UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Licence L2 - PCSTM
Mineure Mécanique des Fluides
2^{nde} session 2009-2010 _ Durée : 2h00
Responsable : L. Blanchard
Eléments de correction

Exercice n°1 _ ... pts

1) p_i désignant la pression absolue en i, $p_i - p_{atm}$ désigne la pression effective en i.

$$\begin{array}{rcl} p_1 = p_{atm} + \rho' g h' & \Longrightarrow & p_1 - p_{atm} = \rho' g h' = 23249.7 \text{ Pa} \\ p_3 = p_1 + \rho g h & \Longrightarrow & p_3 - p_{atm} = \rho g h + \rho' g h' = 72692.1 \text{ Pa} \\ p_2 = p_1 + \rho g (h-a) & \Longrightarrow & p_2 - p_{atm} = \rho g (h-a) + \rho' g h' = 43026.6 \text{ Pa} \end{array}$$

2) cf dessin

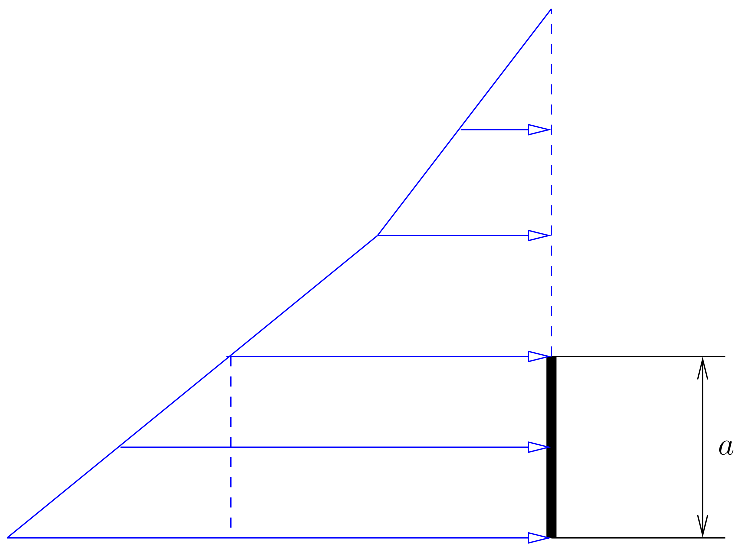
3)

$$\left\{ \begin{array}{lcl} F & = & (p_2 - p_{atm}) ab = 123916 \text{ N} \\ P & = & \frac{1}{2}(p_3 - p_2) ab = 42718 \text{ N} \end{array} \right.$$

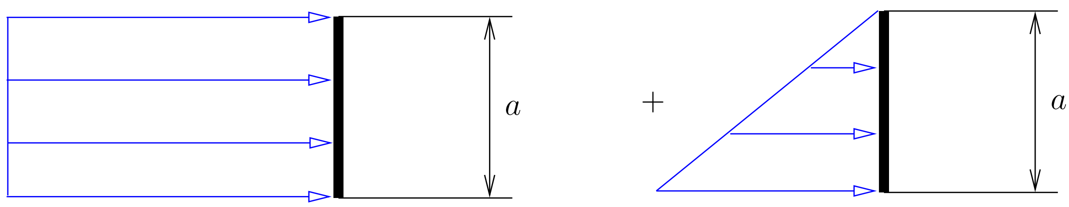
soit une force globale de $F + P = 166634$ N.

Le point d'application de cette force globale sera situé logiquement entre $\frac{a}{3}$ et $\frac{a}{2}$ et positionné par :

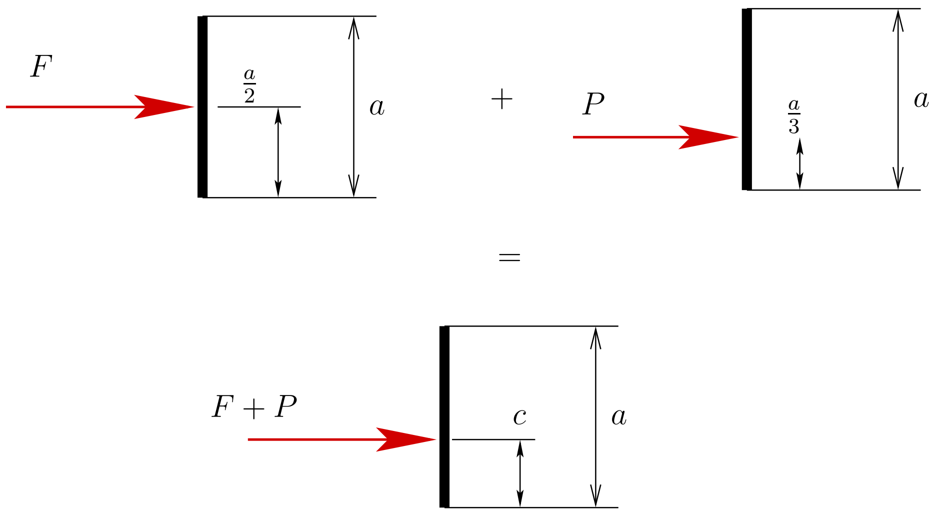
$$(F+P)c = F\frac{a}{2} + P\frac{a}{3} \quad \Longrightarrow \quad \frac{c}{a} \approx 0.457 \in [0.33; 0.50] \quad \Longrightarrow \quad c = 1.00 \text{ m}$$



La force répartie sur la porte



Ce qui équivaut à des force ponctuelle positionnée tel que :



Exercice n°2

1) Le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement autour du profil est :

$$\mathcal{R} = \frac{V_\infty c}{\nu} = 3003000 \approx 3\,.10^6$$

Le nombre de Mach est :

$$\mathcal{M} = \frac{V_\infty}{V_{son}} = 0.094 < 0.2$$

Le fluide peut être considéré comme incompressible.

2) Bernoulli donne :

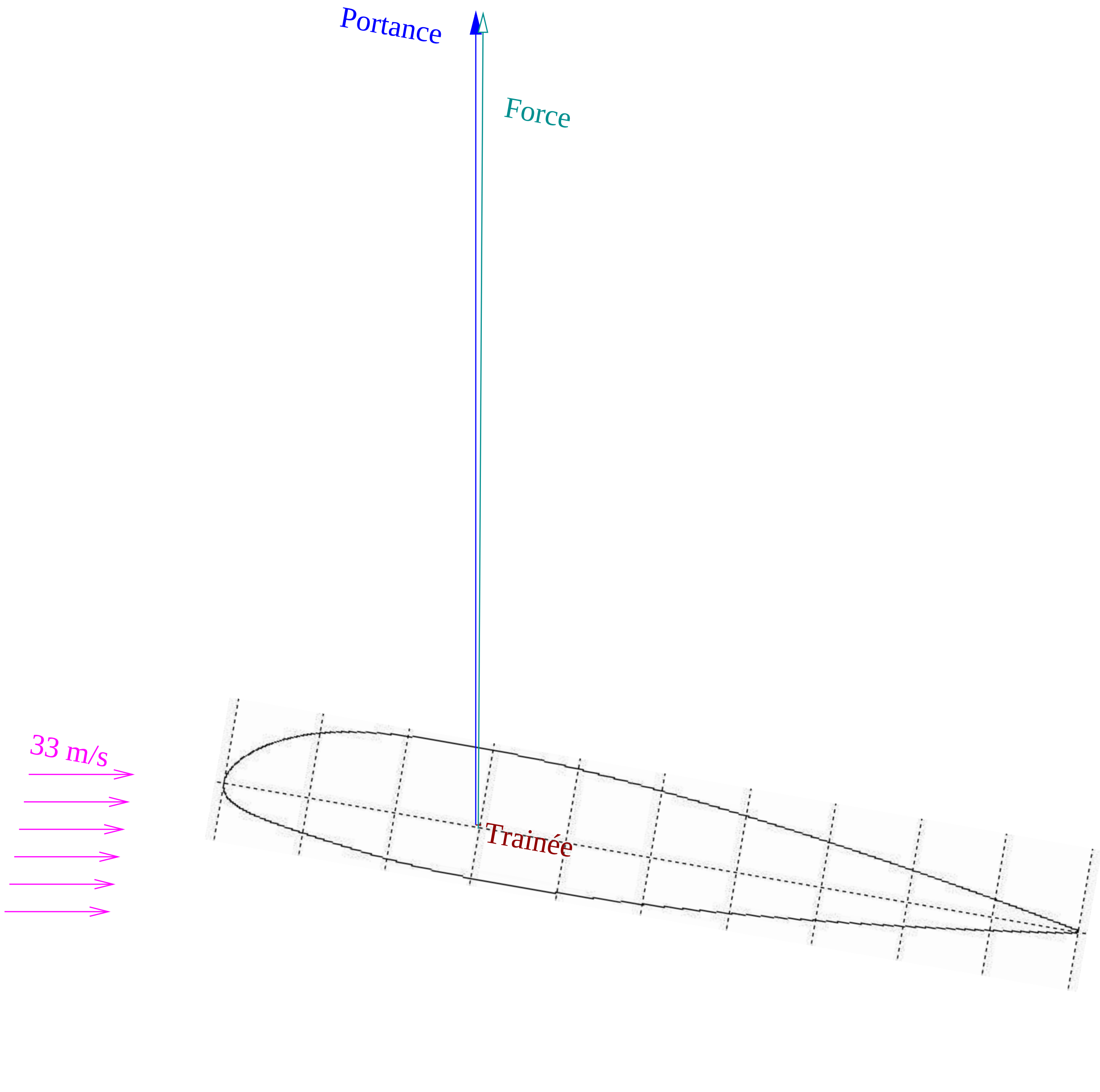
$$p - p_\infty = \frac{1}{2}\rho V_\infty^2 = 675 \text{ Pa}$$

3) On lit $C_x = 0.00974$ et $C_z = 1.2721$
La trainée par unité d'envergure est :

$$\frac{T}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_x {V_\infty}^2 \approx 8.97 \text{ N.m}^{-1} \qquad \text{représentée par 0.08 cm soit moins du millimètre !}$$

La portance par unité d'envergure est :

$$\frac{P}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_z {V_\infty}^2 \approx 1172 \text{ N.m}^{-1} \qquad \text{représentée par 11.7 cm}$$



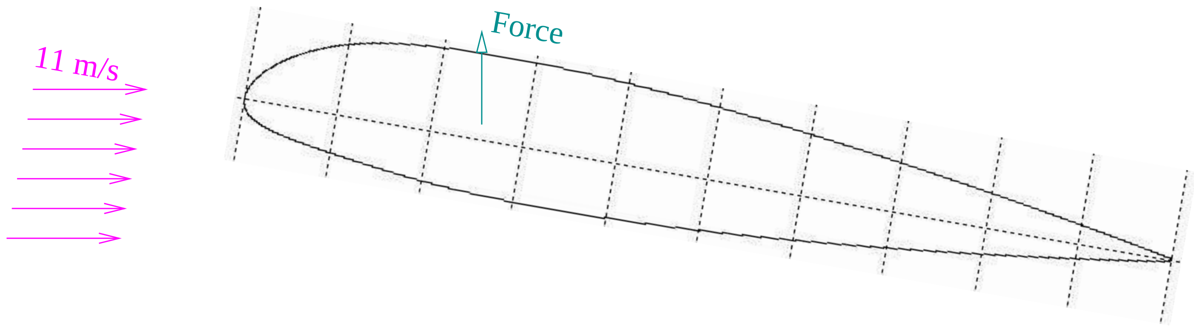
4) Si la vitesse est divisée par 3, le nombre de Reynolds également $\mathcal{R} = 10^6$. Si les coefficients aérodynamiques étaient les mêmes les forces se trouveraient divisées par 9 ; Mais les coefficiients se trouvent légèrement modifiés : $C_x = 0.01291$ et $C_z = 1.2401$. La nouvelle trainée par unité d'envergure est :

$$\frac{T}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_x {V_\infty}^2 \approx 1.32 \text{ N.m}^{-1} \qquad \text{représentée par 0.1 mm !}$$

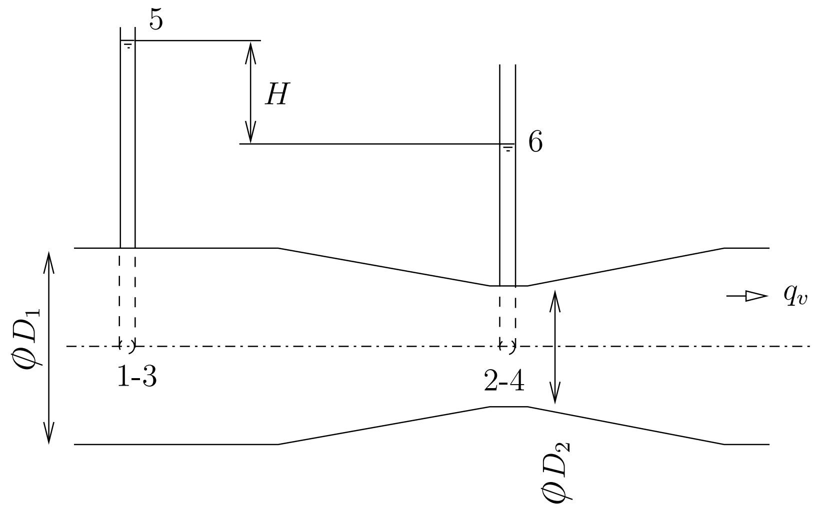
La portance par unité d'envergure est :

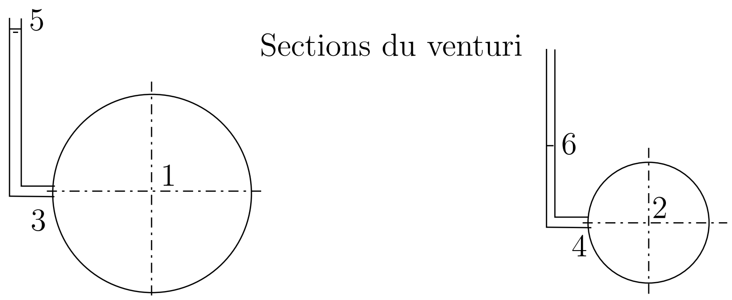
$$\frac{P}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_z {V_\infty}^2 \approx 127 \text{ N.m}^{-1} \qquad \text{représentée par 12.7 mm}$$

A la même échelle que le dessin précédent, la force serait représentée par :



Exercice n°3 _ 8 pts





Bernoulli sur le tube de courant 1-2 donne :

$$p_1 + \rho g z_1 + \rho\frac{{v_1}^2}{2} = p_2 + \rho g z_2 + \rho\frac{{v_2}^2}{2} \quad \text{avec} \quad z_1 = z_2$$

L'équation de la statique des fluides donne :

$$p_3 + \rho g z_3 = p_5 + \rho g z_5 \quad \text{et} \quad p_4 + \rho g z_4 = p_6 + \rho g z_6 \quad \text{avec} \quad p_5 = p_6 = p_{atm}$$

Et la pression varie peu dans chaque section :

$$p_1 \approx p_3 \quad \text{et} \quad p_2 \approx p_4$$

La conservation du débit volumique donne :

$$q_v = S_1 v_1 = \frac{\pi}{4}{D_1}^2 v_1 = S_2 v_2 = \frac{\pi}{4}{D_2}^2 v_2 \quad \Longrightarrow \quad v_i = \frac{4q_v}{\pi {D_i}^2}$$

En exploitant toutes ces équations, il vient :

$$\begin{aligned}
p_3 + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 &= p_4 + \frac{1}{2}\rho {v_2}^2 \\
p_5 + \rho g(z_5 - z_3) + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 &= p_6 + \rho g(z_6 - z_4) + \frac{1}{2}\rho {v_2}^2 \\
\rho g(z_5 - z_3) + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 &= \rho g(z_6 - z_4) + \frac{1}{2}\rho {v_2}^2 \\
\rho g(z_5 - z_6) &= \frac{1}{2}\rho({v_2}^2 - {v_1}^2) \\
gH &= \frac{1}{2}\frac{16{q_v}^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{{D_2}^4} - \frac{1}{{D_1}^4}\right) \\
gH &= \frac{8{q_v}^2}{\pi^2}\frac{{D_1}^4 - {D_2}^4}{{D_1}^4{D_2}^4} \\
\frac{\pi^2 gH {D_1}^4 {D_2}^4}{8({D_1}^4 - {D_2}^4)} &= {q_v}^2 \\
\Longrightarrow \quad q_v &= \pi {D_1}^2 {D_2}^2 \sqrt{\frac{gH}{8({D_1}^4 - {D_2}^4)}}
\end{aligned}$$

$q_v \approx 0.52$ l.s^{-1} , $v_1 = 0.979$ m.s^{-1} , $v_2 = 2.586$ m.s^{-1}

$$\mathcal{R}_1 = \frac{v_1 D_1}{\nu} = 25463 \quad \text{et} \quad \mathcal{R}_2 = \frac{v_2 D_2}{\nu} = 41378$$

$\mathcal{R} > 2000$: l'écoulement est turbulent.