

Chute libre

L'objectif de ce TP est de déterminer des liens aussi précis que possible entre le mouvement d'un corps en chute libre et les grandeurs pertinentes de la situation. Il y a deux manipulations principales, chacune faisant une partie. Dans la première, il s'agira de la simple exploitation de la trajectoire suivie par une bille lancée avec un lanceur. Dans la deuxième partie, l'objet en chute libre sera un modèle réduit de voiture qui ne pourra plus être réduit à un point matériel.

.....

I) Une simple bille

1°) Théorie

- Établissez rapidement ou rappelez l'équation de la trajectoire d'un point matériel lancé de l'altitude h , à une vitesse \vec{v}_0 faisant un angle $\alpha > 0$ vers le haut à partir de l'horizontal ($\alpha = 0$ étant un tir horizontal et $\alpha = +\pi/2$ un tir vertical vers le haut) dans le cas d'une chute libre.
- Justifiez le fait qu'une bille puisse être assimilée à un point matériel.
- Justifiez le fait que la poussée d'ARCHIMÈDE soit négligée.

La force de frottement exercée par l'air s'écrit $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v}$ où r est le rayon de la bille et $\eta = 10^{-5}$ SI est la viscosité de l'air.

i? Quelle est la dimension de η ? Dans quelle mesure la force de frottement est-elle négligeable?

2°) Expérience

i. dispositif

Vous disposez d'un lanceur à bille, d'inclinaison et de compression initiale variable, fixé à une table. En repérant la graduation avant de lancer la bille, il est possible de reproduire plusieurs fois une expérience avec les mêmes conditions initiales.

Il est possible de faire varier l'angle d'inclinaison de manière assez précise.

- Commencez par faire quelques essais de tir de manière à trouver un couple de conditions initiales (angle et vitesse) permettant d'avoir une trajectoire correcte, c'est-à-dire ni trop grande ni trop petite par rapport à la place disponible.

ii. un lancer

- À l'aide de la caméra rapide réglée sur une prise de vue à 200 images par seconde, filmez un tir en prenant garde à cadrer de telle sorte que les problèmes de parallaxe soient minimaux et sans oublier, bien sûr, le mètre étalon.
- Sauvegardez le film sur l'ordinateur portable mis à votre disposition et exploitez la trajectoire obtenue. Pour cela :

→ cliquez sur l'icône  ;

→ ouvrez le fichier d'aide intitulé `exploitation_film_camera_rapide.pdf` et suivez les instructions qui vous mèneront à un fichier excel.

- Une fois le dernier pointé réalisé sur avimeca, faites une capture d'écran avec Impr scr et sauvegardez-la à votre nom.

En cas de l'absence du fichier d'aide, ne pas hésiter à demander de l'aide au professeur.

- À l'aide du relevé excel des positions du centre de la bille, retrouvez :

- la valeur de la vitesse initiale v_0 ;
- la valeur de g .

II) Voiture sur un tremplin

1°) Théorie

Lorsqu'une voiture s'élance d'un tremplin, pendant la courte durée où ses roues de devant ne touchent plus le sol, le poids exerce sur elle un moment par rapport à ses roues arrière qui la fait basculer vers le bas. Ainsi, à l'instant où les roues arrière quittent le sol, la voiture a une vitesse angulaire non nulle.

Après, durant le « vol plané », le moment exercé par le poids est nul : la voiture garde sa vitesse de rotation.

Le but va être de mesurer cette vitesse de rotation et de vérifier qu'elle correspond à la théorie.

2°) Expérience

i. dispositif

Vous disposez d'un tremplin fixe et d'un pavé en bois avec deux paires de roue pour modéliser la voiture.

- Commencez par faire quelques essais de lâcher pour apprécier le comportement de la voiture.

ii. un seul essai

- À l'aide de la même caméra rapide, filmez un saut en minimisant toujours les problèmes de parallaxe et avec le mètre étalon.
- Sauvegardez le film sur l'ordinateur portable mis à votre disposition et exploitez le film obtenu.
- À l'aide de pointés de votre choix, vérifiez que la vitesse au moment du décollage s'écrit $v_{\text{init}} = \sqrt{2gh}$ en prenant pour g la valeur tabulée et pour h la dénivellation de chute.
- À l'aide de pointés de votre choix vérifiez que la vitesse de rotation de la voiture s'écrit

$$\Omega_0 = \frac{mg\ell}{2J} \times v_{\text{init}} \times \ell$$

- m est la masse de la voiture ;
- J est le moment d'inertie de la voiture ;
- ℓ est la distance entre les deux essieux.

Pour estimer J , utilisez le fait que¹ :

- le moment d'inertie d'un pavé uniforme de taille $a \times b \times c$ par rapport à un axe parallèle à l'arrête de longueur a et passant par le centre d'inertie s'écrit

$$J_G = \frac{m}{12} (b^2 + c^2)$$

- le moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe quelconque Δ s'écrit

$$J_\Delta = J_{G\Delta} + m d^2 \quad \text{où :}$$

- $J_{G\Delta}$ est le moment d'inertie du solide par rapport à un axe parallèle à Δ et passant par le centre de masse G ;
- d est la distance entre G et l'axe Δ .

1. Il ne faudra peut-être pas non plus hésiter à utiliser une règle, une balance et autre outils usuels.