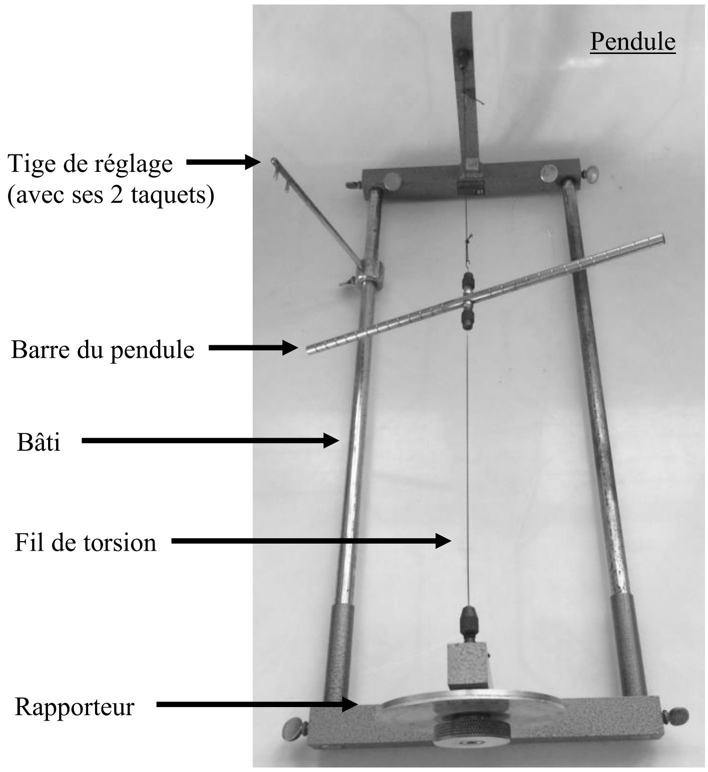
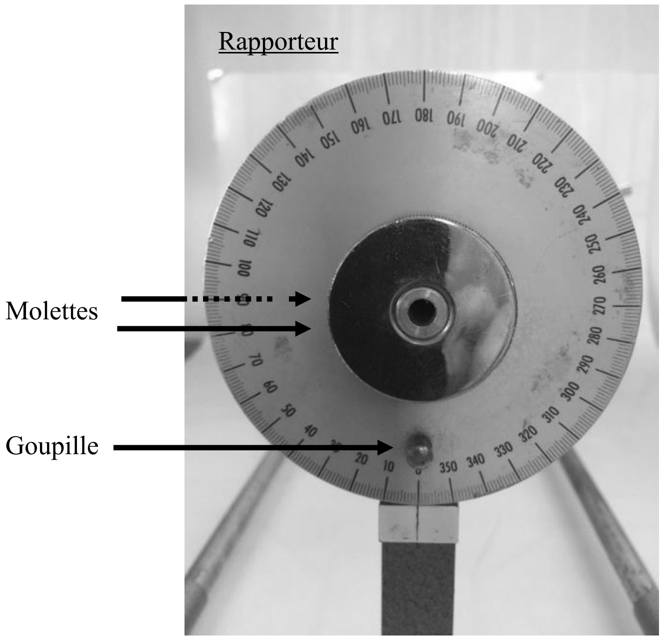
# PENDULE DE TORSION

Le but de ce TP est de mesurer différentes grandeurs caractéristiques d'un pendule de torsion (constante de torsion, moment d'inertie).

## I Présentation du dispositif et réglage préalable

Le pendule est constitué d'une barre métallique rappelée à sa position d'équilibre par un fil métallique de torsion fixé en ses deux extrémités à un bâti. Un rapporteur permet de plus de faire les mesures de la position angulaire de la barre.




Le but du réglage préliminaire est d'obtenir le 0 du rapporteur à la position d'équilibre du pendule.

Protocole :

- Placer le dispositif en position horizontale (fil de torsion horizontal).
- Desserrer les deux molettes placées de part et d'autre du rapporteur, et enlever la goupille.
- Placer la tige de réglage (tige métallique munie de deux taquets en position verticale).
- Faire tourner les molettes afin que la barre du pendule soit comprise entre les deux taquets de la tige de réglage, sans les toucher.
- Mettre la goupille dans le rapporteur et visser les deux molettes sans perdre l'équilibre du pendule. Le zéro pour les angles est alors réglé.
- Retirer la goupille.

## II Détermination de la constante de torsion C du fil (méthode statique)

On rappelle que le couple résistif exercé par le fil de torsion est de la forme $M = - C\theta$, où $\theta$ est l'angle fait par le pendule avec sa position d'équilibre (donc indiqué par le rapporteur), et C la constante de torsion du fil exprimée en $N.m.rad^{-1}$.

On se propose de faire une première estimation de C :

Protocole :

- Fixer une masse étalonnée d'une valeur m = 40 g ou 50 g sur la barre du pendule (côté opposé à la tige de réglage) à l'aide d'une petite boucle de ficelle à la distance d = 8 cm de l'axe du pendule matérialisé par le fil de torsion (la barre est graduée tous les cm à partir de 2cm et jusqu'à 14 cm). Le pendule est alors déséquilibré.
- Tourner l'ensemble {molettes + rapporteur} qui est solidaire pour revenir à la position initiale du pendule entre les deux taquets.
- Déterminer le lien entre C et m.
- Relever l'angle $\theta$ indiqué par le rapporteur et en déduire une première valeur de C.

On cherche ensuite à affiner la valeur de C en cumulant les mesures :

Protocole :

- Relever l'angle de torsion $\theta$ nécessaire pour assurer l'équilibre du pendule en plaçant une masse m allant de 0 à 50 g par pas de 10 g à sa position précédente d = 8 cm (la première mesure étant celle obtenue dans l'expérience précédente). Consigner les valeurs de $\theta$ dans le tableau :

| m (g) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta$ (°) | | | | | | |
| $\theta$ (rad) | | | | | | |

- A l'aide du fichier Python « Constante de torsion II », tracer la courbe m($\theta$), déterminer précisément C et l'incertitude-type u(C). La droite m($\theta$) passant par l'origine, on rappelle qu'il s'agit alors de calculer les valeurs successives de la pente pour chacun des points de mesure, puis d'en prendre la moyenne et l'écart-type.

## III Détermination de la constante C de torsion du fil et du moment d'inertie J du pendule (méthode dynamique)

Hypothèse : l'amortissement des oscillations étant très faible, on confondra la valeur de la pseudo-période des oscillations avec la période propre de l'oscillateur.

### 1) Moment d'inertie J de la barre du pendule de torsion par rapport à l'axe de rotation

Protocole :

- Placer dorénavant le pendule de torsion verticalement (fil de torsion vertical).
- En l'absence de surcharges sur la barre du pendule, mesurer la période des oscillations du pendule à vide (pour une détermination précise, on mesurera la durée d'un nombre suffisant de périodes).
- À partir de l'expression de la période T du pendule en fonction de J et C, et à partir de la valeur de C déterminée précédemment, calculer la valeur numérique de J.
- On écrit J sous la forme $J = kmL^2$, où m = 53,4 g est la masse de la barre, L sa longueur, et k une constante sans unité. Déterminer la valeur de k.
- Le moment d'inertie d'une barre de masse m, de longueur L et de diamètre négligeable (par rapport à L) est $mL^2/12$. Quelle serait alors la valeur de k ? Comparer à la valeur précédemment obtenue et commenter.

2) Constante de torsion C du fil

Protocole :

- On détermine maintenant la période des oscillations après avoir placé deux surcharges (cylindres rouge et jaune) de même masse M = 345 g symétriquement par rapport à l'axe de rotation, de telle façon que le centre des masses soit à la distance d de l'axe de rotation du système (confondu avec le fil de torsion). Remplir le tableau ci-dessous :

| d (cm) | 14 | 10 | 8 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| T (s) | | | | |

- D'après le théorème de Huygens, l'expression théorique du moment d'inertie de la barre avec les deux masses M placées symétriquement à la distance d de son axe de rotation est $J + 2Md^2$. Réaliser une première estimation de C en utilisant les deux colonnes extrêmes du tableau précédent à l'aide du fichier Python « Constante de torsion III ». Déterminer aussi l'incertitude-type u(C) sur la valeur de C. On pourra prendre u(M) = 1 g, $u(d_i)$ = 1 mm avec i = 1 ou 2 et $u(T_i)$ = 0,2 s correspondant approximativement à une incertitude d'un quart de période sur la mesure d'une demi-douzaine de périodes. Proposer enfin un encadrement de C.
- Déterminer maintenant C à partir du tracé du graphe donnant $T^2$ en fonction de $d^2$. Comment peut-on aussi retrouver la valeur de J ?