

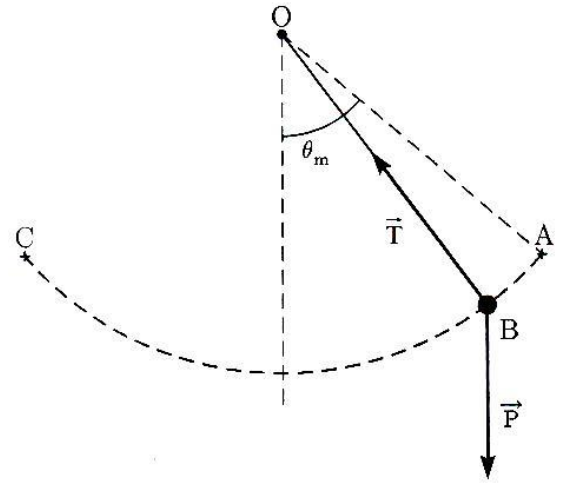
T.P. 14

ETUDE D'UN OSCILLATEUR MECANIQUE : LE PENDULE SIMPLE

I. INTRODUCTION

1. Le pendule simple

- Un pendule simple est constitué d'une masse ponctuelle m attachée à un long fil inextensible de longueur l et de masse négligeable.
- En pratique, l'objet ponctuel est un petit solide (S) de masse m et de dimensions négligeables devant la longueur l ($l > 10 r$).
- La position de la masse m est repérée par l'angle θ que fait le fil avec la verticale (position d'équilibre). θ est aussi appelé : écart angulaire ou abscisse angulaire..



2. Oscillateur mécanique :

Un oscillateur mécanique est un système animé d'un mouvement périodique de part et d'autre d'une position d'équilibre. La période des oscillations est notée T et leur fréquence est notée f .

La période T d'une oscillation est la durée entre 2 passages successifs du pendule par la même position et dans le même sens. C'est la durée d'une oscillation.

3. Objectifs du TP :

- Etudier les oscillations libres d'un pendule simple et mettre en évidence les différents paramètres qui influencent sa période.
- Etablir l'expression de la période du pendule simple.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation.
- Etudier l'évolution de l'énergie d'un pendule au cours de ses oscillations.

II. APPLIQUER L'ANALYSE DIMENSIONNELLE POUR TROUVER UNE RELATION

L'étude expérimentale d'un phénomène permet de mettre en évidence la dépendance de plusieurs grandeurs entre elles. Si ces grandeurs ont une dimension, l'analyse dimensionnelle permet alors de trouver la relation qui existe entre ces grandeurs, aux constantes sans dimension près.

Question 1 : Quelles sont les grandeurs dont pourrait (raisonnablement) dépendre la période T du pendule simple ?

Question 2 : Trouver, grâce à l'analyse dimensionnelle, les grandeurs dont dépend effectivement la période T ?

Aide : tenir compte de la méthode présentée ci-après.

Les 2 membres d'une égalité ont toujours la même dimension. Ainsi on vérifie l'homogénéité d'une relation en cherchant la dimension de chaque membre de l'égalité : on dit que la relation est homogène.

Ex : Trouver la dépendance de la période T d'un pendule avec l'intensité de la pesanteur g et la longueur l du pendule.

Méthode : on cherche une relation générale de la forme : $T = k l^\alpha g^\beta$, α et β étant les inconnues.

- On détermine la dimension de $k l^\alpha g^\beta$, en se rappelant que k est sans dimension.
- En tenant compte du fait que les 2 membres de l'égalité doivent avoir la même dimension, montrer que $\alpha = 1/2$ et $\beta = -1/2$.
- En déduire que : $T = k \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$

Question 3 : Quelles sont les limites de l'analyse dimensionnelle ?

III. LA PERIODE PROPRE DU PENDULE SIMPLE

1. Relation entre la période propre et l'amplitude des oscillations : isochronisme des petites oscillations

- Installer le pendule avec $l = 60,0$ cm
- Déterminer la période pour différentes valeurs de l'amplitude θ_m .

Question 4 : Comment faire pour avoir une meilleure précision sur la valeur de la période T ?

Compléter le tableau ci-dessous et conclure

θ_m (°)	5	10	15	20	30	40
T (...)						

2. Relation entre la période propre et la masse du pendule :

- Mesurer la période propre pour différentes valeurs de m

Question 5 : Compléter le tableau ci-contre

• Conclure.

m (g)	$m_1=7,2$ g	$m_2=14,3$ g	$m_3=41,1$ g
T (...)			

3. Relation entre la période propre et la longueur du pendule :

Questions 6 : Compléter le tableau en déterminant la période propre pour différentes valeurs de l .

l (en m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
T_o (...)							

- D'après l'analyse dimensionnelle, quel type de relation peut-on établir entre T et l et quel type de graphe est-il judicieux de tracer ?
- Modélisation : déterminer le coefficient directeur a de la droite obtenue. Comparer la valeur de « a » fournie à $4\pi^2/g$ où $g = 9,81$ m.s⁻² est l'intensité du champ de pesanteur.
- Reprendre l'expression de T obtenue à l'aide de l'analyse dimensionnelle et en déduire la valeur de k (dans l'analyse dimensionnelle). En déduire la relation donnant la période T d'un pendule simple pour de petites oscillations. Préciser les unités.

4. Période d'une seconde :

Question 7 : Comment déterminer la longueur l d'un pendule de période T égale à 1 seconde ?
Faire la vérification expérimentale.

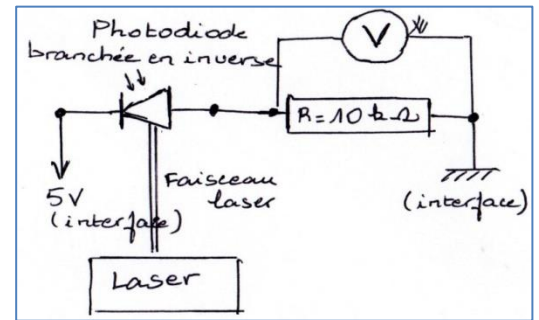
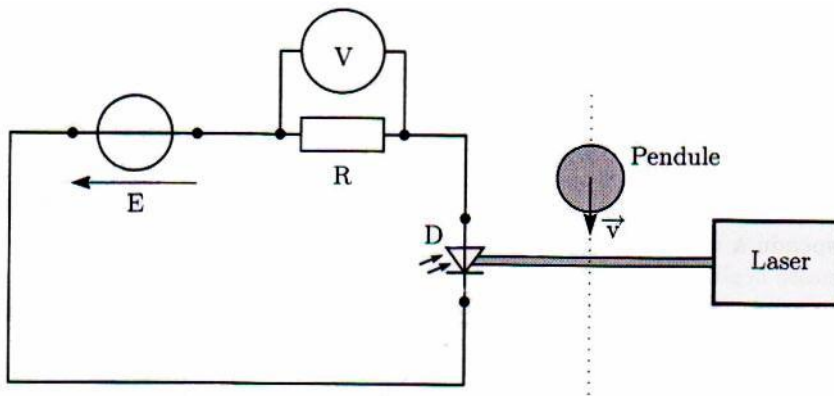
IV. MESURE PRECISE DE LA PERIODE A L'AIDE D'UN LASER ET DE LA BARRIERE OPTIQUE :

On dispose le laser perpendiculairement au plan d'oscillation du pendule, et le photodétecteur (photodiode) de telle sorte que le faisceau puisse être occulté par la masse m . On relie le photodétecteur au système d'acquisition (interface et ordinateur avec le logiciel LatisPro.

On fait osciller le pendule et on lance l'acquisition pendant quelques oscillations complètes (ex : 4 oscillations).

Questions 8 : Les périodes mesurées sont-elles rigoureusement identiques. Commenter.
Evaluer la période T . La période mesurée est-elle conforme avec la formule trouvée précédemment.

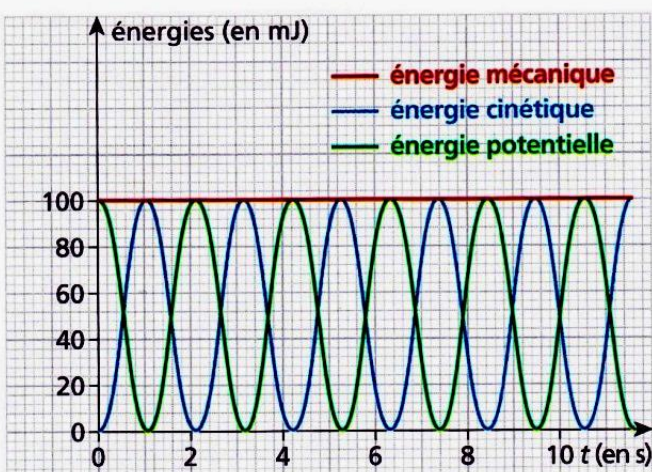
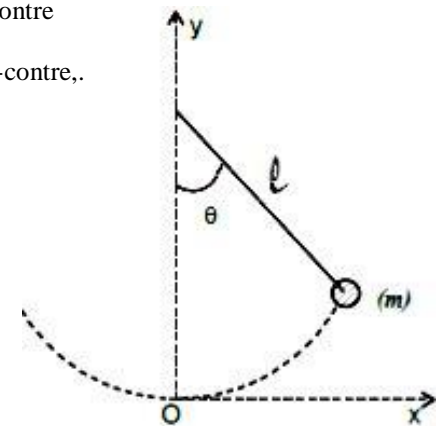
Schéma de principe de la barrière optique.



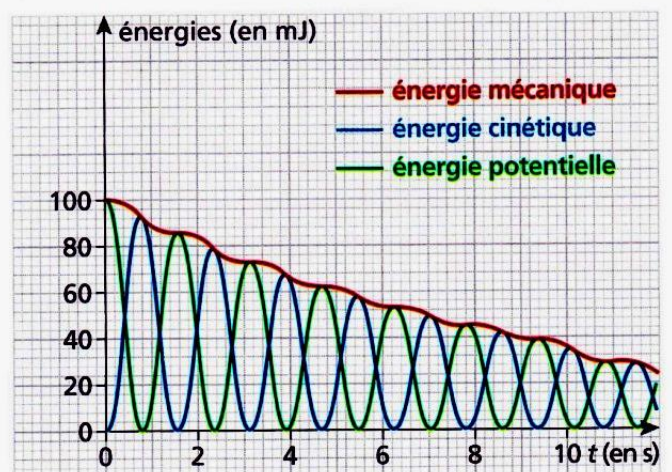
V. LE PENDULE SIMPLE : un transformateur d'énergie ?

Questions 9 : Soit le système $S = \{ \text{masse } m \}$ et le référentiel terrestre défini sur le schéma ci-contre

1. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la masse m et les représenter sur le schéma ci-contre.
2. Faire le bilan énergétique du système. Quelle force ne travaille pas ? pourquoi ?
3. Que peut-on dire des transferts d'énergie lors des oscillations ?
4. Commenter les graphiques ci-dessous.
Les forces de frottement sont-elles des forces conservatives ?



Oscillations à énergie mécanique constante



Oscillations avec dissipation de l'énergie mécanique