

**PARTIE A : ANTENNE DE PITOT-PRANDTL** (sur 3 points).

Une antenne de Pitot-Prandtl (voir la figure 1) est immergée dans un écoulement d'oxygène pur dont on donne les caractéristiques principales :

$$\gamma = 1,395 \quad r = 259,37 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad M = 1,5 \quad p = 10^5 \text{ Pa} \quad T = 293 \text{ K}$$

$M$ ,  $p$  et  $T$  concernent le fluide en mouvement.

**A1)** Quelle est la vitesse  $U$  de l'écoulement ?

**A2)** Donner les conditions génératrices  $p_0$  et  $T_0$  en amont de la sonde.

**A3)** Quelles seront dans ce cas les valeurs des grandeurs mesurées par la sonde :  $p_1$ ,  $p_{i2}$  et  $T_i$  ?

**PARTIE B : ECOULEMENT AUTOUR D'UN PROFIL EN LOSANGE** (sur 8 points).

De l'air s'écoule en régime supersonique autour d'un profil d'aile dont la section est un losange (voir la figure 2). L'écoulement est symétrique (incidence nulle) et le demi-angle au sommet  $\delta$  est de  $8^\circ$ .

**B1)** On donne  $\varepsilon = 60^\circ$  pour le choc oblique en A. En déduire par un calcul exact le nombre de Mach  $M_1$  de l'écoulement amont ainsi que la vitesse  $U_1$  si  $T_1 = 293 \text{ K}$  (température de l'air en mouvement).

**B2)** Trouver  $M_2$  derrière le choc (calcul exact). Que valent par conséquent  $M'_1$  et  $M'_2$  ? Montrer comment on peut utiliser les tables pour vérifier ces calculs.

**B3)** Calculer  $\theta_1$  de l'éventail de détente en B. En déduire  $\omega_l$  et  $\chi_2$ .

**B4)** Montrer que  $\theta_2 = 21^\circ$  convient. Que vaut  $M_3$  ?

**B5)** Que doit-on s'attendre à trouver en C (description qualitative) ?

**PARTIE C : ECOULEMENTS DANS UNE TUYERE** (sur 9 points).

Un écoulement d'air à débit-masse  $q_m$  imposé entre dans la tuyère par la section  $A_E$  (voir la figure 3). Le régime en entrée peut être subsonique ou supersonique en fonction des conditions aval imposées  $p_\infty$  et  $T_\infty$ . On considère une section aval  $A_\infty$  d'aire infinie (valeur théorique utilisée dans les calculs). Les valeurs suivantes font référence à la figure 3 et aux courbes données en Annexe :

$$A_E = 3 \text{ cm}^2 ; A_C = 1,5 \text{ cm}^2 ; A_\Sigma = 2 \text{ cm}^2 ; A_{1*} = 1 \text{ cm}^2 ; p_{\infty 1} = 10^5 \text{ Pa} ; \\ p_{\infty 2} = 62941 \text{ Pa} ; T_\infty = 293 \text{ K} ; M_E a = 0,19745 ; M_E b = 2,637 ; M_C a = 0,43026 ; \\ M_C b = 1,854 ; M_{\Sigma 1} = 2,197 ; M_{\Sigma 2} = 0,54743.$$

**C1)** Décrire brièvement les différents cas d'écoulements qui correspondent aux courbes de l'Annexe : (a), (b), a'a'', b'b'', a'b'', b'a''. A quelle géométrie de tuyère correspondent respectivement les courbes en traits gras et celles en traits fins ? Que représentent les courbes en pointillés ?

**C2)** Expliquer pourquoi on a  $p_{\infty 1} = p_0$  et  $T_\infty = T_0$  ainsi que  $p_{\infty 2} = p_{i2}$ . En déduire la valeur du débit-masse imposé  $q_m$ .

**C3)** Compléter les figures de l'Annexe en y reportant les valeurs suivantes après les avoir calculées :

$$p_E a ; p_E b ; p_C a ; p_C b ; p_{\Sigma 1} ; p_{\Sigma 2} ; M_1^* \text{ et } p_1^* \text{ associés à } A_{1*} ; \\ M_2^* \text{ et } p_2^* \text{ associés à } A_{2*}.$$

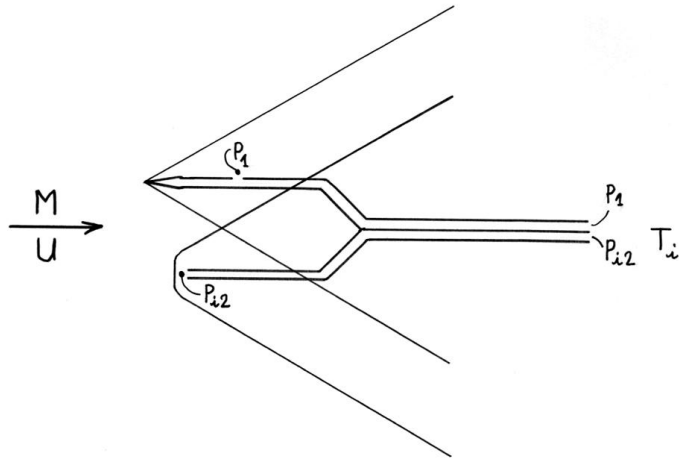


Figure 1.

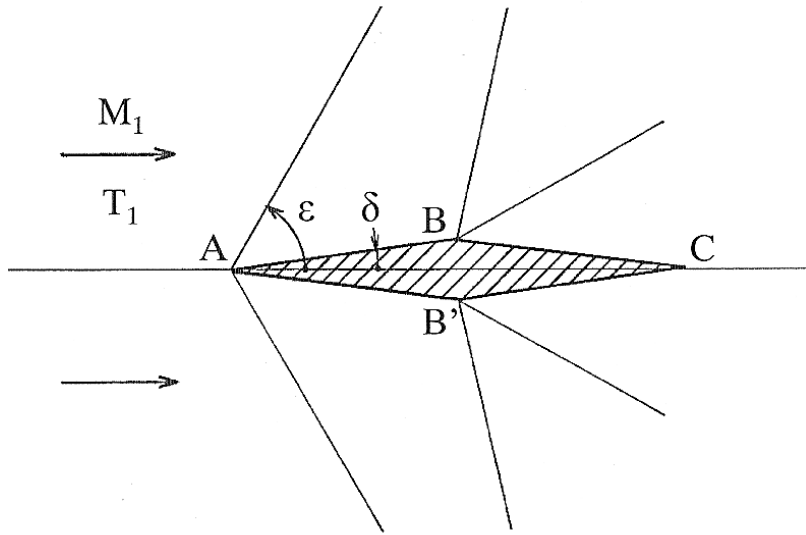


Figure 2.

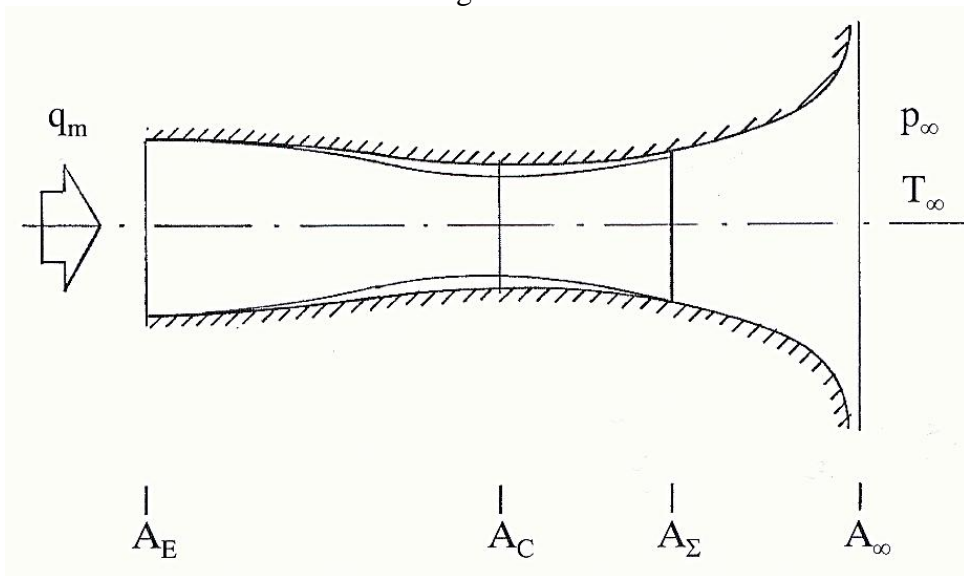


Figure 3.