

Activité 2 : comment lancer le marteau le plus loin possible ?

Le lancer du marteau est une discipline de l'athlétisme qui consiste à lancer un boulet en acier le plus loin possible. Le boulet est fixé à un câble en acier relié à une poignée. Dans la version féminine de cette discipline, le boulet a une masse de 4 kg et est relié à un câble de longueur 1195 mm.

Le but de cette activité est de répondre à la question suivante :

Si l'on admet que l'action de l'air sur le marteau est négligeable, avec quelle inclinaison la lanceuse a-t-elle intérêt à le lancer pour qu'il retombe le plus loin possible ?

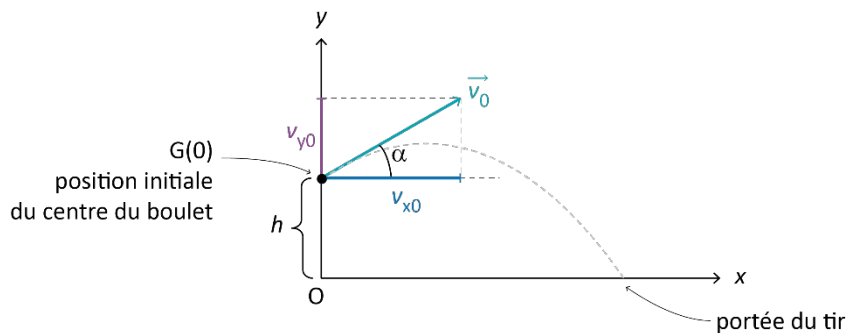
Dans ce but nous allons :

- établir les lois horaires exprimant la position du marteau pendant sa chute ;
- programmer un tableur pour étudier les variations de la portée du tir en fonction de l'inclinaison de la vitesse initiale.

Document : La 2^e loi de Newton

La 2^e loi de Newton dit que $\Sigma \vec{f}_{ext} = m \times \vec{a}$. Il s'agit d'une relation vectorielle que l'on peut projeter sur les axes du repère orthonormé où a lieu le mouvement.

Cela s'écrit
$$\begin{cases} \Sigma f_{selonx} = m \times a_x \\ \Sigma f_{selony} = m \times a_y \end{cases}$$

**1^{ère} partie : établissement des lois horaires**

La situation est modélisée ainsi :

- le système étudié est le boulet, après que le câble a quitté la main de la lanceuse (instant pris comme origine des dates), dans le référentiel terrestre supposé galiléen ;
- après que le câble a quitté la main de la lanceuse, le boulet a un mouvement de chute libre ;
- à la date $t=0$, le centre d'inertie du boulet a une altitude au-dessus du sol ;
- ses positions sont étudiées dans un repère (O, x, y) défini sur la figure ci-dessous ;
- la vitesse initiale du boulet est notée V_0 et est inclinée d'un angle noté α avec l'axe (Ox) .

Détermination des conditions initiales

1. Exprimer en fonction des données les coordonnées initiales $x(0)$ et $y(0)$ du vecteur-position du centre du boulet.
2. Exprimer, en fonction de V_0 et α , les coordonnées initiales $V_x(0)$ et $V_y(0)$ du vecteur-vitesse du centre du boulet.

Exploitation de la 2^{ème} loi de Newton

3. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton au boulet, exprimer les deux coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur-accélération de son centre d'inertie dans le repère décrit précédemment.
4. Rappeler les relations entre les coordonnées du vecteur-accélération et celles du vecteur-vitesse et en déduire, à toute date, les expressions des coordonnées du vecteur-vitesse $V_x(t)$ et $V_y(t)$.
5. Rappeler les relations entre les coordonnées du vecteur-vitesse et celles du vecteur-position et en déduire, à toute date, les expressions des coordonnées de position $x(t)$ et $y(t)$.
6. Comment peut-on qualifier le mouvement selon l'axe horizontal (Ox) ? selon l'axe vertical (Oy) ?

2ème partie : étude de l'influence de l'angle de tir par simulation

Lors de l'établissement du record du monde de lancer du marteau, le fil a quitté la main de la lanceuse Anita Włodarczyk lorsque le centre du boulet avait une altitude de valeur $h=3,0\text{m}$ et une vitesse de valeur $29\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Notre objectif est de reconstituer la trajectoire alors suivie par le boulet à l'aide des relations établies dans la partie précédente.

Travail à réaliser avec un tableur :

- Ouvrir la feuille calcul « Act2_marteau_ELEVE ».
- Compléter les cellules A4 et A7 avec les valeurs correspondant au record du monde d'Anita Włodarczyk.

- Le but étant de tracer la trajectoire du boulet pour plusieurs valeurs de l'angle afin de déterminer sa valeur optimale, fixer celui-ci à la valeur $\alpha=10^\circ$ (cellule A10). La conversion en radian s'effectue automatiquement dans la cellule A13 (attention c'est l'unité utilisée par défaut par les tableurs lors du calcul des fonctions cosinus, sinus et tangente).

- Dans les colonnes D et E, saisir les formules de calcul permettant d'itérer les relations établies aux questions 4 et 5 pour le calcul de $x(t)$ et $y(t)$. La trajectoire du boulet (représentation de y en fonction de x) s'affiche automatiquement dans un repère qui exclut les valeurs négatives de y .

Exploitation de la trajectoire simulée

7. Utiliser cette feuille de calcul pour déterminer l'angle de tir permettant d'obtenir la portée la plus importante possible pour une vitesse initiale de $29\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Que vaut cette portée ?

8. Le record du monde de Anita Włodarczyk est de $82,98\text{ m}$: ce n'est pas exactement celui obtenu à la question précédente. Proposer au moins deux hypothèses expliquant cet écart.