

NOM, Prénom :

NOM, Prénom :

Groupe :

Ressort et Associations (CR)

Matériel disponible : chronomètre, un ressort muni d'une perle-repère, 10 masses marquées pouvant être suspendues au ressort, un système de suspension vertical équipé d'un réglet et d'un miroir.

1. Introduction

2. Détermination de la raideur k du ressort par une étude statique

2.1. Loi théorique à vérifier

D'après la loi de Hooke, la force de rappel \vec{F}_R est proportionnelle à l'allongement :

$$\vec{F}_R = -k(l_0 - l_v)\vec{u}$$

où le coefficient de proportionnalité k est appelé raideur du ressort.

- a) A l'aide de deux schémas représentant le système, d'abord à vide, puis avec une masse accrochée au ressort en équilibre, identifier et représenter les longueurs caractéristiques en indiquant également à quoi correspond physiquement la grandeur $(l_0 - l_v)$. Sur l'un des deux schémas, indiquer la force de rappel ainsi que l'autre force la compensant, chacune en son point d'application.

- b) Retrouver la relation théorique entre la masse m et $(l_0 - l_v)$ à partir du bilan des forces s'exerçant sur le système à l'équilibre.¹

- c) Quelle est l'allure de la fonction $(l_0 - l_v) = f(m)$?

- d) Quelle est l'unité de la constante de raideur k ? Justifier.

¹ Les spires du ressort jointives jouent un rôle dans l'équilibre dynamique en ajoutant une force de même sens que la force de rappel, proportionnelle à la masse m_0 minimale accrochée au ressort pour laquelle le ressort commence à s'allonger. Autrement dit, pour une masse égale à $m - m_0$ l'allongement est nul.

2.2. Expérience

- a) Avec le matériel disponible, proposez une expérience en décrivant précisément ses étapes pour vérifier la relation établie entre la masse m et l'allongement ($l_0 - l_v$).

- b) Réaliser l'expérience et reporter dans le tableau ci-dessous vos résultats.

Longueur à vide l_v :

m (g)										
l_0 (cm)										
$(l_0 - l_v)$ (cm)										

- c) Estimer les incertitudes sur les paramètres mesurés (voir la section 2.2 de la partie « Mesures, incertitudes et approximations ») en justifiant/explicant vos estimations.

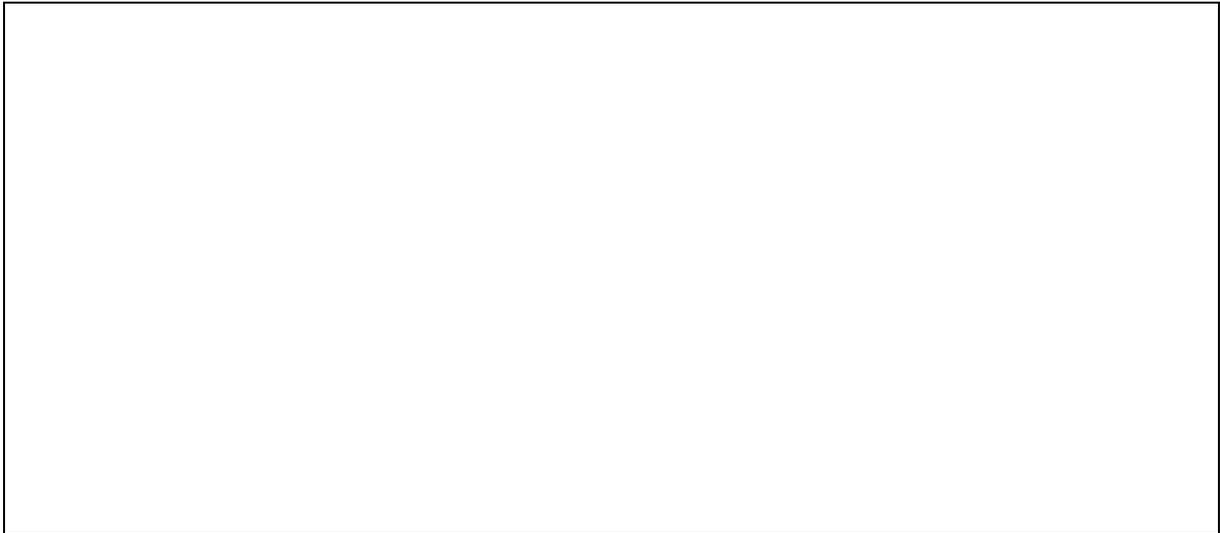
Allongement = $(l_0 - l_v)$

Incertitude sur l'allongement : $\Delta Allongement = \dots\dots\dots$

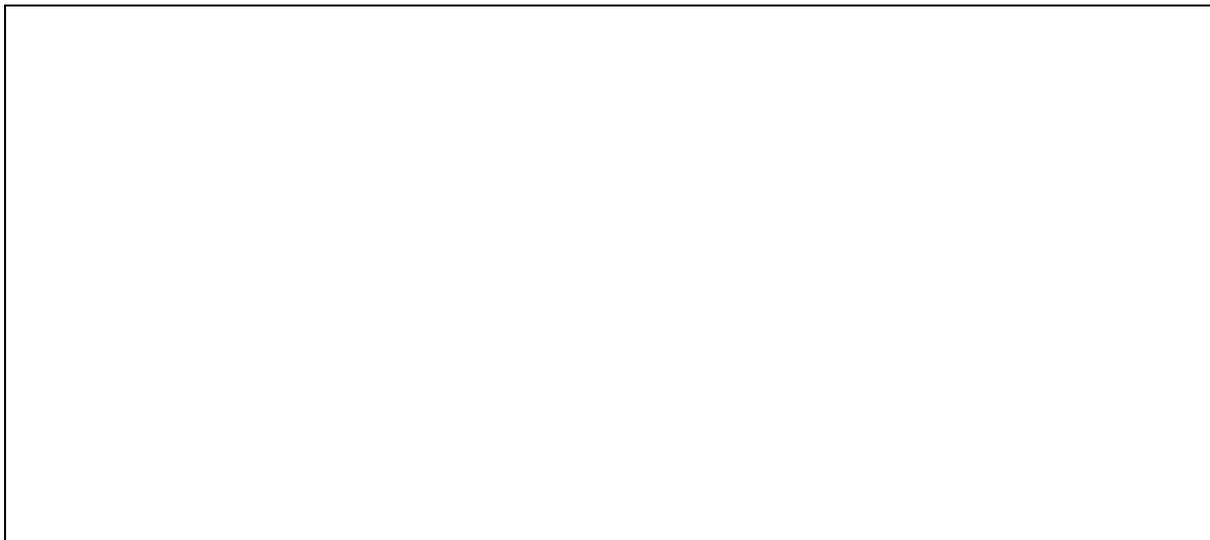
Incertitude sur la masse : $\Delta m = \dots\dots\dots$

2.3. Analyse des résultats

- a) Utiliser les PC à votre disposition pour tracer la courbe $(l_0 - l_v) = f(m)$ à l'aide d'un logiciel tableur. Joindre le graphique dans le compte-rendu en veillant à y indiquer le coefficient directeur a_{ex} et le coefficient de corrélation r .
- b) De quel type est la relation entre l'allongement du ressort et la masse ? L'expression théorique est-elle vérifiée ? Quelles pourraient être les sources d'une différence, le cas échéant ?



- c) Calculer l'incertitude Δa_{ex} sur le coefficient directeur expérimental a_{ex} à partir de sa valeur et de celle du coefficient de corrélation r (voir Eq. 6 du poly support).
- d) En déduire la valeur de la constante de raideur k du ressort et son incertitude Δk (voir la section 2.3.3 du document « Mesures, incertitudes et approximations »). On prendra $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.



3. Détermination de la raideur k du ressort par une étude dynamique

3.1. Loi théorique à vérifier

On s'intéresse dans cette partie au cas où le système masse-ressort est écarté de sa position d'équilibre. Le système va osciller autour de cette position d'équilibre l_0 .

- a) En reprenant le système à l'équilibre puis en oscillation autour de cette position, écrire le principe fondamental de la dynamique.

- b) Retrouver l'équation régissant l'évolution temporelle de la position x (dans la direction de \vec{u}) du système par rapport à l'origine O sous la forme :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

avec. $(l - l_0) = x$. Si on est en équilibre, $l = l_0$ et $x = 0$ puisque O est l'origine des x .

L'équation est typique d'un oscillateur harmonique :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \text{ avec pour solution } x(t) = x_m \cos(\omega_0 t + \phi)$$

Où x_m est l'amplitude, $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ est la pulsation propre et ϕ la phase à l'origine.

c) En déduire l'expression de la période propre T_0 du système.

d) Déterminer la grandeur à représenter en fonction de la masse m pour obtenir une droite.

e) Peut-on utiliser cette relation pour connaître une caractéristique du ressort ? Si oui, laquelle et comment ?

3.2. Expérience

- a) Avec le matériel disponible, proposez une expérience en décrivant précisément ses étapes pour vérifier la relation établie entre la période propre T_0 et la masse m ?

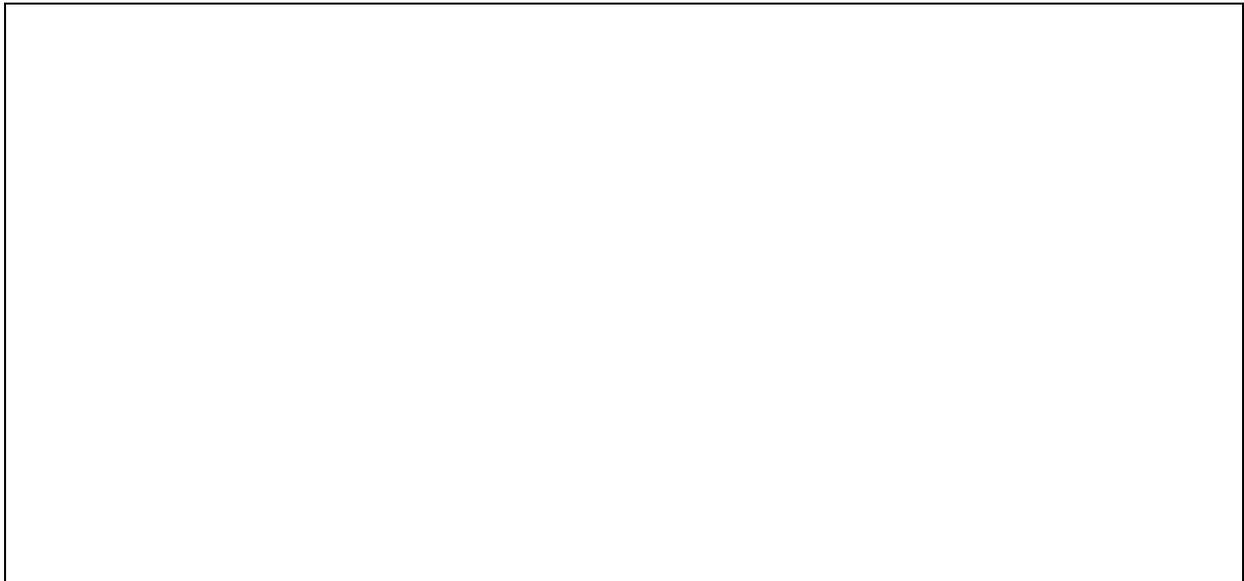
- b) Réalisez l'expérience en mesurant la durée nécessaire par le système pour effectuer 10 oscillations selon 6 différentes masses. Les mesures dépendant fortement de la précision du manipulateur, il est nécessaire d'être précis dans le déclenchement du chronomètre.

m (g)						
$10 \times T_0$ (s)						
T_0 (s)						
T_0^2 (s ²)						

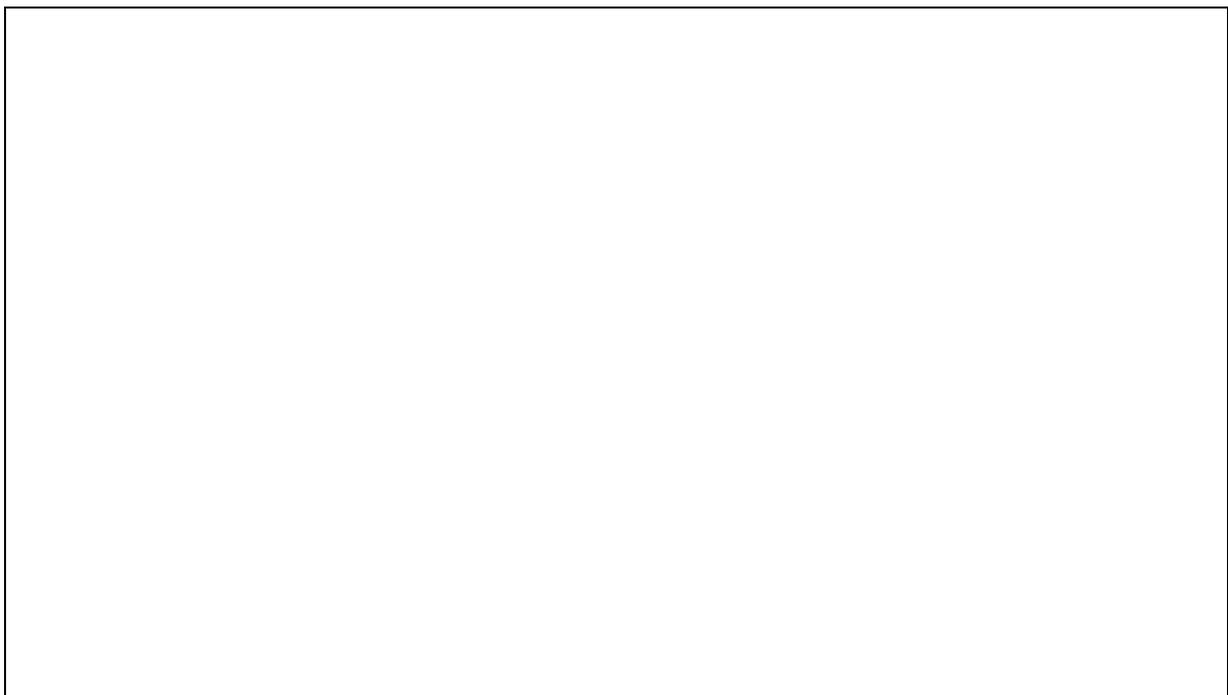
- c) Utiliser les PC à votre disposition pour tracer la droite à l'aide d'un logiciel tableur. Joindre le graphique dans le compte-rendu en veillant à y indiquer le coefficient directeur a_{ex} et le coefficient de corrélation r .

3.3. Analyse des résultats

- e) Calculer l'incertitude Δa_{ex} sur le coefficient directeur expérimental a_{ex} à partir de sa valeur et de celle du coefficient de corrélation r (voir Eq. 6 du document « Mesures, incertitudes et approximations »).



- f) Dédire de a_{ex} et de son incertitude la valeur de la constante de raideur k du ressort ainsi que son incertitude Δk (voir la section 2.3.3. du document « Mesures, incertitudes et approximations »).



- g) En utilisant les intervalles d'incertitudes obtenus, comparer cette valeur de raideur avec celle trouvée dans la première étude. Que faudrait-il faire pour améliorer la précision de ces deux méthodes ?

4. Association des ressorts

Dans cette partie, on souhaite connaître la raideur de 2 ressorts associés en série (k_{TOT} (série)) puis en parallèle (k_{TOT} (//)) (figure 6) et vérifier les lois d'association des ressorts. Pour cela, on va réaliser une étude statique avec chacun des deux types d'association.

- a) Relever l'allongement du système de deux ressorts pour 5 masses différentes et reporter les valeurs obtenues pour une association en série et en parallèle (//) dans le tableau suivant ou dans un tableur (à joindre au CR pour la deuxième option).

Longueur à vide en // : $l_v = \dots\dots\dots$ || Longueur à vide en série : $l_v = \dots\dots\dots$

m (g)					
l_0 // (cm)					
$(l_0 - l_v)$ // (cm)					
l_0 série (cm)					
$(l_0 - l_v)$ série (cm)					

- b) Utiliser les PC à votre disposition pour tracer les droites à l'aide d'un logiciel tableur. Déduire des droites $(l_0 - l_v)_{//} = f(m)$ et $(l_0 - l_v)_{\text{série}} = f(m)$ la raideur de ces systèmes.

$k_{\text{TOT}} (//) =$	$k_{\text{TOT}} (\text{série}) =$
-------------------------	-----------------------------------

- c) En comparant la raideur de ces systèmes et la constante de raideur d'un système d'un ressort, retrouvez les lois d'association des ressorts.

5. Conclusion