

OSCILLOSCOPE PENDULAIRE

(Double)

A. FOUILLÉ

EUROSAP DEYROLLE

S. A. au Capital de 540.000 F

- 62-64, rue Alexis-Lepère -
MONTREUIL (Seine)

Tél. : AVRON 08-72 et 08-73

Cet appareil (1) de création récente permet de réaliser, sur les systèmes pendulaires, tout un ensemble de manipulations qui intéressent aussi bien les classes supérieures des lycées et collèges que les Écoles d'ingénieurs et les laboratoires des Facultés.

Il est constitué par deux pendules A et B (fig. 1) oscillant dans des plans parallèles et susceptibles d'être élastiquement reliés par un fil de torsion. Ces pendules sont identiques et, par des masses additionnelles P, peuvent être mis en équilibre indifférent. Ils comportent des barreaux horizontaux b_1 et b_2 sur lesquels peuvent être engagées des rondelles de masse connue. L'appareil permet les essais suivants :

I. ÉTUDE DU PENDULE PESANT

qui comporte, en opérant sur le **seul pendule A** dont les barreaux b_1 , b_2 sont mis à égale distance a de l'axe et dont on a préalablement réalisé l'équilibre indifférent :

1) La détermination du moment d'inertie J_0 de ce pendule par la mesure de plusieurs périodes avec des surcharges différentes.

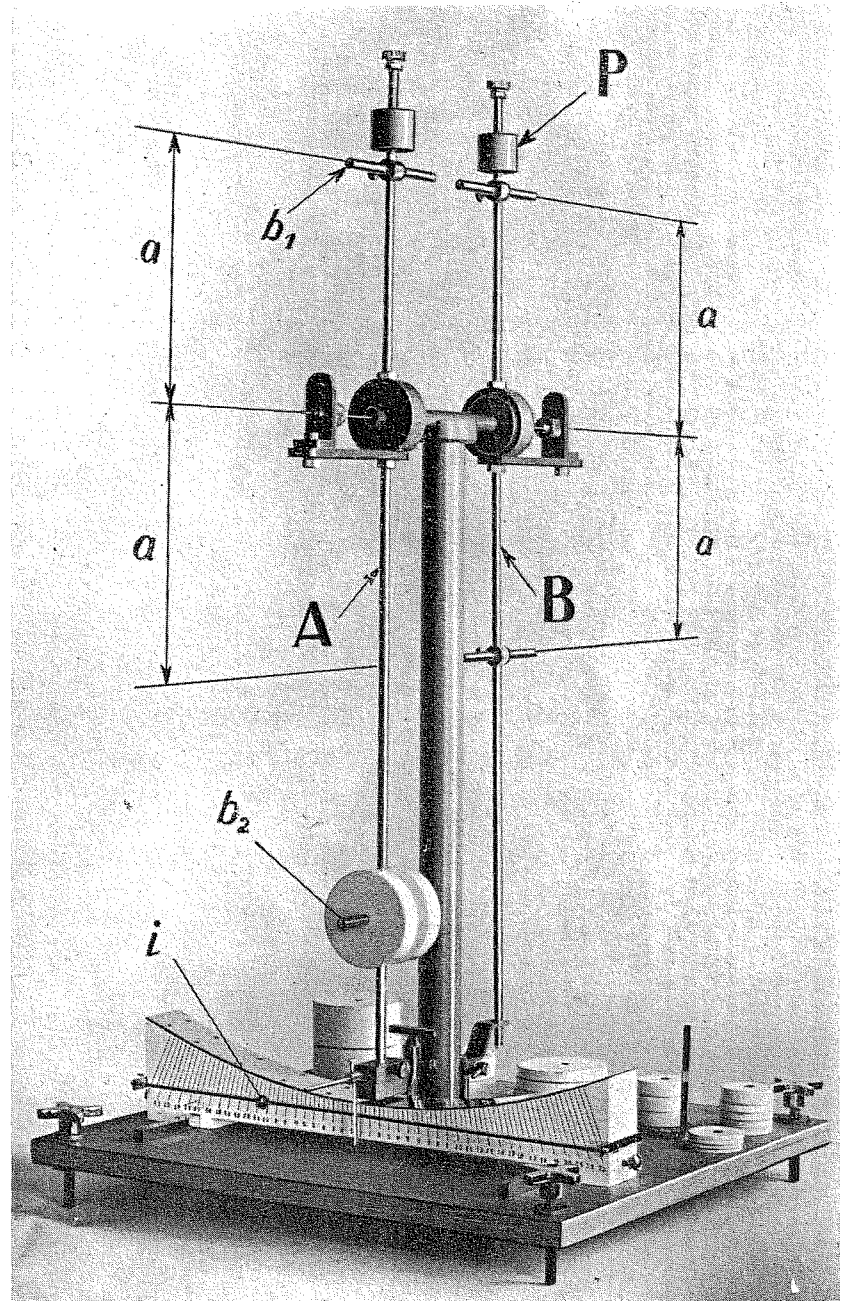


Fig. 1

2) La vérification de la formule $T = 2\pi \sqrt{J/Mga}$ en opérant :

- à moment d'inertie J constant et couple Mga variable (fig. 2)
(somme $m_1 + m_2 = C^{te}$, différence $m_2 - m_1$ variable).
- à couple Mga constant et moment d'inertie J variable
(différence $m_1 - m_2 = C^{te}$, somme $m_1 + m_2$ variable).

(1) Voir les Bulletins de l'Union des Physiciens, novembre-décembre 1959 et mai-juin 1960.

II. ETUDE DE L'AMORTISSEMENT

par l'emploi d'une bande métallique en arc circulaire (centrée sur l'axe de rotation) disposée sous le pendule A, et d'un index i poussé par le pendule et mobile devant une graduation en amplitude.

1) **Amortissement par frottement solide** en utilisant un porte-balai coulissant à l'extrémité du pendule et dont le balai frotte sur la bande cintrée.

2) **Amortissement par frottement fluide**, grâce à un aimant lié à l'extrémité du pendule et oscillant à faible entrefer le long de la bande cintrée (freinage par courants de Foucault).

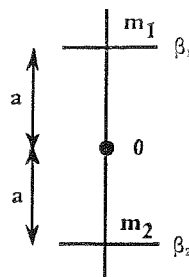


Fig. 2

III. ÉTUDE DU PENDULE DE TORSION

par la réalisation préalable des conditions suivantes : liaisons de A et B par un fil de torsion, blocage de B, mise du pendule A en équilibre indifférent. A ce moment, A est un **véritable pendule de torsion**. L'étude comporte :

1) **La détermination de la constante de torsion C_1 du fil** par la mesure de la période T , la connaissance de J_0 (essais précédents) et l'application de la formule $T = 2 \pi \sqrt{J_0/C_1}$.

2) **L'étude de l'influence sur C_1 du diamètre d du fil et de sa longueur l** car les mandrins qui serrent le fil peuvent être plus ou moins écartés. Vérification de la formule : $C_1 = \gamma d^4/l$.

IV. ÉTUDE DES PENDULES SYMPATHIQUES

Les pendules A et B étant **rendus identiques** et l'un d'entre eux étant écarté de sa position d'équilibre, puis lâché, on mesure la période θ des battements.

1) **Influence sur θ du moment d'inertie des pendules**. Etude effectuée en ajoutant **aux deux pendules A et B** sur leurs barreaux b_1 et b_2 **les mêmes masses additionnelles**.

2) **Influence sur θ du degré de couplage élastique**. Cette étude est faite en maintenant constantes les masses additionnelles et en donnant différentes longueurs au fil de torsion qui établit la liaison élastique entre les pendules.

3) **Etude d'un système à deux degrés de liberté**, en chargeant différemment les pendules A et B et observant les oscillations de couplage.

V. ÉTUDE DE LA RÉSONANCE

qui comporte le relevé d'une famille de courbes amplitude-fréquence par la réalisation préalable des conditions suivantes :

a) Liaison élastique (fil de torsion) entre A et B ;

b) Mesure de la période T_1 de l'excitateur B fortement chargé quand le pendule A est bloqué ;

c) Charge du barreau b_1 de A (résonateur) et mesure des périodes de A non amorti pour différentes positions repérées du barreau b_1 , porté par A.

1) **Courbe amplitude-fréquence à amortissement constant**.

Pour une position repérée de la bande cintrée par rapport à l'aimant de freinage, on mesure l'amplitude maximum de A quand B (excitateur) oscille à **amplitude maintenue constante** (action manuelle périodique et contrôle par contact avec une lame élastique fixe). On mesure ainsi l'amplitude du résonateur pour différents rapports T_1/T_2 des périodes du couple excitateur et du pendule résonateur non amorti. On trace une courbe (fig. 3).

2) **Courbes amplitude-fréquence pour différentes valeurs de l'amortissement**.

On refait les mesures précédentes avec plusieurs valeurs de l'amortissement de A (plusieurs positions de la bande cintrée par rapport à l'aimant). On obtient ainsi une famille de courbes (paramètre : degré d'amortissement). On vérifie ainsi toutes les caractéristiques remarquables du phénomène de résonance.

Une notice plus détaillée est jointe à chaque appareil.

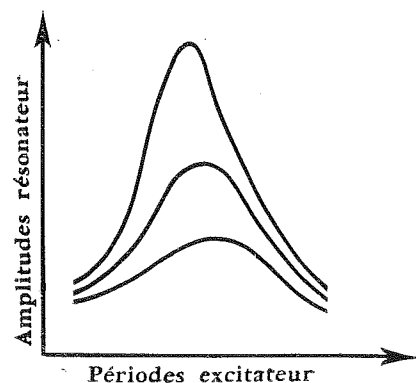


Fig. 3

Appareil polyvalent pour l'étude des systèmes pendulaires

Au laboratoire de Physique de l'École Nationale de Radioélectronique et d'Électricité Appliquée de Cléchy nous avons réalisé un appareil permettant d'effectuer plusieurs manipulations se rapportant aux systèmes pendulaires (1).

Description. — L'appareil se compose de deux pendules A et B identiques susceptibles d'osciller dans des plans parallèles (fig. 1). Chacun d'eux est constitué par deux tiges d'inégale longueur vissées dans une couronne N de façon à avoir la même direction. Cette couronne entoure un roulement à bille porté par un tube horizontal.

Les deux pendules peuvent être élastiquement reliés l'un à l'autre par un fil de torsion passant à travers le tube horizontal et aboutissant, à chacune de ses extrémités à un mandrin M. Chaque mandrin est mécaniquement lié à la couronne correspondante, c'est-à-dire à son pendule. L'écartement des mandrins (autrement dit de la longueur du fil de torsion reliant les pendules) est réglable. L'ensemble est supporté par une colonne très rigide.

Les accessoires de l'appareil sont constitués par des barreaux b horizontaux, tous identiques, tous à égale distance a de l'axe de rotation, et sur lesquels il est possible d'engager des masses additionnelles constituées par ces disques percés d'un trou. Ces barreaux peuvent coulisser le long des tiges et prendre des positions définies et représentées par des trous pratiqués dans ces tiges. D'autre part, un aimant D peut être engagé à l'extrémité de la tige d'un pendule et se déplacer devant une bande de fer entouré C dont le rayon de courbure est tel que l'encreur de l'aimant est constant au cours des oscillations du pendule. Enfin, des masses d'équilibrage P peuvent être vissées à la partie supérieure des pendules de façon à réaliser leur équilibre indifférent.

(1) Cet appareil est fabriqué par les Établissements Eurosep, 62, rue Alexis-Lepère, à Montreuil (Seine), sous le nom d'Osciloscopes pendulaires.

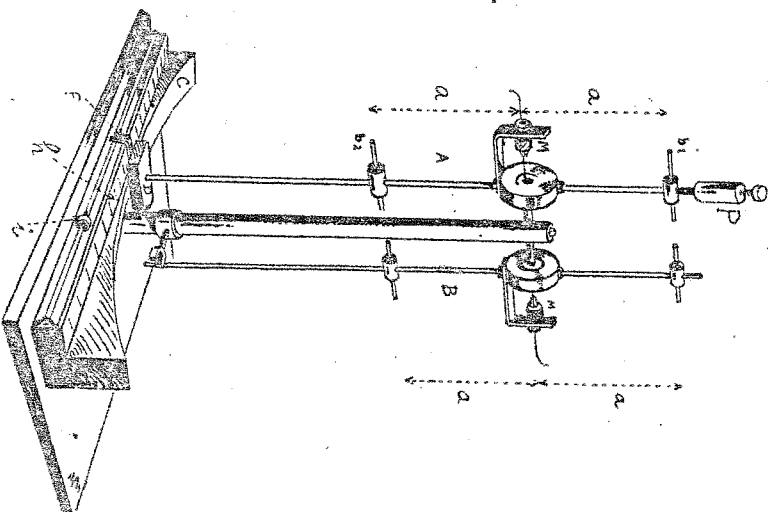


Fig. 1

I. — ÉTUDE DU PENDULE PESANT

Détermination du moment d'inertie J_0 du pendule en équilibre indifférent (sans masses additionnelles).

On place sur le barreau b, une masse m ; on mesure la période T du pendule. Dans la formule

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma^2 + J}{mga}}$$

(J = moment d'inertie de la masse m par rapport à son

centre de gravité (1), tout est connu sans J_0 . On le détermine.

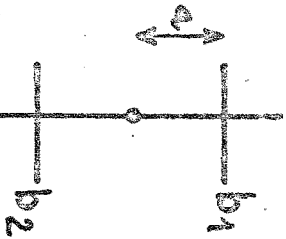


Fig. 2

On opère ensuite avec des masses m' , m'' et des périodes T' , T'' . On prend la moyenne des valeurs de J_0 ainsi obtenues.

Influence du moment d'inertie sur la période.

Désignons par m_1 les masses placées sur b_1 et par m_2 les masses placées sur b_2 (Fig. 3). Opérons une série de mesures.

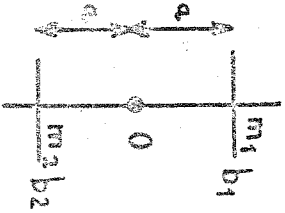


Fig. 3

(1) $J = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$ (Q_1, R_1, R_2 rayons extrêmes du disque percé).

sur des périodes, avec $m_1 - m_2 =$ constante et $m_1 + m_2$ variable. Le couple de rappel par radian ($m_2 - m_1$) gr est constant et le moment d'inertie est variable garantissons un tableau tel que le suivant :

$m_2 = 0,5$	$m_1 = 1$
$m_2 = 0$	$m_1 = 0,5$
$J_1 = J_0 + 0,5 a^2 + j$	$J_2 = J_0 + 1,5 a^2 + j$
$T_1 =$	$T_2 =$
$m_2 = 1,5$	$m_1 = 2 \text{ kg}$
$m_2 = 1$	$m_1 = 1,5 \text{ kg}$
$J_0 = J_0 + 2,5 a^2 + j$	$J_1 = J_0 + 3,5 a^2 + j$
$T_0 =$	$T_1 =$

Nous constatons que, dans tous les cas, on obtient la même valeur pour le rapport J/T^2 ce qui vérifie que, à couple de rappel par radian égal, la période est proportionnelle à la racine carrée du moment d'inertie.

Influence sur la période du couple de rappel par radian.

On opère de façon telle que l'on ait $m_1 + m_2 = C^e$ et $m_2 - m_1$ variable.

Le moment d'inertie $J_0 + (m_1 + m_2)a^2 + \sum J$ (1) est constant et le couple de rappel par radian ($m_2 - m_1$) gr est variable. On garnit le tableau ci-dessous :

$m_2 = 0,9$	$m_2 = 0,8$	$m_2 = 0,6$	$m_2 = 0,7 \text{ kg}$
$m_1 = 0,1$	$m_1 = 0,2$	$m_1 = 0,4$	$m_1 = 0,3 \text{ kg}$
$0,8 \text{ ga} =$	$0,6 \text{ ga} =$	$0,2 \text{ ga} =$	$0,4 \text{ ga} =$
$T_1 =$	$T_2 =$	$T_0 =$	$T_1 =$

Nous constatons que, dans tous les cas, on obtient la même valeur pour les produits $T^2(m_2 - m_1) \text{ ga}$, ce qui vérifie que, à moment d'inertie égal, la période est inversement proportionnelle à la racine carrée du couple de rappel par radian.

Remarque. — On peut faire l'étude précédente sans compte-secondes. Il suffit de lancer l'autre pendule B, (après l'avoir préalablement chargé de quelques masses afin de réduire son amortissement). On note la durée de plusieurs coïncidences des pendules A et B et, en appliquant la formule classique des coïncidences (que l'on peut préalablement vérifier par l'expérience), on peut exprimer les périodes du pendule A en fonction de la période constante du pendule B.

(1) $\sum J =$ somme des moments d'inertie des masses $m_1 + m_2$ par rapport à leur centre de gravité.

II. — ETUDE DE L'AMORTISSEMENT

1° Etude de l'amortissement par frottement visqueux.

Un aimant parallépipédique D de faible épaisseur est engagé à l'extrémité du pendule A. Au moyen d'une nouvelle masse d'équilibrage P, on rend son équilibre indifférent.

a) On détermine, comme dans le paragraphe précédent, le moment d'inertie J_0 du pendule avec l'aimant mais sans masses additionnelles.

b) On place la bande métallique cintrée sous l'aimant (fig. 1) de façon telle que celui-ci agisse dans toute sa largeur (freinage par les courants de Foucault). On remarquera que la force magnétique entre l'aimant et la bande a toujours la direction de la tige, donc ne modifie pas la période propre du pendule. Notons que, par une lame coudée F (fig. 1) liée au pendule et déplaçant un index i le long d'une tige horizontale K, devant une graduation h , il est facile de mesurer les amplitudes successives du pendule amorti.

c) On place sur b_1 une masse additionnelle m_1 . On écarte le pendule de sa position d'équilibre. On mesure ses amplitudes successives, puis la pseudo-période T.

A) Etude de viscosité constante et inertie variable

On place sur le barreau b_2 une masse additionnelle m_2 . On écarte le pendule de sa position d'équilibre. On mesure les amplitudes successives, puis la pseudo-période T.

On opère de même avec des masses m_2, m_2', m_2'' . Soit T, T', T'' , les pseudo-périodes correspondantes. On garnit le tableau suivant dans lequel A_n et A_{n+1} désignent deux amplitudes consécutives, δ le décrement logarithmique, b le coefficient d'amortissement fluide, C la constante de temps, J le moment d'inertie du pendule, T la pseudo-période.

m_2	Amplitudes successives	A_n/A_{n+1}	$\delta = \text{Log } A_n/A_{n+1}$	T	$C = T/\delta$	$J = J_0 + m_2 c^2 + j$	$b = 2j\delta/T$	T/J

chaque de

On vérifie ainsi :

a) La loi de décroissance exponentielle des amplitudes successives;

b) La proportionnalité du décrement logarithmique $\delta = b T/2j$ au rapport T/J lorsque le coefficient d'amortissement fluide est constant.

B) Etude à moment d'inertie constant et viscosité variable

Une masse m_2 ayant été placée sur le barreau b_2 , on mesure la pseudo-période et les amplitudes successives pour plusieurs positions de la lame cintrée par rapport à l'aimant c'est-à-dire pour plusieurs valeurs du coefficient b . Ces positions sont repérées par une graduation portée par le bâti de l'appareil. On garnit le tableau suivant dans lequel l désigne la distance du bord antérieur de l'aimant au bord antérieur de la lame cintrée. T_0 désigne la période sans amortissement :

$m_2 = J = J_0 + m_2 c^2 + j =$

l	Amplitudes successives	A_n/A_{n+1}	$\delta = \text{Log } A_n/A_{n+1}$	T	$C = T/\delta$	$b = 2j\delta/T$	T_0	T_0/T

On vérifie ainsi que :

a) Lorsque le moment d'inertie J est constant le rapport Tb/δ est constant;

b) Le rapport T_0/T de la période propre à la pseudo-période ne varie pas beaucoup pour des variations importantes du coefficient b d'amortissement fluide et qu'il est égal à :

$\sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}$.

C'est ainsi que l'on vérifie expérimentalement les formules de l'amortissement visqueux, formules importantes par leur généralité et leur application aux circuits électriques oscillants.

2° Etude de l'amortissement par frottement solide.

On engage à l'extrémité de la tige du pendule A un

petit tube portant à son extrémité une palette feutrée qui frotte sur la bande cintree. On vérifie que les amplitudes décroissent suivant une progression arithmétique et que, d'autre part, lorsque le pendule s'arrête il n'a plus exactement la position définie sans frottement, mais une position comprise entre des limites d'autant plus larges que le frottement solide est plus grand.

III. — PENDULE DE TORSION

L'aimant est enlevé. Le pendule A, par la masse d'équilibrage convenable, est mis en équilibre indifférent. Les mandrins sont desserrés. On détermine le moment d'inertie J_0 du pendule A sans aimant comme nous l'avons indiqué plus haut (§ I).

Là-dessus, on place les mandrins à la distance h , l'un de l'autre et on les serre très fortement sur une corde à piano de diamètre d . On bloque le pendule B. A ce moment le pendule A qui était en équilibre indifférent devient un véritable pendule de torsion.

Détermination de la constante de torsion C_1 d'un fil.

On fait osciller A sans masses additionnelles, puis avec les masses m', m'', \dots placées sur les deux barreaux b , et b_2 à la distance a de l'axe de rotation. Les périodes T, T', T'', T''' correspondantes sont :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{C_1}} \quad T' = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + 2m'a^2 + \Sigma J''}{C_1}}$$

$$T'' = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + 2m'a^2 + \Sigma J''}{C_1}} \quad \left(\Sigma J'' = \text{moment d'inertie de l'ensemble des deux masses } m'' \text{ par rapport à leur centre de gravité} \right)$$

expression d'où l'on tire plusieurs valeurs de C_1 dont on prend la moyenne.

Influence sur la constante de torsion de la longueur du fil.

On opère comme ci-dessus avec des distances l_1, l_2, \dots entre les mandrins et l'on vérifie que la constante C_1 est inversement proportionnelle à la longueur du fil.

Influence sur la constante de torsion du diamètre du fil.

Mêmes opérations avec des fils d'acier de différents diamètres. On vérifie la proportionnalité de C_1 à la qua-

trième puissance du diamètre d . Connaissant l, d et C_1 , on peut déterminer, pour l'acier le coefficient γ de la formule de Coulomb $C_1 = \gamma d^3/l$.

Si on dispose de fils d'autres substances, on détermine de même leurs coefficients γ .

IV. — PENDULES SYMPATHIQUES

C'est un cas particulier — mais important — des systèmes couplés. On le réalise en serrant les mandrins sur un fil de torsion déjà étudié (constante de torsion C_1 connue) et en opérant de façon telle que les pendules A et B soient toujours identiques.

Vérification de la formule des pendules sympathiques.

Rappelons que, lorsque deux oscillateurs identiques sont reliés entre eux par un ressort (translation) ou un fil de torsion (rotation) la période θ des battements est donnée par la formule :

$$\theta = \frac{T_1}{\sqrt{1+K} - \sqrt{1-K}}$$

T_1 désignant la période de chacun des deux pendules lorsque l'autre est bloqué et K désignant le coefficient de couplage entre les pendules.

Si les deux pendules ont un propre couple de rappel par radian égal à $mg\alpha$, on a :

$$K = \frac{C_1 + mga}{C_1} \quad (C_1 = \text{constante de torsion du fil}).$$

et, dans le cas particulier où K est faible et où l'on peut écrire sans erreur sensible : $\sqrt{1+K} - \sqrt{1-K} = K$, l'expression de θ devient :

$$\theta = \frac{T_1}{K}$$

On place donc sur les barreaux b , des deux pendules une même masse m . On écarte l'un des pendules de sa position d'équilibre et on le lâche. On observe les battements (variations d'amplitude) des pendules et on note l'intervalle de temps θ qui s'écoule entre deux arrêts successifs d'un même pendule. On bloque B. On mesure la

période T du pendule A. On dresse le tableau :

$$a = \frac{C_1}{C_1 + mga}$$

m	$mg a$	ϕ	$K = C_1/mga + C_2$	T	$\frac{\sqrt{1+K}}{\sqrt{1-K}}$	T	$\frac{T}{K}$

On compare, pour plusieurs valeurs de m , les valeurs correspondantes de ϕ obtenues par l'expérience et celles qui, obtenues par le calcul, figurent dans les deux dernières colonnes.

Influence sur ϕ du moment d'inertie des pendules symétriques.

On ajoute aux deux pendules et sur leurs barreaux b , et ba des masses m' , m'' . Leurs moments d'inertie sont accrus de $2 m'a^2 + J'$; $2 m''a^2 + J''$, etc. Les mesures correspondantes de la période ϕ des battements montrent que ϕ est proportionnel (comme T) à la racine carrée des moments d'inertie des deux pendules.

Influence sur ϕ du couplage élastique des pendules.

Cette influence est plus complexe que dans le cas précédent. En effet, la période T_1 de l'un des pendules (portant une surcharge m sur le barreau b_1) lorsque l'autre pendule est bloqué est :

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma^2 + J}{C_1 + mga}}$$

alors que le coefficient de couplage est :

$$K = \frac{C_1}{C_1 + mga}$$

si K n'est pas trop grand (inférieur à 0,1) on peut écrire sans erreur sensible.

$$\theta = \frac{T_1}{K} = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma^2 + J}{C_1 + mga}} \times \frac{C_1 + mga}{C_1}$$

$$= \frac{2\pi}{C_1} \sqrt{(J_0 + ma^2 + J)(C_1 + mga)}$$

La manipulation sur les pendules sympathiques se termine donc par la vérification de cette formule (où les grandeurs J_0 , m , a sont connues) en mesurant ϕ pour différentes longueurs du fil de torsion. Les valeurs C_1 déduites de la formule doivent être égales à celles qui résultent de l'inverse proportionnalité de C_1 à la longueur du fil de torsion.

V. — ETUDE D'UN SYSTÈME COUPLÉ

Signalons enfin que, lorsque les surcharges placées sur les deux pendules ne sont plus les mêmes, le système n'est plus symétrique, les deux pendules n'ont plus la même période T_1 . On a affaire à un système couplé dans le cas général. L'appareil permet l'étude d'un tel système et de vérifier que le mouvement des oscillateurs peut être considéré comme la superposition de deux mouvements sinusoidaux aux fréquences principales.

A. FOUILLÉ
(ENREDA de Cléchy).

Complément sur l'Oscilloscope pendulaire

Nous avons récemment (1) décrit, sous le nom d'*oscilloscope pendulaire*, un appareil polyvalent qui permet la vérification des lois du pendule composé et de son amortissement, l'étude du pendule de torsion, des pendules sympathiques et plus généralement d'un système à deux degrés de liberté.

Depuis lors, nous nous sommes appliqués à adapter l'appareil au relevé des courbes amplitude-fréquence (courbes de résonance) dont l'importance (dans de nombreux domaines de la physique) n'est pas à souligner.

A cet effet, nous avons attribué au pendule B (fig. 1), le rôle d'excitateur et au pendule A le rôle de résonateur (la liaison élastique étant établie entre eux par un fil de torsion) et nous nous sommes proposé :

- a) De maintenir constante la période et l'amplitude de l'excitateur (période et valeur maximum du couple excitateur);
- b) De donner à l'amortissement du pendule A différentes valeurs, grâce à différentes positions de la bande métallique centrée par rapport à l'aimant porté par A;
- c) De faire varier la période du pendule A résonateur en déplaçant le barreau b_1 , porteur de masses additionnelles, sur la branche supérieure de ce pendule;
- d) De mesurer, en régime permanent, l'amplitude maximum du pendule A au moyen du curseur i poussé par l'équerre f devant une graduation h en amplitude.

La difficulté était de maintenir identique à elle-même l'action excitatrice et pour ceia de maintenir constante dans toutes les mesures, à la fois la période et l'amplitude de l'excitateur B.

Nous avons tout d'abord essayé d'imposer à B, par l'intermédiaire d'un système bielle-manivelle, la période d'un petit moteur. L'amplitude de B était rigoureusement constante, mais la réaction de A sur B à la résonance était

telle qu'il devenait impossible de maintenir constante la vitesse du moteur. Il aurait fallu utiliser soit un moteur synchronisé, soit un autre moteur, mais assez gros pour supporter un volant de grand moment d'inertie.

C'est pourquoi, après de nombreux essais, nous avons adopté une solution plus simple. Elle consiste à charger

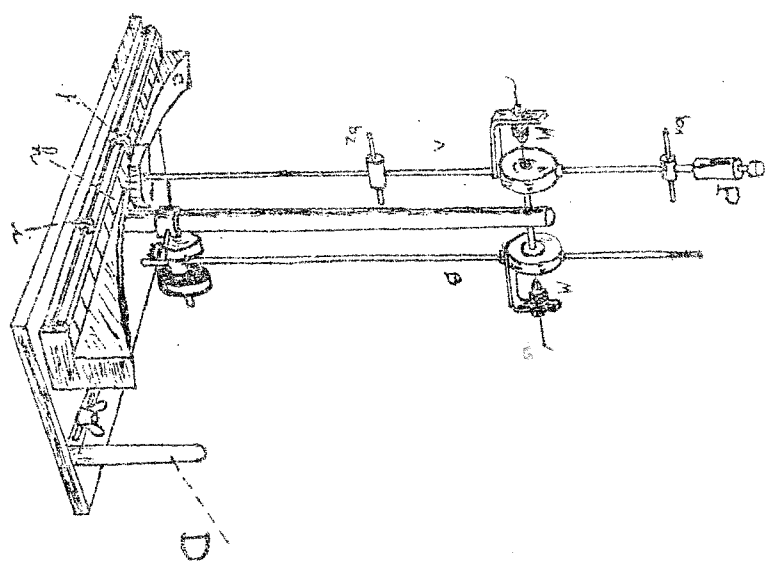


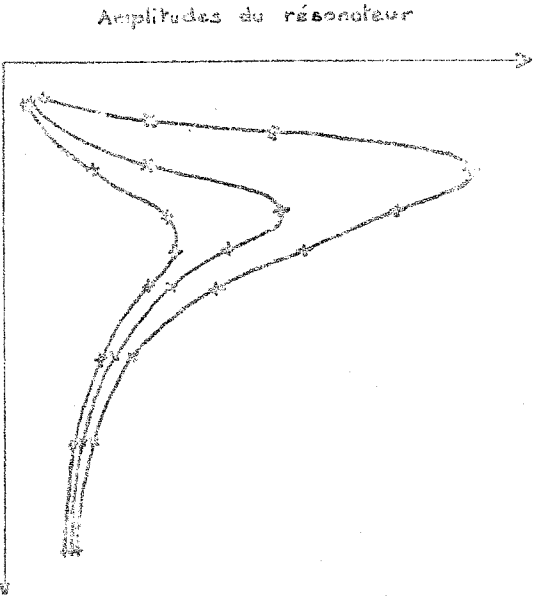
Fig. 1.

fortement le pendule B excitateur (de façon à accroître son moment d'inertie) et à utiliser comme période constante sa période propre. Pour donner à B une amplitude constante, nous avons disposé, dans son plan d'oscillation, une petite lame d'acier D en équerre (position réglable) et, en agissant périodiquement à la main sur ce pendule, maintenu un léger contact périodique de celui-ci avec la lame D.

Une légère variation d'amplitude de l'excitateur B e'est-

(1) Voir le Bulletin n° 449, Nov.-Déc. 1959.

à-dire du maximum du couple excitateur) influant sur l'amplitude du résonateur beaucoup moins qu'une variation de la période de ce couple, nous avons pu ainsi, en opérant sur plusieurs valeurs du repère d'amortissement (1), relever, avec une approximation suffisante, une famille de courbes amplitude-fréquence (fig. 2). Chacune



Périodes de l'excitateur
Fig. 2.

elles traitent les résultats enregistrés dans un tableau tel que le suivant :

α = amplitude de A	Repère d'amortissement =
T_2 (période de B)	
Rapport $\alpha = \frac{T_2}{T_1}$	

(1) Nous désignons ainsi le quotient de la surface de recouvrement de Pehnant et de la bande étendue à la surface de l'aiguille lui-même. Une graduation permet de mesurer ce rapport qui est possible de lire, par une étude préalable de l'amortissement du pendule A_2 au degré d'amortissement du oscillé.

Ces courbes permettent de vérifier que

- a) La fréquence relative de l'excitateur et du résonateur influe considérablement sur l'amplitude de celui-ci et d'autant plus qu'il est moins amorti ;
- b) L'amortissement déplace le maximum de cette amplitude vers les faibles valeurs du rapport b_2/l_2 (rapport des fréquences de B et de A) donc vers les grandes valeurs du rapport $\alpha = T_1/l_2$;
- c) de vérifier les caractéristiques de la résonance quant au déphasage entre le couple excitateur et l'élongation du résonateur.

Il nous a paru utile de mentionner cette nouvelle application de l'appareil déjà décrit sous le nom d'oscilloscope pendulaire.

A. FORTUÉ,
(ENR.R.E.A. de Chobry.)