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.

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

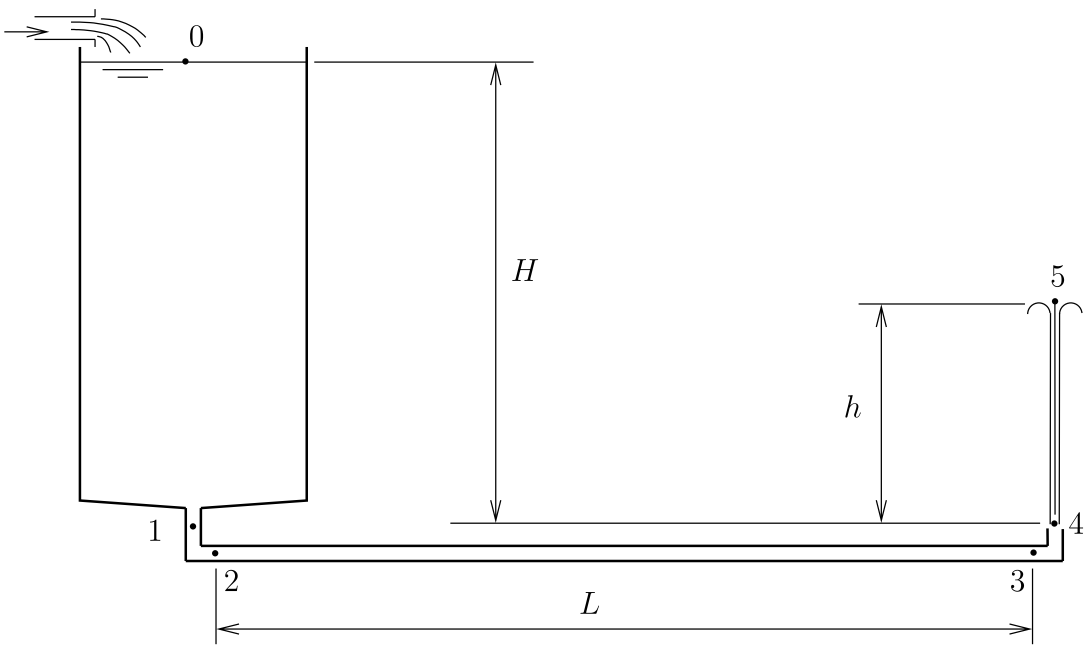
Exercice n°1 – Ecoulement : 8.5 pts

Un conduite d'eau est alimenté par un réservoir où la surface libre, qui est à la pression atmosphérique p_a, reste à une altitude constante ($z_0 =$ Cste).

On notera z_i les altitudes des différents points du circuit, $H = z_0 - z_4 = 5$ m et $h = z_5 - z_4$ la hauteur du jet (cf figure).

Le circuit alimentant ce jet d'eau est constitué d'un tuyau de diamètre intérieur $D = 4$ cm et comprend dans l'ordre de l'écoulement :
- une entrée de conduite : le coefficient de perte de charge singulière à l'entrée de la conduite est estimée par $K_e = 0.9$;
- un coude à 90° de coefficient de perte de charge singulière $K_c = 0.8$;
- une conduite rectiligne horizontale de rugosité absolue $\varepsilon = 0.005$ mm et de longueur $L = 100$ m ;
- un autre coude à 90° de même coefficient de perte de charge singulière $K_c = 0.8$ qui débouche directement à l'air libre qui est à la pression atmosphérique p_a : l'eau sort alors verticalement vers le haut.

Certains points du circuit se situent quasiment à la même altitude soit : $z_1 = z_2 = z_3 = z_4$.



On rappelle que le coefficient de perte de charge régulière λ peut être évalué par l'une des équations suivantes suivant la valeur du nombre de Reynolds $\mathcal{R}$:
- 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])

On donne la masse volumique $\rho = 1000$ kg.m^{-3} et la viscosité cinématique de l'eau : $\nu = 10^{-6}$ m^2.s^{-1}.

1) Etablissez la relation permettant de calculer la vitesse v de l'écoulement à partir des paramètres de l'énoncé. Vous prendrez soin de nommer les équations que vous écrirez. .... **[2.5]**

Les pertes de charge ne sont pas prise en compte.

2) En l'absence de toutes les pertes régulière et singulières, quelle est la valeur de la vitesse v en sortie (en 4) de la tuyauterie ?
Quelle est alors la hauteur h du jet d'eau ?
Calculez alors le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$ caractérisant l'écoulement dans la tuyauterie. .... **[2]**

On prend désormais numériquement en compte les pertes de charge.

3) A partir des équations, évaluez le coefficient de perte de charge régulière λ et calculez numériquement la vitesse v, le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$, la hauteur h du jet d'eau et le débit volumique circulant dans la tuyauterie. .... **[2]**

4) A partir du diagramme de Moody Fig. 1 et du précédent nombre de Reynolds, estimez le coefficient de perte de charge régulière λ (vous préciserez vos tracés sur le diagramme) et recalculez numériquement la vitesse v, le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$, la hauteur h du jet d'eau et le débit volumique circulant dans la tuyauterie. .... **[2]**

Exercice n°2 _ Embarcation : 7 pts

La coque d'une embarcation possède une section extérieure précisée sur la Fig. 2. Elle flotte avec un tirant d'eau de mer t : la surface libre de l'eau de mer peut être soit dans la partie verticale soit dans la partie en pente de la coque suivant la masse du chargement : les 2 cas sont présentés sur la Fig. 2. L'embarcation est de longueur L perpendiculairement au dessin. On considèrera que cette section d'embarcation est la même sur toute sa longueur.

On notera m la masse de l'embarcation vide et M celle du chargement qu'elle contient.

On donne :

$b = 180$ cm	$L = 5$ m	$\rho = 1050$ kg.m^{-3}

1) Tracez la (ou les) courbe(s) de la somme des masses $M + m$ en fonction du tirant d'eau t. ...... **[4]**

2) Lorsque l'embarcation est vide $M = 0$, on a $t = 1$ m. Quelle est la masse m de l'embarcation ? . **[1]**

3) Quelle masse M de chargement permet d'avoir le tirant $t = 2.5$ m ? .... **[1]**

4) Quelle masse maximale limite M de chargement peut-on embarquer ? .... **[1]**

Exercice n°3 _ Profil 4.5 pts

Considérons le profil cylindrique de section Naca0025 (l'écoulement est plan) de corde $c = 150$ mm avançant horizontalement à la vitesse V_∞ dans de l'eau de masse volumique $\rho = 1025$ kg.m^{-3} et de viscosité cinématique $\nu = 10^{-6}$ m^2.s^{-1} avec une incidence (angle entre la direction de la vitesse et la corde) $\alpha = 5°$ (cf Fig. 3).

Les coefficients de trainée ($C_x = 0.01429$) et de portance ($C_z = 0.4723$) sont donnés pour l'incidence $\alpha = 5°$ et pour un nombre de Reynolds $\mathcal{R} = 300000$.

1) A quelle vitesse V_∞ correspond ces données ? .... **[0.5]**

2) Précisez l'équation permettant de calculer la pression effective au point d'arrêt sur ce profil et calculez cette pression. .... **[1]**

3) Calculez les composantes de trainée et de portance par unité d'envergure du profil.
Représentez, à l'échelle, sur la Fig. 3 (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) ; Vous préciserez l'échelle que vous aurez utilisé en complétant et en écrivant sur la Fig. 3 ... mm $\equiv$ ... N/m. .... **[3]**

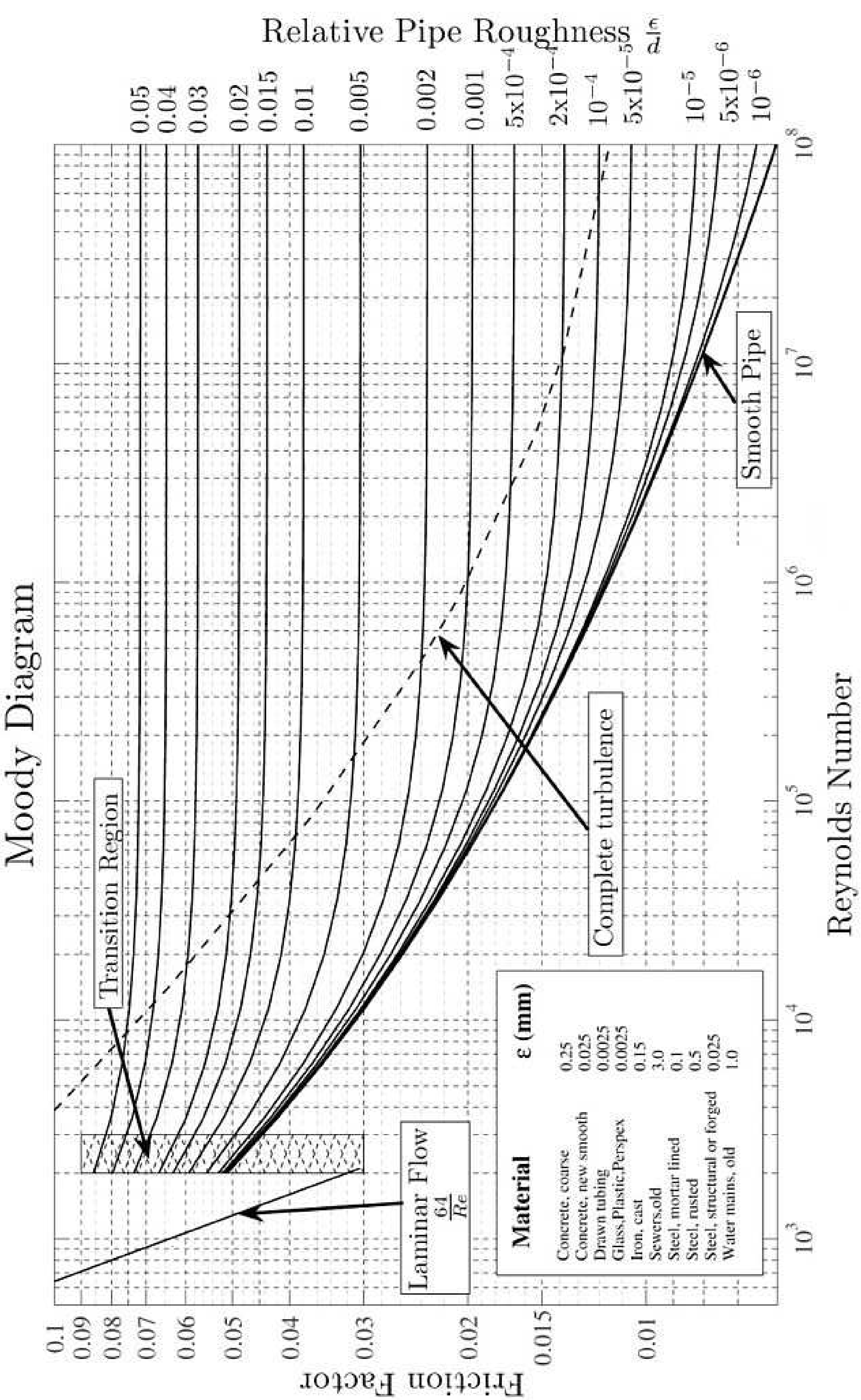


FIG. 1 – Diagramme de Moody

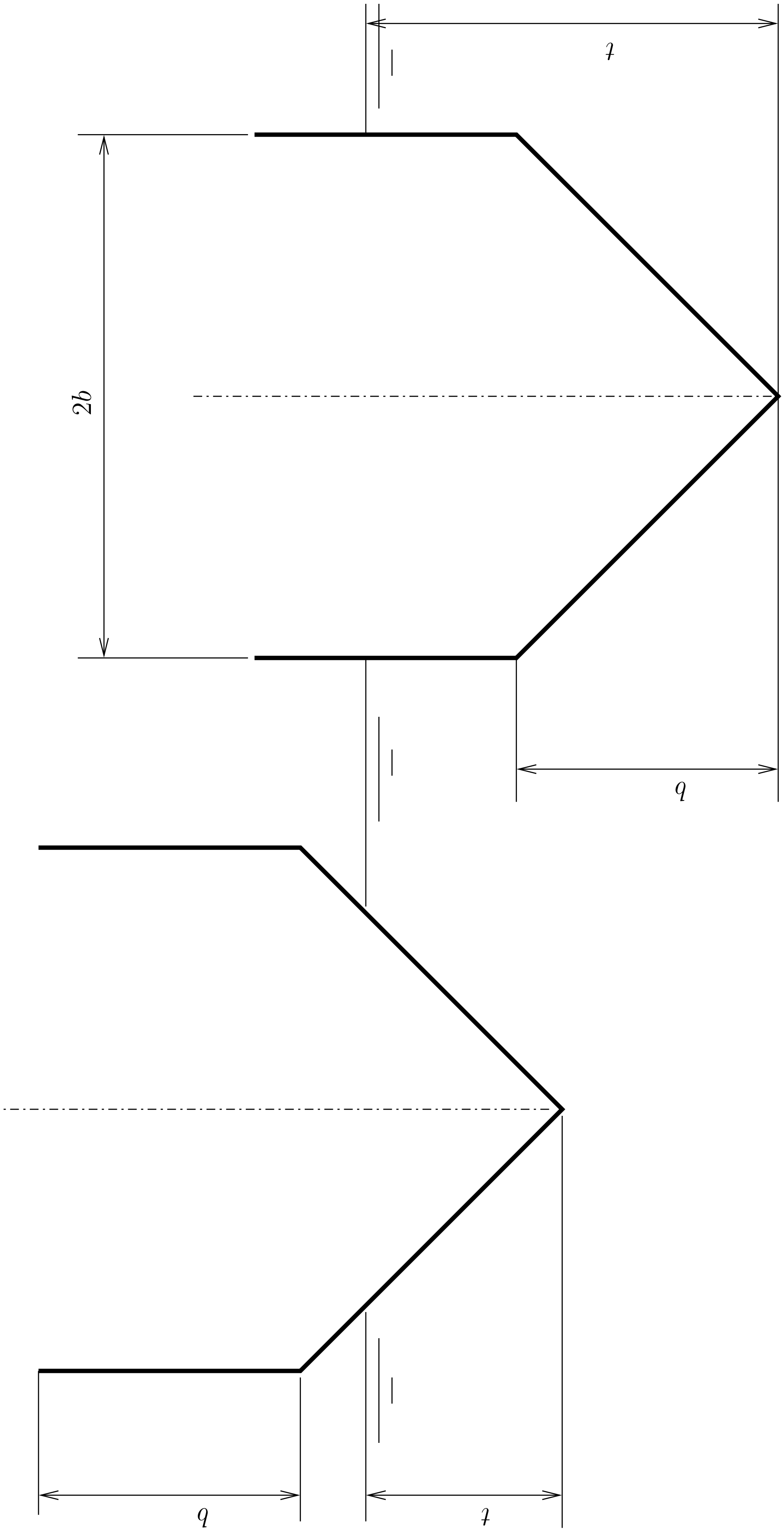


Fig. 2 – Section de l'embarcation flottante dans 2 cas de figure.

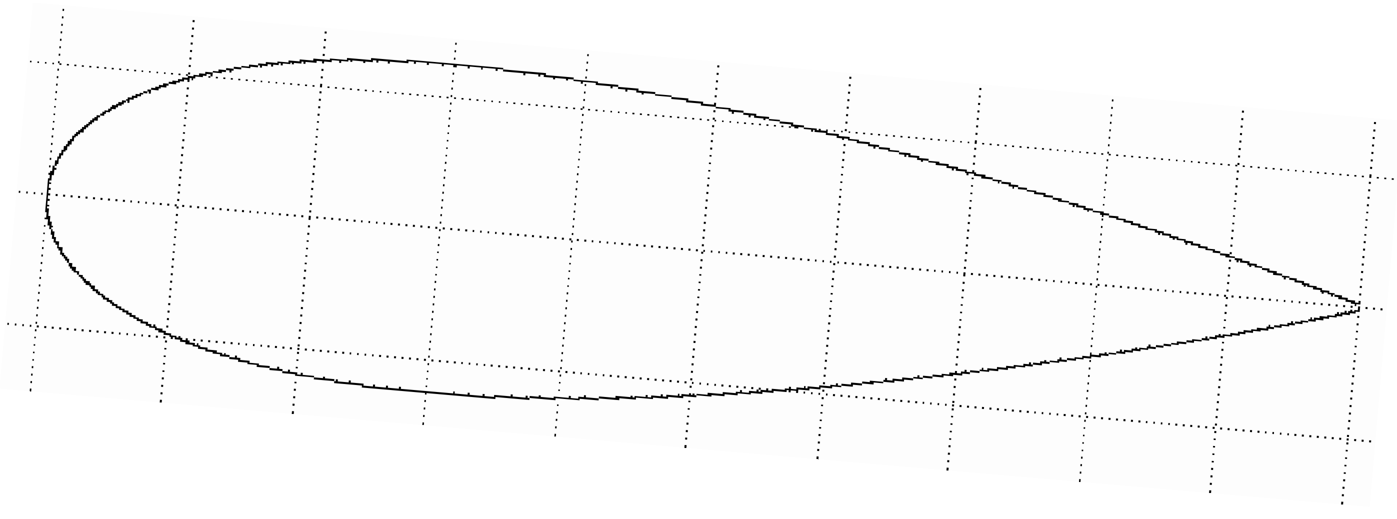


Fig. 3 – Profil NACA0025 incliné à 5° par rapport aux bords horizontaux de la feuille.