

VII. — ETUDE DE LA TORSION D'UN FIL METALLIQUE

Principe.

Soit une tige cylindrique OA ; on fixe l'extrémité O et on applique en A un couple de torsion de moment \mathcal{M} : un diamètre BC vient en B'C'. On montre que \mathcal{M} est proportionnel à l'angle de torsion ϕ .

$$\mathcal{M} = C\phi \quad (1).$$

$$C = \mu \frac{d^4}{l} \quad (2) \quad d \text{ et } l \text{ diamètre et longueur du fil.}$$

Si on fixe en A un corps possédant un axe de symétrie confondu avec OA, et si, après avoir tordu la tige on l'abandonne à elle-même, le corps effectuera des oscillations isochrones de période :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \quad (3).$$

I moment d'inertie du corps par rapport à l'axe de rotation OA.

But de la manipulation.**I. Etude statique :**

- Vérifier la proportionnalité du moment \mathcal{M} à l'angle de torsion ϕ .
- Déterminer la constante de torsion : C.
- Vérifier la formule : $C = \mu \frac{d^4}{l}$.

II. Etude dynamique :

- Isochronisme des oscillations.
- Vérifier la formule : $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}}$.
- Déterminer la constante C.

Matériel.

Divers modèles peuvent être utilisés. Les uns ont été réalisés par des collègues ; d'autres se trouvent dans le commerce : celui qui est distribué par le C.E.M.S. est accompagné d'une excellente notice. Suivant les modèles, les fils ou tiges métalliques peuvent être de diamètre et de longueur très différents.

I. Etude statique.

Dispositif.

Une extrémité du fil métallique est solidaire d'un fléau supportant un petit plateau ; l'autre extrémité est solidaire d'un tambour gradué. Le fil métallique est en général tendu horizontalement à l'aide d'un fil sans torsion supportant, par l'intermédiaire d'une poulie, un contre-poids.

1° Proportionnalité de l'angle de rotation et du moment appliqué.

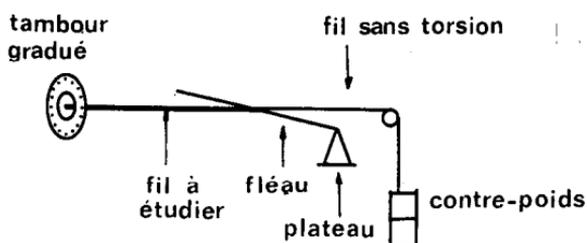


Fig. 1

Le plateau étant accroché, on réalise la mise au zéro (zéro du tambour gradué en face d'un trait fixe porté par le support). Le fléau est alors horizontal.

On place des masses m croissantes sur le plateau, et on rétablit l'équilibre en tournant le tambour gradué d'un angle ϑ .

Les résultats des mesures sont portés dans un tableau.

Représentation graphique de m en fonction de ϑ . On obtient une droite passant par l'origine.

Conclure.

2° Détermination de la constante de torsion C .

Choisir sur la droite précédente un point — aussi éloigné que possible de l'origine — de coordonnées m et ϑ . La constante de torsion du fil est donnée par :

$$C = \frac{m \cdot g \cdot L}{\vartheta}$$

L : bras de levier, est constant.

(Attention aux unités : m en kg, L en mètres, ϑ en radians.)

3° Vérification de la formule $C = \mu \frac{d^4}{l}$.

Si l'on dispose de fils de longueurs et de diamètres différents, on pourra effectuer de nouvelles séries de mesures et vérifier :

$$C'/C = d''/d^4 \quad \text{et} \quad C''/C = l''/l.$$

II. Etude dynamique.

Dispositif.

Le fil est maintenant vertical ; il est maintenu à son extrémité supérieure par un mandrin solidaire d'un support fixe, et à son extrémité inférieure par un mandrin auquel est fixée une tige cylindrique pouvant osciller dans un plan horizontal (fig. 2).

Deux masses cylindriques additionnelles peuvent coulisser sur la tige.

Un fil sans torsion maintient l'ensemble vertical.

1° Isochronisme des oscillations.

Les masses additionnelles étant enlevées, écarter le barreau de sa position d'équilibre de 30° ; 60° ; 90° ; 180° .

Mesurer la durée de 10 oscillations. Comparer les valeurs obtenues pour T.

Conclure.

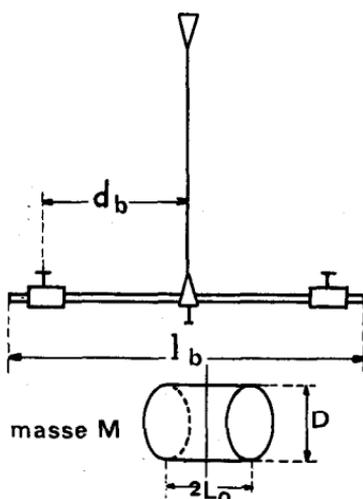


Fig. 2

2° Vérification de la formule $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}}$.

Faire varier d_b — distance du centre de chacune des masses M à l'axe — de 2 en 2 cm par exemple pour le matériel du C.E.M.S.

Mesurer chaque fois : $t = 10$ T (ou 5 T si T devient trop grand).

Tableau : d_b, d_b^2, t, T, T^2 .

Graphique : $T^2 = f(d_b^2)$. On obtient une droite ne passant pas par l'origine. En effet : soit :

I_b le moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe ;

I le moment d'inertie de chacune des masses par rapport à un axe parallèle à l'axe de rotation passant par son centre de gravité.

Le moment d'inertie I est de la forme :

$$I = I_b + 2 I_0 + 2 M d_b^2$$

d'où :

$$T^2 = 4 \frac{\pi^2}{C} [2 M d_b^2 + I_b + 2 I_0] \quad (4)$$

La fonction T^2 est bien de la forme : $T^2 = a d_b^2 + b$.

3° Détermination de la constante C .

L'expression (4) montre que si a est la pente de la droite $T^2 = f(d_b^2)$, on obtient :

$$C = \frac{8 \pi^2 M}{a}$$

M sera déterminé par pesée.

On pourra, comme pour l'étude statique, comparer des fils de divers diamètres et longueurs.

4° Comparaison de la valeur théorique de C et de la valeur trouvée expérimentalement.

On pourra indiquer aux élèves les valeurs théoriques de I et I_b .

$$I = \frac{M (3 D^2 + 16 L^2)}{48}$$

$$I_b = \frac{m l_b^2}{12}$$

- $2 L_0$: longueur de la masse cylindrique.
 D : diamètre de la masse cylindrique.
 m : masse de la tige.
 l_b : longueur de la tige.

$$I \text{ peut s'écrire } 2 M d^2_b (1 + \varepsilon) \text{ avec } \varepsilon = \frac{I_b + 2 I_0}{2 M d^2_b}.$$

Evaluer ε pour la plus grande et la plus petite valeur de d_b de la série des mesures.

En faisant une erreur systématique sur I , on pourrait avoir directement :

$$C = \frac{400 \pi^2 \times 2 M d^2_b}{f^2}$$

Dans le cas où l'erreur est la plus petite, comparer cette erreur systématique relative avec l'erreur relative entraînée par les mesures sur f^2 .

En déduire la marge d'incertitude dont C , ainsi calculé, est affecté ; comparer aux résultats du graphique.

ELECTROLYSE — ETUDE QUANTITATIVE

A. — Electrolyse du sulfate de cuivre

Objet.

- Soit vérification des lois de Faraday.
- Soit contrôle d'un ampèremètre.
- Soit détermination du nombre d'Avogadro.

Matériel.

- Accumulateur convenablement chargé, ou redresseur C.E.M.S.
- Interrupteur ; rhéostat 72 à 220 ohms.
- Bécher 600 cm³.
- Plaque isolante (bakélite ou plexiglas) portant 2 douilles femelles distantes de 4 cm.
- 2 lames de cuivre électrolytique (10 cm × 5 cm) (vendues par paquets de 25 chez Prolabo). Sur l'un des petits côtés on soudera une fiche banane.
- Solution de sulfate de cuivre ; on dissoudra 100 g de cristaux CuSO₄ · 5 H₂O technique par litre, et on ajoutera 10 cm³ d'acide sulfurique concentré.

Chronomètre.

Trébuchet au $\frac{1}{2}$ cg.