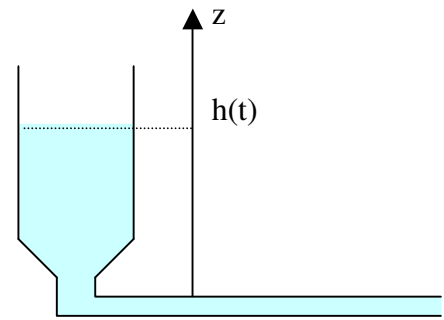


DYNAMIQUE DES FLUIDES VISQUEUX – EXERCICES

1. Viscosimètre à écoulement :

Un liquide visqueux considéré comme incompressible s'écoule lentement d'un récipient cylindrique de diamètre D dans un tube horizontal de diamètre d et de longueur L .



- Pourquoi peut-on considérer l'écoulement dans le récipient comme quasi-stationnaire ? En déduire l'expression du débit volumique D_v en fonction de h , en utilisant la loi de Poiseuille.
- A partir de l'équation de conservation de la masse, établir une expression différentielle satisfaite par $h(t)$, et la résoudre pour la condition initiale $h(t_0) = h_0$.
- Il faut 59 minutes pour que le niveau du liquide passe de $h = 6$ cm à $h = 3$ cm. Déterminer la viscosité cinématique du fluide.

Données : $D = 4$ cm ; $L = 50$ cm ; $d = 1$ mm ; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Réponse : $dh/dt + h/\tau = 0$ avec $\tau = D^2 L \nu / g d^4$; $\nu = 2.10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$.

2. Etude d'une transmission :

Une surface plane (1) d'aire S , entraînée par un moteur, est en translation de vitesse constante $\vec{v}_1 = v_1 \vec{u}_x$.

Une surface plane parallèle (2) entraîne un mécanisme qui exerce une force résistante constante :

$$\vec{F} = F \cdot \vec{u}_x \quad \text{avec } F < 0$$

L'espace entre les deux plans est rempli par un liquide incompressible de masse volumique ρ et de viscosité η . Leur écartement est e . Les dimensions latérales sont très grandes devant e , et on admet que la vitesse ne dépend que de y et varie linéairement avec y (écoulement de « Couette plan »).



- Déterminer, en régime permanent, la vitesse v_2 de la plaque (2).
- P_1 représentant la puissance fournie par la plaque (1) au fluide, et P_2 la puissance fournie par le fluide à la plaque (2), définir et calculer le rendement énergétique de la transmission.
- Déterminer la force F pour laquelle le rendement est de 90 %.

Données : $v = 1.3.10^{-4} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$; $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$; $v_1 = 10 \text{ m.s}^{-1}$; $F = 0.47 \text{ N}$; $S = 100 \text{ cm}^2$; $e = 3,6 \text{ mm}$.

Réponses : $F = 3,25 \text{ N}$.

3. Mesure de viscosité :

On lâche une particule sphérique de rayon $R = 1,25$ mm de masse volumique $\rho_s = 3800 \text{ kg.m}^{-3}$ dans une éprouvette graduée contenant un liquide visqueux dont on veut déterminer la viscosité η . La masse volumique du fluide est $\rho_f = 1260 \text{ kg.m}^{-3}$. On admet que la force de frottement visqueux sur la bille est donnée par la formule de Stokes.

- Montrer que la vitesse de la bille tend vers une vitesse limitée V_o , que l'on exprimera en fonction de ρ_f , ρ_s , R , η et g accélération de la pesanteur ($g = 9,8 \text{ SI}$). Au bout de combien de temps peut-on considérer que la particule a atteint sa vitesse limite ?
- Le temps mis par la bille à parcourir les trois premiers cm est 7 s, les trois suivants de 6,1 s, les trois suivants de 6 s, les trois suivants de 6 s. Déterminer V_o . Vérifier que la formule de Stokes est applicable.
- Déterminer la viscosité du fluide.

Réponse : $1,1 \text{ Pa.s}$

4. Jeux de balles :

On donne les vitesses typiques et les dimensions de balles pour plusieurs sports :

	Football	Golf	Tennis	Base-Ball
Diamètre (cm)	22	4,3	6,4	7,5
Vitesse (km.h ⁻¹)	55	260	180	150

Calculer le nombre de Reynolds dans chaque cas, sachant que pour l'air $\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$ et $\eta = 2.10^{-5} \text{ Pl}$.
Commenter sa valeur.

5. Coulée de lave :

Une coulée de lave s'écoule par gravité sur une pente inclinée à $\alpha = 45^\circ$. La vitesse à la surface de la coulée est $v_0 = 1$ mètre par heure en régime stationnaire. On néglige tout gradient de pression.

Peut-on en déduire une valeur de la viscosité cinématique de la lave ?

Epaisseur de la coulée : $h = 2 \text{ m}$.

Réponses : $v(h) = gh^2 \sin \alpha / 2 \nu$.

6. Histoire de peintres :

La peinture est assimilée à un fluide de viscosité $\eta = 0.12 \text{ Pl}$ et de masse volumique $\mu = 1200 \text{ kg.m}^{-3}$.

Un peintre cherche à homogénéiser la peinture contenue dans un pot de hauteur $h = 50 \text{ cm}$ et de rayon $R = 5 \text{ cm}$, et y déplace la partie poilue du pinceau, de dimension caractéristique $a = 1 \text{ cm}$, en lui faisant faire décrire un cercle avec une vitesse $U = 0.05 \text{ ms}^{-1}$.

- Evaluer l'ordre de grandeur du nombre de Reynolds.
- Evaluer l'ordre de grandeur de la force F que doit exercer le peintre pour brasser la peinture.
- Evaluer l'ordre de grandeur de la durée nécessaire pour qu'une fois le pinceau retiré la peinture revienne à l'équilibre.

7. Gouttes de pluie :

On étudie le mouvement de gouttes de pluie de masse volumique $\mu_e = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ dans l'air, de viscosité $\eta = 1,5.10^{-5} \text{ Pl}$ et de masse volumique $\mu_a = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$.

- En choisissant le meilleur modèle pour la traînée subie par la goutte, calculer la vitesse de chute v d'une goutte de rayon $r = 1 \text{ mm}$ et v' d'une goutte de rayon $r' = 10^{-5} \text{ m}$.
- Dans un nuage, les grosses gouttes absorbent les petites gouttes chaque fois qu'elles en touchent une. En supposant que la densité de microgouttes de rayon r' est uniforme et égale à n' dans le nuage, exprimer la variation dr du rayon d'une grosse goutte de rayon initial $r \gg r'$ lorsqu'elle tombe d'une hauteur $dz = v dt$. En déduire comment évolue le rayon $r(t)$ au cours du temps. Calculer la durée nécessaire pour que le rayon passe de $r_0 = 0.5 \text{ mm}$ à $2r_0$ en supposant que les petites gouttes occupent une fraction du volume du nuage $f = 10^{-6}$.

8. Distribution d'eau :

Un tuyau cylindrique, de diamètre intérieur d_1 alimente deux tuyaux de diamètres d_2 et de longueur L_2 , dont l'extrémité est à la pression atmosphérique.

Soit P_1 la pression en amont (point A). La distance entre le point A et la première dérivation, ainsi que la distance entre les deux dérivation est L_1 . On considèrera que le régime d'écoulement est laminaire.

En utilisant la loi de Poiseuille, faire un schéma électrique équivalent et déterminer le débit de chaque tuyau.

Données : $\Delta P = 1 \text{ bar}$; $d_1 = 10 \text{ mm}$; $d_2 = 4 \text{ mm}$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$; $l_1 = l_2 = 5 \text{ m}$.

