

*Durée 2 heures, documents autorisés
l'usage des téléphones portables est interdit*

PARTIE A : LIMITES PHYSIOLOGIQUES (sur 10 points).

Le débit-volume d'air maximum que l'on peut expirer par les poumons est $q_v = 10^{-3} \text{ Nm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ sachant que les normaux m^3 sont pris à une température de référence $T_{\text{ref}} = 288 \text{ K}$ et que la pression de référence est la pression atmosphérique $p_{\text{atm}} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Pendant cette expiration, la pression génératrice de l'air contenu dans les poumons peut atteindre au maximum $p_{\text{atm}} + 1500 \text{ Pa}$. On prendra donc dans la suite comme conditions génératrices pour l'air expiré par les poumons :

$$p_0 = 1,02825 \cdot 10^5 \text{ Pa et } T_0 = 293 \text{ K.}$$

A1) En supposant qu'on souffle avec cette puissance dans une tuyère de Laval axisymétrique (sections circulaires) quel est le diamètre au col maxi, $d_C(\text{maxi})$, qui permettra d'atteindre l'amorçage ($M_C = 1$ au col) ?

A2) Pour la suite on choisit $d_C = 2,5 \text{ mm}$, inférieur à $d_C(\text{maxi})$. Calculer q_m . Quel diamètre de section de sortie d_{S1} faut-il choisir pour avoir un fonctionnement à la limite de l'amorçage sachant que la pression d'éjection p_e est prise égale à la pression atmosphérique p_{atm} ?

Pour traiter la suite du problème il faut se servir des équations exactes, les tables ne sont pas assez précises ! Elles sont cependant très utiles pour vérifier les ordres de grandeur des résultats et détecter d'éventuelles erreurs de calcul.

Avec les mêmes valeurs de d_C et p_e (et les mêmes conditions génératrices) on conçoit une nouvelle tuyère avec une section de sortie de diamètre d_{S2} pour pouvoir atteindre un régime supersonique dans une partie du divergent, entre le col et un choc droit (Σ).

A3) Avec cette tuyère on atteint $M_1 = 1,2618$ côté amont du choc droit. Quelle doit être la valeur du diamètre de sortie d_{S2} ?

A4) Que vaut le diamètre d_Σ à l'endroit du choc ?

A5) Expliquer pourquoi, quel que soit $d_S > d_{S2}$, on n'arrivera pas à atteindre $M_1 = 1,262$.

PARTIE B : ECOULEMENT AUTOUR D'UN PROFIL EN LOSANGE (sur 10 points).

De l'air s'écoule en régime supersonique autour d'un profil d'aile dont la section est un losange (voir la figure 1). On fait l'hypothèse que l'écoulement est bidimensionnel et permanent. Les angles aigus du profil valent 5° et l'aile est mise en incidence de telle sorte que les faces AB et B'C soient parallèles à la direction de l'écoulement amont, on a alors une incidence $i = 2,5^\circ$ (mesurée selon la corde AC). Le nombre de Mach amont vaut $M = 1,8$. La pression sur la face AB vaut $p_{AB} = 10^5 \text{ Pa}$.

Il est important que vous expliquiez la méthode que vous suivez pour résoudre chaque question.

B1) Calculer la pression p_{BC} sur la face BC (on vérifiera que $\alpha_{2B} = 30,397^\circ$).

B2) Calculer la pression $p_{AB'}$ sur la face AB' (on vérifiera que $\varepsilon_A = 38,444^\circ$).

B3) Calculer la pression $p_{B'C}$ sur la face B'C (on vérifiera que $\alpha_{2B'} = 33,777^\circ$).

B4) Que vaut le nombre de Mach en aval du profil (on vérifiera que $\varepsilon_C = 34,735^\circ$) ?

Pour une aile d'envergure donnée, les surfaces de chacune des faces valent $0,5.S$, avec S une surface de référence en m^2 .

B5) Calculer la portance et la traînée du profil par unité d'aire S (en $N.m^{-2}$) pour ces conditions d'écoulement (M et i). Est-ce qu'il existe également un moment résultant par rapport au centre de surface du profil ?

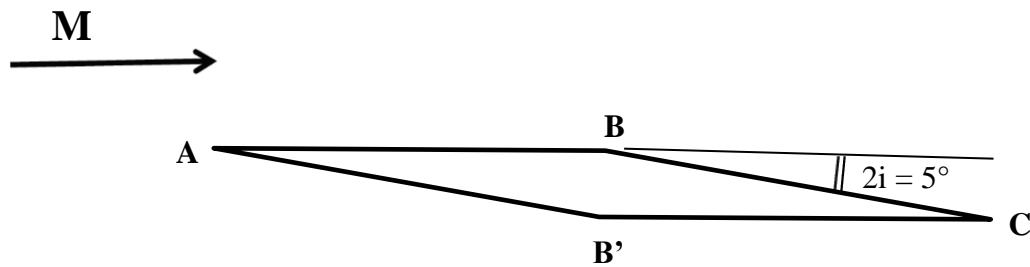


Figure 1 (croquis non à l'échelle).