



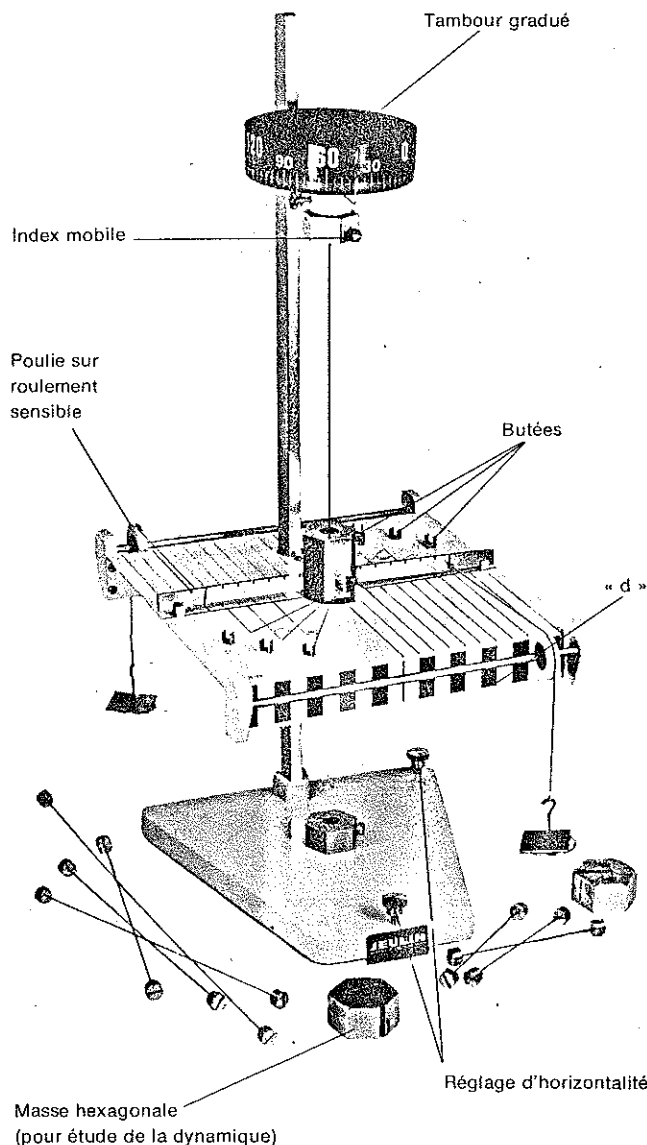
P77.3

Couple de forces

Étude du pendule de torsion

APPAREIL POUR L'ÉTUDE STATIQUE
ET DYNAMIQUE DE LA TORSION

Réf. 332 002 (M 2000 F)



Le fil de torsion est serté sur embouts hexagonaux, maintenus dans un évidement circulaire par une vis; ceci évite les rotations incontrôlées au cours des expériences.

Cet appareil peut être utilisé avec profit, en cours et en T.P., pour préciser la notion de couple au début de la statique et pour étudier le pendule de torsion en classe de terminale.

- Couple de torsion.
- Étude d'un couple de forces.
- Étude des oscillations de torsion.

Au cours des expériences, la rotation de la barre est limitée par des butées en forme de petites fourches. Les forces de traction sont rigoureusement parallèles et le fil ne « fatigue » que le temps de la mesure.

PRINCIPE DESCRIPTION

1. Socle en plastique injecté avec réglage d'horizontalité par vis calantes, muni d'un bloc hexagonal avec évidement et vis de fixation, et portant une tige verticale en profilé spécial, alliage aluminium (20 x 20 x 530). Couissant sur la tige, deux pièces en matière plastique, solidaires l'une du support de fil, l'autre du plateau, sont bloquées par des manettes à came.

2. Support de fil, avec évidement et vis de fixation, comporte un tambour gradué en degrés pour la mesure de l'angle de torsion et un index indépendant du tambour, permettant de repérer le zéro en début d'expérience.

3. Plateau (220 x 220) en tôle sérigraphiée porte deux tringles parallèles à ses bords, et sur lesquelles se déplacent librement deux poulies de renvoi.

Des traits parallèles, distants de 1 cm, limitant sur le rebord avant, des plages de couleur très visibles de loin, permettent d'une part de contrôler le parallélisme des fils de traction et d'autre part de repérer la position de la poulie.

Quatre autres traits, formant avec les lignes précédentes les angles β respectivement égaux à 30°, 45°, 60°, 90°, aboutissent à des butées en forme de U, fixées symétriquement par rapport au centre du plateau.

4. Une masse (environ 380 g) à section hexagonale, porte à ses deux extrémités un évidement avec vis de serrage, sur la face avant, un petit anneau, et à sa partie inférieure, et fixée par son milieu, une barre en acier (220 x 15 x 2) encochée tous les centimètres.

5. Deux crochets minuscules prennent place dans les encoches et sont reliés par des fils passant sur les poulies, aux plateaux (10 g) portant les surcharges (10 g).

6. Les 7 fils de torsion sont des fils d'acier (corde à piano) serlés à chaque extrémité sur des embouts hexagonaux.

- 2 fil. 100 mm \varnothing 0,8 mm;
- 1 fil 200 mm \varnothing 0,8 mm;
- 1 fil 100 mm \varnothing 1 mm;
- 2 fils 200 mm \varnothing 1 mm;
- 1 fil 350 mm \varnothing 0,6 mm.

7. Deux masses identiques (160 g chacune), hexagonales (utilisées pour l'étude dynamique) s'enfilent sur la barre, le fil ressort dont elles sont munies pénétrant dans une encoche et les immobilisant.

I. COMPOSITION. L'ensemble 332 002 comprend :

- 1 socle;
- 1 support de fil avec tambour;
- 1 plateau sérigraphié;
- 1 masse hexagonale avec barre;
- 2 masses hexagonales;
- 7 fils de torsion;
- 2 porte-surcharges;
- 6 surcharges;
- 2 fils.

II. MISE EN SERVICE

1. Mise en place du fil de torsion : Engager un de ses embouts dans l'évidement du support de fil (sous le tambour) en l'orientant de telle sorte qu'un des pans de l'hexagone se présente en face de la vis de fixation et visser celle-ci à fond.

Opérer de la même façon pour fixer l'autre embout du fil dans l'évidement supérieur de la masse hexagonale (portant la barre) le petit anneau se trouvant en avant.

2. Placer le plateau à environ 15 cm du socle et régler la hauteur du support de fil pour que la barre se loge à l'intérieur des butées sans les toucher en aucun point.

Pour obtenir ce résultat, il peut être nécessaire de tourner légèrement le tambour.

3. Éventuellement, agir sur les vis calantes du socle pour que l'ensemble soit bien centré sur le trou du plateau.

4. Sans toucher au tambour, amener l'index en face du zéro de la graduation.

Remarques

- Les plateaux et les surcharges ont tous la même masse m (qui n'est peut-être pas exactement 10 g).
- Le fil 350 mm \varnothing 0,6 mm a une constante de torsion faible, ne l'utiliser que pour l'étude dynamique.
Déterminer sa constante de torsion avec, seulement, les plateaux.
- Pour le fil 200 mm \varnothing 0,8 mm, limiter le bras de levier à 8 cm si on accroche toutes les masses. Le limiter, dans les mêmes conditions à 16 cm pour le fil 200 mm \varnothing 1 mm.
- On peut combiner l'action de deux fils, en fixant le second entre la masse hexagonale (portant la barre) et le bloc hexagonal du socle.

MANIPULATIONS

I. COUPLE DE TORSION

Utiliser le fil 200 mm \varnothing 1 mm.

La barre est supposée immobile à l'intérieur des 2 butées situées sur le trait parallèle aux rebords du plateau, et ne les touche pas.

Accrocher les fils supportant chacun le plateau et deux surcharges (masse = 3 m) à deux encoches A et B distantes de $d = 8$ cm. Rendre les fils bien parallèles par déplacement des poulies.

La barre soumise au couple M dû aux deux forces de traction \vec{F} de module $3\text{ m}\cdot g$, tourne (très légèrement) et vient toucher les butées.

En tournant le tambour, il est possible de la ramener juste au milieu des butées; la torsion a créé un couple M' qui a rétabli le premier équilibre, donc $M' = |M|$

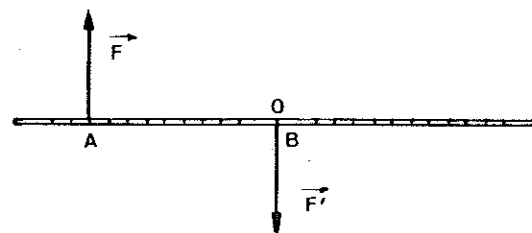
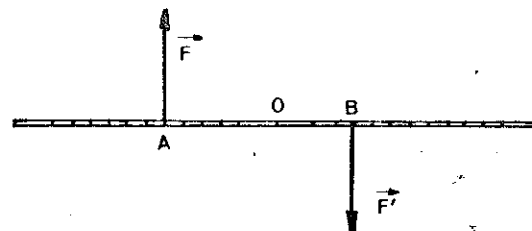
Noter l'angle de torsion α .

Supprimer les forces \vec{F} et constater que la barre retrouve son équilibre pour $\alpha = 0$ (déformation élastique).

II. ÉTUDE D'UN COUPLE DE FORCES. Même fil.

1. $F = \text{Cte}$ $d = \text{Cte}$.

Constater que le déplacement des crochets d'un même nombre de crans vers la droite ou vers la gauche, conserve la valeur de l'angle de torsion nécessaire pour ramener la barre au milieu des butées, même si B est sur l'axe de rotation O (utiliser le petit anneau) ou du même côté que A par rapport à O .



2. $d = \text{Cte}$.

Prendre successivement des charges égales à 1 m, 2 m, 3 m, 4 m. Noter l'angle de torsion correspondant et montrer qu'il est proportionnel à F .

3. $F = \text{Cte}$.

Faire varier en utilisant successivement les différentes encoches. Noter l'angle de torsion correspondant et constater qu'il est proportionnel à d .

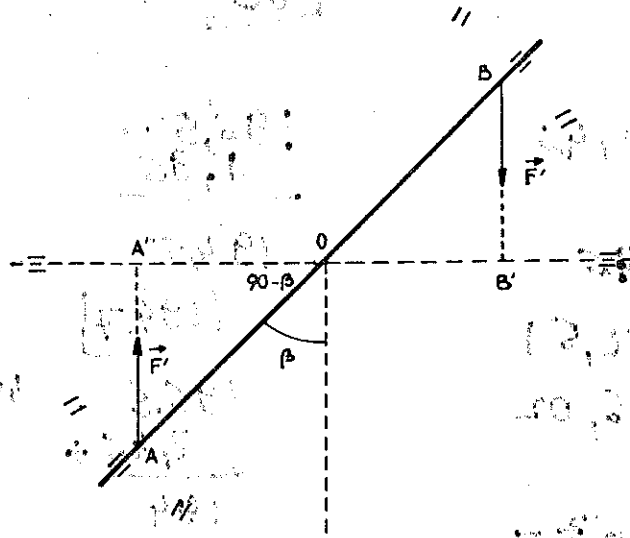
4. Influence de l'angle formé par la direction du couple et la droite AB .

$$AB = L, \quad \beta = \angle(\vec{F}, AB)$$

La barre étant en équilibre entre les butées précédemment utilisées, la dégager en abaissant le plateau en tôle. Tourner le tambour d'un angle de 30° (égal à $90^\circ - \beta$).

Engager la barre dans les butées correspondantes de façon qu'elle ne touche aucun point.

Placer les crochets dans les avant-dernières encoches ($L = 16$ cm).



Suspendre les plateaux seuls et disposer les poulies pour que les fils soient parallèles aux petits traits qui partent du sommet de l'angle (AA' , BB') et dont la distance est :

$$d = L \sin \beta = A'B'$$

Noter la valeur de l'angle de torsion α qui rétablit l'équilibre de la barre.

Opérer de même pour β égal à 45° et à 60° , joindre la valeur correspondant à $\beta = 90^\circ$ et montrer que :

$$\frac{\alpha}{\sin \beta} = Cte, \quad \text{ou que} \quad \frac{\alpha}{L \sin \beta} = Cte.$$

Les valeurs de $L \sin \beta$ pouvant être mesurées directement sur le plateau en l'absence de la masse hexagonale.

Conclusion : Le couple des forces \vec{F} a pour valeur :

$$F \cdot d = FL \sin \beta.$$

III. CALCUL DE LA CONSTANCE DE TORSION DU FIL UTILISÉ

$$C = \frac{F d}{\alpha}$$

On peut étudier l'influence de la longueur L du fil et de son diamètre D :

$$C = \frac{k D^4}{L}$$

k ayant la même valeur puisque tous les fils sont de même nature.

IV. ÉTUDE DYNAMIQUE

Utiliser le fil 350 mm, $\varnothing 0,6$ mm.

1. Isochronisme des oscillations de torsion

Remonter le support de fil en haut de la tige. Réaliser l'équilibre de la barre entre les deux butées correspondant au trait parallèle au rebord du plateau.

Tourner le tambour d'un angle de 10° . Abaisser rapidement le plateau. La barre oscille librement. Compter la durée de 10 ou 20 oscillations. En déduire la période T_0 .

Recommencer plusieurs fois en augmentant l'amplitude angulaire et déterminer les périodes T_1, T_2, T_3, \dots correspondantes.

Constater que $T_0 = T_1 = T_2 = T_3$.

2. Variation de la période avec le moment d'inertie du pendule (J)

Descendre le plateau jusqu'au socle (il ne sert plus). Enfiler les deux masses hexagonales sur la barre en les plaçant symétriquement par rapport au fil, soit x leur distance commune au fil de torsion.

Déterminer pour chaque valeur de x la période T .

Tracer la courbe :

$$T^2 = f(x^2)$$

Constater que l'on obtient une droite dont le coefficient angulaire a est égal à :

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

$M = 0,160$ kg.

$\pi^2 = 9,87$.

C est exprimé en mN/rd.

C étant connu, on peut calculer la valeur théorique de a et comparer à la valeur expérimentale.

Nota.

On peut aussi étudier les variations de T avec C , en considérant d'abord deux fils de même longueur et de diamètres différents, puis deux fils de même diamètre et de longueurs différentes.

Vérifier que dans le premier cas :

$$T D^2 = Cte.$$

Vérifier que dans le deuxième cas :

$$\frac{T}{\sqrt{J}} = Cte$$