

# 1 La modélisation d'une action mécanique par une force

## A Système étudié et extérieur

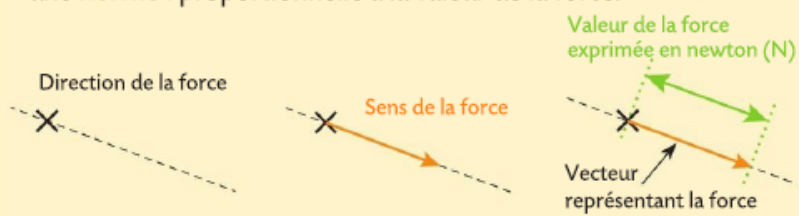


> Le système étudié est le parachutiste et son équipement. Tout le reste (air, Terre...) constitue l'extérieur.

- Tout ce qui ne constitue pas le **système étudié** est appelé le système extérieur, ou plus simplement **extérieur** (photographie **A**).
- Le système étudié est **modélisé par un point**.
- Le système étudié peut être soumis à différentes actions mécaniques de la part de l'extérieur.

## a. Action mécanique

- Une **action mécanique** exercée par l'extérieur sur le système étudié est modélisée par une **force**.
- Cette force est représentée par un **vecteur** qui a :
  - une **direction** : celle de la droite d'action de la force ;
  - un **sens** : celui de la force ;
  - une **norme** : proportionnelle à la valeur de la force.

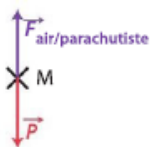


### Exemples

L'action mécanique exercée par la Terre sur le parachutiste de la photographie **A** est modélisée par le poids  $\vec{P}$  (schéma **B**). L'action mécanique exercée par l'air sur le parachutiste est modélisée par la force  $\vec{F}_{\text{air/parachutiste}}$ .

- Le **point d'application** d'une force est le point où l'on considère que s'exerce la force. Quand le système est modélisé par un point, ce point est considéré comme point d'application de la force.
- La somme de toutes les forces qui s'exercent sur le système étudié est la **force résultante**.

## B Modélisation des actions mécaniques



> Le parachutiste du document **A** est modélisé par le point M.

## b. Action de contact et action à distance

Une action qui ne s'exerce que lorsqu'il y a contact entre le système étudié et l'extérieur est appelée **action de contact**.

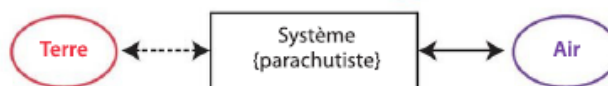
**Exemple** : L'action mécanique du vélo de l'adulte, en contact avec le vélo de l'enfant sur la photographie **C**, est une action de contact.

Une action qui s'exerce sans contact entre le système étudié et l'extérieur est appelée **action à distance**.

**Exemple** : L'action mécanique de l'aimant 2 qui repousse l'aimant 1 sur le schéma **D** est une action à distance car elle ne nécessite pas de contact.

Un **diagramme objets-interactions** permet de faire l'inventaire des interactions à distance (représentées par des pointillés) et de contact (représentées par des traits pleins) dans lesquelles un système est engagé. Chaque action exercée sur le système est modélisée par une force.

**Exemple** : Le parachutiste de la photographie **A** interagit avec la Terre et l'air.



## C Une action de contact



## D Une action à distance



## 2 Le principe des actions réciproques

### E Exemples d'actions réciproques

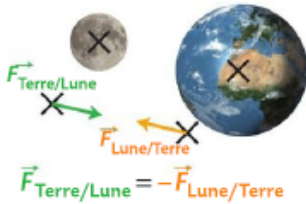
Pour une meilleure compréhension, les forces ont été tracées sur chaque photographie ou schéma.



$$\vec{F}_{\text{cheval/cavalière}} = -\vec{F}_{\text{cavalière/cheval}}$$



$$\vec{F}_{\text{bouée/câble}} = -\vec{F}_{\text{câble/bouée}}$$

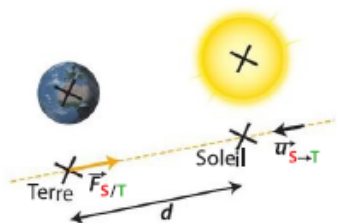


$$\vec{F}_{\text{Terre/Lune}} = -\vec{F}_{\text{Lune/Terre}}$$

lycee.hachette-education.com/pc/2de



### F Représentation de la force $\vec{F}_{S/T}$



> La force exercée par le Soleil sur la Terre est dirigée selon la droite qui joint leurs centres. Elle est orientée de la Terre vers le Soleil.

Son expression vectorielle est :

$$\vec{F}_{S/T} = -G \times \frac{m_S \times m_T}{d^2} \vec{u}_{S \rightarrow T}$$

Lorsque deux systèmes sont en **interaction**, ils exercent l'un sur l'autre des forces opposées. Ces forces ont :

- la **même droite d'action** ;
- des **sens opposés** ;
- une **même valeur**.

Ce principe est valable aussi bien pour des actions de contact que pour des actions à distance (photographies **E**), que les systèmes soient en mouvement ou au repos.

## 3 Des exemples de forces

### a. Forces d'interaction gravitationnelle

• Le physicien anglais **Isaac NEWTON** (1642-1727) a montré que deux objets s'attirent mutuellement. Ils sont en interaction sous l'effet de la gravitation, c'est l'**interaction gravitationnelle**.

L'**interaction gravitationnelle** entre deux objets de centres respectifs **A** et **B**, de masses  $m_A$  et  $m_B$ , distants de  $d$ , peut être modélisée par deux forces attractives, notées  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$ , appelées **forces d'interaction gravitationnelle**.

Ces deux forces sont opposées :  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$ . Elles ont :

- une **même direction** : celle de la **droite d'action** passant par **A** et **B** ;
- des **sens opposés** : de **B** vers **A** pour  $\vec{F}_{A/B}$  et de **A** vers **B** pour  $\vec{F}_{B/A}$  ;
- une **même valeur**  $F$  :

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

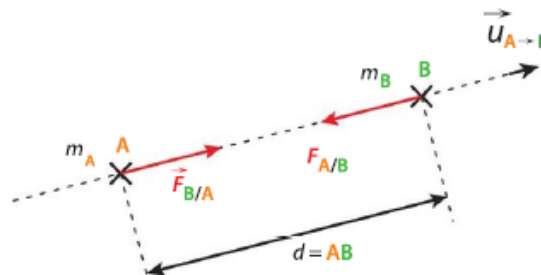
$F$  en N       $G$  en  $N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$        $m_A$  et  $m_B$  en kg       $d$  en m

- des **points d'application** différents : celui de la force  $\vec{F}_{A/B}$  est le point **B**, celui de la force  $\vec{F}_{B/A}$  est le point **A**.

Vectoriellement :

$$\vec{F}_{A/B} = -F \vec{u}_{A \rightarrow B}$$

$\vec{u}_{A \rightarrow B}$  est un vecteur unitaire, sa direction est celle de la droite (**AB**) et son sens est de **A** vers **B**.



• Avec trois chiffres significatifs,  $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ .

• La force  $\vec{F}_{A/B}$  a pour expression vectorielle (doc. **F**) :

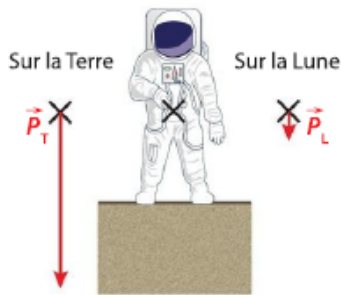
$$\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$$

## G Différentes intensités de la pesanteur

- $g_{\text{Terre}} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- $g_{\text{Mars}} = 3,7 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- $g_{\text{Lune}} = 1,6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

L'intensité de la pesanteur à la surface d'un astre ne dépend que des caractéristiques de l'astre.

## H Poids d'un astronaute de masse $m$



> La masse de l'astronaute est la même sur la Terre et sur la Lune, mais la valeur de son poids est différente puisque  $g_T \neq g_L$ .

## b. Poids d'un objet

Le poids  $P_A$  d'un objet à la surface d'un astre  $A$  est assimilé à la force d'interaction gravitationnelle exercée par cet astre sur cet objet.

$$\vec{P}_A = \vec{F}_{A/\text{objet}} = -G \times \frac{m_A \times m_{\text{objet}}}{R_A^2} \vec{u}_{A \rightarrow \text{objet}}$$

Dans cette expression,  $R_A$  est le rayon de l'astre car la distance entre le centre de l'objet et la surface de l'astre est négligeable devant  $R_A$ .

La valeur du poids de l'objet sur l'astre  $A$  est :

$$P_A = F_{A/\text{objet}} = G \times \frac{m_A \times m_{\text{objet}}}{R_A^2}$$

Au collège, le poids d'un objet sur Terre a été défini par  $P = m_{\text{objet}} \times g$ . L'intensité de la pesanteur  $g$  dépend cependant de l'astre sur lequel se trouve l'objet (liste G). Elle est notée  $g_A$ , d'où :

$$P_A = m_{\text{objet}} \times g_A$$

La comparaison des expressions de  $P_A$  conduit à :

$$g_A \text{ en } \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \rightarrow g_A = G \times \frac{m_A}{R_A^2}$$

$m_A$  en kg

$R_A$  en m

$G$  en  $\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

Cela explique pourquoi la valeur du poids d'un objet dépend à la fois de la masse de l'objet et de l'astre sur lequel il se trouve (doc. H).

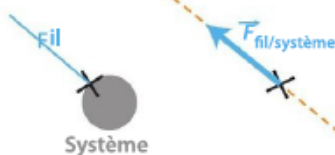
- Le poids  $\vec{P}$  d'un système de masse  $m$  est :  $\vec{P} = m\vec{g}$ .  
 $\vec{g}$  est le vecteur associé à la pesanteur sur l'astre où se trouve le système ; il est vertical et dirigé vers le bas.
- $\vec{P}$  et  $\vec{g}$  ont la même direction (la verticale du lieu) et le même sens (vers le bas). Ils dépendent du lieu où se trouve le système. Leurs valeurs sont liées par :

$$P \text{ en } \text{N} \rightarrow P = m \times g \leftarrow g \text{ en } \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$m$  en kg

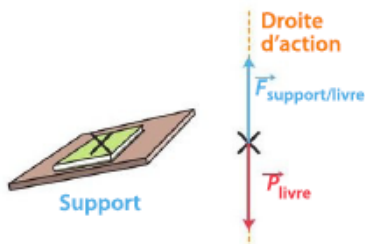
## I Action d'un fil ou d'un support

Schéma Modélisation



a Le fil exerce une action sur le système. Sans cette action, le système chuterait.

Schéma Modélisation



b Le support exerce une action qui maintient le système {livre} immobile. Sans cette action, le livre traverserait le support.

## c. Force exercée par un support ou par un fil

Lorsque le système étudié est maintenu par un fil (schéma I a) ou posé sur un support (schéma I b), alors ce fil ou ce support exerce une action de contact sur le système.

- Lorsque le système étudié est soumis à l'action d'un fil, alors la force modélisant cette action a :
  - une direction : celle du fil ;
  - un sens : du système vers le fil.
- Lorsque le système étudié n'est soumis qu'à son poids et à l'action d'un support, et qu'il est immobile dans le référentiel lié au support, alors ces deux forces ont même droite d'action et  $\vec{F}_{\text{support/système}} = -\vec{P}$ .

Remarque :

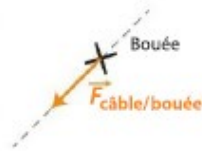
En l'absence de frottement entre le support et le système, la force modélisant l'action du support est perpendiculaire au support. Lorsqu'il y a des frottements, cette action n'est pas perpendiculaire au support. C'est le cas pour un système immobile sur un support incliné (schéma I b).



# 1 La modélisation d'une action mécanique par une force

## Actions mécaniques sur un système

- Actions de contact
- Actions à distance



## Modélisation



# 2 Le principe des actions réciproques

Deux systèmes en interaction exercent l'un sur l'autre des forces opposées.



Ces forces ont :

- la même droite d'action ;
- la même valeur ;
- des sens opposés.

# 3 Des exemples de forces

	Force d'interaction gravitationnelle	Poids	Force exercée par un support*	Force exercée par un fil
<b>Direction</b>	Droite reliant le centre du système étudié et le centre de l'astre attracteur	Verticale du lieu	Verticale du lieu	Celle du fil
<b>Sens</b>	Du centre du système étudié vers le centre de l'astre attracteur	Vers le bas	Vers le haut	De l'objet vers le fil
<b>Valeur</b>	$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$	$P = m \times g$	$F_{\text{support/système}} = P$	Elles dépendent des autres forces exercées sur le système.
<b>Expression vectorielle</b>	$\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$	$\vec{P} = m \vec{g}$ $\vec{g}$ est le vecteur associé à la pesanteur, il est vertical et dirigé vers le bas	$\vec{F}_{\text{support/système}} = -\vec{P}$	

\*Lorsque le système étudié est immobile et soumis seulement au poids et à l'action du support.