

Méthodes expérimentales

TP 2: Collisions

MENARD Alexandre
VIEILLEDENT Florent

20 mars 2022

Introduction

Dans ce travail pratique, on cherche à vérifier la validité de la conservation de la quantité de mouvement ainsi que de l'énergie cinétique au cours d'une collision ainsi que mettre en évidence les limites de la conservation énergétique. Pour cela, on produira des collisions supposées élastiques entre deux chariots avec des conditions initiales différentes. On étudiera la position et la vitesse de ces derniers pour affirmer ou infirmer les deux lois. On s'appuiera comme pour les derniers travaux pratiques de Python pour l'analyse et la modélisation de nos données.

1 Expérience

Le but de l'expérience est d'étudier l'énergie cinétique et la quantité de mouvement de deux mobiles avant et après un choc élastique.

Pour réaliser les collisions, on utilise un banc de mécanique à niveau, avec deux chariots. On souhaite étudier des collisions élastiques, les chariots sont donc équipés d'aimants, de tel sorte que les chariots ne se touchent pas pendant la choc. Cette configuration permet de limiter l'énergie perdue sous forme de chaleur. Les chariots sont propulsés à la main ou à l'aide d'un propulseur à ressort.

Concernant la caméra, on la règle sur 30 images par seconde avec ouverture à $1/500s$, et permet de capturer la position des deux mobiles au cours du temps. Enfin, on conservera seulement 4 à 6 images avant et après le choc pour pouvoir négliger les frottements sur ce petit laps de temps. On fixe l'origine de notre repère sur un point entre nos deux mobiles.

On réalise une première collision élastique en propulsant chaque chariot simultanément avec une vitesse initiale faible.

Pour la seconde collision élastique, un mobile $M1$ est initialement en mouvement et le second mobile $M2$ est immobile.

2 Exploitation des mesures

Pour nos mesures, l'usage de différents appareils de mesure induit des incertitudes sur nos valeurs. On a :

- l'incertitude de la position : $\delta x = 0.001m$ dû au mètre pour la mesure (l'incertitude de détermination de la position par le logiciel est inconnu)
- l'incertitude sur le temps : $\delta t = 0.033s$, liée au nombre d'image par seconde.
- l'incertitude sur la masse des chariots : $\delta m_1 = \delta m_2 = 0.0001kg$, qui est l'incertitude de la balance utilisée. Les valeurs des masses des chariots sont $m_1 = 0.5286 kg$ et $m_2 = 5282 kg$.

On note respectivement $X1$ et $X2$ les positions des mobiles $M1$ et $M2$ avant le choc. On note de la même manière $X1'$ et $X2'$ la position des mobiles après le choc.

Après avoir réaliser les expériences, on synthétise les données dans les deux graphiques suivants :

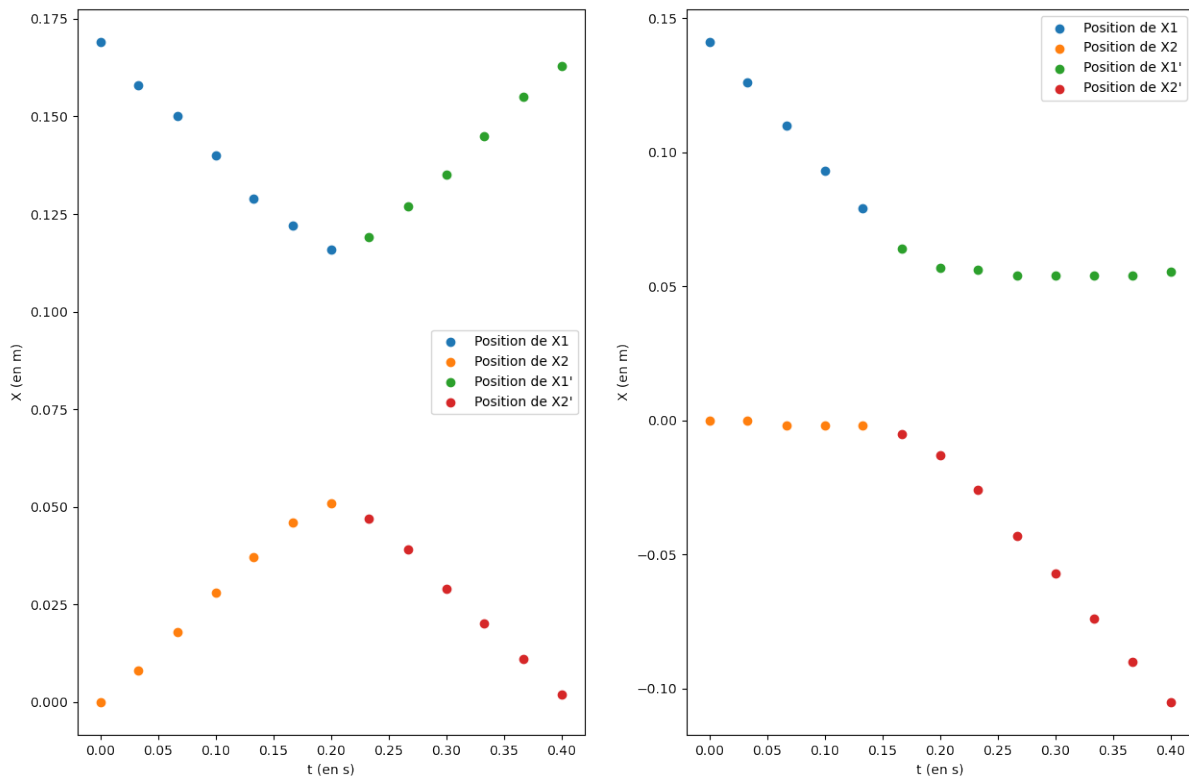


FIGURE 1 – Positions des mobiles pour la première expérience(à gauche) et la deuxième expérience(à droite)

On remarque que pour les deux expériences, les points ne se rejoignent pas : c'est parce que le logiciel ne repère pas le bout des mobiles mais un post-it sur le mobile.

Ensuite, on s'intéresse à calculer la vitesse, l'énergie cinétique ainsi que la quantité de mouvement pour chaque mobile. Pour calculer la vitesse v à chaque instant t , on utilise sur la formule suivante :

$$v(t) = \frac{x(t + \delta t) - x(t)}{\delta t} \quad (1)$$

On note t_i, x_i , l'instant et la position initiale et t_f, x_f , l'instant et la position finale. On utilise

donc la méthode des pentes extrêmes pour obtenir l'incertitude sur la vitesse de chaque mobile :

$$v_{max} = \frac{(x_f + \delta x) - (x_i - \delta x)}{(t_f - \delta t) - (t_i + \delta t)}$$

$$v_{min} = \frac{(x_f - \delta x) - (x_i + \delta x)}{(t_f + \delta t) - (t_i - \delta t)}$$

$$\delta v = \frac{v_{max} - v_{min}}{2} \quad v = \frac{v_{max} + v_{min}}{2}$$

L'énergie cinétique ainsi que son incertitude sont données par :

$$E_{ci} = \frac{1}{2}m_i v_i^2 \quad \text{et} \quad \delta E_{ci} = \frac{1}{2}v_i^2 \times \delta m_i + m_i v_i \times \delta v_i \quad (2)$$

Enfin, la quantité de mouvement ainsi que son incertitude sont données par :

$$p_i = m_i v_i \quad \text{et} \quad \delta p_i = v_i \delta m_i + m_i \delta v_i \quad (3)$$

On trace donc la vitesse, l'énergie cinétique et la quantité de mouvement sur un graphique pour chaque expérience :

GRAPHIQUE VITESSE/ENERGIE CINETIQUE/QUANTITE DE MOUVEMENT

Ensuite, on s'intéresse à la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique du système pour vérifier les lois de conservation. On note donc E_c^{tot} et p^{tot} , l'énergie cinétique et la quantité de mouvement du système. Pour les incertitudes, on les somme simplement car les grandeurs d'un mobile sont indépendantes de l'autre mobile. On a par exemple :

$$p^{tot} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (4)$$

$$\Rightarrow \delta p^{tot} = v_1 \delta m_1 + m_1 \delta v_1 + v_2 \delta m_2 + m_2 \delta v_2 \quad (5)$$

$$\Rightarrow \delta p^{tot} = \delta p_1 + \delta p_2 \quad (6)$$

La dérivée de $v_1 m_1$ en fonction de v_2 ou m_2 est nulle. On retrouve exactement le même résultat pour l'énergie cinétique et la vitesse.