

Manip 004.5 : Couplage des pendules

Bibliographie :

☞ *Physique expérimentale-optique, mécanique des fluides, ondes et thermodynamique*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon. [1]

Introduction

Cette fiche complète les photos du cahier de manips. Elle sert notamment à intégrer les **photos** prises pendant la préparation.

Cette fiche est utile pour :

- Apprendre à

1 Ensemble du système

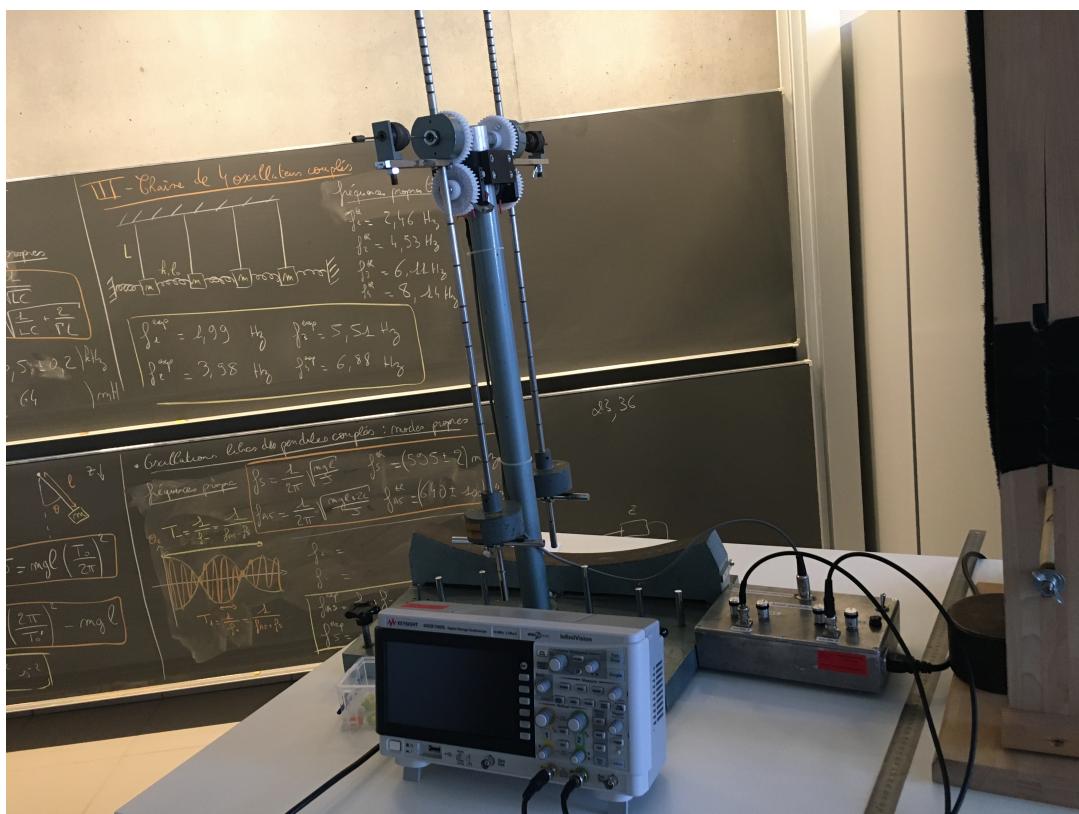


FIGURE 1 – Pour cette manipulation on utilise l'ensemble des deux pendules. Il faut serrer les vis en haut pour coupler les pendules. On relie chacun des pendules au boîtier adapté. Puis on relie ce boîtier à l'oscilloscope pour lire les tensions associées aux angles des pendules.

Notes des révisions :

MP 32 : Oscillateurs couplés - Couplage d'Oscillateur

Nous connaissons la réponse des oscillateurs ϕ à une sollicitation. Que se passe t'il lorsqu'on couple deux oscillateurs ou plus? Le fait d'introduire un couplage modifie le \mathcal{E} et lui confère de nouvelles propriétés.

→ Nous commencerons par illustrer ce phénomène en couplant deux pendules mécaniques par un fil de torsion.

I- Pendules couplés (couple de torsion)

→ Les pendules sont couplés grâce à un fil de torsion que l'on peut rendre sensible du reste.

* Protocole : ① Equilibrer les deux pendules afin de s'approcher du moment du poids du pendule.

② Ajuster une masse sur pendule. La masse doit être bien centrée (balance + poids masse étalon), $m_1 = m_2$.
↳ Nous devons faire systématique

③ Mesurer la période des pendules non couplés, on calcule T et on vérifie que $T_1 = T_2 = T$.

④ Ajuster le couplage. Mesurer T_1 en maintenant le deuxième pendule fixe. $T_1 \rightarrow C$.

* Comment mesurer ?

- T_1, T_2 : À l'oscillo. Prendre N périodes, on divise l'incertitude de masse par N . ($\Delta T = NT \Rightarrow u(T) = \frac{u(N)}{N}$). L'incertitude vient de l'époison du bout à l'oscillo.
- m_1, m_2 : Balance \oplus masse étalau. $\Leftrightarrow u(m) = u(\text{masse étalau})$.
masse étalau 1kg
BALANCE: La balance affiche 1000,10 g $u(\text{masse étalau}) = 0,10\text{g}$. Prendre m cylindre \oplus simple pour calculer l .
- ~~Mesure de l~~ et ~~épaisseur de la~~
- l : Distance zoe de rotatio du pendule et centre d'inertie.
 On se prend en compte que le centre d'inertie de la masse sur le pendule est équilibré (on a déjà mis son centre d'inertie sur l'axe de rotation).
- J : $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}$
 Dès $J = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 (mgl)$
- Incertaines : $\frac{\Delta m}{m}$ possible ; $\frac{\Delta T}{T}$ possible $\Leftrightarrow \left[\frac{\Delta l}{l}\right]$
- C : $\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{mgl + C}{J}} \Rightarrow C = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 J - mgl$
 Incertaines : l et J .
 $\Delta C^2 = \left(\frac{\partial C}{\partial T}\right)^2 \Delta T^2 + \left(\frac{\partial C}{\partial J}\right)^2 \Delta J^2 + \left(\frac{\partial C}{\partial l}\right)^2 \Delta l^2$ on négligeable.
- Le système utilise un potentiomètre.
 $\Theta \rightarrow$ le curseur se déplace sur une piste resistante, on a donc $\Theta \propto R$.
 Dès si on élève la tressue à ces bornes on a $V \propto \Theta$.

conclure que les pendules sont identiques ($\beta_1 = \beta_2 = 5$).

1 - Oscillateur seul :

Fait en préparation. On mesure la période d'un pendule libre.

2 - Caractérisation du couplage :

On mesure C en résistant au pendule immobile.

3 - Modes propres :

On met en évidence qu'il y a des battements. Le couplage fait que le système se comporte d'une nouvelle façon.

a - Mode symétrique :

propre

On lâche les pendules avec le même angle, il reste en phase et chaque pendule ne voit pas le couplage.

* Mesure : On见证 que $T_s = T$ (oscillo)

$$P_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgl}{\beta}}$$

b - Mode anti-symétrique

$$P_{AS} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgl + 2C}{\beta}}$$

On lâche les pendules avec un angle opposé $\Theta_1 = -\Theta_2$. Le couplage est maximal. Ils restent en opposition de phase.

Le couple de torsion est $-2\Theta \cdot C$.

* Mesure : On见证 que $T_{AS} < T_s$ (normal, c'est physique, le pendule est rappelé par couplage).

* On peut en déduire C car $C = \left(\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \beta - \frac{mgl}{2} \right) \times \frac{1}{2}$

Il faut comparer cette valeur de C à celle calculée en 21.

c - Battements :

À l'aise d' ω positionnelle on observe les battements à l'oscilloscope.

$$f_+ = \frac{P_A + P_S}{2} \text{ et } f_- = \frac{P_A - P_S}{2} \quad \left. \right\} \quad \Theta_i(t) = A \sin \left(\left(\frac{\omega_{AS} + \omega_S}{2} \right) t \right) \sin \left(\frac{\omega_{AS} - \omega_S}{2} t \right)$$

Insister sur le fait qu'on a une CL de mode propre, donc En posant la TF on doit pouvoir retrouver P_A et P_S .

Les battements s'observent avec $\left| \begin{array}{l} \Theta_1 \neq 0 \\ \Theta_2 = 0 \end{array} \right.$

Même : • FFT sur oscillo
incertitude : Δf
on utilise une fenêtre rectangulaire \rightarrow à expliquer

Illustrer le transfert d'énergie entre les pendules (d' ω oscillateur à l'intérieur).

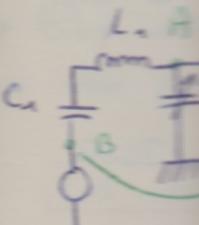
II. Cas

\rightarrow à partir
de la cap

\rightarrow Pour ce
les battemen-

à être
par y ba

ce constat



• La ph

On a du

094.1

Couplage capacitif

1) Montage :

• matériel :

- plaque JBD :
 - avec tiges (filet)
 - potentiomètre
 - AO
- alim $\pm 15V$
- OBF 1 noie (pour être relié à l'ordi)
- oscillo
- Inductances : $L_1 = L_2 \approx 40mH$
- Capacités : $C_1 = C_2 \approx 220nF$ et $F \in [4,7mF ; 200mF]$.

032.1

Chaine d'oscillateurs couplés

1) Matériel :

- oscillateurs
- système vidéo
- manteau
- filtre
- alimentation stabilisée

coh. 3 et 5

Couplage de pendules

1) Matériel :

- pendules couplés
- lecteur pendules
- masses + contrepoids
- oscilloscope