

Parallélogramme des forces

ANALYSE EXPERIMENTALE DE L'ADDITION VECTORIELLE DE FORCES

- Examen graphique de trois forces différentes quelconques en équilibre.
- Examen analytique de l'équilibre en présence d'un alignement symétrique de F_1 et de F_2 .

UE1020300

05/15 JS

NOTIONS DE BASE GENERALES

Les forces sont des vecteurs, ce qui signifie qu'elles seront additionnées conformément aux règles de l'addition vectorielle. Pour obtenir l'addition, le point initial du deuxième vecteur sera appliqué – sous forme d'interprétation graphique – au point final du premier vecteur. La flèche partant du point initial du premier vecteur et aboutissant au point final du deuxième vecteur représente le vecteur résultant. Si les deux vecteurs sont considérés comme les côtés d'un parallélogramme, le vecteur résultant est alors la diagonale (cf. fig. 1).

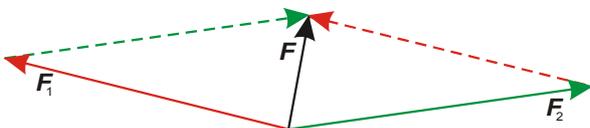


Fig. 1: Addition vectorielle de forces (parallélogramme des forces)

La table des forces permet une vérification simple et transparente de l'addition vectorielle des forces. Le point d'application de trois forces différentes devra exactement se trouver au centre si ces forces sont en équilibre. Nous déterminons les valeurs des forces différentes émises par les masses pendues et relevons la direction qu'elles prennent, sous forme d'angle, sur une échelle angulaire graduée.

Si des forces différentes sont en équilibre, leur somme est égale à :

$$F_1 + F_2 + F_3 = 0 \quad (1)$$

La force F_3 est donc la somme des forces différentes F_1 et F_2 (cf. fig. 2) :

$$-F_3 = F = F_1 + F_2 \quad (2)$$

Pour la composante vectorielle parallèle à la somme F , l'équation suivante s'applique :

$$-F_3 = F = F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 \quad (3)$$

et pour la composante perpendiculaire correspondante, l'équation suivante s'applique :

$$0 = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2 \quad (4)$$

Les équations (3) et (4) offrent une description analytique de l'addition vectorielle. Pour procéder à une vérification expérimentale, il est préférable d'appliquer la force F_3 à l'angle 0.

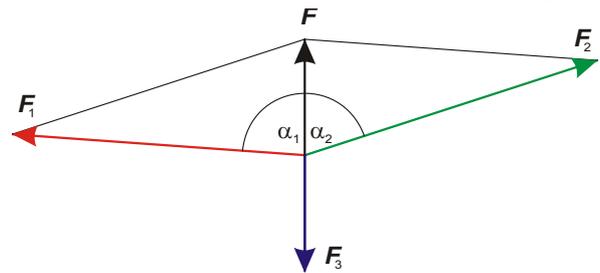


Fig. 2: Détermination de la somme vectorielle de deux forces F_1 et F_2 à partir de la force F_3 maintenant l'équilibre.

Alternativement à l'examen analytique, il sera également possible de procéder à un examen graphique de l'équilibre des forces. Dans ce but, toutes les trois forces seront d'abord tracées avec leurs valeurs et leurs angles respectifs en partant du point central d'application. Les forces F_2 et F_3 seront ensuite déplacées parallèlement jusqu'à ce que le point initial se trouve à l'extrémité du vecteur précédent. Le résultat attendu est le vecteur résultant 0 (cf. fig. 3). Dans cet essai expérimental, ce phénomène sera observé pour trois forces différentes quelconques maintenant l'équilibre.

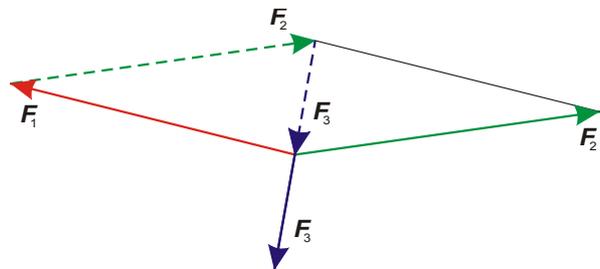


Fig. 3: Examen graphique de l'équilibre de trois forces différentes à orientation quelconque.

Dans cet essai expérimental, l'examen analytique se limite au cas spécial où les deux forces F_1 et F_2 sont symétriques par rapport à F_3 .

LISTE DES APPAREILS

- 1 Table des forces 1000694 (U52004)

MONTAGE



Fig. 4: Ensemble de mesures

- Montez la table des forces sur une surface plane.
- Fixez les poulies de renvoi des trois bras de puissance en utilisant des angles respectifs de 60 degrés, de 180 degrés et de 300 degrés.
- Accrochez les cordons à l'anneau blanc en utilisant des attaches de fixation, faites-les passer par une poulie de renvoi et chargez-les d'un jeu complet de disques fendus.
- Vérifiez si l'anneau blanc s'aligne symétriquement par rapport au centre de la table.
- Si ce n'est pas le cas, corrigez l'alignement de la table et le guidage des cordons.

REALISATION

a) Alignement symétrique de F_1 et F_2 :

- Continuez à laisser le bras de puissance F_3 accroché sous l'angle de 180 degrés.
- Fixez les bras de puissance F_1 et F_2 en utilisant des angles respectifs de 10 degrés et de 350 degrés (-10 degrés), puis chargez-les de 100 g.
- Choisissez la charge du bras de puissance F_3 afin que l'anneau blanc se trouve en position d'équilibre, puis notez la masse pendue m_3 dans le tableau 1.
- Fixez les bras de puissance F_1 et F_2 en utilisant des angles respectifs de 20 degrés et de 340 degrés (-20 degrés), puis rétablissez l'équilibre en choisissant la masse m_3 appropriée.
- Passez successivement aux angles $\alpha_1 = 30$ degrés, 40 degrés, 50 degrés, 60 degrés, 70 degrés et 90 degrés et déterminez chaque fois la masse m_3 nécessaire afin d'établir l'équilibre ; puis notez les résultats dans le tableau 1.

b) Alignement général des bras de puissance :

- Fixez le bras de puissance F_1 en utilisant un angle de 340 degrés et chargez-le de 50 g.
- Fixez le bras de puissance F_2 en utilisant un angle de 80 degrés et chargez-le 70 g.
- Alignez et chargez le bras de puissance F_3 afin que les forces soient en équilibre.

EXEMPLE DE MESURE

a) Alignement symétrique de F_1 et F_2 :

Tableau 1 : Masse m_3 nécessaire pour établir l'équilibre des forces et force F_3 calculée à partir de cette masse en fonction de l'angle α_1 ($m_1 = m_2 = 100$ g, $F_1 = F_2 = 100$ g)

α_1	m_3 (g)	F_3 (N)
10°	200	2,00
20°	190	1,90
30°	170	1,70
40°	155	1,55
50°	130	1,30
60°	200	2,00
70°	70	0,70
90°	0	0,00

b) Alignement général des bras de puissance :

Tableau 2 : Angle α_i des bras de puissance, masses m_i pendues et forces F_i calculées à partir de ces valeurs

α_1	m_1 (g)	F_1 (N)	α_2	m_2 (g)	F_2 (N)	α_3	m_3 (g)	F_3 (N)
350°	50	0,5	80°	70	0,7	221°	80	0,8

EVALUATION

a) Alignement symétrique de F_1 et F_2 :

Dans le cas symétrique Fall ($F_1 = F_2$ et $\alpha_1 = -\alpha_2$), l'équation (4) est trivialement satisfaite. L'équation (3) permet d'obtenir l'équation de détermination pour la force totale

$$F = 2 \cdot F_1 \cdot \cos \alpha_1 .$$

Cette équation de détermination a permis de calculer la courbe tracée dans l'illustration 5 qui, dans le cadre de la précision de mesures, est conforme aux données de mesure du tableau 1.

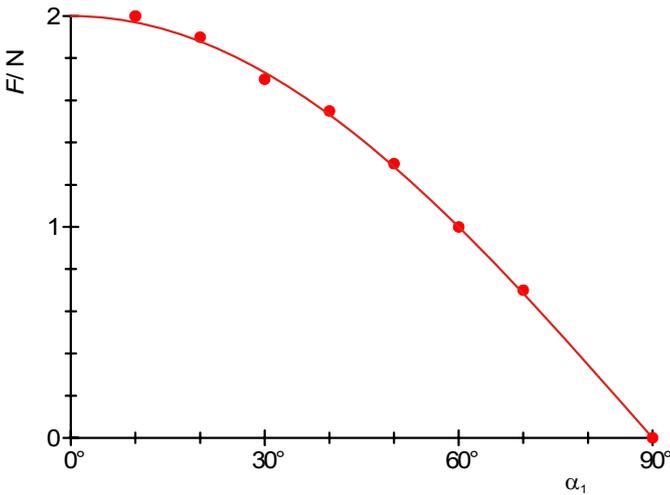


Fig. 5: Somme mesurée et calculée de deux forces symétriques en fonction de l'angle d'ouverture α_1 .

b) Alignement général des bras de puissance :

Pour l'évaluation graphique des données de mesure du tableau 2, toutes les trois forces seront d'abord tracées avec leurs valeurs et leurs angles respectifs en partant du point central d'application. Les forces F_2 et F_3 seront ensuite déplacées parallèlement jusqu'à ce que le point initial se trouve à l'extrémité du vecteur précédent.

Dans le cadre de la précision de mesures, le vecteur résultant prend la longueur 0.

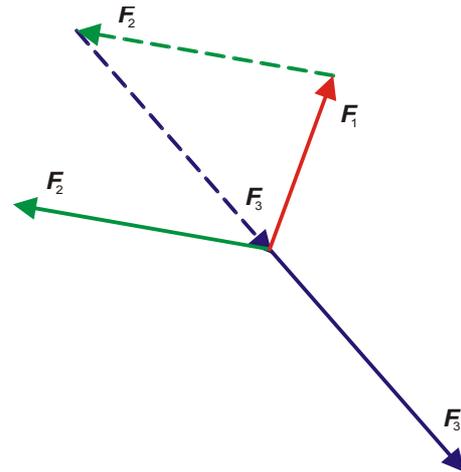


Fig. 6: Représentation graphique des forces par rapport aux données de mesure du tableau 2 et à la somme de toutes les forces.