

Exercices sur le chap. 7: dynamique des fluides réels

Pour tous les exercices, on prendra:

- masse volumique de l'eau: $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.
- Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- pression atmosphérique $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

Formules des pertes de charges linéiques, exprimées en pascal (Pa):

$$\Delta p = K \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ avec :}$$

K: coefficient de pertes de charge (sans unité)

Ecoulement laminaire: $K = \frac{64}{Re}$; écoulement turbulent: $K = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$

L: longueur de la conduite (en m)

ρ : masse volumique du fluide (en kg.m^{-3})

D: diamètre de la conduite (en m)

v : vitesse du fluide (en m.s^{-1}).

Exercice 1:

Dans un tuyau lisse rectiligne de diamètre intérieur $D = 15 \text{ mm}$, circule une huile à la vitesse $v = 2,5 \text{ m.s}^{-1}$.

1- Calculer le nombre de Reynolds et **indiquer** le régime de l'écoulement.

2- Calculer les pertes de charges Δp par mètre de longueur de tuyau.

Données: viscosité cinématique de l'huile: $\nu = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$; Masse volumique de l'huile: $\rho = 850 \text{ kg.m}^{-3}$.

Exercice 2:

Une pompe débite 90 litres d'huile par minute. Cette huile a une masse volumique de 900 kg.m^{-3} et une viscosité de 30 cSt.

1- Exprimer le débit volumique en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$.

2- Calculer le débit massique de la pompe en kg.s^{-1} .

3- Quel doit être le diamètre de la conduite (à 1 mm près) pour que la vitesse de l'huile à l'aspiration soit de $0,8 \text{ m.s}^{-1}$?

4- Calculer le nombre de Reynolds. **En déduire** la nature de l'écoulement.

5- Calculer les pertes de charge si la pompe est placée à 1 mètre au-dessus de la crépine.

Donnée: $1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$.

Exercice 3:

De l'huile de viscosité 40 cSt s'écoule dans une conduite de 51 cm de long avec un débit de 30 l/min. Le diamètre de la section est 14 mm. **Calculez** la perte de charge due à la longueur de la tuyauterie.

Donnée: la masse volumique de l'huile utilisée est 900 kg.m^{-3} .

Exercice 4:

Un fluide, de viscosité 30 cSt, s'écoule dans une conduite hydraulique de diamètre 26 mm.

1- Quel est le type d'écoulement si la vitesse du fluide est 3 m/s ?

2- Quelle est la vitesse maximale correspondant à un régime laminaire ?

Exercice 5:

1- Quelle est la vitesse du fluide dans une canalisation de refoulement de 26 mm de diamètre, le débit de la pompe étant de 80 l/min ?

La viscosité du fluide est 40 cSt.

2- Déterminez le régime d'écoulement.

Exercice 6: château d'eau

Une station d'alimentation d'un château d'eau utilise une pompe immergée de puissance P à déterminer.

Cette pompe refoule l'eau dans une conduite verticale de hauteur $l = z_2 - z_1 = 40$ m et de diamètre $d = 120$ mm.

La vitesse d'écoulement dans la conduite est: $v_2 = v_1 = 5$ m/s.

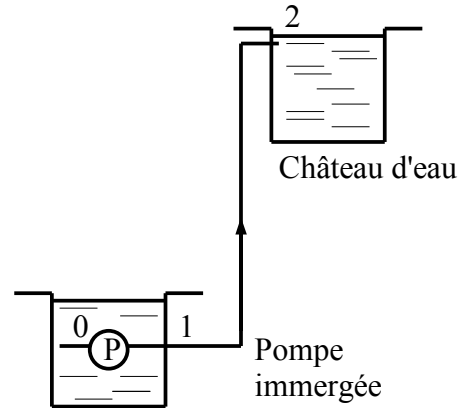
Les pressions d'eau (absolues) mesurées avec un manomètre en **0,1,2** sont:

$p_0 = 10^5$ Pa (pression atmosphérique);

$p_1 = 5,4 \cdot 10^5$ Pa;

$p_2 = 1,2 \cdot 10^5$ Pa.

On donne la viscosité cinématique de l'eau: $\nu = 10^{-6}$ m²/s. On néglige les pertes de charge singulières.



1- Par application du théorème de Bernoulli, **calculer**, par kilogramme d'eau, la perte de charge linéaire J_{12} entre les sections extrêmes 1 et 2 de la conduite.

2- **Calculer** le nombre de Reynolds dans la conduite et **en déduire** la nature de l'écoulement.

3- **Calculer** le coefficient K de pertes de charge linéaire dans la conduite, avec $J_{12} = -K \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$

4- Par application du théorème de Bernoulli, **calculer** le travail échangé entre la pompe et la masse de un kilogramme d'eau qui la traverse. On néglige les pertes de charge singulières dans la pompe.

5- **Calculer** le débit volumique et le débit massique de la pompe.

6- Le rendement de la pompe est donné par le constructeur: $\eta = 0,85$. **Calculer** la puissance absorbée P_a .

Exercice 7: mesure de la viscosité du lait

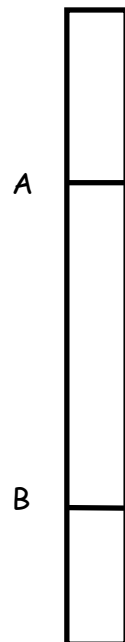
On veut mesurer la viscosité du lait. On utilise pour cela un viscosimètre, à chute de bille qui comporte un long tube de verre vertical, rempli de lait, et dans lequel on laisse tomber une bille sphérique. On mesure le temps nécessaire relatif au déplacement de la bille entre deux repères fixes A et B.

1. **Faire** le bilan des forces appliquées à la sphère (poids, poussée d'Archimède, force de frottement) et les représenter sur un schéma. **Donner** l'expression littérale des normes (valeurs) de chacune de ces forces en fonction

- de l'accélération de la pesanteur g ;
- du coefficient de viscosité η et de la masse volumique ρ du lait;
- du rayon r de la sphère, de sa masse volumique ρ_B et de sa vitesse v .

Rappels

- La poussée d'Archimède est égale au poids du volume de liquide déplacé.
- La force de frottement s'exerçant sur un sphère de rayon r en mouvement à la vitesse v dans un fluide de coefficient de viscosité η a pour valeur $F = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$.



2. Sachant que le mouvement vertical descendant de la sphère devient rapidement uniforme avant l'arrivée au repère A, **établir** la relation entre la durée t du parcours AB de longueur L et les grandeurs précédentes.
3. Le temps de chute de la bille entre A et B distants de $L = 30$ cm est $t = 10$ s. **Calculer** le coefficient de viscosité dynamique η du lait.

Données:

- masse volumique du lait $\rho = 1032$ kg·m⁻³
- rayon de la bille $r = 1,0$ mm ;
- masse volumique de la bille $\rho_B = 1050$ kg·m⁻³
- volume d'une sphère : $(4/3)\pi \cdot r^3$