

CONTROLE TERMINAL

Mardi 07 Janvier 2024 à 8h – Amphithéâtre Niepce

Durée : 2 heures

*Pas de document, pas de téléphone portable, la calculatrice est autorisée**Prenez soin de justifier soigneusement vos réponses et de respecter les notations employées***Cours :****5 points**

1. Expliquez le théorème de Bernoulli pour un fluide parfait en régime stationnaire, en indiquant ses hypothèses principales. (1 pt)
2. En fluidique statique, justifiez pourquoi la pression à une profondeur donnée dans un liquide dépend uniquement de cette profondeur et pas de la forme du récipient. (1 pt)
3. Donnez l'expression du coefficient de viscosité dynamique η en fonction des grandeurs fondamentales (M, L, T), et précisez son unité dans le système SI. (1 pt)
4. Définissez la notion de ligne de courant dans un écoulement fluide et expliquez son intérêt pour l'étude de la mécanique des fluides. (1 pt)
5. Quelle est l'influence de la tension superficielle sur la forme d'une goutte liquide ? Justifiez en vous appuyant sur la force ou l'énergie associée. (1 pt)

Exercices :**15 points****Exercice 1 : Étude de la chute d'une bille dans un liquide visqueux (7 pts)**

Une bille de rayon $R=5\text{ mm}$ et de masse volumique $\rho_b = 8000\text{ kg/m}^3$ est lâchée dans un liquide de masse volumique $\rho_l = 1200\text{ kg/m}^3$ et de viscosité dynamique $\eta = 1,62\text{ Pa.s}$.

Une expérience permet d'observer la vitesse de la bille à différents instants. On a mesuré expérimentalement la distance parcourue y par la bille en fonction du temps t . Les données collectées sont données dans le tableau suivant :

$t\text{ (s)}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$y\text{ (cm)}$	0	1,0	2,9	5,9	10,0	14,4	18,9	23,4	27,9

Questions**1. Analyse des forces :**

- a. Donnez l'expression, en fonction de R , ρ_b , ρ_l , et η , des forces agissant sur la bille dans le fluide : le poids, la poussée d'Archimède, et la force de frottement visqueux dans le cas d'un régime laminaire. (2 pts)
- b. Écrivez l'équation de mouvement de la bille en considérant ces forces. (1pt)

2. Étude de la vitesse limite :

- a. Montrez que la vitesse limite v_l est donnée par : (1pt)

$$v_l = \frac{2}{9} \frac{R^2 g (\rho_b - \rho_l)}{\eta}$$

- b. Donnez la valeur de la vitesse v_l .

3. Traitement des données expérimentales :

- a. Calculez la vitesse $v(t)$. (1pt)
- b. Proposez une représentation graphique et identifiez la vitesse limite. (1pt)

4. Vérification de la loi de Stokes : (1 pt)

- a. Comparez la vitesse limite obtenue expérimentalement à la valeur théorique calculée à la question 2b.
- b. Discutez des écarts éventuels entre les résultats théoriques et expérimentaux. Quels facteurs pourraient expliquer ces écarts ?

Exercice 2 Écoulement dans un milieu stratifié avec la loi de Darcy (5 pt)

On considère deux couches de matériaux perméables de perméabilités intrinsèques k_1 et k_2 , séparées par une interface. Chaque couche a une épaisseur respective e_1 et e_2 . Un fluide visqueux (μ) traverse ces couches horizontalement dans le cas 1 et verticalement dans le cas 2.

1. L'expression de la loi de Darcy pour un écoulement dans un matériau perméable est donnée par :

$$Q = -k \cdot \frac{A}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{e}$$

Indiquez toutes les hypothèses nécessaires et les unités et de chaque symbole.

Expliquez le signe négatif. Que représente A (1pt)

2. a. En déduire l'expression de la résistance hydraulique par analogie à la loi d'Ohm $U = R I$ (1pt).
b. Dans chaque couche, exprimez la résistance hydraulique R_1 et R_2 en fonction de k_1 , k_2 , e_1 , e_2 et de la dimension transversale A . (1 pt)
b. Comment se combinent les résistances dans les cas suivants ?
 - Cas 1 (écoulement horizontal).
 - Cas 2 (écoulement vertical). (1 pt)
3. Perte de charge totale :
 - a. Exprimez la perte de charge totale ΔP dans chaque configuration en fonction des paramètres donnés
 - b. Comparez les deux cas : pour un même débit Q , lequel engendre une perte de charge plus importante ? Justifiez. (1 pt)
4. Applications pratiques :
 - a. Citez une application réelle où la loi de Darcy est utilisée dans des milieux stratifiés.
 - b. Expliquez pourquoi la connaissance des perméabilités relatives est cruciale dans ce contexte. (1 pt)

Exercice 3 : Écoulement turbulent (3 pts)

On étudie l'écoulement d'un fluide dans un tuyau circulaire de rayon $R=1cm$, de longueur $L=2m$. Le fluide a une viscosité dynamique $\mu=1 mPa.s$ et une masse volumique $\rho=1000 kg/m^3$. Le débit volumique du fluide est $Q=2L/s$.

1. Calculez la vitesse moyenne v du fluide dans le tuyau en fonction du débit volumique Q et de la section A du tuyau.
2. Exprimez le nombre de Reynolds Re dans le tuyau et calculez sa valeur avec les données fournies.
Le nombre de Reynolds est défini par :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

où D est le diamètre du tuyau.

3. Déterminez si l'écoulement est laminaire ou turbulent.
Si l'écoulement est turbulent, expliquez une mesure corrective qui pourrait être utilisée pour réduire le nombre de Reynolds en dessous de 2000.