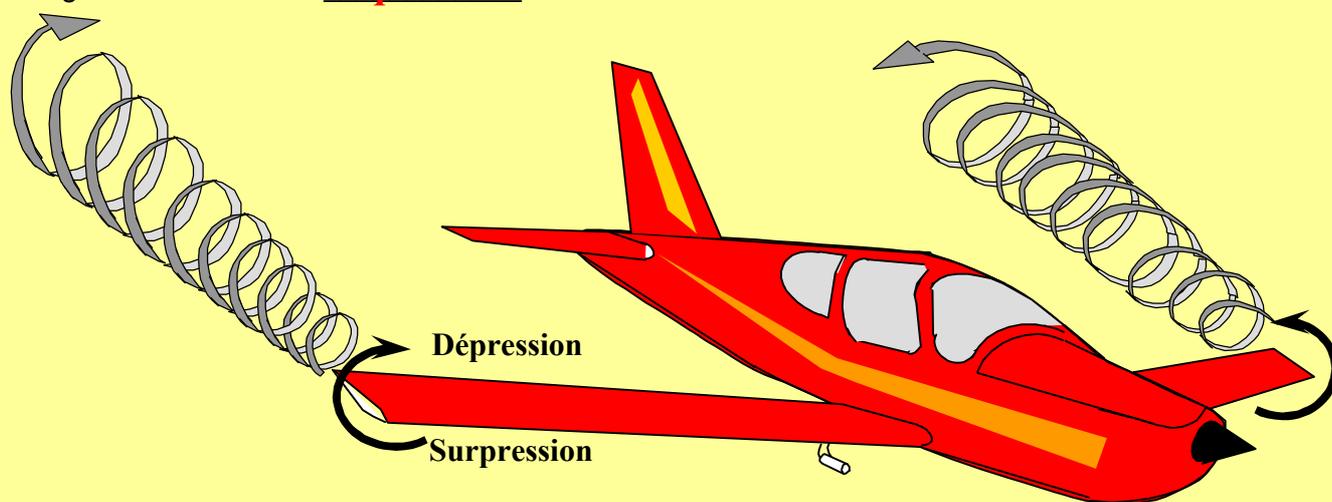
La masse d'air refoulée par l'hélice vers l'arrière tourne dans le même sens. Il résulte de ce souffle :

- dissymétrie de l'écoulement de l'air sur les surfaces aérodynamiques **verticales** entraînant une **rotation** autour de l'axe des roulis et de **lacet**  
Cet inconvénient sera réduit en vol de croisière par un déport de **la dérive** par rapport à l'axe des roulis et en **décalant** l'axe du moteur.
- une traînée **plus importante** sur la surface du fuselage que sur les autres surfaces.

## TOURBILLONS MARGINAUX

Appelés également turbulence de sillage, ces tourbillons sont dus au principe même de la portance qui n'existe que par la différence de pression entre l'intrados et l'extrados de l'aile. La pression étant plus importante à **l'intrados**, l'air tend à se déplacer vers **l'extrados** afin d'équilibrer les pressions. Ce courant d'air se traduit par une divergence des filets à **l'intrados** et une convergence des filets vers le fuselage à **l'extrados**.

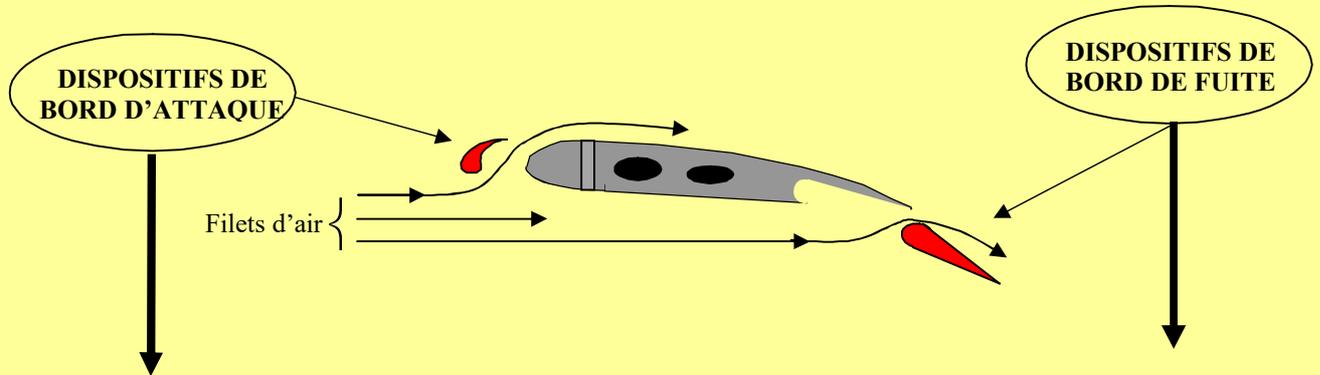
Il résulte de ce phénomène, une traînée **induite** qui est d'autant plus faible que l'allongement de l'aile est **important**.



Ces tourbillons sont dangereux pour un avion léger qui serait pris dans ceux d'un gros porteur. Le pilote prendra garde en tenant compte de la direction du vent qui « transporte ce tourbillon » et il devra se tenir légèrement au dessus de l'aile de cet avion qui le précède

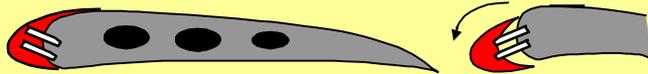
*Ils ont pour fonction d'augmenter la portance aux basses vitesses et de diminuer la finesse par augmentation de traînée :*

- par augmentation de la surface portante*
- augmentation de la courbure de l'aile*
- augmentations simultanées de la surface portante et de la courbure*

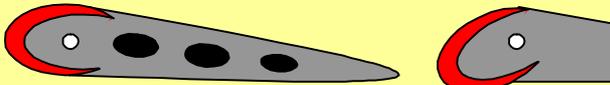


**1/ Bec fixe :** bec de sécurité, utile à basse vitesse mais présentant une forte traînée à grande vitesse.

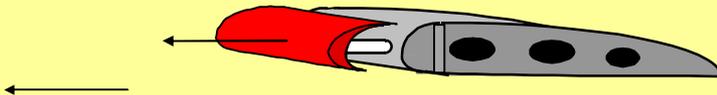
**2/ Becs automatiques :** à grande vitesse, ils sont maintenus en configuration lisse (fermé) par la pression dynamique. Ils sortent par gravité à basse vitesse.



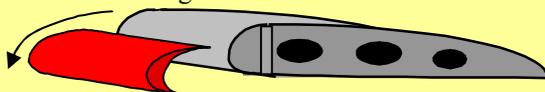
**3/ Bec basculant commandé**



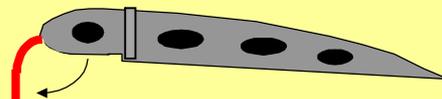
**4/ Bec de sécurité à fente :** automatique ou commandé



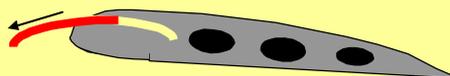
**5/ Bec HANDLEY-PAGE :** bec alliant basculement (augmentation de courbure) et fente qui assure une meilleure efficacité des ailerons à grande incidence



**6/ Volet Kruger**



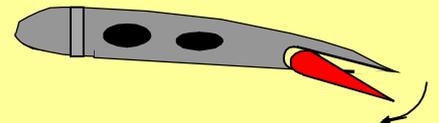
**7/ Volet BETZ**



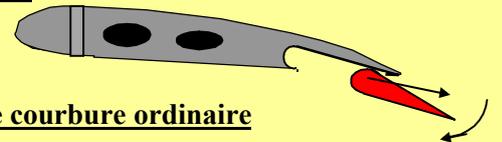
### EFFETS DES DISPOSITIFS DE BORD D'ATTAQUE

- augmentation de  $C_z$  max*
- augmentation modérée de  $C_x$*
- augmentation de l'incidence max*

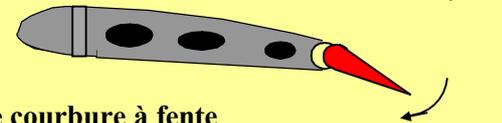
**1/ Volet d'intrados :** source d'une traînée importante, il favorise le freinage aérodynamique à l'atterrissage, mais pénalise les performances au décollage et donne lieu à vibrations.



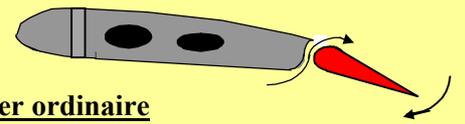
**2/ Volet ZAP**



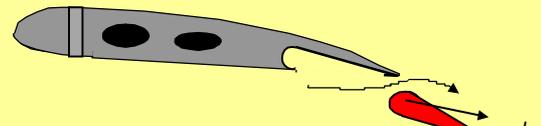
**3/ Volet de courbure ordinaire**



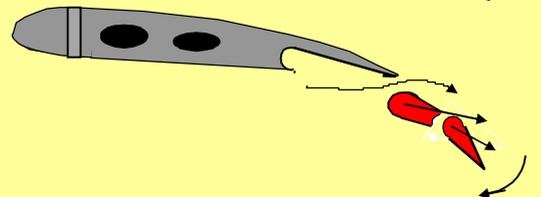
**4/ Volet de courbure à fente**



**5/ Volet Fowler ordinaire**



**6/ Volet Fowler à fentes multiples**



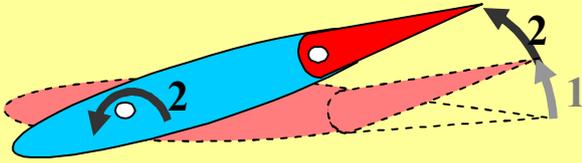
### EFFETS DE DISPOSITIFS DE BORD DE FUITE

- augmentation de  $C_z$  max*
- forte augmentation de  $C_x$*
- diminution de l'incidence max*

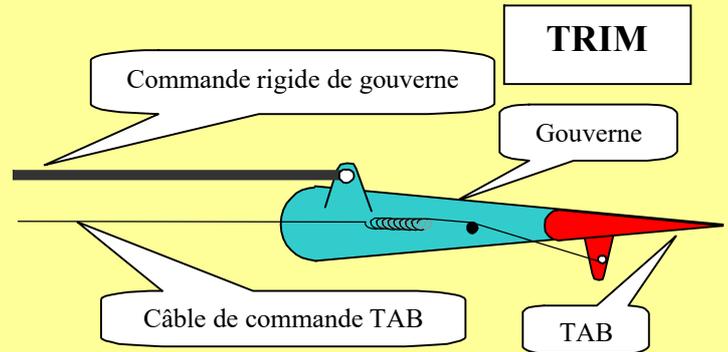
### COMPENSATEURS DE REGIME

Ils ont pour rôle *d'annuler les efforts du pilote aux commandes lors des vols stabilisés*. Ce sont des organes commandés par le pilote.

#### P.H.R. (plan horizontal réglable)



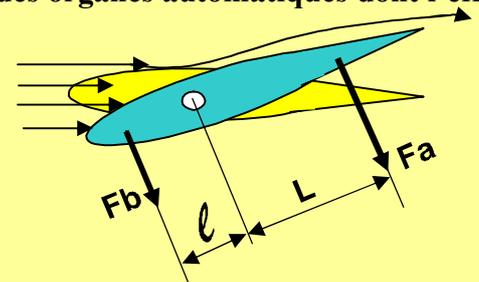
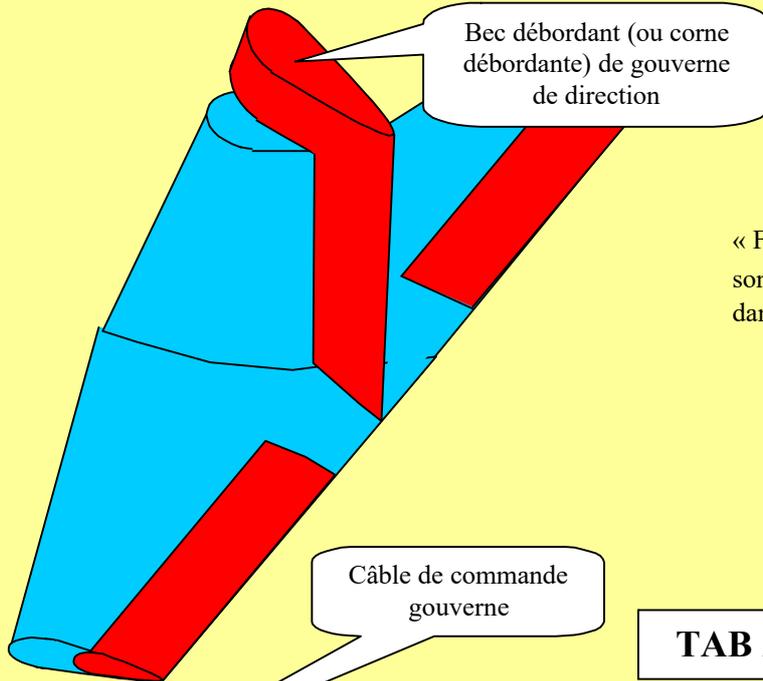
L'évolution est commandée par le braquage gouverne(pointillés). Lorsque l'avion est stabilisé sur la nouvelle trajectoire, un calculateur commande un nouveau calage du plan horizontal réglable(P.H.R.). Ce principe a pour avantage de réduire la traînée.



le trim, ou tab commandé, permet au pilote de régler l'effet de gouverne en fonction du régime de vol stabilisé recherché. (croisière, montée, descente, attitude)

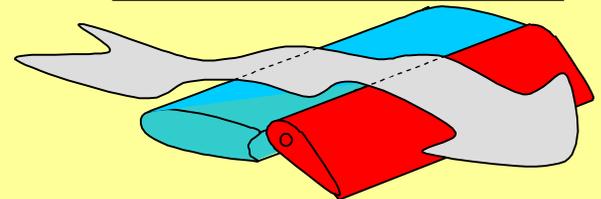
### COMPENSATEURS D'EVOLUTION

Ils ont pour rôle *de réduire les efforts pilote aux commandes lors des évolutions de l'avion autour de son centre de gravité*. Ce sont des organes automatiques dont l'effet est proportionnel au braquage de la gouverne commandée.

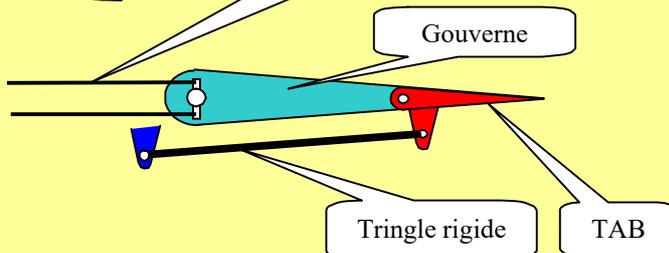


«  $F_a \cdot L$  » est le moment que doit équilibrer le pilote par son effort. «  $F_b \cdot l$  » est le moment assistant le pilote dans son effort

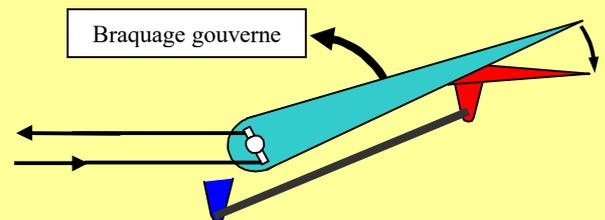
#### GOVERNE A AXE DEPORTE



#### TAB AUTOMATIQUE



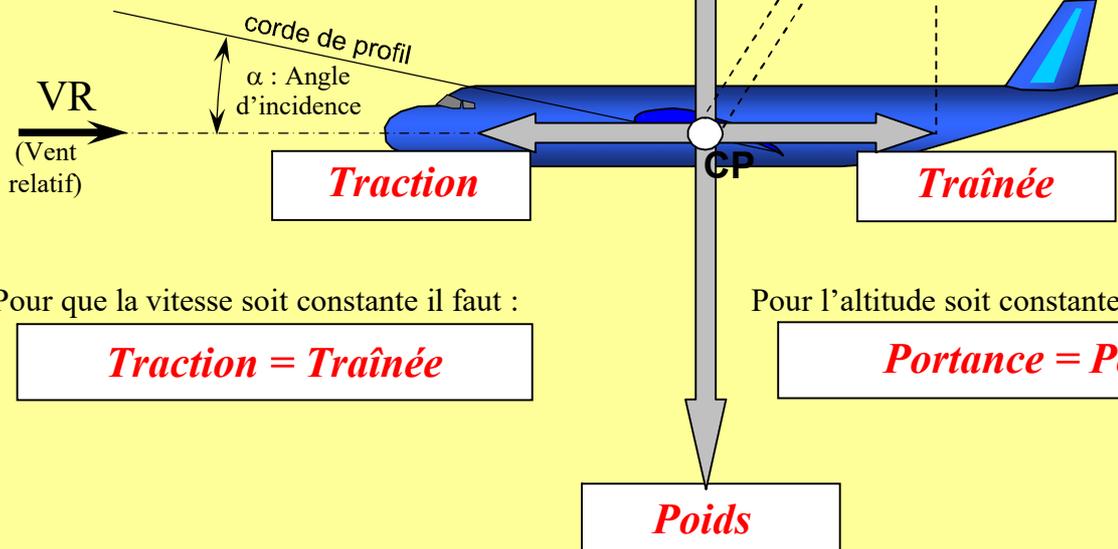
a) Gouverne au neutre



b) Gouverne braquée

### DEFINITION

***Vol horizontal à vitesse et altitude constante***



Pour que la vitesse soit constante il faut :

***Traction = Traînée***

Pour l'altitude soit constante il faut :

***Portance = Poids***

### RELATION VITESSE / INCIDENCE

Si la traction augmente, la vitesse augmente, la portance augmente, l'avion monte

Si l'incidence augmente, la portance augmente, l'avion monte

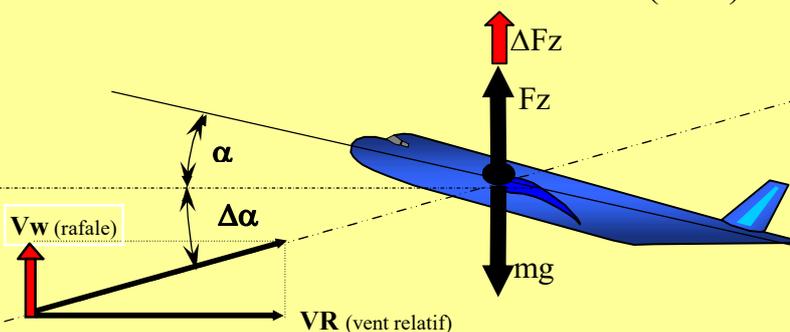
Si la traction diminue, la vitesse diminue, la portance diminue, l'avion descend

Si l'incidence diminue, la portance diminue, l'avion descend

Pour effectuer un vol à altitude constante, il faut :

- si la vitesse augmente : diminuer l'incidence
- si la vitesse diminue : augmenter l'incidence
- si l'incidence augmente : diminuer la traction
- si l'incidence diminue : augmenter la traction

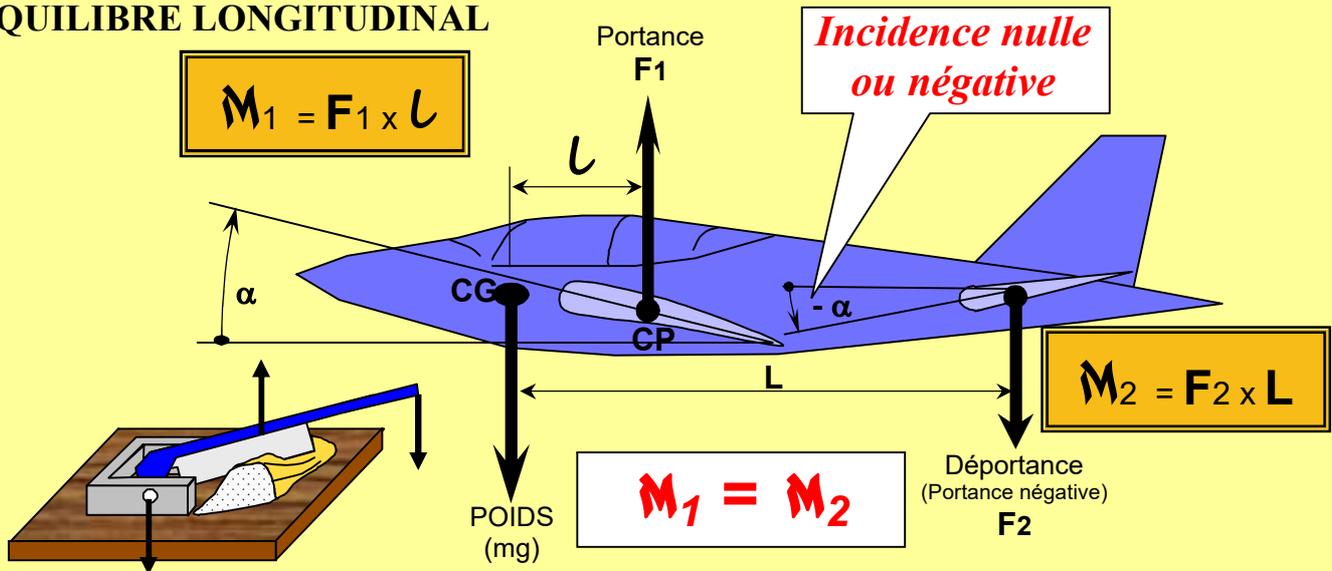
### EFFET D'UNE RAFALE ASCENDANTE ( $V_{wz}$ )



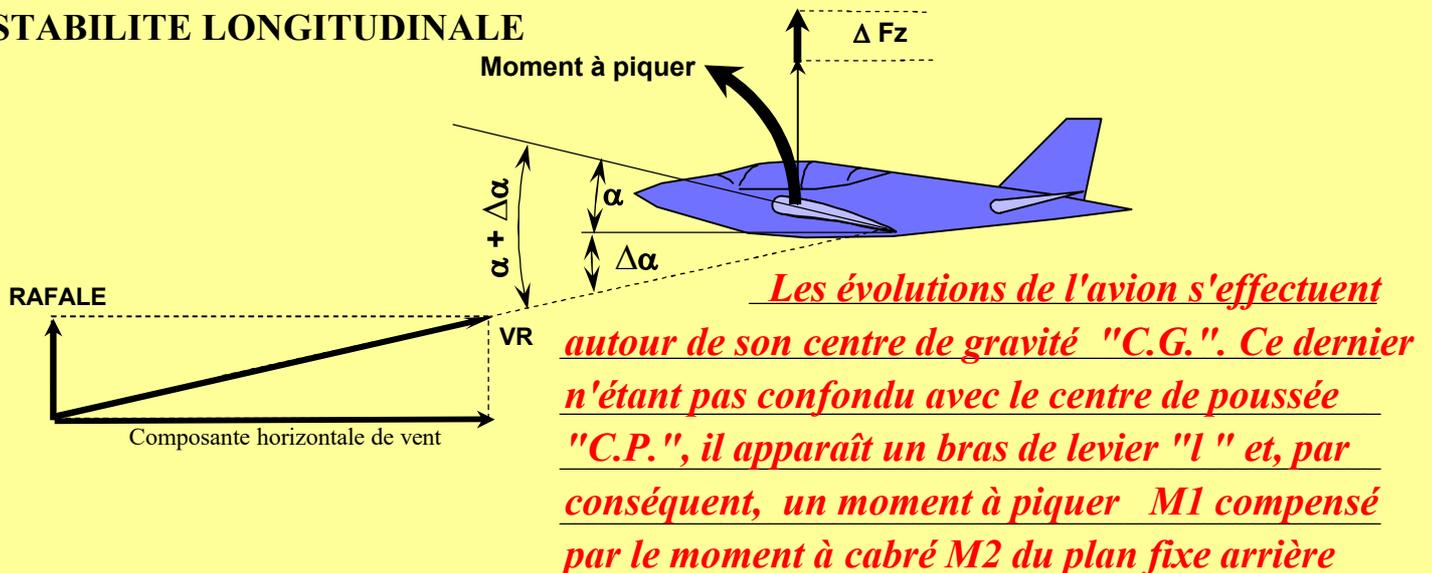
Une rafale ascendante a pour effet d'augmenter l'incidence et par conséquent la portance. Mais si, avant que n'est lieu la rafale, l'avion volait déjà à une incidence proche de l'incidence maximale (vitesse minimale et coefficient de portance maximal) :

***il y a risque de décrochage***

### EQUILIBRE LONGITUDINAL



### STABILITE LONGITUDINALE



### MODIFIER L'EQUILIBRE LONGITUDINAL

On peut être amené à modifier l'équilibre longitudinal pour :

- maintenir la portance lors de variations de vitesse*
- maintenir l'incidence lors de rafales*
- augmenter ou diminuer la portance pour monter ou descendre*

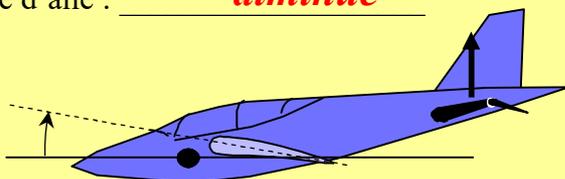
On peut modifier cet équilibre en modifiant *le calage de l'empennage*

PRINCIPE : *gouverne de profondeur ou empennage mobile modifiant «  $M_2$  »*

Gouverne de profondeur baissée :

Calage empennage : *positif*

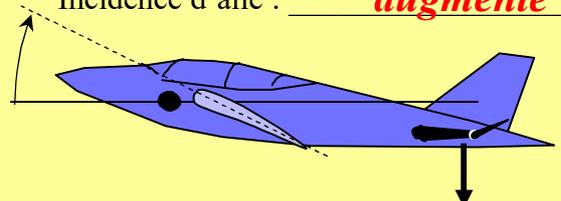
Incidence d'aile : *diminué*



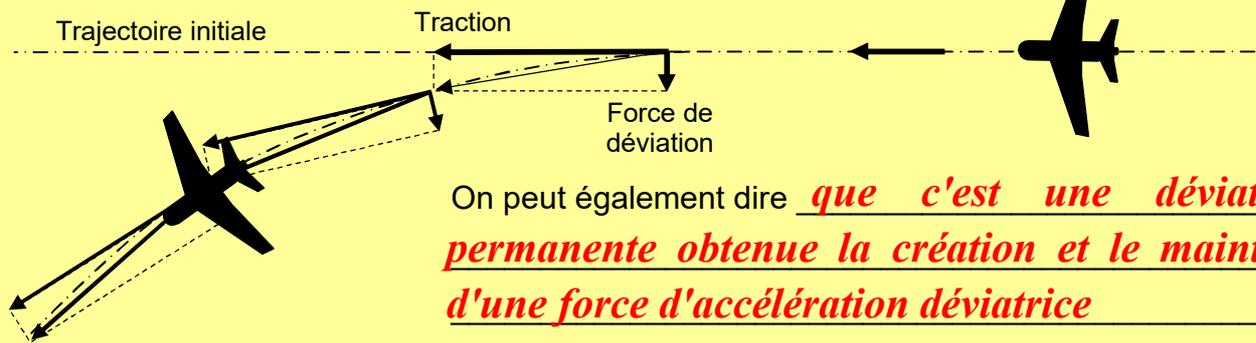
Gouverne de profondeur levée :

Calage empennage : *négatif*

Incidence d'aile : *augmente*

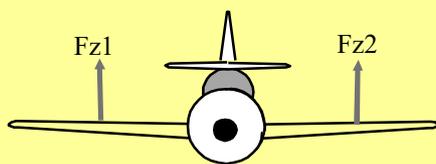


**DEFINITION DU VIRAGE** *Le virage est un changement permanent de trajectoire dans un plan horizontal*



On peut également dire que c'est une déviation permanente obtenue la création et le maintien d'une force d'accélération déviatrice

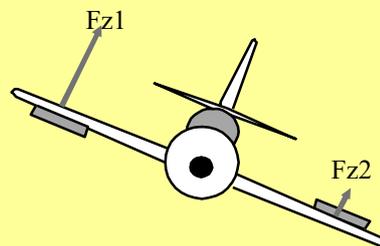
### VOL RECTILIGNE HORIZONTAL



- Aile horizontale
- Ailerons au neutre
- $Fz1 = Fz2$

### MISE EN VIRAGE (on incline l'avion)

Demi-aile levée, aileron baissé

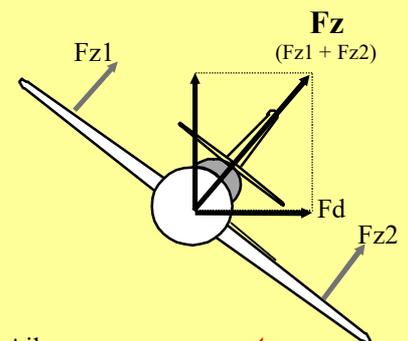


Demi-aile baissée, aileron levé

on constate :  $Fz1 > Fz2$

l'avion s'incline

### VIRAGE STABILISE

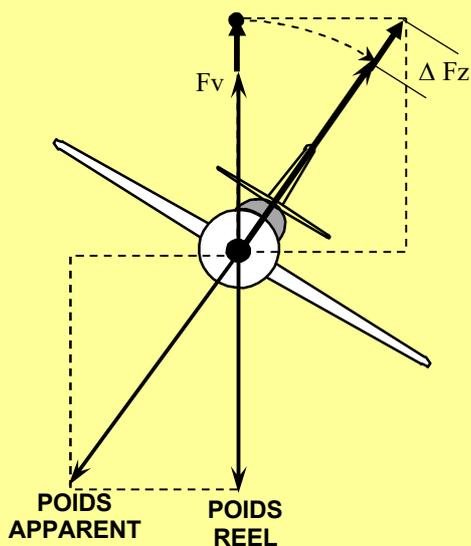


Ailerons au neutre

$Fz1 = Fz2$

L'avion reste incliné

### MAINTIEN DE L'ALTITUDE



Si l'on incline l'avion sans augmenter la portance, la composante  $F_v$  est inférieure au poids de l'avion. Il faut donc augmenter la portance lors de l'évolution en virage pour maintenir l'altitude. Pour cela, deux solutions :

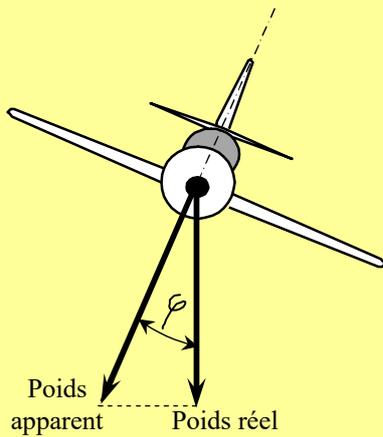
- augmentation de l'incidence
- augmentation de la traction

de même que  $F_v$  équilibre le poids de l'appareil, on voit apparaître, en virage, un poids apparent qui équilibre la portance en évolution. Ce poids apparent est supérieur au poids réel, l'avion semble lourd.

### DEFINITION DU FACTEUR DE CHARGE

$$\text{Facteur de charge} = \frac{\text{Portance en évolution}}{\text{Portance en palier}} = \frac{\text{Poids apparent}}{\text{Poids réel}}$$

### LE FACTEUR DE CHARGE

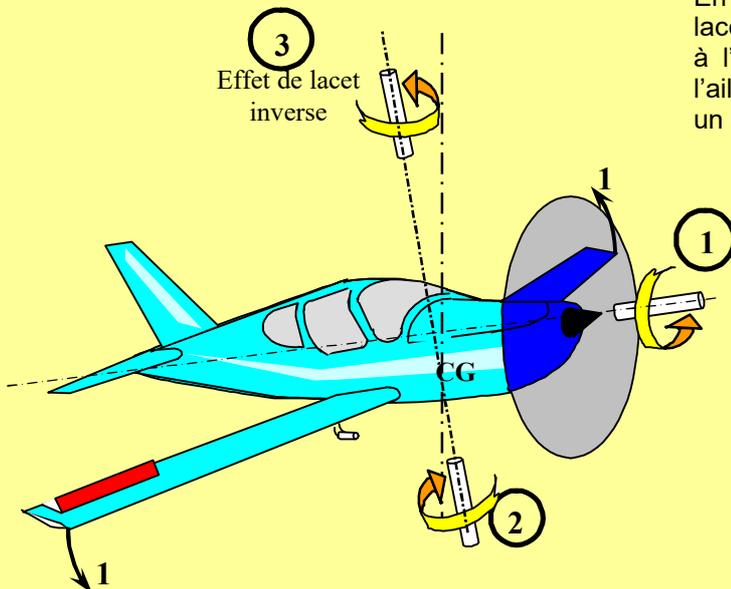


Il a pour effet "d'alourdir" l'avion qui perd alors de l'altitude

Pour maintenir l'altitude à puissance constante, il faut augmenter la portance en augmentant l'incidence, et par conséquent la vitesse diminue.

Pour maintenir l'altitude à vitesse constante, il faut augmenter la portance en conservant l'incidence et en augmentant, si possible, la puissance.

### LE LACET INVERSE

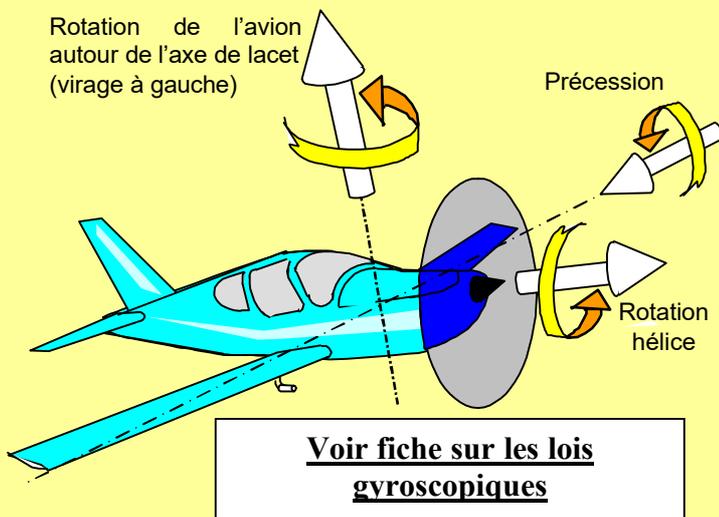


En virage, à inclinaison (1) et évolution autour de l'axe des lacets (2), l'aileron baissé (aile levée extérieure au virage) est à l'origine d'une traînée plus importante que celle due à l'aileron levé (aile baissée intérieure au virage) ; il s'ensuit un effet inverse sur l'axe des lacets (3)

#### Corrections :

- a) par construction : braquage différentiel des ailerons
- b) le pilote : par action sur le palonnier qui commande la gouverne de direction

### L'EFFET GYROSCOPIQUE DE L'HELICE



**Voir fiche sur les lois gyroscopiques**

Lors d'un virage (évolution autour de l'axe des lacets), l'hélice fait, par inertie, "basculer" l'avion autour de l'axe des tangages. Le sens du basculement appelé "précession" dépend de :

- a) sens de rotation de l'hélice
- b) sens du virage

dans le cas d'un virage à droite, hélice tournant en sens anti-horaire vue de la place pilote, l'avion aura tendance à :

cabrer

pour le même avion en virage à gauche, la tendance est à piquer

Poids réel = = *supérieur au poids apparent et à la portance*

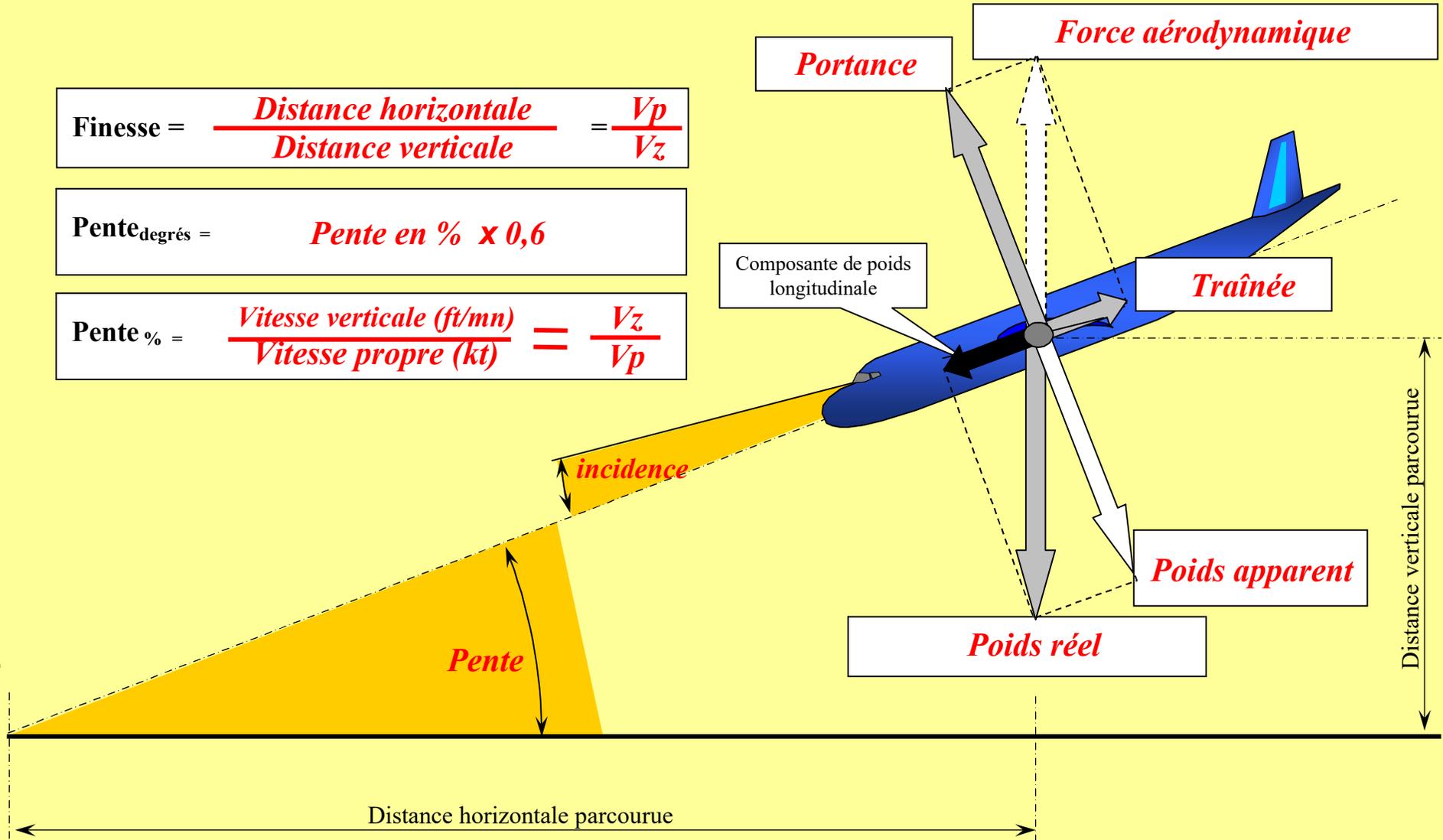
Poids apparent = *inférieur au poids réel*

Composante de poids longitudinale = *traction*

$$\text{Finesse} = \frac{\text{Distance horizontale}}{\text{Distance verticale}} = \frac{V_p}{V_z}$$

$$\text{Pente}_{\text{degrés}} = \text{Pente en \%} \times 0,6$$

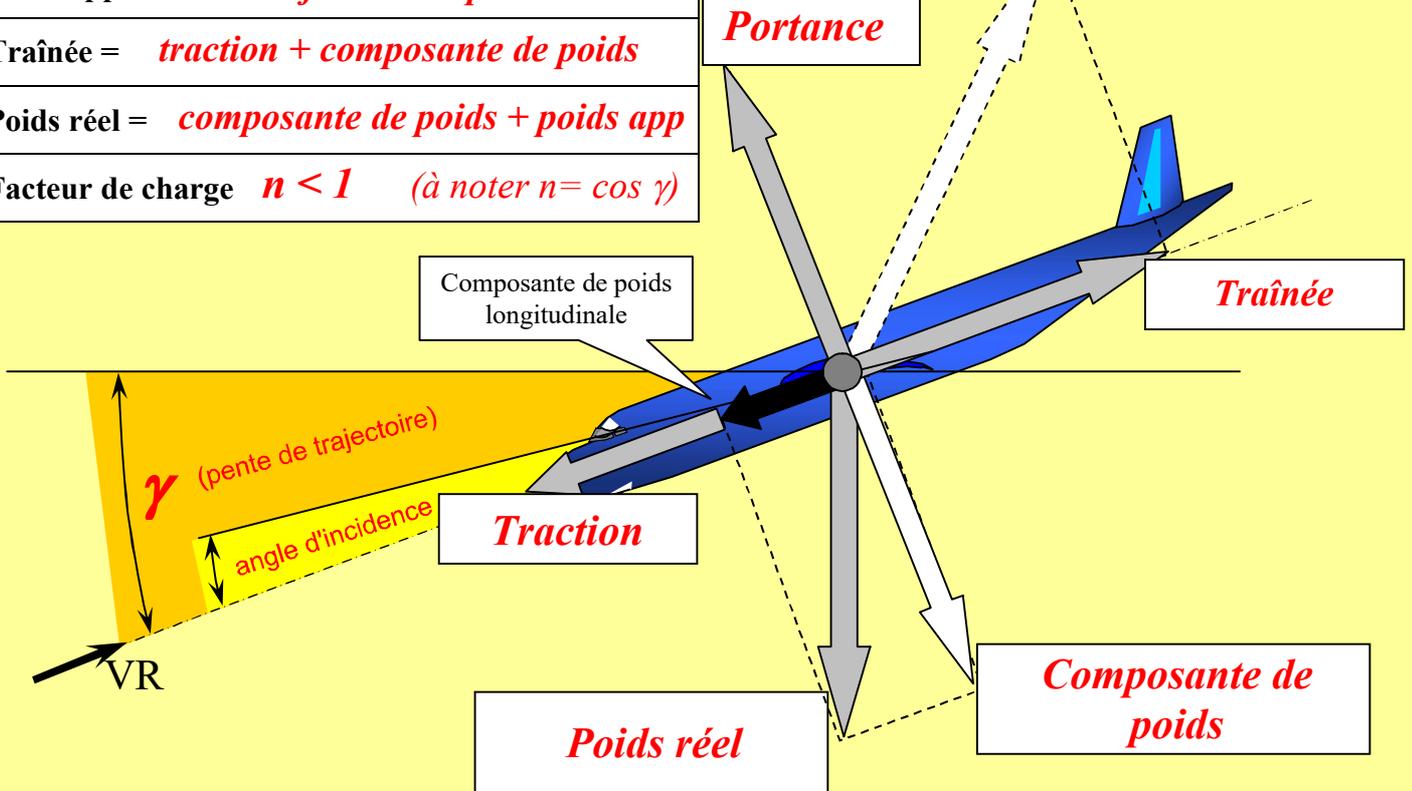
$$\text{Pente \%} = \frac{\text{Vitesse verticale (ft/mn)}}{\text{Vitesse propre (kt)}} = \frac{V_z}{V_p}$$



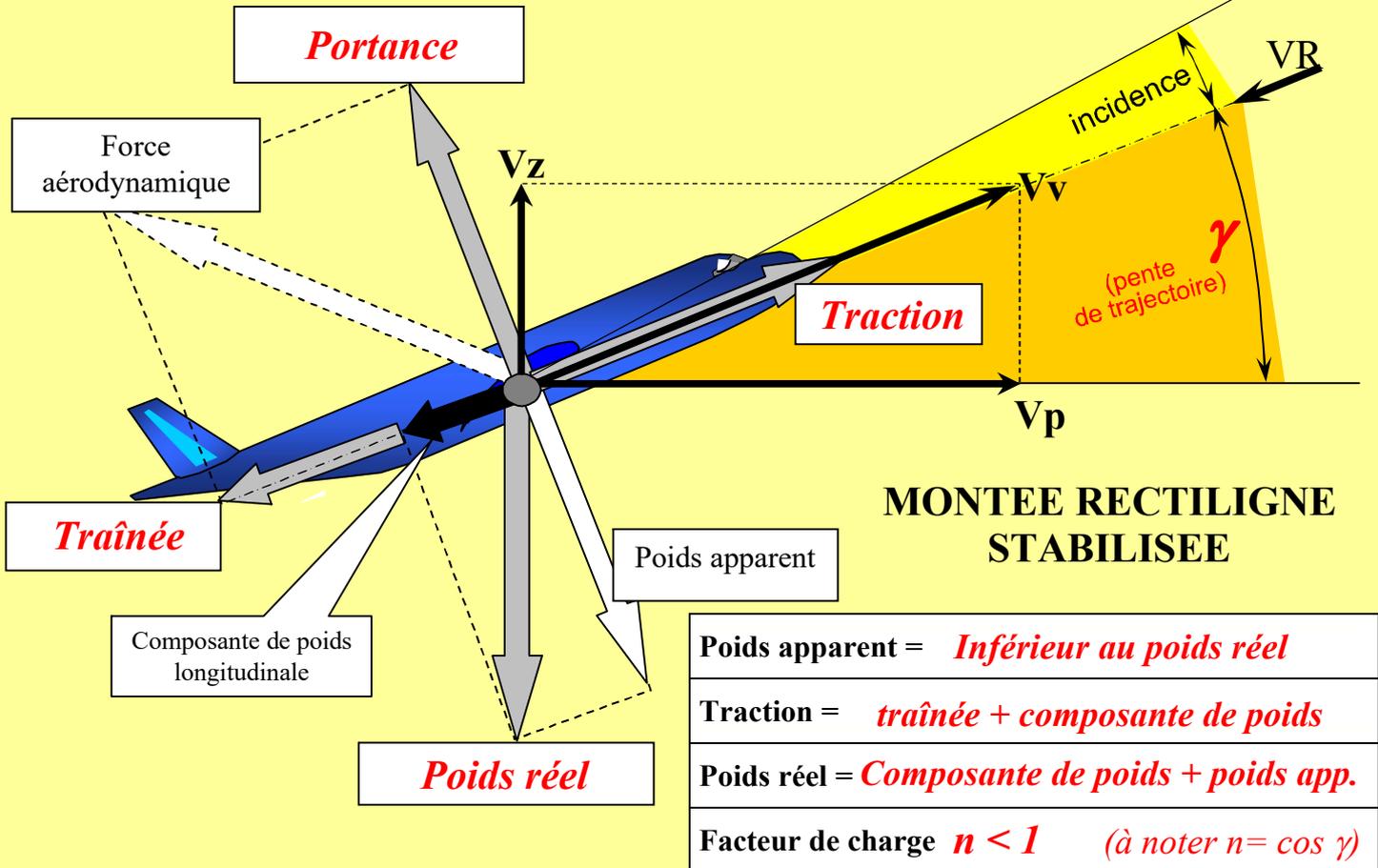
### DESCENTE RECTILIGNE STABILISEE

*Force aérodynamique*

- Poids apparent = *Inférieur au poids réel*
- Traînée = *traction + composante de poids*
- Poids réel = *composante de poids + poids app*
- Facteur de charge  $n < 1$  (à noter  $n = \cos \gamma$ )



### MONTEE RECTILIGNE STABILISEE



- Poids apparent = *Inférieur au poids réel*
- Traction = *traînée + composante de poids*
- Poids réel = *Composante de poids + poids app.*
- Facteur de charge  $n < 1$  (à noter  $n = \cos \gamma$ )

**LA DISTANCE DE DECOLLAGE**

Elle est définie réglementairement comme étant la distance nécessaire à un avion pour passer 15 mètres d'altitude au décollage. Elle est d'autant plus courte que le vent de face est fort. Elle est plus courte volets en position « décollage ». Elle est plus longue volets tous sortis ou en configuration lisse.

**LA PENTE**

En configuration lisse la finesse de l'avion est plus grande qu'en configuration volets en position décollage. On peut ainsi obtenir une pente plus grande qu'avec les volets en position décollage. Cette configuration est utilisée pour le passage d'obstacles.

**LE ROULAGE (volets sortis)**

L'avion doit accélérer. La traction doit vaincre à la fois :

- l'inertie due à la masse de l'avion
- le frottement des des roues sur le sol
- la traînée aérodynamique

**LA ROTATION (volets sortis)**

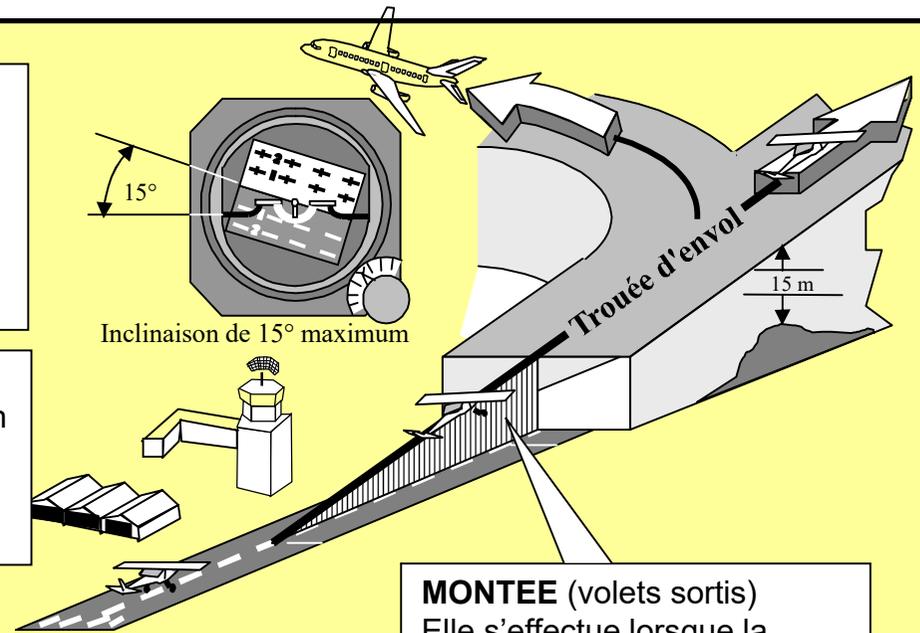
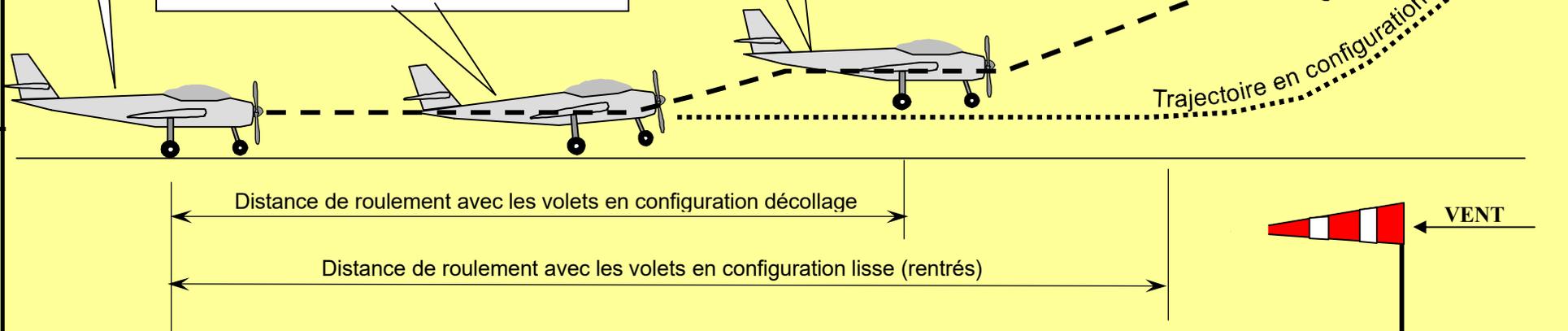
Elle s'effectue lorsque la portance est légèrement supérieure au poids de l'avion.

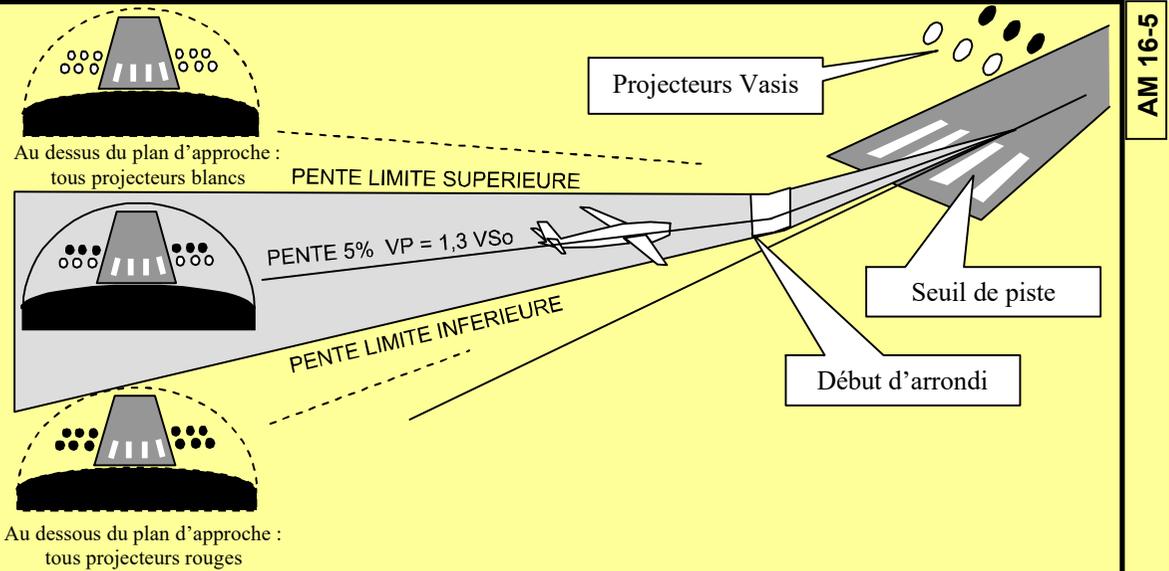
**REDUCTION D'INCIDENCE (volets sortis)**

La traînée diminue, il n'y a plus de frottements des roues sur le sol : la vitesse augmente

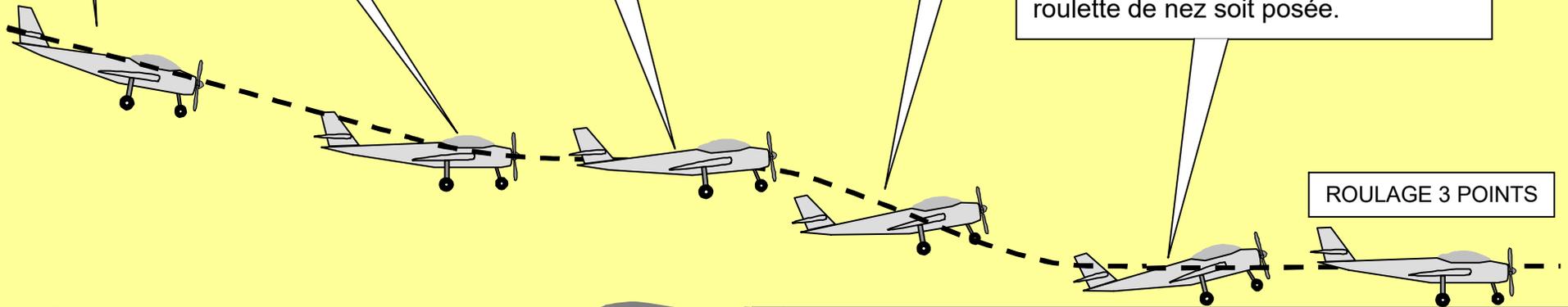
**MONTEE (volets sortis)**

Elle s'effectue lorsque la vitesse minimale de sécurité est atteinte

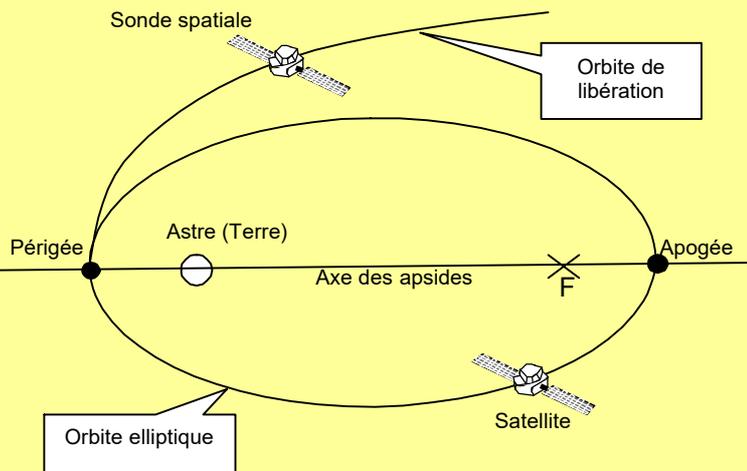


**APPROCHE FINALE**Volets braqués en position « *atterrissage* »L'ouverture des volets *diminue* la finesse.Moteur réduit de manière à suivre une *pente de 5%*A une vitesse minimale de sécurité de *1,3 V<sub>So</sub>***COURTE FINALE**Volets *plein sortis***ARRONDI**Pour *diminuer la vitesse***ANGLE D'INCIDENCE CRITIQUE**Portance *diminue*, vitesse *diminue*,l'avion « *s'enfonce* »**VOL EN PALIER**La vitesse *diminue*Il faut *augmenter* l'incidence**ROULAGE A INCIDENCE MAX**La vitesse diminue rapidement par *freinage* aérodynamique.

La portance diminue jusqu'à ce que la roulette de nez soit posée.

**ROULAGE 3 POINTS**

## ORBITES NON CIRCULAIRES



### Orbite de libération

Orbite empruntée par un vaisseau spatial pour quitter le champ gravitationnel terrestre.

Vitesse de libération terrestre : **11,2 km/s**

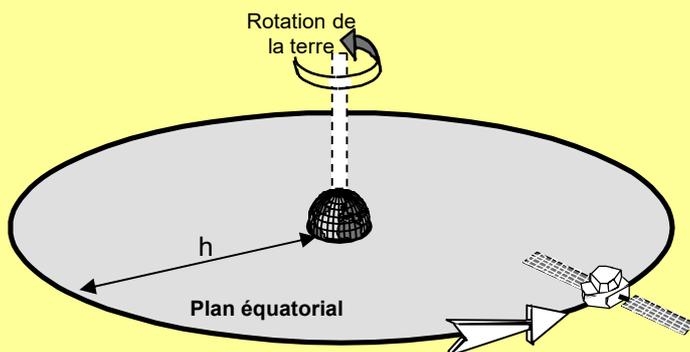
### Orbite elliptique

Le satellite décrit une ellipse dont l'un des deux foyers F est occupé par l'astre

Le point le plus près de la terre sur trajectoire s'appelle **périgée** de l'orbite

Le point le plus éloigné de la terre sur trajectoire s'appelle **apogée** de l'orbite

## L'ORBITE GEOSTATIONNAIRE TERRESTRE

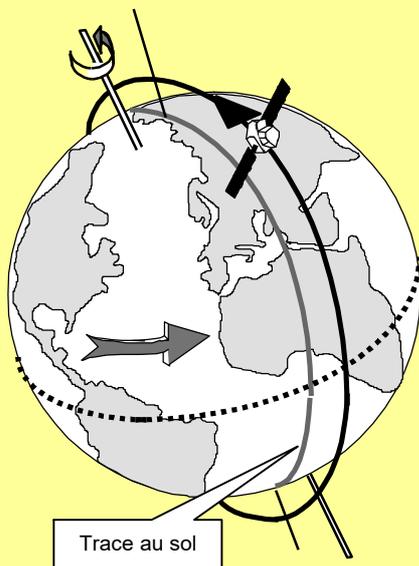


Orbite sur laquelle un satellite est immobile sur la verticale d'un point situé sur la terre. Le satellite ne peut se situer que sur le plan équatorial avec une période de révolution identique et de même sens à celle de la terre :

- Altitude : **36 000 km** (h = 35 786 km)
- Inclinaison : **Sur plan équatorial** (0°)
- Période orbitale : **23 h 56 min**
- Vitesse = 3 075 m/s

Missions : télécommunications, observation de la terre

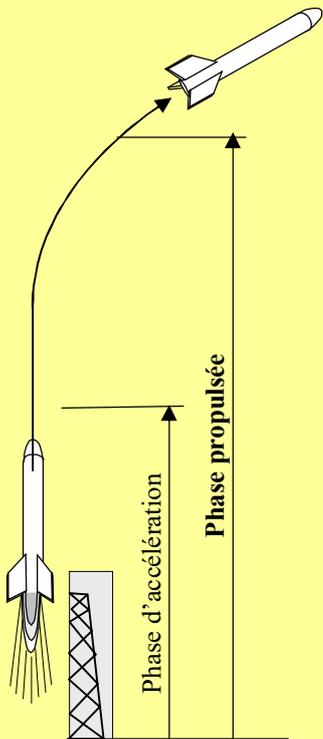
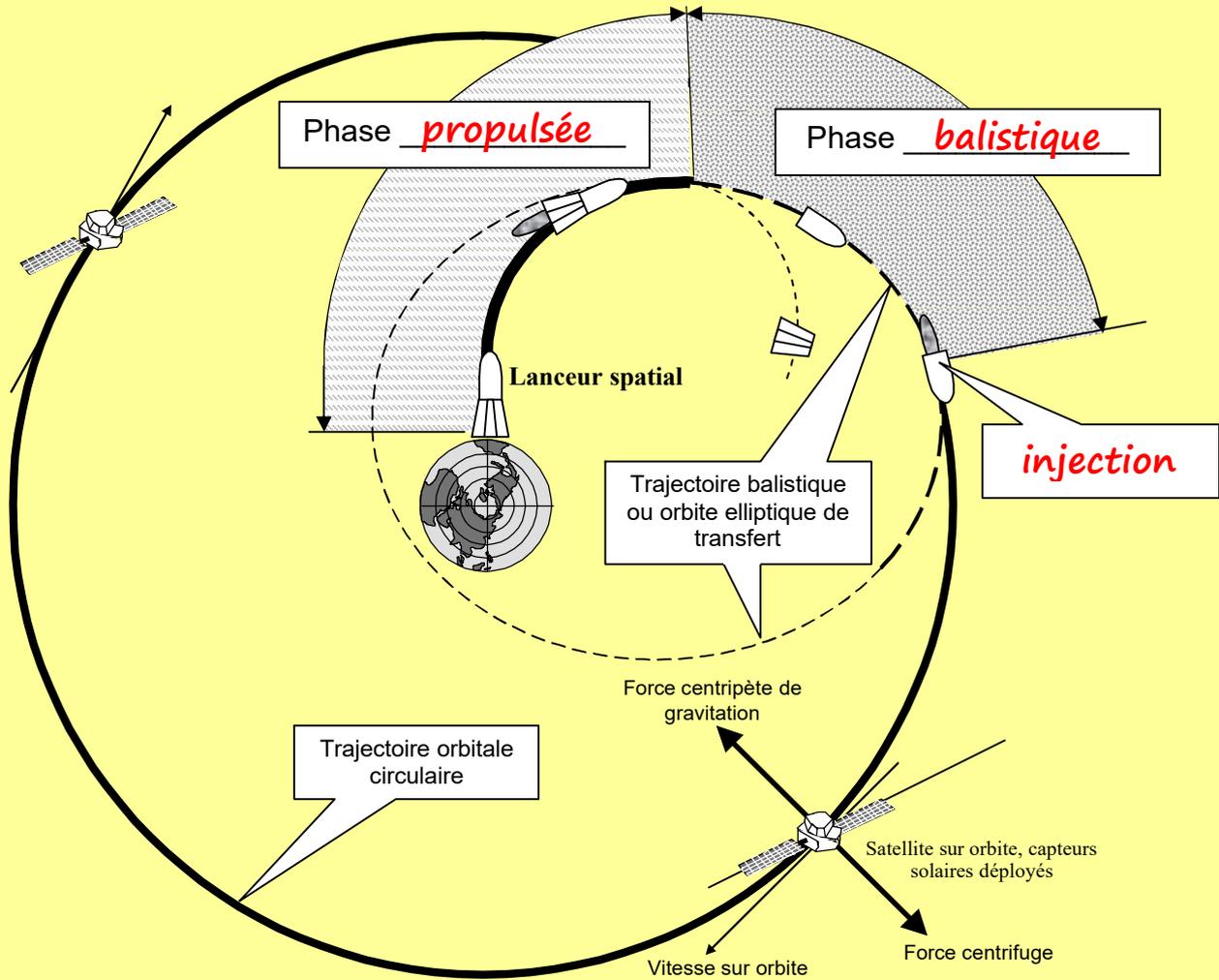
## ORBITES HELIOSYNCHRONES TERRESTRES



Orbites polaires géocentriques à basses altitudes :

- Altitudes : **500 à 1600 km**
- Inclinaison de **environ 87°** par rapport au plan équatorial
- Période de révolution **90 à 120 minutes**

Ces satellites permettent de couvrir l'ensemble de la surface terrestre en plusieurs rotations. Ils ne permettent pas la surveillance permanente d'un même site. Elles sont plus particulièrement utilisées pour des missions d'observation de la terre.



### Phase propulsée :

Elle comprend une période d'accélération suivie d'une période à vitesse stabilisée durant laquelle est programmée un changement de trajectoire pour faciliter l'injection sur orbite au point culminant.

### Phase balistique :

La vitesse est ralentie par la traînée aérodynamique et le poids de l'engin. La trajectoire est elliptique.

### Injection :

A l'apogée de la trajectoire balistique, le module allume ses moteurs pour atteindre la vitesse qui lui permet de rester sur l'orbite recherchée :

- bonne vitesse : force centripète = force centrifuge, le module reste sur l'orbite circulaire.
- Trop lent, le module descend sur une orbite inférieure
- Trop rapide, le module monte sur une orbite supérieure

1/ La résistance de l'air sur un corps :

- a) s'exprime en kilogrammes
- b) ne dépend pas de la surface du corps
- c) est proportionnelle à la surface du corps
- d) varie avec le carré de la surface du corps

2/ Un corps se déplace à la vitesse de 100 Km/h; en passant à la vitesse de 300 Km/h, sa résistance aérodynamique :

- a) ne change pas
- b) est multipliée par 9
- c) est multipliée par 3
- d) diminue légèrement

3/ L'extrados d'une aile ou d'un profil désigne :

- a) sa partie supérieure
- b) sa partie inférieure
- c) les extrémités
- d) les aérofreins

4/ En vol normal :

- a) l'extrados de l'aile est le siège d'une dépression
- b) l'intrados de l'aile est le siège d'une surpression
- c) l'aile est "décrochée"
- d) les propositions "a et b" sont exactes

5/ L'angle d'incidence de l'aile est l'angle compris entre :

- a) la trajectoire et l'axe longitudinal de l'avion.
- b) la trajectoire et l'horizontale.
- c) la corde de profil et l'horizontale.
- d) la corde de profil et la trajectoire

6/ La traînée est toujours parallèle à :

- a) l'axe longitudinal de l'appareil
- b) l'horizontale
- c) la trajectoire de l'appareil par rapport à l'air
- d) la corde de profil des ailes

7/ Quelle est l'affirmation la plus juste :

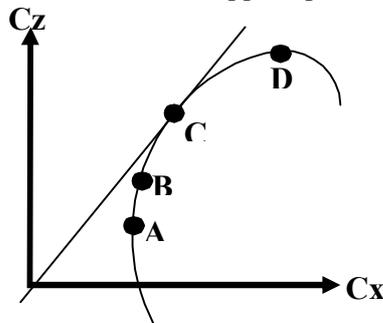
- a) si la vitesse augmente à altitude constante, la portance diminue.
- b) si la surface d'une aile augmente la finesse de celle-ci va augmenter.
- c) si la vitesse augmente à altitude constante, l'incidence va diminuer.
- d) si l'incidence de l'avion diminue la traînée va augmenter.

8/ En soufflerie, si on multiplie par 3 la vitesse du vent relatif, la force aérodynamique est multipliée par :

- a) 3
- b) 9
- c) 6
- d) 12

9/ Sur la polaire d'aile dessinée ci-dessous, on appelle point de traînée minimum :

- a) le point A
- b) le point B
- c) le point C
- d) le point D



10/ sur la polaire précédente, on appelle point de portance maximum :

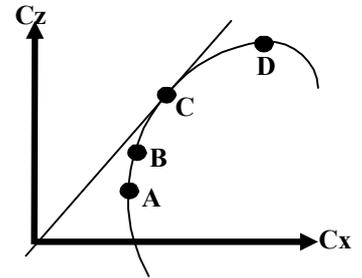
- a) le point A
- b) le point B
- c) le point C
- d) le point D

11/ sur la polaire précédente, on appelle point de finesse maximum :

- a) le point A
- b) le point B
- c) le point C
- d) le point D

12/ Sur la polaire d'aile dessinée ci-dessous, on appelle point de finesse maximale :

- a) le point A
- b) le point B
- c) le point C
- d) le point D



13/ L'angle de portance nulle d'un profil est :

- a) l'angle d'incidence qui correspond à une portance nulle
- b) l'angle d'incidence qui correspond à une traînée nulle
- c) l'angle d'incidence qui correspond à un moment nul
- d) est égal à 0 pour les profils creux

14/ Le décrochage d'une aile se produit :

- a) sans signe pouvant le prévenir ;
- b) quand l'angle d'incidence diminue ;
- c) à une vitesse fixe indiquée par l'anémomètre ;
- d) quand l'angle d'incidence devient très important.

15/ Le décrochage se produit toujours à :

- a) la même vitesse
- b) la même incidence
- c) la même inclinaison
- d) la même assiette

16/ Pour un avion dont les caractéristiques sont les suivantes :

- vitesse de croisière = 320 km/h
- surface de l'aile = 15 m<sup>2</sup>
- Cz = coefficient de portance 0.4
- Cx = coefficient de traînée 0.045
- masse volumique de l'air = 1.2 kg/m<sup>3</sup>

Calculer la portance maximale de cet avion à la vitesse de croisière :

- a) 1152 N
- b) 28439 N
- c) 3199 N
- d) 368640 N

17/ La charge alaire est définie par le rapport :

- a)  $\frac{\text{surface portante}}{\text{poids total de l'aéronef}}$
- b)  $\frac{\text{poids total de l'aéronef}}{\text{surface portante}}$
- c)  $\frac{\text{poids de l'équipage}}{\text{surface des ailes}}$
- d)  $\frac{\text{poids total de l'aéronef}}{\text{poids des ailes}}$

18/ La variation de l'assiette longitudinale s'effectue autour de l'axe de :

- a) tangage
- b) roulis
- c) lacet
- d) piste

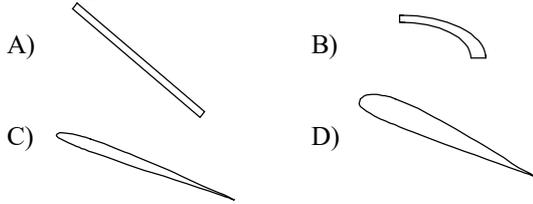
19/ La force aérodynamique peut se décomposer en :

- a) force centrifuge et force centripète
- b) portance et traînée
- c) vitesse et taux de chute
- d) poids et poids apparent

20/ La corde d'un profil est :

- a) la ligne d'épaisseur moyenne
- b) l'envergure de l'aile
- c) un fil de laine
- d) le segment qui joint le bord d'attaque au bord de fuite

21/ Parmi les profils représentés, celui ayant le meilleur coefficient de portance est :



22/ L'angle d'incidence d'un profil :

- a) dépend du dièdre de l'aile
- b) est l'angle compris entre la corde et la direction du vent relatif
- c) correspond à l'assiette de l'avion
- d) correspond au calage de l'aile par rapport au fuselage

23/ L'angle formé par la corde de profil d'une aile et la trajectoire par rapport à l'air s'appelle angle :

- a) de plané
- b) de dièdre
- c) de flèche
- d) d'incidence

24/ L'angle de calage de l'aile est l'angle compris entre :

- a) la trajectoire et l'axe longitudinal de l'avion.
- b) la trajectoire et l'horizontale.
- c) la corde de profil et l'horizontale.
- d) la corde de profil et l'axe longitudinal de l'avion

25/ Un avion vole à 180 km/h. La surface alaire est de 15 m<sup>2</sup> tandis que le C<sub>z</sub> est de 1,2. Sachant que la masse volumique de l'air est de 1,2 kg/m<sup>3</sup>, la portance est de :

- a) 12 000 N
- b) 18 000 N
- c) 24 000 N
- d) 27 000 N

26/ Un avion a les caractéristiques suivantes : Envergure 10 mètres, épaisseur relative de l'aile 0,20 mètres, profondeur moyenne de l'aile 1 mètre. Sachant que cette aile est rectangulaire, quel est son allongement ?

- a) 50
- b) 5
- c) 10
- d) 100

27/ Un avion pèse 20 000 Newton et a une surface alaire de 20 m<sup>2</sup>. Sa charge alaire est de :

- a) 2 000 N/m<sup>2</sup>, car on prend la surface de la demi-aile droite
- b) 1 000 N/m<sup>2</sup>
- c) 2 000 N/m<sup>2</sup>, car on prend la surface de la demi-aile gauche
- d) 0,001 N/m<sup>2</sup>

28/ Un avion de transport dont la masse est de 30 tonnes a une aile de 100 m<sup>2</sup>. Calculer son coefficient C<sub>z</sub> de portance à la vitesse de 180 km/h (prendre g = 10 et une masse volumique de 1,2 kg/m<sup>3</sup>) :

- a) 0,3
- b) 1,6
- c) 2
- d) 2,4

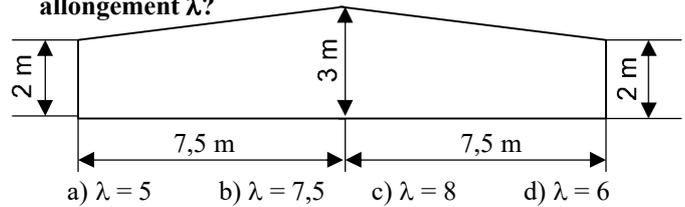
29/ L'allongement de l'avion précédent est de 9. Quelle est son envergure ?

- a) 25 m
- b) 11,1 m
- c) 30 m
- d) 33 m

30/ Une aile rectangulaire a une surface de 36,75 m<sup>2</sup> pour une envergure de 21 m. Quel est son allongement ?

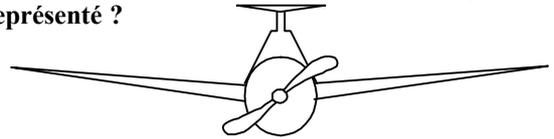
- a) 17,5
- b) 12
- c) 10
- d) 1,75

31/ On considère l'aile trapézoïdale dont les dimensions sont données par le plan ci-dessous. Quel est son allongement  $\lambda$ ?



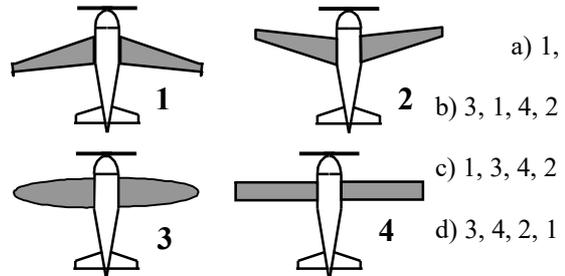
- a)  $\lambda = 5$
- b)  $\lambda = 7,5$
- c)  $\lambda = 8$
- d)  $\lambda = 6$

32/ Quelle est la description correcte pour l'avion représenté ?



- a) aile basse à dièdre positif et empennage papillon
- b) aile médiane à dièdre positif et dérive surélevée
- c) aile basse à flèche positive et empennage cruciforme
- d) aile médiane à dièdre positif et empennage en T

33/ Classer les avions ci-dessous dans l'ordre du plus stable au moins stable :



- a) 1, 2, 3, 4

- b) 3, 1, 4, 2

- c) 1, 3, 4, 2

- d) 3, 4, 2, 1

DANS LES EXERCICES 19, 20, 21 et 22, on considère un avion pesant 24 000 Newton dont la surface alaire est de 20 m<sup>2</sup>, et on prend une masse volumique d'air  $\rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3$ .

On rappelle la formule : Portance =  $1/2 \rho V^2 S C_z$

34/ si l'avion vole à 100 m/s, son C<sub>z</sub> vaut :

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 0,4
- d) 0,8

35/ si l'avion vole à 50 m/s, son C<sub>z</sub> vaut :

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 0,4
- d) 0,8

36/ Quelle est sa vitesse de décrochage si C<sub>z</sub> max = 2,22 :

- a) 100 m/s
- b) 50 m/s
- c) 30 m/s
- d) 10 m/s

37/ Quelle est la finesse si l'on a une traînée de 3000 N ?

- a) 50
- b) 22,2
- c) 10
- d) 8

38/ Les facteurs suivants, sauf un, améliorent les performances aérodynamiques d'un planeur. Lequel ?

- a) une faible surface alaire
- b) un grand allongement
- c) une aile propre sans poussière ni insectes collés
- d) un train rentrant (escamotable)

39/ Les facteurs suivants, sauf un, améliorent les performances aérodynamiques d'un planeur. Lequel ?

- a) une aile propre, sans moucheron
- b) un grand allongement
- c) un train rentrant
- d) un train fixe

40/ Parmi les paramètres suivants, quel est celui qui augmentera la stabilité de l'avion :

- a) une voilure en flèche inversée
- b) une voilure à dièdre inverse
- c) une voilure avec un dièdre positif
- d) une voilure de forme elliptique

41/ les facteurs suivants sauf un sont favorables à la stabilité d'un avion. Lequel ? :

- a) flèche positive
- b) dièdre positif
- c) dièdre nul
- d) dérive dorsale

42/ On appelle tourbillons marginaux ou turbulence de sillage :

- a) les turbulences d'air situées à l'arrière de l'avion et dues à l'hélice
- b) les tourbillons d'air dus à la portance et à l'origine de la traînée induite
- c) les turbulences d'air situées à l'arrière de l'avion et dues à sa pénétration dans l'air
- d) aucune des réponses ci-dessus n'est exacte

43/ La traînée induite d'une aile :

- a) augmente avec l'allongement
- b) augmente ou diminue en même temps et de la même manière que la portance
- c) est une des conséquences de la présence de mouchoirons collés sur le bord d'attaque
- d) est une conséquence des différences de pressions entre intrados et extrados

44/ La traînée induite d'une aile est :

- a) forte aux grandes vitesses
- b) faible aux grandes vitesses
- c) nul en vol dos
- d) forte sur les planeurs, faible sur les avions

45/ Le coefficient de traînée induite d'une aile est :

- a) faible aux grands angles d'incidence
- b) fort aux grands angles d'incidence
- c) nulle en vol dos
- d) forte sur les planeurs, faible sur les avions

46/ Les winglets servent à :

- a) augmenter la traînée de l'aile.
- b) diminuer la stabilité en lacet.
- c) rendre tourbillonnaire l'écoulement de l'air sur les ailes.
- d) diminuer la traînée induite due aux tourbillons marginaux.

47/ La traînée d'une aile est la somme :

- a) d'une traînée parasite et d'une traînée induite
- b) d'une traînée et d'une portance
- c) d'une traînée et d'un moment
- d) d'une portance et d'un moment

48/ Parmi les éléments ci-dessus quels sont ceux qui améliorent la stabilité

- a) la dérive de l'avion, et le radome conique
- b) la dérive de l'avion et le dièdre positif de l'aile
- c) le dièdre négatif, la flèche de l'aile
- d) la dérive et le dièdre négatif de l'aile

49/ Parmi les systèmes suivants, lequel n'est pas un système hypersustentateur :

- a) les volets fowlers
- b) les aérofreins
- c) les becs de bord d'attaque
- d) les volets à fente

50/ Avec un volet hypersustentateur de bord de fuite sorti, un profil voit son  $C_z$  max :

- a) diminuer alors que son incidence max augmente
- b) augmente alors que son incidence max diminue
- c) augmente alors que  $C_x$  diminue
- d) augmente alors que son incidence max augmente

51/ A quel croquis est associé la légende correcte :

a) profil avec volet braqué



b) profil en lisse



c) profil avec bec sorti



d) profil avec volet Fowler sorti



52/ Quelle est la bonne affirmation ? :

a) Volet Fowler sorti



b) Volet Handley page sorti



c) Volet Kruger sorti



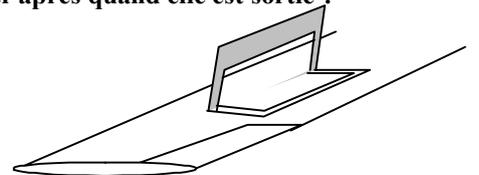
d) Volet Fowler sorti



53/ la sortie des volets hypersustentateurs :

- a) diminue la finesse
- b) augmente la distance d'atterrissage
- c) augmente la pente max de montée
- d) les affirmations "a et b" sont exactes

54/ Quelle est l'influence sur l'avion de la commande schématisée ci-après quand elle est sortie ?



- a) elle augmente la portance ;
- b) elle diminue la finesse ;
- c) elle augmente la vitesse verticale ;
- d) elle réduit la portance et augmente la finesse.

55/ Parmi les dispositifs hypersustentateurs, on peut citer :

- a) Les aérofreins
- b) Les becs de bord d'attaque
- c) Les volets de courbure
- d) Les réponses b et c sont exactes.

56/ Le braquage positif des volets de courbure a pour conséquence :

- a) Une augmentation de la portance
- b) Une diminution de la portance
- c) Une augmentation de la traînée
- d) Les réponses a et c sont exactes

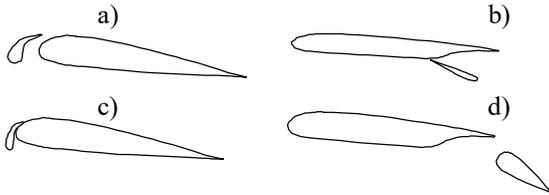
57/ Avec un bec de bord d'attaque sorti, un profil voit son  $C_z$  max :

- a) diminuer alors que  $C_x$  augmente
- b) augmenter alors que son incidence max diminue
- c) augmenter alors que son incidence max augmente
- d) diminuer alors que son incidence max diminue

58/ A propos des volets hypersustentateurs de bord de fuite, quelle est la proposition fautive :

- a) leur braquage augmente le coefficient  $C_z$  de portance
- b) leur braquage augmente le coefficient  $C_x$  de traînée
- c) leur braquage crée un couple piqueur
- d) ils autorisent une pente de descente plus faible

59/ Le volet Fowler est représenté ci - dessous en :



60/ Les dispositifs hypersustentateurs utilisés sur les avions augmentent

- a) la portance et la traînée.
- b) la vitesse d'approche, donc la sécurité.
- c) l'efficacité des gouvernes.
- d) les 3 propositions précédentes sont fausses

61/ Parmi les compensateurs désignés ci-dessous quels sont deux qui sont des compensateurs d'évolution

- a) le P.R.H., le Trim et TAB automatique
- b) le Trim, les gouvernes à axe déporté, le TAB automatique
- c) les gouvernes à axe déporté, le TAB automatique, les gouvernes à bec débordant
- d) le TAB automatique, les gouvernes à bec débordant, le Trim

62/ Un compensateur est une petite surface placée à l'arrière d'une gouverne et qui sert à :

- a) compenser les erreurs de pilotage.
- b) compenser les variations de pression dues aux changements d'altitude de l'avion.
- c) compenser les efforts que le pilote doit effectuer sur les commandes.
- d) les réponses a, b et c sont correctes.

63/ L'utilisation des volets de courbure a pour but :

- a) d'améliorer les performances de décollage.
- b) d'améliorer le freinage des roues lorsqu'ils sont braqués au maximum en positif.
- c) d'augmenter la portance.
- d) d'augmenter la courbure de l'aile.
- e) d'améliorer la facilité de pilotage, notamment à l'atterrissage et pendant le roulage, surtout lorsqu'ils sont braqués au maximum en positif et que le vent est plein travers.
- f) de garder une portance correcte avec des vitesses faibles, notamment pendant les approches et les atterrissages.

choisir la combinaison correcte :

- a) a, b, c, e
- b) a, c, d, e
- c) b, d, e, f
- d) a, c, d, f

64/ Sur un planeur, les aérofreins permettent :

- a) de diminuer la pente d'approche
- b) de diminuer la vitesse de décrochage
- c) de diminuer la vitesse d'approche
- d) d'augmenter le taux de roulis

65/ Quelles sont les conditions d'équilibre d'un avion en vol horizontal ?

- a) La portance équilibre le poids
- b) La traction équilibre la traînée
- c) La traction est supérieure à la traînée
- d) Les réponses a et b sont exactes.

66/ Un avion léger "centré arrière" sera :

- a) plus stable qu'un avion "centré avant"
- b) plus maniable qu'un avion "centré avant"
- c) moins sensible à la turbulence qu'un avion "centré avant"
- d) obligatoirement incontrôlable

67/ Quand on avance le centre de gravité par rapport à sa position habituelle:

- a) Cela ne modifie pas le comportement de l'avion.
- b) l'avion devient plus agréable à piloter, il "répond" plus rapidement aux commandes.
- c) L'avion a tendance à prendre une assiette supérieure, à se cabrer.
- d) L'avion devient moins maniable mais plus stable

68/ Un avion qui est centré avant a :

- a) sa stabilité qui augmente.
- b) sa stabilité qui diminue.
- c) sa manœuvrabilité qui augmente.
- d) sa manœuvrabilité qui diminue.
- e) nécessite un braquage de gouverne de profondeur plus important.
- f) nécessite un braquage de gouverne de profondeur moins important.
- g) sa traînée qui augmente.
- h) sa traînée qui diminue.
- i) sa consommation qui diminue.
- j) sa consommation qui augmente.

choisir la combinaison correcte :

- a) b, d, f, h, i.
- b) a, d, e, g, j.
- c) a, c, f, g, i.
- d) b, c, e, h, j.

69/ La gouverne de profondeur est une partie mobile:

- a) de l'empennage horizontal qui permet de contrôler l'équilibre longitudinal de l'avion
- b) de l'aile qui fait partie des systèmes hypersustentateurs
- c) de l'empennage vertical qui permet la stabilisation latérale automatique
- d) commandée par le palonnier lors des virages ou pour « décrocher » à l'atterrissage

70/ On définit le facteur de charge "n" d'un avion comme étant :

- a) Poids / Portance
- b) Portance / Poids
- c) Portance / Traînée
- d) Inverse à la charge alaire.

71/ Un planeur en virage stabilisé à 60° d'inclinaison subit un facteur de charge « n » de :

- a)  $n = -2$
- b)  $n = -1$
- c)  $n = +1$
- d)  $n = +2$

72/ Un facteur de charge égal à 2 correspond à un virage :

- a) stabilisé à 30° d'inclinaison
- b) stabilisé à 45° d'inclinaison
- c) stabilisé à 60° d'inclinaison
- d) effectué à 2 fois la vitesse de décrochage

73/ Un avion en virage stabilisé à 60° d'inclinaison subit un facteur de charge n de :

- a)  $n = 0$
- b)  $n = 1$
- c)  $n = 2$
- d)  $n = -1$

74/ En virage stabilisé à 60° d'inclinaison, le facteur de charge d'un avion vaut :

- a) 1
- b) 2
- c) 60
- d) un tel virage est impossible

75/ Si un avion décroche à 100 km/h au facteur de charge  $n=1$ , alors au facteur de charge  $n=4$ , il décroche à :

- a) 100 km/h
- b) 141 km/h
- c) 200 km/h
- d) 400 km/h

76/ Un avion est en virage stabilisé à droite à très forte inclinaison. Pour relever le nez de l'appareil depuis cette position sans resserrer le rayon du virage, le pilote :

- a) met plutôt du manche (ou volant) à gauche
- b) diminue la puissance du moteur
- c) met plutôt du "pied" à gauche
- d) tire plutôt le manche vers lui

77/ L'assiette longitudinale d'un avion se définit comme étant l'angle compris entre :

- a) l'axe longitudinal de l'avion et l'horizontale
- b) la direction du vent relatif et la corde de profil
- c) l'angle entre la corde de profil et l'horizontale
- d) le bord d'attaque de l'aile et l'axe de l'avion

78/ En vol rectiligne horizontal stabilisé :

- a) la traction équilibre la traînée
- b) la traction équilibre la portance
- c) la portance est supérieure au poids
- d) la portance équilibre la traînée

79/ En vol rectiligne stabilisé en montée, le facteur de charge est :

- a) égal à 1
- b) négatif
- c) supérieur à 1
- d) compris entre 0 et 1

80/ Un ULM biplace de masse 175 kg à vide a été calculé par le constructeur pour résister à un facteur de charge positif de 4 à la masse maximale de 340 kg. Le pilote a installé divers accessoires (instruments de contrôle, parachute pyrotechnique de sécurité, réservoir supplémentaire, etc...) dont la masse totale représente 80 kg. Le plein d'essence (40kg) étant fait, le pilote et son passager (160 kg à eux deux) décident de s'envoler. Le facteur de charge limite de l'appareil pour cette nouvelle masse est de :

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 8

81/ le lacet inverse est dû à :

- a) une traînée plus importante de la demi-aile située à l'intérieur du virage
- b) une augmentation de traînée plus importante du côté de l'aileron abaissé que du côté de l'aileron levé
- c) la nervosité ou à l'émotivité du pilote
- d) la position "vol dos"

82/ Par la manœuvre de quelle commande est gérée la symétrie du vol de l'avion ?

- a) Le déplacement latéral du manche
- b) Le réglage de la puissance du moteur
- c) Les palonniers qui agissent sur la gouverne de direction
- d) Le déplacement d'avant en arrière du manche

83/ Le braquage des ailerons provoque un effet secondaire appelé :

- a) roulis inverse.
- b) lacet inverse.
- c) roulis induit.
- d) lacet induit.

84/ Le roulis induit apparaît lorsqu'on :

- a) actionne les ailerons
- b) actionne la gouverne de profondeur
- c) actionne la gouverne de direction
- d) sort les volets

85/ Le pilote veut mettre son appareil en virage à droite, en vol symétrique. Il met :

- a) du "pied" à droite et du manche (ou volant) à droite
- b) du "pied" à droite et du manche (ou volant) à gauche
- c) du "pied" à gauche et du manche (ou volant) à gauche
- d) du "pied" à gauche et du manche (ou volant) à droite

86/ l'assiette d'un appareil :

- a) est toujours égale à l'incidence
- b) est toujours supérieure à l'angle d'incidence
- c) est toujours inférieure à l'angle d'incidence
- d) n'est pas en relation directe avec l'incidence

87/ Un planeur a une finesse de 40 (en air calme) à la vitesse de 108 km/h. Sa vitesse verticale de chute est de :

- a) 40 km/h
- b) 40 m/s
- c) 1,08 m/s
- d) 0,75m/s

88/ La finesse est définie par le rapport :

- a)  $\frac{\text{vitesse horizontale}}{\text{vitesse verticale}}$
- b)  $\frac{\text{distance horizontale parcourue}}{\text{hauteur perdue}}$
- c)  $\frac{\text{portance}}{\text{traînée}}$
- d) les trois propositions précédentes sont exactes

89/ Un avion de finesse 12, qui a une hauteur disponible de 1500 mètres, peut en cas de panne moteur et avant de toucher le sol, parcourir une distance de :

- a) 1,8 NM
- b) 18 NM
- c) 1,8 Km
- d) 18Km

90/ Un avion est en approche sur un plan de 5%. Sa finesse étant de 10 :

- a) le moteur est nécessairement "plein réduit"
- b) le moteur est nécessairement calé
- c) il est impossible que le moteur soit "plein réduit"
- d) les règlements interdisent l'approche sur un plan de 5%

91/ La longueur de roulage nécessaire au décollage augmente avec :

- a) l'altitude
- b) la température
- c) la composante de vent arrière
- d) dans les trois cas précédents

**92/ Lorsque la portance est nulle, un profil d'aile classique subit un moment :**

- a) cabreur
- b) piqueur
- c) nécessairement nul
- d) la portance d'un profil n'est jamais nulle

**93/ Le foyer d'un profil est :**

- a) confondu avec le centre de poussée
- b) situé au bord d'attaque
- c) situé à 25% de la corde à partir du bord d'attaque
- d) situé à 25% de la corde à partir du bord de fuite

**94/ Les ailes d'avion :**

- a) assurent l'équilibre longitudinal de l'avion
- b) assurent la sustentation aérodynamique
- c) commandent la rotation de l'avion autour de l'axe des roulis
- d) les réponses "a" et "c" sont exactes

**95) le pilotage de la sonde spatiale Philae nécessite :**

- a) une poussée permanente et l'exploitation de l'attraction des astres
- b) Une poussée ponctuelle et l'exploitation de l'attraction des astres
- c) uniquement l'attraction des astre
- d) uniquement une poussée permanente

**96/ la sustentation d'un aérostat est basée sur le principe :**

- a) d'Archimède
- b) de Bernouilli
- c) des vases communicants
- d) de l'effet venturi

**97) pour profiter de la vitesse d'entraînement de la base spatiale de Kourou, la direction du tir de lancement d'un satellite géostationnaire doit se faire vers :**

- a) le nord
- b) l'est
- c) le sud
- d) l'ouest

**98) le vol d'un lanceur spatial (fusée) débute par une phase :**

- a) centrifuge
- b) tractive
- c) propulsée
- d) balistique

Réponses QCM									
Aérodynamique et Mécanique du vol									
N°	Rép	N°	Rép	N°	Rép	N°	Rép	N°	Rép
1	c	21	d	41	c	61	c	81	b
2	b	22	b	42	b	62	c	82	c
3	a	23	d	43	d	63	d	83	b
4	d	24	d	44	a	64	c	84	c
5	d	25	d	45	b	65	d	85	a
6	c	26	c	46	d	66	b	86	d
7	c	27	b	47	a	67	d	87	d
8	b	28	c	48	b	68	b	88	d
9	a	29	c	49	b	69	a	89	d
10	d	30	b	50	b	70	b	90	a
11	c	31	d	51	b	71	d	91	d
12	c	32	d	52	a	72	c	92	c
13	a	33	c	53	a	73	c	93	c
14	d	34	b	54	b	74	b	94	b
15	b	35	d	55	d	75	c	95	b
16	b	36	c	56	d	76	c	96	a
17	b	37	d	57	c	77	a	97	b
18	a	38	a	58	d	78	a	98	c
19	b	39	d	59	d	79	d		
20	d	40	c	60	a	80	a		