

COMPÉTENCES EXIGIBLES

- Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique et son amortissement.
- Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétiques, potentielle et mécanique d'un oscillateur.

I- UN PENDULE POUR MESURER LE TEMPS

App, Ana, Réa

Document 1 :

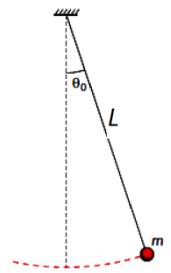
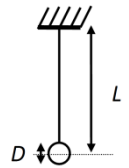
Galilée (1564 – 1642) est le premier savant à avoir étudié de façon quantitative les oscillations d'un pendule. Il utilisa son pouls pour mesurer la période de balancement du lustre suspendu à la voûte de la cathédrale de Pise.
Il découvrit ainsi les lois pendulaires à la base des premières horloges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



Galilée observant les oscillations d'un lustre dans la cathédrale de Pise.

Document 2 :

- × Un phénomène est **périodique** s'il se répète identique à lui-même à intervalles de temps égaux.
- × 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 $L > 10.D$ (D étant le diamètre du solide).
- × La position du pendule est repérée par son **abscisse angulaire** $\theta(t)$ 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 Δt correspondant à plusieurs périodes.
Un pendule « bât » la seconde lorsque sa **semi-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 .



1. Pourquoi les oscillations d'un pendule sont-elles un phénomène périodique ?
2. Vérifier que le pendule mis à disposition est un pendule simple.
3. Proposer et mettre en œuvre un protocole pour mesurer, avec la **meilleure précision possible**, la période T du pendule pour une longueur $L = 50,0 \text{ cm}$.
4. La période T du pendule peut dépendre, a 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.
5. À l'aide d'expériences, montrer que l'isochronisme des oscillations est vérifié seulement pour des oscillations de faible abscisse angulaire initiale θ_0 .
6. Pour $\theta_0 = 20^\circ$, mesurer la durée Δt correspondant à **5 périodes** pour les différentes valeurs de L du tableau. Faire deux mesures concordantes et garder 3 chiffres significatifs pour T et T^2 . Compléter le tableau ci-dessous :

L (m)	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800
Δt (s)					
T (s)					
T ² (s ²)					

7. Tracer le graphe $T^2 = f(L)$ sur Excel. Décrire l'allure du graphe. Que peut-on en conclure ?

8. Pour des oscillations de faible amplitude (inférieure ou égale à 20°), la période propre d'un pendule simple est donnée par l'expression : $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ avec $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

En déduire une valeur expérimentale de la constante du champ de pesanteur g_{exp} .
Calculer la précision de cette mesure (calcul d'erreur).

$$\left(\frac{U(g)}{g}\right)^2 = 2 \left(\frac{U(T)}{T}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2$$

9. Déterminer la longueur L d'un pendule qui « bât la seconde ». Construire ce pendule et vérifier expérimentalement qu'il « bât » bien la seconde.

II- ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE DES OSCILLATIONS D'UN PENDULE

Réa, Ana

Document 3 : Énergies (1^{ère} S).

- ✗ **L'énergie cinétique** E_C d'un solide de masse m en translation est l'énergie qu'il possède du fait de son mouvement à la vitesse v :
- ✗ **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 :
- ✗ **L'énergie mécanique** E_M d'un solide est : $E_M = E_C + E_P$.
L'énergie mécanique d'un système isolé se conserve.

$$J \leftarrow \begin{matrix} \mathcal{E}_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ \text{kg} \quad \text{m.s}^{-1} \end{matrix}$$

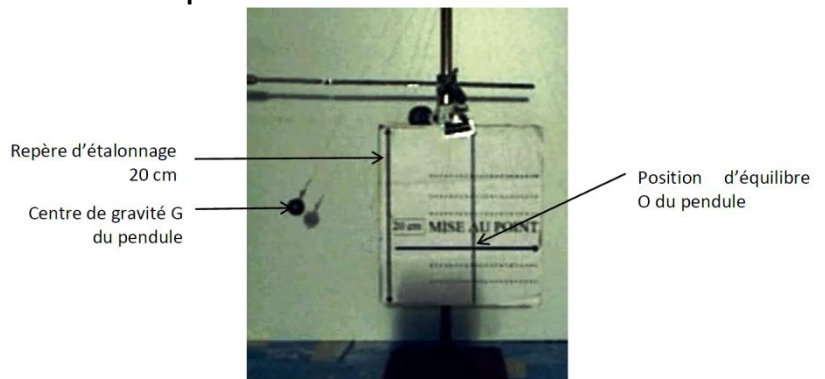
$$J \leftarrow \begin{matrix} \mathcal{E}_P = m \cdot g \cdot z \\ \text{kg} \quad \text{N.kg}^{-1} \quad \text{m} \end{matrix}$$

EXPLOITATION D'UNE VIDÉO

🔗 Ouvrir le logiciel de pointage AVIMECA et ouvrir le fichier vidéo « pendule L = 411 mm ». Jouer la vidéo.

🔗 Étalonner soigneusement la fenêtre graphique en utilisant la double flèche verticale tracée sur le carton qui mesure en réalité 20 cm (voir photo du montage). Elle constitue un repère d'étalonnage.

🔗 Sur la première image, associer un système d'axes tel que l'axe vertical soit orienté vers le haut, l'axe horizontal orienté vers la droite et tel que l'origine du système d'axes corresponde au centre de la croix (position d'équilibre O).



🔗 Réaliser le pointage jusqu'à $t = 2,000 \text{ s}$ et l'exporter dans un fichier Excel.

TRACÉS DES COURBES $E = f(t)$

🔗 Créer trois colonnes v_x , v_y et v et faire calculer les valeurs correspondantes par Excel à partir des données du pointage.

🔗 Créer trois autres colonnes E_C , E_P et E_M et faire calculer les valeurs correspondantes par Excel à partir des données du pointage.

🔗 Sur un même graphique, faire tracer les graphes : $E_C = f(t)$, $E_P = f(t)$ et $E_M = f(t)$.

On donne $m = 24 \text{ g}$ et $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

Faire vérifier vos graphes avant de continuer. Reproduire les graphes obtenus.

10. D'après le pointage, déterminer la période T du pendule.

11. Sur une demi-période du pendule, comment évoluent les courbes les courbes $E_C = f(t)$, $E_P = f(t)$ et $E_M = f(t)$? Répondre en complétant le tableau ci-dessous avec les termes : constante, croissante, décroissante, nulle, maximale.

t(s)	E_C	E_P	E_M
à 0,20			
de 0,20 à 0,55			
à 0,55			
de 0,55 à 0,90			
à 0,90			

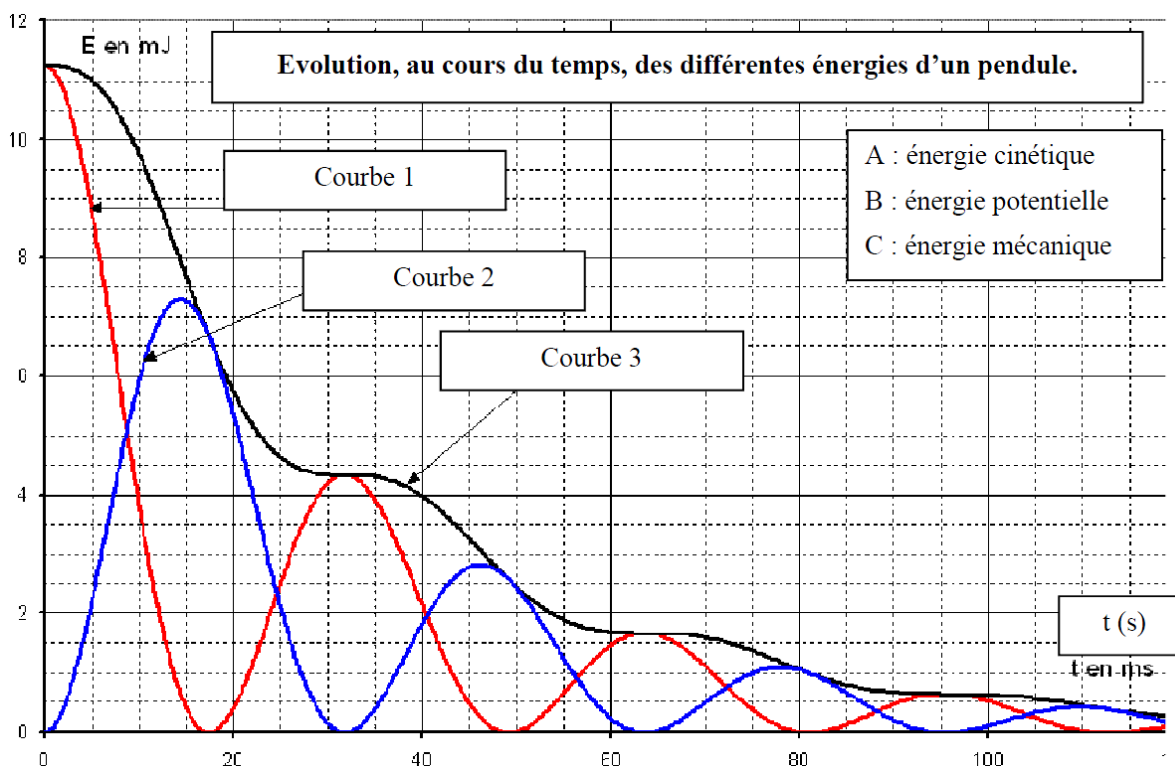
12. Décrire les échanges énergétiques dont le pendule est le siège au cours de son mouvement.

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

14. Repérer sur les graphes, les positions pour lesquelles le pendule passe par la position d'équilibre. Que peut-on dire de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur en ces points ? Mêmes questions pour les positions pour lesquelles l'abscisse angulaire est maximale.

DEUXIÈME APPROCHE EXPÉRIMENTALE... AVEC FROTTEMENTS

On effectue le même genre d'expérience et en calculant comme précédemment les mêmes grandeurs, on obtient le graphique ci-dessous :



15. Décrire l'évolution de ces trois courbes.

16. Identifiez à quelle énergie correspond chaque courbe.

17. Comment obtenir expérimentalement ces courbes-là ?

18. Pourquoi, selon vous :

a. la courbe 3 décroît.

b. la courbe 3 diminue brusquement lorsque la courbe 2 atteint un maximum.