

UNIVERSITÉ D'ORAN DES SCIENCES ET DE LA
TECHNOLOGIE (USTO-MB)
FACULTÉ DE CHIMIE

Département de GP

Fiche de Travaux Dirigés N° 2 de Mécanique des Fluides

06/11/2023

Exercice 1

Une plaque plane (voir figure 1) repose sur la face supérieure d'un film mince d'eau à 25°C. Quand une faible force F est appliquée à la plaque, le profil de vitesses du fluide peut être décrit par l'équation ci-dessous :

$$u = 40y - 800y^2$$

où y est donné en mètre et la vitesse u en mètre par seconde. Déterminer la contrainte de cisaillement τ agissant sur la surface de la plaque fixe ainsi que sur celle de la plaque mobile en contact avec le liquide. La viscosité dynamique de l'eau est $\mu_e = 0.897 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$.

Exercice 2

Si le profil de vitesses sur une plaque est parabolique (voir figure 2) et que l'épaisseur de la couche de fluide est de 20 cm, calculer le gradient de vitesses et la contrainte de cisaillement τ à une distance de 0, 10 et 20 cm de la plaque si la viscosité dynamique μ du fluide est égale à 8.5 poises. On rappelle que 10 poises = 1 Pa.s = $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}$.

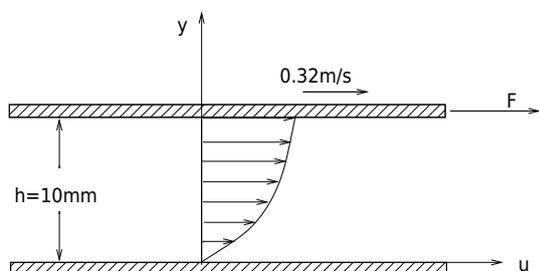


Fig. 1 – Profil parabolique de vitesse d'un écoulement entre deux plaques horizontales.

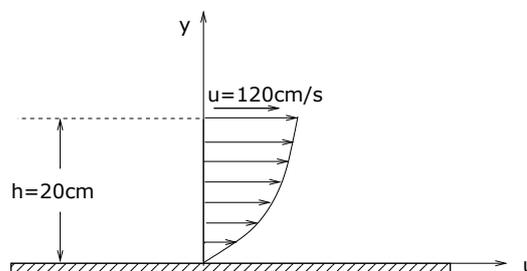


Fig. 2 – Profil parabolique de vitesse au-dessus d'une plaque horizontale.

Exercice 3

Un film de liquide est étendu sur un cadre filaire métallique dont l'un des côtés est constitué d'une barre mobile de longueur L (voir figure 3). On notera σ le coefficient de tension superficielle de l'interface liquide-air.

1. Quelle est l'unité de mesure de la tension de surface σ .
2. Quelle est l'expression de la force F exercée par le film de liquide sur la barre ?
3. On donne : $\sigma = 40 \cdot 10^{-3} \text{ N}/\text{m}$ et $l = 10 \text{ cm}$. Calculer la force F.

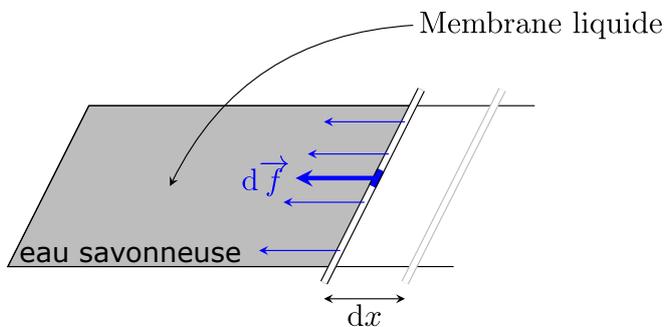


Fig. 3 – Film d'eau savonneuse accroché à un cadre filaire dont un côté est mobile.

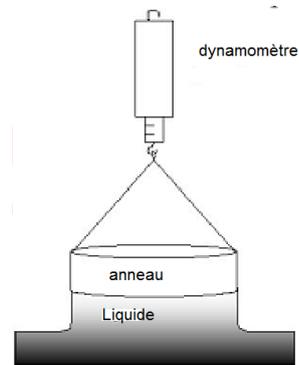


Fig. 4 – Dispositif servant à la mesure de la tension de surface.

Exercice 4

On souhaite mesurer le coefficient de tension superficielle σ d'un liquide donné. Pour cela, on se sert du dispositif expérimental décrit dans la figure 4. Un anneau métallique de rayon R est suspendu à un dynamomètre et est plongé dans le liquide. On tire alors doucement et délicatement sur l'ensemble pour le remonter petit à petit. L'anneau ressort du liquide et entraîne avec lui un film cylindrique de liquide. Juste avant que le film ne se rompe, la lecture du dynamomètre indique la force totale exercée : le poids (F_g) de l'anneau et la tension de surface due au film de liquide (F_σ). On notera σ le coefficient de tension superficielle.

1. Exprimer la force exercée par le film de liquide sur l'anneau.
2. Avec un anneau de diamètre $d = 6 \text{ cm}$ et de masse $m = 6.5 \text{ g}$, on utilise successivement de l'eau et de l'éthanol : on mesure les forces totales T_{tot} à l'arrachement de 89 mN et 73 mN . Calculer les coefficients de tension de surface pour ces deux liquides. On prendra $g = 10 \text{ m/s}^2$.
3. Comparer les valeurs calculées plus haut avec celles obtenues par d'autres méthodes en utilisant des produits ultra-purs : $\sigma_{eau} = 0.072 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ et $\sigma_{ethanol} = 0.023 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$.

Exercice 5

Trouver la tension superficielle d'une bulle de savon de 40 mm de diamètre (voir figure 5) quand la pression interne P_i est de 2.5 N/m^2 plus grande que la pression externe P_e égale à la pression atmosphérique.

Exercice 6

La pression à l'extérieure P_e d'une gouttelette d'eau de diamètre $d = 0.04 \text{ mm}$ est égale à 10.32 N/cm^2 (pression atmosphérique) (voir figure 6). Calculer la pression interne P_i de la gouttelette si la tension de surface de l'eau est égale à 0.0725 N/m .

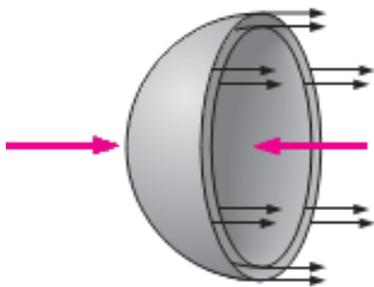


Fig. 5 – Coupe d'une bulle.

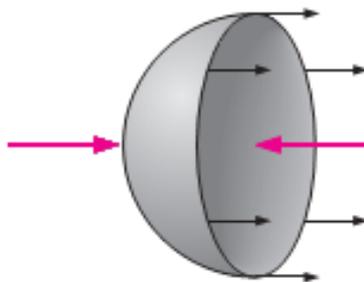


Fig. 6 – Coupe d'une goutte.

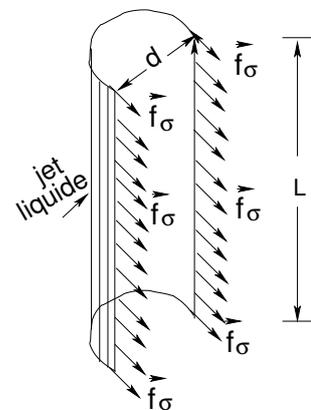


Fig. 7 – Jet.

Exercice 7

Une pomme de douche émet un jet cylindrique d'eau propre à 20°C dans l'air (voir figure 7). La pression à l'intérieur du jet est supérieure d'environ 200 Pa à la pression de l'air. Estimer le diamètre du jet, en mm . La tension superficielle de l'eau à 20°C est de 0.0728 N/m .

Exercice 8

Calculer la hauteur capillaire dans un tube de verre de 2.5 mm de diamètre lorsqu'il est immergé verticalement dans :

1. L'eau (voir figure 8),
2. le mercure (voir figure 9).

On prend : $\sigma_e = 0.0725\text{ N/m}$ pour l'eau et $\sigma_{Hg} = 0.52\text{ N/m}$ pour le mercure en contact avec l'air. La densité d_{Hg} du mercure est égale à 13.6 . L'angle de contact θ de l'eau est égal à zéro et celui du mercure est égal à 130° . La gravité g est prise égale à 9.81 m/s^2 .

Exercice 9

Calculer l'effet capillaire en millimètres dans un tube de verre de 4 mm de diamètre lorsqu'il est immergé verticalement dans

- de l'eau (voir figure 8) et
- le mercure (voir figure 9).

La température du liquide est de 20°C et les valeurs de la tension superficielle de l'eau et du mercure à 20°C en contact avec l'air sont égales à 0.073575 N/m et 0.51 N/m , respectivement. L'angle de contact de l'eau est égal à zéro et celui pour le mercure est de 130° . Prendre la masse volumique de l'eau à 20°C égale à 998 kg/m^3 et celle du mercure égale à 13600 kg/m^3 .

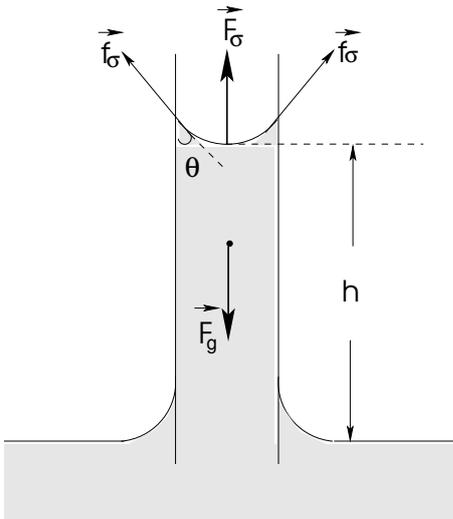


Fig. 8 – Ascension de l'eau dans un tube capillaire. Liquide mouillant.

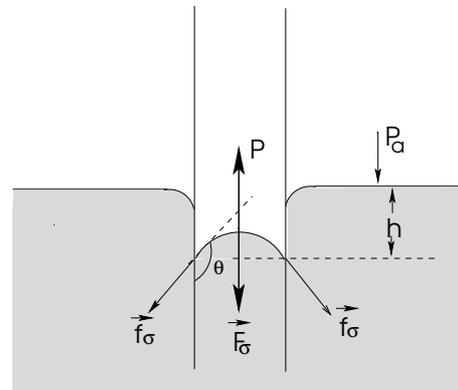


Fig. 9 – Descente du mercure. Liquide non mouillant.