

Chapitre 3 : Dynamique des fluides réels incompressibles

Les Régimes d'Écoulement : Le Nombre de *Reynolds*

Les écoulements sont classés en 2 régimes principaux :

- “ **Laminaire** ” et “ **Turbulent** ”
- séparés par une phase transitoire appelée “ **régime critique** ”

Pour caractériser ces régimes d'écoulement , on introduit un nombre adimensionnel , appelée “ **Nombre de Reynolds** ” , noté **R_e** et calculé par la formule :

$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{\rho VD}{\mu}$$

- **V** = Vitesse moyenne d'écoulement = Q/A
- **D** = Diamètre de la section d'écoulement (circulaire)
- **ν** = Viscosité cinématique du fluide = μ/ρ
- **μ** = viscosité dynamique du fluide

En introduisant l'expression du débit et de la section d'écoulement (circulaire) , le nombre de Reynolds s'écrit :

$$R_e = \frac{4Q}{\pi D \nu} = \frac{4 \rho Q}{\pi D \mu}$$

Les limites du Nombre de Reynolds définissant les différents régimes d'écoulement peuvent être résumées comme suit : $R_e \leq 2000$: Le régime est “ **LAMINAIRE** ”

$2000 < R_e < 4000$: Le régime est “ **CRITIQUE** ” ou “ **TRANSITOIRE** ”

$R_e \geq 4000$: Le régime est “ **TURBULENT** ”

III.2.- Les Pertes de Charge

III.2.1.- Les Pertes de Charge Linéaires ou Réparties

a.- Notion de Rugosité des Conduites

Contrairement à une surface lisse , une surface rugueuse implique un état de surface dont les irrégularités ont une action directe sur les forces de *frottements* .

Une surface rugueuse peut être considérée comme étant constituée par une série de protubérances élémentaires caractérisées par une hauteur , notée **k** , et appelée “ **Rugosité** ” :

Afin de comparer la rugosité par rapport au diamètre de la conduite , on introduit le rapport :

$$\varepsilon = \frac{k}{D} \quad : \text{Rugosité Relative}$$

▪ Expression de la perte de charge due aux frottements :

La perte de charge linéaire est calculée par la formule de Darcy - Weisbach (1857) :

$$h_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad : \text{Formule de Darcy - Weisbach (1857)}$$

Avec : D : Diamètre de la section d'écoulement (m)
 L : Longueur de la conduite (m)
 V : Vitesse d'écoulement (m/s)
 λ : Coefficient de frottement (sans unité)

Plusieurs formules sont proposées pour le calcul de λ et dépendent du régime d'écoulement :

b.- Perte de charge en régime laminaire : $R_e < 2000 \Rightarrow \lambda = \frac{64}{R_e}$

c.- Perte de charge en régime turbulent : $R_e > 2000$

Plusieurs formules de calcul du coefficient λ sont proposés par différents auteurs :

c.1.- Formule de **Colebrook - White** :

Formule de Colebrook – White , 1938

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\underbrace{\left(\frac{k}{3,71D} \right)}_{\text{Effet de la Rugosité de la conduite}} + \underbrace{\left(\frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} \right)}_{\text{Effet de la Viscosité du fluide}} \right]$$

La conservation de l'énergie peut s'écrire en terme de hauteur. On a alors :

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H_{12}$$

$\Delta H_{12} = \frac{J_{12}}{\rho g} = \Delta H_L + \Delta H_S$: Perte de charge exprimée en terme de hauteur unité le (m)

$$\Delta H_L = \lambda \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad \text{et} \quad \Delta H_S = K \frac{V^2}{2g}$$

