

## TP : Dynamique de la chute d'une bille dans un fluide visqueux

**Matériel** : éprouvette graduée contenant de la glycérine, bille, système de chronophotographie (MécaChrono), excel.

### Objectifs

- Étudier le mouvement d'une bille dans un fluide visqueux.
- Distinguer le régime initial (transitoire) du régime permanent (vitesse limite).
- Déterminer la viscosité  $\eta$  du fluide.

### Données et Hypothèses

- **Rayon de la bille (r)** :  $12,5 \times 10^{-3}$  m
- **Masse volumique du fluide ( $\rho_f$ )** : 860 kg/m<sup>3</sup>
- **Masse volumique choisie ( $\rho_s$ )** : 8060 kg/m<sup>3</sup> (Acier).
- **Accélération de la pesanteur (g)** : 9,81 m/s<sup>2</sup>
- **La viscosité de la glycérine varie énormément avec la température.** À 20°C, la valeur de la viscosité de la glycérine pure est d'environ 1,49 Pa·s, à 15°C, elle est de 3,01 Pa·s.

### **1. Étude de la chute d'une bille dans la glycérine**

**Objectif** : Déterminer la viscosité ( $\eta$ ) de la glycérine en étudiant le mouvement d'une bille

#### 1.1. Exploitation des mesures (Tableau Excel)

- Tracé du graphique  $y=f(t)$

Utiliser les colonnes "temps (s)" et "y (m)" pour tracer la position en fonction du temps. Commenter.

- Calcul de la vitesse

Ajouter une colonne dans le tableau pour calculer la vitesse instantanée  $v_i$  entre deux points :

$$v_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{t_{i+1} - t_i}$$

- Tracé du graphique  $v = f(t)$

Tracer ensuite  $v = f(t)$ . Commenter.

#### 1.2. Analyse Théorique

Lors de la chute, la bille est soumise à trois forces :

- **le poids** :  $P = m \cdot g = \rho_s \cdot V \cdot g$
- **la poussée d'Archimède** :  $\Pi = \rho_f \cdot V \cdot g$
- **la force de frottement visqueux (Loi de Stokes)** :  $f = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$

À la vitesse limite ( $v_{lim}$ ), la somme des forces est nulle :  $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = \vec{0}$

En projetant sur l'axe vertical (vers le bas), on obtient l'expression de la viscosité  $\eta$  :

$$\eta = \frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_f)}{9 \cdot v_{lim}}$$

#### 1.3. Questions

- **Caractérisation du mouvement** : déterminer graphiquement la durée du régime transitoire. À partir de quel instant peut-on considérer que la vitesse est constante ?

- **Calcul de la vitesse limite** : calculer la moyenne des vitesses sur les 5 derniers points du tableau.

- **Calcul de la viscosité** : en utilisant la formule ci-dessus, calculer la viscosité  $\eta$  du fluide utilisé.

- **Interprétation** : comparer la valeur expérimentale avec la valeur théorique. Si l'écart est grand, quels sont les facteurs d'erreur (effet des parois du tube, précision du pointage...) ?

## TP de Physique : Étude de la chute sur plan incliné

**Objectif :** étudier le mouvement d'une bille sur un plan incliné, calculer sa vitesse, déterminer son accélération expérimentale et valider un modèle théorique.

### 1. Travail Préalable : Bilan des forces

Le système étudié est une bille de masse  $m$  sur un plan incliné d'un angle  $\alpha=28^\circ$ . On néglige les frottements de l'air.

1. Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur la bille.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans l'hypothèse d'un glissement parfait sans frottement, montrer que l'accélération théorique est :  $a_{th}=g \cdot \sin(\alpha)$ . (utiliser un repère incliné selon la pente ; pour la pratique on ne peut pas l'orienter selon l'angle il faut choisir l'axe horizontal vers la gauche, l'axe vertical vers le haut et l'origine en  $M_0(t=0)$ ).
3. Calculer la valeur de  $a_{th}$  pour  $\alpha=28^\circ$  et  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ .

### 2. Exploitation des mesures (Tableau Excel)

À l'aide du tableau de données fourni par **MécaChrono** :

**Calcul de la vitesse** : dans une nouvelle colonne "Vitesse V (m/s)", calculer la vitesse instantanée pour chaque point (excepté le premier et le dernier) en utilisant la formule :

$$V_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

**Tracé du graphique** : Tracer sur Excel la courbe  $V=f(t)$  représentant la vitesse en fonction du temps.

**Modélisation** : Ajouter une courbe de tendance linéaire. Relever l'équation de la droite de type  $y=ax+b$ .

**Détermination de l'accélération** : identifier la grandeur physique correspondant au coefficient directeur (pente) de cette droite. Noter cette valeur  $a_{exp}$ . Que représente  $b$  ?

### 3. Analyse et ajustement du modèle

**Comparaison** : calculer l'écart relatif en pourcentage      
$$\text{Écart \%} = \frac{|a_{th} - a_{exp}|}{a_{th}} \times 100$$

**Interprétation** : l'écart constaté est important ( $\approx 30\%$ ). Expliquez pourquoi le modèle "glissement pur" n'est pas adapté ici alors que l'objet est une bille.

**Ajustement (Modèle de roulement)** : pour une bille pleine qui roule sans glisser, l'énergie se répartit entre translation et rotation. L'accélération théorique devient :  $a_{roulement} = 5/7 \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

**Calcul final** : Calculer cette nouvelle valeur théorique pour  $\alpha=28^\circ$ . Conclure sur la précision de vos mesures par rapport à ce nouveau modèle.

### 4. Conclusion

- Le mouvement est-il rectiligne uniformément varié ? Justifiez.
- Quels sont les principaux facteurs pouvant encore expliquer les légères différences (incertitude sur l'angle, frottements résiduels, précision du pointage vidéo) ?

## TP : Étude du Pendule Pesant

**Objectif :** déterminer la période des oscillations et comparer à la valeur théorique.

### I. Dispositif Expérimental

- **Matériel :** Un pendule (masse  $m$  suspendue à un fil de longueur  $L$ ), un support vertical, une règle pour l'étalonnage.
- **Protocole :** On écarte le pendule de sa position d'équilibre et on le lâche sans vitesse initiale. Le mouvement est filmé, puis traité avec **MecaChrono et excel**.
- **Données :**
  - Masse :  $m = 0,023 \text{ kg}$
  - Longueur :  $L = 0,27 \text{ m}$
  - Champ de pesanteur :  $g=9,81 \text{ m/s}^2$

### II. Exploitation des mesures

Pointer les position de la balle sur une période (un allé retour). Les valeurs obtenues par pointage sont regroupées dans un tableau de valeurs ( $t, x, y$ ) :

#### 1. Analyse de la trajectoire

Tracer  $y = f(x)$  Conclure. Vérifier la valeur de la longueur du fil.

#### 2. Étude de la période

Déterminer le temps pour une oscillation complète :  $T_{\text{exp.}}$

$$\text{Période théorique : } T_{th} = 2\pi \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}$$

Déterminer l'écart relatif :  $\frac{|T_{th} - T_{exp}|}{T_{th}} \times 100$ .