On donne :
- l'accélération de la pesanteur : $g = 9.81$ m.s^{-2} ;
- la vitesse du son dans l'air : 350 m.s^{-1}.
- la pression atmosphérique : $p_a = 1.013$ bar $= 101.3$ kPa.

Exercice n°1 – 7 pts

Le réservoir de gauche contient la hauteur $2h$ d'eau douce de masse volumique ρ_1 et peut communiquer – par l'intermédiaire d'une porte verticale rectangulaire de largeur b et de hauteur h – avec le réservoir de droite qui contient la hauteur h d'eau de mer poluée de masse volumique ρ_2.

La base de la porte est au fond des 2 réservoirs. Le haut de la porte est au niveau de la surface libre de l'eau de mer.

De l'air à la pression atmosphérique p_a est au dessus des surfaces libres des deux réservoirs.

Le problème peut être considéré comme un problème plan. Les 2 liquides sont immobiles. La porte est fermée.

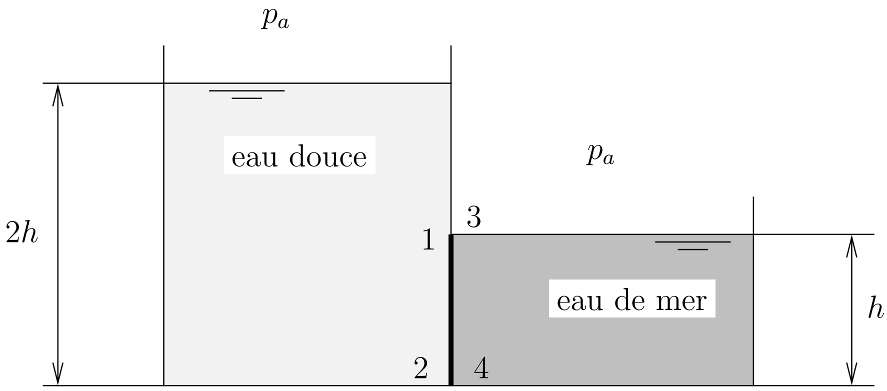
Données numériques :

$\rho_1 = 1000$ kg.m^{-3}

$\rho_2 = 1150$ kg.m^{-3}

$h = 1.4$ m

$b = 0.8$ m



1) Calculez analytiquement puis numériquement les pressions effectives qui règnent - dans les liquides en haut et en bas de la porte (points 1 à 4). . . . . **[1.5]**

2) Représentez - à l'échelle - la répartition de force effective exercée par les liquides sur cette porte (vous pouvez utiliser le dessin fourni). . . . . **[1]**

3) Calculez analytiquement, avec vos propres notations utilisées précédemment, puis numériquement la force effective globale exercée sur cette porte.
Précisez analytiquement, avec vos notations, puis numériquement le point d'application de cette force.
. . . . **[4.5]**

Exercice n°2 – 6.5 pts

Un écoulement d'huile de masse volumique $\rho = 890$ kg.m^{-3}, de viscosité dynamique η inconnue et de viscosité cinématique ν s'effectue dans un tube horizontal de diamètre $D = 3$ cm.
L'origine des altitudes est prise sur l'axe horizontal du tube.
Cet écoulement vide un réservoir de grande capacité dont la surface libre, qui est à la pression atmosphérique, reste à altitude constante z_0 ; Le réservoir se remplit par ailleurs.
Deux prises de pression sont installées sur ce tube à une distance $L = 120$ cm l'une de l'autre.
L'huile monte jusqu'aux altitudes z_1 et z_2 dans ces tubes. On mesure $z_1 - z_2 = 92$ cm
Un dispositif en sortie du tube permet de recueillir un volume d'huile $V = 24$ litres en un certain laps temps $t = 45$ s.
Le débit volumique est noté q_v. L'écoulement est supposé permanent.
On supposera que l'écoulement est laminaire et l'on donne la relation entre le coefficient de perte de charge régulière λ et le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$: $\lambda = \dfrac{64}{\mathcal{R}}$
On rappelle la relation entre les viscosités et la masse volumique : $\nu = \dfrac{\eta}{\rho}$

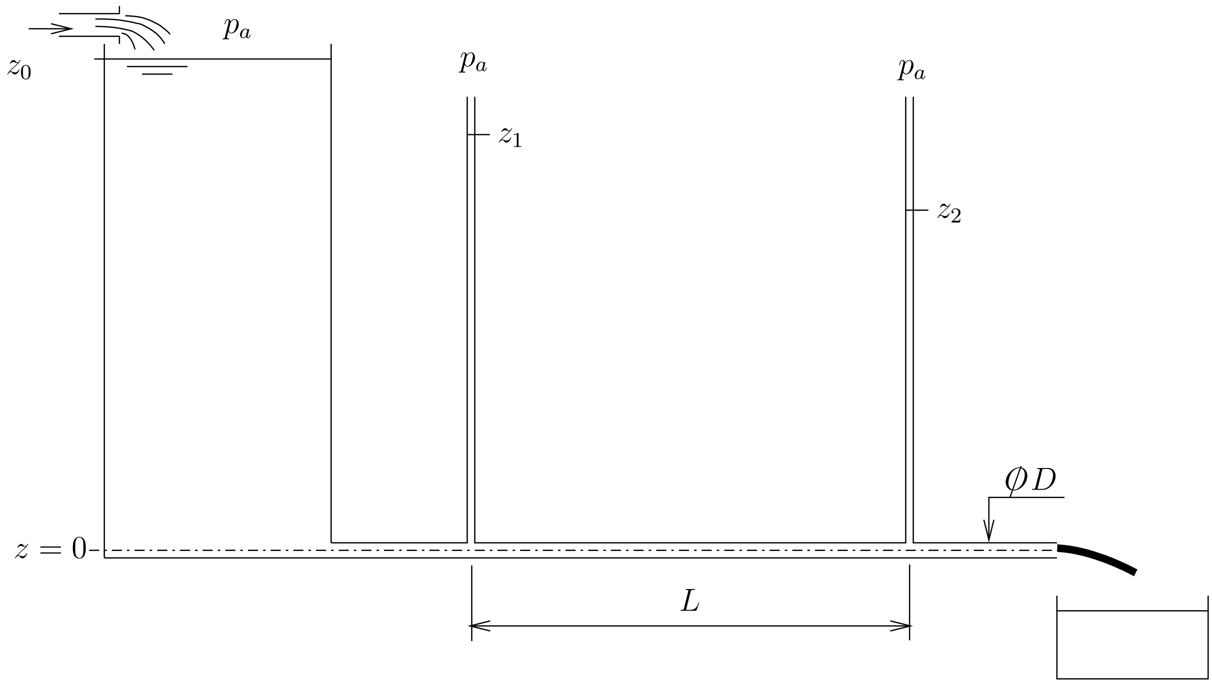


FIG. 1 – Ecoulement laminaire dans un tube horizontal.

1) Rappelez l'équation de Darcy-Weisbach qui permet de calculer la perte de charge régulière ΔX_r. Etablir alors la relation reliant ΔX_r à η, L, q_v et D. A partir de cette équation, comment évolue la perte de charge régulière ΔX_r lorsque :

- la viscosité dynamique η augmente ?
- la longueur L augmente ?
- le débit volumique q_v augmente ?
- le diamètre D augmente ?

. . . . **[2.5]**

2) Présentez clairement les équations qui relient ΔX_r à (entre autres) z_1 et z_2. . . . . **[1.5]**

3) En déduire la relation permettant de calculer la viscosité dynamique et calculer cette viscosité. **[1.5]**

4) Vérifiez que l'écoulement est laminaire. . . . . **[1]**

Exercice n°3 – 6.5 pts

Un planeur effectue un vol horizontal à vitesse rectiligne constante $v_1 = 115.2$ km/h dans de l'air chaud qui monte par rapport au sol : la vitesse ascensionnelle verticale de cet air (par rapport au sol) est $v_2 = 5.76$ km/h.
L'accélération de la pesanteur est verticale.
La masse du planeur maximale en charge est 386 kg.
La surface des 2 ailes est notée S. Les coefficients aérodynamiques des ailes sont notés C_x $(= C_D)$ pour la trainée et C_z $(= C_L)$ pour la portance ; La finesse des ailes est définie par :

$$\frac{C_z}{C_x} = \frac{C_L}{C_D}$$

On considèrera que toute la force exercée par l'air sur le planeur provient exclusivement de l'action sur les ailes.

1) Après avoir représenté à l'échelle sur la Fig. 3 les vitesses v_1 et v_2, représentez et calculez la vitesse V_∞ de l'air par rapport à l'avion.
Sur la Fig. 3, représentez clairement toutes les forces exercées sur le planeur.
Quelles relations scalaires a-t'on entre ces forces ?
Déterminez la finesse que doit posséder ces ailes. .... **[3]**

2) On donne la polaire du profil des ailes sur la Fig. 2.
Quel est l'angle d'incidence α du profil des ailes qui permettrait de satisfaire la condition précédente ?
Que valent alors les coefficients aérodynamiques ?
Quelle doit être alors la surface S des ailes ? .... **[1.75]**

3) En réalité, la surface des ailes est $S = 10.5$ m^2 et l'angle d'incidence du profil des ailes est $\alpha = 2°$.
Relevez les coefficients aérodynamiques.
Calculez alors la nouvelle vitesse V_∞, puis les nouvelles vitesses v_1 et v_2 qui permettent ce vol. . **[1.75]**

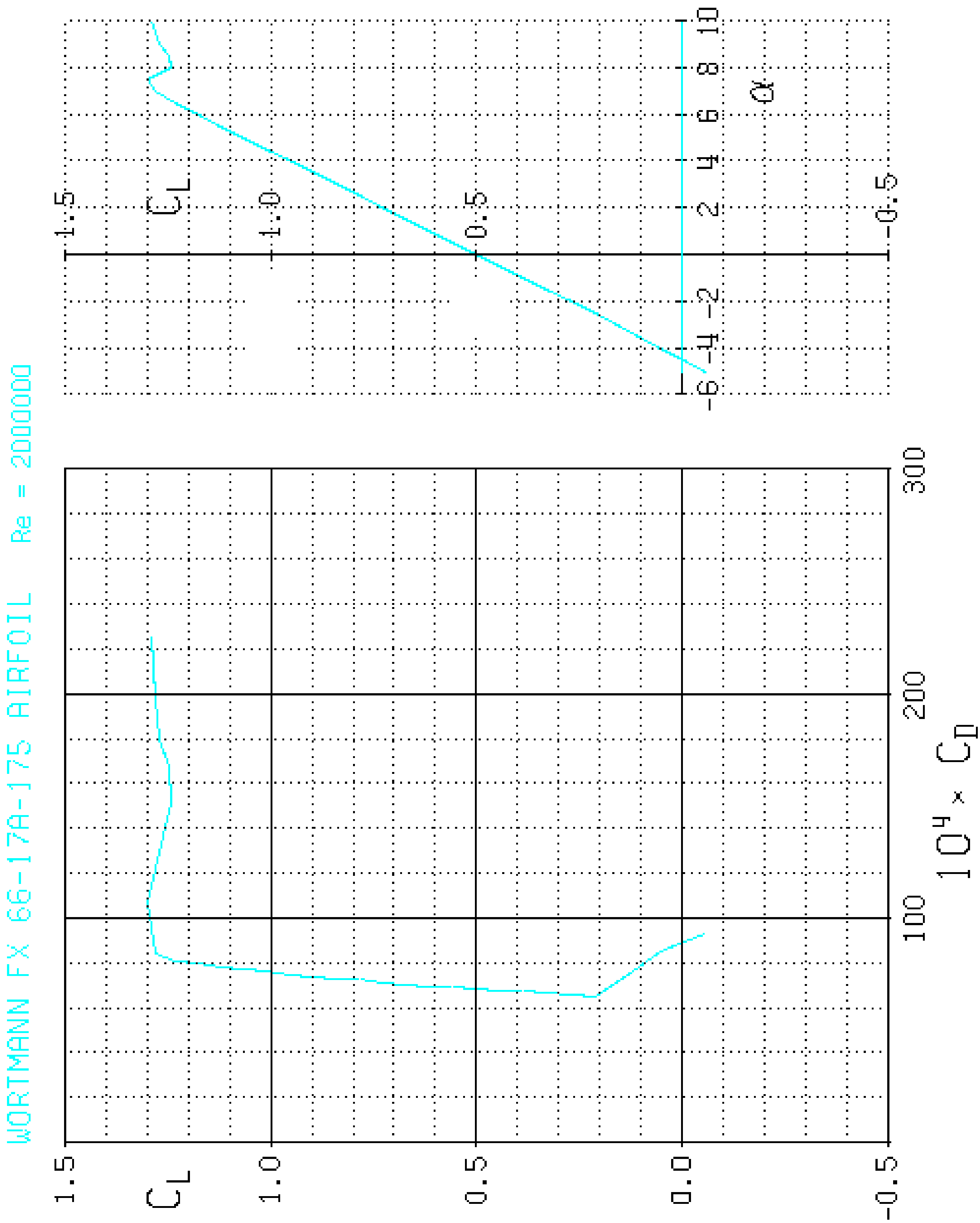


FIG. 2 – Evolution des coefficients aérodynamiques du profil des ailes (C_L coefficient de portance, C_D coefficient de trainée, α angle d'incidence du profil en degré).

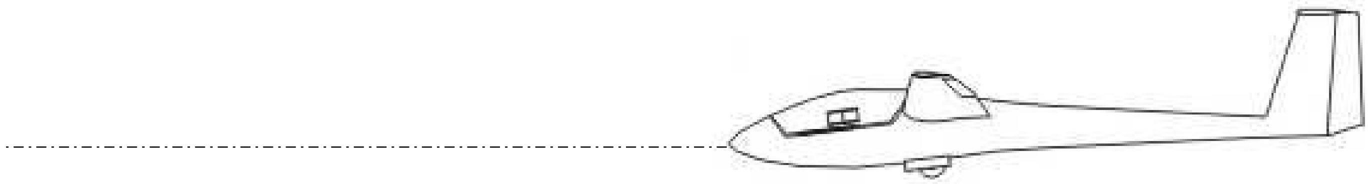


FIG. 3 – Planeur en vol horizontal (le trait d'axe est horizontal) dans de l'air chaud qui monte.