

HYDRODYNAMIQUE

EXAMEN

Mercredi 11 septembre, 9-12 h
Calculettes et bon sens rigoureusement autorisés

Informations pratiques

Viscosité de l'eau normale : $\mu \approx 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Tension de surface de l'eau normale : $\gamma \approx 7,3 \times 10^{-2} \text{ J m}^{-2}$

1 Dérapage

Marchant normalement sur la dalle de Jussieu, vous posez le pied sur un emplacement mouillé par une pellicule d'eau de l'ordre du dixième de millimètre. Estimez la force de freinage exercée par unité d'aire puis la force totale de freinage sur votre semelle.

2 Voie d'eau

Une voie d'eau, de diamètre 1 cm, se déclare à 20 cm sous la flottaison dans la paroi (mince) d'un canot en aluminium.

i) Estimez la vitesse et le débit de l'eau.

ii) Discutez des hypothèses implicites et de la validité de ces estimations.

3 Mesure de débit d'une conduite

1. Une conduite cylindrique horizontale comporte un étranglement. Si on se permet d'utiliser l'équation de Bernoulli, quelle relation y a-t-il entre :

- la différence des pressions en amont de l'étranglement et dans l'étranglement,
- la masse volumique du fluide,
- la vitesse du fluide dans la conduite,
- et le rapport des diamètres de la conduite et de l'étranglement ?

2. Une conduite d'eau de diamètre 10 cm, horizontale, comporte un étranglement de diamètre 8 cm et deux tubes fins verticaux de prise de pression statique en amont de l'étranglement et dans l'étranglement. On observe une différence de niveaux de 75 mm entre les deux tubes.

i) Calculez la différence des pressions statiques en amont de l'étranglement et dans l'étranglement.

ii) Calculez la vitesse de l'écoulement dans la conduite.

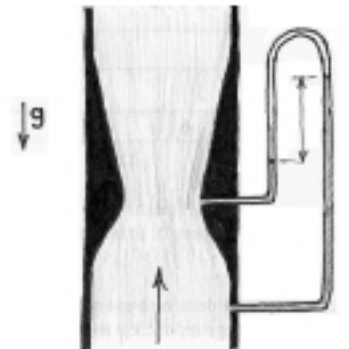
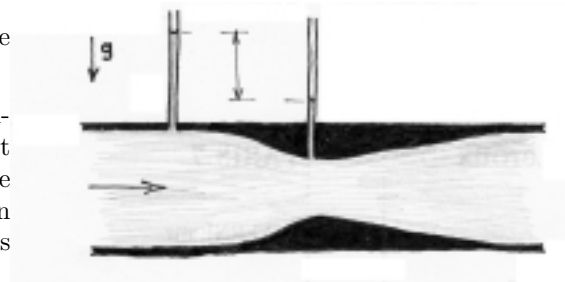
iii) Calculez le débit de la conduite.

iv) Calculez le nombre de Reynolds de l'écoulement dans la conduite.

v) L'utilisation de l'équation de Bernoulli est-elle finalement justifiée ici ?

vi) Qualitativement, qu'attendez-vous du niveau dans un troisième tube de prise de pression qui serait disposé en aval de l'étranglement ?

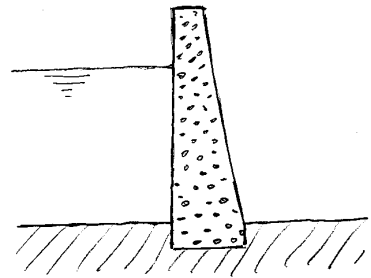
3. La même conduite, comportant le même étranglement, est disposée verticalement, sens de l'écoulement de bas en haut. On observe encore une différence de niveaux de 75 mm. Quel est le débit dans la conduite ?



4 Hydrostatique

Une vallée montagnarde dont les flancs sont à peu près verticaux et le fond horizontal est fermée par un barrage vertical. La largeur de la vallée est de 150 m et la hauteur de l'eau retenue en amont du barrage est de 50 m.

- i) Calculez la pression effective de l'eau au fond de la retenue.
- ii) Déterminez (intensité, ligne d'action) la force équivalente à l'ensemble des forces de pression effective exercées par l'eau sur le barrage.



5 Archimède et tension de surface

Une tige de verre bien propre, de diamètre 1 cm, est suspendue verticalement, partiellement immergée dans l'eau sur une longueur de 5 cm.

1. Calculez la résultante des forces de pression exercées par l'eau sur la tige de verre.
2. Effets de tension superficielle :
 - i) Représentez l'allure de la surface libre de l'eau au voisinage de la tige.
 - ii) Estimez qualitativement la dimension caractéristique de la forme de la surface libre dans cette région.
 - iii) Calculez la résultante des forces de tension superficielle exercées par l'eau sur la tige.

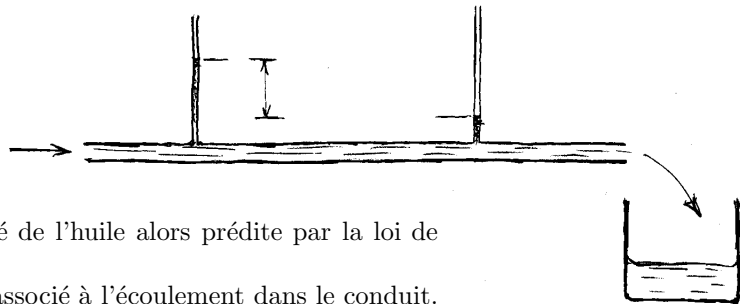
6 Écoulement de Poiseuille

1. Établissez, par la méthode que vous préférez (la plus simple par exemple), l'expression du débit de l'écoulement dans un conduit cylindrique en régime de Poiseuille.
2. De l'huile ($\rho \approx 0,9 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$) s'écoule dans un conduit cylindrique horizontal, diamètre 1 cm, alimenté par un grand réservoir. Le conduit est équipé de deux tubes de prise de pression statique, verticaux, distants de 1 m.

En régime permanent, on observe que :

- la différence des niveaux dans les tubes verticaux est de 13 cm ;
- la boîte de 1 litre qui recueille l'huile à la sortie du conduit se remplit en 91 secondes.

- i) Quelle est la valeur de la viscosité de l'huile alors prédite par la loi de Poiseuille ?
- ii) Calculez le nombre de Reynolds associé à l'écoulement dans le conduit.
- iii) Le recours à la loi de Poiseuille est-il finalement justifié pour analyser cette expérience ?



7 Couche limite

1. Décrivez le phénomène de couche limite (faire un dessin).
2. Expliquez brièvement la théorie de la couche limite laminaire : estimation de l'épaisseur de la couche limite et critère de validité de cette théorie ?
3. Une plaque plane se déplace à 1 m s^{-1} dans de l'eau.
 - i) À quelle distance du bord d'attaque de la plaque la couche limite atteint-elle une épaisseur de 0,1 mm ?
 - ii) Calculez le nombre de Reynolds associé à la couche limite à cette distance.
 - iii) Le recours à la théorie de la couche limite laminaire est-il justifié ici ?