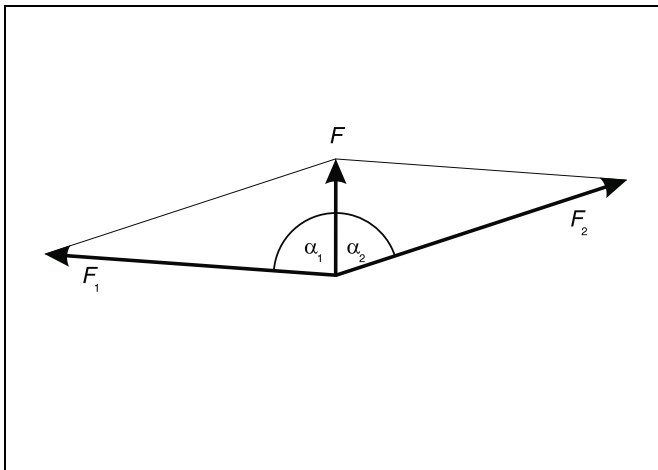


Addition et décomposition des forces

Objectifs expérimentaux

- Addition en une force F de deux forces F_1 et F_2 non parallèles, appliquées en un point.
- Décomposition d'une force F en deux forces F_1 et F_2 non parallèles, appliquées en un point.
- Détermination de la valeur des forces partielles en fonction de leurs directions.



Addition et décomposition des forces

Notions de base

Le tableau magnétique permet sans difficulté de mettre en évidence expérimentalement qu'une force est une grandeur vectorielle. On place le point d'application de chaque force au milieu de l'échelle angulaire sur le tableau magnétique et on mesure chacune des forces isolément ainsi que les angles qu'elles forment entre elles.

Durant l'expérience, une force F verticale, donnée est compensée par les élasticités F_1 et F_2 de deux dynamomètres formant les angles α_1 et α_2 avec la verticale. Les valeurs des forces partielles F_1 et F_2 sont déterminées en fonction de α_1 et α_2 .

Pour illustrer l'addition vectorielle

$$F_1 + F_2 = F \quad (I)$$

et la décomposition

$$F = F_1 + F_2 \quad (II),$$

on a recours à la représentation graphique du parallélogramme des forces qui est à la base de ces formulations. Du reste, on procède à la vérification quantitative du rapport

$$F = F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2 \quad (III)$$

pour la composante vectorielle verticale et du rapport

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

pour la composante horizontale.

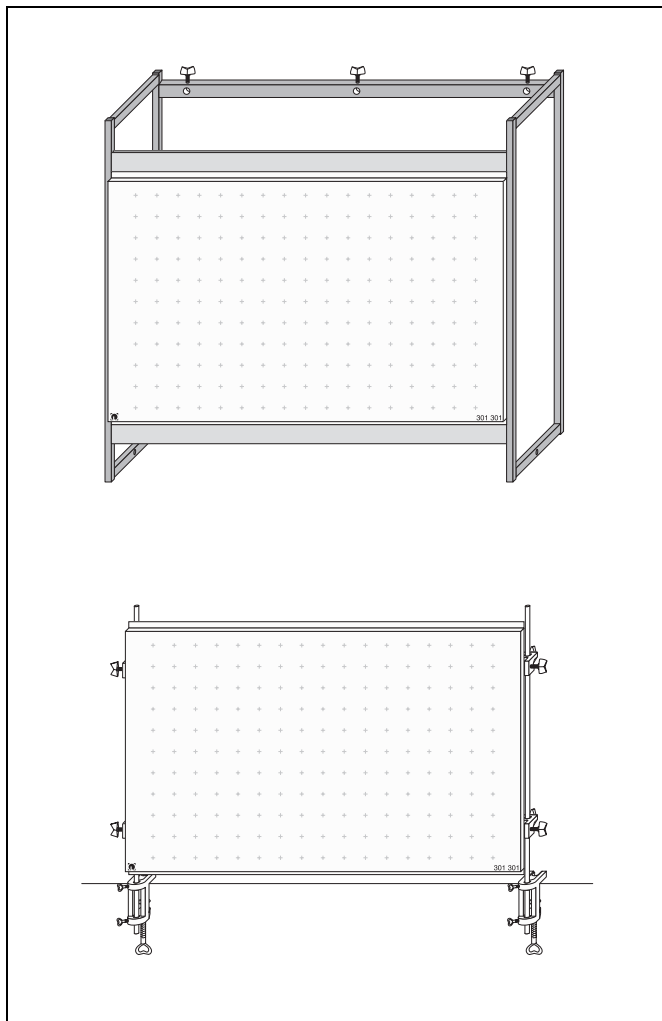
Matériel

1 tableau pour fixation magnétique	301 301
2 dynamomètres circulaires 5 N	314 215
1 embase aimantée avec crochet	301 331
1 ressort à boudin, 5 N; 0,25 N/cm	352 08
1 mètre à ruban métallique, 2 m	311 77
1 jeu de 12 masses marquées de 50 g	342 61
1 cadre d'expérimentation et de démonstration	301 300
ou	
4 noix Leybold	301 01
4 plaques métalliques	200 65 559
2 tiges, 100 cm	300 44
2 pinces de table, simples	301 07

supplément conseillé:

1 fil

Fig. 1 Montage du tableau magnétique dans le cadre d'expérimentation et de démonstration (en haut), avec le matériel support (en bas)

**Montage**

- Monter le tableau magnétique conformément au mode d'emploi soit dans le cadre d'expérimentation et de démonstration, soit avec le matériel support (voir fig. 1).

Réalisation**a) Addition des forces:**

- Monter l'embase aimantée avec crochet au-dessus du milieu de l'échelle angulaire et accrocher le ressort à boudin.
- Monter les deux dynamomètres circulaires et fixer leur crochet dans l'oeillet du ressort à boudin.
- En déplaçant et en tournant les dynamomètres circulaires, étirer le ressort à boudin vers le bas jusqu'à ce que l'oeillet soit au milieu de l'échelle angulaire. Veillez à ce que les fils des dynamomètres circulaires évoluent tangentiellement (voir fig. 2).
- Relever et noter les forces F_1 et F_2 des dynamomètres circulaires ainsi que les angles α_1 et α_2 que forment les fils avec la verticale.
- Accrocher l'un des deux dynamomètres circulaires et avec l'autre, étirer le ressort à boudin verticalement vers le bas jusqu'au milieu de l'échelle angulaire (voir fig. 3).
- Relever et noter la force F_R du dynamomètre circulaire.

Les forces F_1 et F_2 donnent ensemble la force «résultante» F_R .

- Recommencer l'expérience avec différents angles α_1 et α_2 ainsi que différentes valeurs de F_1 et F_2 .

b) Décomposition des forces:

Faire un noeud aux deux extrémités d'un fil pour former des boucles.

- Monter le dynamomètre circulaire sur le tableau magnétique, accrocher une boucle dans le crochet du dynamomètre circulaire et suspendre 5 masses marquées au fil (voir fig. 4).
- Relever et noter la force de réaction F_G du dynamomètre circulaire par rapport au poids des 5 masses marquées.
- Accrocher le crochet du deuxième dynamomètre circulaire à la boucle supérieure.
- Déplacer et tourner les deux dynamomètres de façon à ce que la boucle supérieure soit au milieu de l'échelle angulaire. Veiller à ce que les fils des dynamomètres circulaires évoluent tangentiellement.
- Relever et noter les forces F_1 et F_2 des deux dynamomètres circulaires ainsi que les angles α_1 et α_2 que forment les fils avec la verticale (fig. 5).
La «force» F_G peut se décomposer en deux forces: F_1 et F_2 .
- Recommencer l'expérience avec différents angles α_1 et α_2 ainsi que différentes valeurs de F_1 et F_2 .

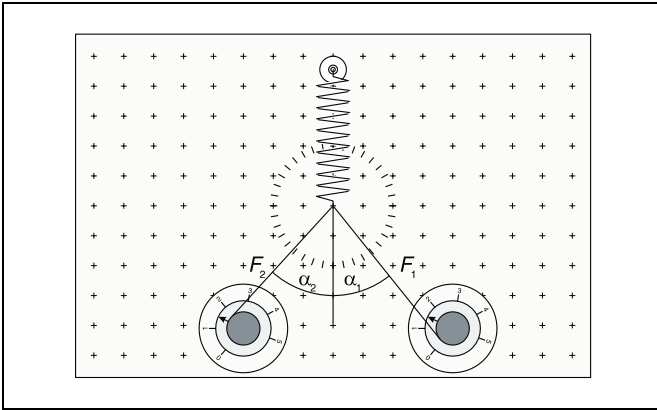


Fig. 2 Spécification des forces F_1 et F_2

Fig. 3 Détermination de la force «résultante» F_R .

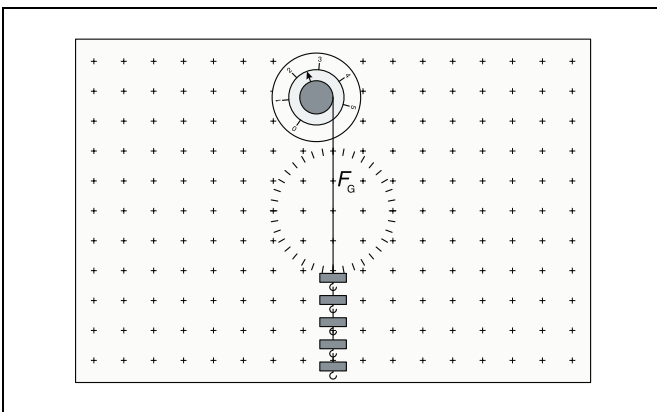
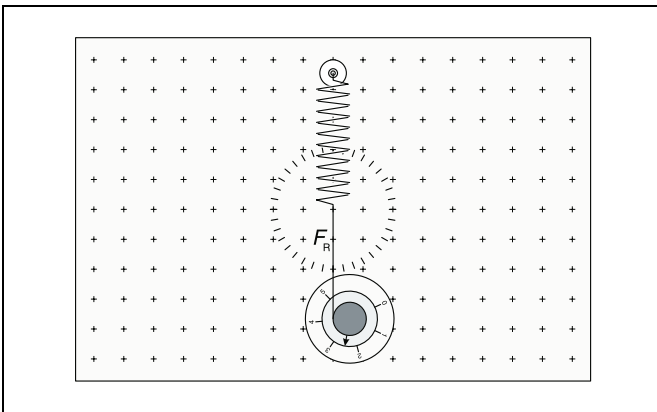
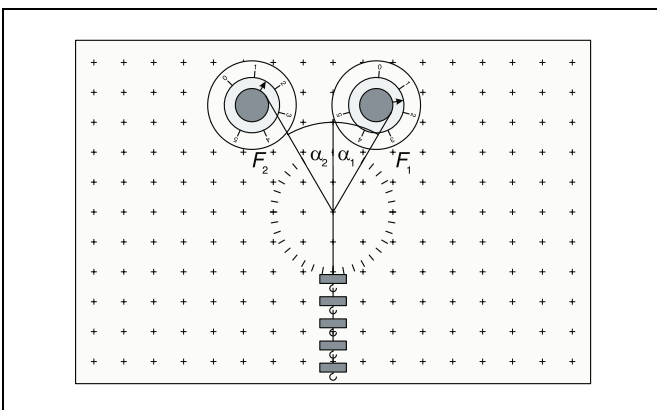


Fig. 4 Définition de la «force» F_G .

Fig. 5 Détermination des forces partielles F_1 et F_2



Exemple de mesure

a) Addition des forces:

Tab. 1: Valeurs de F_1 , F_2 et angles α_1 , α_2 des forces partielles et valeur F_R de la force obtenue par addition.

$\frac{F_1}{N}$	α_1	$\frac{F_2}{N}$	α_2	$\frac{F_R}{N}$
1,6	-40°	1,6	40°	2,5
2,0	-30°	1,3	$52,5^\circ$	2,5

b) Décomposition des forces:

Tab. 2: Valeur F_G de la force décomposée et valeurs F_1 , F_2 et angles α_1 , α_2 des forces partielles.

$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F_1}{N}$	α_1	$\frac{F_2}{N}$	α_2
2,5	1,4	-30°	1,4	30°
2,5	1,6	-40°	1,6	40°
2,5	1,9	-50°	1,9	50°
2,5	2,3	-10°	0,4	60°

Exploitation

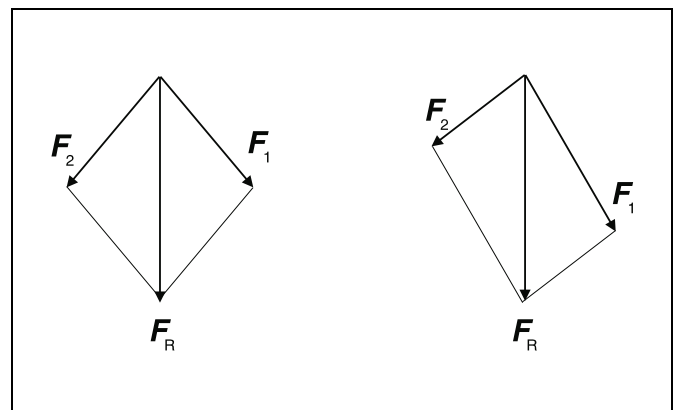
a) Addition des forces:

Sur la fig. 6, les flèches-vecteurs des forces partielles F_1 et F_2 sont tracées à l'échelle et complétées pour ainsi former un parallélogramme. La diagonale du parallélogramme coïncide (approximativement) avec la flèche-vecteur de la force F_R . Les composantes verticale et horizontale des forces calculées avec (III) et (IV) sont récapitulées dans le tab. 3.

Tab. 3: Valeurs F_1 , F_2 et angles α_1 , α_2 des forces partielles et valeur F_R de la force obtenue par addition.

$\frac{F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2}{N}$	$\frac{F_R}{N}$	$\frac{F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2}{N}$
2,45	2,5	0
2,52	2,5	0,03

Fig. 6 Représentation graphique de l'addition des forces partielles F_1 et F_2 en une force résultante F_R .



b) Décomposition des forces:

La décomposition de la «force» F_G en deux forces partielles F_1 et F_2 est représentée graphiquement sur la fig. 7. La diagonale du parallélogramme des forces coïncide (approximativement) avec la flèche-vecteur de la force F_G . Les composantes verticale et horizontale des forces calculées avec (III) et (IV) sont récapitulées dans le tab. 4.

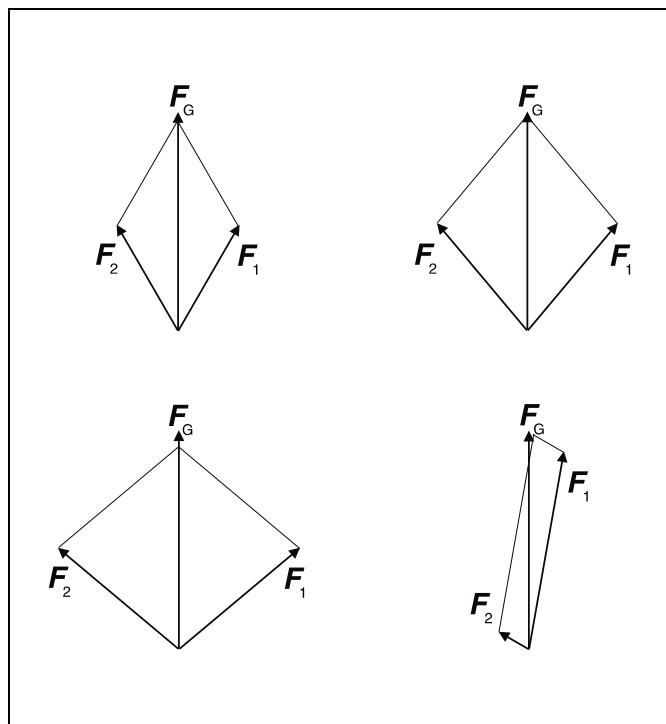


Fig. 7 Représentation graphique de la décomposition de la force F_G en deux forces partielles F_1 et F_2 .

Tab. 4: Valeur F_G de la force décomposée avec valeurs F_1 , F_2 et angles α_1 , α_2 des forces partielles.

$\frac{F_G}{N}$	$\frac{F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2}{N}$	$\frac{F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2}{N}$
2,5	2,42	0
2,5	2,45	0
2,5	2,44	0
2,5	2,47	-0,05

Résultat

Deux forces F_1 et F_2 quelconques, non parallèles, appliquées en un point, peuvent être remplacées par une force F . Une force F quelconque peut se décomposer en deux forces F_1 et F_2 non parallèles, appliquées en un point.