

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS**  
**AERONAUTIQUES**

-----  
**Session JUIN 2 001**  
-----

**AERODYNAMIQUE**

**MECANIQUE DES FLUIDES**

**MECANIQUE DU VOL**

**TECNIQUES D'UTILISATION**

**Durée : 4h00      Coefficient : 4**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

-----  
**Session JUIN 2 001**  
-----

**AERODYNAMIQUE - MECANIQUE DES FLUIDES**  
**MECANIQUE DU VOL - TECHNIQUES D'UTILISATION**

Durée : **4h00**    Coefficient : **4**

Epreuve : **MECANIQUE DES FLUIDES**

Durée conseillée : 1h00

-----  
**Documents interdits**

**I] Mécanique des fluides - cas des gaz**

Soit un appareil en vol horizontal à une altitude  $Z = 8$  km (soit 26 250 ft) où règne une température statique :  $T_{sz} = 246$  K.

- 1) a) donner la valeur de la température statique au sol en atmosphère standard
- b) donner l'expression permettant de déterminer la valeur de la température statique à une altitude  $Z$  en atmosphère standard
- c) en déduire l'écart de température statique par rapport à l'atmosphère standard qui règne dans les conditions de vol imposées
- 2) déterminer la valeur de la pression statique qui règne dans les conditions données si la masse volumique est  $\rho_z = 0,525$  kg/m<sup>3</sup>
- 3) En vol, dans les mêmes conditions, à une vitesse  $V$  donnée, des mesures de pression font apparaître une différence entre la pression totale et la pression statique :

$$\Delta p = 1\,040 \text{ Pa}$$

- a) calculer, à partir du théorème de Bernoulli, la vitesse de vol correspondante
- b) calculer le nombre de Mach correspondant si la célérité du son dans les conditions données est  $a = 312$  m/s
- c) la vitesse calculée en a) est-elle acceptable ? - Justifier votre réponse

- 4) Lors d'une simulation en soufflerie d'un vol réalisé en condition de **fluide compressible**, un manomètre différentiel à mercure affiche une  $\Delta h$  qui correspond à une différence de pression :

$$P_T - p_s = 1 \text{ bar}$$

- calculer la valeur du nombre de Mach si la pression statique est  $p_s = 0,5 \text{ bar}$
- faire un schéma simplifié du dispositif de mesure, schéma dans lequel la différence de hauteur manométrique  $\Delta h$  apparaîtra clairement
- calculer la valeur de la  $\Delta h$  ( $\rho_{\text{mercure}} = 13\,600 \text{ kg / m}^3$ )

On prendra  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$  et  $\rho = 287 \text{ J / kg K}$

## II] Mécanique des fluides - cas des liquides

L'une des écritures possibles du théorème de Bernoulli dans une conduite est :

$$\frac{p_2}{\varpi} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 = \frac{p_1}{\varpi} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 - J_{12} \quad (\text{A})$$

- indiquer les unités de chacun des termes de cette expression
- que représente physiquement le terme  $J_{12}$
- donner l'interprétation physique globale de l'égalité (A)

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR****MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**-----  
**Session JUIN 2 001**  
-----**AERODYNAMIQUE - MECANIQUE DES FLUIDES**  
**MECANIQUE DU VOL - TECHNIQUES D'UTILISATION**Durée : **4h00**      Coefficient : **4**Epreuve : **AERODYNAMIQUE**

Durée conseillée : 1h00

-----  
**Documents interdits****I] Définitions géométriques**

- 1) quelle différence existe-il entre corde et ligne moyenne ?
- 2) quelle différence existe-il entre épaisseur et flèche du profil ?
- 3) comment calcule-t-on l'épaisseur relative et la courbure d'un profil ?

**III] Traînée et coefficient de traînée induite**

- 1) donner la relation permettant de déterminer la valeur du coefficient de traînée induite (à une incidence donnée d'un avion donné)
- 2) donner l'expression de la force de traînée induite
- 3) deux avions identiques de poids P donné sont en vol horizontal à la même altitude, la vitesse de vol du premier est  $V_1$ , la vitesse du second est  $V_2$  :

calculer les valeurs des rapports  $\frac{C_{xi2}}{C_{xi1}}$  et  $\frac{F_{xi2}}{F_{xi1}}$  si  $V_2 = 2 V_1$ **III] Hypersustentation - Couche limite**

L'inconvénient majeur du volet de courbure simple est le décollement prématuré de la couche limite

- 1) qu'appelle-t-on décollement de couche limite ?
- 2) comment ce phénomène apparaît-il ?
- 3) pour remédier à l'inconvénient cité ci-dessus, on utilise - entre autres - des volets de courbure à fentes
  - a) à quels critères géométriques doit répondre cette fente ?
  - b) sur quel principe son fonctionnement est-il basé ?

**IV] Centre de poussée / Foyer**

- 1) quelle différence existe-t-il entre ces deux points pour un profil NON symétrique
- 2) en rappelant que la position du centre de poussée est donnée par  $\frac{d}{l} = -\frac{C_{m_o}}{C_z} + k$ , préciser les positions relatives centre de poussée / Foyer pour un profil à simple courbure

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

-----  
**Session JUIN 2 001**  
-----

**AERODYNAMIQUE - MECANIQUE DES FLUIDES**  
**MECANIQUE DU VOL - TECHNIQUES D'UTILISATION**

Durée : **4h00**      Coefficient : **4**

Epreuve : **MECANIQUE DU VOL**

Durée conseillée : 1h00

-----  
**Documents interdits**

**A] CROISIERE**

- 1) Un avion commercial est en vol de croisière au Maxi - Range
  - a) placer le point de fonctionnement sur la courbe poussée nécessaire au vol en palier - vitesse  
[ $T_n = f(V)$ ] par vent nul
  - b) dans quel sens devrait se déplacer ce point de fonctionnement pour bénéficier au mieux d'un vent arrière ?
  
- 2) Afin de combler un retard, l'Equipe décide d'adopter la croisière Long - Range
  - a) quelle est la définition du Long - Range ?
  - b) placer approximativement le nouveau point de fonctionnement sur la courbe précédente - Aucun calcul n'est demandé -

3) Application numérique

L'appareil est en vol au Long - Range à Mach 0,84, à une altitude telle que la température statique extérieure soit  $T = 218$  K, à une incidence telle que  $C_z = 0,25$ . La polaire de l'aile est définie par :

$$C_x = 0,012 + 0,052 C_z^2.$$

- a) calculer la consommation horaire si la masse avion est  $m = 120$  tonnes ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>) et la consommation spécifique :  $C_{sp} = 0,05$  kg / h N
- b) calculer la valeur de la vitesse de vol et en déduire celle de la consommation distance par vent nul et en admettant que la célérité du son est de la forme :  $a = 20,1 \sqrt{T}$  - a en m/s -

**B] DESCENTE PLANEE**

Soit un appareil qui se met en descente planée (poussée utile nulle ou négligeable), à partir d'une altitude initiale de 10 km.

La polaire de l'aile est assimilable à une branche parabolique d'équation :

$$C_x = 0,012 + 0,052 C_z^2$$

et les évolutions se font en atmosphère standard. ( $\delta = \frac{\rho_z}{\rho_0} = \frac{20 - Z}{20 + Z}$       Z en km)

- 1) donner l'expression de la pente de descente et en déduire la valeur de la pente de descente planée minimale
- 2) calculer la distance parcourue jusqu'au sol dans ces conditions - vent nul -
- 3) calculer la valeur de la vitesse verticale de descente (vario :  $v'_z$ ) à Z = 10 km si la vitesse vraie sur trajectoire est  $V_v = 100$  kt
- 4) calculer la valeur de l'équivalent de vitesse à Z = 10 km
- 5) après avoir déterminé celle des deux vitesses ( $V_v$  ou EV) qui reste constante pendant cette descente (la performance recherchée est toujours la distance maximale), déterminer la valeur du vario de descente à Z = 5 km

**III] LIMITES D'EVOLUTION**

- 1) dans toutes les phases d'un vol, un appareil doit rester à l'intérieur d'un domaine défini par un nombre de Mach bas et un nombre de Mach haut

à quels phénomènes ces deux nombres de Mach sont-ils associés ?

- 2) afin de définir une marge de sécurité suffisante par rapport à ces phénomènes, on impose de pouvoir supporter - au poids P de vol - un facteur de charge minimal (en général 1,3)
  - a) en vous aidant de l'allure générale de la courbe  $F_z \text{ maxi} = f(M)$ , montrer que cette contrainte impose une altitude de vol maximale au poids P
  - b) sachant que la croisière s'effectue généralement par remontées successives (la croisière constamment ascendante étant difficilement réalisable compte tenu des impératifs du contrôle de la circulation aérienne), montrer que des remontées successives (de 5 000 ft par exemple) imposent des temps de vol minimaux avant d'être entreprises

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

-----  
**Session JUIN 2 001**  
 -----

**AERODYNAMIQUE - MECANIQUE DES FLUIDES**  
**MECANIQUE DU VOL - TECHNIQUES D'UTILISATION**

Durée : **4h00**      Coefficient : **4**

Epreuve : **TECNIQUES D'UTILISATION**

Durée conseillée : 1h00

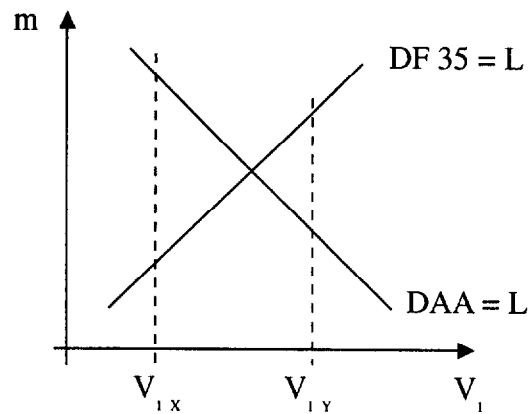
-----  
**Documents interdits**

I] L'étude des abaques de décollage dans des conditions fixées d'un avion donné et certifié avec 3 taux possibles de braquage des hypersustentateurs : 5°, 15° et 25° amène aux résultats suivants sans vent :

Masses		a)	b)	c)
Maximales	<b>Piste</b>	67,5	70,5	72,4
(en tonnes)	<b>Pente 2<sup>ème</sup> segment</b>	78,6	75,9	68,1

- 1) pour chacune des deux conditions (piste et pente deuxième segment) préciser, en le justifiant, le sens d'évolution du braquage des hypersustentateurs (pour chaque colonne, rétablir le braquage correspondant)
- 2) déterminer :
  - a) la limitation utile (seule l'une de ces deux conditions - piste ou pente - est limitative)
  - b) la charge offerte si la masse de base est  $m_b = 45$  tonnes et la quantité de carburant au lâcher des freins :  $Q_{LF} = 13$  tonnes.
- 3) les dernières prévisions météorologiques font état d'un vent prévisible au décollage de 10 kt de face
  - a) ce vent peut-il interdire le décollage à la masse maximale déterminée ci-dessus ?
  - b) justifier le fait que ce vent ne peut modifier que les masses maximales condition piste

II] Les courbes ci-dessous donnent l'évolution de la masse maximale vérifiant : Distance d'Accélération - Arrêt = Longueur de piste (L) et Distance de Franchissement des 35 ft = L en fonction de la vitesse  $V_1$  :



- que représente physiquement la vitesse  $V_1$  ?
- quelle est, en la justifiant, la masse maximale admissible si on retient  $V_1 = V_{1X}$  ?
- même question si on retient  $V_1 = V_{1Y}$
- en déduire la masse maximale admissible au décollage condition piste et  $V_1$  associé
- quelles sont les possibilités offertes lors d'un décollage prévu à une masse inférieure à cette masse maximale ?

### III] Atterrissage

- préciser, de façon générale, comment la sécurité relatives aux éléments suivants est assurée lors de l'atterrissage :
  - la distance d'atterrissage
  - la masse avion
  - l'éventualité d'une remise des gaz
- montrer simplement comment une piste prévue mouillée à l'atterrissage modifie la masse maximale à l'atterrissage.

Pour ces deux questions relatives à l'atterrissage, aucune valeur réglementaire n'est exigée.