

FORCES

1 - Actions mécaniques

On appelle action mécanique toute action exercée par un objet sur un autre objet et susceptible de:

- Déformer un corps.
- Modifier son mouvement.
- Maintenir un corps en équilibre.

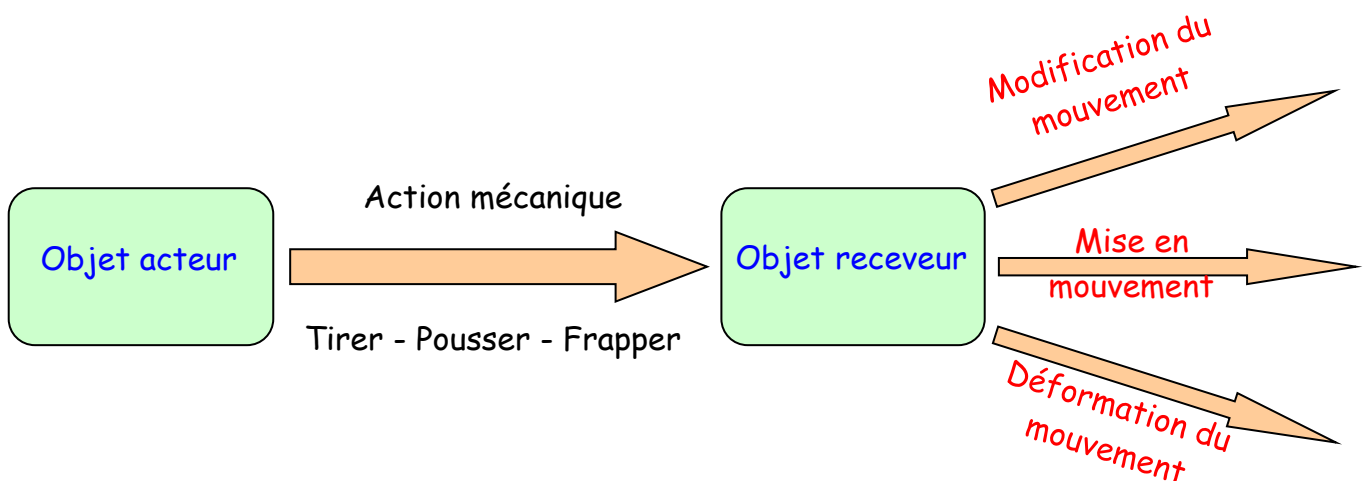
Par exemple, un ballon peut subir différentes actions mécaniques:

- Un ballon est déformé par un coup de pied.
- Un ballon est mis en mouvement par un joueur.
- Un ballon a sa trajectoire modifiée par un autre joueur.



Dans le cas du ballon et du joueur, l'objet qui exerce l'action mécanique est le joueur et celui qui la subit est le ballon.

Pour étudier une action mécanique, il est nécessaire de préciser l'objet qui exerce l'action (objet acteur) et celui qui la subit (objet receveur).



2- Différents types d'actions mécaniques

Il existe deux sortes d'actions mécaniques:

- Celle de contact qui n'existe que lorsque les systèmes sont en contact.
- Celle à distance qui ne nécessite pas de contact entre les systèmes.

2.1- Actions de contact

Une action mécanique de contact est dite localisée lorsqu'elle s'exerce en un point précis ou sur une très petite surface.

Par exemple, le marteau qui frappe sur la tête d'un clou.



Une action mécanique de contact est dite répartie en surface lorsqu'elle s'exerce sur une surface de grandes dimensions.

Par exemple, l'action motrice du vent sur les voiles d'un bateau.



2.2- Actions à distance

Les actions gravitationnelles sont des actions mécaniques à distance qui s'exercent sur tous les objets de masse non nulle.

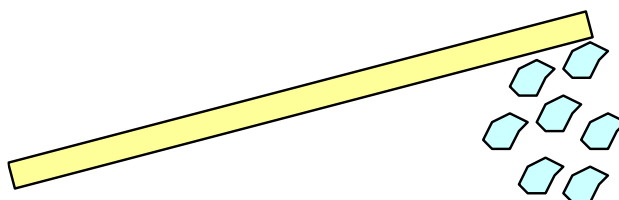
Les actions gravitationnelles permettent d'expliquer le mouvement de tous les objets de l'univers (satellites, planètes, étoiles, galaxie, etc.).

Par exemple, un objet que l'on lâche tombe sur le sol. La Terre exerce une action à distance sur la balle: c'est la pesanteur.



Les corps électriquement chargés exercent des actions mécaniques à distance, appelées actions électriques.

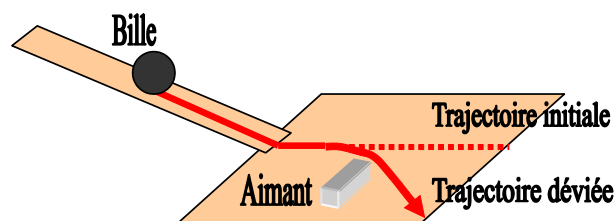
Par exemple, après avoir été frottée avec de la laine une règle en matière plastique est électrisée. Elle est alors capable d'attirer de petits objets.



L'action mécanique exercée par un aimant sur certains objets (à base de fer ou de nickel) est appelée action magnétique.

Par exemple, une bille en acier est déviée de sa trajectoire initiale rectiligne par un aimant.

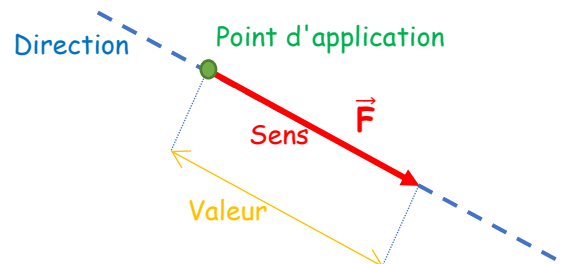
Les actions de pesanteur, électriques et magnétiques sont des actions mécaniques à distance. Elles sont réparties dans tout le volume de l'objet.



3- Modéliser une action par une force

Une action mécanique peut être modélisée par une force représentée par un vecteur \vec{F} qui possède:

- Un point d'application
- Une direction
- Un sens
- Une valeur (intensité ou norme)



La valeur d'une force se mesure à l'aide d'un dynamomètre et s'exprime en Newton (N).


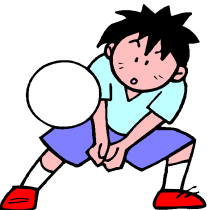

Par exemple, pour mettre en mouvement un train, la locomotive exerce sur l'ensemble des wagons une force horizontale orientée de droite à gauche, de valeur déterminée, et appliquée au point d'attache du convoi



4- Effets dynamique et statique d'une force

La mise en mouvement d'un objet ou la modification du mouvement d'un objet sont des effets dynamiques des forces.

La déformation d'un objet est un effet statique d'une force.

Effets dynamiques		Effets statiques
Mise en mouvement	Modification du mouvement	Déformation d'un objet
Pesanteur sur un objet. Tirer un objet. Poussée du vent ou de l'eau.	Action d'un aimant sur une bille en acier. Action d'un joueur sur un ballon.	Casser une craie ou un crayon. Ecrasement d'une voiture contre un mur.
		

5- Actions réciproques

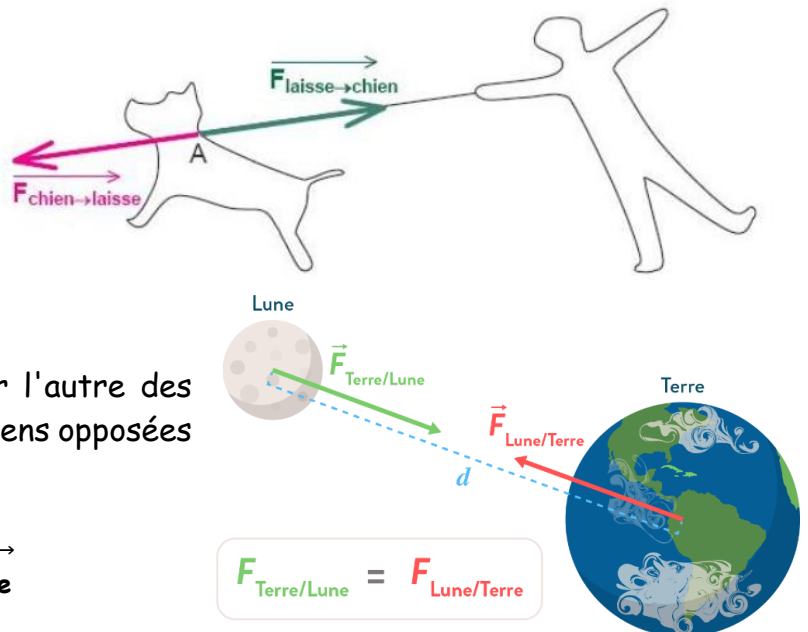
Toute action mécanique implique l'existence simultanée d'une action mécanique réciproque qui est de sens opposée.

Dans l'exemple ci-contre, les deux forces qui modélisent des actions mécaniques réciproques ont la même direction mais des sens opposés et la même valeur:

$$\vec{F}_{\text{chien-laisse}} = - \vec{F}_{\text{laisse-chien}}$$

La Terre et la Lune exercent l'une sur l'autre des forces ayant la même direction mais de sens opposés et de même valeur:

$$\vec{F}_{\text{Terre/Lune}} = - \vec{F}_{\text{Lune/Terre}}$$



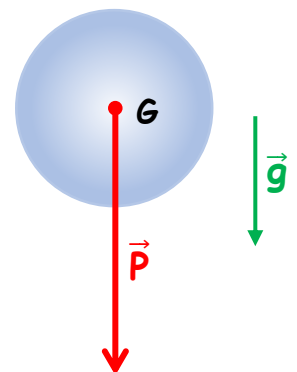
6- Exemples de forces

6.1- Le poids

En première approximation, on peut dire que le poids \vec{P} d'un objet est égal à la force d'attraction gravitationnelle que la Terre exerce sur lui.

Cette force de pesanteur est représentée par un vecteur \vec{P} possédant:

- Une origine: le centre d'inertie G du corps.
- Une direction: la verticale passant par G .
- Un sens: du haut vers le bas.
- Une intensité: $P = m g$.



Remarque: En réalité, le poids n'est pas rigoureusement confondu avec la force de gravitation.

En un point donné M , au voisinage de la Terre, le poids \vec{P} d'un objet de masse m peut s'écrire:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad \left| \begin{array}{ll} P: & \text{Poids (N)} \\ m: & \text{Masse (kg)} \\ g: & \text{Intensité de la pesanteur (N.kg}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$$

Le vecteur \vec{g} est, par définition, le vecteur champ de pesanteur terrestre au point M considéré. Ce n'est pas une force.

Ce vecteur champ de pesanteur terrestre \vec{g} possède:

- Une origine: le point M.
- Une direction: la verticale passant par M.
- Un sens: du haut vers le bas.
- Une valeur: l'intensité g de la pesanteur au point M

La valeur de l'intensité g de la pesanteur dépend de la latitude du point M où l'on opère et de son altitude:

$$g = 9,78 \text{ N/kg à l'équateur, au niveau de la mer.}$$

$$g = 9,83 \text{ N/kg au pôle nord, au niveau de la mer.}$$

La valeur de l'intensité g diminue avec l'altitude d'environ 1% tous les 30km.

Remarque: Pour faciliter les calculs, on pourra prendre, en première approximation, une valeur de l'intensité de la pesanteur g de 10 N/kg .

Dans un domaine restreint au voisinage de la Terre (dimensions de l'ordre de quelques kilomètres), on peut considérer que le champ de pesanteur est uniforme: le vecteur champ de pesanteur \vec{g} a même direction, même sens et même valeur en tout point de ce domaine restreint.

6.2- Force exercée par un support

Lorsque l'on pose un objet sur un support, alors celui-ci exerce en chacun des points de contact des forces sur le solide.

Il s'agit de forces qui s'opposent au poids et empêchent un objet de tomber. Cette force est en général verticale et orientée vers le haut et compense souvent le poids. Si le solide est en équilibre sur le support les forces compensent le poids du solide.

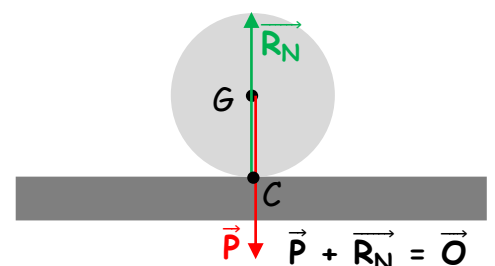
L'ensemble des forces de contact est équivalent à une force unique appelée force de réaction du support \vec{R} .

Quand deux surfaces solides sont en contact l'une avec l'autre, elles exercent une réaction appelée réaction normale l'une sur l'autre. Les forces de réactions normales \vec{R}_N sont perpendiculaires à la surface de **contact** sinon les solides s'interpénétreraient entre eux.

Un objet posé sur un plan horizontal est soumis à son poids \vec{P} et à la réaction \vec{R}_N du plan.

Ces deux forces sont opposées et de même valeur. Elles se compensent.

L'objet est immobile.

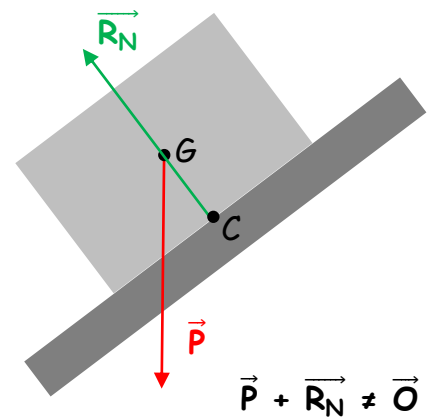


Un objet posé sur un plan incliné est soumis à son poids \vec{P} et à la réaction \vec{R}_N du plan.

Ces deux forces ne sont pas opposées. Elles ne se compensent pas.

L'objet est en mouvement.

Remarque: La force de réaction est toujours perpendiculaire au support.

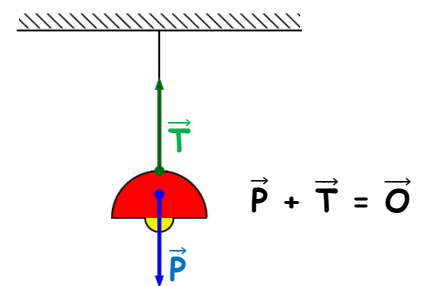


6.3- Force exercée par un fil

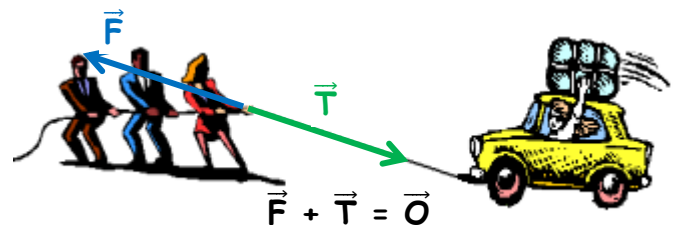
La force de tension \vec{T} d'un fil attaché à un objet est la force à exercer pour maintenir cet objet immobile ou pour le mettre en mouvement.

Une lampe suspendue par un fil au plafond est soumise à deux forces:

- Le poids \vec{P} , force avec laquelle la Terre attire la lampe verticalement vers le bas.
- La tension du fil \vec{T} , force exercée par le fil sur la lampe, dirigée verticalement vers le haut.



Une voiture est tirée à l'aide d'une corde par un groupe de personnes. La force de traction \vec{F} exercée par le groupe de personnes entraîne une force de tension \vec{T} au niveau de la corde.

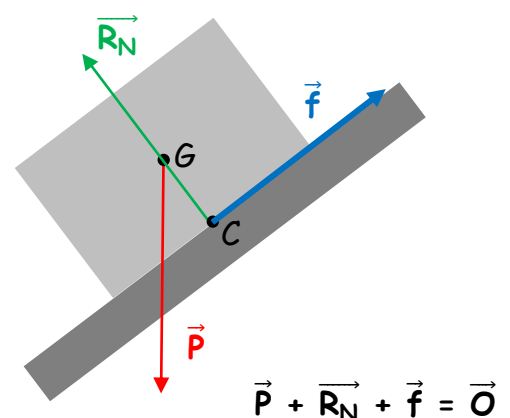


Remarque: La direction de la force de tension est toujours dirigée suivant le fil.

6.4- Force de frottement

Le frottement est une interaction qui s'oppose au mouvement relatif entre deux systèmes en contact. L'orientation de la force de frottement créée sur un corps est opposée au déplacement relatif de ce corps par rapport à son environnement.

Pour qu'un solide soit en équilibre sur un plan incliné, en plus du poids \vec{P} et de la réaction \vec{R}_N au support, il faut qu'il soit soumis à une troisième force: la force de frottement \vec{f} .



La force de frottement est une force créée par l'interaction de deux surfaces en contact qui glissent l'une sur l'autre et qui s'oppose au mouvement.

Le frottement est causé par les irrégularités d'une surface. Bien qu'une surface puisse paraître lisse à l'œil nu, des petites aspérités (des irrégularités) sont présentes sur la surface d'un objet lorsqu'on le regarde au microscope.

Il existe différents facteurs influençant la force de frottement. Il faut considérer les types de surface qui sont en contact. Des surfaces lisses offrent généralement moins de frottement que des surfaces rugueuses.

6.5- Poussée d'Archimède

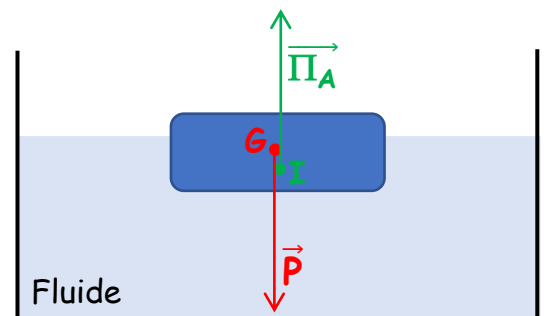
La poussée d'Archimède $\vec{\Pi}_A$ est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) soumis à un champ de gravité.

On parle aussi du principe d'Archimède et on le présente de la façon suivante assez fréquemment: *"Tout corps plongé dans un fluide au repos, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé. Cette force est appelée poussée d'Archimède".*

On peut dire que la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}_A$ subit par un corps plongé dans un fluide a une valeur égale au poids du fluide déplacé.

Cette force est représentée par un vecteur $\vec{\Pi}_A$ possédant:

- Une origine: le centre d'inertie I du fluide déplacé.
- Une direction: la verticale passant par I.
- Un sens: du bas vers le haut.
- Une intensité: $\Pi_A = m_{\text{fluide}} \cdot g$.

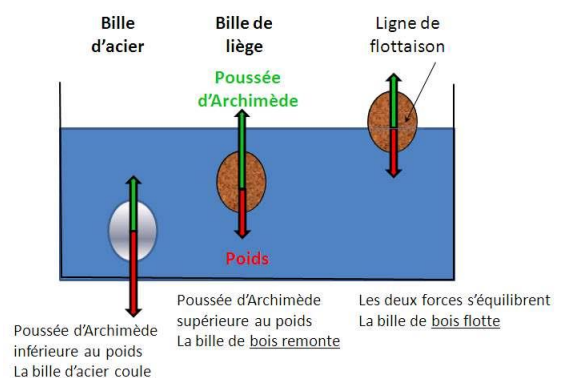


Selon que la force d'Archimède est supérieure ou inférieure au poids de l'objet, ce dernier coule ou flotte.

Regardons un exemple avec une bille d'acier et une bille de liège de mêmes dimensions qu'on lâche dans l'eau.

La différence entre l'acier et le liège, c'est qu'ils n'ont pas la même densité (pour le même volume, ils ont une masse différente).

Pour un volume identique, l'acier est 7 fois plus lourd que l'eau et liège est environ 5 fois plus léger que l'eau.



Trois cas peuvent se présenter:

- Si la densité du solide est supérieure à celle du fluide, alors le solide coule.
- Si la densité du solide est inférieure à celle du fluide, alors le solide remonte vers la surface.
- Il va flotter en se positionnant avec une ligne de flottaison, là où les deux forces vont exactement se compenser.

7- Effet d'une force sur un mouvement

Une force est susceptible:

- De modifier la vitesse d'un corps (éventuellement de le mettre en mouvement ou le stopper).
- De modifier la trajectoire d'un corps (forces qui se compensent).
- De déformer ce corps.

Selon les situations la force peut produire l'un de ces effets, deux d'entre eux ou les trois simultanément.

L'effet obtenu dépend de l'orientation de la force, de sa direction, de sa valeur et de la nature du corps qui subit cette force.

Dans ce qui suit, on se placera dans le référentiel terrestre.

7.1- Modification de la valeur de la vitesse

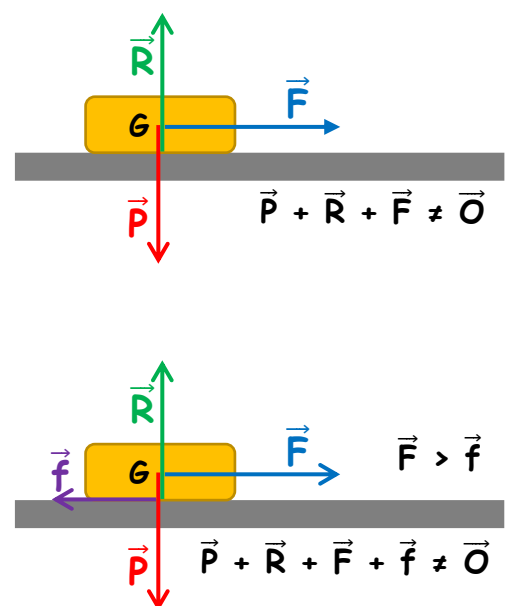
Une force appliquée à un corps peut modifier la valeur de sa vitesse.

Quand on donne une impulsion à un objet initialement immobile, on exerce une force \vec{F} qui le met en mouvement, sa vitesse est alors modifiée (elle passe d'une valeur nulle à une valeur non nulle).

Si une force \vec{F} est exercée sur cet objet, alors la somme des forces n'est plus nulle, et l'objet est mis en mouvement.

Si des frottements existent entre l'objet et le support, alors il faut que la valeur de la force \vec{F} soit supérieure à la valeur de la force de frottement \vec{f} pour mettre l'objet en mouvement.

Si la force \vec{F} est égale à la force de frottement \vec{f} alors l'objet sera immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.



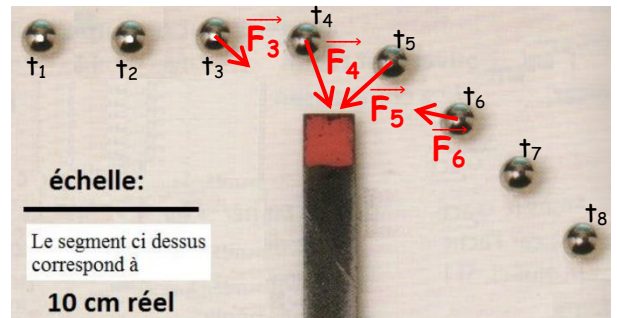
On aura alors:

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{f} = \vec{O}$$

7.2- Modification de la direction du mouvement - Modification du vecteur vitesse

Une force appliquée à un corps peut modifier la direction de son mouvement, donc changer le vecteur vitesse.

En présence d'un aimant, la trajectoire d'une bille en acier est modifiée. L'aimant exerce sur la bille une force \vec{F} appelée force magnétique qui modifie la direction du mouvement de la bille. Cette force augmente lorsque la bille se rapproche de l'aimant et diminue lorsqu'elle s'en éloigne.



Suivant la position de la bille la direction, sens et valeur du vecteur force varie \vec{F} .

7.3- Influence de la masse du corps

La force à exercer sur un objet pour modifier son mouvement dépend de sa masse. L'effet d'une force sur le mouvement d'un système dépend de la masse du système.

La masse d'un objet caractérise son inertie. Plus la masse d'un objet est élevée, plus il est difficile à modifier son mouvement.

Par exemple, la force \vec{F}_1 à exercer pour déplacer une poussette sur une certaine distance est plus faible que la force \vec{F}_2 à exercer sur une voiture pour parcourir la même distance.

