MECANIQUE
BACCALAUREAT PROFESSIONNEL
FORMATION METHODOLOGIQUE DE BASE

COFFRET "MECANIQUE BAC PRO" **Réf : 322 458**

Nouveaux programmes de Sciences Physiques aux baccalauréats professionnels

Formation méthodologique de base :

Recueil d'expériences
en mécanique

9810

SOMMAIRE

AVANT PROPOS Page 2
Fiche matériel Page 3

RECUEIL D'EXPERIENCES EN MECANIQUE

I - PLAN INCLINE Page 5

I - 1. Réalisation de l'équilibre d'un système
Fiche professeur Page 7
Fiche élève Page 9
Fiche aide Page 15
Fiche correction Page 17

I - 2. Etude des facteurs d'adhérence et de frottement
Fiche professeur Page 19
Fiche élève Page 21
Fiche aide Page 25
Fiche correction Page 27

II - MOMENTS DES FORCES Page 29

II - 1.Etude des leviers industriels Page 30
Conditions d'équilibre d'un solide :
Etude expérimentale du théorème des moments
Fiche professeur Page 31
Fiche élève page 33
Fiche aide Page 39
Fiche correction Page 43

III - ANNEXES
Notice : Plan incliné Réf : 322 046
Notice : Moment des forces Réf : 322 014

Avant propos

Les épreuves de Mathématiques - Sciences Physiques proposées en juin 1998 aux élèves des différents baccalauréats professionnels présenteront :

- une nouveauté : une épreuve expérimentale
- une particularité : cette épreuve expérimentale sera commune aux différentes spécialités

Le B.O. n° 11 du 15 juin 1995 expose les nouveautés de ces programmes.

Ce recueil d'expériences propose quelques fiches de manipulations dans le domaine de la mécanique.

Chaque fiche de T.P. comprend :

- une fiche matériel

- une fiche destinée au professeur où sont explicités les objectifs de la manipulation, extraits du B.O. n°11 du 15 juin 1995

- une fiche élève où sont détaillés les objectifs spécifiques de la manipulation ainsi que les différentes étapes du travail demandé

- des fiches d'aide qui insistent sur l'utilisation et le réglage des différents appareils utilisés lors des manipulations

- une fiche correction, qui ne constitue qu'un exemple, les résultats étant précisés par les réglages effectués pour obtenir les résultats expérimentaux

Fiche matériel

***CHAMP D'APPLICATION** : Mécanique*

n° manipulation : Matériel :	1	2	3
• Plan incliné (Réf. 322 046) • Boîte de masses à crochets (Réf. 703 016) • Lot de 10 masses de 1 g (Réf. 703 200) • Surfaces de frottement (Réf. 322 435) • Noix de serrage (Réf. 703 245) • Dynamomètre de T.P. (Réf. 322 050) • Appareil moment des forces (Réf. 322 014) Matériel complémentaire : • Support avec tige (Réf. 701 030)			

I - PLAN INCLINE

I - 1 Réalisation de l'équilibre d'un système

I - 2 Etude des facteurs d'adhérence et de frottement

I - 1. Plan incliné
Réalisation de l'équilibre d'un système

Fiche professeur

❶ **OBJECTIFS** : La manipulation proposée permet de vérifier :

① les savoir-faire expérimentaux suivants :

- réaliser un montage expérimental à partir d'un schéma
- exécuter un protocole expérimental
- utiliser un dynamomètre en respectant son domaine d'utilisation

② les savoir-faire théoriques suivants :

- étudier l'équilibre d'un système soumis à trois forces
- déterminer les caractéristiques d'une force connaissant les caractéristiques des deux autres forces
- rendre compte d'observations

❷ **MANIPULATION :**

① Etude du problème posé et observation du schéma du montage

② Réalisation du montage du chariot en équilibre sur un plan incliné à 25°

③ Détermination graphique des caractéristiques de $\vec{R}$

④ Réalisation du montage avec un dynamomètre pour la mesure de $\vec{R}$

❸ **CONSEIL :**

Le professeur doit conseiller à l'élève, avant qu'il ne réalise la manipulation, de lire **attentivement** la remarque ③ ainsi que la fiche d'aide.

Fiche élève

❶ OBJECTIFS :

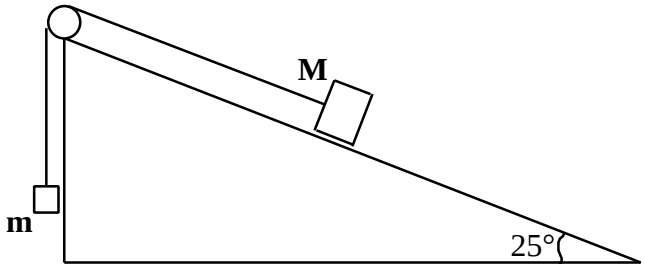
① Etude de l'équilibre d'un système soumis à trois forces.

② Détermination des caractéristiques d'une force connaissant les caractéristiques des deux autres.

③ Mesurer l'intensité d'une force

❷ PROBLEME :

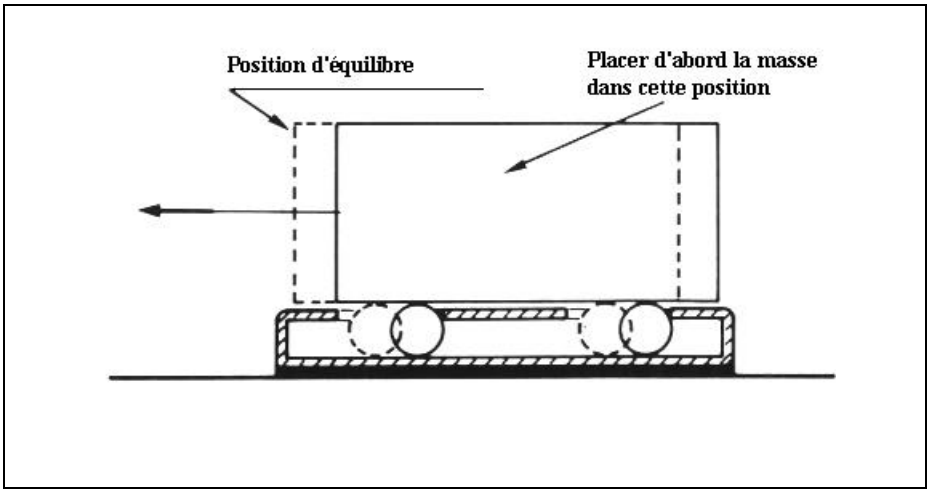
Un chariot de masse M = 800 g est en équilibre sur un plan incliné à 25° :



Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques de la réaction (notée $\vec{R}$) du plan incliné sur le chariot. Pour cela, on détermine, à l'aide des masses à crochets, la masse **m** nécessaire pour réaliser l'équilibre du chariot.

❸ REMARQUE :

Le chariot est posé sur une cage à billes montée sur une semelle aimantée. Pour avoir les trois billes centrées dans leur logement, il est conseillé d'opérer en deux étapes : d'abord laisser rouler les billes au fond des logements puis placer le chariot et le remonter. Remonter ensuite le chariot à l'aide de la tresse jusqu'à ce que les billes soient centrées. Si l'équilibre est correct, le chariot doit rester immobile (voir le schéma en page suivante).



❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Nommer les forces agissant sur le chariot (voir la fiche Aide) :

.....

.....

.....

② Mesurer l'intensité *P* du poids du chariot en précisant l'instrument de mesure utilisé :

.....

.....

.....

.....

③ Vérifier, par le calcul, la mesure réalisée à la question précédente :

.....

.....

.....

④ Réaliser le montage (puis le faire vérifier).

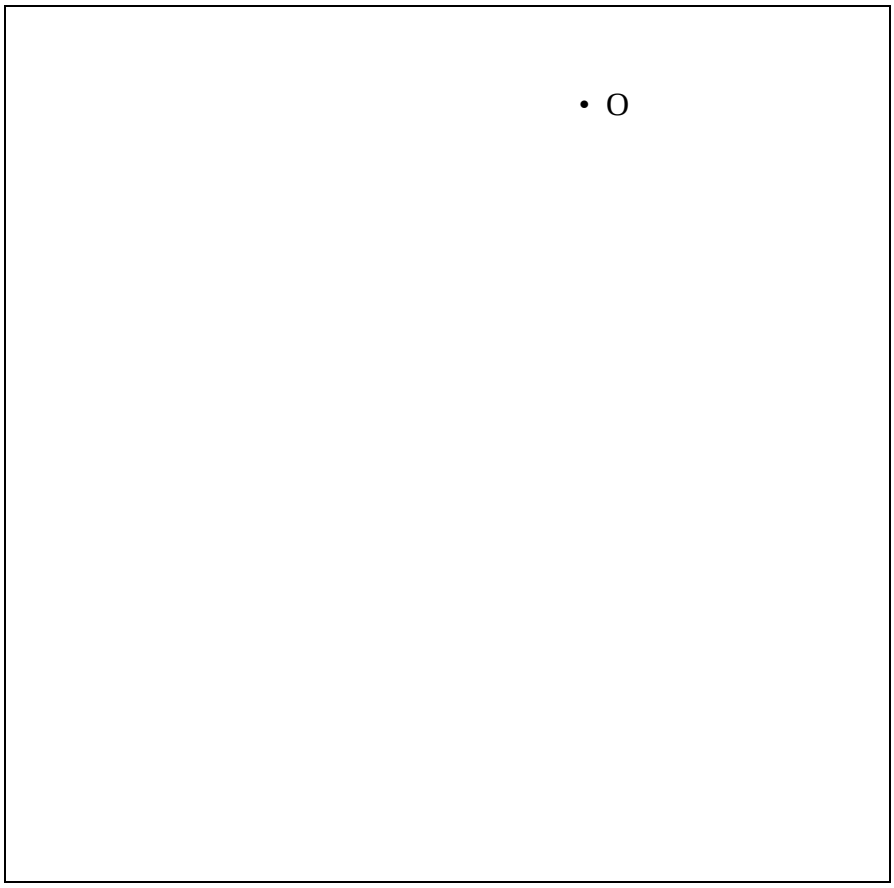
⑤ Faire un schéma de l'expérience en y indiquant les forces agissant sur le chariot :

⑥ Compléter les deux premières lignes du tableau des caractéristiques :

Force	Nature (☺)	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité (N)

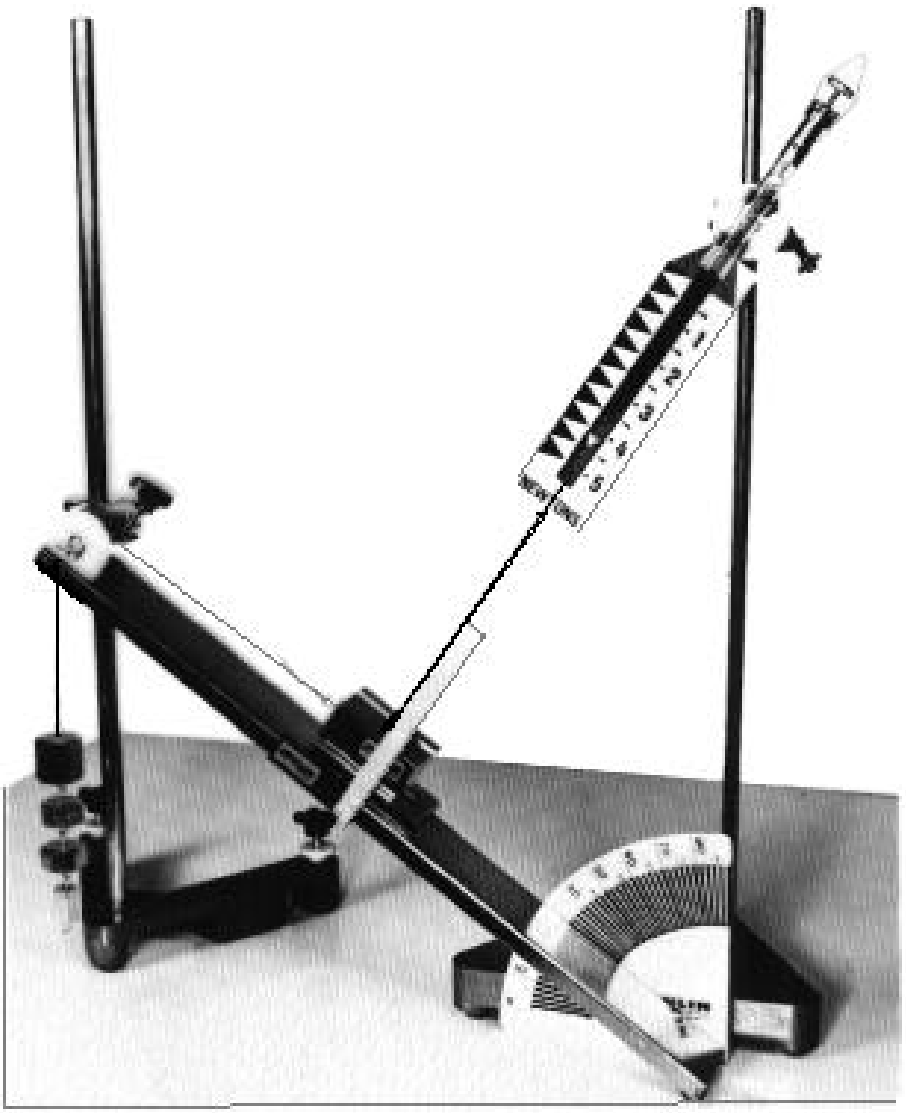
☺ *Voir la fiche d'aide*

⑦ En observant attentivement le montage expérimental et en respectant les directions des forces, tracer, à partir du point O, le dynamique des forces :



⑧ A l'aide du dynamique des forces, déterminer les caractéristiques de la réaction $\vec{R}$ du plan puis, d'une couleur différente, les reporter dans le tableau des caractéristiques (voir page précédente).

⑨ ▪ Observer et réaliser attentivement le schéma de montage suivant :



▪ Mesurer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ et la comparer avec la valeur obtenue graphiquement à la question ⑧ :

.....

.....

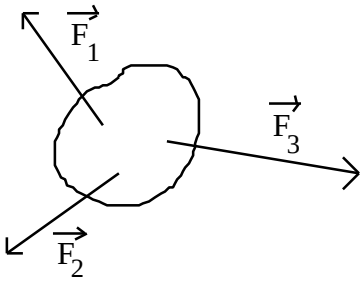
.....

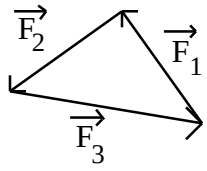
.....

FICHE AIDE

❶ <u>Condition d'équilibre d'un solide soumis à trois forces</u> :

Lorsqu'un solide soumis à trois forces concourantes et coplanaires est en équilibre, la **somme vectorielle** des forces est nulle :





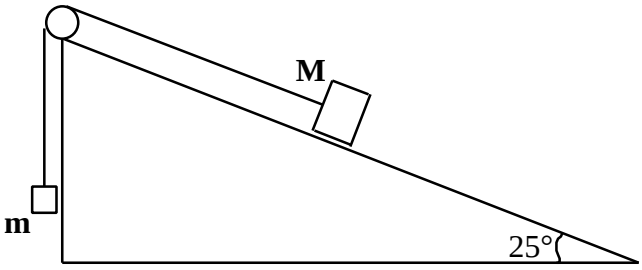
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

❷ Nature d'une force :
Une force peut être exercée :

- à distance (exemple : force due à l'attraction de la Terre)
- au contact (exemple : réaction d'un plan)

❸ Toute surface plane sur laquelle est posée un objet de masse non négligeable exerce une force appelée réaction du plan (notée $\vec{R}$). Cette force est perpendiculaire à la surface.

❹



L'intensité de la tension du fil appliquée au chariot de masse **M** est égale à l'intensité du poids des masses **m** accrochées pour réaliser l'équilibre.

Fiche correction

❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Forces agissant sur le chariot :

Le poids du chariot : $\vec{P}$

La tension du fil : $\vec{T}$

La réaction du plan : $\vec{R}$

② Mesure de l'intensité P du poids du chariot à l'aide du dynamomètre :

P = 8 N

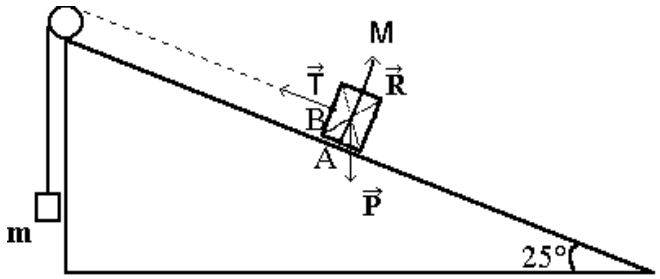
③ Vérification par le calcul :

P = M ´ g *où g est l'intensité de la pesanteur (g = 10)*

P = 0,800 ´ 10

P = 8 N

⑤ Schéma de l'expérience :



⑥ Tableau des caractéristiques :

Force	Nature	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité (N)
$\vec{P}$	*Distance*	*Centre de gravité G*	|	↓	8
$\vec{T}$	*Contact*	*B*	\	↖	3,9 (☺)

☺ *Pour réaliser l'équilibre, on a dû accrocher les masses marquées suivantes :*

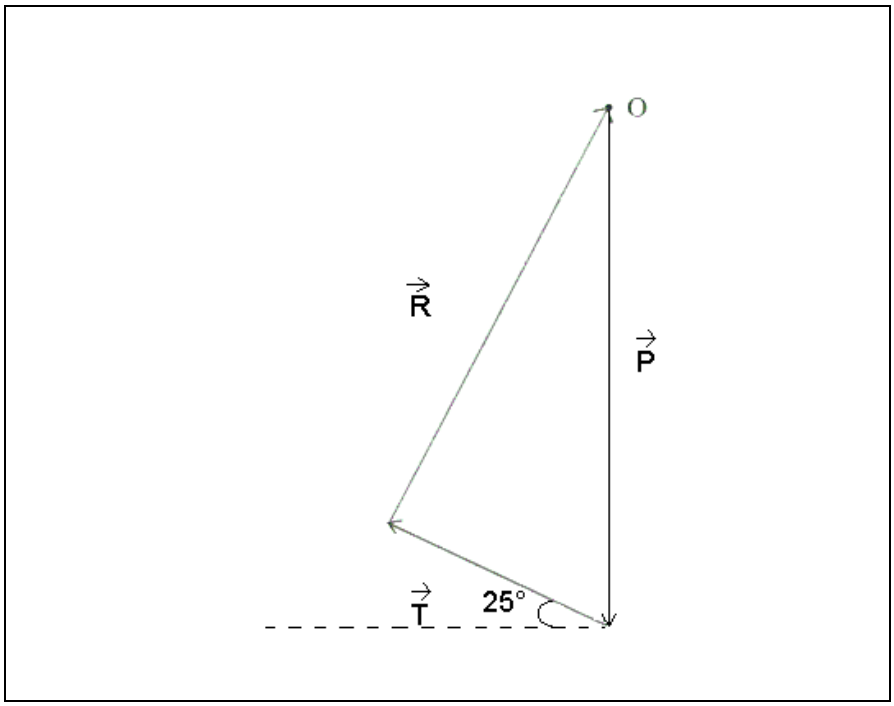
m = 0,390 g

La mesure du poids correspondant, à l'aide du dynamomètre, indique : 3,9 N

(on peut également utiliser la relation P = M ´ g)

On rappelle que l'intensité de la tension du fil est égale à l'intensité du poids correspondant aux masses marquées accrochées pour réaliser l'équilibre.

⑦ Dynamique des forces :



⑧ Caractéristiques de la réaction $\vec{R}$ (à l'aide d'un dynamomètre 10 N)

Force	Nature	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité (N)
$\vec{P}$	*Distance*	*Centre de gravité G*	|	↓	8
$\vec{T}$	*Contact*	*B*	⟍	↖	3,9 (☺)
$\vec{R}$	*Contact*	*A*	/	↗	*7,3*

⑨ Mesure de l'intensité de $\vec{R}$: (à l'aide d'un dynamomètre 10 N)

R » 7,3 N

Cette valeur est sensiblement égale à celle obtenue graphiquement à la question ⑧ .

I - 2 Plan incliné : étude des facteurs d'adhérence et de frottement

Fiche professeur

❶ **OBJECTIFS** : La manipulation proposée permet de vérifier :

① les savoir-faire expérimentaux suivants :

- réaliser un montage expérimental à partir d'un schéma
- exécuter un protocole expérimental
- utiliser un dynamomètre en respectant son domaine d'utilisation

② les savoir-faire théoriques suivants :

- étudier les facteurs d'adhérence et de frottement
- rendre compte d'observations

❷ **MANIPULATION :**

① Réalisation de l'équilibre avec le support à billes

② Réalisation d'un deuxième équilibre avec une surface de frottement : le plastique

③ Détermination de la force de frottement et calcul du coefficient d'adhérence f_0.

④ Réalisation d'un troisième équilibre avec une autre surface de frottement : la feutrine et comparaison des forces de frottement f_0.

❸ **CONSEIL :**

Le professeur doit conseiller à l'élève, avant qu'il ne réalise la manipulation, de lire **attentivement** les remarques ③ ainsi que la fiche d'aide.

Fiche élève

❶ OBJECTIFS :

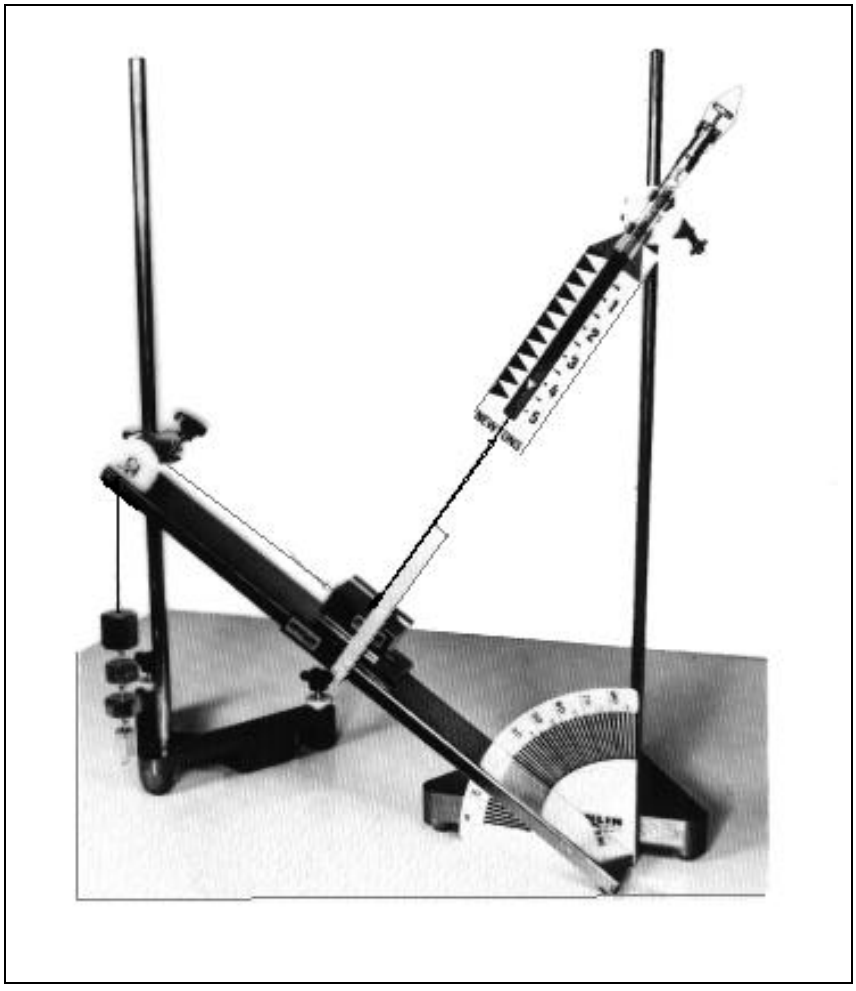
① Déterminer expérimentalement la force de frottement

② Calculer le facteur d'adhérence en fonction de l'état de surface

③ Mesurer l'intensité d'une force

❷ PROBLEME :

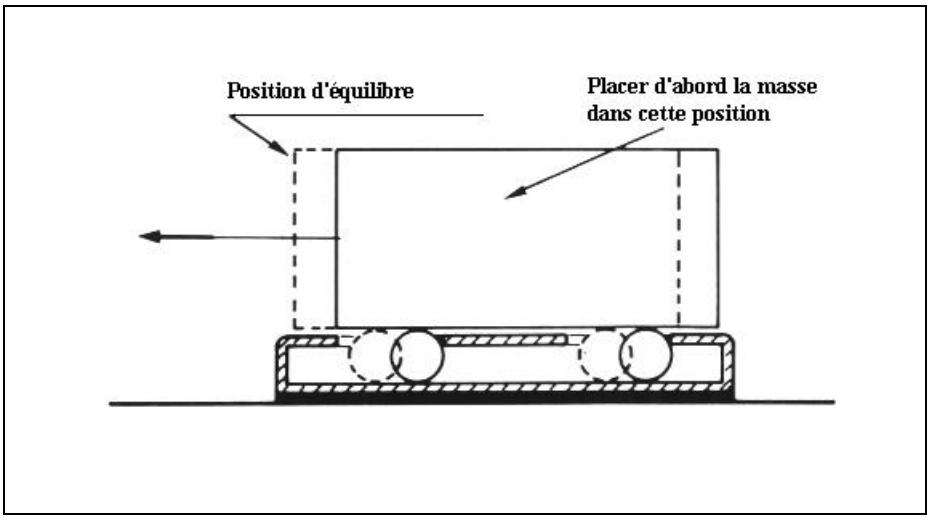
Sur la photographie ci-dessous, le chariot repose sur la cage à billes. Dans ce cas, il n'est soumis à aucune force de frottement.



Le but de cette activité est d'étudier les facteurs d'adhérence et de frottement en remplaçant le support à billes par différentes surfaces de frottement.

❸ REMARQUES :

▪ Le chariot est posé sur une cage à billes montée sur une semelle aimantée. Pour avoir les trois billes centrées dans leur logement, il est conseillé d'opérer en deux étapes : d'abord laisser rouler les billes au fond des logements puis placer le chariot et le remonter. Remonter ensuite le chariot à l'aide de la tresse jusqu'à ce que les billes soient centrées. Si l'équilibre est correct, le chariot doit rester immobile :



▪ Il est important d'apporter une grande précision à la mesure de la masse **m** nécessaire à la réalisation de l'équilibre avec le support à billes (question ①) ainsi qu'à celle de l'intensité de la réaction $\vec{R}$ du plan : ces mesures seront utilisées pour les calculs des forces de frottement et des coefficients d'adhérence.

❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Le bloc métallique reposant sur le support à billes, réaliser l'équilibre de la page précédente à l'aide des masses à crochets (incliner le plan d'un angle de 25° par rapport à l'horizontale)

▪ Relever la masse **m** à crochets nécessaire à la réalisation de l'équilibre :

m = ...

▪ Mesurer l'intensité de la réaction du plan, que l'on notera R_N .

$\boldsymbol{R_N}$ = ...

② Remplacer le support à billes par une des surfaces de frottement : le plastique.
Réaliser l'équilibre en contrôlant, à l'aide du curseur équerre, le sens du déplacement du bloc métallique.
(Pour l'utilisation de l'équerre, voir la fiche d'aide)

③ ▪ Mesurer la masse **m'** nécessaire à la réalisation de l'équilibre avec le plastique.

m' = ...

▪ Mesurer l'intensité de la réaction $\boldsymbol{R_N}$ du plan :

$\boldsymbol{R_N}$ = ...

④ A l'aide des résultats précédents :

▪ déduire la force de frottement, que l'on notera $\boldsymbol{R_T}$ (voir la fiche d'aide) :

.....
.....
.....

▪ calculer le coefficient d'adhérence, que l'on notera f_0 (voir la fiche d'aide) :

.....
.....
.....

⑤ Reproduire l'expérience avec une autre surface de frottement : la feutrine

- masse **m'** nécessaire à la réalisation de l'équilibre :

- intensité de la réaction $\boldsymbol{R_N}$ du plan :

- force de frottement $\boldsymbol{R_T}$:

- coefficient d'adhérence f_0 :

⑥ Comparer les valeurs de $\boldsymbol{R_N}$ mesurées :

.....

.....

.....

⑦ Comparer les valeurs de f_0 calculées :

.....

.....

.....

FICHE AIDE

❶ Toute surface plane sur laquelle est posée un objet de masse non négligeable exerce une force appelée réaction du plan (notée $\vec{R}_N$). Cette force est perpendiculaire à la surface.

❷ L'intensité de la réaction du plan est constante, quelle que soit la nature de la surface de frottement.

❸ Intérêt du curseur équerre :
Deux mouvements sont possibles : le solide peut remonter ou descendre le plan incliné en fonction des masses à crochets ajoutées. Si, pour réaliser l'équilibre, vous avez choisi d'ajouter des masses jusqu'à stopper la descente du solide, il convient de réaliser l'équilibre de la même façon à chaque mesure afin d'obtenir des résultats reproductibles. Le curseur équerre (contenu dans la mallette) se révèle très pratique pour contrôler le sens de déplacement à l'équilibre.

❹ Calcul de l'intensité de la force de frottement :
L'intensité de la force de frottement se détermine de la façon suivante :

① mesurer la masse **m'** nécessaire à la réalisation de l'équilibre avec la surface de frottement
② calculer la différence **m - m'** , **m** étant la masse nécessaire à la réalisation de l'équilibre pour le chariot reposant sur le support à billes
③ Calculer l'intensité de la force de frottement : $\mathbf{R_T = (m - m') \times g}$

❺ Calcul du coefficient d'adhérence :
Le coefficient d'adhérence, noté f_0, est donné par la relation :

$$f_0 = \frac{R_T}{R_N}$$

Fiche correction

❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Equilibre réalisé avec le support à billes :

- Masse **m** nécessaire à l'équilibre : $\boldsymbol{m} = 390\ g$
- Mesure de l'intensité de la réaction du plan : $\boldsymbol{R_N} = 7{,}2$ N

③ Equilibre réalisé avec la feutrine:

- Masse **m'** nécessaire à l'équilibre : $\boldsymbol{m'} = 300\ g$
- Mesure de l'intensité de la réaction du plan : $\boldsymbol{R_N} = 7{,}2$ N

④ ▪ Force de frottement : $\mathbf{m - m'} = 390 - 300 = 90$g

$\boldsymbol{R_T} = 0{,}090 \times 10$ d'où $\boldsymbol{R_T} = 0{,}9$ N

▪ Coefficient d'adhérence :

$$f_0 = \frac{0{,}9}{7{,}2} \quad \text{soit} \quad f_0 = 0{,}125$$

⑤ Equilibre réalisé avec le plastique :

- Masse **m'** nécessaire à l'équilibre : $\boldsymbol{m'} = 220\ g$
- Mesure de l'intensité de la réaction du plan : $\boldsymbol{R_N} = 7{,}2$ N

▪ Force de frottement :

$\mathbf{m - m'} = 390 - 220$

$= 170$ g

$\boldsymbol{R_T} = 0{,}170 \times 10$ d'où $\boldsymbol{R_T} = 1{,}7$ N

▪ Coefficient d'adhérence :

$$f_0 = \frac{1{,}7}{7{,}2} \quad \text{soit} \quad f_0 \approx 0{,}236$$

⑥ Comparaison des valeurs de R_N mesurées :

L'intensité de la réaction du plan est la même quelle que soit la surface de frottement

⑦ Comparaison des valeurs de f_0 calculées :

Le coefficient d'adhérence est plus élevé pour la feutrine que pour la feutrine :

II - MOMENT DES FORCES

II - 1 Etude des leviers industriels

Condition d'équilibre d'un solide : étude expérimentale du théorème des moments

Fiche professeur

❶ **OBJECTIFS** : La manipulation proposée permet de vérifier :

① les savoir-faire expérimentaux suivants :

- réaliser un montage expérimental à partir d'un schéma
- exécuter un protocole expérimental
- utiliser un dynamomètre en respectant son domaine d'utilisation

② les savoir-faire théoriques suivants :

- calculer le moment d'une force par rapport à un axe
- étudier l'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe
- rendre compte d'observations

❷ **MANIPULATION :**

① Etude du problème posé

② Observation et réalisation du montage expérimental

③ Calculs des moments des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ et conclusion.

④ Retour au problème posé et conclusion

❸ **CONSEIL :**

Le professeur doit conseiller à l'élève, avant qu'il ne réalise la manipulation, de lire **attentivement** la remarque ③ ainsi que la fiche d'aide.

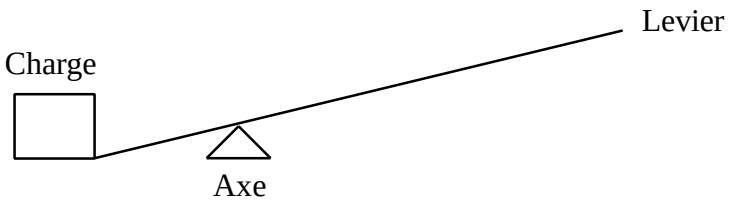
Fiche élève

❶ OBJECTIFS :

① Calculer le moment d'une force
② Etudier l'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe.

❷ PROBLEME :

On peut utiliser un levier pour soulever une lourde charge de masse M = 50 kg. Pour cela, il faut placer une cale qui sera l'axe de rotation du levier, comme sur le schéma suivant :



❸ REMARQUES :

① L'équilibre de la plaque est réalisé à l'aide des masses marquées.

② Il est important de réaliser cet équilibre avec le plus grand soin, notamment dans le choix des masses marquées m_1 et m_2.

❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Etude du problème posé :

▪ Nommer les forces agissant sur la charge :

.....

.....

.....

▪ Faire vérifier cette réponse par votre professeur.

▪ La manipulation suivante va permettre de modéliser ce problème posé par le levier.

② Manipulation :

▪ Placer deux goujons aux positions suivantes :

(x = -5 ; y = -3) et (x = +2 ; y = -3)

▪ Accrocher un plateau porte-charge à l'extrémité de chacun des deux fils.

▪ A l'aide des masses marquées, appliquer deux forces d'intensités F_1 et F_2 telles que la plaque soit **en équilibre**.

③ Mesurer l'intensité de chacune des forces en précisant l'instrument de mesure utilisé :

.....

.....

.....

.....

▪ Vérifier, par le calcul, la mesure réalisée à la question précédente :

.....

.....

.....

④ Mesurer les distances d_1 et d_2 de l'axe de rotation de la plaque à la droite d'action de chacune des deux forces (voir la fiche d'aide n°1) :

.....

.....

⑤ Le sens trigonométrique étant choisi comme sens positif de rotation, calculer les moments des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ par rapport à l'axe de rotation (voir la fiche d'aide n°2) :

.....

.....

.....

.....

.....

⑥ Calculer la somme algébrique des moments des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ par rapport à l'axe de rotation de la plaque :

.....

.....

⑦ Comment sont les droites d'action des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$?

.....

.....

⑧ Quelle conclusion pouvez-vous énoncer à partir de cette manipulation ?

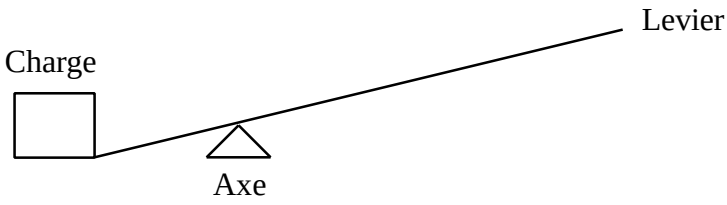
.....

.....

Avant le retour au problème posé, faites corriger le compte-rendu de cette manipulation par votre professeur.

⑨ Retour au problème posé :

▪ En vous aidant de la réponse à la question ⑦, schématiser ci-dessous les forces agissant sur la charge :



▪ Sachant que le levier a une longueur totale de 1 m et que la cale est placée à 20 cm d'une de ses extrémités, calculer le moment du poids de la charge par rapport à l'axe de rotation du levier (voir la fiche d'aide n°2) :

☺ Le sens trigonométrique sera choisi comme sens positif de rotation.

.....

.....

▪ En vous aidant de la conclusion de la manipulation (voir ⑧), expliquer comment doit être le moment de la force exercée par l'homme pour soulever la caisse :

.....

.....

▪ Calculer la force minimale que doit exercer l'homme :

• lorsque le point d'application de la force est exactement à mi-chemin entre l'axe et le bout du levier :

.....

.....

• lorsque le point d'application de la force est exactement à l'extrémité du levier :

.....

.....

▪ Quelle conclusion pouvez-vous en tirer sur l'intérêt du levier ?

.....

.....

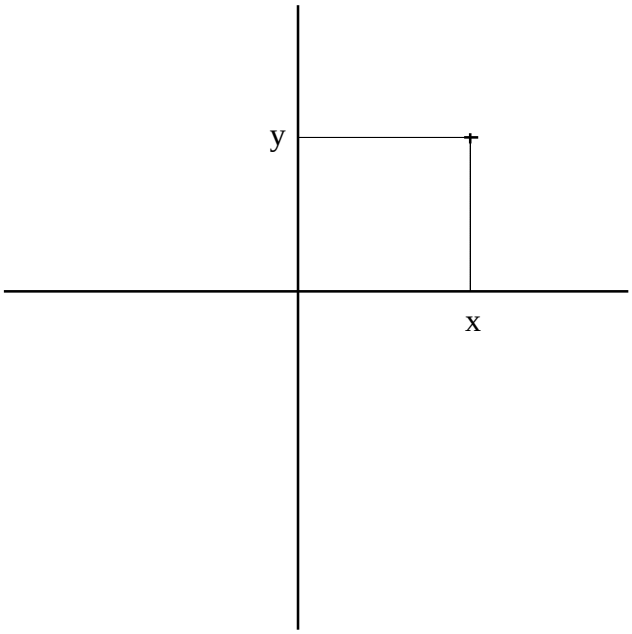
FICHE AIDE n°1
Description de l'appareil
des moments

❶ Ensemble corps mobile - échelle - bras :

Le corps mobile de forme quelconque est une plaque en PVC.
Cette plaque 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.
Le centre de gravité de la plaque se trouve sur l'axe de rotation.

❷ 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.

❸ Repérage d'un point :



FICHE AIDE n°2
Moment d'une force

❶ Le produit F × d est appelé moment de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe de rotation de ce solide.

- Notation : M_D ($\vec{F}$)
- Unité : N.m

❷ d est la distance de la droite d'action de la force $\vec{F}$ à l'axe de rotation.

❸ Le moment d'une force est une grandeur algébrique : il est précédé d'un signe positif ou négatif selon le choix du sens positif de rotation.

❹ Une force ne provoque pas de rotation du solide autour de son axe si :

- sa droite d'action est parallèle à l'axe de rotation
- sa droite d'action coupe l'axe de rotation

Fiche correction

❹ TRAVAIL DEMANDE :

① Etude du problème posé :

▪ Forces agissant sur la charge :

Le poids de la charge : $\vec{P}$

La force exercée par l'homme : $\vec{F}$

② Manipulation :

L'équilibre de la plaque est réalisé avec les masses suivantes :

• *position de la masse* m_1 *:* ($x = -5$; $y = -3$)

$m_1 = 40\ g$ *soit* $m_1 = 0{,}04\ kg$

• *position de la masse* m_2 *:* ($x = +2$; $y = -3$)

$m_2 = 100\ g$ *soit* $m_2 = 0{,}1\ kg$

③ Mesures de l'intensité de chacune des deux forces du poids du chariot :

$F_1 = 0{,}4\ N$
$F_2 = 1\ N$

③ Vérification par le calcul :

$F_1 = m_1 \times g$ *où g est l'intensité de la pesanteur* ($g = 10$)
$F_1 = 0{,}04 \times 10$
$F_1 = 0{,}4\ N$

$F_2 = m_2 \times g$
$F_2 = 0{,}1 \times 10$
$F_2 = 1\ N$

④ Mesures des distances d_1 et d_2 de l'axe de rotation de la plaque à la droite d'action de chacune des deux forces :

$d_1 = 75\ mm$ soit $d_1 = 0{,}075\ m$
$d_2 = 30\ mm$ soit $d_2 = 0{,}03\ m$

⑤ Moments des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ par rapport à l'axe de rotation :

$M_{axe}(\vec{F}_1) = F_1 \times d_1$
$M_{axe}(\vec{F}_1) = + 0{,}4 \times 0{,}075$
$M_{axe}(\vec{F}_1) = + 0{,}03\ N.m$

(La force $\vec{F}_1$ a tendance à faire tourner la plaque dans le sens trigonométrique)

$M_{axe}(\vec{F}_2) = F_2 \times d_2$
$M_{axe}(\vec{F}_2) = - 1 \times 0{,}03$
$M_{axe}(\vec{F}_2) = - 0{,}03\ N.m$

(La force $\vec{F}_2$ a tendance à faire tourner la plaque dans le sens inverse du sens trigonométrique)

⑥ Somme algébrique des moments des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ par rapport à l'axe de rotation de la plaque :

$M_{axe}(\vec{F}_1) + M_{axe}(\vec{F}_2) = + 0{,}03 + (-0{,}03)$
$M_{axe}(\vec{F}_1) + M_{axe}(\vec{F}_2) = 0$

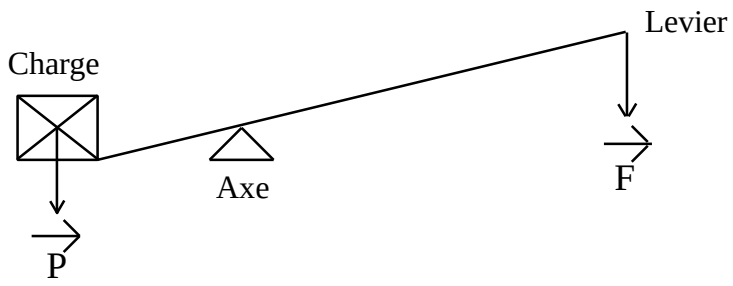
⑦ *Les droites d'action des deux forces sont* ***parallèles***.

⑧ Quelle conclusion pouvez-vous énoncer à partir de cette manipulation ?

La somme des moments des forces faisant tourner la plaque dans le sens positif est égale à la somme des moments des forces faisant tourner la plaque dans le sens négatif.

⑨ Retour au problème posé :

▪ Schéma des forces agissant sur la charge :



▪ Calcul du moment du poids de la charge par rapport à l'axe de rotation du levier :

☺ *Le sens trigonométrique sera choisi comme sens positif de rotation.*

$M_{axe}(\vec{P}) = P \times d$

- $M = 50\ kg$ *d'où* $P = M \times 10$
  $P = 50 \times 10$
  $P = 500\ N$
- $d = 0,2\ m$

$M_{axe}(\vec{P}) = 500 \times 0,2$
$M_{axe}(\vec{P}) = 100\ N.m$

▪ Moment de la force exercée par l'homme pour soulever la caisse :

Pour soulever la charge, le moment de la force exercée par l'homme doit être supérieur à 100 N.m

▪ Force minimale que doit exercer l'homme :

• lorsque le point d'application de la force est exactement à mi-chemin entre l'axe et le bout du levier :

$d = 0,4\ m$ *d'où* $F = \dfrac{100}{0,4}$

$F = 250\,N$

• lorsque le point d'application de la force est exactement à l'extrémité du levier :

$d = 0{,}8\ m$ *d'où* $F = \dfrac{100}{0{,}8}$

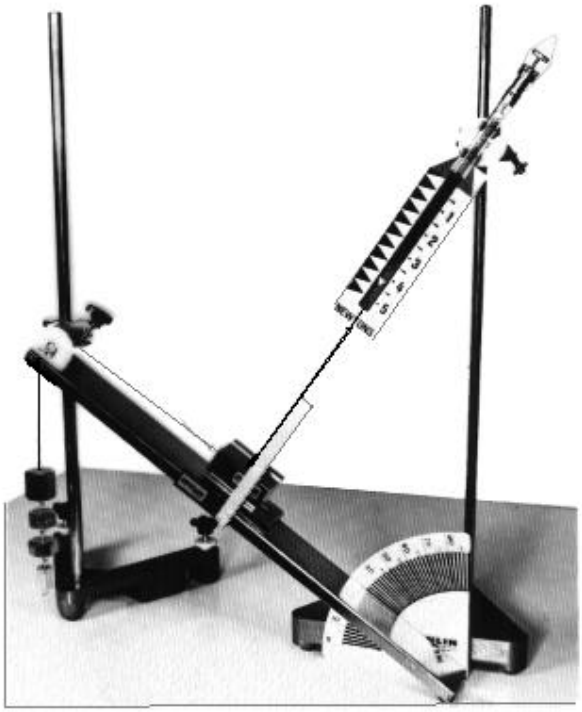
$$F = 125 N$$

▪ Quelle conclusion pouvez-vous en tirer sur l'intérêt du levier ?

Le levier permet de diminuer l'intensité de la force exercée par l'homme pour soulever la charge.

Forces appliquées à un solide en équilibre sur un plan incliné. Etude de la réaction d'un plan

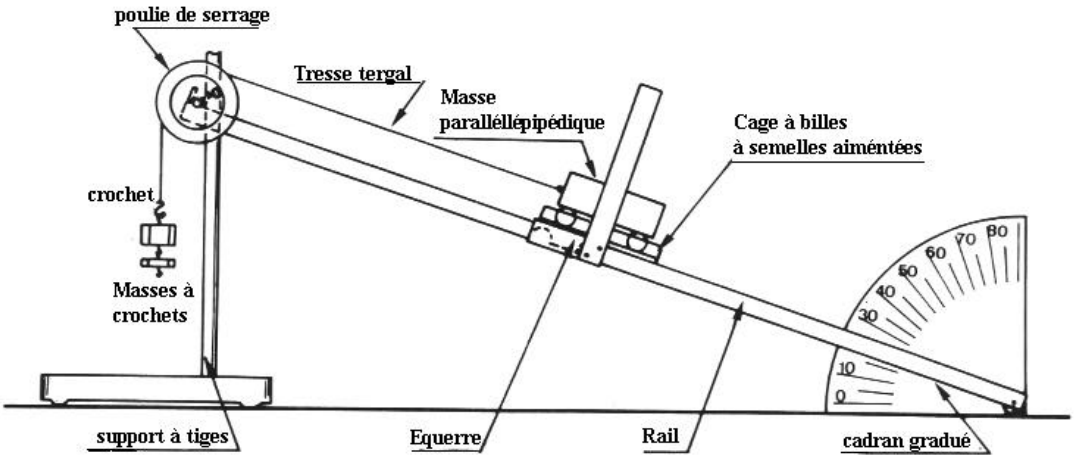
PLAN INCLINE STATIQUE **Réf. 322 046**



Montage simple réalisé avec 1 plan incliné, 1 dynamomètre de cours, 2 supports avec tiges, 2 noix de serrage, 1 boîte de masses à crochet.
Cet appareil permet de mesurer les forces appliquées à un mobile en équilibre sur un plan incliné : composante utile (parallèle au plan) et réaction normale du plan.

Cet appareil a été tout particulièrement étudié afin de pouvoir être utilisé aussi bien avec des masses à crochets que des dynamomètres "cours" ou "travaux pratiques".
Il a en outre l'avantage de permettre la mise en évidence de la réaction du plan, lorsqu'on mesure R. Le plan peut alors se soustraire sans supprimer l'équilibre.
- Vérification que :
$F = P \sin \alpha$
- Mesure de la réaction normale du plan
$R = P \cos \alpha$

7905



PRINCIPE DESCRIPTION

COMPOSITION

Il comprend :

- un rail acier de 600 x 60 mm, avec dispositif pour fixation d'une poulie ;

- une cage à billes (imperdables) montée sur semelle aimantée ;

- un secteur gradué s'adaptant sur le rail ;

- une équerre coulissante pour contrôler la perpendicularité du fil, lors de la mesure de R ;

- un chariot parallélépipédique, muni de 2 crochets ;

- deux poulies ∅ 50 mm, montées sur tige ;

- deux crochets et de la tresse tergal pour manipulation avec des masses à crochets.

ACCESSOIRES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES

Pour pouvoir effectuer le deux types de manipulations citées précédemment, on aura besoin de :
- Deux supports universels avec tige et noix de serrage (un pour la mesure de F et l'autre
pour la mesure de R) : 701 031 ou 701 030 et 703 245 : noix de serrage).
et, selon le cas, de :
- Masses à crochets 703 016 (ancienne référence B 117 F).
- Dynamomètres - TP 322 007.
- Dynamomètres cours 10 N : 322 013 : dynamomètre (10 newtons).

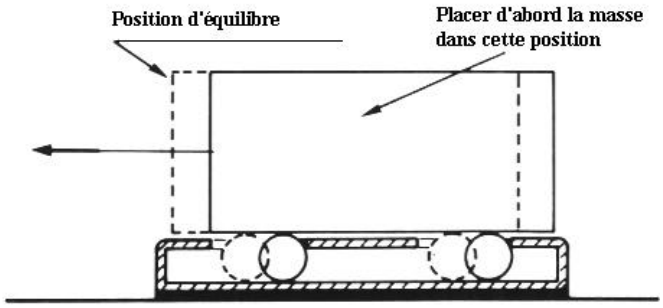
MISE EN SERVICE

Monter d'abord l'équerre coulissante le long du rail en l'engageant par une extrémité du rail (côté encoche) ; le ressort appuie alors sur la face inférieure du rail. Fixer une poulie dans le dispositif prévu à cet effet.

L'axe de cette poulie sert en même temps pour le maintien du plan incliné dans la position désirée.

Préparer un socle universel avec tige et noix. L'axe de la poulie prend place dans la gorge laissée libre de la noix.

Finir en montant le cadran gradué (la fiche banane se loge dans le rivet placé à l'arrière et à droite du rail) et disposer la cage à billes sur le rail.



MANIPULATIONS

I. MESURE DE LA COMPOSANTE UTILE

Dans ce cas particulier, on n'a pas besoin de l'équerre.

La manipulation consiste à mettre en équilibre la masse parallélépipédique sous l'action des masses à crochets dont on ajuste la valeur.

Pour avoir les 3 billes centrées dans leur logement, il est conseillé d'opérer en deux étapes : d'abord laisser rouler les billes au fond des logements, puis placer le parallélépipède et le remonter (voir croquis ci-dessous). Remonter ensuite le parallélépipède à l'aide de la tresse jusqu'à ce que les billes soient centrées. Si l'équilibre est correct, la masse doit rester immobile.

Soient alors : α l'angle que fait le rail avec le plan horizontal (lu sur le cadran gradué), F la masse suspendue au bout du fil (éventuellement, tenir compte de la masse du crochet) et P la masse du parallélépipède (pesé auparavant).

On vérifie alors que :
$F = P. \sin\alpha$
aux erreurs près.

II. MESURE DE LA REACTION NORMALE DU PLAN

Le principe consiste à remplacer la réaction du plan par une force égale, appliquée par l'intermédiaire d'un fil accroché à la face supérieure du parallélépipède.

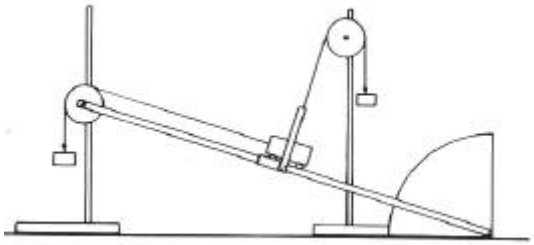
A l'équilibre, l'action du rail sur la masse est nulle ; le fait d'enlever le rail ne doit pas changer la position de la masse, ce qui est possible avec cet appareil en dévissant la vis qui maintenait solidaires la poulie et le plan incliné (sans toucher à la noix), puis en abaissant le rail vers le bas.

Pour mesurer la force R, il aura fallu tout d'abord monter la seconde poulie sur un second support universel à tige, par l'intermédiaire d'une noix.

On détermine la masse exacte en rajoutant des masses jusqu'à ce qu'une première bille roule (on l'entend buter à l'extrémité de son logement).

On vérifie alors que :

$R = P \cos\alpha$

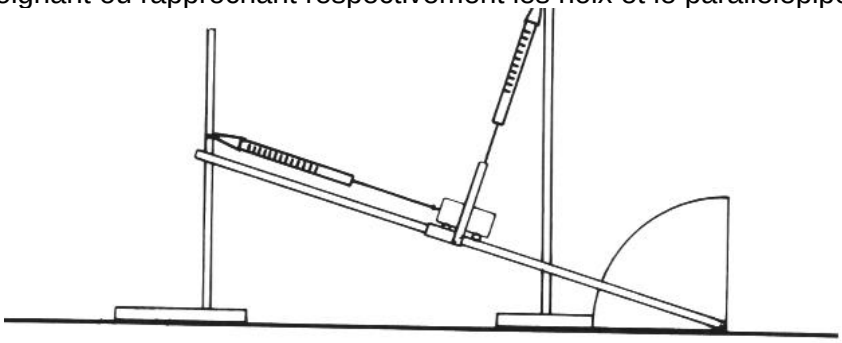


III MONTAGE REALISE AVEC DES DYNAMOMETRES

Le principe des manipulations reste identique. La mesure des forces F et R s'effectue soit avec des dynamomètres "cours" soit avec des dynamomètres "travaux pratiques".

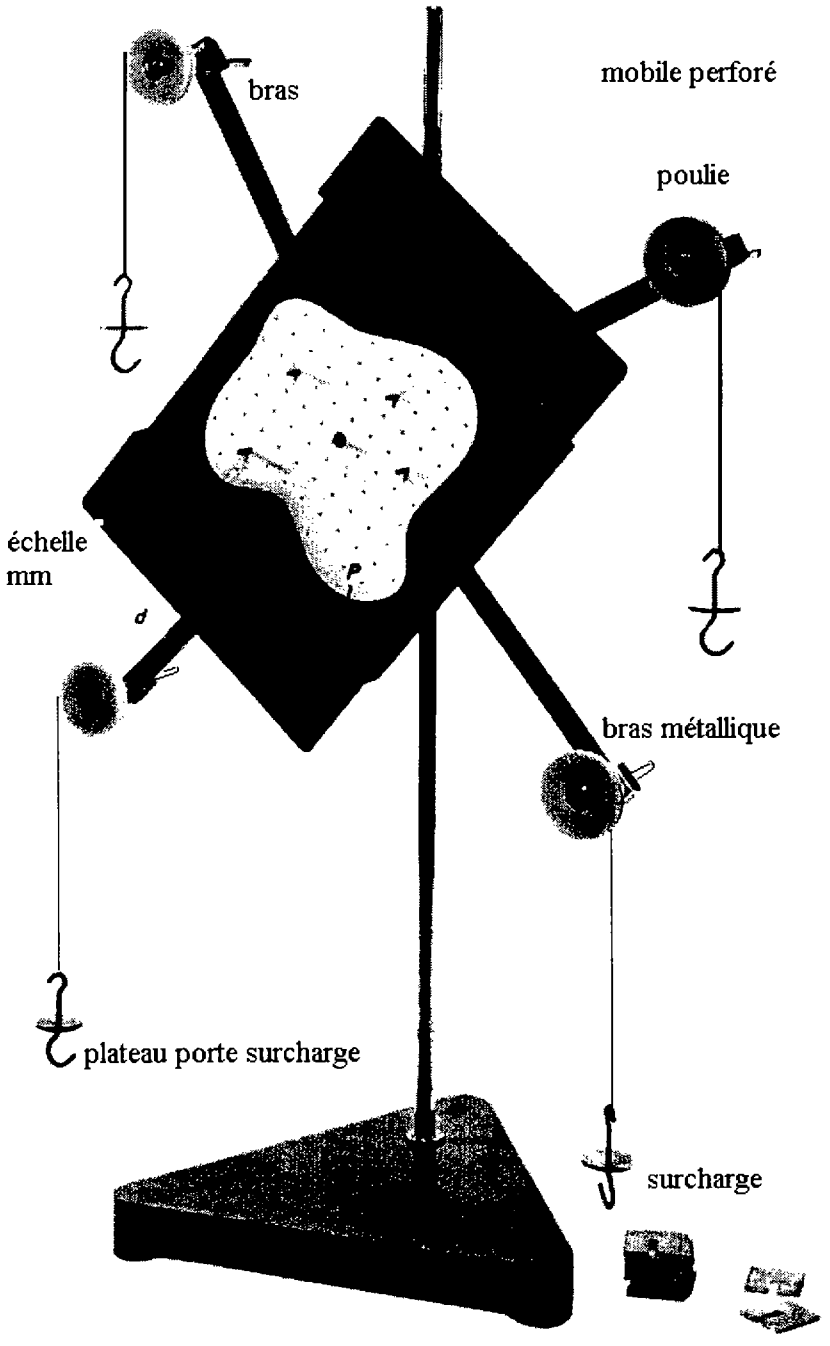
Dans ce cas, les poulies ne sont plus nécessaires, mais on utilisera leur axe comme moyen de fixation (les poulies sont montées à l'envers, c'est-à-dire à l'arrière de la noix de serrage).

Les dynamomètres seront accrochés entre les crochets du parallélépipède, et les deux axes. Le réglage de la force s'effectue en éloignant ou rapprochant respectivement les noix et le parallélépipède.



MOMENT DES FORCES

APPAREIL DES MOMENTS SANS SUPPORT Réf : 322 014



9706

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.

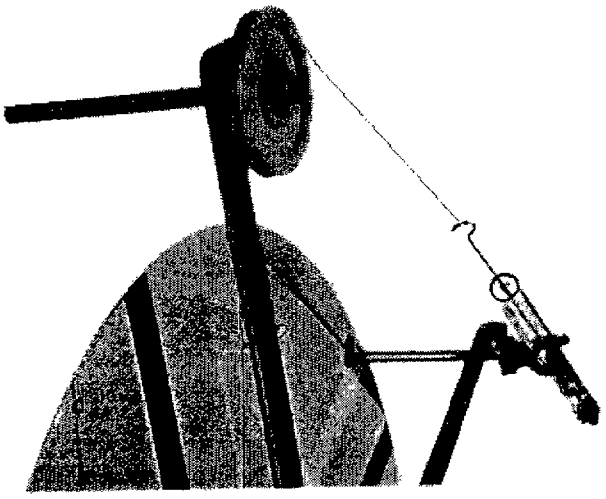
PRINCIPE DESCRIPTION

1. **Ensemble corps mobile - échelle - bras**, monté sur tige nickelée (∅ 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, ∅ 50 mm, à roulement très sensible, montées sur tige (∅ 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 (∅ 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

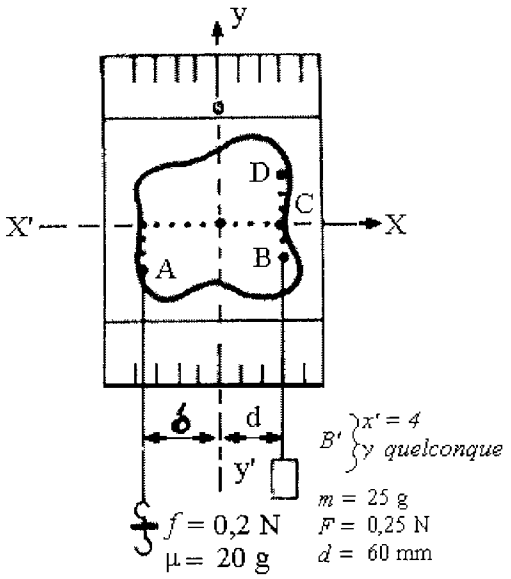
Lester la plaque. (Appliquer une force $\vec{F}$ à un goujon quelconque).

exemple :
μ = 0,20 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.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 δque précédemment.

Faire intervenir simultanément deux forces $\vec{F}$ $\vec{F}_1$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 :

$M_1 = F_1.d1$ force F_1 ;
$M_2 = F_2.d2$ force F_2 ;

comparer la somme $M_1 + M_2$ à la valeur du produit M = F.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.δ.

Vérifier que : M' = - M ;
soit : M + M' = 0 ;
ou encore $M' + M_1 + M_2 = 0$.

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 δ = 75 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 constraire (Assurer le parallélisme des fils correspondant à $\vec{F}$ et à $\vec{F}_2$ avec les graduations du plateau orientable.)

L'équilibre n'est pas modifié puisque d_2= 0. Il est conserver 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'

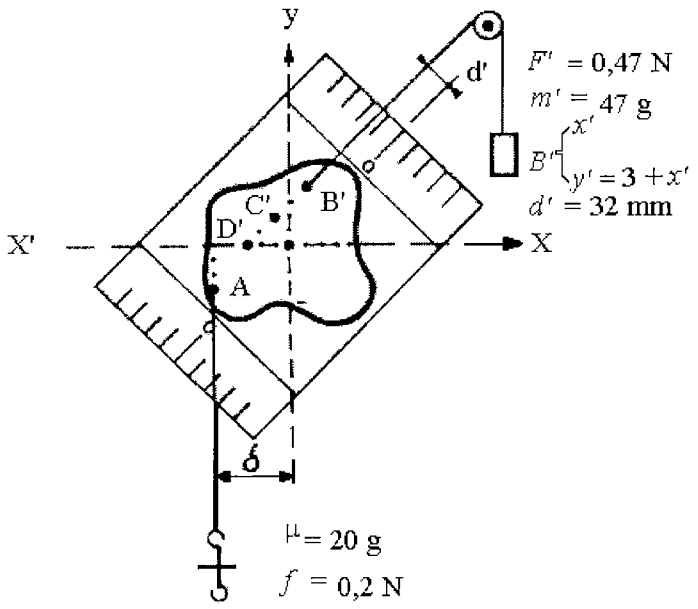


Fig. 2

Vérifier que :

$$F_1.D = F'_1.D' = C$$

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.

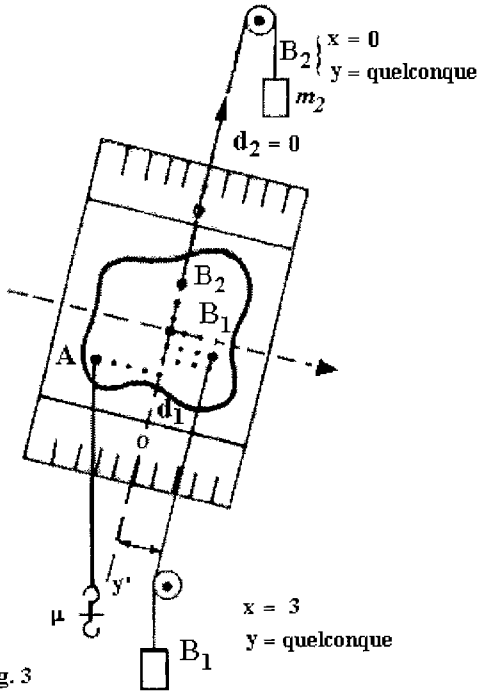


Fig. 3

d. Généralisation du théorème des moments

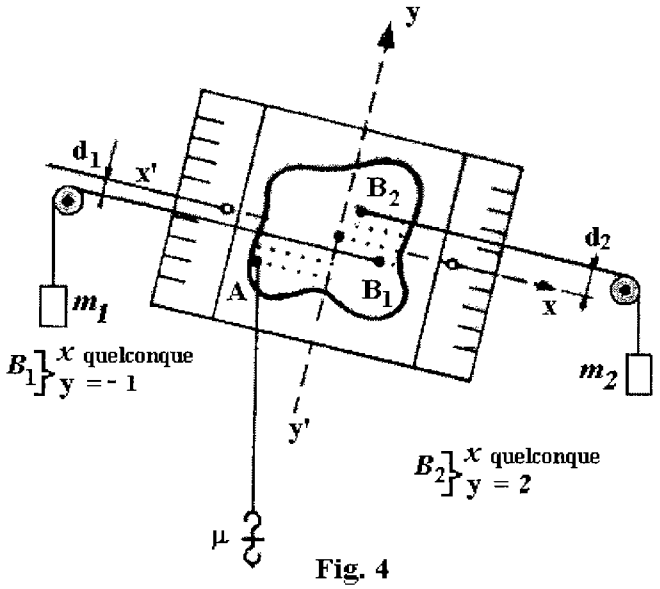


Fig. 4

A{ x = - 4
 { y = - 3

μ = 30 g
δ = 63 mm
m1 = m2 = 42 g
d1 = 45 mm d2 = 0 {
d1 = - 15 mm d2 = 30 mm { D = |d1 - d2 | = 45 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.