T.P. : OSCILLATIONS D'UN PENDULE

SITUATION-PROBLEME

Comment mettre en évidence les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique et son amortissement.
Comment étudier les transferts énergétiques lors du balancement d'un pendule ?

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT

Document 1 : Un peu d'histoire

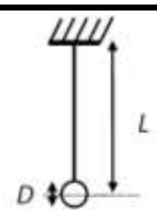
Galilée (1564 – 1642) est le premier savant à avoir étudié de façon quantitative les oscillations d'un pendule. Il utilisa son pouls pour mesurer la période de balancement du lustre suspendu à la voûte de la cathédrale de Pise. Il découvrit ainsi les lois pendulaires à la base des premières horloges à pendule.

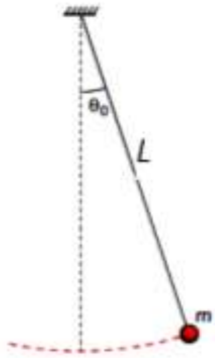
Document 2 : Qu'est ce qu'un système oscillant ?

Un système oscillant est un système mécanique de centre d'inertie G, dont le mouvement :

- est périodique, c'est-à-dire qu'il se reproduit identique à lui-même, à intervalles de temps égaux ;
- s'effectue de part et d'autre d'une position d'équilibre stable.

Document 3 : Qu'est ce qu'un pendule simple ?





Un **pendule** est constitué:
- d'un solide de masse ***m*** de petite dimension.
- d'un fil inextensible de longueur ***L*** et de masse négligeable devant ***m***.
Le pendule est **simple** si $\boldsymbol{L \geq 10.D}$ (*D* étant le diamètre du solide).
La position du pendule est repérée par son **abscisse angulaire** θ**(t)** qui représente la direction entre la verticale et la direction du fil.
Pour les expériences à venir, on lâchera la masse ***m*** **sans vitesse initiale** depuis une position repérée par l'abscisse angulaire initiale θ_0.
La **période *T*** est la durée séparant deux passages consécutifs du pendule par la verticale et **dans le même sens**. Afin d'améliorer la précision sur la mesure de la période ***T*** on mesure généralement une durée Δ**t** correspondant à plusieurs périodes.
Un pendule « bât » la seconde lorsque sa **demi-période vaut 1,0 s**.
On parle d'**isochronisme** des oscillations lorsque la période des oscillations ***T*** est indépendante de l'abscisse angulaire initiale θ_0.

La période T du pendule simple est définie par : $T = 2.\pi.\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

Document 4 : Rappels de première S.

L'énergie cinétique E_C (en J) d'un solide de masse ***m*** (en kg) en translation est l'énergie qu'il possède du fait de son mouvement à la vitesse ***v***(en m.s^{-1}) : $Ec = \frac{1}{2}.m.v_G^2$

L'énergie potentielle de pesanteur E_P d'un solide de masse ***m*** est l'énergie qu'il possède du fait de sa position à une altitude ***z*** par rapport à une altitude de référence (**E**p = 0 quand z = 0) selon un axe vertical Oz orienté vers le haut : Epp = mgz avec g = 9,8N.kg^{-1}
L'énergie mécanique E_M d'un solide est : $\mathbf{E_M = E_C + E_P}$.
L'énergie mécanique d'un système isolé se conserve.

MATERIELS ET PRODUITS DISPONIBLES

Pendule	chronomètre
Différentes masses marquées	Un mètre ruban
Potence	

TRAVAIL A EFFECTUER

I – UN PENDULE SIMPLE POUR MESURER LE TEMPS

1) Elaborer un protocole expérimental

1. Vérifier que le pendule mis à disposition est un pendule simple.
2. Proposer et mettre en œuvre un protocole pour mesurer, avec **la meilleure précision possible**, la période ***T*** du pendule pour une longueur ***L*** **= 50,0 cm**.

APPEL N°1	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté

3. La période ***T*** du pendule peut dépendre, à priori, de trois paramètres : la masse ***m*** du solide, l'abscisse angulaire initiale θ_0 et la longueur ***L***. À l'aide d'expériences, montrer que la période T du pendule est indépendante de la masse ***m*** du solide.

APPEL N°2	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté

4. À l'aide d'expériences, montrer que l'isochronisme des oscillations est vérifié seulement pour des oscillations de faible abscisse angulaire initiale θ_0.

APPEL N°3	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté.

Pour θ_0 **= 20°**, mesurer la durée Δ**t** correspondant à **5** périodes pour les différentes valeurs de ***L*** du tableau. Faire deux mesures concordantes et garder 3 chiffres significatifs pour **T** et **T²**. Compléter le tableau ci-dessous :

L (en m)	**0,200**	**0,400**	**0,500**	**0,600**	**0,800**
Δt (en s)					
T (en s)					
T² (en s²)					

7. Tracer le graphe ***T2* = f(*L*)** sur Excel. Décrire l'allure du graphe. Que peut-on en conclure ?
8. Déterminer la longueur ***L*** d'un pendule qui « bât la seconde ». Construire ce pendule et vérifier expérimentalement qu'il « bât » bien la seconde.

II – ETUDE ENERGETIQUE DES OSCILLATIONS D'UN PENDULE SIMPLE

1) Manipulations préliminaires

- Ouvrir le logiciel « Synchronie 6® », puis dans le menu « Edition », choisir « Image ou séquence vidéo », puis « Pointage de mobile » ;
- Ouvrir alors la vidéo « PENDULE.AVI » : celle-ci s'ouvre dans une fenêtre séparée ;
- Cliquer sur l'icône « Lire » pour visualiser la trajectoire du pendule étudié, ayant une longueur de fil de 0,50 m et une masse de 200 g.
- À l'aide du curseur situé au dessus de l'icône « Lire », faire apparaître à l'écran l'image sur laquelle la masse marquée est au point le plus bas de sa trajectoire pour définir l'origine du repère.
- Revenir à l'image n°1, puis cliquer sur « Etalonnage » : cliquer sur la limite gauche du trait épais noir horizontal de la vidéo, puis tirer avec précision la souris jusqu'à sa limite droite : une fenêtre « Valeur étalon » apparaît : y inscrire la hauteur du panneau blanc : 0,5 m ; Cliquer sur OK pour valider.

2) Numérisation des positions du système étudié

- Revenir à l'image n°1 ;
- Cliquer sur « Pointeur » et choisir le pointeur le plus gros ;
- Cliquer avec précision sur le centre de la masse marquée jusqu'à l'image n°47 afin de numériser l'ensemble des positions d'un aller-retour du pendule ;
- Fermer la fenêtre de la vidéo. À la demande de confirmation « Exporter le travail vers Synchronie », cliquer sur Oui : le graphe Yi = f(Timage) apparaît en fenêtre n°1.
- Afficher le graphe Xi = f(Timage) dans la fenêtre n°2 : dans le menu « Paramètres », cliquer sur l'onglet « Courbes », puis choisir la variable Xi dans le bandeau « -- Choisir une courbe -- » et cocher la fenêtre n°2.
- Agrandir la fenêtre n°2, remplacer la variable d'abscisses « Temps » (en double-cliquant dessus) par « Timage » et adapter l'échelle aux valeurs affichées.
- Enregistrer le fichier sous un nom identifiable : « NOM Prénom – Pendule (Données).SN2 »

3) Vitesse du système étudié

- À l'aide de l'outil adapté afficher :
  - en fenêtre n°1 et 3 la coordonnée Vy de la vitesse ;
  - en fenêtre n°2 et 3 la coordonnée Vx de la vitesse ;
- À l'aide de l'outil adapté afficher en fenêtre n°3 la norme V du vecteur vitesse du pendule ;

4) Energies du système étudié

- À l'aide de l'outil adapté afficher en fenêtre n°4 les énergies cinétiques E_c, potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique E_m au cours du temps (Timage).
- Modéliser chacune de ces grandeurs physiques et les afficher en fenêtre n°5.

APPEL N°4	**Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté.**

1. D'après le pointage, déterminer la période **T** du pendule. La comparer à la valeur théorique.
2. Sur une demi-période du pendule, comment évoluent les courbes $\mathbf{E_c}$ = f(t), $\mathbf{E_{pp}}$ = f(t) et $\mathbf{E_m}$ = f(t) ?
   Répondre en complétant le tableau ci-dessous avec les termes : constante, croissante, décroissante, nulle, maximale.

t (en s)	E_c (en J)	E_{pp} (en J)	E_m (en J)

3. Décrire les échanges énergétiques dont le pendule est le siège au cours de son mouvement.
4. Que peut-on dire des forces de frottements qui s'exercent sur le pendule ?
5. Repérer sur les graphes, les positions pour lesquelles le pendule passe par la position d'équilibre.
   Que peut-on dire des énergies cinétique et potentielle de pesanteur en ces points ?
6. Même question concernant les positions pour lesquelles l'abscisse angulaire est maximale.