



Objectif

Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.

Matériel

1 éprouvette graduée, glycérine, 1 pied à coulisses, 1 balance, 1 chronomètre, 1 caméra et un logiciel d'acquisition vidéo, 1 ordinateur équipé du logiciel Tracker.



La viscosité caractérise les propriétés d'écoulement d'un fluide. Assimilable à un coefficient de frottements entre les constituants, son unité est le Poiseuille. Plus la viscosité est importante, moins le fluide s'écoule facilement

Les mouvements que nous observons se déroulent principalement dans l'air et éventuellement dans d'autres fluides comme l'eau. Pour aboutir à une modélisation réaliste, il est donc nécessaire de prendre en compte les frottements qui s'opèrent entre le système étudié et le fluide dans lequel il se déplace. Dans le cas de vitesses relatives faibles, la force de frottements solide-fluide à considérer est souvent linéaire.

Comment mettre en évidence et caractériser une force de frottements fluides ?

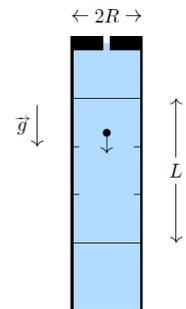
Cette fiche permet de prendre des notes pendant la séance de travaux pratiques. Le compte-rendu visera quant à lui à apporter une réponse à la problématique par une schématisation et une rédaction soignée.

----- Conception d'un protocole expérimental

On étudie la chute d'une bille sphérique de rayon r et de masse volumique ρ_{bille} dans une éprouvette cylindrique remplie d'un fluide visqueux de masse volumique ρ_f . Le mouvement de la bille est régi par trois forces : le poids \vec{P} , la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ et une force de frottement fluide \vec{F} . Dans le référentiel du laboratoire, la seconde loi de Newton appliquée à la bille s'écrit :

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} + \vec{\Pi} + \vec{F}.$$

La force de frottement fluide sera modélisée par une force linéaire, c'est-à-dire qu'elle s'exprime comme une fonction linéaire de la vitesse de coefficient k .



- Établir l'équation différentielle du premier ordre sur la vitesse v_y régissant la chute de la bille. En déduire l'existence d'une vitesse limite $v_{y,lim}$ que l'on exprimera en fonction des données du problème.

- Proposer un protocole pour estimer le coefficient k en exploitant une acquisition vidéo. Appeler le professeur.

----- **Mise en œuvre d'un protocole expérimental**

On s'intéresse au comportement mécanique de la glycérine, dont on souhaite déterminer le coefficient k . Plus la qualité de l'acquisition vidéo sera grande, plus la valeur de k déterminée sera précise. Il est capital d'anticiper les influences de paramètres expérimentaux sur la qualité des données expérimentales (dans notre cas une vidéo).

Compléter le tableau suivant en reliant les différents éléments entre eux.

Source d'incertitude			Paramètre expérimental			Influence sur la qualité du pointage
Contraste	•	•	Distance de la caméra	•	•	Visualisation du contour de la bille
Parallaxe	•	•	Axe de la caméra	•	•	Repérage du pixel centre d'inertie
Taille de l'image	•	•	Eclairage du système	•	•	Variation artificielle des écarts de positions

- Réaliser le montage expérimental. *Appeler le professeur.*
 Réaliser l'acquisition de la vidéo et transférer le fichier sur un ordinateur.

m_{bille}	=	\pm	___
r_{bille}	=	\pm	___
ρ_{gly}	=	\pm	___

----- **Traitement des données expérimentales**

- Réaliser le pointage du mouvement de la bille sur la vidéo à l'aide du logiciel Tracker.
 Représenter graphiquement l'évolution de la vitesse verticale au cours du temps. *Appeler le professeur.*

----- **Exploitation des données expérimentales**

- Estimer le temps caractéristique τ du régime transitoire.
 Estimer la valeur de la vitesse limite v_{lim} et l'incertitude Δv_{lim} associée.

τ	=	\pm	___
Δv_{lim}	=	\pm	___

Exploiter les données précédentes pour déterminer la valeur du coefficient de frottement k de votre expérience, puis estimer l'incertitude associée par une approche statistique (*incertitudes de type A*). *Appeler le professeur.*



----- **Exploitation des résultats**

Dans le cas d'une bille homogène parfaitement sphérique, la force linéaire de frottement visqueux est donnée par la formule de Stokes (éq. 1). Pour une éprouvette de rayon R , des effets de bords se manifestent sur les parois et leur modélisation conduit à une correction de la formule (éq. 2).

$$\vec{F} = -6\pi\eta r \vec{v} \quad (\text{éq. 1}) \qquad \vec{F} = -6\pi\eta \frac{r}{1 - 2.1\frac{r}{R}} \vec{v} \quad (\text{éq. 2})$$

- Mesurer la valeurs de R en précisant les incertitudes associées.
 Exprimer puis calculer la viscosité η de la glycérine.

R	=	\pm	___
η	=		
	=	\pm	___

La glycérine est un mélange de glycérol et d'eau qui tend à s'hydrater de plus en plus au contact de l'air. Le tableau ci-après recense des valeurs de viscosité du glycérol pour différentes température et degré d'hydratation.

Glycérol	pur (20 °C)	pur (25 °C)	hydraté (96% en masse, 20 °C)
η (Pa · s)	1.46	0.934	0.648

Commenter la compatibilité des résultats obtenues avec les valeurs tabulées.

Expliquer en quoi la méthode est difficilement réalisable pour déterminer la viscosité de l'air.