E.S.T.P
ME1

Application d'Hydrodynamique n°2.

05/01/09

P. Sochala

Fluides Réels

Exercice 1 (5 points)

On étudie le circuit primaire d'une centrale nucléaire dans lequel de l'eau sous pression circule en circuit fermé. Cette eau s'échauffe lors de son passage dans le cœur du réacteur grâce à l'énergie produite par les différents éléments combustibles. Cette énergie calorifique, transportée par l'eau sous pression, est utilisée *via* l'échangeur, par le circuit secondaire (non représenté) pour produire de l'énergie électrique. Nous supposons que tous les points du circuit sont à la même altitude.

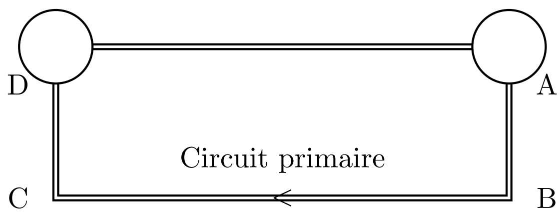

FIG. 1 – Schéma de principe.

Les caractéristiques géométriques des tuyaux sont
- longueurs : $l_{\mathrm{AB}} = l_{\mathrm{CD}} = 2m$ et $l_{\mathrm{BC}} = 5m$
- diamètre : $d = 60cm$
- rugosité : $\epsilon = 0.06mm$

Les pertes de charges de chaque coude correspondent à une longueur de $1m$.

La viscosité cinématique de l'eau est $\nu = 10^{-6}m^2.s$ et le débit est $q_m = 13.2\ 10^3 kg.s^{-1}$.

1. Calculer le coefficient de pertes de charges régulières.
2. Quel est le type d'écoulement ?
3. Calculer la variation de pression entre les points A et D.
4. Tracer le diagramme de charge du circuit.

Exercice 2 (5 points)

Un bateau a une surface mouillée S_{m} de $5000m^2$ quand il avance à une vitesse de $15m.s^{-1}$. Nous testons dans un bassin rempli d'eau, une maquette de ce bateau à une échelle 1/40. La résistance due aux vagues $\mathcal{R}_w$ est reliée au coefficient de trainée C_x par l'égalité

$$C_x = \frac{2\mathcal{R}_w}{\rho S v^2},$$

où ρ est la masse volumique de l'eau, S est la surface mouillée et v est la vitesse. La résistance visqueuse $\mathcal{R}_v$ est définie de la façon suivante

$$\mathcal{R}_v = f S v^n,$$

où $f = 1.6$ et $n = 1.85$ pour le bateau et $f = 1.7$ et $n = 1.9$ pour la maquette.

1. Quelle doit être la vitesse de la maquette ?
2. Donner le rapport des résistances dues aux vagues.
3. Calculer les deux résistances visqueuses.
4. En déduire la résistance totale sur le bateau réel si la résistance totale de la maquette est égale à 40N.

Ecoulements turbulents

Exercice 3 (5 points)

Soit une grandeur T (Température ou concentration d'un polluant) non uniforme dans l'espace, transportée par un écoulement turbulent incompressible ayant une vitesse v. L'équation d'évolution de T est donnée par

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \cdot \nabla T = D \Delta T.$$

dans laquelle le coefficient D est la diffusivité. On rappelle que la décomposition de Reynolds d'une quantité q consiste à l'écrire comme la somme d'une valeur moyenne $\overline{q}$ et d'une valeur fluctuante q' (ayant une valeur moyenne nulle) :

$$q = \overline{q} + q'.$$

1. Quelle est l'unité de la diffusivité D ?
2. Réécrire l'équation précédente en appliquant la décomposition de Reynolds à T et v.

Un terme inconnu apparaît dans l'équation d'évolution de la valeur moyenne de T.

3. Par analogie avec le modèle de viscosité turbulente, proposer une modélisation du terme inconnu.

Ecoulements à surface libre

Exercice 4 (5 points)

Un écoulement d'eau en régime permanent uniforme se fait dans un canal trapézoïdal de largeur à la base $5m$ et dont les parois sont inclinées de 45°. La hauteur d'eau est de $4m$ et la rugosité du lit est décrit par la relation de Manning–Strickler avec un coefficient $\mathcal{K} = 40m^{1/3}.s^{-1}$.

1. Calculer la section de l'écoulement.
2. Déterminer la pente pour que le débit soit égal à $100m^3.s^{-1}$
3. Donner les équations permettant d'obtenir la hauteur critique et la hauteur normale.
4. Calculer le nombre de Froude. En déduire le type d'écoulement.