



TP9 | Mécanique

**Étude de trajectoire**

Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons "Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions 4.0 International".



 **Salle** : info A00

Paillasses élèves : liste du matériel pour les élèves 10 postes

Ordinateur + souris + chargeur

Objectif : l'objectif est de modéliser la trajectoire d'un volant de badminton.

1 Introduction

Ce TP est conçu comme un travail de recherche expérimentale. Ainsi, hormis quelques conseils sur cette fiche de TP, présentant le sujet, d'outils pouvant vous aider et de quelques pistes.

Données :

- ✓ masse du volant : $m = 51 \text{ g}$
- ✓ champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m m}^{-2}$
- ✓ période d'échantillonnage : $T_e = 45 \text{ ms}$ - intervalle de temps entre deux images

2 Analyse d'image

Avant d'effectuer des mesures, nous devons passer du format de l'image au format numérique avant de pouvoir analyser les données. Je vous propose d'utiliser le logiciel d'analyse ImageJ. Il peut paraître rudimentaire, mais il est extrêmement puissant. Vous pouvez même y développer vos propres modules pour effectuer les actions dont vous avez besoin.

Manipulation

Afin de récupérer la trajectoire sur **ImageJ**, voici une procédure possible :

- ↪ Fichier > ouvrir : ouvrez l'image contenant la chronophotographie ;
- ↪ Tracer une ligne sur l'échelle ;
- ↪ Analyse > set scale : calibrer l'échelle sur 9m ;
- ↪ Multipoint : pointer successivement l'avant du volant au cours du temps.
- ↪ Analyse > Set measurements : tout désélectionner, sélectionner invert-Y ;
- ↪ Analyse > Measure ;
- ↪ Fichier > enregistrer-sous : enregistrer au format CSV

Manipulation

Afin de récupérer la trajectoire sur **©Regressi**, voici une procédure possible :

- ↪ Fichier > nouveau > Image > chronophotographie ;
- ↪ ouvrir l'image contenant la chronophotographie ;
- ↪ définir l'échelle en fonction des données ;
- ↪ positionner l'échelle et les axes ;
- ↪ cliqué sur mesurer pour démarrer à enregistrer les points ;
- ↪ pointer successivement l'avant du volant de badminton ;
- ↪ cliquer sur stop pour arrêter vos mesures ;
- ↪ cliquer sur « traiter » pour passer à l'analyse ;
- ↪ cliquer sur enregistrer-sous, choisissez le format CSV pour enregistrer vos résultats.

3 Traitement des données

L'objectif du TP étant de trouver le meilleur modèle possible rendant compte de la trajectoire du volant de badminton, vous pouvez vérifier trois modèles différents :

- ↪ modèle sans frottements fluides $\vec{f}_f = \vec{0}$
- ↪ modèle avec frottements fluides linéaires $\vec{f}_f = -\alpha \vec{v}$
- ↪ modèle avec frottements fluides quadratiques $\vec{f}_f = -\beta v \vec{v}$

avec \vec{v} le vecteur vitesse du volant et $v = \|\vec{v}\|$ la norme du vecteur vitesse du volant.

Pour chaque modèle, il faudra comparer la trajectoire de la courbe réelle avec la trajectoire modèle.

Dans les trois cas, il faudra estimer la vitesse initiale ainsi que l'inclinaison initiale du tir.

Pour les modèles avec frottements, il faudra également estimer les coefficients α et β .

Pour ce faire, vous utiliserez le langage de programmation python. Un bout de script vous est fourni sur cahier-de-prépa afin de vous aider à importer vos données et à tracer la trajectoire.

Question

- Q1** Établir l'équation du mouvement dans le cas sans frottements fluides.
- Q2** Établir l'équation du mouvement dans le cas avec frottements fluides linéaires.
- Q3** Établir l'équation du mouvement dans le cas avec frottements fluides quadratiques.

Dans deux des trois cas, une solution existe, vous pourrez donc la tracer directement. Pour un cas, il faudra en revanche procéder à une résolution numérique de type Euler.

4 Détermination de la vitesse initiale

Afin de résoudre la trajectoire de façon numérique, il vous faut comme paramètre la vitesse initiale.

Manipulation

Quelle procédure pouvez-vous mettre en place pour déterminer la vitesse initiale ?
Quelle valeur avez-vous trouvée ?

5 Détermination des coefficients de frottements

Afin de résoudre la trajectoire de façon numérique, il vous faut également connaître α et β .

Question

Q4 Pour les deux cas avec frottements, montrer qu'après une phase transitoire, la vitesse atteint une vitesse limite V_{lim} verticale. Montrer que la détermination de cette vitesse limite permet d'en déduire les coefficients α et β .

Mettre en place une procédure afin de déterminer la vitesse limite, puis les coefficients α et β .

Manipulation

Mettre en place une procédure afin de déterminer la vitesse limite, puis les coefficients α et β .

6 Tracer de la trajectoire et comparaison

Superposer la trajectoire réelle avec vos différentes modélisations. Conclure le modèle le plus adapté. Dans la thèse, de laquelle est extrait ce sujet, la vitesse initiale est donnée pour $V_0 = 40 \text{ m/s}$ avec un angle de tir initial $\theta_0 = 52^\circ$. La vitesse limite trouvée est $V_{lim} = 6,7 \text{ m s}^{-1}$.

7 Compte rendu

Votre compte rendu doit contenir l'ensemble de votre démarche. Vous devez expliquer comment vous avez réalisé chaque étape pour parvenir à vos résultats. Votre compte rendu doit être suffisamment détaillé pour permettre à un "novice" de suivre vos étapes et retrouver vos résultats.

Bravo, pour votre premier sujet de recherche !