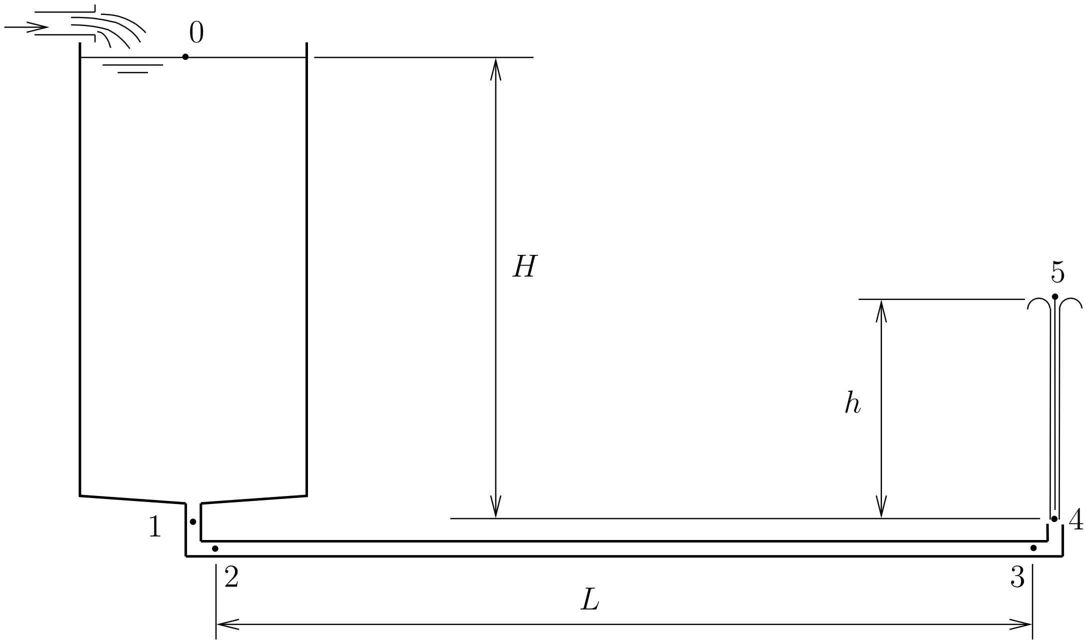
Exercice n°1 _ Ecoulement : 8.5 pts



1) Les équations de Bernoulli généralisées s'écrivent :

$$\begin{aligned}
X_4 &= X_3 - \Delta X_{sc} \quad \text{où } \Delta X_{sc} = K_c \frac{\rho v^2}{2} \\
X_3 &= X_2 - \Delta X_r \quad \text{où } \Delta X_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \\
X_2 &= X_1 - \Delta X_{sc} \\
X_1 &= X_0 - \Delta X_{se} \quad \text{où } \Delta X_{se} = K_e \frac{\rho v^2}{2}
\end{aligned}$$

....[1.25]

soit :

$$\begin{aligned}
X_4 &= X_0 - \left(K_e + 2K_c + \lambda \frac{L}{D}\right) \frac{\rho v^2}{2} \\
\Longrightarrow \quad p_a + \rho g z_4 + \frac{\rho v^2}{2} &= p_a + \rho g z_0 - (K_e + 2K_c + \lambda \frac{L}{D}) \frac{\rho v^2}{2} \\
\Longrightarrow \quad gH &= (1 + K_e + 2K_c + \lambda \frac{L}{D}) \frac{v^2}{2}
\end{aligned}$$

$$\Longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2gH}{(1 + K_e + 2K_c + \lambda \frac{L}{D})}}$$

....[1.25]

2) En l'absence de toutes les pertes régulière et singulière, on a :

$$v = \sqrt{2gH} = 9.90 \text{ m.s}^{-1}$$

. . . . **[0.75]**

L'équation de Bernoulli donne également :

$$\begin{aligned} p_4 + \rho g z_4 + \frac{\rho v^2}{2} &= p_5 + \rho g z_5 \quad \text{où} \quad p_4 = p_5 = p_a \\ \Longrightarrow \quad \rho g h &= \frac{\rho v^2}{2} \quad \Longrightarrow \quad h = \frac{v^2}{2g} \quad \Longrightarrow \quad h = H \end{aligned}$$

. . . . **[0.5]**

Le nombre de Reynolds

$$\mathcal{R} = \frac{vD}{\nu} = 3.96\,10^5 > 10^5$$

. . . . **[0.75]**

3)

- $$\begin{aligned} \mathcal{R} > 10^5 \quad &\Longrightarrow \quad \lambda = \left[2\log\left(3.71\frac{D}{\varepsilon}\right)\right]^{-2} \approx 0.0125 \\ &\Longrightarrow \quad v = 1.68 \text{ m.s}^{-1} \quad ; \quad q_v = 2.11 \text{ l.s}^{-1} \quad ; \quad \mathcal{R} = 0.67\,10^5 < 10^5 \\ h \quad &= \quad \frac{v^2}{2g} = 0.144 \text{ m} \ll H \end{aligned}$$

. . . . **[2]**

4)

- $\mathcal{R} = 0.67\,10^5$ et $\dfrac{\epsilon}{D} = 1.25\,10^{-4}$ sur la courbe de Moody donnent : $\lambda \approx 0.02$

$$\begin{aligned} &\Longrightarrow \quad v = 1.35 \text{ m.s}^{-1} \quad ; \quad q_v = 1.70 \text{ l.s}^{-1} \quad ; \quad \mathcal{R} = 0.541\,10^5 \\ &\Longrightarrow \quad h = \frac{v^2}{2g} = 0.093 \text{ m} \ll H \end{aligned}$$

. . . . **[2]**

On ne demandait pas d'écrire (ce qui était très proche) :

- $$\begin{aligned} \mathcal{R} = 0.67\,10^5 \quad &\Longrightarrow \quad \lambda = (100\mathcal{R})^{-\frac{1}{4}} \approx 0.0196 \\ &\Longrightarrow \quad v = 1.37 \text{ m.s}^{-1} \quad ; \quad q_v = 1.72 \text{ l.s}^{-1} \quad ; \quad \mathcal{R} = 0.54\,10^5 \\ h \quad &= \quad \frac{v^2}{2g} = 0.095 \text{ m} \ll H \end{aligned}$$

Exercice n°2 _ Embarcation : 7 pts

La poussée d'Archimède (celle dûe à l'air est négligée) est alors : . . . . **[0.25]**

$$P_A = \rho V g$$

Cette poussée compense le poids du bateau chargé : . . . . **[0.25]**

$$P_A = (M + m)g$$

La section triangulaire possède une pente de 1 pour 1 (45°).

Dans le cas où seule la section triangulaire est immergée ($t < b$), le volume d'eau de mer déplacé est $V = t^2 L$ et l'on écrit : .... **[0.5]**

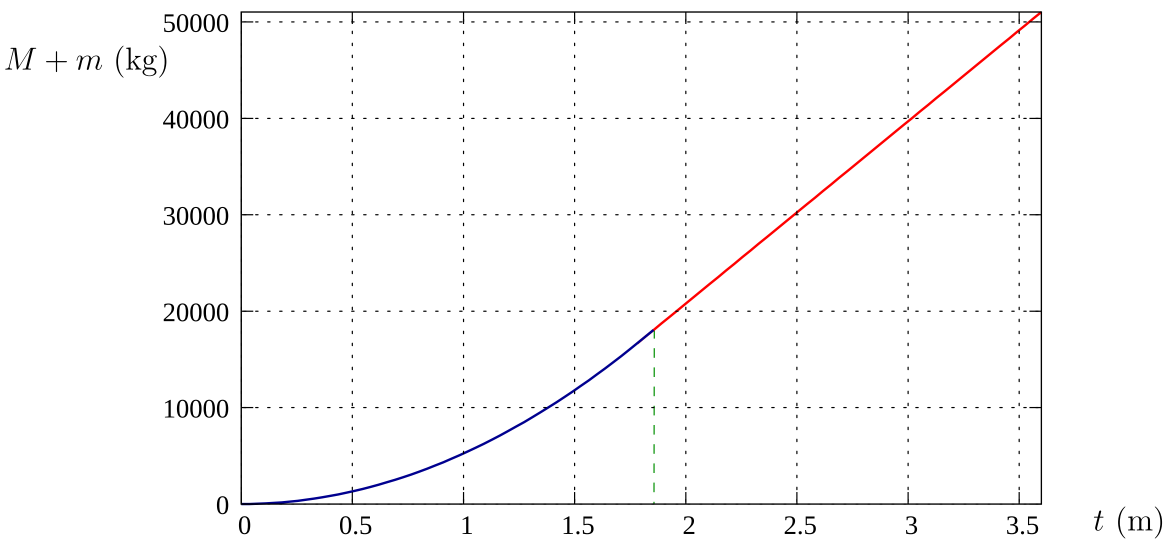
$$\rho t^2 L = (M + m) \quad \Longrightarrow \quad M + m = \rho L t^2$$

Dans le cas où toute la section triangulaire et une partie de la paroi latérale verticale est immergée ($t > b$), le volume d'eau de mer déplacé est $V = \left(b^2 + 2b(t-b)\right) L$ et l'on écrit : .... **[0.5]**

$$\rho \left(b^2 + 2b(t-b)\right) L = (M + m) \quad \Longrightarrow \quad M + m = \rho b L (2t - b)$$

On remarque que pour $t = b$: $M + m = \rho L b^2 = \rho b L (2b - b)$ donc les 2 courbes sont continues. La pente à gauche pour $t = b^-$ est $2\rho L b$ et celle à droite pour $t = b^+$ est $\rho L b[2]$: les 2 courbes possèdent la même pente en $t = b$, la pente est donc continue en $t = b$.

1)



.... **[2.5]**

2) Si $t = 1$ m, on a $m = 5250$ kg .... **[1]**

3) Pour $t = 2.5$ m, on a $M + m = 30240$ kg donc $M = 24990$ kg .... **[1]**

4) Pour $t = 2b = 3.6$ m, on a $M + m = 51030$ kg et le chargement maxi est $M = 45780$ kg .... **[1]**

Exercice n°3 _ Profil 4.5 pts

1)

$$\mathcal{R} = \frac{V_\infty c}{\nu} \quad \Longrightarrow \quad V_\infty = \frac{\mathcal{R}\nu}{c} = 2 \text{ m.s}^{-1}$$

.... **[0.5]**

2) Bernoulli sur ligne de courant (cf TD) donne la pression effective au point d'arrêt :

$$\frac{1}{2}\rho {V_\infty}^2 = 2050 \text{ Pa}$$

.... **[1]**

3)

$$\frac{T}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_x {V_\infty}^2 = 4.39 \text{N.m}^{-1} \quad ; \quad \frac{P}{L} = \frac{1}{2}\rho c C_z {V_\infty}^2 = 145.2 \text{N.m}^{-1} \quad ; \quad \frac{P}{T} = \frac{C_z}{C_x} = 33.05 = \tan(88.27°)$$

.... **[1]**

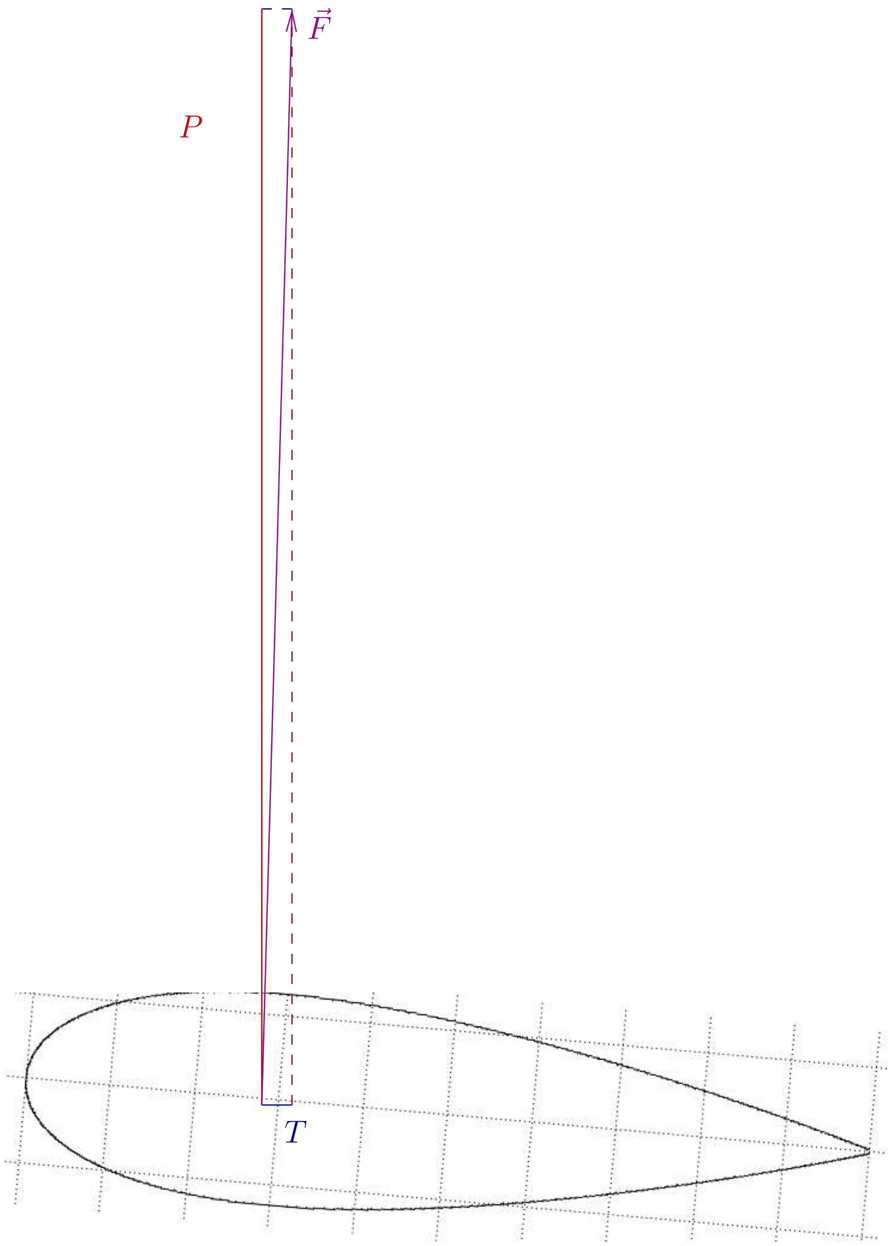


FIG. 1 – Vecteur force $\vec{F}$ exercé sur le profil NACA0025 en incidence de 5° : 10 mm $\equiv$ 10 N.m^{-1} **[2]**