MESURES DE VISCOSITES

On va mesurer dans ce TP la viscosité de l'eau ainsi que celle de la glycérine par deux méthodes en utilisant le même dispositif expérimental.

1. Montage expérimental

On considère un vase de Mariotte (figure), constitué d'une bonbonne remplie d'un liquide de masse volumique μ, de viscosité η, fermée à son extrémité supérieure par un bouchon à travers lequel passe un tube vertical qui plonge dans l'eau. Le point A est à la pression atmosphérique P°, il est situé à la hauteur h au-dessus d'une embouchure au point B.
Dans ces conditions $P_B = P° + \mu gh$ (g accélération de la pesanteur)
En B est relié un tube fin horizontal de longueur L et de rayon r dans lequel on réalise un écoulement, dit de Poiseuille cylindrique. Le point C est à la pression atmosphérique P°.
L'ensemble constitue un viscosimètre à écoulement.

2. Mesure de la viscosité de l'eau

1. Définition des grandeurs

Le travail consiste à déterminer la résistance hydraulique R_H de l'écoulement dans le tuyau horizontal, puis d'en déduire la viscosité η de l'eau.

La résistance hydraulique d'un liquide en écoulement dans un tuyau est définie pour un écoulement stationnaire et laminaire.

Stationnaire signifie indépendant du temps.
Laminaire, signifie que le nombre de Reynolds Re = $\frac{\mu v(2r)}{\eta}$, où v est la vitesse moyenne (ou vitesse débitante) de l'écoulement, est inférieur à 2000.
μ est la masse volumique du liquide, r le rayon du tuyau, η le coefficient de viscosité dynamique du liquide.

La résistance hydraulique de l'écoulement dans le tube est **définie** par $\boxed{R_H = \frac{\Delta P}{D_v} = \frac{P_e - P_s}{D_v}}$.
$P_e = P_B$ est la pression à l'entrée du tuyau, $P_s = P_C = P°$ est la pression à la sortie du tuyau.
D_v est le débit de volume du liquide.

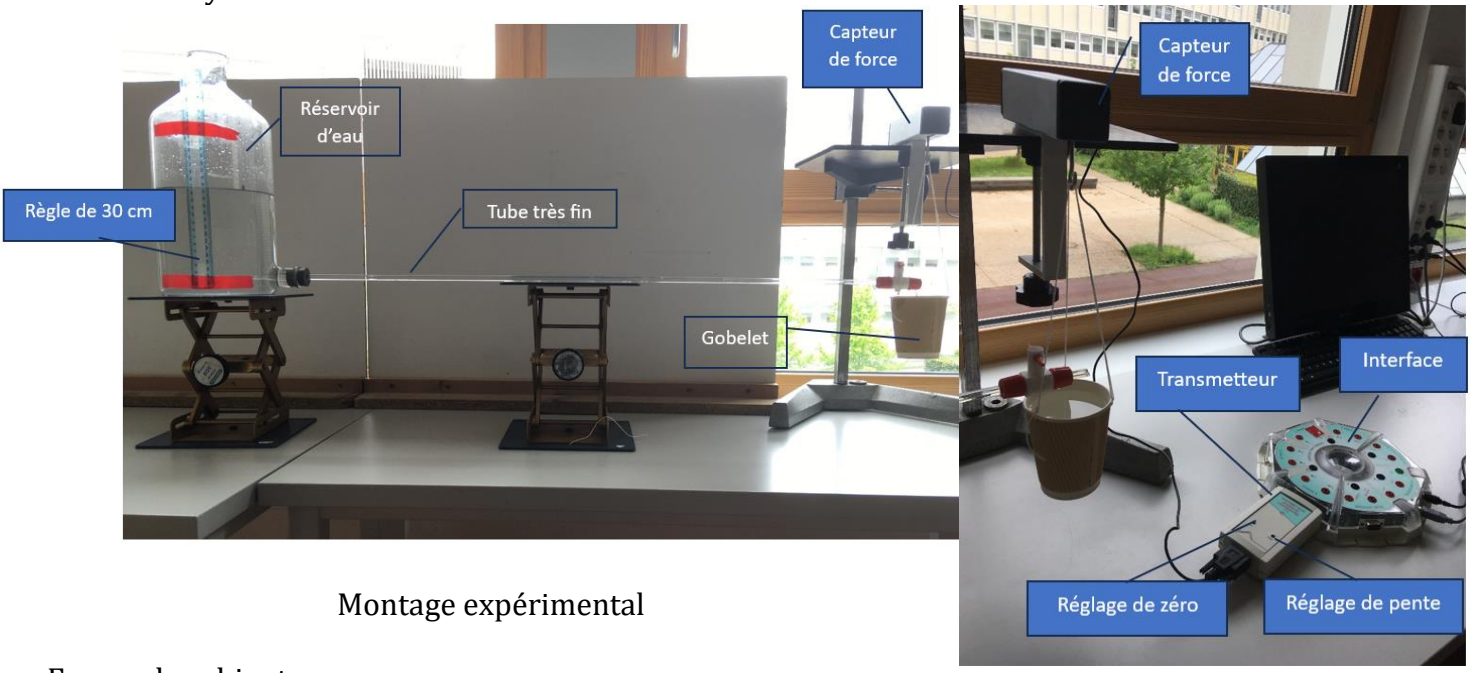
Son **expression** est donnée alors par $\boxed{R_H = 8\eta \frac{L}{\pi r^4}}$ où L est la longueur du tube.

2. ***Questions à préparer***

Quelle est l'unité SI de pression ?
Exprimer ΔP en fonction de μ, g et h.
Quelle est l'unité SI de débit volumique Dv ?
En déduire l'unité de la résistance hydraulique.
A quelle relation est analogue la définition de la résistance hydraulique ?
Est-ce que les deux expressions sont totalement analogues ?
Déterminer l'unité de η en fonction de kg, m et s. Montrer qu'on peut exprimer η en Pa.s
Quelle relation a-t-on entre la masse de liquide écoulée m(t) et Dv ?
A partir d'une analyse dimensionnelle, relier Dv, v et s la section du tube.

3. **Manipulations**

La masse d'eau écoulée m(t) est mesurée en fonction du temps à l'aide d'un capteur de force reliée à l'interface sysam.



Montage expérimental

Fermer le robinet.
Remplir le vase au maximum dans sa partie cylindrique.
La valeur de h est réglée en s'aidant des graduations de la tige métallique : la plus haute correspond à h = 0, les suivantes sont placées tous les 5,0 cm. Coulisser la tige pour avoir h = 10,0 cm.
Etalonner le capteur de force.
Suspendre le gobelet de récupération d'eau au capteur de force.
Ouvrir le robinet afin de purger les bulles d'air, puis refermer.
Lancer l'acquisition sur une durée de 4 min environ.

4. **Exploitation**

Données : 2r = 2,74 ± 0,03 mm ; L = 100,0 ± 0,1 cm. μ est la masse volumique de l'eau

Exporter les données dans un fichier csv.
Récupérer les données dans un script python et les traiter avec le script regression_lineaire_MC.
Calculer ΔP et déterminer D_v.
Exploiter ces résultats pour en déduire à l'aide d'une modélisation, la résistance hydraulique du tube, puis la viscosité dynamique de l'eau.
Valider la méthode en calculant le nombre de Reynolds dans le tube.

3. Mesure de la viscosité de la glycérine :

1. Manipulation :

On a filmé la progression de la glycérine, de viscosité η, de masse volumique $\mu_g = 1260$ kg.m^{-3} dans un tube horizontal fin de rayon r = 1,37 ± 0,03 mm , soumis à une différence de pression

$$\Delta P = \mu_g g h \text{ avec } h = 11{,}0 \pm 0{,}2 \text{ cm}$$

Le film se trouve sur le répertoire de TP et se nomme ViscoTube.mp4.
Mesurer l'abscisse x de l'interface glycérine-air en fonction du temps t.

2. Exploitation :

On montre que pour les phénomènes de diffusion x^2 est proportionnel à t.
Quelle est l'unité du coefficient de proportionnalité D ?
On souhaite tester si l'écoulement visqueux est un écoulement diffusif.
Proposer une exploitation des données qui permette de tester ce modèle.
Calculer la valeur de la pente avec son incertitude.

Une modélisation montre que cette pente est égale à :

$$D = \frac{\mu_g g h r^2}{2\eta}$$

Réaliser une analyse dimensionnelle pour D, et calculer la viscosité de la glycérine.