

T.P. P12 : Oscillateur mécanique : le pendule élastique

Objectif : Vérifier les formules du pendule élastique par différentes techniques expérimentales. Exploitation d'une vidéo ; aspect expérimental.

I.- Constante de raideur

S.1. : Faire le schéma d'un pendule élastique vertical.

Q.2. : Préciser ce que l'on entend par ressort élastique à spires non jointives.

1) Détermination statique de la constante de raideur k du ressort élastique.

E.3. : Faire varier la masse m suspendue au ressort élastique et mesurer à chaque fois l'allongement à l'équilibre $z_E = l_E - l_0$; où l_E est la longueur du ressort à l'équilibre et l_0 la longueur du ressort à vide. Remplir le tableau suivant (on utilisera $g = 9,80 \text{ N.kg}^{-1}$) :

m (g)	0	20	40	60	80	100	150	200
mg (N)								
$z_E = l_E - l_0$ (cm)								

Q.4. : Montrer que la force de rappel F du ressort est égale au poids P = mg de la masse suspendue au ressort.

E.5. : Tracer le graphe $F = f(z_E)$ avec le logiciel Regressi ou à la main sur papier millimétré avec l'échelle :

Allongement z_E : 1 cm pour 1 cm

Force de rappel F : 1 cm pour 0,2 N

E.6. : Modéliser cette courbe par une fonction appropriée.

Q.7. : Vérifier que l'on a bien $F = P = k \cdot z_E$.

Q.8. : Déterminer la constante de raideur k et préciser sa dimension puis son unité.

2) Détermination dynamique de la raideur k du ressort élastique

E.9. : Faire varier la masse m suspendue au ressort élastique et faire osciller le dispositif en écartant la masse de sa position d'équilibre et en la lâchant sans vitesse initial au moment du déclenchement du chronomètre. Mesurer chaque fois 10 périodes et remplir le tableau suivant :

m (g)	0	20	50	100	150	200
10 T (s)						
T (s)						
T^2 (s²)						

E.10. : Tracer $T = f(m)$ sur Regressi et modéliser par $T = A \cdot m^n$ (modèle puissance). En déduire la valeur de n.

Q.11. : Remplir la dernière ligne du tableau précédent en expliquant le choix de calculer T^2 .

E.12. : Tracer la courbe $T^2 = f(m)$ avec Regressi ou à la main sur papier millimétré avec l'échelle :

masse m : 1 cm pour 20 g

T^2 : 1 cm pour 0,05 s²

E.13. : Vérifier que l'on a bien la relation $T^2 = B \cdot m$. Quelle est la relation entre A et B. Calculer A.

E.14. : A l'aide des formules données au début du T.P., chercher la relation entre k et A.

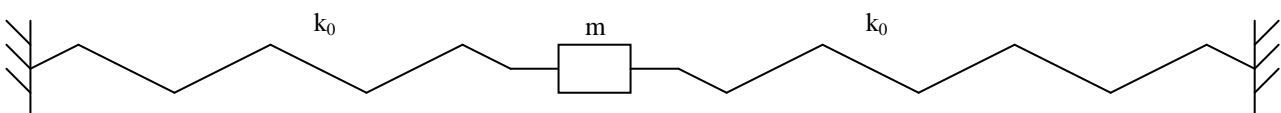
Q.15. : Déterminer la constante de raideur k du ressort. Comparer avec la détermination statique. Conclure.

II.- Etude des oscillations d'un pendule élastique horizontal à l'aide d'une vidéo

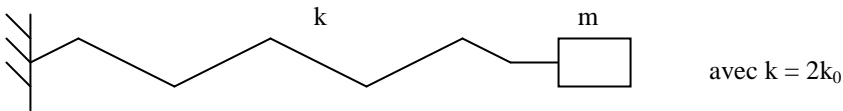
On étudie le dispositif d'oscillations d'un mobile autoporteur accroché par deux ressorts aux extrémités de la table. L'ensemble du mouvement est filmé et on obtient le fichier vidéo : **Oscillateur horizontal.avi**

1) Numérisation de la séquence

E.16. : Le dispositif expérimental dynamique est le suivant :



Q.17. : Montrer que ce système oscillant est équivalent à :



(Plus facile à expliquer mais plus compliqué à réaliser expérimentalement)

On a, pour le mobile, $m = 1,090$ kg et pour le ressort $k = 4,2$ N/m.

Les ressorts sont toujours étirés au cours du mouvement oscillatoire.

E.18. : Dans la fenêtre d'accueil de **Regavi**, cliquer sur l'onglet **ouvrir** et aller chercher la vidéo : **Oscillateur horizontal.avi**. Il s'agit de l'enregistrement par webcam des oscillations mécaniques sur quelques périodes..

E.19. : Placer judicieusement l'origine du repère en vous plaçant à l'équilibre. Préciser ensuite l'échelle des distances ainsi que le sens des axes.

E.20. : Cliquer ensuite sur l'onglet **mesures** et pointer le centre du mobile, avec le plus grand soin possible, image par image (pour plus de précision, on peut utiliser le zoom et décocher le marquage des points). Une fois le pointage terminé, cliquer sur l'onglet **Regressi** les résultats sont alors automatiquement transférés et la trajectoire $y = f(x)$ s'affiche.

E.21. : Enregistrer le fichier sous : oscillateur.rw3 sur le bureau.

2) Exploitation des résultats

2.1. : Etude des oscillations :

E.22. : Vérifier que pour l'enregistrement, on a : $X(t) = X_{\max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{T} + \varphi\right)$

Déterminer X_{\max} , T et φ par modélisation.

E.23. : Que représentent X_{\max} et φ .

E.24. : A l'aide de la valeur de T trouvée expérimentalement et celle de m données ou mesurée, en déduire la valeur de k .

Comparer à la valeur attendue. On donne : $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

2.2. : Etude énergétique :

E.25. : Pour le même enregistrement que précédemment, créer les nouvelles variables : $V = dX / dt$; $E_k = 0,5 \cdot m \cdot V^2$, $E_p = 0,5 \cdot k \cdot X^2$ et $E_m = E_k + E_p$; avec $m = 1,090$ kg et $k = 4,2$ N.m⁻¹.
On prendra $g = 9,80$ m.s⁻².

En fonction du temps t :

E.26. : Tracer les graphes de E_k et $E_p = f(t)$.

E.27. : Modéliser les courbes E_k et $E_p = f(t)$. Quelle est la période T_1 de E_k et E_p ? La comparer avec T .

E.28. : Tracer $E_m = f(t)$. Que peut-on en conclure ?

E.29. : L'hypothèse de frottements négligeables est-elle vérifiée ? Justifier.

En fonction de l'élongation X :

E.45. : Tracer les graphes : E_k , E_p et E_m en fonction de X .

E.46. : Que remarque-t-on ?

Q.47. : Modéliser $E_p = f(X)$ par une fonction appropriée.

Q.48. : Quel type de courbe obtient-on ? Quelle en est la conséquence ?