

## ÉQUILIBRE D'UNE STRUCTURE

### BUT

Vérifier les conditions d'équilibre statique d'un corps rigide sous l'action de plusieurs forces parallèles coplanaires.

### THEORIE

Un corps soumis à un ensemble de forces est en équilibre si les deux conditions d'équilibre suivantes sont satisfaites.

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad \text{Équilibre de translation ou équilibre des forces;}$$

$$\Sigma M = 0 \quad \text{Équilibre de rotation ou équilibre des moments de force.}$$

Si les forces sont toutes dans le même plan et sont verticales (c'est le cas dans cette expérience), ces deux équations vectorielles nous donnent les deux équations algébriques suivantes.

$$\Sigma F_y = 0 \quad \Sigma M = 0$$

$F_y$  est la composante verticale d'une force  $\vec{F}$  et  $M$  son moment, soit le produit de la grandeur  $F$  de la force  $\vec{F}$  par son bras de levier  $d$  (distance entre l'axe de rotation et la ligne d'action de la force).  $M = F d$ .

### MONTAGE ET APPAREILS

Mètre, crochets pour support universel, 4 curseurs, 2 jeux de masses (à 1% d'incertitude), balance à triple échelle, deux poulies, cordes, brides, deux supports universels, arête vive.

### MANIPULATIONS

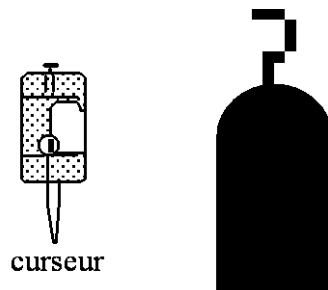
On étudie l'équilibre d'un mètre auquel on suspend différentes masses. Le mètre est donc soumis aux forces suivantes: son propre poids, ceux des masses suspendues et les forces qui s'exercent aux points d'appuis (vers le haut).

1. Localisez la position du centre de gravité du mètre en l'équilibrant sur une arête vive. Évaluez l'incertitude de cette position.



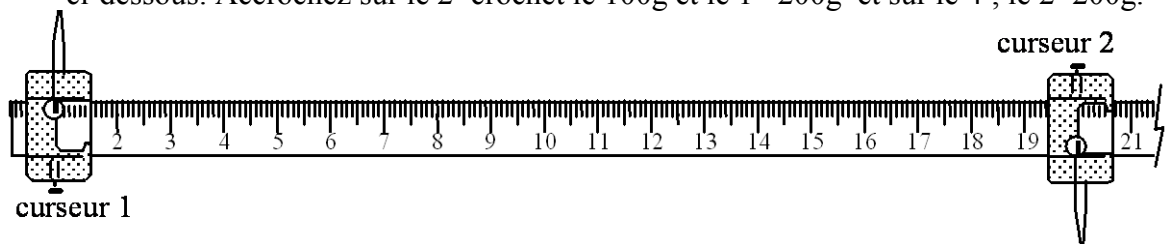
2. Pesez le mètre, les quatre curseurs, et les trois masses noires. La balance donne une lecture précise à  $\pm 0,1$  g près. Attention, vous devrez par la suite distinguer les uns des autres les quatre curseurs et les deux masses de 200 g.

Consignez toutes ces données (avec leurs incertitudes) dans le tableau 1.



**MANIPULATIONS (suite)**

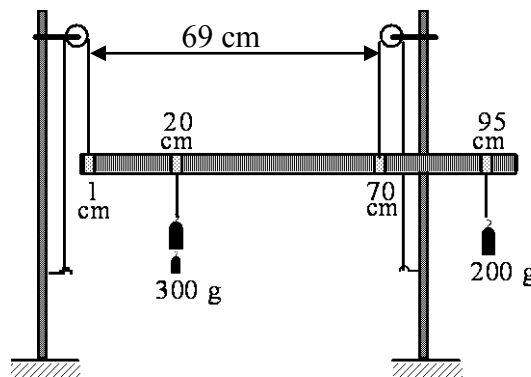
3. Les quatre curseurs s'enfilent sur le mètre et servent à tenir des cordes. Certains doivent être placés avec la vis en bas et d'autres avec la vis en haut, comme on le voit ci-dessous. Accrochez sur le 2<sup>e</sup> crochet le 100g et le 1<sup>er</sup> 200g et sur le 4<sup>e</sup>, le 2<sup>e</sup> 200g.



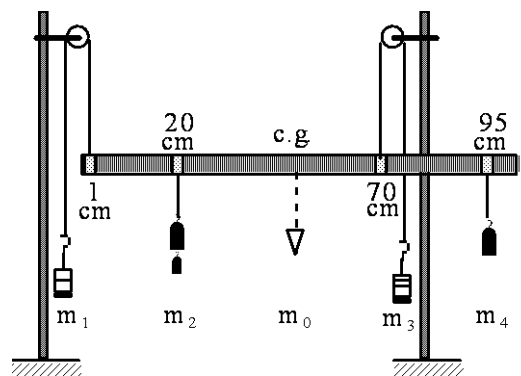
Réalisez le montage illustré ci-dessous, en plaçant les curseurs aux endroits suivants:

curseur 1	curseur 2	curseur 3	curseur 4
graduation 1 cm	graduation 20 cm	graduation 70 cm	graduation 95 cm
vis en bas	vis en haut et 300g	vis en bas	vis en haut et 200g

Assurez-vous que la distance entre les cordes **au niveau des poulies** est de 69 cm.



4. La corde passée sur la **poulie de gauche** est retenue à un crochet sur le support universel. Tenez bien la corde, retirez-la du crochet; suspendez-y un crochet-plateau de 50 g et garnissez-le des masses nécessaires pour maintenir le mètre en équilibre en position parfaitement horizontale. Le crochet de 50 g et les masses qu'il supporte seront la masse  $m_1$ . Évaluez expérimentalement l'incertitude  $\Delta m_1$  de cette masse.



5. Il faut maintenant faire de même avec la **ficelle de droite**: trouver quelle masse  $m_3$  suspendre pour maintenir le mètre horizontal et en équilibre. Ce sera plus facile à faire si vous retirez d'abord  $m_1$  et rattachiez la corde de gauche à son crochet.
6. Remettez en place la masse  $m_1$  au bout de la corde de gauche, laissant  $m_3$  pendre au bout de celle de droite. Au besoin, remplacez le mètre en position horizontale et **corrigez les valeurs de  $m_1$  et  $m_3$  jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli**. Consignez les valeurs de  $m_1$  et  $m_3$  (avec leurs incertitudes  $\Delta m_1$  et  $\Delta m_3$ ) dans le tableau 1.

## ANALYSE ET CALCULS

Complétez le tableau 2, en indiquant, pour chaque valeur, son incertitude absolue (à droite du signe  $\pm$ ) et son incertitude relative (dans la colonne «  $\delta \dots$  »). Dans ce tableau,

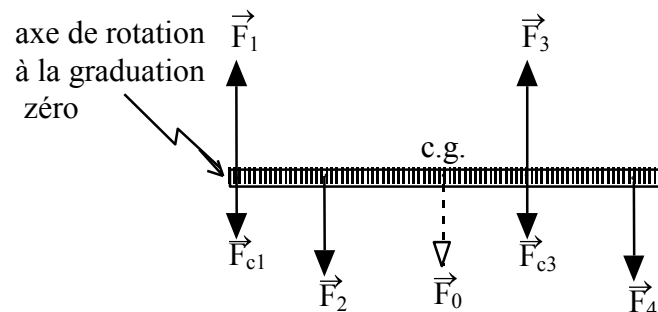
$m_2$  désigne les masses de 100 g et 200 g et le curseur #2;

$m_4$  désigne la masse de 200 g et le curseur #4;

$m_0$  désigne la masse du mètre.

### Remarques:

- Attention aux masses, elles sont en kg dans le tableau 2, alors qu'elles étaient en g dans le tableau 1;
- Les grandeurs des forces correspondent aux poids des masses:  $P = mg$ . Dans cette formule, les poids sont en N si les masses sont en kg. Prenez  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  (incertitude négligeable).
- Inscrivez les signes des composantes de forces  $F_y$  (positif pour une force vers le haut; négatif pour une force vers le bas).
- Pour le calcul des bras de leviers  $d$  et des moments de force  $M$ , placez l'axe de rotation à la graduation zéro du mètre. Les bras de leviers sont en m et les moments en Nm.
- Inscrivez les signes des moments de forces  $M$  (positif pour une rotation de sens anti-horaire; négatif pour une rotation de sens horaire).
- Écarts: l'écart entre deux valeurs est simplement leur différence. L'écart maximum permis est la somme de leurs incertitudes. L'écart obtenu est acceptable s'il est inférieur à 10% de la valeur minimale. Inscrivez «oui» ou «non» dans la case prévue.



## DISCUSSION ET CONCLUSION

Discutez des causes d'erreur possibles dans la réalisation de cette expérience.

Quelle est votre conclusion? (Relisez le but, résumez-le et dites s'il est atteint).

## RAPPORT

Remettez:

- la page des tableaux complétés
- la page de discussion et conclusion.

**Tableau 1: mesures**

**masses (pesées)**

mètre (g)	curseur #1 (g)	curseur #2 (g)	curseur #3 (g)	curseur #4 (g)	100 g (g)	1 <sup>er</sup> 200 g (g)	2 <sup>e</sup> 200 g (g)

**Position du centre de gravité**

cm
----

**Constante g**

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
--------------------------

**masses équilibrantes (marquées)**

$m_1$ (corde de gauche)	g	$m_3$ (corde de droite)	g
-------------------------	---	-------------------------	---

**Tableau 2: résultats**

Bras de leviers et moments de forces: l'axe de rotation est à la graduation zéro du mètre

		m (kg)	$F_y$ (N)	d (m)	$M = F \times d$ (Nm)
mètre	$m_0$				
crochet de gauche et masses	$m_1$				
courseur #1	$m_{c1}$				
courseur #2 + 200 g + 100 g	$m_2$				
crochet de droite et masses	$m_3$				
courseur #4	$m_{c4}$				
courseur #4 + 200 g	$m_4$				

| somme des  $F_y$  positives | = 

+
---

| somme des M positifs | = 

+
---

| somme des  $F_y$  négatives | = 

-
---

| somme des M négatifs | = 

-
---

| écart | = 

--

| écart | = 

--

écart acceptable? 

--

écart acceptable? 

--