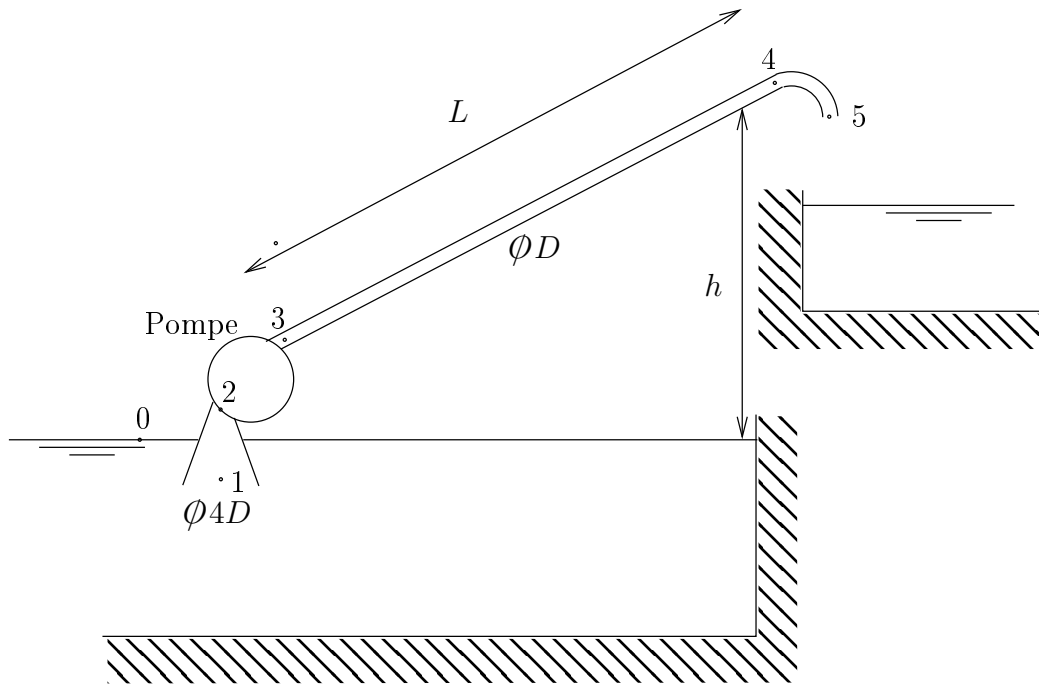


Exercice n°1 - Pompe

$\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$	$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$	$D = 40 \text{ mm}$	$L = 120 \text{ m}$	$h = 40 \text{ m}$
$g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$	$K_e = 0.8$	$K_r = 0.3$	$K_c = 0.4$	$\varepsilon = 0.2 \text{ mm}$



- 1)
 2) Après la pompe, dans la conduite de diamètre D :

$$v = \frac{4q_v}{\pi D^2} = 0.50 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\mathcal{R} = \frac{vD}{\nu} = 20\,000$$

A l'entrée du convergent :

$$v' = \frac{4q_v}{\pi(4D)^2} = \frac{v}{16} = 0.031 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\mathcal{R}' = \frac{v'4D}{\nu} = \frac{\mathcal{R}}{4} = 5\,000$$

Après la pompe, l'écoulement est turbulent car : $\mathcal{R} > 2\,000$ [0.5+0.5+0.25]

3) Diagramme de Moody donne la bonne valeur : $\lambda = 0.035$ pour $\varepsilon/D = 0.005$ [0.5]

La perte de charge régulière entre 3 et 4 :

$$\Delta X_r = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{v^2}{2} = 13.126 \text{ kPa}$$

..... [0.75]

Les pertes de charge singulières :

$$\text{à l'entrée de la tuyauterie : } \Delta X_{se} = K_e \rho \frac{v'^2}{2} = 0.39 \text{ Pa}$$

..... [0.5]

$$\text{dans le convergent : } \Delta X_{sr} = K_r \rho \frac{v^2}{2} = 38 \text{ Pa}$$

..... [0.5]

$$\text{au coude : } \Delta X_{sc} = K_c \rho \frac{v^2}{2} = 50 \text{ Pa}$$

..... [0.5]

4) Bernoulli sur le tube de courant :

$$X_5 = X_0 + \Delta X_i - (\Delta X_{se} + \Delta X_{sr} + \Delta X_{sc} + \Delta X_r)$$

$$\Delta X_i = p_5 + \rho g z_5 + \frac{1}{2} \rho v^2 - p_0 - \rho g z_0 + \Delta X_{se} + \Delta X_{sr} + \Delta X_{sc} + \Delta X_r \quad \text{avec } p_0 = p_5 = p_{atm}$$

$$\Delta X_i = \underbrace{\rho g h}_{392 \text{ kPa soit } 96.7\%} + \underbrace{\frac{1}{2} \rho v^2}_{0.125 \text{ kPa soit } 0.03\%} + \underbrace{\Delta X_{se}}_{0.39 \text{ Pa soit } 0\%} + \underbrace{\Delta X_{sr}}_{38 \text{ Pa soit } 0.01\%} + \underbrace{\Delta X_{sc}}_{50 \text{ Pa soit } 0.01\%}$$

$$\dots + \underbrace{\Delta X_r}_{13 \text{ kPa soit } 3.2\%}$$

$$\Delta X_i = 405.739 \text{ kPa} = 405.739 \text{ kJ.m}^{-3} = 4.057 \text{ bar}$$

..... [3.5]

L'énergie volumique fournie par la pompe sert à élever la hauteur du fluide (pour 96.7 %), sert à vaincre les pertes de charge régulière (pour 3.2 %), donner de l'énergie cinétique au fluide (pour 0.03 %) et sert à vaincre les très faibles pertes de charge singulières.

La puissance fournie par les parties mobiles de la pompe au fluide :

$$\mathcal{P}_i = q_v \Delta X_i = 255 \text{ W}$$

..... [0.5]

et la puissance électrique consommée :

$$\frac{\mathcal{P}_i}{0.64} = 398 \text{ W}$$

..... [0.5]

5) L'énergie volumique fournie par les parties mobiles de la pompe au fluide est :

$$\Delta X_i = 500 \text{ kJ.m}^{-3} > 405 \text{ kJ.m}^{-3}$$

Le débit doit être supérieur à 37.7 l/mn.

Le nombre de Reynolds sera supérieur à 20 000.

Au vu du diagramme de Moody, le coefficient de perte de charge régulière est légèrement plus faible que celui récupéré précédemment par ce diagramme mais supérieur à 0.030.

La relation de Karman aurait pu fournir la valeur asymptotique de la courbe :

$$\left[2 \log \left(3.71 \frac{D}{\varepsilon} \right) \right]^{-2} = 0.0303$$

On doit avoir $\lambda \in [0.0303 : 0.0350]$.

Au vu des valeurs précédentes, on peut éventuellement négliger ΔX_{se} .

On a écrit :

$$\Delta X_i = \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 \left(1 + \frac{1}{16^2} K_e + K_r + K_c + \lambda \frac{L}{D} \right)$$

avec $\rho gh = 392 \text{ kJ.m}^{-3}$ inchangé. On a donc :

$$v^2 = \frac{2(\Delta X_i - \rho gh)}{\rho \left(1 + \frac{1}{16^2} K_e + K_r + K_c + \lambda \frac{L}{D} \right)} \approx \frac{2(\Delta X_i - \rho gh)}{\rho \left(1 + K_r + K_c + \lambda \frac{L}{D} \right)}$$

Pour $\lambda = 0.0320$, on trouve $v = 1.48 \text{ m.s}^{-1}$ qui donne $\mathcal{R} = 59\,365$ qui donne avec le graphe λ légèrement plus élevé que 0.0320.

Pour $\lambda = 0.0330$, on trouve $v = 1.46 \text{ m.s}^{-1}$ qui donne $\mathcal{R} = 58\,474$ qui donne avec le graphe λ légèrement plus faible que 0.0330.

On peut conclure que la vitesse moyenne dans la conduite est de l'ordre de $v = 1.46$ à 1.48 m.s^{-1} , ce qui fait un débit $q_v \approx 110$ à 112 l/mn **[3]**

Et une puissance fournie :

$$\mathcal{P}_i = q_v \Delta X_i = 918 \text{ à } 932 \text{ W}$$

..... **[0.5]**

...et électrique consommée :

$$\frac{\mathcal{P}_i}{0.66} = 1435 \text{ à } 1457 \text{ W}$$

..... **[0.5]**

6) ...soit une puissance consommée 362% supérieure pour un débit 294% supérieur (environ) ; L'augmentation de débit n'est pas aussi grand que l'augmentation de puissance. **[0.5]**

Exercice n°2 - Profil Eppler330

1)

$$\mathcal{R} = \frac{v_\infty c}{\nu} \implies v_\infty = \frac{\mathcal{R}\nu}{c} = 12.50 \text{ m.s}^{-1}$$

..... [1]

2) Bernoulli sur la ligne de courant entre l'infini amont et le point d'arrêt (en négligeant la variation d'énergie potentielle de pesanteur) donne (cf CM-TD) :

$$p_{e Ar} = p_{Ar} - p_\infty = \frac{1}{2}\rho v_\infty^2 = 96.9 \text{ Pa}$$

..... [1]

3) On lit les coefficients de traînée $C_x = 0.02116$ et de portance $C_z = 0.6488$

$$\frac{T}{L} = \frac{1}{2}\rho v_\infty^2 c C_x = 0.246 \text{ N.m}^{-1} \quad (4 \text{ mm})$$

$$\frac{P}{L} = \frac{1}{2}\rho v_\infty^2 c C_z = 7.54 \text{ N.m}^{-1} \quad (120 \text{ mm})$$

..... [1]

et FIG. ??..... [2]

Non demandé :

En ce qui concerne le point d'application I de \vec{F} où $M_I = \vec{0}$... On va chercher un des points I positionné par $\vec{DI} = a\vec{x}$.

Le coefficient C_M donne le moment au point D situé au quart de la corde (par convention) :

$$M_D = \frac{1}{2}\rho c L c C_M V_\infty^2$$

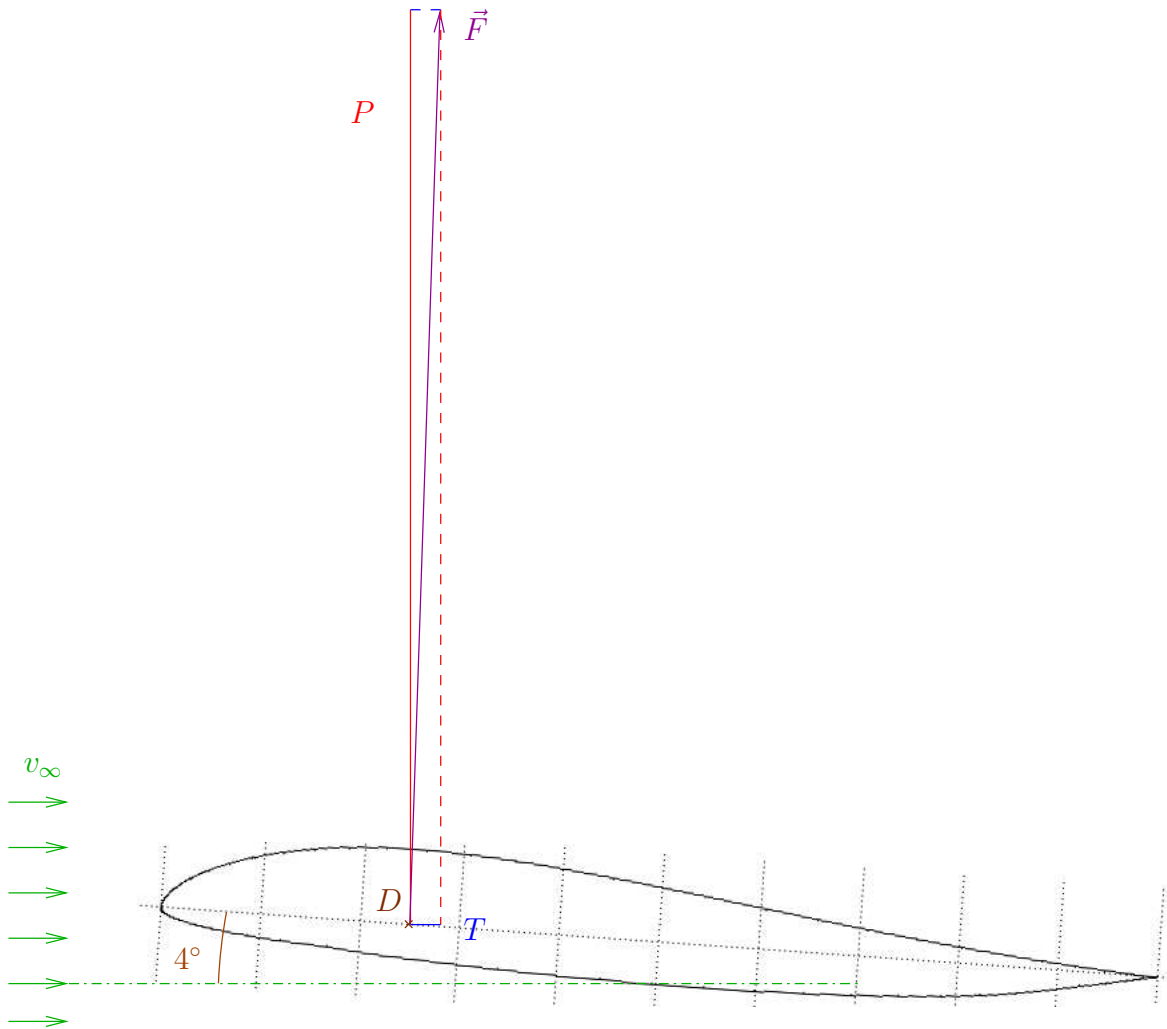
$$\vec{M}_D = \vec{M}_I + \vec{DI} \wedge \vec{F}$$

$$M_D \vec{y} = \vec{0} + a\vec{x} \wedge (T\vec{x} + P\vec{z})$$

$$M_D = -aP$$

$$\implies a = -\frac{M_D}{P} = -\frac{cC_M}{C_z} \implies \frac{a}{c} = -\frac{C_M}{C_z} = -\frac{-0.0041}{0.6488} = 0.0063$$

Le point I est très proche du point D , légèrement décalé vers le bord de fuite.



- 4) Le coefficient de pression en D est : $C_p(D) = -1.25$ [0.25]
 La pression effective en D est : $C_p(D) p_{e Ar} = -121 \text{ Pa}$ [0.75]
 avec FIG. 1 et FIG. 2..... [1.25]

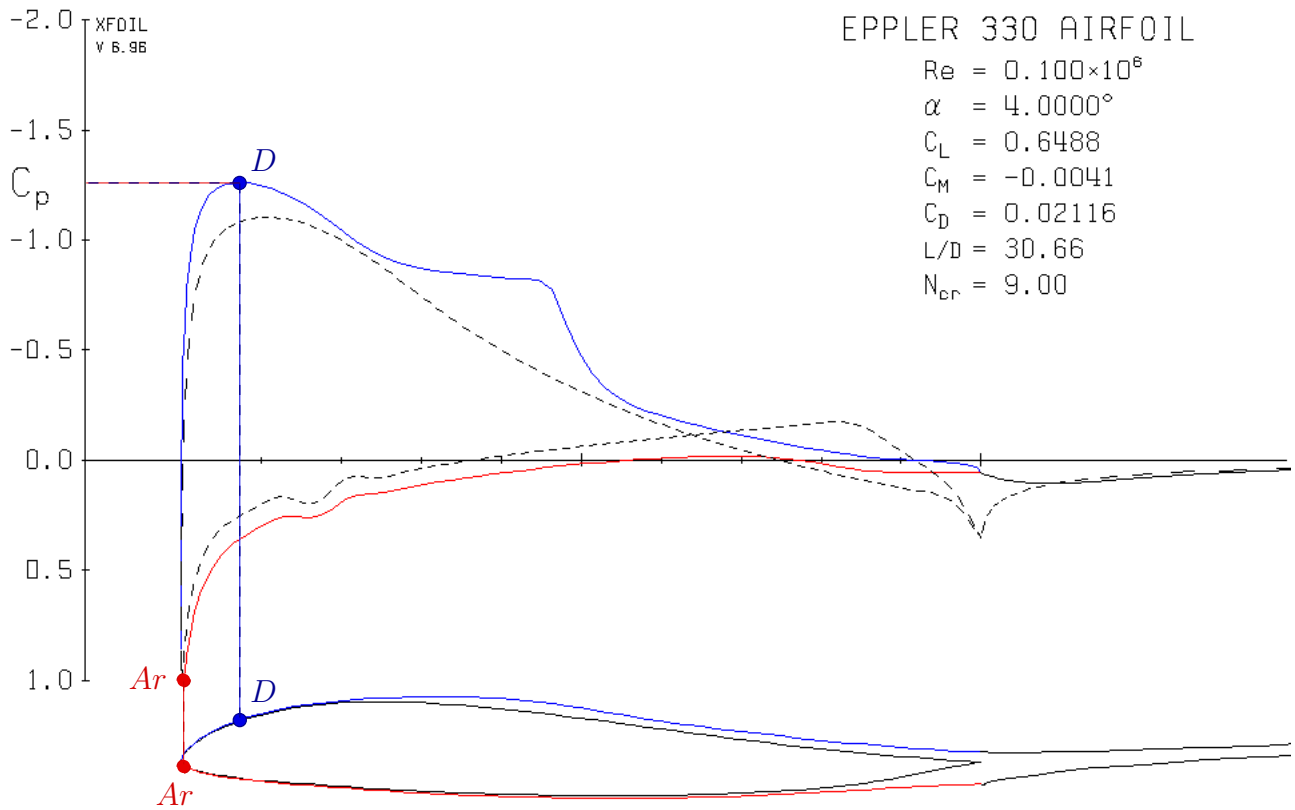


FIGURE 1 – Position des points d'arrêt A_r et de dépression maxi D pour le profil Eppler330, pour le nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 10^5$ et pour l'incidence $\alpha = 4.0^\circ$.

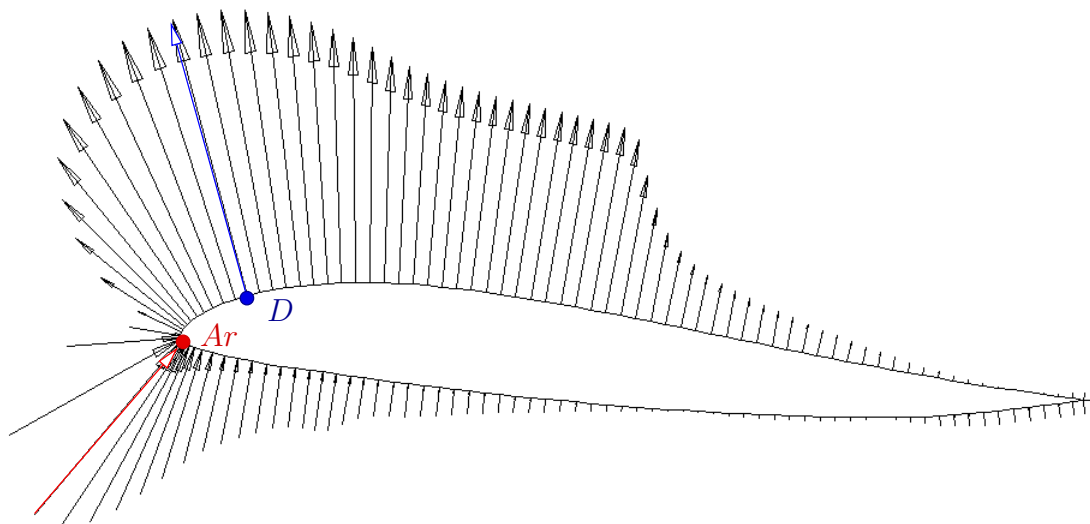


FIGURE 2 – Position des points d'arrêt A_r et de dépression maxi D pour le profil Eppler330, pour le nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 10^5$ et pour l'incidence $\alpha = 4.0^\circ$.