

1 Étude énergétique d'un pendule

Lors de l'oscillation d'un pendule, ses énergies cinétique E_c , potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique évoluent différemment.

Un pendule est modélisé par un fil inextensible de masse nulle, au bout duquel est accrochée une boule de masse m .

- Peser la boule et noter sa masse m .
- Écartier le pendule de sa position d'équilibre et le lâcher sans vitesse initiale.
- Réaliser la vidéo de l'oscillation du pendule pendant quelques périodes.
- À l'aide d'un logiciel de pointage, relever les positions du point rouge de la boule au cours du temps.
- À l'aide d'un tableur, calculer la vitesse de la boule à chaque instant ainsi que les énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique.

DOC. 1 – PROTOCOLE

Soit une chronophotographie montrant les différentes positions $G_1, G_2, G_3, \dots$ d'un point G au cours de son mouvement. Les prises de vues successives sont séparées de la durée τ .

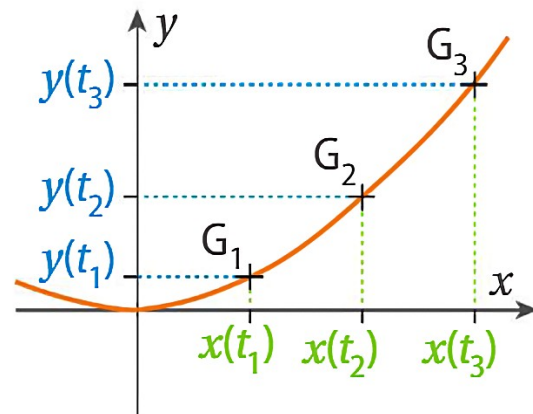
On calcule approximativement la norme de la vitesse $v(t_2)$ du point G lorsqu'il occupe la position G_2 comme sa vitesse moyenne entre les positions G_1 et G_3 .

Une valeur approchée de la norme de la vitesse instantanée du point à la date t_2 est

$$v(t_2) = \sqrt{v_x(t_2)^2 + v_y(t_2)^2} \text{ avec } v_x(t_2) = \frac{x_{t_3} - x_{t_1}}{t_3 - t_1}$$

$$\text{et } v_y(t_2) = \frac{y_{t_3} - y_{t_1}}{t_3 - t_1}$$

L'écart $t_3 - t_1$ est égal à 2τ



DOC. 2–VITESSE D'UN POINT

- Télécharger sur le bureau le fichier [vidéo pendule](#).
 - Ouvrir l'appli web [Analyseur de mouvement](#) puis ouvrir la vidéo et sélectionner 30 i/s.
 - Sélectionner comme origine la position du centre de la masse dans sa position la plus basse.
 - Mesurer une longueur caractéristique du pendule et paramétrer l'échelle.
 - Pointer les positions du centre de la masse **sur une période d'oscillation**.
 - Choisir *exporter en csv* puis coller les données en case A1 du [classeur LO Calc](#).
1. Quelle formule faut-il entrer dans la cellule D3 pour calculer v_x ? Calculer v_x pour toute la colonne.

`= (B4 - B2) / 0,067`

2. Quelle formule faut-il entrer dans la cellule E3 pour calculer v_y ? Calculer v_y pour toute la colonne.

`= (C4 - C2) / 0,067`

3. Calculer la vitesse v du pendule en vous aidant du doc. 2. Dans Calc, la fonction racine carré s'écrit `RACINE( )`. Quelle formule avez-vous entrée en F3 pour calculer v ?

`= RACINE(D3^2 + E3^2)`

4. Peser la masse du pendule et calculer l'énergie cinétique E_c du pendule, l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} ainsi que l'énergie mécanique E_m . Quelle formule avez-vous entrée pour ces trois cellules ?

On mesure $m = 754 \text{ g}$

Cellule G4 : $=0,5*0,754*F3^2$

Cellule H4 : $=0,754*9,8*C3$

Cellule I4 : $=G3+H3$

- Tracer la courbe de E_{pp} , E_c et E_m en fonction du temps.
- Coller le graphique dans votre compte rendu.

Analyse des courbes

5. Quelle est la valeur de l'énergie cinétique quand l'énergie potentielle est maximale ? Même question quand l'énergie potentielle est minimale ?

L'énergie cinétique est maximale quand l'énergie potentielle de pesanteur est minimale et réciproquement.

6. Si on considère que le poids est la seule force qui s'exerce sur le pendule, comment devrait évoluer l'énergie mécanique en théorie ? Comparer avec la courbe obtenue de l'énergie mécanique expérimentale en fonction du temps. Comment peut-on expliquer la différence ?

Le poids est une force conservative. L'énergie mécanique devrait donc être constante. On observe sur la courbe des variations dues en partie à l'imprécision des mesures. On observe également une baisse globale légère de l'énergie mécanique due aux forces de frottements.

2 Lancer de boîtes d'allumettes

Sébastien et Emma souhaitent créer la Fédération internationale du lancer de boîtes d'allumettes (FILBA). Le jeu consiste à lancer à plat une boîte d'allumettes depuis le bout d'une longue table pour s'approcher le plus près possible de l'autre extrémité de la table sans qu'elle tombe.

- Faire quelques essais pour se rendre compte.

On cherche à déterminer la vitesse initiale à donner à la boîte d'allumette pour gagner.

La variation de l'énergie cinétique d'un système de masse m entre un point A et un point B est égale à la somme du travail des forces extérieures agissant sur le système :

$$\Delta E_c(A \rightarrow B) = E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

avec E_c et $W_{AB}(\vec{F})$ en Joules

DOC. 3 – THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE (TEC)

Une partie se joue en 12 lancers, pour chacun des deux joueurs, répartis ainsi : 4 lancers à 1,00 m de l'extrémité de la table, 4 lancers à 1,50 m et 4 lancers à 2,00 m. Au moment du lancer, la main de lancer du joueur ne doit pas dépasser la ligne qui repère ces trois distances. Les boîtes d'allumettes doivent être identiques. Le joueur dont la boîte est la plus proche de l'extrémité de la table marque un point ; si la boîte tombe, il est pénalisé d'un point.

DOC. 4 – EXTRAIT DU RÈGLEMENT DE LA FILBA

7. Peser la boîte d'allumette.

On mesure pour la boîte d'allumettes $m = 42,5 \text{ g}$

Faire l'acquisition avec la vidéo fournie. On prendra comme origine du repère le centre de la boîte d'allumettes à la première image pour laquelle celle-ci a quitté la main du lanceur.

8. Dédire du tableau de mesure une estimation de la vitesse initiale horizontale v_0 .

$$\text{D'après le tableau de mesure, on a } v_0 = v_{x0} = \frac{0,16}{0,067} = 2,4 \text{ m.s}^{-1}$$

9. Dédire du tableau de mesure une estimation de la distance horizontale d parcourue par la boîte d'allumette.

D'après le tableau de mesure, on a $d = 0,68 \text{ m}$

On admettra que la force f est une force constante

10. Quelle force f permet à la boîte de s'arrêter ? Donner sa direction, son sens et l'expression du travail de cette force sur une distance d .

La force de frottement $\vec{f}$ permet à la boîte de s'arrêter.

– Direction : parallèle à la longueur de la table

– Sens : opposé au mouvement (vers la droite)

Travail de la force $\vec{f}$ sur une distance d : $W_d(\vec{f}) = -f \cdot d$ (le travail de la force $\vec{f}$ est résistant)

11. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, démontrer l'expression suivante : $v_0^2 = \frac{2 \cdot f \cdot d}{m}$

Soit O le point de départ de la boîte et M le point d'arrivée.

D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a : $E_c(M) - E_c(O) = W_d(\vec{f})$, avec $W_d(\vec{f}) = -f \cdot d$

$$\text{donc } \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_M^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_O^2 = -f \cdot d$$

Or la boîte d'allumette est immobile au point M donc $v_M = 0$

L'expression précédente devient :

$$-\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_O^2 = -f \cdot d$$

$$\text{donc } v_O^2 = \frac{2 \cdot f \cdot d}{m}$$

CQFD

12. En déduire la valeur de la force f .

$$f = \frac{v_O^2 \times m}{2 \cdot d}$$

$$\text{A.N. } f = \frac{2,4^2 \times 0,043}{2 \times 0,68}$$

$$f = 0,18 \text{ N}$$

13. Quelle devrait être la vitesse initiale de la boîte d'allumette pour que celle-ci atteigne l'extrémité de la table sans tomber ?

D'après l'expression de la question 12., on a :

$$v_O^2 = \frac{2 \cdot f \cdot d}{m}$$

$$\text{donc } v_O = \sqrt{\frac{2 \cdot f \cdot d}{m}}$$

$$\text{A.N. } v_O = \sqrt{\frac{2 \times 0,18 \times 1}{0,0425}}$$

$$v_O = 2,9 \text{ m.s}^{-1}$$

14. Pour une distance qui serait doublée, par quel coefficient faut-il multiplier la vitesse de lancer pour que la boîte s'arrête au même point de la table ?

Si la force reste identique et que la distance est doublée, le travail est doublé. Il faut donc fournir deux fois plus d'énergie cinétique. Comme l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse. Il suffit de multiplier la vitesse par racine de 2 ($\simeq \times 1,4$) pour doubler la distance.