

Oscillateurs (mécaniques - électriques)

par J.-C. FROMONT
et P. HALLIER (*aide technique*)
(L.T. Jacquard, Paris).

Dans les manipulations (T.P. et Cours) exposées ci-après, nous avons envisagé de renouveler la présentation des oscillateurs mécaniques conformément aux nouveaux programmes en ayant le souci constant de mettre l'accent chaque fois que possible sur l'analogie entre mécanique et électricité. Nous nous sommes inspirés, pour la conception et la réalisation de ces manipulations, de quelques articles parus dans le B.U.P., en particulier dans les numéros 617 page 107, 621 page 587 et 628 page 207.

Première manipulation : OSCILLATEUR « NON AMORTI ».

Matériel.

- Table LABELEC munie de l'appareil photo Polaroid pouvant se déplacer transversalement sur deux rails.
- Moteur MATLABO à réducteur permettant de tirer à vitesse constante l'appareil photo. On obtient ainsi une base de temps.
- Deux ressorts identiques (type R 4 de chez SEFARD).
- Palet avec lampe centrale.

Montage.

- Voir fig. 1 et 2 et photo 1.

But.

- Initialement, notre idée était d'enregistrer la sinusoïde, attendue dans le cas d'une vitesse constante de déplacement de l'appareil photo, et de faire l'analogie avec l'oscilloscope.
- Nous avons constaté que la courbe enregistrée n'était pas une sinusoïde (voir photo 2). En effet, l'oscillateur possède deux modes de vibration, l'un transversal, l'autre longitudinal.
- Plutôt que d'essayer d'éliminer la composante transversale grâce à un guide, ce qui aurait provoqué un amortissement, nous avons pensé prélever de cet enregistrement la composante longitudinale, et ensuite l'analyser.

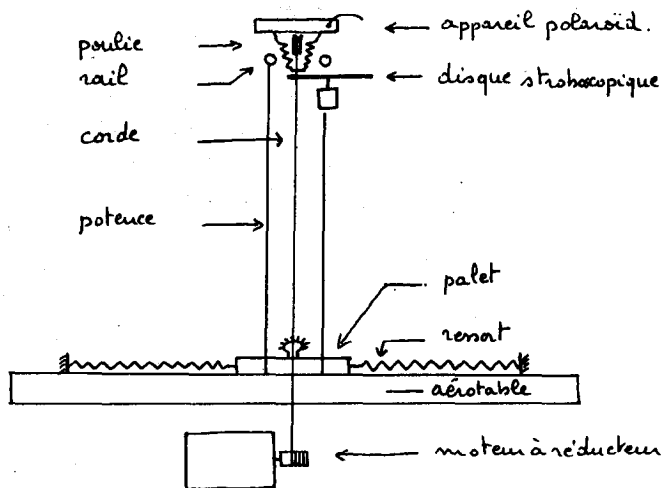


Fig. 1

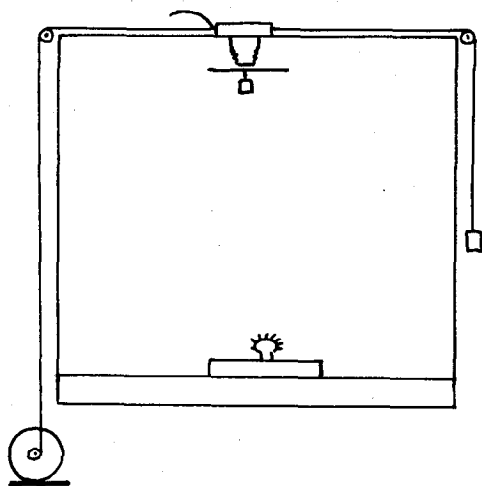


Fig. 2

Exploitation du document (agrandi à l'épiscopo) dont chaque élève possède un tirage :

- soit $\tau = 5 \cdot 10^{-2}$ s la durée séparant les prises de vue de deux points consécutifs. Le réglage de la vitesse du disque



Photo n° 1

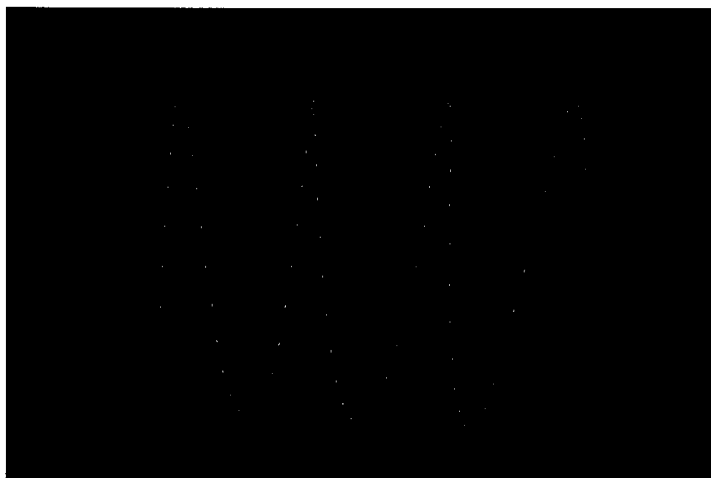


Photo n° 2

stroboscopique permettant d'obtenir ce τ est réalisé grâce à un stroboscope électronique étalonné.

- Nous relevons l'élongation longitudinale x_1 à chaque instant t et traçons le graphe de la fonction $t \rightarrow x_1(t)$.
- La courbe ainsi relevée est une sinusoïde, ce qui peut être vérifié de la manière suivante : on tire de ce graphe l'amplitude (x_H) et la période T et on trace, sur une feuille à part avec les mêmes échelles, le graphe de la fonction $t \rightarrow x_2(t) = (x_H) \sin 2\pi t/T$.
- Il suffit ensuite de superposer les deux graphes pour vérifier que la composante longitudinale du mouvement de l'oscillateur est sinusoïdale.

Annexe.

- Notre document comportant une horloge étalonnée ($\tau = 5 \cdot 10^{-2}$ s), nous pouvons comparer la période T déduite de ce document à la période mesurée à l'aide d'un chronomètre manuel.
- Nous pouvons ensuite montrer que T est indépendante de l'allongement statique des ressorts, de l'amplitude, de l'inclinaison de la table.
- Nous pouvons également suspendre une masse moitié de celle du palet à un seul ressort et montrer que la période est la même que celle de l'oscillateur précédent.

Deuxième manipulation : OSCILLATEUR « AMORTI ».

Matériel.

- Le même que précédemment avec en plus :
 - un autotransformateur pour alimenter la soufflerie de l'aérotable $\rightarrow$ cas de l'amortissement de type « visqueux »,
 - deux fils de nylon tendus entre les deux supports fixes auxquels sont accrochés les ressorts, ces deux fils frottant sur le palet $\rightarrow$ cas de l'amortissement « sec ».

Résultats.

- Voir photos 3 et 4.

Remarque.

- Nous avons été assez surpris par le premier résultat, car en diminuant le débit de la soufflerie, nous pensions obtenir un frottement sec !... En fait, il faudrait certainement faire une analyse plus précise de l'enregistrement pour déterminer la part du frottement sec et celle du frottement visqueux.

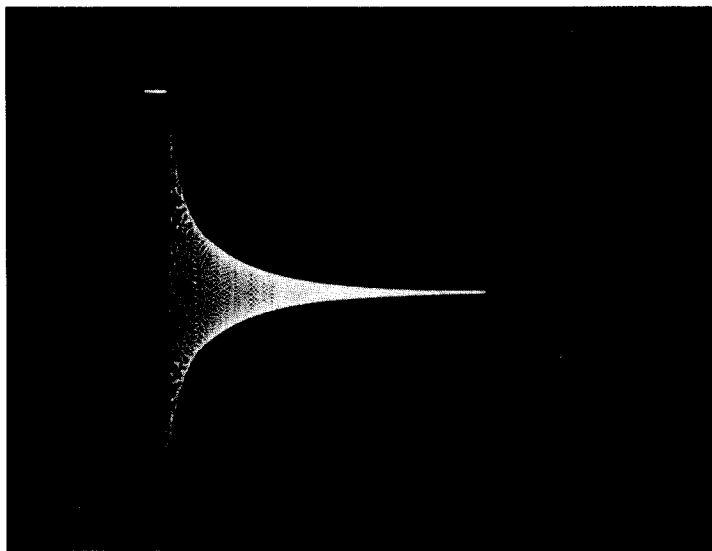


Photo n° 3

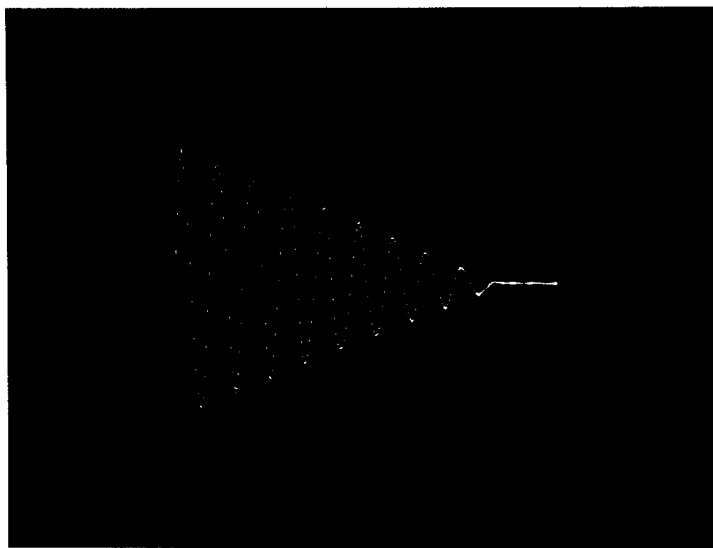


Photo n° 4

Troisième manipulation : GENERATEURS TBF MECANIQUES.**Montage.**

- Deux pendules de torsion identiques - MATLABO ou autre.
- Deux cuves en plexiglas avec électrodes planes → potentiomètres à liquide.
- Une ou deux piles de 4,5 V.
- Un oscilloscope bicourbe avec vitesse de balayage suffisamment faible et, si possible, avec écran rémanent.
- Eventuellement, une horloge électronique au 1/1 000^e et cellules photo.

Montage.

- Voir fig. 3.

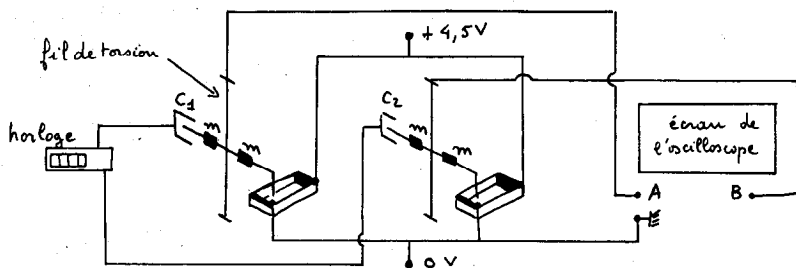


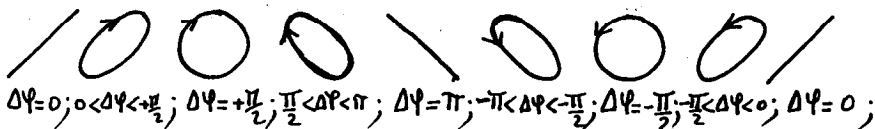
Fig. 3

But.

- Observation simultanée de deux oscillateurs de même période, en phase, en opposition de phase, en quadrature ou avec $\Delta\varphi$ quelconque et du tracé des courbes $x(t)$ à l'oscilloscope.
- En supprimant le balayage, observation des figures caractéristiques à l'oscilloscope avec possibilité, grâce à la TBF, de suivre le mouvement du spot.

Remarque.

En désynchronisant légèrement les deux pendules ce qui, il faut bien l'avouer, est plus facile à réaliser que l'opération inverse, on passe par l'observation de toutes les figures possibles.



- Réaliser $T_1 = 2 T_2$ puis $3 T_2$ et observer les figures de Lissajous dans différents cas de lancement (en phase, en opposition, etc.).
- Modifier le montage électrique afin de faire la somme des deux signaux $u_1 + u_2$ (il faut alors une pile pour chaque cuve) et observer le signal somme à l'oscilloscope en faisant varier à volonté l'amplitude, la période et la phase de chaque signal.

Remarques.

- L'horloge électronique, bien que très utile pour ajuster rapidement et avec précision $T_1 = T_2$ ou $2 T_2$ ou $3 T_2$, n'est pas indispensable.
- Avec des pendules pesants (dans le cas de petits angles), on obtiendrait les mêmes résultats mais l'amortissement sans doute plus important risquerait de diminuer la durée d'observation, ce qui serait un inconvénient.

Quatrième manipulation : DIPOLE LC « PEU AMORTI ».

Matériel et montage.

- Voir fig. 4.

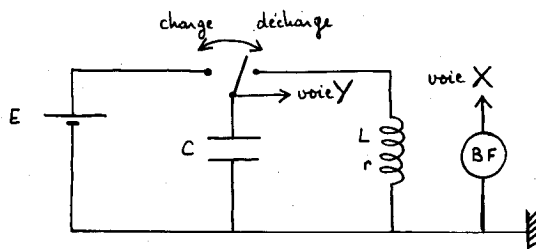


Fig. 4

But.

- Observer à l'oscilloscope (utilisé sur le mode balayage déclenché) les oscillations propres du dipôle LC.
- Cet oscillateur étant fatalement amorti, il n'est pas facile de mesurer à l'aide de la base de temps sa fréquence propre; d'où l'idée, pour la déterminer, d'envoyer un signal BF étalonné sur la voie X de l'oscilloscope.
- On observe alors des figures de Lissajous (amorties en Y) et il est alors aisé de mesurer f_o .
- On peut ensuite comparer cette valeur mesurée à la

$$\text{valeur théorique } f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}.$$

Remarques.

- Il est ensuite possible d'observer, en ajoutant une résistance variable dans le circuit de décharge, les oscillations amorties :
 - en régime pseudopériodique → analogie avec frottement visqueux,
 - en régime apériodique critique et surcritique.
 - Pour la simulation d'un frottement sec, il faut modifier le montage électrique. Voir B.U.P. n° 634 page 1027.
-