

TP 13 : Détermination d'une viscosité



Compétences expérimentales exigibles du programme :

- ✓ Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force à l'aide de l'analyse d'un mouvement enregistré.
- ✓ Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.



But du TP

Déterminer la viscosité du glycérol.

Matériel :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> — vidéo d'une bille qui chute dans de glycérol — logiciel Latis Pro — éprouvette remplie de glycérol et bille | <ul style="list-style-type: none"> — balance — pied à coulisse — chronomètre |
|---|---|

I La viscosité



Pourquoi les liquides se comportent-ils différemment lorsqu'ils s'écoulent ?

Ces différences de comportement s'expliquent par la friction à l'intérieur d'un fluide, due à l'attraction moléculaire, ce qui fait que le fluide résiste à son propre écoulement. On appelle viscosité la grandeur physique qui caractérise ce phénomène : c'est la mesure du frottement des couches de fluides les unes sur les autres. Plus ce frottement est important, plus le fluide est visqueux, et plus il faudra déployer de force pour déplacer le fluide. Inversement, si ce frottement est moins important, il s'écoulera plus facilement, et sera moins visqueux.

La viscosité se note η et s'exprime en pascal-seconde (Pa·s). Voici des ordres de grandeurs de la viscosité de matériaux connus :

| Matériau | Viscosité η en mPa·s |
|---------------|---------------------------|
| eau | 1 |
| huile d'olive | 10^2 |
| miel | 10^4 |

Pourquoi mesurer une viscosité ?

La connaissance de la viscosité d'un matériau est utile pour une multitude d'applications, telles que le contrôle de la qualité final d'un produit (comme les peintures, les huiles, les cosmétiques), la connaissance de l'avancement de réactions physico-chimiques, etc.

II Étude théorique

On étudie la chute d'une bille sphérique de rayon r , de masse m et de masse volumique ρ_{bille} dans une éprouvette cylindrique remplie d'un fluide visqueux de masse volumique ρ_{fluide} . Le mouvement est régi par trois forces :

- le poids
- la poussée d'Archimède
- la force de frottement fluide

Rappel : la poussée d'Archimède pour un objet totalement immergé est une force opposée au poids et dont la norme est égale au poids du fluide déplacé.

On peut modéliser la force de frottement fluide par la formule de Stokes :

$$\vec{F} = -6\pi\eta R \vec{v}$$

si les conditions ci-dessous sont respectées :

- le rayon de la bille est petit devant le rayon du cylindre
- l'écoulement est laminaire (= il n'est pas turbulent)
- le fond du cylindre n'a pas d'influence sur l'écoulement

Q1. Faire un schéma.

Q2. Montrer que : $m \frac{d\vec{v}}{dt} = -6\pi\eta r \vec{v} + \frac{4\pi r^3}{3}(\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{fluide}})\vec{g}$

Q3. En déduire que la vitesse subit un régime transitoire de temps caractéristique τ dont on donnera l'expression.

Q4. Montrer que la vitesse atteint une valeur limite v_{lim} au bout de quelques τ donner l'expression de v_{lim} en fonction des paramètres du problème.

III Étude expérimentale

III.1 Analyse de la vidéo fournie

Proposer et mettre en œuvre un protocole pour mesurer le plus précisément possible la viscosité du glycérol et estimer l'incertitude-type sur la valeur obtenue.

Notice simplifiée de Latis Pro

Pour traiter une vidéo avec le logiciel latis Pro :

- ① Lancer le logiciel Latis Pro et choisir « Analyse de séquences vidéos » dans le menu « Édition », ou cliquer sur l'icône .
- ② Ouvrir le fichier `Chute d'une bille d'acier dans le glycérol.avi`
- ③ Positionner l'origine du repère et établir l'échelle en renseignant l'étalon.
- ④ Repérer les positions de la bille (ne pas pointer toutes les positions car elles sont trop proches, faire défiler plusieurs images entre deux pointages).
- ⑤ Fermer la séquence vidéo, les coordonnées $x(\text{Temps})$ $y(\text{Temps})$ doivent se trouver dans la liste des courbes sur la gauche de l'écran.
- ⑥ Afficher la courbe souhaitée en l'amenant sur la zone de graphique avec la souris.
- ⑦ Utiliser les fonctionnalités de l'onglet « Traitements » pour exploiter les données brutes (modélisation, lissage, dérivée, etc...)

III.2 Expérience (s'il reste du temps)

On souhaite déterminer la viscosité du glycérol sans acquisition et/ou traitement numérique.

Rédiger le protocole de l'expérience qui permettrait cette mesure, et estimer l'incertitude-type associée à la valeur obtenue.

Comparer les résultats obtenus par les deux méthodes.