

TP2 : Étude cinématique et énergétique d'un volant de badminton et d'une balle de golf

Objectifs :

- Réaliser un pointage vidéo avec PyMecavideo.
- Exploiter des données expérimentales à l'aide de Python et Regressi.
- Étudier l'évolution de la vitesse et de l'énergie mécanique.
- Comparer les effets des frottements de l'air sur deux mobiles : un volant de badminton et une balle de golf.

Document 1 Rappel : théorème de l'énergie mécanique

La variation de l'énergie mécanique d'un système entre deux positions A et B est égale au travail des forces de frottement qui s'exercent sur lui. On a alors :

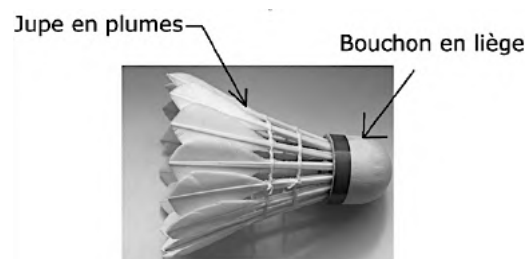
$$\Delta E_M = E_M(B) - E_M(A) = W_{AB}(\vec{f}) \quad \text{où } E_m = E_c + E_p \text{ et } \vec{f} \text{ désigne la résultante des forces de frottement.}$$

Document 2 Badminton

Au badminton, il existe trois types de volants. Celui qui est utilisé en compétition est constitué d'un bouchon en liège et d'une jupe en plumes.

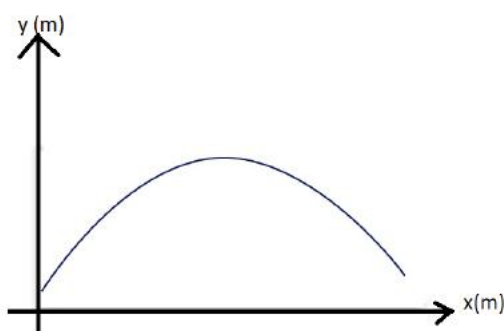
Avant de commencer un match, il est possible de tester le volant afin de voir si sa vitesse est convenable. Si celle-ci n'est pas adaptée (notamment à cause de la température) et après accord de l'arbitre et de l'adversaire, le joueur peut décider de le « casser », c'est-à-dire plier quelques plumes vers l'intérieur ou vers l'extérieur de la jupe.

Le but de cette épreuve est d'étudier comment « casser » le volant pour augmenter sa vitesse.

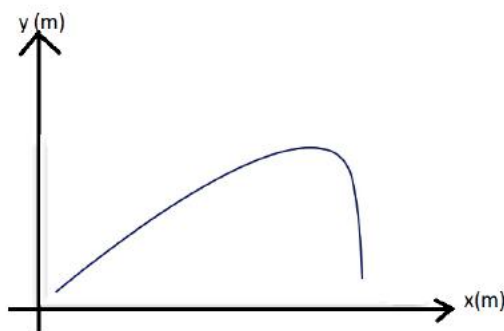


Contrairement au volant en plastique, utilisé par les débutants, dont la trajectoire est proche d'une parabole, le volant en plumes possède une trajectoire particulière appelée « trajectoire parachute ». C'est cette trajectoire idéale qui est recherchée en compétition : le volant monte presque en ligne droite puis redescend pratiquement à la verticale.

Trajectoire d'un volant « plastique »



Trajectoire d'un volant « plume »



Document 3 Vidéo de lancer

La vidéo de lancer du volant intitulée : « volant.avi » a été tournée en utilisant une règle rouge pour étalon. Cette règle mesure $L = 1,81$ m. Le volant a une masse $m = 5,35$ g.

Cette vidéo peut être exploitée par pymecavideo à partir de l'image n°2.

On suppose dans cette étude que la poussée d'Archimède est négligeable devant les autres forces.

1. Formuler une hypothèse permettant d'expliquer la différence de trajectoire observée entre un volant en plastique et un volant en plumes.
2. Proposer une ou plusieurs grandeurs physiques dont l'évolution au cours du temps permettrait de tester cette hypothèse.

3. Proposer un protocole expérimental permettant de tester l'hypothèse formulée, à partir de la vidéo nommée « volant.avi » et du programme Python fourni « badminton.py ». Préciser les grandeurs à calculer, les courbes à tracer et les critères permettant de valider ou d'infirmer l'hypothèse.

Remarque : ne pas modifier le programme Python « *badminton.py* » à ce stade. Le fichier « *donnees.py* » présent dans le même dossier ne doit être ni ouvert, ni modifié. Il permet l'importation des données.

Mettre en œuvre le protocole proposé dans la question 3.

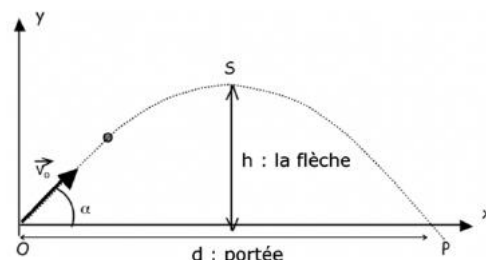
4. Se rendre à la partie « Travail à réaliser par le candidat » du programme « badminton.py ». À l'aide de la fiche méthode de programmation Python, effectuer les travaux 1, 2, 3 et 4 puis exécuter le programme.
5. Les résultats expérimentaux obtenus sont-ils en accord avec l'hypothèse formulée à la question 1 ? Justifier.
6. Un joueur souhaite augmenter la vitesse du volant en le « cassant ». Doit-il plier les plumes vers l'intérieur ou vers l'extérieur ? Justifier.

Deuxième expérience

Après l'étude du volant de badminton, cette deuxième expérience permet de réinvestir l'exploitation de données avec Regressi sur un mouvement parabolique.

Document 4 Balle de Golf

Après l'étude du volant de badminton, nous allons analyser le mouvement d'une balle de golf de masse $m = 45 \text{ g}$ est lancée avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ dans le champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$. La comparaison des résultats obtenus permettra de mettre en évidence les caractéristiques propres à chacun de ces deux mobiles. Les frottements sont négligés. Dans ces conditions, sa trajectoire est une parabole d'altitude maximale h (Point S). L'angle de tir est noté α . La balle touche le sol à une distance d .



Pointage

- Dans Pymecavideo, ouvrir la vidéo « golf2.avi »
- Choisissez comme origine le premier point du mouvement, c'est-à-dire quand la balle quitte la main du lanceur. En ce point $x = y = 0$ et $t = 0$.
- Définissez l'échelle (la hauteur du volet est de **79 cm**) et sélectionnez l'option axe orienté vers le haut et la droite.
- Procédez ensuite au pointage des différentes positions de la balle.
- Transférez enfin les mesures vers REGRESSI.

Étude de la vitesse

A partir du fichier obtenu (triplets t, x, y), ajoutez deux colonnes supplémentaires contenant les dérivées v_x et v_y . (voir ci-contre)



7. Dans Regressi, tracez sur un même graphique $v_x(t)$ et $v_y(t)$ puis modélisez les courbes obtenues.
8. Vérifiez que l'accélération de la balle correspond à l'intensité du champ de pesanteur (cas de la chute libre).
9. Notez les valeurs de v_{0x} et de v_{0y} en déduire la vitesse initiale v_0 ainsi que l'angle α que fait le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ avec l'horizontale.

Étude de la trajectoire

10. Dans Regressi, ajouter les vecteurs vitesse et accélération et modélisez ensuite la trajectoire par une parabole et relèverez ses paramètres.

Étude énergétique

11. Tracer sur un même graphique $E_c(t)$, $E_p(t)$ et $E_m(t)$
12. À quels instants observe-t-on une diminution de l'énergie mécanique de la balle de golf ?
13. Comparer l'évolution de l'énergie mécanique du volant et de la balle de golf. Que peut-on conclure concernant l'importance des forces de frottement dans chaque cas ?

