

TP 9 : Mouvements de chute

Les points du programme :

- Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.

Objectifs :

1. Déterminer expérimentalement si les frottements sont négligeables lors d'un mouvement.
2. Dans le cas où les frottements ne sont pas négligeables, estimer les caractéristiques des frottements à partir de la détermination expérimentale de la vitesse limite.

Matériel :

- Une balle de golf ou de tennis ;
- Une bille + éprouvette remplie de glycérol ;
- Un volant de badminton ;
- Un ordinateur avec PyMecaVideo et Regressi ;

1. Etude d'un mouvement parabolique

Rappel concernant la chute libre

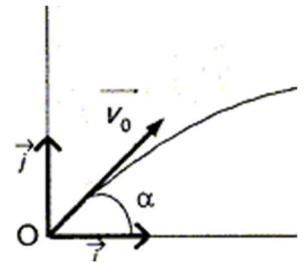
En appliquant la 2ème loi de Newton à un objet en chute libre lancé dans un plan vertical d'un point O avec une vitesse initiale \vec{v}_0 (incliné d'un angle α avec l'horizontal) on trouve les relations suivantes :

- équations horaires :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t$$

- équation de la trajectoire : $y(x) = -\frac{g}{2(v_0 \cdot \cos(\alpha))^2} \cdot x^2 + \tan(\alpha) \cdot x$



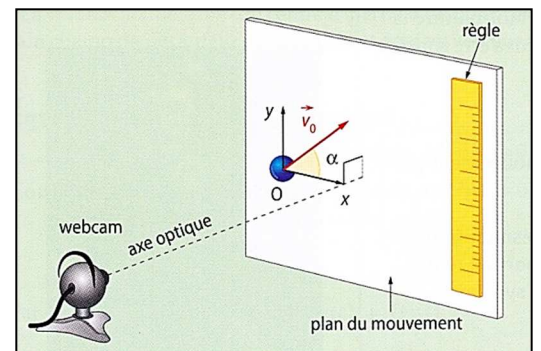
a. Réalisation d'un enregistrement vidéo

- Réaliser un enregistrement vidéo d'un mouvement parabolique pour une « balle » au choix (balle de golf, de tennis ou volant de badminton).

Attention à la parallaxe et à bien prévoir un repère pour définir l'échelle lors du pointage.

b. Pointage

- Ouvrir la vidéo dans le logiciel Pymécavidéo. (disponible ici : <http://physique.discipline.ac-lille.fr/lycee/ressources-lycees/pymecavideo/view>).
- Définir l'échelle (donner la valeur puis donner la correspondance sur l'écran en cliquant aux deux extrémités de la règle).
- Choisir l'image correspondant réellement au moment où la balle quitte la main du lanceur.
- Positionner le repère sur la position initiale de la balle.
- Effectuer le pointage.



c. Modélisation

- Dans l'onglet « Coordonnées » de pymécavidéo, sélectionner les 3 colonnes et faire « Copier les mesures dans le presse papier ».
- Ouvrir Regressi puis Fichier → Nouveau → Presse-Papiers. Les données sont alors exploitables.
- Afficher $x(t)$ et $y(t)$ puis modéliser ces courbes en vous aidant des équations horaires théoriques obtenues en classe pour la chute libre.

Q1. Votre modélisation est-elle en accord avec les équations horaires d'une chute libre ?
Conclure sur l'hypothèse concernant les frottements.

d. Exploitation

Pour la balle de golf :

Q2. A partir de votre modélisation, déterminer la valeur de l'accélération due à la pesanteur. Comparer avec la valeur de référence $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ (utilisation de l'incertitude-type, voir fiche « Incertitudes »).

- Tracer la trajectoire $y = f(x)$ puis modéliser celle-ci en utilisant la même forme que l'expression théorique de la trajectoire.

Q3. Déterminer grâce à votre modélisation la valeur de $\tan(\alpha)$ puis de α , angle avec lequel la balle a été lancée.

Q4. Dédurre de votre modélisation et de la valeur de α la valeur de la vitesse initiale v_0 .

Pour le volant de badminton :

- Dans le tableau des valeurs, ajouter une nouvelle colonne, choisir « dérivée » et construire v_x , vitesse selon x du volant. Cocher la case option afin d'obtenir une courbe lissée (réglages par défaut OK).

- Faire de même pour v_y , vitesse selon y du volant.

- Tracer $v_x = f(t)$ et $v_y = f(t)$.

Q5. Quelles différences constatez-vous par rapport à l'évolution de la vitesse pour une chute libre ? Comment l'expliquer ?

2. Détermination de la viscosité dynamique du glycérol

Une bille métallique de masse m chute dans un milieu de viscosité η . La force de frottement visqueux qui s'exerce sur un objet sphérique à faible vitesse vaut (formule de Stokes)

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

où R est le rayon de la bille et \vec{v} sa vitesse.

Grâce à un bilan des forces et le PFD, on peut montrer l'existence d'une vitesse limite et en déduire son expression :

$$v_{\text{lim}} = \frac{2}{9} \cdot g \cdot \frac{R^2}{\eta} \cdot (\rho_b - \rho_f)$$

Où ρ_b est la masse volumique de la bille et ρ_f est la masse volumique du fluide.

- Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la viscosité dynamique du glycérol en utilisant des données ci-dessous.
- Réaliser ce protocole après accord de l'enseignant.

Données :

- densité du glycérol : $d_f = 1,26$;
- densité de l'acier : $d_b = 7,6$;
- rayon des billes : $R = 4 \text{ mm}$ (à vérifier au pied à coulisse)
- La viscosité du glycérol dépend de la température et de son hydratation, elle varie entre $0,5 \text{ Pa.s}$ ou moins s'il est hydraté et $1,5 \text{ Pa.s}$ s'il est pur à 20 °C .

Pour vous entraîner

Q6. Effectuer le bilan des forces et le PFD afin de retrouver l'expression de la vitesse limite.

Q7. Par une analyse dimensionnelle de la formule de Stokes, retrouver l'unité de la viscosité dynamique.