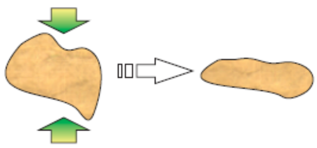
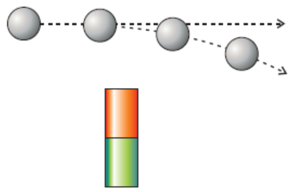
1. Action de forces

1.1. Rappels sur les forces

a) Effets d’une force

Une force est une cause capable de
1. Effets dynamiques : changer la nature du mouvement d'un corps (lancer, accélérer, arrêter, décélérer, dévier, tourner)
2. Effets statiques : déformer un corps (étirer, comprimer, tordre)

Annoter les effets :

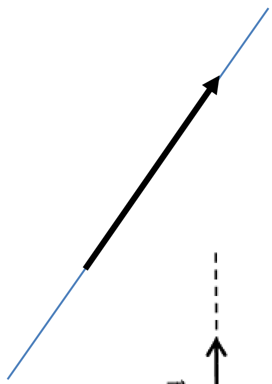

Sans force il n’y a pas de changement de mouvement.
Principe d’inertie : Un corps qui n’est soumis à aucune force (ou à des forces qui se compensent) continue son mouvement en ligne droite ou reste au repos.

La plupart du temps un corps est soumis a plusieurs forces.
Discuter la situation pour : palet de curling (au repos en mouvement) , une balle lancée qui rebondit, une fusée isolée.(https://www.youtube.com/watch?v=Kj4E3edb0_M *)*
Simulation : Force et mouvement

b) Définition de l'unité de force

En hommage à Isaac Newton l'unité de force est le N (Newton).
Une force de 1N fait que la vitesse d'un corps de masse 1kg augmente de 1m/s à chaque seconde (accélération a=1m/s^2). https://www.youtube.com/watch?v=RpX85Gt9Jrg
Pour mesurer l'intensité d'une force on utilise un dynamomètre (Kraftmesser)= ressort gradué.

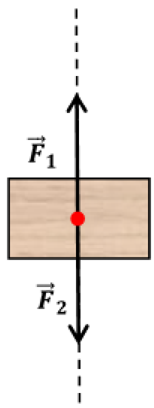
c) Vecteur force



On représente une force qui agit sur un corps par un vecteur.
Les caractéristiques du vecteur force $\vec{F}$ sont:
- origine = point d’application de la force sur le corps
- norme = intensité de la force
- direction = droite d’action de la force
- sens = sens dans lequel tire/pousse la force

Si on représente les vecteurs forces, on doit fixer une échelle convenable.

ATTENTION : Ne pas confondre $\vec{F}$ qui désigne la force avec les 4 caractéristiques et F=$\|\vec{F}\|$ qui exprime la valeur en newton.
Lire F= …....N sur l’illustration à l’échelle : 5N => 1cm.



Deux forces sont dites opposées si elles ont la même droite d’action (direction) et la même intensité, mais des sens opposés.
Fig. : Les 2 forces $\vec{F}_1$ *et* $\vec{F}_2$ opposées se compensent et maintiennent l’équilibre.

d) Force de pesanteur=poids

Il faut distinguer masse m (=quantité de matière en kg indépendant du lieu) et poids P (=force d'attraction terrestre en N). L'intensité de pesanteur g dépend du lieu (g=9,81 N/kg en moyenne sur Terre). Un poids est utile pour exercer une force constante.

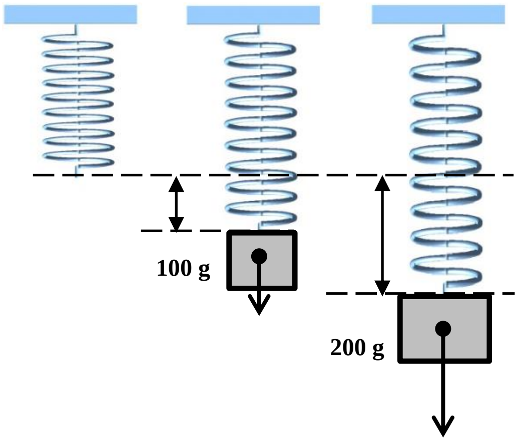
$$P = m \cdot g$$

Calculer la masse m qu'il faut pour exercer une force de 1N ?

1.2. Loi de Hooke

a) Etirement d'un ressort

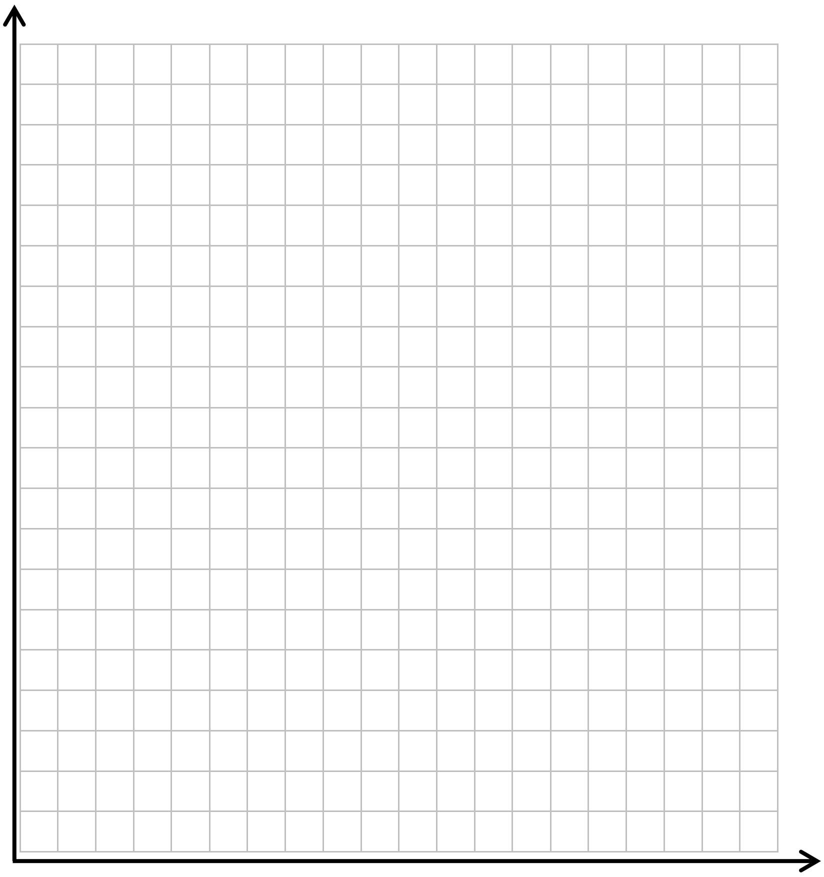
Pour mesurer des forces on utilise des ressorts (corps parfaitement élastiques=il reprend exactement sa forme initiale lorsqu'on le lâche). On accroche différentes masses à un ressort.



La masse (donc aussi la force) la plus importante provoque un allongement plus grand. Distinguer masse et force ainsi que longueur du ressort et allongement !
Analysons la relation entre l'intensité de la force $\vec{F}$ (poids) qu'on exerce sur l'extrémité d'un ressort et l'allongement x. Mesurons x1 et x2 pour deux ressorts différents.

		Ressort 1 :		Ressort 2 :	
masse m (kg)	force F (N)	allongement x_1 (cm)	$\frac{F}{x_1}$ ($\frac{N}{cm}$)	allongement x_2 (cm)	$\frac{F}{x_2}$ ($\frac{N}{cm}$)
		Raideur moyenne k_1		Raideur moyenne k_2	

Représentation graphique de la force F en fonction de l'allongement x du ressort :



b) Exploitation des résultats

On constate que :

1) Si la force est doublé (triplé), alors l'allongement du ressort est à peu près _______ (____________).

2) Le rapport $\frac{F}{x}$ pour un ressort est ______________. (voir tableau de mesures)

3) La représentation graphique F(x) « F en fonction de x » est _____________________ ____________

Ces trois observations sont équivalentes et mènent à la conclusion suivante :

Pour chaque ressort parfaitement élastique, la force F et l'allongement x sont (directement) proportionnels.
Mathématiquement ceci se traduit par le fait que le rapport entre l'intensité de la force F par l'allongement x est constant :

$$\frac{F}{x} = \mathrm{const} = k$$

Cette constante de proportionnalité notée k s'appelle raideur du ressort (Federhärte).

La **loi de Hooke** modélise l'allogement (ou la compression) x linéaire d'un ressort parfaitement élastique sous l'effet d'une force F :

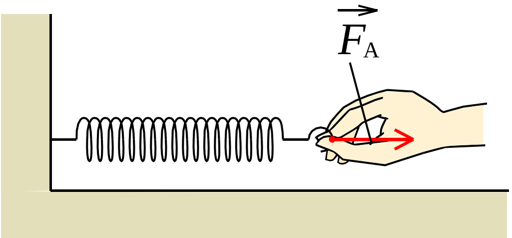
$$F = k \cdot x \quad \textit{avec F en N, k en } \frac{N}{m}$$

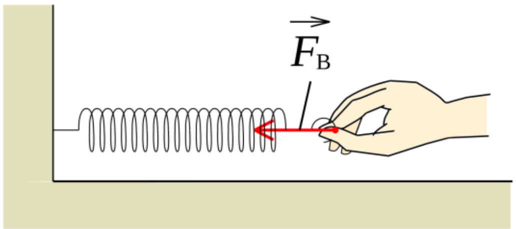
Simulation :https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs-basics/latest/masses-and-springs-basics_fr.html

c) Action réaction

La force d'étirement avec laquelle la main agit sur le ressort est à tout moment opposé à la force de rappel $\vec{F}_B$ avec laquelle le ressort tire la main vers la position d'équilibre.

$$\boxed{\vec{F}_A = -\vec{F}_B}$$

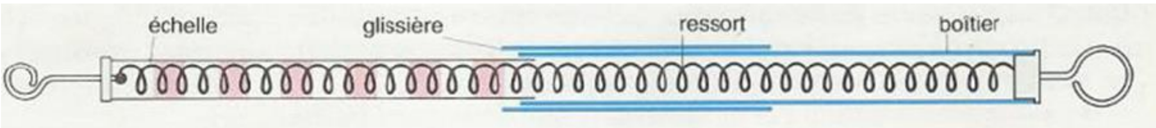




Simulation :
https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_fr.html

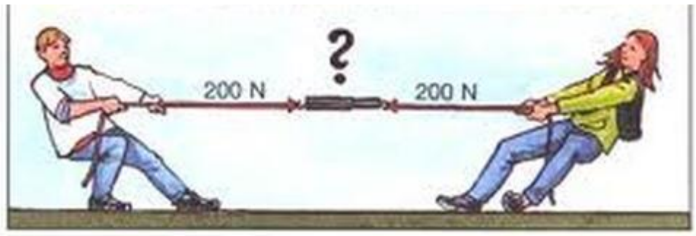
d) Application : Dynamomètre (Kraftmesser)

Chaque dynamètre a une certaine sensibilité qui dépend de la raideur du ressort à l'intérieur. Il faut régler le zéro dans l'orientation où on veut utiliser le dynamomètre en décalant une vis ou une glissière. Il faut correctement interpéter l'échelle de la graduation !



https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-das-gesetz-von-hooke/grundwissen/ablesen-von-kraftmessern

Question : Que va afficher le dynamomètre au milieu ?



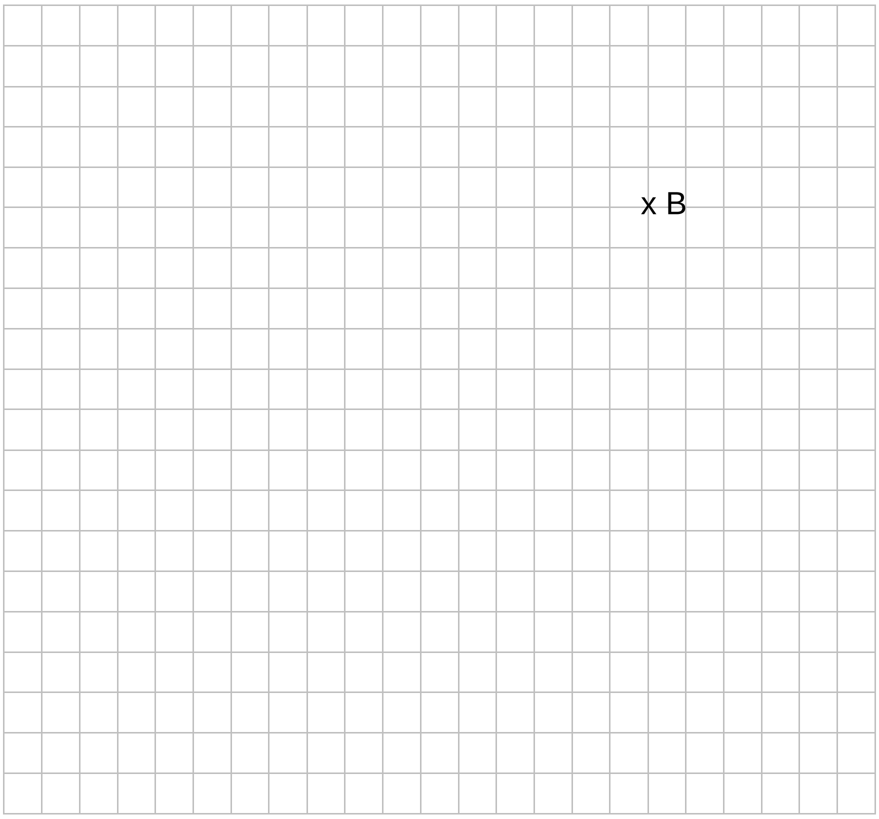
1.3. Composition et décompostion de forces

a) Coordonnées et représentation d'un vecteur force

Si on veut représenter un vecteur on doit connaître 1) son point d'application 2) son intensité (norme) et son orientation (angle) ou 2') ses coordonnées

Dessiner

- le repère cartésien (O,x,y) avec échelle 1N ≙ 1cm
- $\vec{F}_1(3,2)$ s'applique en O (0,0)
- $\vec{F}_2$ s'applique en A (4,6) avec F_2=5N et θ_2=35° par rapport à
- $\vec{F}_3$ s'applique en B (,) avec F_2=4N et θ_3=160°



Formules :

$$F_x = F \cdot cos\,\theta \qquad F = \sqrt{{F_x}^2 + {F_y}^2}$$

$$F_y = F \cdot sin\,\theta \qquad tan\,\theta = \frac{F_y}{F_x}$$

Calculer les coordonnées ou la norme et l'angle qui manquent pour $\vec{F}_1, \vec{F}_2\ et\ \vec{F}_3$.

Valeurs : F_x et F_y peuvent être postif ou négatif. F en valeur absolue.

Vecteur : $\overrightarrow{F} = F_x \cdot \vec{\imath} + F_y \cdot \vec{\jmath}$ ou $\overrightarrow{F}\ (F_x; F_y)$ JAMAIS UNE valeur !

https://www.youtube.com/watch?v=QRtDbqEKdM0

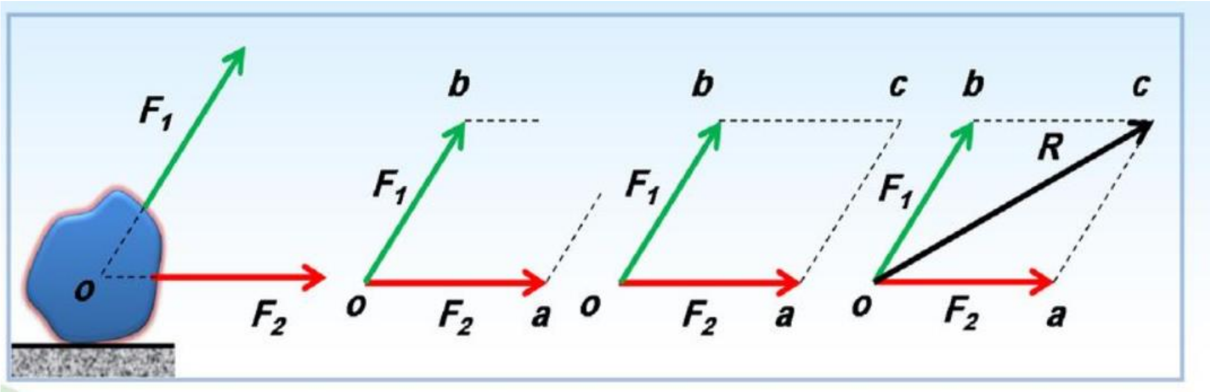
b) Résultante de plusieurs forces

La somme vectorielle $\overrightarrow{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ exprime l'effet résultant commun des 3 forces.
Construction graphique : https://www.walter-fendt.de/html5/phfr/resultant_fr.htm

Calcul : $R_x = F_{1x}+F_{2x}+F_{3x}$ et $R_y= F_{1y}+F_{2y}+F_{3y}$ $R= \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2}$

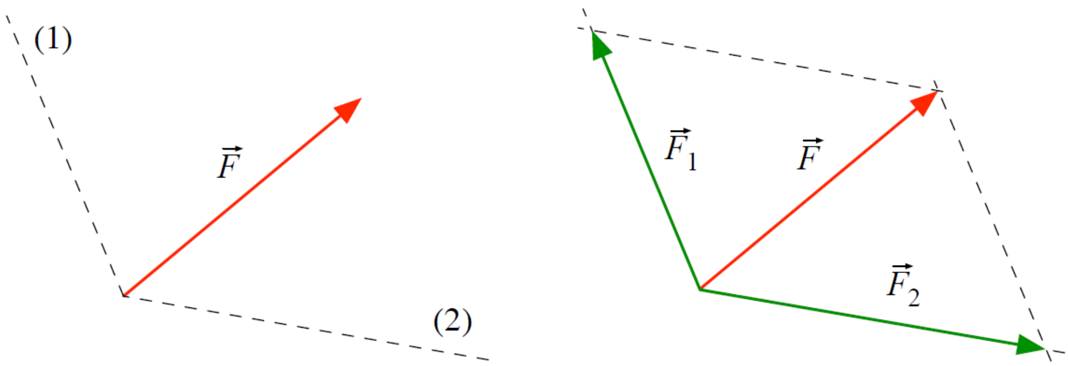
https://phet.colorado.edu/sims/html/vector-addition/latest/vector-addition_fr.html

Pour 2 forces la construction correspond à un parallèlogramme
Discuter l'erreur de notation dans : $R= F_1+ F_2$ en mesurant à l'échelle 1N ≙ 1cm



c) Décomposition d'une force selon 2 direction

Prenons un dynamomètre étiré par 2 cordes. On connait la force et on sait que cette action commune résulte de 2 forces qui agissent suivant la direction des 2 cordes. *Ajouter la position et l'orinetation du dynamomètre sur la figure.*



a) Directions de la décomposition b) Composantes du vecteur

1.4 Equilibre d'un corps soumis à plusieurs forces

a) Définition d'équilibre mécanique

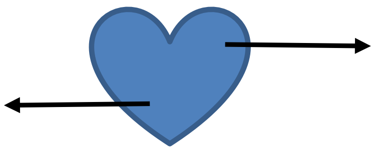
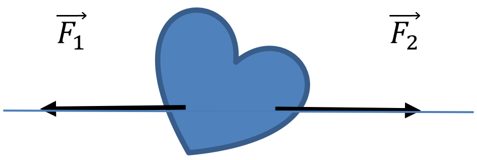
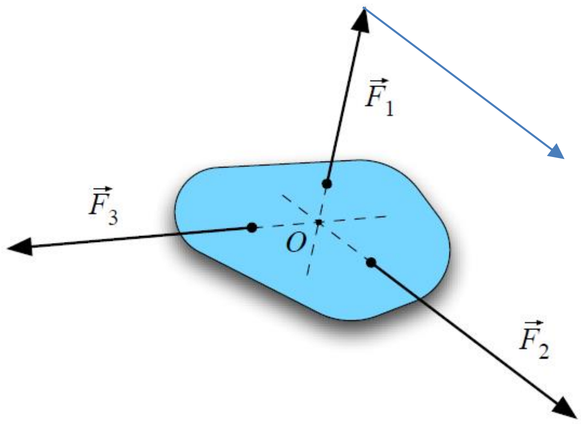
En physique, on parle **d'équilibre mécanique** si :

- un corps est au repos et y reste (équilibre statique)
- son centre de masse se déplace en ligne droite à vitesse constante (équilibre de translation)

b) Condition d'équilibre des forces

Si un corps soumis à plusieurs forces est en équilibre, la force résultante est nulle.

$$\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0} \qquad \sum \vec{F_i} = \vec{0} \qquad \text{équilibre de translation}$$

Cas de 2 forces :	Cas de 3 forces :
Les 2 forces sont opposés $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$ **et** les 2 lignes d'action sont confondues. Si les forces ne sont pas alignées, le corps tourne …  jusqu'à ce que l'alignement soit parfait  	La 3^{ième} force s'oppose à la somme des 2 autres $-\vec{F_3} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$ **et** les 3 lignes d'action se coupent en un point.  À nouveau si les 3 lignes d'action ne se coupent pas, le corps commence à tourner (=> Moment de force).

Rem : Dans les illustrations précédentes on suppose le poids des corps négligeables.

c) Résolution d'un exercice d'équilibre

1) Identifier le point du corps qui est soumis aux forces et **illustrer la situation**.
Attention : Souvent le poids (vertical) est l'une des forces. Ne pas confondre longueur d'un fil ou d'une tige avec le vecteur force.
2) Résoudre l'équation **vectorielle** $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}$ pour trouver les forces et angles cherchés. Faire des **compositions** ou **décompositions** graphiques à l'échelle. Calculs trigonométriques si on a 2 directions perpendiculaires.
3) Souvent $\vec{F_1} + \vec{F_2} = -\vec{P}$ et on décompose l'opposé du poids selon 2 directions (1) et (2).
Simulation : https://www.walter-fendt.de/html5/phfr/equilibriumforces_fr.htm