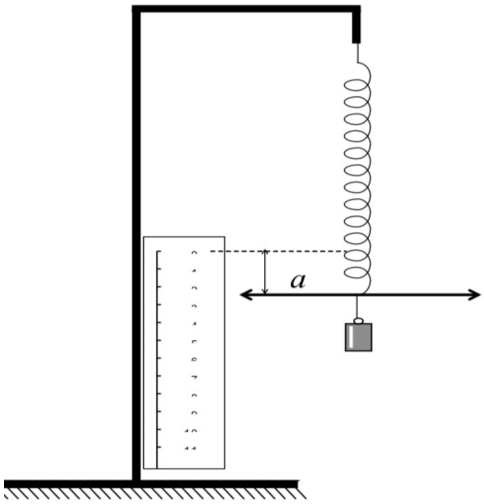
TP : Caractérisation de l'action exercée par un ressort sur une masse : force de rappel

But : caractériser la force de rappel exercée par un ressort sur une masse de manière statique et dynamique

I. Etude statique

On dispose du matériel schématisé ci-contre : une potence, un ressort, des masses (5g, 10g, 10g, 20g, 50g , 100g, 100g, 200g), un réglet.



1) Décrire la force décrivant l'action du ressort sur la masse suspendue à son extrémité en terme de sens et de direction.

2) Comment peut-on connaître l'intensité de la force exercée par le ressort sur la masse ? Justifier à partir d'une des 3 lois de Newton au choix (à préciser).

On donne g = 9,81 m.s^{-2}.

3) On propose d 'étudier la situation statique c'est à dire quand la masse est immobile dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

On note ℓ la longueur du ressort étiré et ℓ_0 la longueur du ressort au repos (à ressort placé horizontalement). Pour un ressort donné, on propose 3 modèles donnant la norme de la force $F=\|\vec{F}\|$ en fonction de l'allongement du ressort $\Delta\ell = \ell - \ell_0$ et de sa constante de raideur k :

Modèles mathématiques
$F = k \times \Delta\ell$
$F = k \times \Delta\ell^2$
$F = k / \Delta\ell$

a) Quel(s) graphique(s) serait-il judicieux de tracer afin de tester les 3 modèles ci-dessus ?

b) Proposer alors un protocole expérimental permettant de valider un des 3 modèles. Le rédiger.

4) Ne pas dépasser 200g pour les masses accrochées au ressort. Faire les expériences pour déterminer la bonne loi de force de rappel. La courbe devra être tracée avec Regressi.

5) Le logiciel regressi donne l'incertitude sur k lors de la modélisation. En déduire k sous la forme $k_{statique} = k_{mes} \pm u(k)$. Ne pas oublier les unités de k.

6) Conclure sur les caractéristiques de la force de rappel du ressort $\vec{F}$ dans le cas général (sens, direction, norme). Faire un schéma dans le cas où le ressort est étiré et un schéma dans le cas où le ressort est comprimé.

II. Etude dynamique

On admet désormais que la force exercée par le ressort sur une masse suspendue est de la forme déterminée dans la partie I). On souhaite dans cette partie, déterminer la constante de raideur k du ressort et vérifier que la compatibilité de la valeur obtenue par les deux méthodes (statique et dynamique).

Pour cela, on considère le même dispositif expérimental que dans la partie I). On admet qu'en tirant la masse verticalement vers le bas puis en la lâchant, la masse oscille verticalement périodiquement. On peut alors considérer qu'un tel pendule élastique se comporte comme un oscillateur harmonique avec une période propre T_0 (en l'absence de frottements) :

$$T_o = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$ avec m en kg, k en USI et T_0 en s.

Pour obtenir ce résultat théorique, on néglige la masse du ressort et on ne considère pas l'amortissement des oscillations.

1) Exprimer k en fonction de T_0 et de m.

2) On souhaite donc déterminer k. Donner les grandes étapes d'un protocole permettant de déterminer k à partir du mouvement de la masse.

Matériel disponible : chronomètre, potence, ressort, masses.

3) Exprimer l'incertitude de k notée u(k) en fonction de celles sur m et sur T_0 notées u(m) et $u(T_0)$.

On donne : si $G = \frac{x^\alpha}{y^\beta}$ alors $\frac{u(G)}{G} = \sqrt{\alpha^2 \left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 + \beta^2 \left(\frac{u(y)}{y}\right)^2}$

4) Quelle valeur de la masse est-il judicieux de choisir afin de minimiser les incertitudes expérimentales ? Justifier.

5) Mesurer la période T_0 des oscillations avec un chronomètre.

Vous expliquerez votre procédure. En particulier, on attend des détails pour augmenter la précision de vos mesures sur T_0.

6) On admet que l'incertitude sur la masse est négligeable devant celle sur la mesure de T_0.

Cela permet d'obtenir : $\frac{u(k)}{k} = \sqrt{4\left(\frac{u(T_0)}{T_0}\right)^2} = 2\frac{u(T_0)}{T_0}$

a) Estimer l'incertitude sur T_0 notée $u(T_0)$.

On donne pour n mesures de T_0 :

- la meilleure approximation est la valeur moyenne $\overline{T_0} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{0,i}}{n}$

- $u(T_0) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ où σ_{n-1} est l'écart type échantillon appelé aussi écart type expérimental.

b) En déduire l'incertitude sur votre mesure de k notée u(k).

7) Ecrire votre résultat de la mesure de k en prenant en compte l'incertitude : $k_{dynamique} = k_{mes} \pm u(k)$

8) Discuter de la compatibilité des deux mesures de k obtenues. Proposer des raisons en cas d'incompatibilité.

Données : Deux mesures G_{exp1} et G_{exp2} d'une même grandeur G dont on connaît les incertitudes respectives u_1 et u_2 sont compatibles entre elles si le critère suivant est respecté :

$$\frac{|G_{\exp 1} - G_{\exp 2}|}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2}} \leq 2$$