E.S.T.P
ME1

Application d'Hydrodynamique n°2.

17/12/07

P. Sochala

Fluides Réels

Exercice 1 (7 points)

On étudie le circuit hydraulique ci-dessous en prenant en compte les pertes de charges régulières et singulières.

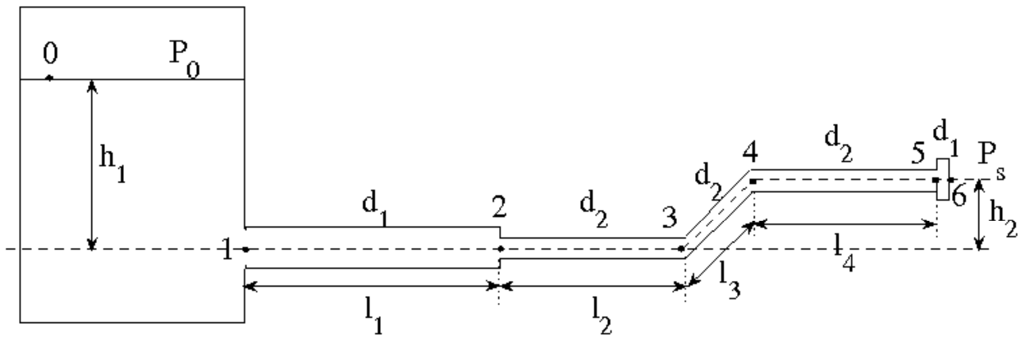

Schéma du circuit hydraulique.

Les caractéristiques géométriques des tuyaux sont
- longueurs : $l_1 = 35m$, $l_2 = 25m$, $l_3 = 13m$ et $l_4 = 25m$
- diamètres : $d_1 = 80mm$ et $d_2 = 60mm$
- rugosité : $\epsilon = 0.04mm$

Les coefficients de pertes de charges singulières sont
- raccordement d'un réservoir avec une conduite : $k_1 = 0.5$
- ajutage : $k_2 = 0.05$
- coudes : $k_3 = k_4 = 0.31$
- diffuseur : $k_5 = 0.3$

Les éléments concernant l'eau sont
- viscosité cinématique $\nu = 10^{-6}m^2.s$
- débit volumique $q_v = 8l.s^{-1}$
- hauteurs d'eau : $h_1 = 25m$ et $h_2 = 5m$
- pression de sortie : $P_s = 1bar$
- vitesse négligeable en 0.

1. Calculer les coefficients de pertes de charges régulières.
2. En déduire la pression p_0 dans le réservoir.
3. Tracer le diagramme de charge du circuit.

Exercice 2 (3 points)

En aérodynamique et hydrodynamique, la force de trainée, notée F_x, d'un objet représente la force de frottement exercée par le fluide sur cet objet. Cette force dépend d'un coefficient de trainée C_x et verifie la relation

$$F_x = \frac{1}{2}\rho C_x V^2 L^2$$

On fait l'hypothèse que le coefficient de trainée C_x s'exercant sur un navire ne dépend que du nombre de Froude F_r et du nombre de Reynolds R_e

$$C_x = f(F_r, R_e)$$

Un bassin expérimental vous propose de construire un modèle réduit à l'échelle 1/10 du navire que vous souhaitez réaliser.

1. Déterminer les échelles de vitesses selon les deux grandeurs adimensionnelles.
2. Peut-on déduire le coefficient de trainée réel à partir de l'étude sur la maquette ?

Ecoulements à surface libre

Exercice 3 (7 points)

On considère un canal de section droite rectangulaire de largeur $l = 2m$, de hauteur d'eau $h = 0.5m$ et de pente constante $I = 5.10^{-4}$. Le coefficient de Strickler du canal est $K_s = 60$ unités SI.

1. Quel est le débit Q pour un écoulement uniforme dans ce canal ?
2. Calculer la profondeur critique h_c pour le débit Q.
3. En déduire la nature de l'écoulement (fluvial ou torrentiel).

Ce canal comporte un rétrécissement au bout duquel la largeur devient $l' = 1.3m$. On suppose qu'il n'y a pas de pertes de charges à cet endroit c'est-à-dire que le rétrécissement est progressif.

4. Comment évolue la ligne d'eau à travers ce rétrécissement progressif ?
5. Calculer la hauteur d'eau h' à l'aval du rétrécissement pour le débit Q.

Exercice 4 (3 points)

Les écoulements à surface libre peuvent être représentés par les équations de Saint-Venant dont les inconnues sont la hauteur d'eau h et la vitesse moyennée suivant la verticale $\tilde{v}$. En supposant que le fond est plat et horizontal, ces équations s'écrivent

$$\frac{\partial h}{\partial t} + div(h\tilde{v}) = 0$$

$$\frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} + \tilde{v}.\nabla\tilde{v} + g\nabla h = \frac{1}{h}\left(\tilde{F}_{ext} + \nu\Delta(h\tilde{v}) + S + F\right)$$

Dans cet exercice, on néglige les forces extérieures, la diffusion et les forces de frottement.

1. Linéariser les équations de Saint-Venant bidimensionnelles.
2. Donner la célérité des ondes se propageant à la surface d'une étendue d'eau au repos.
3. En déduire une interprétation physique du nombre de Froude.