TP de Physique n° 9
Oscillations du pendule élastique

1 Étude statique d'un dispositif solide-ressort vertical

En première approximation, on modélise le comportement d'un ressort par une relation linéaire entre la force de rappel et l'allongement, avec un cœfficient de proportionnalité k appelé constante de raideur. On va se placer dans le cadre de ce modèle phénoménologique simple.

De plus, on va négliger la masse des ressorts devant la masse des solides que l'on va accrocher à leurs extrémités.

- Le ressort est suspendu verticalement à une potence par son extrémité B : sa longueur, appelée « longueur à vide », est ℓ_0. L'extrémité libre du ressort est notée A_0.
- Accrochez à son extrémité libre une « masse marquée » de masse m. Le ressort étiré a alors une longueur ℓ. L'extrémité du ressort à laquelle la masse marquée est accrochée occupe une position A, le ressort est étiré ; longueur correspondante du ressort est ℓ.

> Veillez à rester dans le domaine de réponse linéaire du ressort !

- Effectuez une dizaine de mesures de ℓ pour différentes valeurs de la masse m. Dressez un tableau de mesure sur votre compte-rendu.

m (g)				...
F (N)				...
ℓ (cm)				...
$\Delta\ell$ (cm)				...

a. Schématisez le dispositif et représentez les forces extérieures agissant sur la masse marquée. Quelle relation lie ces forces lorsque l'équilibre est atteint ?

b. En notant $\vec{F}$ le vecteur force de rappel que le ressort exerce sur la masse marquée, et F sa valeur, trouvez la relation qui lie F et la masse m de la masse marquée. Donnée : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

c. Utilisez vos données pour tracer la courbe de F en fonction de l'allongement $\Delta\ell = \ell - \ell_0$. Justifiez le fait que l'on peut modéliser cette courbe par la relation affine $F = k\Delta\ell$. Déterminez graphiquement la valeur de k et précisez son unité.

d. En déduire l'expression vectorielle du vecteur force de rappel $\vec{F}$ en fonction de la constante de raideur k et de $\overrightarrow{A_0A}$.

2 Oscillations verticales libres d'un système solide-ressort

- Accrochez une masse marquée à l'extrémité libre du ressort. Réglez la règle graduée afin qu'elle soit verticale et que son zéro coïncide avec la position d'équilibre de la masse marquée.
- Déplacez verticalement vers le bas la masse marquée d'environ 1,5 cm, et la lâcher sans lui communiquer de vitesse initiale.

> Veillez à rester dans le domaine de réponse linéaire du ressort !

- Vérifiez que les oscillations sont peu amorties. Conséquence : peut-on confondre période propre et période du mouvement ?
- Déclenchez un chronomètre à l'instant où le point A repasse par sa position d'équilibre dans un sens donné, et mesurez la durée de 10 oscillations. Effectuez trois mesures de la période propre des oscillations, en modifiant raisonnablement l'amplitude du mouvement (c'est-à-dire l'allongement initial du ressort).
- Répétez l'expérience pour cinq valeurs au moins de la masse m. Dressez un tableau de mesure sur votre compte-rendu.

T_0 (s)				...
m (g)				...
$\sqrt{m}$ ($g^{1/2}$)				...

e. Pourquoi ne mesure-t-on pas directement la durée d'une oscillation ?

f. La période propre du mouvement dépend-t-elle de son amplitude ?

g. Tracer la courbe des variations de T_0 en fonction de $\sqrt{m}$. Quelle modélisation peut-on proposer ?

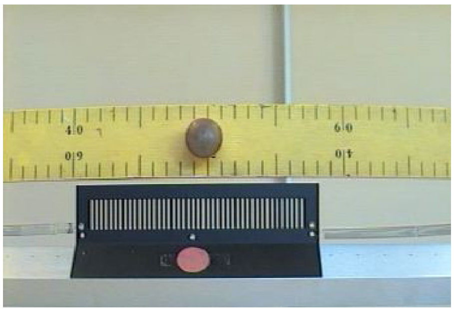
h. Une étude théorique montre que la valeur de T_0 dépend des valeurs de k et de m selon la relation :

$$T_0 \propto \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Quelle est la valeur expérimentale du cœfficient de proportionnalité ?

3 Étude énergétique d'un système solide-ressort horizontal

- On a procédé à l'enregistrement du mouvement d'une masse $m = 51$ g, placée sur un banc à coussin d'air, accrochée à deux ressorts horizontaux équivalents à un seul ressort de raideur $k = 1,2 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. Ce dispositif est appelé *pendule élastique horizontal*.



- Ouvrir Latis Pro, mener un pointé sur la vidéo, afin d'obtenir le déplacement d'un point à l'origine à l'état d'équilibre, que l'on note $x(t)$ et que l'on appelle équation horaire.
- Utiliser le logiciel afin d'obtenir la dérivée première en fonction du temps, pour le déplacement de ce point.

$$v_x(t) = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$

- Utiliser les capacités de modélisation pour trouver amplitude et période.

$$x(t) = \dots\dots\dots \quad \dots\dots\dots \quad \dots\dots\dots$$

- Comparer la valeur de la période à la valeur théorique de la période propre des oscillations faiblement amorties. Conclure.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

- Utiliser les fonctionnalités du tableur ou de la feuille de calcul pour calculer l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle élastique E_p du pendule.

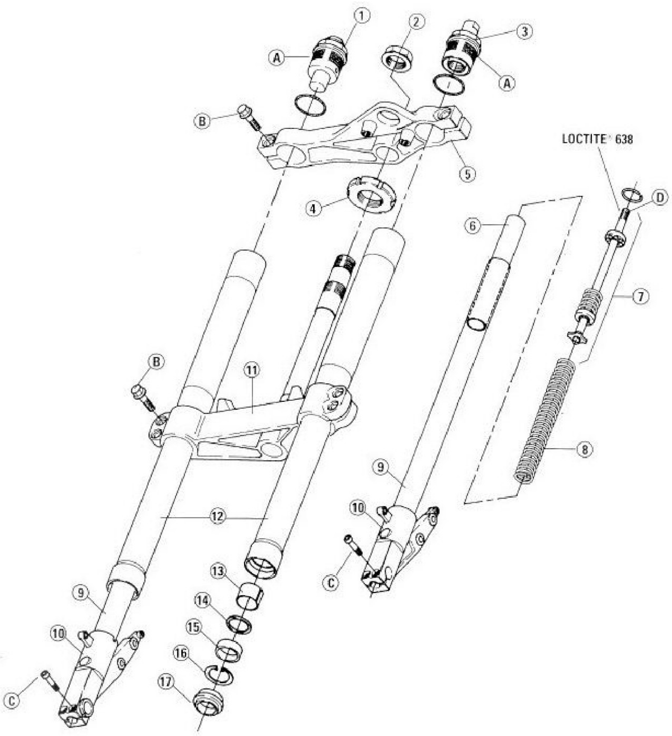
$$E_\mathrm{c} = \dots\dots\dots$$

$$E_\mathrm{p} = \dots\dots\dots$$

- En déduire l'énergie mécanique E_m telle que :

$$E_\mathrm{m} = E_\mathrm{c} + E_\mathrm{p}$$

Conclure.



Grille TPP 9

Chute parabolique

- ❑ 1 graphique avec 3 courbes
- ❑ 3 formules E_{c}, E_{pp} et E_{m}
- ❑ 3 codes informatiques pour taper ces 3 formules
- ❑ Interprétation

Pendule élastique

- ❑ 1 graphique avec 3 courbes
- ❑ 3 formules E_{c}, $E_{\mathrm{p\,él}}$ et E_{m}
- ❑ 3 codes informatiques pour taper ces 3 formules
- ❑ Interprétation

Pendule pesant

- ❑ 1 graphique avec 3 courbes
- ❑ 3 formules E_{c}, E_{pp} et E_{m}
- ❑ 3 codes informatiques pour taper ces 3 formules
- ❑ Interprétation

Note **.../12**