



MOUVEMENT PARABOLIQUE

Objectifs : étudier les éléments de cinématique d'un système à l'aide d'un pointage vidéo



Problématique : Une balle est lancée avec une vitesse initiale non verticale. L'enregistrement vidéo permet de repérer ses positions à intervalles de temps réguliers.

Comment exploiter la vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement de son centre de masse ?

Dispositif expérimental



Le mouvement étudié est celui d'une balle de tennis en chute libre, filmé par une caméra qui enregistre une image toutes les 40 ms. Lors d'une chute libre, le système n'est soumis qu'à une seule force, le poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$. Si d'autres forces s'exerce, on parle de chute libre si elles ne sont pas prises en compte, leur norme étant négligeable face au poids du système. Dans le cas étudié, le champs de pesanteur de la Terre sera supposé uniforme et sa norme vaut $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Protocole d'analyse de séquences vidéo



- Démarre le logiciel Latis-Pro® et ouvrir le clip vidéo « Mvt parabolique » ;
- « Sélection de l'origine » : se placer sur l'image 5 et placer un repère $\uparrow$ sur le sol, à la verticale de la balle de tennis ;
- « Sélection de l'étalon » : sélectionner le motard : il mesure 1,85 m ;
- « Sélection manuelle des points » : pointer la position de la balle de l'image 5 jusqu'à son arrivée au sol (en cas d'erreur lors d'un pointé, on peut revenir sur l'image où il a été fait et le recommencer) ;
- dans le module « Courbes », renommer les variables "Mouvement X" et "Mouvement Y" en "x" et "y" seulement ;
- afficher la trajectoire de la balle, c'est-à-dire la courbe $y = f(x)$;
- à l'aide du module de modélisation, déterminer et consigner l'équation de la trajectoire ;
- afficher les équations horaires $y(t)$ et $x(t)$ sur un même graphique ;
- à l'aide du module de modélisation, déterminer et consigner les équations correspondantes ;
- dans le menu « Traitements », sélectionner « Calculs spécifiques / Dérivée » et créer les grandeurs $v_x = \frac{dx(t)}{dt}$ et $v_y = \frac{dy(t)}{dt}$;
- dans le module « Courbes », renommer les variables "Dérivée de x" et "Dérivée de y" en "vx" et "vy" ;
- afficher les équations horaires des vitesses $v_x(t)$ et $v_y(t)$ sur un même graphique ;
- à l'aide du module de modélisation, déterminer et consigner les équations correspondantes.

RÉALISER

Suivre un protocole

A B C D

1. Définir le système et le référentiel de l'étude.
2. Mettre en œuvre le protocole pour réaliser l'analyse de la vidéo « Golf_verticale » en plaçant l'origine au centre de la balle sur la dernière photographie, en indiquant que la règle mesure 0,98 m de haut en bas, et en pointant les positions de la balle entre l'image 3 et l'image 17 incluses.
3. Étude de la flèche de la trajectoire :

On appelle *flèche de la trajectoire* l'altitude est la plus grande du mouvement, atteinte au sommet et notée y_s .

- a. Sachant que le vecteur vitesse est en tout point tangent à la trajectoire, préciser comment est orienté le vecteur vitesse $\vec{v}_s$ au sommet de la trajectoire.
 - b. En déduire la valeur de la coordonnée verticale v_{ys} de ce vecteur.
 - c. Indiquer comment déterminer à quel instant t_s le système est au sommet de sa trajectoire à partir de la courbe $v_y = f(t)$.
4. À l'aide des équations horaires consignées, calculer les valeurs initiales des coordonnées de la vitesse, v_{0x} et v_{0y} , puis calculer la valeur initiale de la norme de la vitesse, v_0 .

Équations horaires de référence de la chute libre



Les équations horaires du mouvement du centre d'inertie d'un système donnent l'évolution de la valeur de ses coordonnées au cours du temps.

Dans le cas d'un mouvement de chute libre, les équations horaires de référence du mouvement sont

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

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

si le système occupe initialement la position de coordonnées $(0 ; h)$ et si sa vitesse initiale $\vec{v}_0$ forme l'angle α avec l'horizontale (angle de tir, au moment du lancer).

On fait désormais l'hypothèse que le système étudié est en chute libre.

ANALYSER*Interpréter des données expérimentales***A B C D**

5. En comparant les équations horaires obtenues expérimentalement avec les équations horaires de référence, calculer les valeurs numériques de l'angle α et de la hauteur h du mouvement étudié.
6. À l'aide des équations horaires obtenues expérimentalement, calculer la valeur de la coordonnée horizontale de l'accélération $a_x = \frac{dv_x(t)}{dt}$, puis celle de la coordonnée verticale a_y et enfin la norme de l'accélération a .

VALIDER*Discuter de la validité d'une hypothèse***A B C D**

7. Lors d'une chute libre, l'accélération du système est égale au champ de pesanteur. Indiquer a posteriori si l'hypothèse était juste de considérer que le système à l'étude était en chute libre.
8. Proposer des adjectifs pour qualifier le mouvement du système.