

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Étude énergétique d'un pendule

✔ Objectifs	👤 Classe
<input type="checkbox"/> Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc. <input type="checkbox"/> Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc. <input type="checkbox"/> Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement.	1 ^{ère} Spé
	🕒 Durée
	2 h

On veut réaliser une étude énergétique d'un pendule simple : on doit pour cela déterminer à chaque instant son énergie cinétique, son énergie potentielle de pesanteur et son énergie mécanique. Pour cela, nous ferons l'exploitation d'une vidéo de pendule grâce au logiciel *Tracker* pour extraire les coordonnées du système en tout instant puis grâce au code *python* fourni par le professeur nous pourrons déterminer la position, la vitesse instantanée et les énergies du système.

📄 Document 1: Énergie cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique

- Un objet en mouvement possède une énergie due à sa vitesse : c'est l'**énergie cinétique**. Elle dépend de la masse m de l'objet et de sa vitesse v :
- L'**énergie potentielle de pesanteur** d'un objet est l'énergie qu'il possède du fait de son altitude z . Elle dépend de la masse m de l'objet et de l'intensité de pesanteur g :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

$$E_{pp} = mgz \quad (2)$$

avec l'énergie cinétique en joule, la masse en kilogramme et la vitesse en mètre par seconde.

avec l'énergie potentielle de pesanteur en joule, la masse en kilogramme, l'intensité de la pesanteur g en newton par kilogramme et l'altitude z en mètre.

- L'**énergie mécanique** E_m est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur :

$$E_m = E_c + E_{pp} \quad (3)$$

📄 Document 2: Conservation de l'énergie mécanique

- Lorsqu'un système évolue sans subir de forces non conservatives (comme les frottements par exemple), son énergie mécanique se conserve, c'est-à-dire qu'elle est constante au cours du mouvement. Sa variation est donc nulle : $\Delta E_m = 0$.
- Lorsqu'un système évolue en présence de forces non conservatives, son énergie mécanique ne se conserve plus au cours du mouvement. La variation de l'énergie mécanique est donc non nulle et est égale à la somme des travaux des forces non conservatives : $\Delta E_m = \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservative}}) \neq 0$. Quand l'énergie mécanique diminue, cela signifie qu'il y a dissipation d'énergie. Quand l'énergie mécanique augmente, cela signifie qu'il y a un gain d'énergie pour le système.

Document 3: Pendule simple

Un pendule simple est constitué d'une masse suspendue à un fil inextensible fixé à un support. La longueur du fil l est grande devant le rayon de la masse : $l > 10R$ avec R le rayon de la masse.



Protocole expérimental

1. Construire un pendule simple à l'aide du matériel à disposition. Le pendule doit avoir une longueur d'une quarantaine de centimètre qu'on mesurera précisément. Peser la masse du système avant de l'accrocher.
2. Enregistrer à l'aide de votre smartphone la vidéo de 4 périodes d'oscillations du pendule. On prendra un angle de départ supérieur à 30° . On fera attention à ce que la position du système soit aisément repérable à l'image. Le fil doit apparaître en entier sur les images. Il servira d'objet de référence pour la calibration.
3. Extraire les positions du système à chaque instant à l'aide du logiciel *Tracker*. On placera l'origine du système au niveau de la position au repos du système et l'axe vertical sera dirigé vers le haut. Exporter les données en un fichier texte afin de pouvoir être lu par le programme python.
4. Appliquer un "Fork" au programme disponible en ligne sur le site du professeur (<http://physique-barraud.fr//1ereSpe/1ereSpe.php>) par le professeur dans votre session *Replit*.

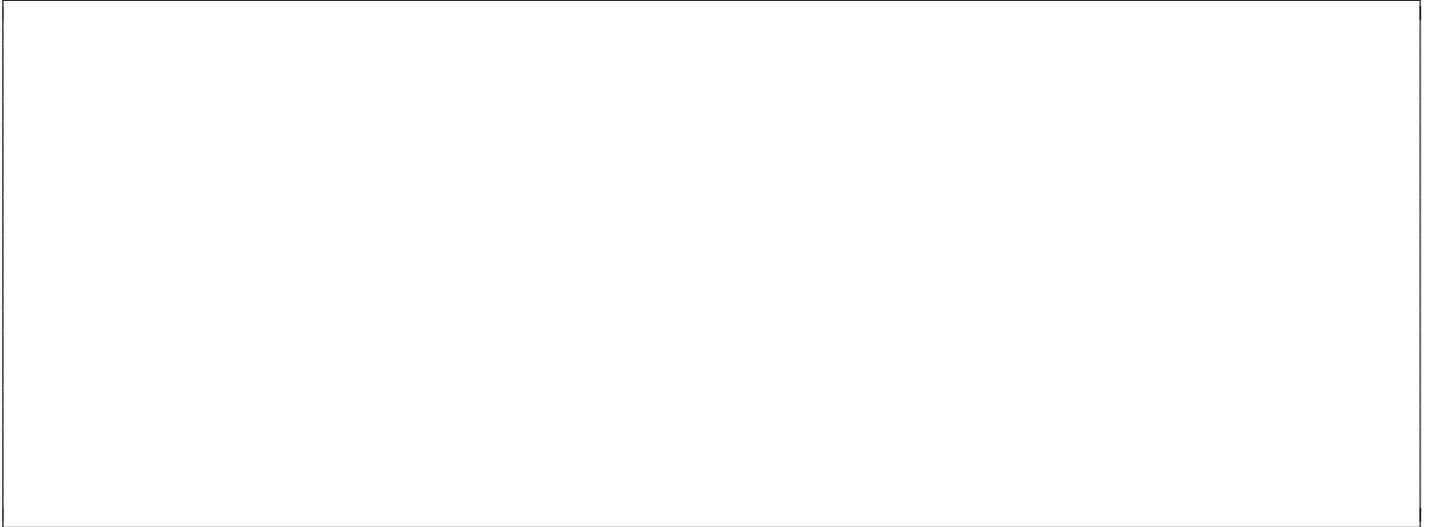
Document 4: Rappel utilisation de *Tracker*

- Ouvrir le logiciel *Tracker*.
- Enregistrer le projet sous le nom "nom1Prenom1_Nom2Prenom2_Classe".
- ⚠ Enregistrer régulièrement le projet car il arrive au logiciel de crasher!
- Cliquer sur l'icône « fichier » puis « ouvrir fichier ». Sélectionner votre vidéo.
- Lire la vidéo en cliquant sur la flèche verte en bas à gauche.
- Faire une rotation à la vidéo si nécessaire : « video → filter → rotate ».
- Retourner au début de la vidéo sur la 1^{ère} image (bouton )
- Ajuster l'image de départ et de fin : déplacer le curseur (bouton ) sur l'image d'intérêt puis clic droit « Définir l'image de départ ici » et pour l'image de fin « Définir l'image de fin ici ». On choisira comme image de départ le moment où la balle quitte la main et comme image de fin le moment où la balle touche le sol.
- Étalonner la chronophotographie en cliquant sur « Créer → Outils de calibration → Bâton de calibration » (bouton ). Sélectionner un point de départ et de fin (en faisant "shift + clic"). On ajustera la valeur de la longueur du bâton.
- Afficher le système d'axes en cliquant sur le bouton  . Choisir l'origine sur la position de la balle sur la première image. Choisir des axes orientés vers la droite et vers le haut.
- Ajouter des points à la trajectoire : « Créer → Masse ponctuelle → "shift + clic" sur les positions de la balle ». Suivre ainsi la trajectoire entière.
- Dans la partie graphique de droite, choisir en cliquant sur le nom des axes y en ordonnées et x en abscisses : on obtient la trajectoire du mouvement.

Une notice détaillée est disponible sur le lien suivant :



1. Réaliser les différentes étapes du protocole expérimental.
2. Compléter le programme python envoyé par le professeur aux lignes repérées par des commentaires "À compléter par les élèves" : lignes 6 à 17 et lignes 75 à 77.
3. Faire un schéma du pendule, on y indiquera notamment le système d'axe et la trajectoire du système. La longueur de la corde ainsi que la masse du système devront également y figurer.



4. Afficher la trajectoire du système ("plotIdx = 1" dans le programme). Quelle est la nature du mouvement? Qu'est-ce que la période du phénomène? Le pendule aura-t-il toujours la même période? Justifier.

.....

5. Afficher la courbe de l'énergie cinétique du système en fonction du temps ("plotIdx = 2" dans le programme). Décrire l'allure de la courbe de l'énergie cinétique. À quoi correspondent les maxima et minima de cette courbe?

.....

6. D'après le pointage, déterminer la période T du pendule. La comparer à la valeur théorique valable dans le cadre des petits angles, dont on peut montrer que la valeur est $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. On pourra calculer l'erreur associée à cette mesure et donner une piste de réflexion quand à l'origine de cette erreur.

.....

7. Afficher la courbe de l'énergie potentielle de pesanteur du système en fonction du temps ("plotIdx = 3" dans le programme). Décrire la courbe de l'énergie potentielle. Ses maxima sont-ils toujours égaux ? Si une différence est constatée, expliquer son origine.

.....

.....

.....

.....

8. Afficher la courbe de l'énergie mécanique du système en fonction du temps ("plotIdx = 4" dans le programme). Décrire l'allure de la courbe de l'énergie mécanique. Est-elle conservée au cours du mouvement ?

.....

.....

.....

.....

9. Afficher le graphique comportant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique du système en fonction du temps ("plotIdx = 5" dans le programme). Décrire les échanges énergétiques dont le pendule est le siège au cours de son mouvement.

.....

.....

.....

.....

10. Que peut-on dire des forces de frottements qui s'exercent sur le pendule ?

.....

.....

.....