

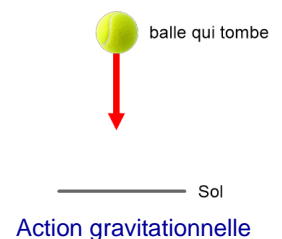
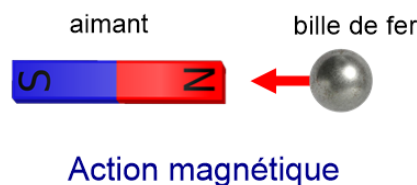
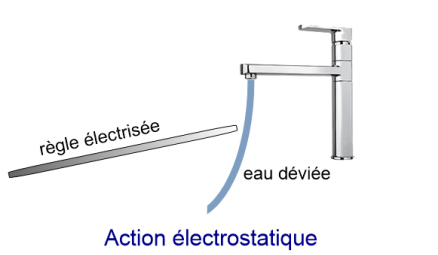
## I Modélisation d'une action par une force

### 1) Les actions mécaniques

Quand un système agit sur un autre système, on dit qu'il exerce une **action mécanique** sur lui. Le système extérieur qui crée l'action est appelé l'**auteur**, celui qui subit l'action est appelé le **receveur**.

**Il existe deux types d'actions mécaniques :**

- **les actions de contact** : l'auteur doit être en contact avec le receveur pour exercer son action.  
*Exemples* : action d'un marteau sur un clou, action de la main sur une poussette, ...
- **les actions à distance** : l'auteur exerce son action sans contact avec le receveur  
*Exemples* : action d'une règle électrisée sur un filet d'eau : action électrostatique ;  
action d'un aimant sur une bille en acier : action magnétique ;  
action de la Terre sur un objet ou d'une planète sur son satellite : action gravitationnelle.



### 2) Notion de force

L'action mécanique n'est pas directement saisissable et mesurable. Pour pouvoir l'étudier, on la modélise par une grandeur appelée « force ».

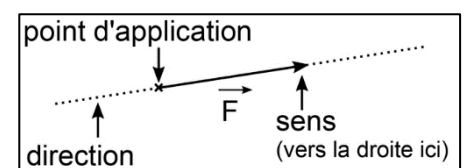
**Une force est la modélisation d'une action mécanique d'un système extérieur sur le système étudié.**

**L'intensité d'une force se note  $F_{\text{auteur/receveur}}$ , elle se mesure à l'aide d'un dynamomètre et s'exprime en newton (symbole : N).**



**On représente une force par un vecteur, noté :  $\vec{F}_{\text{auteur/receveur}}$ . Le vecteur a les caractéristiques suivantes :**

- **Son point d'application** : le point où la force agit.
  - Pour une **action mécanique de contact**, le point d'application de la force sera le point de contact entre l'auteur et le receveur ; s'il s'agit d'une surface de contact alors le point d'application de la force sera le centre de cette surface ;
  - Pour une **action mécanique à distance**, le point d'application de la force sera le centre de gravité du receveur.
- **Sa direction** (ou droite d'action) : droite selon laquelle la force agit.
- **Son sens** : repéré par la direction de la flèche.
- **Sa norme (longueur)** : proportionnelle à l'intensité de la force.



Il faut donc obligatoirement définir une échelle pour représenter une force par un vecteur !

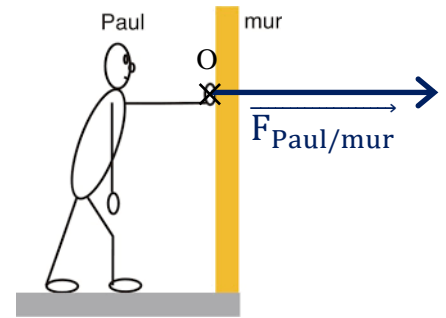
**Remarque :** La lettre F est utilisée pour indiquer l'intensité de la force, alors que le symbole  $\vec{F}$  est utilisé pour le vecteur. On écrit  $F = 5 \text{ N}$  et non pas  $\vec{F} = 5 \text{ N}$ .

**Exemple :** force exercée par Paul sur le mur :

- point d'application : point O
- direction : horizontale
- sens : vers la droite
- intensité :  $F_{\text{Paul/mur}} = 3 \times 30 = 90 \text{ N}$

Echelle de représentation : 1 cm pour 30 N

$\vec{F}_{\text{Paul/mur}}$



## II Principe des actions réciproques

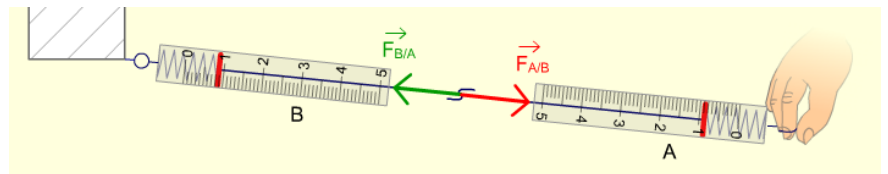
En 1687, le physicien anglais Isaac Newton énonce un des grands principes de la physique appelé **principe des actions réciproques** dans son livre : « *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* ».

**Soient A et B deux systèmes en interaction.**

**Si un système A exerce une force  $\vec{F}_{A/B}$  sur un système B, alors le système B exerce aussi sur le système A une force  $\vec{F}_{B/A}$  ayant même direction et même intensité mais de sens opposé.**

**Cela peut se noter :**  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

**Remarque :** Cette loi est également appelée « troisième loi de Newton » ou loi d'action/réaction.



## III Exemples de forces

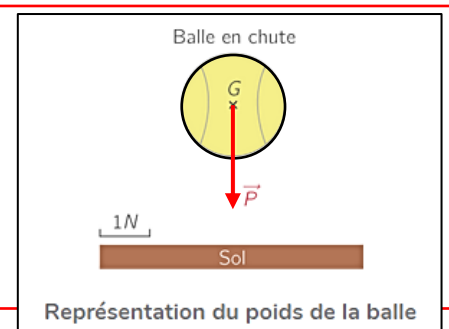
### 1) Le poids

La Terre exerce une action mécanique d'attraction sur tous les corps situés dans son environnement. C'est une action mécanique à distance.

**Le poids noté P modélise l'action mécanique de la Terre sur l'objet. Le vecteur représentant le poids se note  $\vec{P}$ .**

**Les caractéristiques du poids sont les suivantes :**

- **point d'application :** centre de gravité de l'objet.
- **direction :** verticale du lieu.
- **sens :** vers le bas (vers le centre de la Terre).
- **Intensité :** mesurée avec un dynamomètre, en newton.



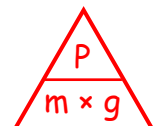
Attention : ne pas confondre le poids et la masse !!

- Le **poids** est une force qui se mesure en newton. Le poids dépend du lieu où se trouve l'objet.
- La **masse** représente la quantité de matière d'un objet. Elle se mesure en kilogramme et ne dépend pas du lieu où se trouve l'objet.

Le poids d'un objet est proportionnel à la masse de cet objet :

$$\mathbf{P = m \times g}$$

P : Poids en newton (N)  
m : masse en kilogramme (kg)  
g : intensité de la pesanteur ( $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ )



On en déduit les formules :  $m = \frac{P}{g}$  et  $g = \frac{P}{m}$ .

Cette relation s'exprime également avec les vecteurs :

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

$\vec{g}$  est le vecteur associé à la pesanteur.  $\vec{P}$  et  $\vec{g}$  ont la même direction (la verticale) et le même sens (vers le bas).

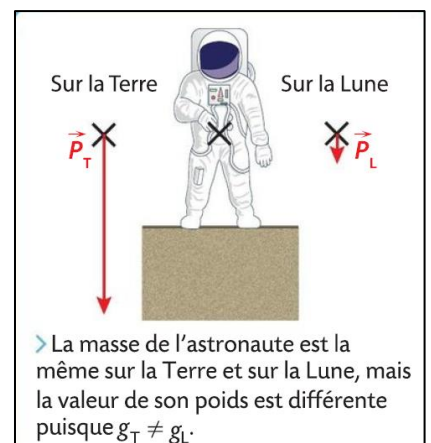
Exercices :

On prendra  $g_T = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  sur Terre et  $g_L = 1,6 \text{ N.kg}^{-1}$  sur la Lune

Une voiture a une masse  $m$  de 1250 kg. Calculer son poids  $P_T$  sur la Terre, puis son poids  $P_L$  sur la Lune.

**Poids  $P_T$  sur la Terre :**  $P_T = m \times g_T = 1250 \times 9,8 = \underline{12\,250 \text{ N}}$ .

**Poids  $P_L$  sur la Lune :**  $P_L = m \times g_L = 1250 \times 1,6 = \underline{2000 \text{ N}}$ .



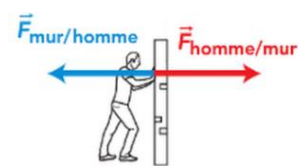
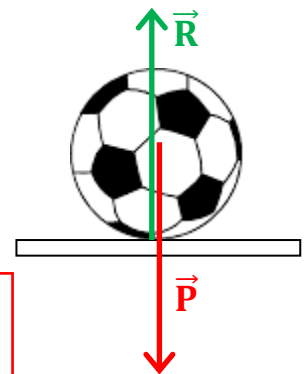
## 2) La force exercée par un support ou par un fil

Un objet posé sur un support, comme une table, ne tombe pas ou ne traverse pas la table car celle-ci exerce une force de contact sur l'objet qui compense exactement son poids, **selon le principe des actions réciproques**.

Cette force est appelée « réaction du support ». Elle est notée  $R$ .

$$\vec{R} = \vec{F}_{\text{support}/\text{objet}}$$

**Dans le cas d'un objet immobile posé sur un support, la réaction du support compense exactement le poids de cet objet :  $\vec{R} = -\vec{P}$**



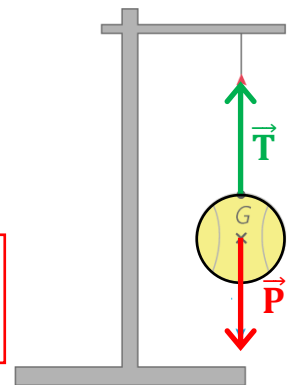
La réaction du support peut s'appliquer suivant n'importe quelle direction, pour des actions de contact ou à distance.

Elle s'applique dès qu'un système entre en contact avec un support.

On considère un objet attaché à un fil tendu. Le fil exerce sur le système une force qui « retient » l'objet, **selon le principe des actions réciproques**. Cette force est appelée « tension du fil ». Elle est notée  $T$ .

$$\vec{T} = \vec{F}_{\text{fil}/\text{objet}}$$

**Dans le cas d'un objet immobile suspendu par un fil, la tension du fil compense exactement le poids de cet objet :  $\vec{T} = -\vec{P}$**



## 3) La force d'interaction gravitationnelle

Isaac Newton énonce également dans son livre la loi de gravitation universelle :

**Loi de la gravitation universelle :**

**Deux corps A et B s'attirent mutuellement. On dit qu'ils sont en interaction gravitationnelle.**

**L'interaction gravitationnelle qu'ils exercent l'un sur l'autre est :**

- proportionnelle à leur masse  $m_A$  et  $m_B$ .
- inversement proportionnelle au carré de la distance  $d$  entre les deux corps.

La force exercée par A sur B se note  $\vec{F}_{A/B}$ . La force exercée par B sur A se note  $\vec{F}_{B/A}$ .

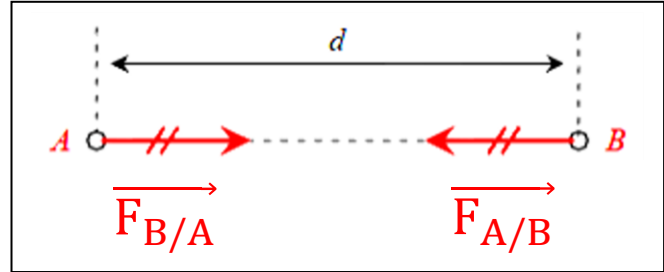


Ces forces qui modélisent cette interaction mutuelle ont les caractéristiques suivantes :

- **Point d'application** : La force exercée par A sur B s'applique au centre de gravité de B. La force exercée par B sur A s'applique au centre de gravité de A.
- **Direction** : celle de la droite (AB).
- **Sens** : dirigée vers le corps qui attire.
- **Intensité** : donnée par la relation :

$$F = \frac{G \times m_A \times m_B}{d^2}$$

F : Force en newton (N)  
d : distance en mètre (m)  
 $m_A$  et  $m_B$  : masses en kilogramme (kg)  
G : constante de la gravitation  
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$



**Remarque** : On trouve souvent  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  SI. Cela signifie que l'on utilise le système international d'unités.

**Attention** : il ne faut **surtout pas** confondre G : constante de la gravitation :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ .  
et g : intensité de la pesanteur, dépend du lieu où l'on se trouve.

Les deux forces ont la même intensité en newtons :  $F_{A/B} = F_{B/A}$ .

Les vecteurs représentant les deux forces sont opposés :  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

**En première approximation, on peut considérer que le poids P d'un objet sur Terre est égal à la force d'interaction gravitationnelle F exercée sur cet objet à la surface d'un astre.**

**Exercice 1** : Le télescope spatial Hubble est en orbite à une distance  $d = 6,96 \times 10^6$  m du centre de la Terre. Calculer la valeur F de la force d'interaction qui s'exerce entre la Terre et le télescope.



**Données** :  $m_T = 5,98 \times 10^{24}$  kg       $m_{\text{Hubble}} = 11 \times 10^3$  kg

$$F = \frac{G \times m_T \times m_H}{d^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times 11 \times 10^3}{(6,96 \times 10^6)^2} = 9,06 \times 10^4 \text{ N} (= 90\,574 \text{ N})$$

**Exercice 2** : On considère le système Terre-Lune.

**Données** :  $m_T = 5,98 \times 10^{24}$  kg       $m_L = 7,35 \times 10^{22}$  kg       $d = 3,84 \times 10^8$  m

a) Calculer la valeur F de la force d'interaction qui s'exerce entre la Terre et la Lune.

$$F = \frac{G \times m_T \times m_L}{d^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} = 1,99 \times 10^{20} \text{ N}$$

b) Représenter la force exercée par la Terre sur la Lune  $\vec{F}_{T/L}$ , puis la force exercée par la Lune sur la Terre  $\vec{F}_{L/T}$ .  
Echelle : 1 cm  $\leftrightarrow$   $1 \times 10^{20}$  N.

