

TPDS 1 – Viscosité

Le but de ce TP est de mesurer un coefficient de viscosité à l'aide de la loi de Stokes si les conditions opératoires le permettent.

Matériel à disposition :

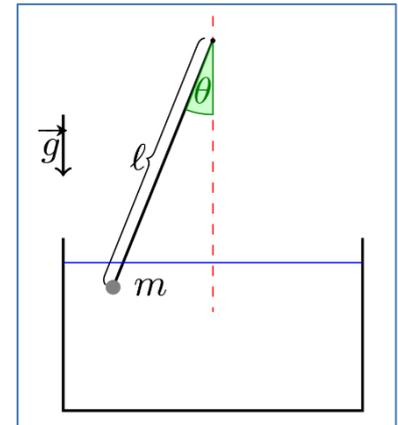
- 1 Pendule Eurosmart avec son dispositif d'acquisition et une masse en laiton.
- 1 Carte Sysam SP5.
- 1 sphère de rayon R immersible.
- De l'eau.
- 1 balance de pesée
- Un mélange eau + glycérol
- Les notices des différents appareils de mesure.

On souhaite étudier les mouvements d'un pendule amorti dans un fluide visqueux tel que la force de frottement puisse s'écrire : $\vec{f} = -\lambda\vec{v}$. On note J le moment d'inertie de l'ensemble du pendule (boule incluse) suivant son axe de rotation et $l = \|\vec{OG}\|$ la position du barycentre par rapport à l'axe de rotation.

Q1) Faire un schéma et représentez le poids et la force visqueuse. Préciser la position des points d'application de ses deux forces. On supposera ces deux points confondus en ce début de problème. Démontrez que l'équation différentielle qui régit le mouvement peut s'écrire :

$$\ddot{\theta} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0$$

Où l'on exprimera les constantes ω_0 et Q en fonction de J, l, g, λ et m



On s'intéresse maintenant à la valeur de λ .

En annexe, on vous fournit la représentation en échelle logarithmique de différents objets sphériques dont la sphère lisse.

Q2) À l'aide de ce document :

- Représenter rapidement ce graphique dans votre compte rendu en faisant apparaître quatre zones dont on donnera une nomination à chacune de ces zones.
 - o 1 pour $0,1 < R_e < 100$
 - o 2 pour $100 < R_e < 1000$
 - o 3 pour $1000 < R_e < 200000$
 - o 4 pour $R_e > 200000$

Q3) Démontrer que dans la zone 1 on peut écrire $\log(C_x) = A \log(R_e) + B$. En déduire que $C_x = \frac{\alpha}{Re}$. Donnez la valeur numérique de alpha obtenue. Comparer à la valeur communément admise de $\alpha = 24$. En déduire que la force de traînée peut s'écrire dans le domaine de Stokes : $\vec{F}_t = -6\pi\eta R\vec{v}$ où η est la viscosité du fluide, R le rayon de la sphère.

- o 1 pour $0,1 < R_e < 100$: Domaine de Stokes, écoulement laminaire : $\log(C_x) = A \log(R_e) + B$
- o 2 pour $100 < R_e < 1000$: Domaine lamino-turbulent, pas de loi en C_x précise
- o 3 pour $1000 < R_e < 200000$: Domaine turbulent où $C_x \sim 0,4$
- o 4 pour $R_e > 200000$: Chute (ou crise) de traînée

Q4) En admettant que la force de traînée peut s'écrire $\vec{F}_t = -6\pi\eta R\vec{v}$ dans le domaine de Stokes, en déduire l'expression de $\frac{\omega_0}{Q}$ et Q en fonction de η et des paramètres mécaniques l, J, R, m et g .

Vu que le coefficient de viscosité apparaît dans l'expression de Q , un élève de première année désire retrouver l'expression de la viscosité dynamique. Pour cela il désire faire l'acquisition sous Latis-Pro d'une dizaine d'oscillations puis remonter à Q puis à η de l'eau.

Q5) Relevez les valeurs numériques de l, R (rayon de la boule), m (masse de l'ensemble oscillant).

Q6) Effectuer l'expérience proposer par l'élève, et donnez les valeurs numériques ω_0 , J , Q obtenues à l'aide de votre tracé. On précisera la démarche effectuée dans le compte-rendu.

Q7) En déduire la valeur de η_{eau} obtenue. Conclure.

Q8) En déduire la principale erreur faite par l'élève de première année à l'aide de vos connaissances. Conclure.

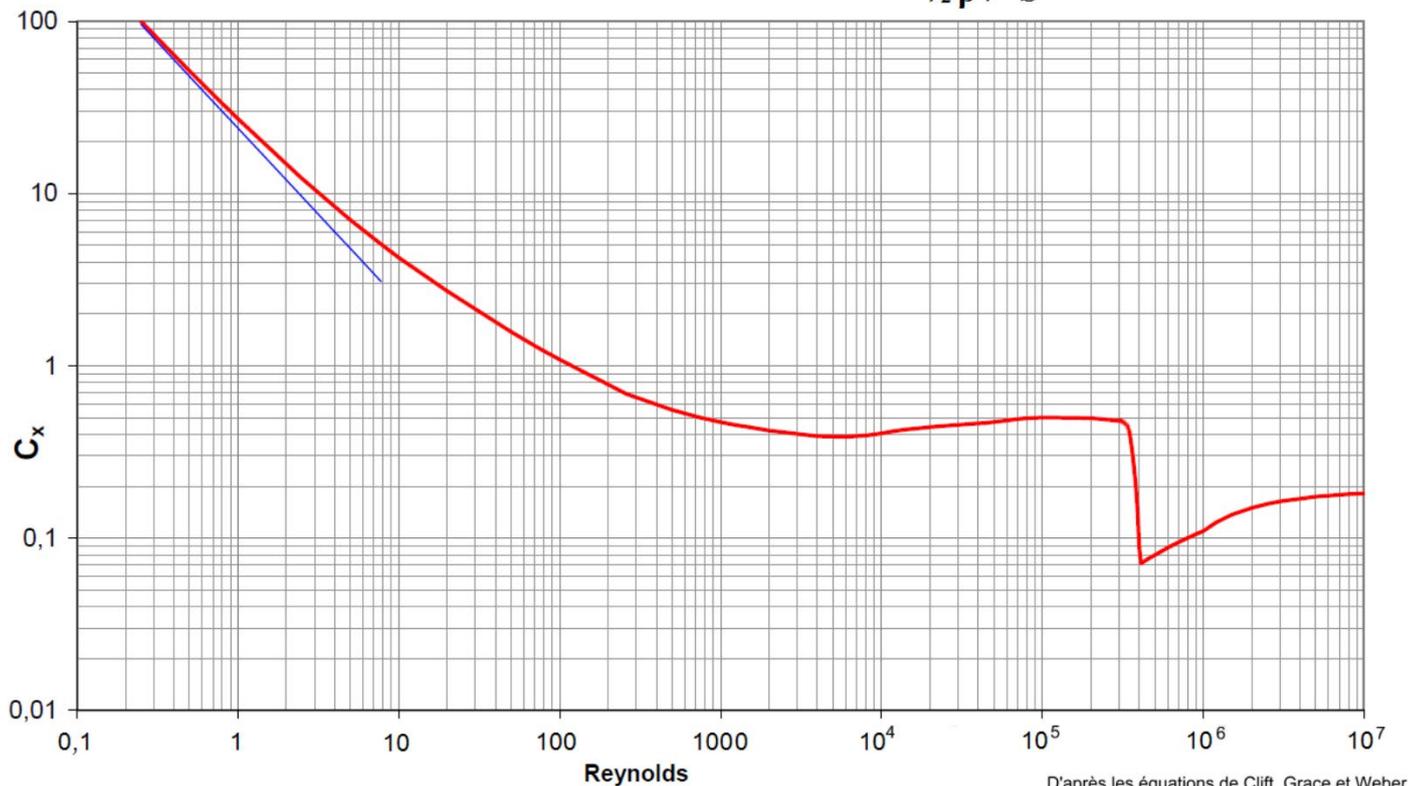
On s'intéresse maintenant à un mélange {eau+glycérol} dont le titre massique en glycérol est noté t . La viscosité dynamique du glycérol est de $1,5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$. On admet que la viscosité d'un mélange homogène peut s'écrire :

$$\eta_m = t \times \eta_{\text{glycérol}} + (1 - t)\eta_{\text{eau}}$$

Q9) Donner le titre massique de votre solution. En déduire la valeur de la viscosité du mélange. On désire mesurer la viscosité du glycérol. Décrire votre protocole puis donner la valeur obtenue de la viscosité du glycérol. Conclure sur les causes d'erreur.

ANNEXE

C_x de la sphère, défini comme $\frac{T}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$



Données numériques :

- Masse volumique de l'eau à 298K : $\mu_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Masse volumique de la glycérine à 298K : $\mu_{gly} = 1260 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Coefficient de viscosité dynamique de l'eau à 298K : $\eta_{eau} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Coefficient de viscosité dynamique du glycérol à 298K : $\eta_{gly} = 1,50 \text{ Pa} \cdot \text{s}$