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

Des points seront attribués à l'écriture de vos hypothèses, à la provenance de vos équations et la justification de vos simplifications.

Exercice n°1 – 7.5 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 (perpendiculaire au dessin) et de hauteur h – avec le réservoir de droite qui contient la hauteur h d'eau poluée de masse volumique ρ_2.

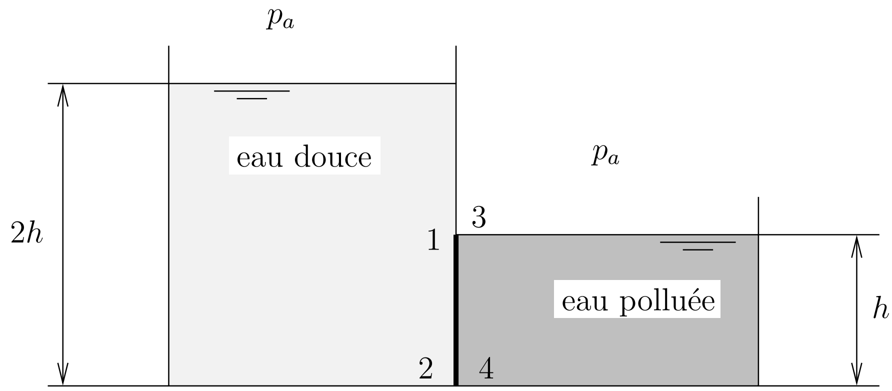
La base de la porte est au fond des 2 réservoirs. Le haut de la porte est au niveau de la surface libre de l'eau poluée.

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}
$\rho_2 = 1140$ kg.m^{-3}
$h = 1.8$ m
$b = 0.7$ 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).

2) Représentez - à l'échelle - la répartition de force effective exercée par les liquides sur cette porte.

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.

Exercice n°2 – 5 pts

Considérons le profil Naca5310 de corde $c = 50$ cm avançant horizontalement à la vitesse V_∞ dans de l'air de masse volumique $\rho = 1.24$ kg.m^{-3} et de viscosité cinématique $\nu = 15\,.10^{-6}$ m^2.s^{-1} avec une incidence (angle entre la direction de la vitesse et la corde) $\alpha = 7°$ (cf Fig. 1).

Les coefficients de trainée ($C_x = 0.00818$) et de portance ($C_z = 1.3135$) sont donnés pour l'incidence $\alpha = 7°$ et pour un nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 2\,.10^6$.

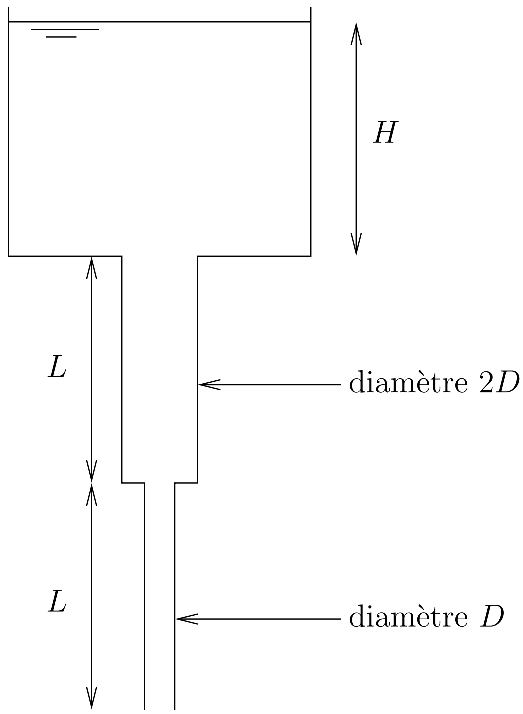
1) A quelle vitesse V_∞ correspond ces données ?
L'air peut-il être considéré comme un fluide incompressible ?

2) Calculez la pression au point d'arrêt sur ce profil.

3) Calculez les composantes de trainée et de portance par unité d'envergure du profil.
Représentez, à l'échelle, sur la Fig. 1 (qui sera rendue avec la copie) ces composantes de trainée et de portance et le vecteur force globale exercée par l'air sur ce profil (sans préciser le point d'application de cette force).

Exercice n°3 – Ecoulement [7.5 pts]

On s'intéresse à l'écoulement de l'eau, de masse volumique ρ et de viscosité cinématique ν, se trouvant dans un grand réservoir qui est maintenu à un niveau constant.
Au fond du réservoir se trouve une conduite de diamètre $2D$ et de longueur L suivie d'une autre conduite de diamètre D et de même longueur L qui débouche à l'air libre.
Le coefficient de perte de charge singulière à la sortie du réservoir et l'entrée de la conduite de diamètre $2D$ est K_e.
Le coefficient de perte de charge singulière au changement de diamètre entre les 2 conduites est K_c.
La rugosité absolue des 2 conduites est ε.



$L = 1.6$ m	$D = 25$ mm
$K_e = 0.45$	$K_c = 0.56$
$\rho = 1000$ kg.m^{-3}	$\nu = 10^{-6}$ m^2.s^{-1}
$\varepsilon = 0.1$ mm	$H = 12$ m

Les formules analytiques évaluant le coefficient de perte de charge à partir du nombre de Reynolds seront utilisées :
- si $\mathcal{R} < 2000 \implies \lambda = \dfrac{64}{\mathcal{R}}$ (Hagen-Poiseuille [1799-1869]) ;
- si $2000 < \mathcal{R} < 10^5 \implies \lambda = (100\mathcal{R})^{-\frac{1}{4}}$ (Blasius [1883 – 1970]) ;
- si $\mathcal{R} > 10^5 \implies \lambda = \left[2\log\left(3.71\dfrac{D}{\varepsilon}\right)\right]^{-2}$ (Karman [1881-1963]-Prandtl [1875-1953]-Nikuradse [1894-1979])

---

1) Quelle relation relie les vitesses moyennes dans les 2 conduites ?

2) Exprimez les pertes singulières et régulières présentes dans l'écoulement.

3) Déterminez la relation permettant de calculer les vitesses moyennes de l'écoulement.

4) Quelle serait la valeur de ces vitesses moyennes s'il n'y avait aucune perte ?
Calculez alors les nombres de Reynolds relatifs aux écoulements dans chaque conduite.
En déduire la valeur des coefficients de perte de charge régulière dans chaque conduite.

5) En supposant que ces coefficients de perte de charge régulière restent inchangés, recalculez les vitesses moyennes et les nombres de Reynolds de l'écoulement dans chaque conduite.
En déduire le débit volumique circulant dans les conduites.
Justifiez que les coefficients de perte de charge régulière restent inchangés.
Qualifiez les écoulements dans les conduites.

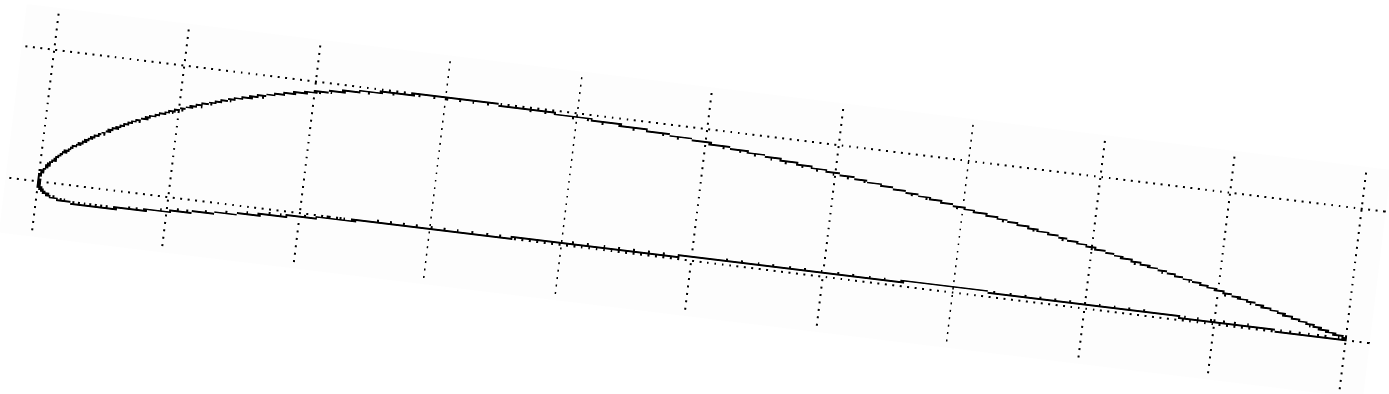


FIG. 1 – Profil NACA5310 incliné à 7° par rapport aux bords horizontaux de la feuille.