|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **NOM** : ................................................ | Prénom : ................................................ | **Classe** : **…….** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1ère Spé | Thème : L’énergie : conversions et transferts | TP 18 |
| Physique | Les énergies d’un pendule | 🕮 Chap.14 |

**But du TP** : Etudier l’évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique lors des oscillations d’un pendule.

# Période d’oscillation d’un pendule



*« Galileo osserva la lampada   
nel Duomo di Pisa », 1841*

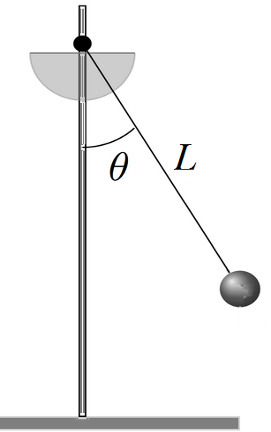
## Document 1 : Galilée et l’isochronisme

1. En 1583, à Pise, un jeune homme est distrait de la messe par le balancement d’une lampe à huile que l’on vient d’allumer. Il mesure la durée du balancement d’après son pouls et s’aperçoit qu’elle ne dépend pas de l’ampleur des oscillations à condition qu’elle ne soit pas trop forte.
2. Il découvre ce que les physiciens appellent : l’isochronisme des petites oscillations.
3. C’est ainsi que l’astronome italien ***Galilée*** (1564-1642) aurait découvert les propriétés du pendule. Il aurait ainsi remarqué que ses balancements conservaient la même durée, bien que leur oscillation diminuât ! Plus tard, il établit expérimentalement les 3 propriétés suivantes :

La période *T* est indépendante de la masse *m* du pendule ;

La période *T* est indépendante de l’amplitude θ (isochronisme) ;

La période *T* est proportionnelle à la racine carrée de la longueur *L* du pendule.



## Question (S’approprier)

1. **Choisir l’expression** qui rend le mieux compte des observations de Galilée :  
   ① T = k × L ; ② T = k × m ; ③ T = k ×  × θ ④ T = ; ⑤ T = k ×   
   On peut démontrer que la constante k = avec g = 9,8 N.kg-1.

# Energies d’un pendule

1. On souhaite décrire le mouvement d’un pendule de masse *m* = 159 g en étudiant l’évolution de ses énergies.

## Document 2 : Les énergies

* L’énergie cinétique EC (en J) : EC = avec la masse m (en kg) et la vitesse v (en m.s-1).
* L’énergie potentielle de pesanteur EPP (en J) : EPP = m × g × L × (1 – cos (θ)) où θ est l’angle entre le pendule et la verticale. L’énergie potentielle de pesanteur de référence est telle qu’à l’équilibre, EPP(équilibre) = 0.
* L’énergie mécanique EM (en J) : EM = EC + EPP.
* Théorème de l’énergie mécanique : ΔEM = WAB(nc) où nc sont les forces non-conservatives.

## Protocole expérimental (Réaliser)

1. Ouvrir le logiciel Regressi, puis OrphyLab et connecter le pendule à la carte d’acquisition U1 présente sur la table :
2. Sélectionner l’icône U1, puis paramétrer le logiciel en suivant les indications suivantes :  
   Durée : 10 s ; Nombre de points : 500 ; Téchantillonnage : 20 ms ; Déclenchement : Clavier (avec loupe auto).
3. Choisir une longueur totale de pendule L = 50 cm (déplacer la masse pesante).
4. Sur le boitier bleu, appuyer sur α = 0° lorsque le pendule est à l’équilibre, puis le lâcher avec un angle θ0 = 20° afin de réaliser l’acquisition (barre d’espace).
5. Basculer les valeurs expérimentales sous Regressi en validant : OK.

## Modélisation (Réaliser)

1. Entrer les paramètres expérimentaux m (en kg), L (en m) et g (en N/kg).

* **Indiquer leur valeur respective.**

1. A présent, il faut convertir la tension U1 en angle θ : Pour cela, visualiser le graphe de la tension U1(t).
2. Dans Modélisation, choisir les angles en radian (élargir la fenêtre de modélisation si besoin).
3. Choisir un modèle oscillatoire amorti : modèles / autres du type   
   U1 = a + b × cos(2π×t/T + φ) × exp(-t/τ). Ajuster.

* **Noter les valeurs** de la moyenne de U1 : a = ……………… ; de l’amplitude de U1 : b = ……………… ;   
  de la période : T = ………………

1. Dans Expressions, faire calculer les grandeurs suivantes :

L’angle θ (en rad) : θ = × 20 × (U1 - a)/b en y remplaçant a et b par les valeurs mesurées précédemment.

La vitesse v du pendule avec v = L × où la variation de l’angle au cours du temps s’écrit :   
 noté derθ = (θ[i + 1] – θ[i-1]); (t[i+1] – t[i-1])

Les énergies cinétique EC, potentielle de pesanteur EPP et mécanique EM.

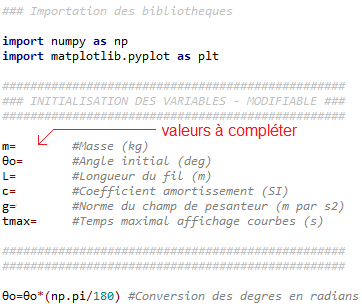
* **Visualiser les courbes EC, EPP et EM en fonction du temps**. Ajuster afin de tracer leur moyenne et d’éliminer les valeurs aberrantes.

**🖑 Faire vérifier les courbes par le professeur, puis les imprimer. 🖑**

## Exploitation (Analyser)

1. Quelle transformation d’énergie est mise en évidence ?
2. L’énergie mécanique EM se conserve-t-elle ? Justifier en indiquant ses valeurs extrêmes aux dates t = 0 et t = 10 s.
3. Nommer les forces qui s’exercent sur le pendule au cours de son mouvement et les représenter sur le schéma ci-contre.
4. A l’aide du théorème de l’énergie mécanique, déterminer le travail WAB() des frottements (seule force non-conservative qui travaille) durant la durée totale d’étude Δt = 10 s.

## Problème (Raisonner)

1. En exploitant l’expression de la période *T* du pendule (partie **I.**), calculer la longueur du pendule battant la seconde à Pise. En déduire la valeur de la période de ce pendule sur la Lune.  
   **Donnée** : *g*Lune = 1,6 N.kg-1

## Programmation (Réaliser-Analyser)

1. Un programme informatique permet de représenter l’évolution des énergies en tenant compte des frottements exercés par l’air.
2. Ouvrir le logiciel *EduPython*.
3. Charger le fichier *Pendule.py*  présent dans les documents de votre classe (PC).
4. Enregistrer ce fichier dans vos documents personnels.
5. Modifier le programme (voir l’encadré ci-dessous) en indiquant :

Les valeurs des paramètres expérimentaux ;

Le coefficient d’amortissement (ou de frottement) noté c ∈ [0 ; 1].

1. Exécuter le programme.
2. Justifier que la période *T* d’oscillation du pendule est bien indépendante de sa masse.
3. Pour quelle valeur du coefficient d’amortissement (c = 0,5 ; 0,05 ; 0,005) obtient-on les mêmes résultats que lors de l’expérience II. ?
4. Modifier les valeurs afin de simuler l’expérience sur la Lune (question 6)). Conclure.

**🖑 Faire vérifier les courbes par le professeur. 🖑**