

# TP : Étude énergétique de la chute libre d'une balle

## I) Objectifs

- Étudier les variations de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur de la balle au cours du mouvement.
- Mettre en évidence une autre forme d'énergie lors d'un rebond de la balle sur une table.

## II) Chute libre parabolique de la balle

### 1) Relevé de la trajectoire $y(x)$

À l'aide du texte « **Notice d'aide : Numérisation d'un mouvement à l'aide d'un logiciel de pointage** », ouvrir le fichier vidéo ChutePar.avi (demander son emplacement exact au professeur).

- À l'aide des boutons fléchés, observer le mouvement de la balle une fois lancée.

#### Question 1 :

Entre quelles images peut-on considérer la balle en chute libre ?

- Numériser le mouvement du centre de la balle de l'image 4 à l'image 22 incluses et enregistrer les données dans une feuille de calcul. La distance de 0,70 m est celle de la règle verticale, entre les deux marques blanches. L'axe horizontal sera orienté de gauche à droite et l'axe vertical vers le haut.

### 2) Étude des variations d'énergie

- a) Observer les variations de  $x$  et de  $y$  en fonction du temps : fenêtre de Contrôle des calculs, volet Tracé, choisir  $t$  en abscisse et  $y$  en ordonnée, cliquer sur Tracer. Dans le volet Graphe, on peut demander à Joindre les points.

#### Question 2 :

Rappeler la définition de l'énergie cinétique de la balle :  $E_c = \dots\dots\dots$

La masse de la balle est de 100 g.

#### Question 3 :

Comment calculer la vitesse de la balle ?

- b) La balle, en interaction avec la Terre, possède une énergie potentielle de pesanteur  $E_p$  en raison de son altitude par rapport à un niveau de référence.

#### Question 4 :

Quelle est la variable correspondant à l'altitude de la balle ? Quel est le niveau de référence choisi ?

Par définition  $E_p = mgy$ , avec :

- $m$  : masse de la balle ;
- $g$  : intensité de la pesanteur, supposée constante ;
- $y$  : altitude du mobile par rapport au niveau de référence où  $E_p = 0$ .

Dans le volet Gestion, ajouter les grandeurs suivantes :  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v^2$ ,  $E_c$ ,  $E_p$ ,  $E_m$ .

- $v_x$  : dérivée de  $x$  par rapport au temps ( $v_x = \frac{dx}{dt}$ ). Sous-volet Opération, mettre  $v_x$  dans Nouvelle grandeur, sélectionner Dériver dans la liste Opérations,  $t$  dans Abscisses et  $x$  dans Ordonnées ; cliquer sur Ajouter l'opération.

- $v_y$  : dérivée de  $y$  par rapport au temps ( $v_y = \frac{dy}{dt}$ ). Faire comme pour  $v_x$  en remplaçant  $x$  par  $y$ .

- $v^2$  : carré de la vitesse ( $v^2 = v_x^2 + v_y^2$ ). Sous-volet Fonction, mettre  $v^2$  dans Nouvelle grandeur, sa définition ( $v_x^2 + v_y^2$ ) dans Fonction et cliquer sur Ajouter la fonction

- $E_c$  :  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ . Après la saisie de  $E_c$ , cliquer sur  $m$  dans la liste Paramètres et taper sa valeur.

- $E_p$  :  $E_p = mgy$ . Taper le valeur de  $g$ .

- $E_m$  : la somme des énergies cinétique et potentielle de pesanteur de la balle ( $E_m = E_c + E_p$ ).

#### Question 5 :

Préciser l'unité de  $E_m$ .

Tracer  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$  en fonction du temps  $t$ .

**c) Question 6 :**

Comparer les variations de  $E_c$  et  $E_p$ .

**Question 7 :**

Commenter la courbe  $E_m(t)$

**III) Chute libre de la balle avec rebonds**

Fermer la feuille de calcul précédente et en ouvrir une nouvelle (menu Hermès).

Dans Contrôle numérisation, ouvrir le fichier Rebond.avi et observer le mouvement de la balle.

On va étudier séparément deux parties :

- de la sortie de la gouttière au premier rebond ;
- entre le premier et le deuxième rebond.

**Question 8 :**

La première partie correspond aux images ..... à ..... et la seconde partie aux images ..... à .....

**1) Première partie : de la sortie de la gouttière au premier rebond**

**a) Relevé de la trajectoire  $y(x)$**

Faire comme pour le fichier vidéo précédent. La longueur de la règle verticale est de 0,95 m. La numérisation se fera de l'image 6 à l'image 15.

**b) Étude des variations d'énergie avant le premier rebond**

Observer les variations de  $x$  et de  $y$  en fonction du temps  $t$ .

**Question 9 :**

Pourquoi les valeurs de l'altitude  $y$  sont-elles négatives ?

**Question 10 :**

Pour que l'énergie potentielle de pesanteur de la balle ne soit pas négative et la plus petite possible, quel niveau de référence doit-on choisir ?

**Question 11 :**

Montrer qu'alors l'énergie potentielle peut s'écrire sous la forme  $E_p = mgy_1$  avec  $y_1 = y + y_0$  et  $y_0$  une constante dont on précisera la valeur.

- Ajouter les nouvelles variables :  $y_1$ ,  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_2$ ,  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$ .
- Tracer  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$  en fonction du temps.

**Question 12 :**

Interpréter les tracés et noter la valeur de l'énergie totale  $E_m = E_1 = \dots\dots\dots$

**2) Seconde partie : entre le premier et le deuxième rebond**

**a) Relevé de la trajectoire  $y(x)$**

Fermer la feuille de calcul précédente et en ouvrir une nouvelle. Fermer le fichier Rebond.avi sans l'enregistrer et le rouvrir avec la fenêtre de Contrôle numérisation. Numériser les positions de la balle depuis l'image 15 jusqu'à l'image 31.

**b) Étude des variations d'énergie**

**Question 13 :**

Quel niveau de référence est-il intéressant de choisir pour que l'énergie potentielle soit minimale et non négative ?

- Ajouter les nouvelles variables :  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_2$ ,  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$ .
- Tracer  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$  en fonction du temps.

**Question 14 :**

Interpréter les tracés et noter la valeur de l'énergie totale  $E_m = E_2 = \dots\dots\dots$

**Question 15 :**

Comparer  $E_1$  et  $E_2$ . Pourquoi sont-elles différentes ? Que se passe-t-il au moment du choc de la balle sur la table ?

**Question 16 :**

Étudier les transformations d'énergie au cours de ce choc.