

# Préparation Scientifique à l'Enseignement Supérieur

## Physique – mécanique – 10.02.2024 – pierre.boudinet@ac-besancon.fr

*Utilisation d'une chute avec frottements pour des mesures*

### 1. Rebond d'une balle et mesure de l'intensité du champ de pesanteur

On peut enregistrer le son d'une balle lâchée d'une hauteur  $H$  et rebondissant plusieurs fois sur une surface horizontale dure immobile. Cette mesure permet d'en déduire, notamment, l'intensité du champ de pesanteur.

#### 1. Notions préliminaires

Lorsque la balle touche la surface dure, sa vitesse change de sens. L'énergie cinétique n'est pas totalement conservée, une fraction  $1 - \eta$  est dissipée sous forme de frottement et une fraction  $\eta$  seulement est restituée ;  $\eta$  se nomme le coefficient de restitution.

**Activité :** faire un schéma qualitatif donnant l'évolution de l'altitude de la balle au cours du temps tenant compte de  $0 \leq \eta \leq 1$

#### 2. Lien entre durée et hauteur

On note  $H$  la hauteur initiale de lâcher de la balle.

**Activité :** justifier que la hauteur atteinte après le  $n^{\text{ième}}$  rebond est  $H \eta^n$ .

**Activité :** pour un lâcher de hauteur  $H$ , justifier que le temps mis par la balle pour atteindre la surface dure est  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$  si  $g$  désigne l'intensité du champ de pesanteur.

**Activité :** justifier que la durée entre le  $n^{\text{ième}}$  et le  $n+1^{\text{ième}}$  choc est  $2\eta^{\frac{n}{2}} \sqrt{\frac{2H}{g}}$

#### 3. Exploitation de données expérimentales

**Activité :** en exploitant les dates des premiers chocs, proposer un protocole permettant de déterminer  $\eta$

**Activité :** Avec  $H = 45$  cm, en déduite une valeur de  $g$

**Activité :** évaluer la moyenne de  $\eta$  et  $g$  et la dispersion autour de la moyenne (précision des mesures)

## 2. Chute d'une bille dans un fluide visqueux

### 1. Notions préliminaires

Une bille sphérique de masse volumique  $\rho$  et de rayon  $R$  soumise à un champ de pesanteur  $\vec{g}$  a un poids  $\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \vec{g}$ .

Quand elle est immergée dans un fluide de masse volumique  $\rho_F$  et viscosité dynamique  $\nu$ , elle subit en outre la poussée d'Archimède  $-\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_F \vec{g}$ , une force de frottement fluide laminaire  $-6\pi \nu R \vec{v}$  si  $\vec{v}$  désigne sa vitesse (cette expression étant invalide pour des vitesses trop élevées – régime turbulent).

**Activité :** effectuer un schéma illustrant le bilan des forces et justifier que l'unité de la viscosité est le Poise ou Pascal par seconde :  $[\nu] = Pa \cdot s$

### 2. Vitesse en régime permanent

Lorsque la vitesse de la bille ne varie plus, la somme des forces s'exerçant dessus est nulle.

**Activité :** exprimer  $\vec{v}$  en fonction notamment de  $\vec{g}$ , vérifier que la vitesse-limite est nulle si  $\rho_F \rightarrow \rho$ .

### 3. Durée de chute

Pour une chute en régime permanent sur une hauteur  $L$ , la durée de chute est  $t = \frac{L}{\|\vec{v}\|} = \frac{L}{v}$ .

**Activité :** vérifier que  $t = \frac{9 \nu L}{2 R^2 (\rho - \rho_F) g}$

### 4. Extraire la viscosité

**Activité :** On peut effectuer une série d'expériences pour les quelles, à  $H$  donnée,  $t$  est mesurée en fonction de différents rayons. Proposer un traitement des données de façon à extraire  $\nu$  des mesures.

### 5. Vérifier le régime permanent

Le protocole expérimental mentionné plus haut suppose que la vitesse-limite correspondant au régime permanent est atteinte rapidement : le temps caractéristique  $\tau$  correspondant doit être très faible devant  $t$ .

**Activité :** par analyse dimensionnelle proposer un ordre de grandeur de  $\tau$ . Avec des billes en acier ( $\rho = 7800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) chutant de quelques dizaines de centimètres dans de la glycérine ( $\nu \approx 1 \text{ S.I.}$ ), vérifier que  $\tau \ll t$ .