

Résumé Chapitre 4 : Dynamique des fluides incompressibles réels

Régimes d'écoulement d'un fluide réel

- Il existe deux régimes d'écoulement pour les fluides : Laminaire et turbulent.
- Le paramètre qui détermine le régime est dit « nombre de Reynolds » $Re = \frac{\rho V D}{\mu}$.
- Pour une conduite circulaire, l'écoulement est laminaire si $Re < 2100$, il est turbulent si $Re > 4000$ entre les deux c'est la transition.

Pertes de charges linéaires dans les conduites

C'est la perte de pression Δp due aux frottements et aux singularités.

En appliquant la deuxième loi de Newton, on trouve : $\frac{\Delta p}{l} = 2 \frac{\tau}{r} = 2 \frac{\tau_w}{R} = 4 \frac{\tau_w}{D}$

Avec l la longueur de la conduite, r le rayon et τ la contrainte visqueuse à r . τ_w est la contrainte visqueuse à la paroi ($r=R$).

Profil de vitesse et du débit en fonction de la perte de charge

Le profil de vitesse est
$$u(r) = V_a \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

Avec la vitesse sur l'axe
$$V_a = \frac{\Delta p D^2}{16 \mu l} = \frac{\tau_w D}{4 \mu}$$

Le débit volume à travers la conduite est
$$\dot{Q} = \int u(r) dA = \frac{\pi R^2 V_a}{2} = \frac{\pi D^4 \Delta p}{128 \mu l}$$

La vitesse moyenne
$$V_m = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{V_a}{2} = \frac{\Delta p D^2}{32 \mu l} \rightarrow \dot{Q} = \frac{\pi D^4 \Delta p}{128 \mu l}$$

Cas d'une conduite inclinée, on remplace Δp par $\Delta p - \rho g l \sin \theta$ dans les formules précédentes.

Equation d'énergie pour l'écoulement dans une conduite avec perte de charge

$$\frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

h_L est la hauteur de pertes est due aux pertes visqueuses. $h_L = \frac{\Delta p}{\rho g} = 2 \frac{\tau}{r \rho g} = 2 \frac{\tau_w}{R \rho g}$

Pertes de charges linéaires : Ce sont les pertes dues aux frottements visqueux

$$\Delta p = f \frac{l}{D} \rho \frac{v^2}{2}, f \text{ coef. de frottement.}$$

Laminaire totalement développé $f = \frac{64}{Re}$. Turbulent $f = \phi \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right)$, f est donné par le diagramme de Moody et ϵ est la rugosité de surface interne de la conduite.

On calcule $\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h_L = f \frac{l}{D} \rho \frac{v^2}{2}$ d'ou $h_L = f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}$

Pertes de charge singulières : Ce sont les pertes dues aux singularités telles que les coudes, vannes, ... La perte de pression ou de hauteur sont données par :

$$\Delta p = K_L \rho \frac{v^2}{2} \text{ ou } h_{Lmin} = K_L \frac{v^2}{2g}, K_L : \text{coef. de perte de charge singulière donné.}$$