OSCILLATIONS HARMONIQUES

OBJECTIF

Mesure des oscillations d'un pendule élastique vertical au moyen d'un détecteur de mouvement à ultrasons

RESUME

Les mouvements oscillants d'un pendule élastique vertical sont un exemple classique d'oscillation harmonique. Dans l'expérience, ces oscillations sont enregistrées au moyen d'un détecteur de mouvements à ultrasons qui mesure la distance entre la masse accrochée au ressort et le détecteur.

EXERCICES

- **Enregistrement de l'oscillation harmonique d'un pendule élastique vertical en fonction du temps au moyen d'un détecteur de mouvement à ultrasons.**
- **Mesure de la période d'oscillation *T* pour différentes combinaisons de constantes de raideur *k* du ressort et de masses *m*.**

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Jeu de 5 ressorts cylindriques (Loi de Hooke)	**1003376**
1	Jeu de masses à fente 10 x 10 g	**1003227**
1	Jeu de masses à fente 5 x 50 g	**1003229**
1	Socle pour statif, trépied, 150 mm	**1002835**
1	Tige statif, 1000 mm	**1002936**
1	Noix de serrage avec crochet	**1002828**
1	Capteur de mouvement à ultrasons	**1000559**
1	3B NET*lab*™	**1000544**
1	3B NET*log*™ (230 V, 50/60 Hz)	**1000540 ou**
	3B NET*log*™ (115 V, 50/60 Hz)	**1000539**
1	Double mètre à ruban de poche	**1002603**

GENERALITES

Les oscillations sont générées lorsqu'un système écarté de sa position d'équilibre est renvoyé par une force excitatrice dans cette même position d'équilibre. On parle d'oscillation harmonique lorsque la force de rappel du système est à tout moment proportionnelle à l'écart de la position d'équilibre. Les mouvements oscillants d'un pendule élastique vertical en sont un exemple classique, la force de rappel étant alors proportionnelle à l'élongation du ressort. Cette proportionnalité entre l'élongation et la force de rappel du ressort est décrite par la loi de Hooke.

1

La relation entre l'élongation *x* et la force de rappel *F* est donc régie par l'équation

(1) $$F = -k \cdot x \quad \text{où}$$

k est la constante de raideur du ressort.

Par conséquent, pour une masse *m* accrochée au ressort cylindrique, l'équation du mouvement est de la forme

(2) $$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0\,,$$

tant que la masse du ressort elle-même ainsi qu'une éventuelle force de frottement sont négligeables.
En règle générale, la solution à l'équation de mouvement s'écrit :

(3) $$x(t) = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi\right),$$

comme cela est confirmé par l'enregistrement des oscillations harmoniques d'un pendule élastique vertical en fonction du temps, au moyen d'un détecteur de mouvement à ultrasons et en adaptant une fonction sinusoïdale aux données de mesure.
Le détecteur de mouvements à ultrasons mesure la distance entre la masse accrochée au pendule et le détecteur. Par conséquent, mis à part un décalage du point zéro qui peut être compensé par calibration, la grandeur de mesure correspond directement à la valeur $x(t)$ observée dans l'équation 3.
La période d'oscillation *T* est définie comme l'intervalle entre deux points où une onde sinusoïdale traverse l'axe zéro dans le même sens. À partir de l'équation (3), on obtient :

(4) $$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\,.$$

Afin de vérifier l'équation (4), on réalise des mesures avec différentes combinaisons de masse m et de constante de raideur *k* du ressort, puis on détermine la période d'oscillation en mesurant l'écart entre les deux points où une courbe traverse l'axe zéro dans les données enregistrées.

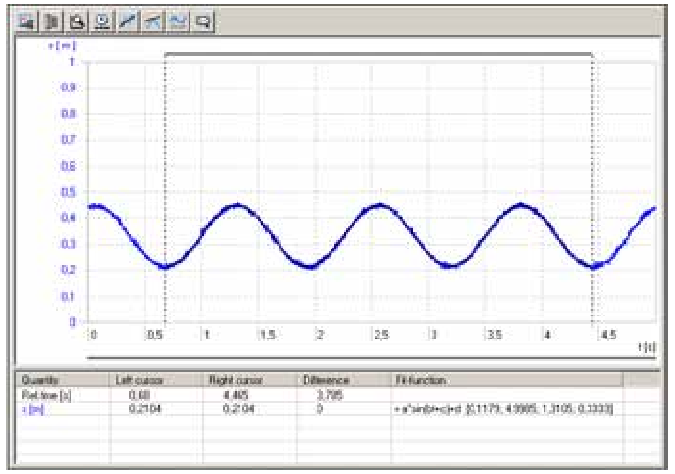

Fig. 1 Données des mouvements oscillants enregistrées après adaptation à une fonction sinus

EVALUATION

À partir de l'équation (4), on déduit la formule :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} \cdot m$$

Par conséquent, les données de mesure sont représentées dans un graphe T^2/m pour différentes constantes de raideur *k* du ressort comme paramètres. Les valeurs mesurées se situent dans les limites de tolérance de mesure sur une droite passant par l'origine dont le gradient est calculé au moyen d'un autre graphe.

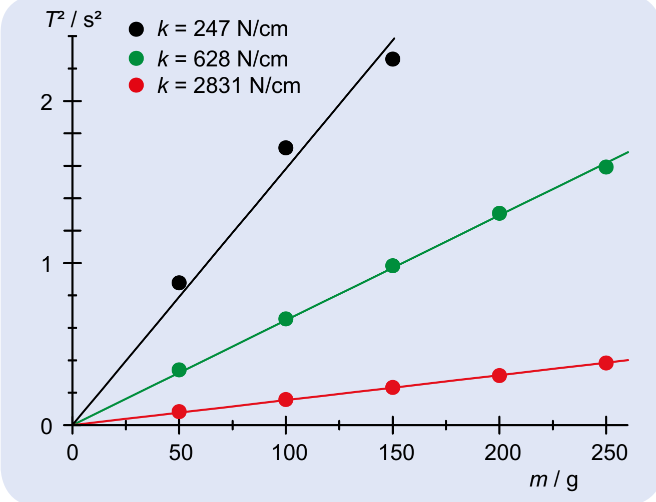

Fig. 2 T^2 en fonction de *m*

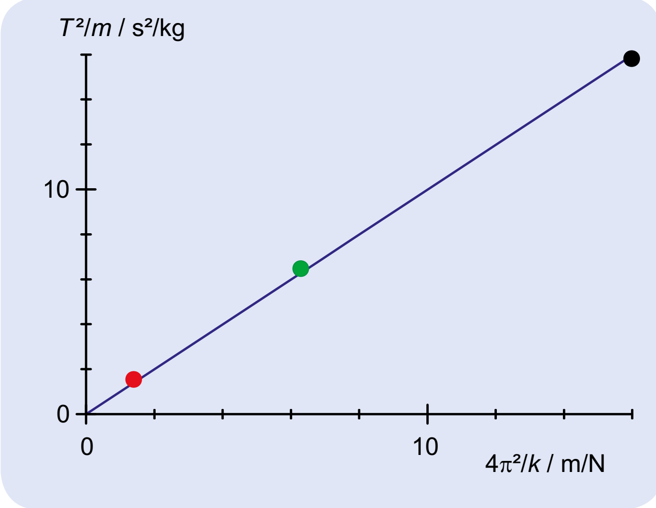

Fig. 3 $\frac{T^2}{m}$ en fonction de $\frac{4\pi^2}{k}$