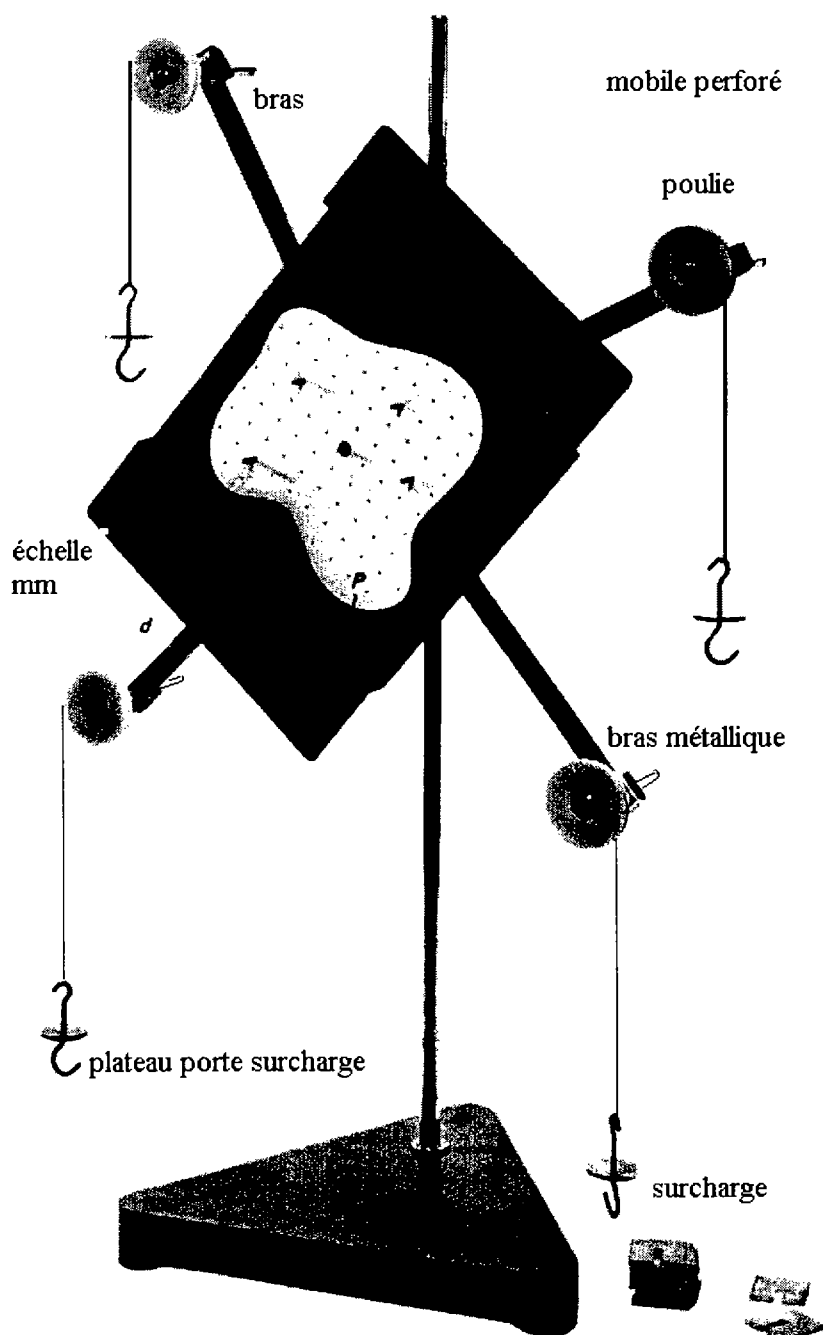


MOMENT DES FORCES

APPAREIL DES MOMENTS SANS SUPPORT

Réf : 322 014



Appareil monté avec poulies et surcharges.

Noter l'orientation quelconque des bras métalliques supportant les poulies, et la lecture qui se fait directement sur le plateau (pivotant) au mm près.

Cet appareil permet de mettre en évidence, et de mieux comprendre, dans une première étude de la statique - en cours et en Travaux Pratiques - le rôle des différents paramètres qui interviennent dans l'équilibre d'un corps mobile autour de son centre de gravité.

- Mise en évidence des moments.

- Forces issues de masses ou de dynamomètres.

Les forces F peuvent être très facilement appliquées en de nombreux points du mobile. Ces forces peuvent être :

- * verticales (poids des surcharges) ;

- * de directions quelconques, orientables par pivotement d'un bras métallique indépendant.

La mesure de la distance " d " de l'axe de rotation au support de la force se lit directement et précisément, sur le plateau gradué.

- Etude de l'équilibre.

- Notion de couple.

- Théorème des moments.

Remarque :

Les manipulations décrites dans cette notice sont réalisables, soit avec des masses, soit avec des dynamomètres.

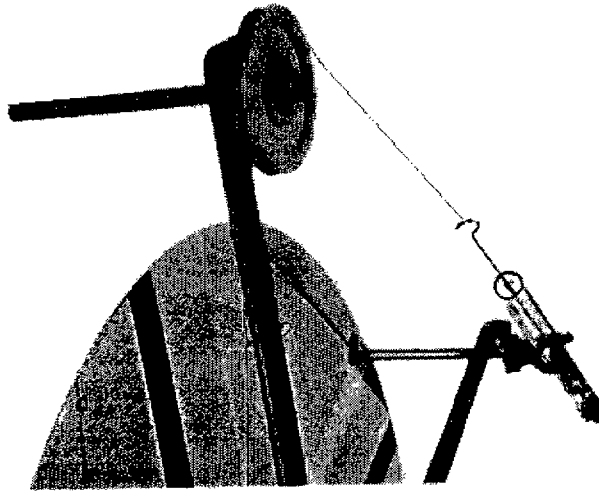
PRINCIPE DESCRIPTION

1. Ensemble corps mobile - échelle - bras, monté sur tige nickelée ($\varnothing$ 14 mm).

Le corps mobile de forme quelconque est une plaque en P.V.C. montée sur roulement très sensible. Elle est perforée sur toute sa surface de trous distants de 15 mm, suivant deux directions rectangulaires pouvant servir à repérer les coordonnées d'un trou. Il a été lesté de façon à ce que son centre de masse se trouve sur l'axe de rotation Δ (équilibre indifférent).

Un plateau métallique rectangulaire, orientable, à frottements gras, porte sur ses petits côtés deux graduations parallèles (80, 0,80) en mm. La ligne des zéros passe constamment par l'axe de rotation Δ , *cette échelle permet la mesure immédiate de d .*

Quatre bras métallique nickelés, fixés séparément sur une petite plaque carrée, pivotent, frottement gras, indépendamment les uns des autres. L'extrémité recourbée de ces bras est percée de 2 trous dans lesquels on peut introduire une tige de 6 mm de diamètre.



2. Poulies, $\varnothing$ 50 mm, à roulement très sensible, montées sur tige ($\varnothing$ 6 mm). En cas de voilage, réenclencher à la main le disque de P.V.C. sur la cage de roulement.

3. Dynamomètres 1 N et leurs clips montés sur tige ($\varnothing$ 6 mm). Placer le centre de masse du dynamomètre sur l'axe du clip.

4. Goujons très légers (masse < 1 dg) à planter dans les perforations de la plaque et à relier par des fils aux plateaux (masse 20 g) portant les surcharges (20 g chacune) ou aux dynamomètres.

On réalisera avec soin le parallélisme du fil qui matérialise la ligne d'action de la force $\vec{F}$ étudiée, avec :

- le plan de la plaque, en enfonçant plus ou moins la tige de la poulie ou du clip ;
- les traits de la graduation du plateau, orienté à cet effet lors de la mesure de la distance "d" de la ligne d'action de $\vec{F}$ à l'axe Δ . Diminuer les erreurs de parallaxe en enfonçant bien les goujons.

COMPOSITION DE L'ENSEMBLE 322 014

- 1 ensemble mobile - échelle - bras.
- 4 poulies avec 4 goujons et 4 fils.
- 4 dynamomètres 1 N avec 4 clips, 4 goujons et 4 fils.
- 4 plateaux porte surcharges et 12 surcharges de 20 g chacune.

Important : les roulements à billes sont utilisés secs pour réduire les frottements. Ne pas les huiler.

ACCESSOIRES COMPLEMENTAIRES

- 1 support universel (701 030 ou 701 031) et une noix de serrage (703 245) pour fixer l'axe de l'appareil horizontalement.
- 1 boîte de masses marquées à crochet (703 016) totalisant 550 g.

ACCESSOIRES DE RECHANGE

- Poulies 323017
- Dynamomètres 322049
- Lot 6 jeux de fils et goujons 323 021
- Figure quelconque 323 023
- Lot 4 axes pour dynamomètres 323 022

MANIPULATIONS

I MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE

a. Notion de moment

La plaque étant en équilibre indifférent, constater en plaçant un objet très léger (par exemple un petit morceau d'allumette de 15 mm dans une de ses perforations que l'équilibre n'est pas modifié (à cause des frottements inévitables) si le trou est voisin de l'axe, tandis que la plaque tourne si le trou utilisé est plus excentré.

Opérer avec différentes lignes de trous (horizontale, oblique, verticale) pour montrer que l'action d'une force, dans la rotation d'un solide mobile autour d'un axe Δ dépend de la distance "d" de son support à Δ , et non pas de la distance axe-point d'application de la force.

Vérifier que, quelle que soit l'intensité de la force, celle-ci ne modifie pas l'équilibre de la plaque si sa ligne d'action rencontre l'axe $d = 0$.

b. Expression du moment

Lester la plaque. (Appliquer une force $\vec{F}$ à un goujon quelconque).

exemple :

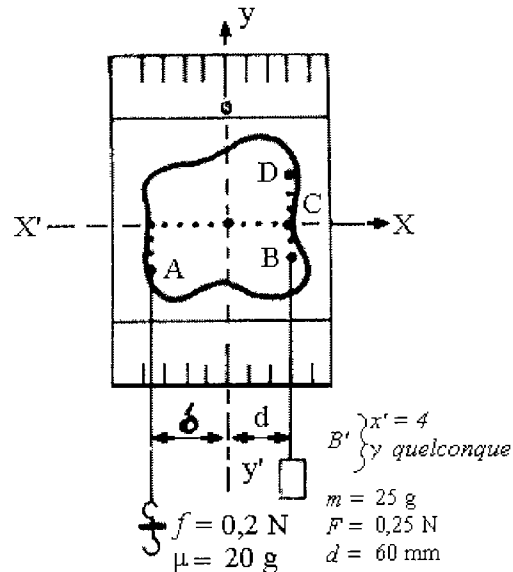
$\mu = 0,20 \text{ N}$;

A (X = - 5, Y = - 3).

Par l'intermédiaire d'un deuxième goujon B, appliquer une force $\vec{F}$. Une fois la plaque immobile, repérer sa position d'équilibre par la valeur de δ . Mesurer la distance d.

Si la direction de la force $\vec{F}$ rencontre plusieurs trous B, C... montrer que, la force gardant même intensité et même direction, le déplacement du goujon de B en C... ne modifie pas l'équilibre (expérience facile avec une force oblique).

Donner d'autres positions, quelconques, au goujon B et modifier l'intensité ou la direction de la force (ou les deux) pour retrouver le même équilibre : montrer que les produits $F \cdot d$ sont constants et caractérisent l'action d'une force dans l'équilibre de la plaque mobile autour de l'axe.



II - THEOREME DES MOMENTS

a. Addition des moments

Plaque lestée : même goujon A, même force $\vec{f}$,
même équilibre (même δ que précédemment).

Faire intervenir simultanément deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ par l'intermédiaire de deux goujons B_1 et B_2 . Mesurer les distances d_1 et d_2 .

En tenant compte de la convention de signe, évaluer les moments :

$$\begin{aligned} M_1 &= F_1 \cdot d_1 & \text{force } F_1 ; \\ M_2 &= F_2 \cdot d_2 & \text{force } F_2 ; \end{aligned}$$

comparer la somme $M_1 + M_2$ à la valeur du produit $M = F \cdot d$ de l'expérience précédente.
Réaliser plusieurs combinaisons de forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ correspondant au même équilibre de la plaque, les moments M_1 et M_2 étant de même signe ou de signes contraires.

b. Condition d'équilibre de la plaque

Faire l'inventaire des forces appliquées à la plaque en tenant compte de la force f . Calculer son moment $M' = f \cdot \delta$.

$$\begin{aligned} \text{Vérifier que : } & M' = -M ; \\ \text{soit : } & M + M' = 0 ; \\ \text{ou encore } & M' + M_1 + M_2 = 0. \end{aligned}$$

Généraliser le résultat précédent, énoncer le théorème des moments.

Dans les deux cas la ligne de trous xx' est horizontale : même position d'équilibre pour la plaque (même valeur de $\delta = 75 \text{ mm}$)

III COUPLE

Pour cette étude, lester la plaque et conserver le même équilibre : même goujon , même masse μ , même valeur de δ .

a. Bras de levier du couple (figure 3)

Appliquer avec un goujon B_1 une force $\vec{F}_1$ telle qu'à l'équilibre le support de $\vec{F}_1$ soit parallèle à l'une des lignes de perforations, soit YY' .

Choisir un trou B_2 de la ligne YY' passant par l'axe de rotation Δ , y planter un goujon et appliquer une force $\vec{F}_2$ parallèle à $\vec{F}_1$ de même intensité mais de sens contraire (Assurer le parallélisme des fils correspondant à $\vec{F}_1$ et à $\vec{F}_2$ avec les graduations du plateau orientable.)

L'équilibre n'est pas modifié puisque $d_2 = 0$. Il est conservé quand, $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ restant parallèles et de même intensité, le bras de levier du couple, D , reste constant, par exemple :

- $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ restant parallèles à YY' , déplacer B_1 et B_2 d'un même nombre de trous dans la direction XX' et dans le même sens ;
- si la direction commune devient parallèle à XX' , conserver B_1 la position de B_2 est facilement trouvée.

b. Expression du couple

Appliquer successivement les couples, de directions quelconques :

F_1, F_2	bras de levier D
F'_1, F'_2	bras de levier D'

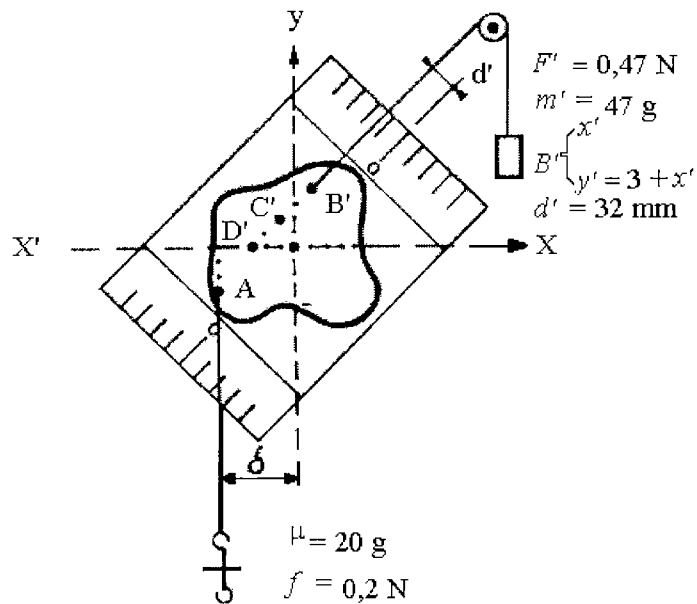


Fig. 2

Vérifier que :

$$F_1 \cdot D = F'_1 \cdot D' = C$$

Ces produits représentent les moments respectifs des couples appliqués, puisque ce moment se réduit au moment de l'une des forces quand le support de l'autre rencontre l'axe.

c. Addition de couples

Appliquer simultanément deux couples et vérifier que la somme de leurs moments est égale à C.

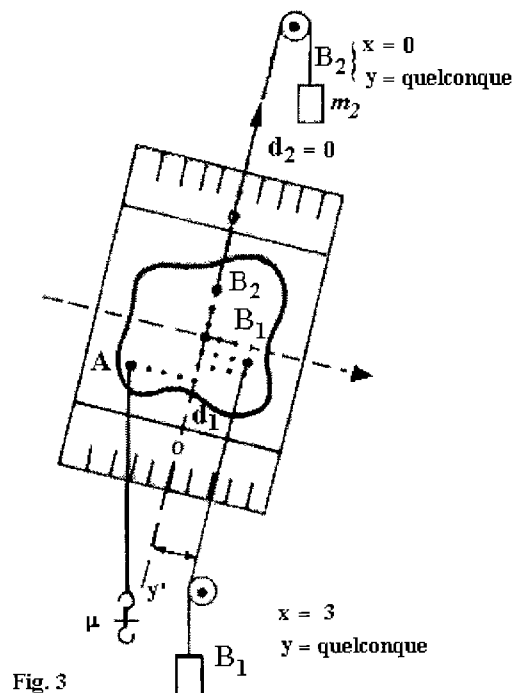


Fig. 3

d. Généralisation du théorème des moments

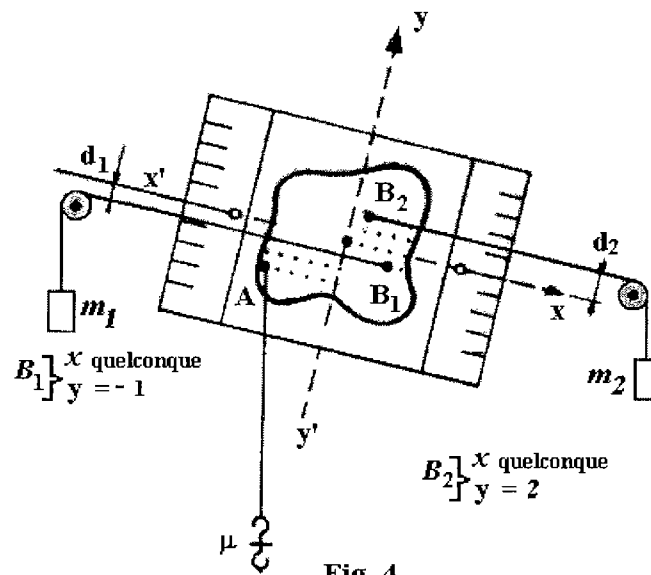


Fig. 4

$$A \begin{cases} x = -4 \\ y = -3 \end{cases}$$

$$\mu = 30 \text{ g}$$

$$\delta = 63 \text{ mm}$$

$$m_1 = m_2 = 42 \text{ g}$$

$$d_1 = 45 \text{ mm} \quad d_2 = 0 \quad \{$$

$$d_1 = -15 \text{ mm} \quad d_2 = 30 \text{ mm} \quad \{ D = |d_1 - d_2| = 45 \text{ mm}$$

Dans les deux cas, même équilibre pour la plaque.

IV PRECISION DES MESURES

Les incertitudes sont de l'ordre de :

1 dg sur la valeur des masses (goujon, frottements) ;

5 % sur la valeur des forces mesurées avec des dynamomètres ;

0,5 mm sur la mesure des longueurs d , D

d'où une précision de l'ordre de 2 à 3 % sur la valeur du moment d'un poids, et de l'ordre de 6 % dans le cas d'un dynamomètre.