

## Poulie servant de levier à bras inégaux

### Objectifs expérimentaux

- Mesure de la force  $F_1$  en fonction de la charge  $F_2$  et comparaison des couples.
- Mesure de la force  $F_1$  en fonction du bras de charge  $r_2$  et du bras de puissance  $r_1$  et comparaison des couples.
- Etudes expérimentales pour la définition du bras de puissance et de la ligne d'action

### Notions de base

Un corps rigide qui s'articule autour d'un point O est mis en rotation par une force  $F$  appliquée en un point P étant donné que le couple

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} \quad (I)$$

$r$ : vecteur de position de O vers P

agit sur ce corps. Le couple est une grandeur vectorielle et est à la verticale sur le plan formé par les vecteurs  $r$  et  $F$ . Sa valeur

$$M = F \cdot r \cdot \sin\alpha \quad (II)$$

$\alpha$ : Angle entre les vecteurs  $r$  et  $F$

peut être représentée comme le produit de la force  $F$  par le bras de puissance  $a$ . Le bras de puissance

$$a = r \cdot \sin\alpha \quad (III)$$

est ici la ligne verticale du point d'appui O sur la ligne d'action passant par le point d'application P en direction de la force  $F$  (voir fig. 1). Le bras de puissance reste inchangé si le point d'application de la force  $F$  est déplacé sur la ligne d'action, d'où le fait que le couple ne varie pas. Si la force  $F$  agit perpendiculairement au vecteur de position  $r$ , le vecteur de position et le bras de puissance sont alors identiques et on a pour le couple

$$M = F \cdot r \quad (IV)$$

Si les forces agissent sur le corps en sens inverse, on distinguera alors le moment «positif» et le moment «négatif». L'équilibre est établi lorsque la somme  $M_1$  des moments négatifs est égale à la somme  $M_2$  des moments positifs:

$$M_1 = M_2 \quad (V)$$

Dans la formulation «force  $\times$  bras de puissance = charge  $\times$  bras de charge», ce rapport est caractérisé de loi du levier.

La poulie convient pour l'étude expérimentale de l'équilibre des couples. Un fil peut être conduit dans ses gorges concentriques par rapport à l'axe de rotation de telle sorte que la force  $F$  agisse tangentiellement à un point quelconque de la périphérie et que le couple soit donné par (IV). Comme la poulie est dotée de gorges avec trois rayons différents (2,5 cm, 7,5 cm et 10,0 cm), elle peut servir de levier à bras inégaux et il est possible de déterminer la force  $F_1$  qui maintient la poulie en équilibre en fonction de la charge  $F_2$ , du bras de charge  $r_2$  et du bras de puissance  $r_1$ . Plusieurs masses marquées de 50 g accrochées les unes à la suite des autres servent de charge. Pour la charge

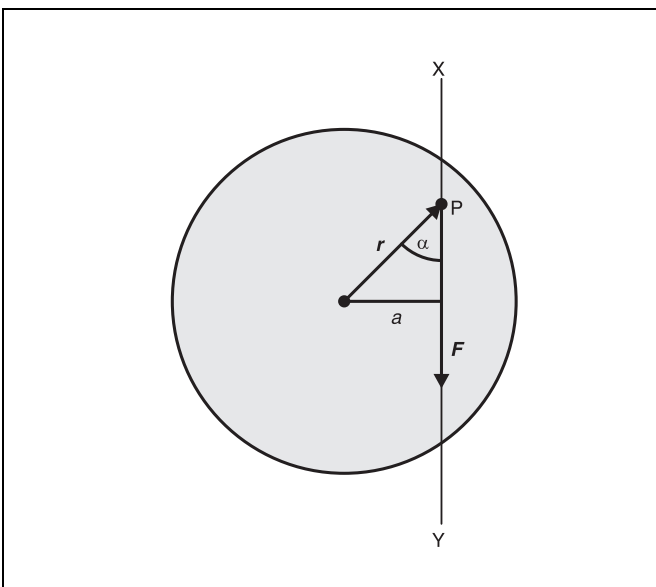
$$F_2 = m \cdot g$$

$g$ : accélération de la pesanteur

d'une masse marquée, on considère la valeur 0,5 N avec une précision suffisante.

La poulie a en outre des trous disposés à intervalles réguliers pour des goupilles en laiton auxquelles on peut également accrocher des masses marquées. Si la poulie est orientée de façon à ce qu'une rangée de trous soit exactement sur la ligne d'action d'une force appliquée, il est possible de démontrer le déplacement du point d'application sur la ligne d'action.

Fig. 1 Définition du couple  $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$   
a: Bras de puissance  
AB: Ligne d'action



**Matériel**

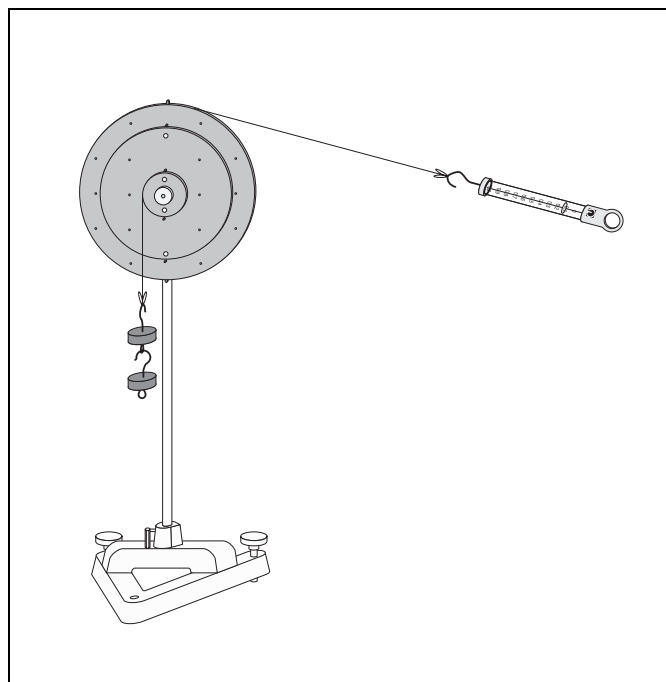
1 poulie de transmission . . . . .	342 75
1 jeu de 12 masses marquées de 50 g . . . . .	342 61
1 dynamomètre, 2,0 N . . . . .	314 45
1 dynamomètre, 5,0 N . . . . .	314 46
1 pied en V, petit modèle . . . . .	300 02
1 noix Leybold . . . . .	301 01
1 tige, 47 cm . . . . .	300 42

**Montage**

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 2.

- Fixer la tige dans le pied en V.
- Fixer la poulie à la tige à l'aide de la noix Leybold.
- Préparer deux morceaux de fil de 15 à 20 cm de long et un morceau de 50 à 60 cm puis faire une boucle à chaque extrémité en faisant un noeud.

Fig. 2 Montage expérimental avec la poulie servant de levier à bras inégaux



**Réalisation**

**a) Poulie servant de levier à bras inégaux: mesure de la force  $F_1$  en fonction de la charge  $F_2$**

- Fixer le petit morceau de fil au taquet de la gorge intérieure (rayon: 2,5 cm) et accrocher 2 masses marquées.
- Fixer le grand morceau de fil au taquet de la gorge extérieure (rayon: 10 cm), l'enrouler au moins sur la moitié de la périphérie et accrocher un dynamomètre.
- Mesurer et noter la force  $F_1$  avec laquelle le dispositif est maintenu en équilibre.
- Recommencer la mesure avec 4, 6 et 8 masses marquées.

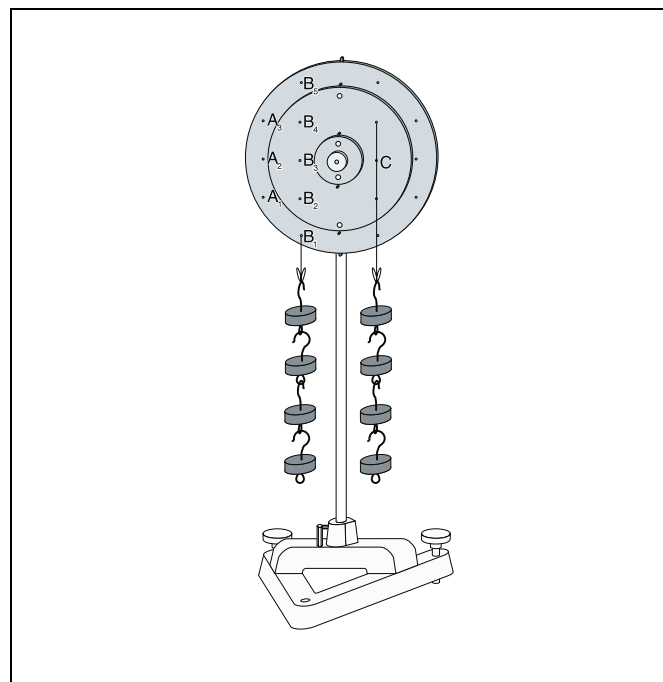
**b) Poulie servant de levier à bras inégaux: mesure de la force  $F_1$  en fonction du bras de charge  $r_2$  et du bras de puissance  $r_1$**

- Fixer le petit morceau de fil avec 4 masses marquées successivement au taquet de la gorge du milieu (rayon: 7,5 cm) et à celui de la gorge extérieure puis mesurer la force  $F_1$ .
- Enrouler le grand morceau de fil successivement sur la gorge du milieu et sur la gorge intérieure puis mesurer la force  $F_1$ .

**c) Pour la définition du bras de puissance: déplacement du point d'application le long de la ligne d'action**

- Conformément à la fig. 4, orienter la poulie de telle sorte que les quatre rangées de trous soient à la verticale et que les goupilles soient enfilées dans les trous ( $A_{1-3}$ ), ( $B_{1-5}$ ) et (C).
- Accrocher le fil avec à chaque fois quatre masses marquées aux positions ( $B_1$ ) et (C) et observer l'équilibre.
- Accrocher le fil de gauche avec quatre masses marquées successivement aux positions ( $B_{2-5}$ ) et observer l'équilibre.
- Accrocher le fil de gauche avec deux masses marquées successivement aux positions ( $A_{1-3}$ ) et observer l'équilibre.

Fig. 3 Montage expérimental pour le déplacement du point d'application le long de la ligne d'action



## Exemple de mesure et exploitation

a) Poulie servant de levier à bras inégaux: mesure de la force  $F_1$  en fonction de la charge  $F_2$ 

Tab. 1: Force  $F_1$  mesurée en fonction de la charge  $F_2$  et couples  $M_1$  et  $M_2$  ( $r_1 = 2,5$  cm,  $r_2 = 10$  cm) calculés selon (IV)

$\frac{m_2}{\text{g}}$	$\frac{F_2}{\text{N}}$	$\frac{F_1}{\text{N}}$	$\frac{M_1}{\text{Nm}}$	$\frac{M_2}{\text{Nm}}$
100	1,0	0,25	0,025	0,025
200	2,0	0,50	0,050	0,050
300	3,0	0,75	0,075	0,075
400	4,0	1,00	0,100	0,100

b) Levier à bras inégaux: mesure de la force  $F_1$  en fonction du bras de charge  $F_2$ 

Tab. 2: Force  $F_1$  mesurée en fonction du bras de charge  $r_2$  et du bras de puissance  $r_1$  et couples  $M_1$  et  $M_2$  ( $m_2 = 100$  g,  $F_2 = 1$  N) calculés selon (IV).

$\frac{r_1}{\text{cm}}$	$\frac{r_2}{\text{cm}}$	$\frac{F_1}{\text{N}}$	$\frac{M_1}{\text{Nm}}$	$\frac{M_2}{\text{Nm}}$
10,0	2,5	0,25	0,025	0,025
10,0	7,5	0,75	0,075	0,075
10,0	10,0	1,0	0,10	0,10
7,5	10,0	1,25	0,094	0,10
2,5	10,0	4,0	0,10	0,10

## c) Pour la définition du bras de puissance: déplacement du point d'application le long de la ligne d'action

Moment positif:

point d'application (C):

force  $F = 2,0$  N, bras de puissance  $r = 4$  cm:

donc  $M = 0,08$  Nm

Moment négatif:

points d'application (B<sub>1</sub>) – (B<sub>5</sub>):

force  $F = 2,0$  N, bras de puissance  $r = 4$  cm:

donc  $M = 0,08$  Nm

points d'application (A<sub>1</sub>) – (A<sub>3</sub>):

force  $F = 1,0$  N, bras de puissance  $r = 8$  cm:

donc  $M = 0,08$  Nm

## Résultat

La poulie est en équilibre si les moments «positif» et «négatif» sont égaux. Cette condition d'équilibre est identique à la loi du levier «force  $\times$  bras de puissance = charge  $\times$  bras de charge».

Le couple ne varie pas si le point d'application de la force est déplacé le long de la ligne d'action.