Lab 2. Équilibre de vecteurs force

Buts

- Se familiariser avec la notion de force dans un contexte d'équilibre statique.
- Montrer que les forces sont des vecteurs et calculer des sommes vectorielles.
- Comparer des incertitudes sur des résultats.

Matériel

- Statif double et tige transversale
- Mètre, niveau, équerre et ruban gommé
- Poulies, anneaux, cordes et ressorts
- Pesées calibrées

Théorie

Lorsque deux ou plusieurs forces sont appliquées dans des directions quelconques, il existe une force unique qui peut les remplacer. Cette force, équivalente du point de vue de ses effets physiques, peut se trouver par le calcul vectoriel.

Partie 1: Supposons d'une force à un angle quelconque agisse sur un point (figure 1 a), il est alors possible de trouver deux forces, une horizontale et l'autre verticale, équivalente à la première (figure 1 b). Si, dans les deux cas, le ressort subit le même étirement dans la même direction, cela signifie que la force à angle et les deux forces perpendiculaires seront équivalentes.

Partie 2: Il est aussi possible de faire l'inverse, c'est-à-dire de partir de plusieurs forces et trouver expérimentalement leur résultante vectorielle. Ainsi, en prenant trois forces quelconque, avec chacun un angle non nul par rapport à l'horizontale (figure 2 a), il est possible de trouver la force équivalente en remplaçant ces trois forces par une seule (figure 2 b).

Pour calculer une force résultante, il faut utiliser la méthode analytique, c'est-à-dire en procédant séparément selon x et selon y. Il s'agit de décomposer chacune des forces selon x et selon y, pour ensuite les additionner séparément en x et en y. On trouve alors les composantes x et y de la force résultante. Ensuite, on peut trouver les composantes polaires de cette force en résolvant un système simple de deux équations avec deux inconnus. Si l'expérience est concluante, ces calculs donneront les mêmes valeurs que la force résultante de la figure 2 b.

Manipulations

Partie 1: Dans cette partie, nous trouverons expérimentalement les composantes horizontale et verticale d'une force oblique et nous comparerons avec le résultat du calcul des composantes (avec incertitude).

1. À l'aide du niveau à bulle, ajustez la barre du haut pour qu'elle soit horizontale.

2. Placer une masse m_1 de 200 à 400 g au bout d'une corde reliée à un ressort comme sur la figure 1 a). En utilisant deux points fixes de la corde (nœud ou ruban gommé, voir annexe à la fin), trouvez les distances h_1, h_2 et L qui vous permettront de trouver θ_1 par rapport à l'horizontale.

3. Ajustez le pointeur pour qu'il indique précisément l'emplacement du nœud au bout de ressort.

4. Sans déplacer le pointeur, trouvez les deux masses (m_2 à l'horizontale et m_3 à la verticale) qui ramèneront le nœud vis-à-vis du pointeur. Pour trouver les incertitudes sur chacune de ces forces, rajoutez ou enlevez un nombre minime de grammes jusqu'à ce que ça ne fasse aucune différence. Notez bien l'incertitude sur ces forces.

Figure 1 a)

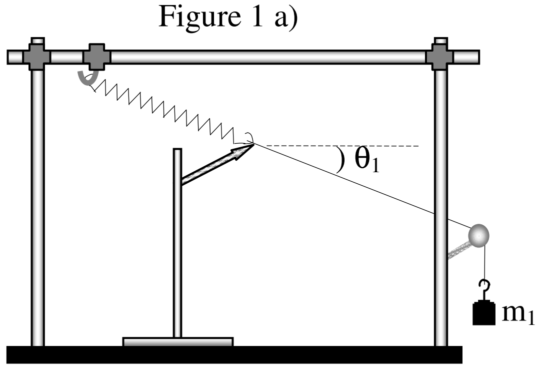
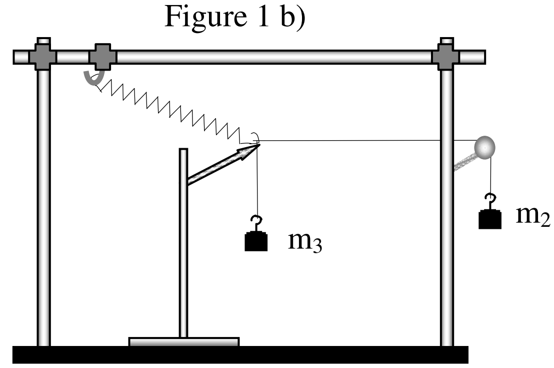


Figure 1 b)



Partie 2 : Dans cette partie, nous trouverons expérimentalement la force résultante de trois forces quelconques. La résultante expérimentale est la force qui a pour effet de ramener le nœud exactement à la même place que les trois forces ensemble. (Calcul

Figure 2 a)

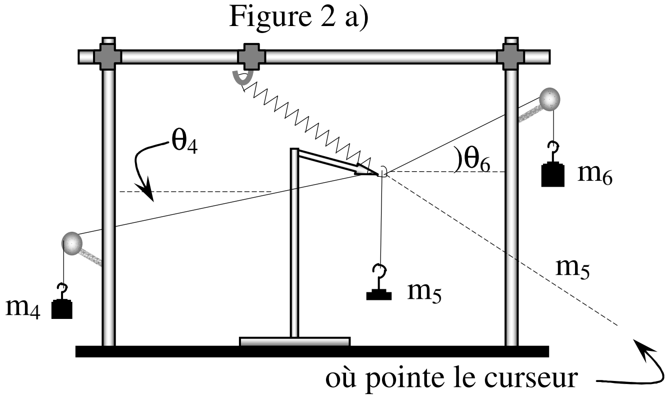
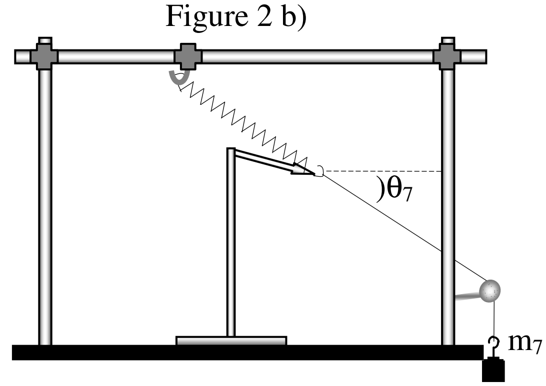


Figure 2 b)



d'incertitude non-requis dans cette partie).

5. Entre la partie 1 et la partie 2, le pointeur peut bouger. En utilisant le même ressort, exercez trois forces quelconques sur le nœud comme à la figure 2 a). Assurez-vous que le ressort ne pointe pas trop bas car vous devrez remplacer ces trois forces par une résultante unique (voir pointillé où pointe le curseur sur la figure 2 a).

6. Utilisez les rubans gommés ou le nœud pour faire les mesures de h_1, h_2 et L qui vous permettront de trouver les orientations de chacune des trois forces obliques. Amenez le pointeur sur la nouvelle position du nœud où les trois forces sont exercées.

7. Sans déplacer le curseur, remplacez les trois forces par une résultante unique comme à la figure 2 b). Mesurez la masse m_7 nécessaire pour ramener le nœud vis-à-vis du pointeur. Rajoutez quelques grammes pour voir les limites de la précision de votre mesure. Autrement dit, mesurez aussi l'incertitude sur la masse m_7. Trouvez l'angle θ_7 de la corde par rapport à l'horizontale en le mesurant deux fois avec des points différents. Exprimez la résultante en coordonnées polaires avec son incertitude (mesurée) sur la force et sur l'angle.

Travail demandé

<u>Partie 1</u>

1. Sur un graphique à l'échelle fait à la règle, (au moins un quart à une demi-page), comparez la force de la figure 1 a) avec la résultante des deux forces de la figure 1 b). Ces deux forces semblent-elles égales ?

2. Exprimez la force de la figure 1 a) en coordonnées polaires avec l'incertitude sur F_1 et sur θ_1 (pour le calcul d'incertitude sur θ_1, voir l'annexe à la page 4). Calculez ensuite les coordonnées cartésiennes avec leur incertitude.

3. Présentez dans un tableau une comparaison des coordonnées cartésiennes ainsi calculées avec leur incertitude et des coordonnées cartésiennes mesurées dans la partie 1 b) avec leur incertitude.

4. Concluez sur la validité des méthodes graphique et analytique.

<u>Partie 2</u>

5. Sans calcul d'incertitude cette fois, trouvez la résultante polaire des trois forces dans la partie 2 a).

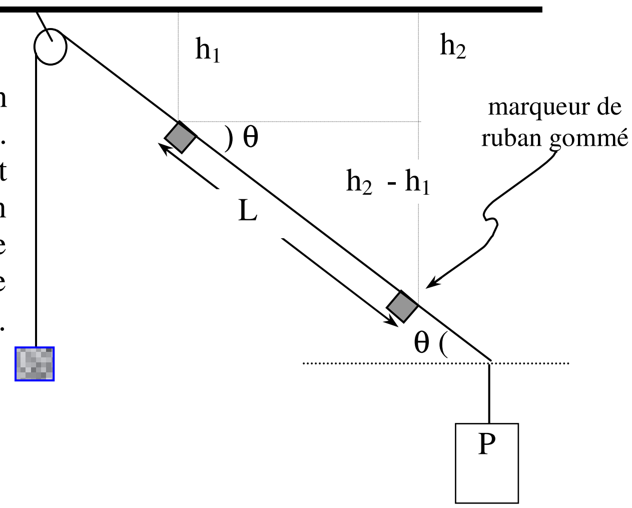
6. Dans un nouveau tableau, comparez cette force avec la résultante expérimentale que vous avez mesurée dans la partie 2 b). Vous avez mesuré une incertitude

expérimentale en 2 b); les deux forces résultantes sont-elles égales à l'incertitude près ?

Points de vérification dans le cahier

- Données complètes avec incertitudes.
- Minutie des mesures et des calculs.
- Conclusion pertinente et concise.
- Diagrammes de forces clairs.
- Discussions sur la validité des résultats.

Exemple de calcul d'angle d'incertitude associée.



Pour trouver l'angle formé par une corde avec l'horizontale, on peut se servir d'un triangle imaginaire avec L comme hypoténuse. Le triangle sera limité par des points qu'il est nécessaire de marquer le long des cordes (on peut se servir de marqueur ou d'un morceau de ruban gommé). Plus L sera longue, meilleure sera la précision. Le côté opposé à θ est h_2-h_1. Supposons que les mesures suivantes soient toutes prises à ± 0,1 cm.

h_1 = 10,7 ± 0,1 cm
h_2 = 15,2 ± 0,1 cm
L = 23,5 ± 0,1 cm

On trouve alors:

$$\sin(\theta) = \frac{\textit{côtéopposé}}{\textit{hypoténuse}} = \frac{h_2 - h_1}{L} = \frac{(15{,}2 \pm 0{,}1) - (10{,}7 \pm 0{,}1)\ cm}{(23{,}5 \pm 0{,}1)\, cm}$$

$$\sin(\theta) = \frac{(4{,}5 \pm 0{,}2)\ \ cm}{(23{,}5 \pm 0{,}1)\, cm} = \frac{(4{,}5 \pm 4{,}4\%)}{(23{,}5 \pm 0{,}43\%)} = 0{,}191489 \pm 4{,}9\% = 0{,}191 \pm 0{,}009$$

De cette valeur, on peut tirer l'angle θ ***avec son incertitude***. Car le sinus se situe entre les valeurs de 0,182 et 0,200. En calculant les valeurs ***maximale*** et ***minimale*** de l'angle, on trouve :

$$\left.\begin{array}{l} \sin^{-1}(0{,}200) = 11{,}5° \\ \sin^{-1}(0{,}191) = 11{,}0° \\ \sin^{-1}(0{,}182) = 10{,}5° \end{array}\right\} \quad \theta = 11{,}0 \pm 0{,}5\ °$$