

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES

SESSION 2008

EPREUVE E5 :

TECHNOLOGIE, MATHEMATIQUES, AERODYNAMIQUE

SOUS EPREUVE :

AERODYNAMIQUE, MECANIQUE DES FLUIDES  
MECANIQUE DU VOL ET TECHNIQUE DU VOL (U52)

Coefficient : 4

Durée : 4 heures

1<sup>ère</sup> partie : Mécanique des fluides

2<sup>ème</sup> partie : Aérodynamique

3<sup>ème</sup> partie : Mécanique du vol

4<sup>ème</sup> partie : Techniques d'utilisation

Ce sujet comprend 5 pages y compris cette feuille de présentation.

Documents interdits ; calculatrices autorisées

**LES ÉLÈVES DOIVENT REMETTRE 4 COPIES DIFFÉRENTES.**

## 1<sup>ère</sup> partie : MECANIQUE DES FLUIDES

### A) Mécanique des fluides incompressibles

Sous sa forme traditionnelle, le théorème de Bernoulli s'écrit :

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho g Z = \text{Constante}$$

- 1 - Préciser la nature et les unités des différents termes utilisés
- 2 - Que représente physiquement la constante ?
- 3 - Dans quelles conditions peut on utiliser cette relation ?
- 4 - Lorsqu'une machine est présente dans l'installation, ce même théorème peut s'écrire : (1 : entrée machine ; 2 : sortie machine)

$$\frac{p_1}{\omega} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_n = \frac{p_2}{\omega} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

$h_n$  : énergie reçue ou fournie par la machine.  
 $\omega$  : poids volumique.

- 4.1 - Montrer que  $h_n$  est homogène à un travail par unité de poids
- 4.2 - Dans l'écriture précédente, de quel type de machine s'agit il si  $h_n$  est positif ?
- 5 - Dans une installation réelle - sans machine - Bernoulli s'écrit :

$$P_{T2} = p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g Z_1 - \rho g J_{12}$$

- 5.1 Que représente la quantité  $J_{12}$  ?
- 5.2 En quelle unité s'exprime-t-elle ?

### B) Mécanique des fluides compressibles

Une tuyère convergente - divergente parfaitement calorifugée est alimentée par un réservoir amont suffisamment grand pour que la vitesse y soit supposée nulle en permanence. Au cours d'un essai, on relève les valeurs suivantes :

$$T_c = 333,3 \text{ K}$$

$$T_e = 390 \text{ K}$$

$$V_e = 142 \text{ m/s}$$

(c : col de la tuyère et e : plan d'extraction de la tuyère)

Il s'agit un écoulement fluide (sans machine) à variation d'énergie potentielle négligeable et on peut assimiler l'air à un gaz parfait de constantes :

$$\gamma = 1,4$$

$$r = 287 \text{ J / kg K}$$

$$C_p = 1\,000 \text{ J / kg K}$$

Les frottements sont supposés nuls.

- 1 - Calculer la valeur du nombre de Mach dans le plan d'extraction.
- 2 - Calculer la valeur de la température génératrice de l'écoulement.
- 3 - Montrer que, compte tenu des conditions de l'essai, cette température génératrice est égale à une constante dans toute la tuyère.
- 4 - Calculer la valeur du nombre de Mach au col de la tuyère.
- 5 - Que peut on dire de ce nombre de Mach au col ?

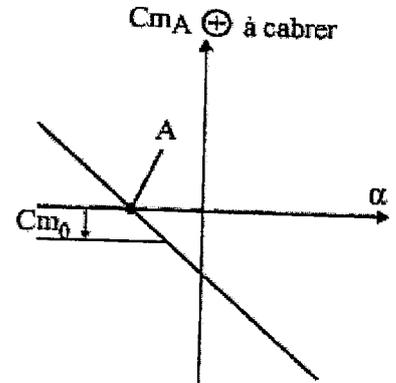
## 2<sup>ème</sup> partie : AERODYNAMIQUE

### 1 - Coefficient de moment de tangage

L'étude est relative à l'aile volante non motorisée et à stabilité statique naturelle.

La courbe ci-contre montre l'évolution du coefficient de moment de tangage par rapport au bord d'attaque en fonction de l'incidence pour un profil donné.

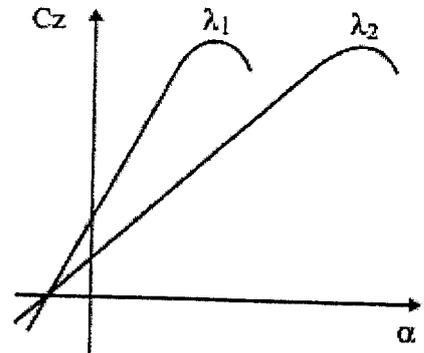
- 1 - A quel type de profil (simple courbure ou double courbure) correspond cette courbe ?
- 1 - Montrer que le point A correspond à l'incidence d'équilibre.
- 2 - Après avoir rappelé la définition de l'incidence  $\alpha_0$ , positionner cette incidence sur la courbe.
- 3 - En déduire la raison pour laquelle le point A n'est pas acceptable ?
- 4 - Montrer que la pente négative de la courbe assure la stabilité statique.
- 5 - Quelle solution doit on apporter pour obtenir une incidence d'équilibre acceptable ?



### 2 - Allongement

Les courbes ci-contre correspondent à deux voilures d'allongement  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  équipées du même profil.

- 1 - Pour quelle raison les deux courbes possèdent elles la même incidence  $\alpha_0$  ?
- 2 - Pour quelle raison les deux courbes possèdent elles le même  $Cz_{max}$  ? (on ne prend pas en compte le cas des allongements très faibles)
- 3 - Pour quelle raison physique un même  $Cz$  est obtenu pour deux incidences différentes selon que l'allongement soit  $\lambda_1$  ou  $\lambda_2$  ?
- 4 - En déduire lequel des deux allongements est le plus élevé.
- 5 - Tracer l'allure générale des polaires d'Eiffel obtenues pour les deux allongements.
- 6 - En déduire l'influence de l'allongement sur la finesse maximale d'une voilure.



### 3 - Couche limite

Afin de retarder les décollements de couche limite, un laboratoire envisage de réaliser une aspiration de couche limite.

- 1 - Donner la définition de la couche limite
- 2 - Donner la définition du décollement de couche limite
- 3 - A l'aide de schémas, montrer les principes de l'aspiration naturelle ou artificielle.
- 4 - Donner un inconvénient de cette méthode.

### 3<sup>ème</sup> partie : MECANIQUE DU VOL

Pour l'ensemble, on envisage un avion équipé de groupes turbo réacteurs dont les caractéristiques sont :

Masse :  $m = 160$  tonnes ( $g = 10 \text{ m / s}^2$ ) ; surface de référence :  $S = 320 \text{ m}^2$  et dont la polaire est définie par la parabole d'équation :  $C_x = 0,012 + 0,052 C_z^2$

#### Phase de montée jusqu'à l'altitude de croisière

- 1 - Tracer l'allure générale de la courbe donnant l'évolution de la vitesse verticale (vario) en montée en fonction de la vitesse.
- 2 - Placer sur cette courbe et en justifiant votre réponse l'incidence permettant d'obtenir la pente de montée maximale.
- 3 - Calculer les valeurs de la pente maximale et du vario associé (en m/s et en ft/min) si la poussée utile est égale à 160 000 N.

#### Phase croisière (vent nul)

- 4 - Placer, en la justifiant, l'incidence de Maxi - Range (consommation distance minimale) sur la courbe donnant l'évolution de la poussée nécessaire au vol en palier en fonction de la vitesse.
- 5 - Montrer que le coefficient de portance au Maxi - Range s'obtient par  $C_{z_{\alpha 1}} = \sqrt{\frac{a}{3b}}$  ;  
( avec  $C_x = a + b C_z^2$  )
- 6 - Calculer la consommation distance au Maxi - Range si la consommation spécifique est  $C_{sp} = 0,05 \text{ kg/h N}$

#### Phase descente

La descente finale est réalisée à poussée utile négligeable et à Equivalant de vitesse constante.

- 7 - Montrer que la descente est réalisée à incidence constante.
- 8 - Montrer dans quel sens évolue la vitesse vraie pendant cette descente.
- 9 - Déterminer l'incidence de pente de descente minimale.

#### Virage de procédure

Lors d'un virage sous une inclinaison de  $30^\circ$ , on relève un facteur de charge égal à 1,3.

- 10 - Montrer que le virage est de nature dérapé extérieur.
- 11 - Quelles sont les actions que peut entreprendre le pilote pour revenir à un virage correct si on veut conserver la même inclinaison ?

## 4<sup>ème</sup> partie : TECHNIQUES D'UTILISATION

### A - Limitation de masse sans carburant

- 1 - Que représente physiquement la notion de masse maximale de structure sans carburant (Maxi Zero Fuel Weight).
- 2 - Préciser l'ordre normal de remplissage des réservoirs de carburant (on suppose un appareil dont chaque demi-voilure est équipée de trois réservoirs : externe ; central ; interne et doté d'un réservoir de fuselage).
- 3 - Quelle est l'influence de la position des réacteurs (suspendus sous la voilure ou fixés sur l'arrière du fuselage) ?
- 4 - Quelle est l'influence sur la charge offerte d'une quantité de carburant dans le réservoir de fuselage lorsque les réservoirs voilure ne sont pas pleins

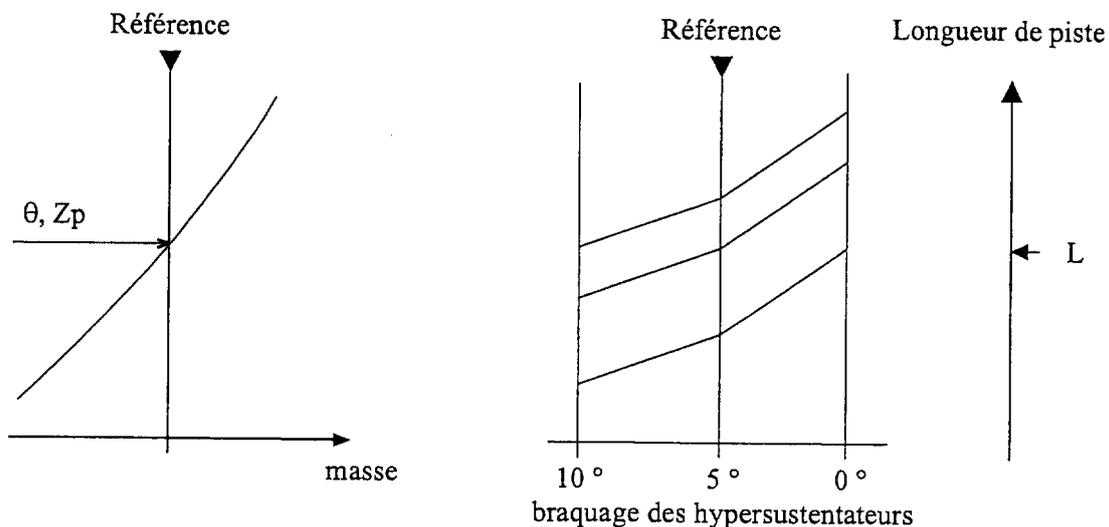
### B) Limitations au décollage

1) Analyse graphique :

A partir de l'épure d'une partie d'abaque présentée ci-dessous, tracer l'influence du braquage des hypersustentateurs sur :

- a) la distance au décollage d'un avion de masse  $m$  donnée
- b) la masse maximale admissible au décollage sur une longueur disponible donnée

(Les autres conditions - température extérieure, altitude pression, vent effectif, pente de la piste, etc... restent constantes)



2) Etude analytique :

Déterminer, de façon analytique, l'influence d'une augmentation de la température statique extérieure sur les performances au décollage - condition Piste et condition Pentes minimales réglementaires -