

Exercice 1

Du fuel lourd de viscosité dynamique $\mu = 0,11 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ et de densité $d=0,932$ circule dans un tuyau de longueur $L=1650 \text{ m}$ et de diamètre $D=25 \text{ cm}$ à un débit volumique $Q_v=19,7 \text{ l/s}$.

On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Travail demandé :

- 1) Déterminer la viscosité cinématique ν du fuel.
- 2) Calculer la vitesse d'écoulement V .
- 3) Calculer le nombre de Reynolds Re .
- 4) En déduire la nature de l'écoulement.
- 5) Déterminer le coefficient λ de pertes de charge linéaire.
- 6) Calculer la perte de charge J_L dans le tuyau.

Exercice 2

Un pipe-line de diamètre $d=25 \text{ cm}$ est de longueur L est destiné à acheminer du pétrole brut d'une station A vers une station B avec un débit massique $Q_m=18\text{kg/s}$. Les caractéristiques physiques du pétrole sont les suivantes:

Masse volumique $\rho =900 \text{ kg/m}^3$,

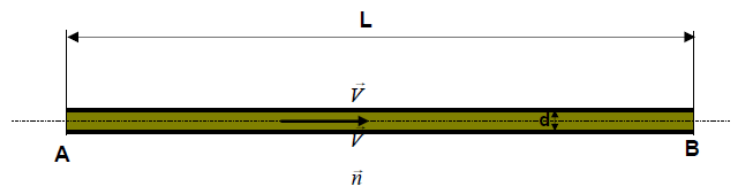
viscosité dynamique $\mu =0,261\text{Pa}\cdot\text{s}$.

On suppose que le pipe-line est horizontal.

- 1) Calculer le débit volumique Q_v du pétrole.
- 2) Déterminer sa vitesse d'écoulement V .
- 3) Calculer le nombre de Reynolds Re .
- 4) Quelle est la nature de l'écoulement?
- 5) Calculer la valeur du coefficient de perte de charge linéaire λ .
- 6) Exprimer la relation de Bernoulli entre A et B.

Préciser les conditions d'application et simplifier.

- 7) Déterminer la longueur L maximale entre deux stations A et B à partir de laquelle la chute de pression (P_A-P_B) dépasse 3 bar.



Solution

Ex01

1) Viscosité cinématique : $\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{d \cdot \rho_{\text{eau}}}$ A.N. $\nu = \frac{0,11}{1000 \cdot 0,932} = 118 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

2) Vitesse d'écoulement : $V = \frac{4 \cdot q_V}{\pi \cdot D^2}$ A.N. $V = \frac{4 \cdot 19,7 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,25^2} = 0,4013 \text{ m/s}$

3) Nombre de Reynolds : $\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu}$ A.N. $\text{Re} = \frac{0,4013 \cdot 0,25}{118 \cdot 10^{-6}} = 850,222$

4) $\text{Re} < 2000$ donc l'écoulement est laminaire.

5) Formule de poiseuille : $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$

A.N. $\lambda = \frac{64}{850,211} = 0,07527$

6) Perte de charge linéaire : $J_L = -\lambda \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \left(\frac{L}{D} \right)$

A.N. $J_L = -0,07527 \cdot \frac{0,4013^2}{2} \cdot \left(\frac{1650}{0,25} \right) = 40 \text{ J/Kg}$

Ex 02

1) Débit volumique : $q_V = \frac{q_m}{\rho}$ A.N. $q_V = \frac{18}{900} = 0,02 \text{ m}^3 / \text{s}$

2) Vitesse d'écoulement : $V = \frac{4 \cdot q_V}{\pi \cdot d^2}$ A.N. $V = \frac{4 \cdot 0,02}{\pi \cdot 0,25^2} = 0,407 \text{ m/s}$

3) Nombre de Reynolds : $R_e = \frac{V \cdot d}{\left(\frac{\mu}{\rho} \right)}$ A.N. $R_e = \frac{0,407 \cdot 0,25}{\left(\frac{0,267}{900} \right)} = 350,862$

4) $R_e < 2000$: il s'agit d'un écoulement laminaire.

5) Coefficient de perte de charge linéaire : $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$ A.N. $\lambda = \frac{64}{350,862} = 0,1824$

6) Equation de Bernoulli : $\frac{1}{2} (V_B^2 - V_A^2) + \frac{1}{\rho} \cdot (P_B - P_A) + g \cdot (Z_B - Z_A) = J_L$

Conditions d'application : $V_B = V_A$, $Z_B = Z_A$

Equation de Bernoulli simplifiée : $\frac{1}{\rho} \cdot (P_B - P_A) = J_L$

7) Calcul de la longueur de la conduite : $\frac{1}{\rho} \cdot (P_B - P_A) = J_L$ avec $J_L = -\lambda \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \left(\frac{L}{d} \right)$

Donc $L = \frac{2 \cdot (P_A - P_B) \cdot d}{\lambda \cdot \rho \cdot V^2}$ A.N. $L = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^5}{0,1824 \cdot 900 \cdot 0,407^2} \cdot 0,25 = 5516,137 \text{ m}$