Licence L2 - PCSTM
Mineure Mécanique des Fluides
2^{nde} session 2010-2011 – Durée : 2h00
Responsable : L. Blanchard
Documents interdits – Calculatrice autorisée

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 – 4.5 pts

Les parachutistes s'entrainent depuis quelques années dans des simulateurs de chute libre. La photo illustre un tel entrainement dans le simulateur de chute libre de Roosendaal, aux Pays-Bas.
Un homme de masse $m = 75$ kg est immobilisé dans l'écoulement vertical d'une soufflerie où la vitesse de l'air est $v = 180$ km/h.
La surface projetée de l'homme (dans la position de la photo) est $S = 0.6$ m^2.
La masse volumique de l'air $\rho = 1.24$ kg.m^{-3}.
Quel est le coefficient aérodynamique de l'homme ?

L'homme se met maintenant en position du phœtus ressemblant à une sphère dont le coefficient aérodynamique est évalué par $C_x = 0.5$; Sa nouvelle surface projetée est $S = 0.2$ m^2.
Quelle sera la vitesse v qui lui permettra de rester immobile dans l'écoulement ?

L'air peut'il être considéré comme incompressible pour les deux calculs précédents ?

Exercice n°2 – 7 pts

Le réservoir de gauche contient la hauteur $3h$ 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 $2h$ d'eau de mer de masse volumique ρ_2.

La base de la porte est au fond des 2 réservoirs.

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.

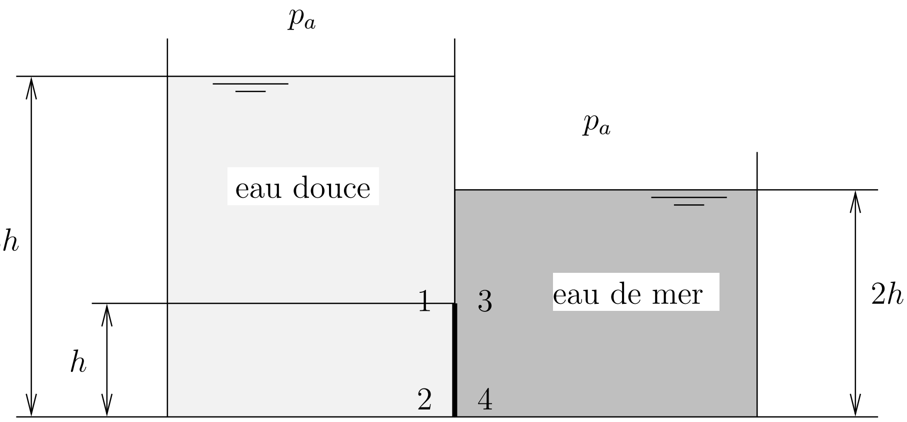
Données numériques :

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

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

$h = 1.8$ m

$b = 0.5$ m



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

2) Représentez - à l'échelle - la répartition de force effective exercée par les liquides sur cette porte. [**1**]

3) Calculez analytiquement puis numériquement la force effective globale exercée sur cette porte. Précisez analytiquement puis numériquement le point d'application de cette force. .... [**4**]

Exercice n°3 – 8.5 pts

On étudie le circuit alimentant un jet d'eau vertical présenté sur la Fig. 1.
Un réservoir de grande section alimenté constamment possède une surface libre qui reste à une altitude z_0.
Le circuit alimentant le jet d'eau comporte dans l'ordre de l'écoulement :

- la sortie du réservoir de perte de charge singulière $\xi_e = 0.5$ qui aboutit à l'entrée de la pompe par une tuyauterie de diamètre $D = 3$ cm de longueur négligeable ;
- une pompe fournissant au fluide une énergie volumique notée ΔX_i et possédant un rendement de 65 % ;
- une longueur rectiligne $L = 100$ m de tuyauterie de même diamètre D et de rugosité absolue $\varepsilon = 0.05$ mm ;
- un coude à 90° de perte de charge singulière $\xi_c = 0.2$;
- et un convergent de perte de charge singulière $\xi_s = 0.3$ qui fait passer la conduite du diamètre D à un diamètre $d = 1$ cm : l'eau débouche alors à l'air libre à la pression atmosphérique p_a.

Le jet d'eau monte alors jusqu'à une altitude notée z_6. La position des points de l'écoulement est précisée sur la Fig. 1. On considèrera pour simplifier que $z_1 = z_2 = z_3 = z_4 = z_5 = 0$. On donne $z_0 = 4$ m.

On nommera v la vitesse de sortie du fluide en 5, c et $\mathcal{R}$ la vitesse et le nombre de Reynolds dans la conduite de diamètre D et q_v le débit volumique circulant dans la pompe.

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

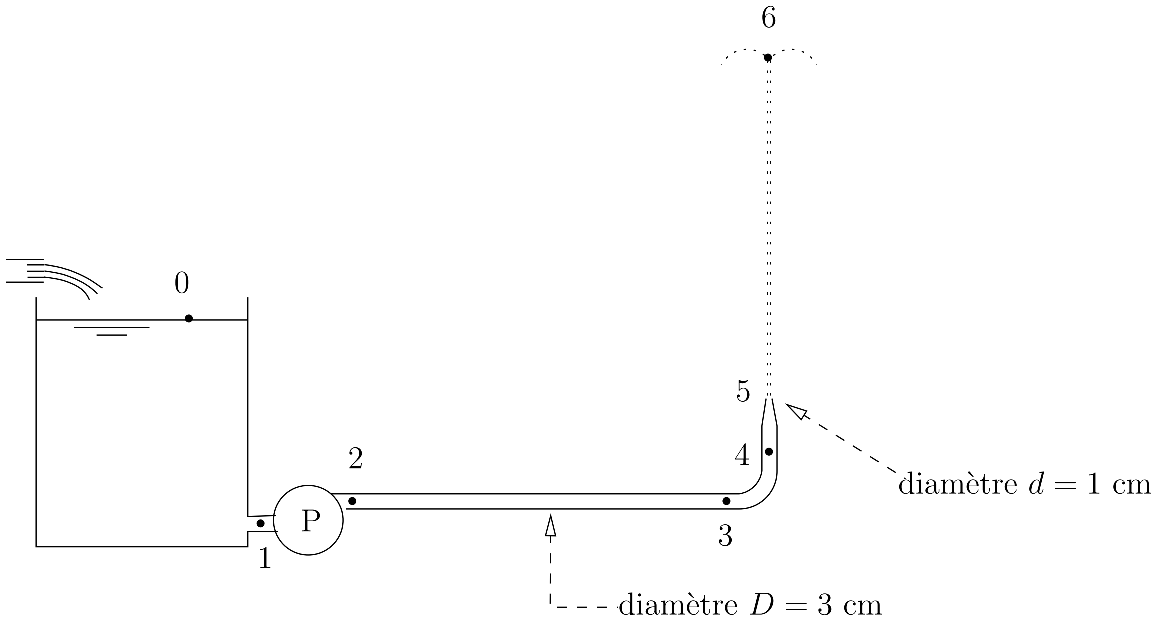


FIG. 1 – Circuit alimentant un jet d'eau.

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 $\mathcal{R} < 2000 \quad \Longrightarrow \quad \lambda = \dfrac{64}{\mathcal{R}}$
- si $2000 < \mathcal{R} < 10^5 \quad \Longrightarrow \quad \lambda = (100\mathcal{R})^{-\frac{1}{4}}$
- si $\mathcal{R} > 10^5 \quad \Longrightarrow \quad \lambda = \left[2\log\left(3.71\dfrac{D}{\varepsilon}\right)\right]^{-2}$

1) Nommez et écrivez les relations entre q_v, c et v. .... **[0.75]**

2) Nommez et écrivez les équations reliant les caractéristiques de pression, d'altitude et de vitesse entre les différents points de l'écoulement (0, 1, 2, 3, 4 et 5). En déduire la relation permettant de calculer ΔX_i connaissant c et λ. .... **[3.5]**

3) En ne considèrant aucune perte entre 5 et 6, nommez et écrivez l'équation reliant les caractéristiques de pression, d'altitude et de vitesse entre ces 2 points. .... **[0.75]**

4) On souhaite avoir une hauteur de jet de $z_6 = 22$ m.
Déterminez v puis c, $\mathcal{R}$ et q_v. Déterminez λ et ΔX_i. Déterminez la puissance consommée par la pompe. .... **[3.5]**