

Rapport de laboratoire

Auteur

Date

Contents

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Expériences | 4 |
| 1.1 | Introduction | 4 |
| 1.2 | Détermination de la constante de raideur du ressort | 4 |
| 1.2.1 | Objectif | 4 |
| 1.2.2 | schéma du système | 4 |
| 1.2.3 | valeurs expérimentales | 6 |
| 1.2.4 | Discussion des résultats | 7 |
| 1.3 | Détermination de la période d'un ressort | 7 |
| 1.3.1 | Objectif | 7 |
| 1.3.2 | schéma du système | 7 |
| 1.3.3 | Notions théoriques | 8 |
| 1.4 | Détermination de la pulsation d'un MHS | 10 |
| 1.4.1 | Objectif | 10 |
| 1.4.2 | Schéma du système | 10 |
| 1.4.3 | Notions théoriques | 10 |
| 1.4.4 | Méthode | 10 |
| 1.4.5 | Valeurs expérimentales | 10 |
| 1.4.6 | Discussion des résultats | 10 |
| 1.5 | Etude de MHS amorti | 10 |
| 1.5.1 | Objectif | 10 |
| 1.5.2 | Notions théoriques | 11 |
| 1.5.3 | Amorti dans l'air | 11 |
| 1.5.4 | Schéma du système | 11 |
| 1.5.5 | Méthode | 11 |
| 1.5.6 | Valeurs expérimentales | 11 |
| 1.5.7 | Constatations | 11 |
| 1.5.8 | Amorti dans l'eau | 11 |
| 1.5.9 | Schéma du système | 12 |
| 1.5.10 | Méthode | 12 |

| | | |
|--------|--|----|
| 1.5.11 | Valeurs expérimentales | 12 |
| 1.5.12 | Constatations | 12 |
| 1.5.13 | Amorti dans un mélange eau-glycérine | 12 |
| 1.5.14 | Schéma du système | 12 |
| 1.5.15 | Méthode | 12 |
| 1.5.16 | Valeurs expérimentales | 12 |
| 1.5.17 | Constatations | 12 |
| 1.5.18 | Discussion des résultats | 12 |
| 1.6 | Conclusion | 12 |

1 Expériences

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons définir et aborder toutes les notions théoriques nécessaires pour chaque expérience, ainsi que les valeurs expérimentales mesurées et la discussion des résultats.

1.2 Détermination de la constante de raideur du ressort

1.2.1 Objectif

L'objectif de cette expérience est de déterminer la constante de raideur de trois ressorts en utilisant la méthode de la régression linéaire.

1.2.2 schéma du système

Nous allons étudier un système composé d'un ressort, de plusieurs masses et d'un capteur CASSY.

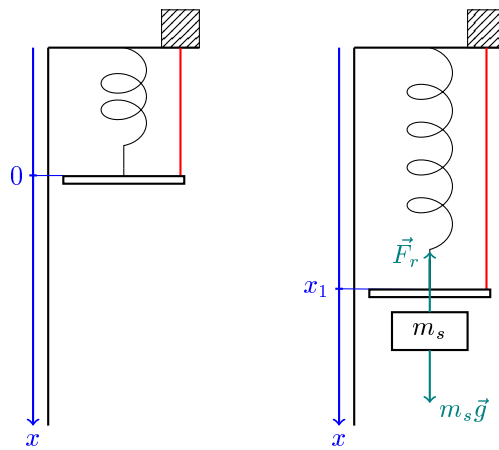


Figure 1: Position au repos et position allongée du système à l'équilibre.

Nous pouvons voir à la figure 1 le schéma du système que nous allons étudier. On utilise un plateau permettant de refléter le laser partant du capteur CASSY. Nous le calibrons pour qu'il soit à l'origine du repère, puis nous laissons tomber le ressort avec la surcharge jusqu'à sa position d'équilibre. Nous pouvons donc utiliser la seconde loi de Newton pour déterminer théoriquement

la constante de raideur du ressort :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad (1)$$

Dans le cas où le ressort est à l'équilibre, nous avons :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \quad (2)$$

Nous pouvons écrire la somme des forces comme suit :

$$\vec{F}_r + m_s \vec{g} = \vec{0} \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow -k\Delta x \vec{e}_x + m_s g \vec{e}_x = 0$$

$$\Leftrightarrow m_s g = k\Delta x$$

$$\Leftrightarrow k = \frac{m_s g}{\Delta x}$$

$$\Leftrightarrow k = \frac{m_s g}{x_1 - x_0}$$

Nous avons que $x_0 = 0$, alors nous pouvons écrire :

$$k = \frac{m_s g}{x_1} \quad (4)$$

Ou encore, nous pouvons (et nous allons) déterminer graphiquement la constante de raideur du ressort. Pour ceci, nous allons utiliser la pente de la droite obtenue par la régression linéaire des points de la force en fonction de la position trouvée expérimentalement. Nous avons donc :

$$k = \frac{\Delta F_p}{\Delta x} \quad (5)$$

Où ΔF_p est la différence entre les forces maximale et minimale, et Δx est la différence entre les positions maximale et minimale.

Nous avons donc tout ce qu'il nous faut pour déterminer la constante de raideur du ressort.

1.2.3 valeurs expérimentales

Nous avons effectué l'expérience avec trois ressorts différents et cinq surcharges différentes pour chaque ressort. Nous avons mesuré les positions des ressorts à l'équilibre, ainsi que les forces correspondantes. Nous avons obtenu les valeurs suivantes :

| Ressort 1 | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------|-------------------------------|-------------|
| Masse [kg] | | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.200 | 0.250 |
| Allongement [m] | 0 | 0.005 | 0.010 | 0.016 | 0.023 | 0.028 |
| Surcharge [N] | 0 | 0.490 | 0.981 | 1.471 | 1.961 | 2.452 |
| Constante raideur [N/m] | 85.32 ± 2.22 | | | | | |
| Ressort 2 | | | | | | |
| Masse [kg] | | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.200 | 0.250 |
| Allongement [m] | 0 | 0.021 | 0.042 | 0.063 | 0.083 | 0.103 |
| Surcharge [N] | 0 | 0.490 | 0.981 | 1.471 | 1.961 | 2.452 |
| Constante raideur [N/m] | 23.86 ± 0.15 | | | | | |
| Ressort 3 | | | | | | |
| Masse [kg] | | 0.050 | 0.100 | 0.150 | 0.200 | 0.250 |
| Allongement [m] | 0 | 0.021 | 0.041 | 0.065 | 0.086 | 0.107 |
| Surcharge [N] | 0 | 0.490 | 0.981 | 1.471 | 1.961 | 2.452 |
| Constante raideur [N/m] | 22.83 ± 0.23 | | | | | |
| Régression Linéaire Ressort 1 | | Régression Linéaire Ressort 2 | | | Régression Linéaire Ressort 3 | |
| 85.3238399 | 0.065476978 | 23.859269 | -0.014011681 | | 22.8276513 | 0.006497958 |
| 2.220752034 | 0.037228575 | 0.14863367 | 0.009320493 | | 0.23496536 | 0.015224882 |
| 0.997297605 | 0.053317477 | 0.99984479 | 0.012777667 | | 0.99957639 | 0.021109396 |
| 1476.168745 | 4 | 25767.9495 | 4 | | 9438.75627 | 4 |
| 4.19638363 | 0.011371013 | 4.20710157 | 0.000653075 | | 4.20597222 | 0.001782426 |

Figure 2: Valeurs expérimentales de la force en fonction de la position des ressorts

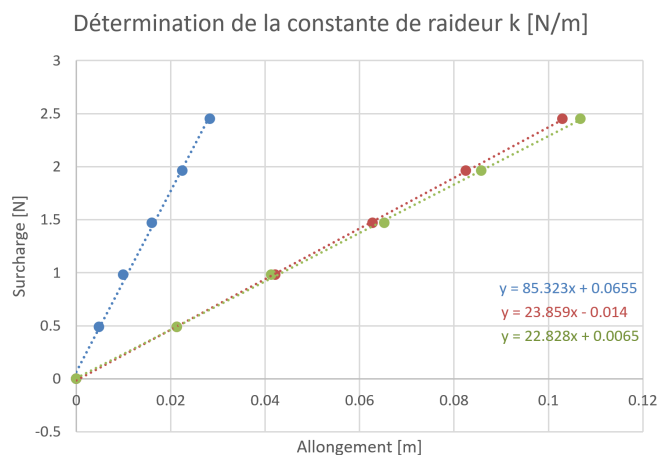


Figure 3: Graphe de la force en fonction de la position des ressorts



Figure 4: Ressort 1



Figure 5: Ressort 2



Figure 6: Ressort 3

1.2.4 Discussion des résultats

1.3 Détermination de la période d'un ressort

1.3.1 Objectif

1.3.2 schéma du système

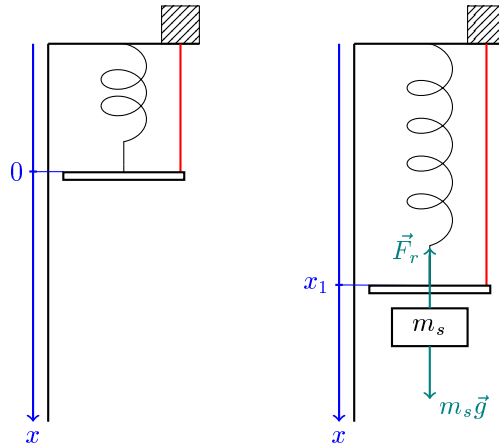


Figure 7: Position au repos et position allongée du système à l'équilibre.

Nous remarquons que le schéma du système est le même que celui de l'expérience précédente. Nous avons donc le même dispositif, mais cette fois-ci, nous allons laisser le ressort osciller en lui donnant une amplitude initiale en l'étirant de x_1 (environ 1 à 2cm).

1.3.3 Notions théoriques

Pour pouvoir déterminer la période d'un ressort, nous devons tout d'abord poser les équations exprimée par la seconde loi de Newton. Nous avons donc :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad (6)$$

Cette fois-ci, nous sommes en mouvement, donc nous avons une accélération non nulle. Nous pouvons poser la somme des forces comme suit :

$$\vec{F}_r + m_s \vec{g} = m_s \vec{a} \quad (7)$$

$$\Leftrightarrow -kx\vec{e}_x + m_s g\vec{e}_x = m_s \ddot{x}\vec{e}_x$$

$$\Leftrightarrow -kx + m_s g = m_s \ddot{x}$$

$$\Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m_s}x = g$$

Nous avons une équation différentielle du second ordre, avec second membre non nul. Cependant, comme nous avons posé l'origine du repère à la position d'équilibre du ressort + surcharge, le

terme g disparaît. Nous avons donc une équation homogène du second ordre et ceci nous permet de déterminer la période du ressort. Nous avons donc :

$$\ddot{x} + \frac{k}{m_s}x = 0 \quad (8)$$

La forme standard de l'équation différentielle pour une oscillation harmonique simple est défini comme suit :

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (9)$$

Où $\omega = \sqrt{\frac{k}{m_s}}$ est la pulsation propre du ressort. Nos conditions initiales sont $x(0) = x_1$ et $\dot{x}(0) = 0$. Nous avons donc la solution générale de l'équation différentielle :

$$x(t) = x_1 \cos(\omega t) \quad (10)$$

Nous préférons sous forme d'une sinusoïde, donc nous avons :

$$x(t) = x_1 \cos(\omega t) = x_1 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

et ce qui nous donne :

$$x(t) = x_1 \sin(\omega t + \phi) \quad (11)$$

où $\frac{\pi}{2}$ est absorbé par la phase ϕ .

Nous avons maintenant tout ce qu'il nous faut pour déterminer la période du ressort. Nous pouvons finalement poser que la période est donnée par :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

et finalement :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_s}{k}} \quad (12)$$

Il nous est demandé de déterminer l'incertitude sur la période du ressort. Nous savons que la formule pour détermination de l'incertitude d'une fonction quelconque de la forme $f(x, y, z, \dots)$ est donnée par sa différentielle totale, avec des valeurs absolues pour chaque dérivée partielle, ce qui donne :

$$\Delta f(x, y, z, \dots) = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| \Delta z + \dots \quad (13)$$

Ici, la période est définie par $T(m_s, k) = 2\pi \sqrt{\frac{m_s}{k}}$, nous pouvons poser :

$$\Delta T = \left| \frac{\partial T}{\partial m_s} \right| \Delta m_s + \left| \frac{\partial T}{\partial k} \right| \Delta k$$

ce qui nous donne :

$$\Delta T = \pi \frac{1}{\sqrt{m_s k}} \Delta m_s + \pi \frac{\sqrt{m_s}}{k^{3/2}} \Delta k \quad (14)$$

1.4 Détermination de la pulsation d'un MHS

1.4.1 Objectif

Pour cette seconde expérience, le but est, dans un premier temps, la détermination de la période d'oscillations. Suite à cela, nous identifierons l'amplitude et la phase du mouvement.

1.4.2 Schéma du système

1.4.3 Notions théoriques

1.4.4 Méthode

1.4.5 Valeurs expérimentales

1.4.6 Discussion des résultats

1.5 Etude de MHS amorti

1.5.1 Objectif

Pour cette troisième et dernière expérience, nous allons étudier le comportement d'un MHS amorti dans l'air, dans l'eau et finalement dans un mélange eau-glycérine (rapport 1:4)

1.5.2 Notions théoriques**1.5.3 Amorti dans l'air**

Le but ici est de voir la façon dont un ressort s'amorti dans l'air, pour ensuite extraire l'amplitude de la courbe. Nous pouvons nous attendre à décroissance linéaire de l'amplitude.

1.5.4 Schéma du système**1.5.5 Méthode****1.5.6 Valeurs expérimentales****1.5.7 Constatations**

Nous pouvons, comme prédit, remarquer que l'amplitude décroît bel et bien de façon linéaire ! ETC.

1.5.8 Amorti dans l'eau

Ici, nous nous attendons également à une décroissance linéaire de l'amplitude. Cependant, cette décroissance devrait être plus "forte", certainement dû à la masse volumique du milieu plus élevée que pour l'amorti dans l'air.

1.5.9 Schéma du système

1.5.10 Méthode

1.5.11 Valeurs expérimentales

1.5.12 Constatations

1.5.13 Amorti dans un mélange eau-glycérine

1.5.14 Schéma du système

1.5.15 Méthode

1.5.16 Valeurs expérimentales

1.5.17 Constatations

1.5.18 Discussion des résultats

1.6 Conclusion