

PLAN DETAILLE ET COMPLEMENTS

Séance n°5

Transferts de chaleur et de masse dans les écoulements à basse vitesse

1 TRANSFERTS DE CHALEUR ET DE MASSE DANS LES ECOULEMENTS A BASSE VITESSE

1.1 Rappel des équations de base

...

1.2 Cadre de l'approximation des écoulements à basse vitesse

...

1.3 Simplification du bilan d'énergie

...

1.4 Bilan de masse d'une substance dissoute ou d'un constituant du mélange

1.5 Equations de bilan de masse et de quantité de mouvement

...

1.5.1 Bilan de masse

...

1.5.2 Bilan de quantité de mouvement

...

1.6 Approximation de Boussinesq

...

1.7 Analyse dimensionnelle

...

1.8 Classification des écoulements

...

1.9 Turbulence et transferts thermiques

...

1.10 Pertes de charge en thermosiphon

2 EXERCICES

2.1 Exercice n°1

On considère l'équation de convection diffusion de la température :

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = \kappa \Delta T$$

où κ désigne la diffusivité thermique.

1. En écoulement turbulent incompressible, $T(\underline{x}, t)$ et $U_i(\underline{x}, t)$ fluctuent en fonction du temps. En décomposant T et U_i en grandeurs moyennes (notée \bar{T} et \bar{U}_i) et fluctuations (notée T' et U'_i), écrire l'équation d'évolution de la température moyenne. Il apparaît dans cette équation une nouvelle inconnue. Comment peut-on l'interpréter? Par analogie avec le modèle de viscosité turbulente, proposer une modélisation de ce terme inconnu.

2. Ecrire l'équation d'évolution de la fluctuation T' . En posant $\theta = \overline{T'^2}$, où θ désigne la variance de température, écrire l'équation d'évolution sur θ . Dans cette équation, identifier un terme de production, noté P_θ , et un terme de destruction, noté ε_θ et commenter.

2.2 Exercice n°2

Le circuit de chauffage central d'une maison individuelle comprend une pompe, un réservoir d'eau chaude maintenu à température constante, quatre convecteurs en série (notés C_1 à C_2), une tuyauterie de diamètre intérieur $d = 1$ cm, de longueur totale $L = 20$ m et dont la paroi sera supposée lisse (Cf. schéma). La pompe est en panne. Estimer le débit de circulation naturelle en fonction du coefficient de pertes de charge linéaires λ_c , de la longueur L de la tuyauterie, de la hauteur h d'un étage et de l'écart de température entre l'entrée et la sortie du réservoir, notée ΔT . Pour simplifier le calcul, on supposera que les tuyauteries sont bien isolées, que la variation de température aux bornes de chacun des quatre convecteurs est égale à $\frac{\Delta T}{4}$ et que la perte de charge d'un convecteur est équivalente à la perte de charge linéaire de 10 m de tuyauterie. On pourra vérifier que la perte de charge liée aux quatre ou cinq coudes nécessaires pour constituer le circuit peut être négligée. On supposera que la masse volumique varie linéairement avec la température.

Application numérique : Calculer la vitesse dans le circuit pour $\Delta T = 20$ °C, en supposant l'écoulement laminaire (ce qu'on vérifiera a posteriori) donc que

$$\lambda_c = \frac{64}{\text{Re}}$$

et avec $L = 20$ m, $h = 4$ m et $\beta = 2 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

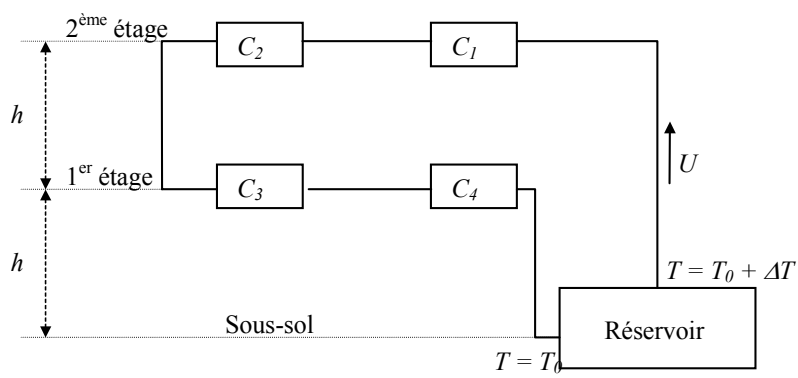


FIG. 1 – Schéma de principe de l'installation de chauffage considérée