

EXERCICE 1 : VISCOSIMETRE d'OSTWALD

D'après la formule de l'énoncé :

A 0 °C : $\nu = 1,12 \times 10^{-8} \times (60 + 38) = 1,098 \times 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$

A 30 °C : $\nu = 1,12 \times 10^{-8} \times 59 = 6,61 \times 10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$

On observe bien que la viscosité diminue quand la température augmente

EXERCICE 2 : VISCOSIMETRE à CHUTE de BILLE

1- La viscosité d'un fluide est la capacité du fluide à s'opposer à son écoulement.

2- $\rho_1 = d_1 \times \rho_{\text{eau}} = 1,26 \times 1000 = 1\,260 \text{ kg.m}^{-3}$

3- On commence par calculer le volume de la bille :

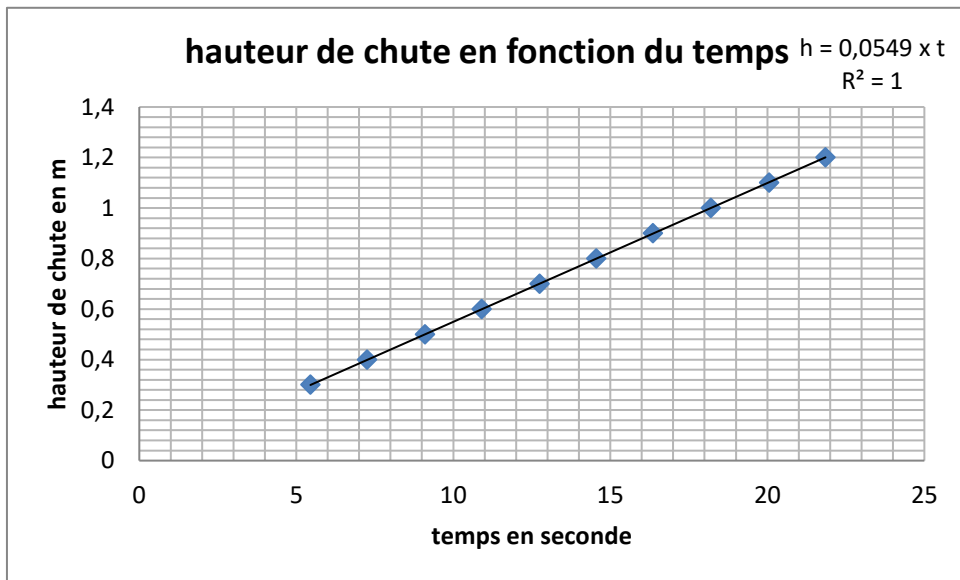
$$V_{\text{bille}} = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3 = \frac{4}{3} \times \pi \times (2,0 \times 10^{-3})^3 = 3,35 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

Puis $\rho_2 = \frac{\text{masse bille}}{\text{volume bille}} = \frac{2,54 \times 10^{-4}}{3,35 \times 10^{-8}} = 7582 \text{ kg.m}^{-3}$

4- La courbe représente une droite qui passe par l'origine.

La hauteur de chute est donc proportionnelle au temps.

D'après la courbe, la vitesse limite de la bille correspond au coefficient directeur de la courbe, soit $v_{\text{lim}} = 0,0549 \text{ m/s}$.



5- La formule permet de calculer η : $\eta = \frac{0,05g}{9v_{\text{lim}}} = \frac{0,05 \times 9,8}{9 \times 0,0549} = 0,992 \text{ Pa.s}$

6- On fait un pourcentage d'erreur : $\frac{\text{valeur théorique} - \text{valeur expérimentale}}{\text{valeur théorique}} = \frac{1,069 - 0,992}{1,069} = 0,072 \text{ soit } 7,2 \%$

EXERCICE 3 : Ecoulement d'une huile

1- On utilise la formule $\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{1,2}{900} = 1,33 \times 10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$

2- Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_{\text{moy}} \times D}{\nu} = \frac{0,7 \times 0,048}{0,00133} = 25$

L'écoulement est donc laminaire car $Re < 2000$

EXERCICE 4 : STATION de pompage

- 1- Pour calculer la vitesse d'éjection V_B de l'eau, on utilise le débit volumique et la section de la conduite :

$$V_B = \frac{Qv}{S} = \frac{57 : 3600}{\pi \times \left(\frac{0,100}{2}\right)^2} = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$$

- 2- Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_B \times D}{\nu} = \frac{2,0 \times 0,100}{1,0 \times 10^{-6}} = 200\,000$

L'écoulement est donc turbulent lisse car $2000 < Re < 100\,000$

- 3- Pour utiliser les abaques de Colebrook, il faut commencer par calculer la rugosité relative : $\frac{\epsilon}{D} = \frac{1,0}{100} = 0,01$

On lit $\lambda = 0,037$

- 4- Les pertes de charge régulières sont : $\Delta H_{reg} = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_B^2}{2g} = 0,037 \times \frac{80,0}{0,100} \times \frac{2,0^2}{2 \times 10} = 5,92 \text{ m}$

- 5- Les pertes de charges singulières sont : $\Delta H_{sing} = \xi \times \frac{V_B^2}{2g}$

Crépine	clapet	vanne	coude
$\Delta H_{crépine} = 4 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,80 \text{ m}$	$\Delta H_{clapet} = 2 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,40 \text{ m}$	$\Delta H_{vanne} = 0,25 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,05 \text{ m}$	$\Delta H_{coude} = 0,6 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,12 \text{ m}$

Pour calculer la longueur équivalente à chaque accident, on utilise le fait que 80,0 m de conduite provoque 5,92 m de pertes de charge.

Puis on fait une proportionnalité :

Longueur de conduite de 80,0 m	5,92 m de pertes de charge
???	0,80 m pour la crépine

Soit pour la crépine une longueur équivalente

$$L_{eq} = \frac{0,80 \times 80,0}{5,92} = 10,81 \text{ m}$$

On fait de même pour les autres accidents :

clapet	vanne	coude
$\Delta H_{clapet} = 2 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,40 \text{ m}$	$\Delta H_{vanne} = 0,25 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,05 \text{ m}$	$\Delta H_{coude} = 0,6 \times \frac{2,0^2}{2g} = 0,12 \text{ m}$
$L_{eq} = \frac{0,40 \times 80,0}{5,92} = 5,51 \text{ m}$	$L_{eq} = \frac{0,05 \times 80,0}{5,92} = 0,68 \text{ m}$	$L_{eq} = \frac{0,12 \times 80,0}{5,92} = 1,62 \text{ m}$

- 6- Les pertes de charge globales de l'installation sont : $\Delta H_{totale} = \Delta H_{reg} + \Delta H_{sing}$

Soit $\Delta H_{totale} = 5,92 + 0,80 + 0,40 + 0,05 + 4 \times 0,12 = 7,65 \text{ m}$

ATTENTION !!! Il y a 4 coudes dans l'installation !

- 7- $\frac{\Delta H_{reg}}{\Delta H_{totale}} = \frac{5,92}{7,65} = 0,774$ soit 77,4 % $\frac{\Delta H_{sing}}{\Delta H_{totale}} = 100 - 77,4 = 22,6 \%$

EXERCICE 5 : Citerne

- 1- Calcul de pertes de charge régulières

- a - Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_{moy} \times D}{\nu}$

Il faut commencer par calculer la valeur de la vitesse moyenne d'écoulement : $V_{moy} = \frac{Qv}{S} = \frac{0,0314}{\pi \times \left(\frac{0,10}{2}\right)^2} = 4,0 \text{ m.s}^{-1}$

$$\text{D'où } Re = \frac{V_{moy} \times D \times \rho}{\eta} = \frac{4,0 \times 0,10 \times 1000}{10^{-3}} = 400\,000$$

$2000 < Re < 100\,000$: l'écoulement est donc turbulent lisse

- b - Pour utiliser les abaques de Colebrook, il faut commencer par calculer la rugosité relative : $\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,01}{100} = 0,0001$

On lit $\lambda = 0,016$

- c- Les pertes de charge régulières sont : $J_{reg} = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_B^2}{2g} = 0,016 \times \frac{(3,5+5+15+(3,5-1,15))}{0,10} \times \frac{4,0^2}{2 \times 10} = 3,31 \text{ m}$

- 2- Calcul de pertes de charge singulières

Les pertes de charges singulières sont : $J_{\text{sing}} = K \times \frac{v_B^2}{2g}$

Crépine	Section contractée	coude
$J_{\text{crépine}} = 4 \times \frac{4,0^2}{2g} = 3,20 \text{ m}$	$J_{\text{section}} = 0,4 \times \frac{4,0^2}{2g} = 0,32 \text{ m}$	$J_{\text{coude}} = 0,2 \times \frac{4,0^2}{2g} = 0,16 \text{ m}$

D'où les pertes de charge singulières : $J_{\text{sing}} = 3,20 + 0,32 + 2 \times 0,16 = 3,84 \text{ m}$

3- Calcul de pertes de charge totales

a- $J_{\text{totale}} = J_{\text{reg}} + J_{\text{sing}} = 3,31 + 3,84 = 7,15 \text{ m}$

b- D'où une puissance perdue : $P_{\text{perdue}} = \rho \times g \times Qv \times J_{\text{totale}} = 1000 \times 10 \times 0,0314 \times 7,15 = 2245 \text{ W}$

EXERCICE 6 : Centrale nucléaire

1- On utilise la relation $Qv = \frac{Qm}{\rho} = \frac{13,2 \times 10^3}{1,0 \times 10^3} = 13,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

2- La valeur de la vitesse moyenne d'écoulement est : $V_{\text{moy}} = \frac{Qv}{S} = \frac{13,2}{\pi \times \left(\frac{0,600}{2}\right)^2} = 46,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3- Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_{\text{moy}} \times D}{\nu} = \frac{46,7 \times 0,600}{5,0 \times 10^{-7}} = 5,6 \times 10^7$

$Re > 100\,000$: le régime d'écoulement est turbulent rugueux.

4- D'après le tableau, pour $Re > 100\,000$, on lit $\lambda = 0,035$.

5- Les pertes de charge régulières sont : $J_{\text{AD}} = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_B^2}{2g} = 0,035 \times \frac{(2,0 + 5,0 + 2,0)}{0,600} \times \frac{46,7^2}{2 \times 10} = 57,25 \text{ m}$

6- L'énoncé dit que chaque coude équivaut en perte de charge à une longueur supplémentaire de 1,0 m.

Soit $J_{\text{coude}} = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_B^2}{2g} = 0,035 \times \frac{(1,0 + 1,0)}{0,600} \times \frac{46,7^2}{2 \times 10} = 12,72 \text{ m}$

7- Les pertes de charge totales valent donc : $J_{\text{totale}} = J_{\text{AD}} + J_{\text{sing}} = 57,25 + 12,72 = 69,97 \text{ m}$

8- La variation de pression correspondante est : $\Delta P = \rho \times g \times J_{\text{totale}} = 1,0 \times 10^3 \times 10 \times 69,97 = 699\,700 \text{ Pa}$

9- La puissance ainsi perdue par les pertes de charge vaut :

$P_{\text{perdue}} = \rho \times g \times Qv \times J_{\text{totale}} = 1000 \times 10 \times 13,2 \times 69,97 = 9,24 \times 10^6 \text{ W}$

EXERCICE 7 : Ecoulement d'une lessive liquide

1- D'après l'énoncé, $\nu = \frac{t_{\text{fluide}}}{t_{\text{eau}}} = \frac{229}{51} = 4,49 \text{ E}^\circ$

D'après la courbe, en reportant, 4,49 E° correspondent à 40 cSt.

Donc $\nu = 40 \text{ cSt} = 40 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

2- Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_1 \times d_1}{\nu} = \frac{5 \times 0,008}{40 \times 10^{-6}} = 1000$

$Re < 1600$: le régime d'écoulement est laminaire

3- Le régime étant laminaire, K est défini par $K = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1150} = 0,0557$

D'où les pertes de charges en pression : $\Delta P = K \times \frac{L \times \rho \times v_1^2}{2 d_1} = 0,0557 \times \frac{0,20 \times 1100 \times 5^2}{2 \times 0,008} = 19\,147 \text{ Pa}$

EXERCICE 8 : Ecoulement d'une huile

1- Le nombre de Reynolds est donné par : $Re = \frac{V_{\text{moy}} \times D}{\nu} = \frac{2,5 \times 0,015}{25 \times 10^{-6}} = 1500$

$Re < 2000$, le régime d'écoulement est donc laminaire

2- Le débit volumique est donné par : $Qv = S \times v_{\text{moy}}$

Soit $Qv = \pi \times (0,015/2)^2 \times 2,5 = 4,42 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

3- Le coefficient de frottement est donné par : $\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1500} = 0,043$

4- Les pertes de charges en pression : $\Delta P = \lambda \times \frac{L \times \rho \times v_{\text{moy}}^2}{2 D} = 0,043 \times \frac{1 \times 850 \times 2,5^2}{2 \times 0,015} = 7615 \text{ Pa}$

EXERCICE 9 : Ecoulement d'eau

1.1 Q_v est défini par : $Q_v = \frac{\text{volume}}{\text{temps}} = \frac{1000 \times 10^{-6}}{170} = 5,88 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

1.2 La valeur de la vitesse moyenne d'écoulement est : $V_{\text{moy}} = \frac{Q_v}{S} = \frac{5,88 \times 10^{-6}}{\pi \times \left(\frac{0,004}{2}\right)^2} = 0,47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.1 Dans le tube 1 : $P_1 - P_{\text{atm}} = \rho \times g \times h_1$

Dans le tube 2 : $P_2 - P_{\text{atm}} = \rho \times g \times$

2.2 Donc $\Delta p = P_1 - P_2 = (\rho \times g \times h_1 + P_{\text{atm}}) - (\rho \times g \times h_2 + P_{\text{atm}})$

Soit $\Delta p = \rho \times g \times (h_1 - h_2)$

2.3 Donc $\Delta p = 10^3 \times 9,8 \times 0,048 = 470 \text{ Pa}$

3.1 On isole η de la formule donnée dans l'énoncé : $\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot (P_1 - P_2)}{q_v \cdot 8 \cdot l} = \frac{\pi \times \left(\frac{0,004}{2}\right)^4 \times 470}{5,88 \times 10^{-6} \times 8 \times 0,50} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

