

1 La modélisation d'une action mécanique par une force

A Système étudié et extérieur

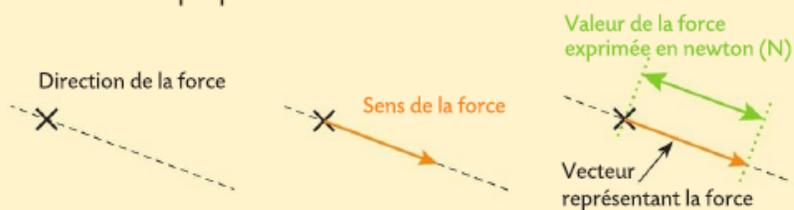


> Le système étudié est le parachutiste et son équipement. Tout le reste (air, Terre...) constitue l'extérieur.

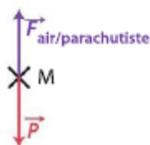
- Tout ce qui ne constitue pas le **système étudié** est appelé le système extérieur, ou plus simplement **extérieur** (photographie **A**).
- Le système étudié est **modélisé par un point**.
- Le système étudié peut être soumis à différentes actions mécaniques de la part de l'extérieur.

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.



B Modélisation des actions mécaniques



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

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**.

C Une action de contact



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**.

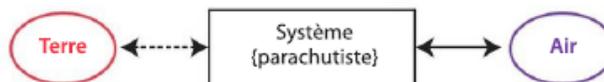
Exemple : L'action mécanique de l'aimant 2 qui repousse l'aimant 1 sur le schéma **D** est une action à distance car elle ne nécessite pas de contact.

D Une action à distance



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.



2 Le principe des actions réciproques

E Exemples d'actions réciproques

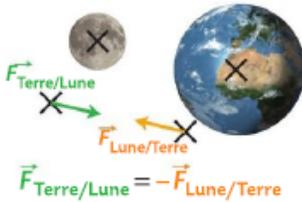
Pour une meilleure compréhension, les forces ont été tracées sur chaque photographie ou schéma.



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



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



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

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



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 :

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

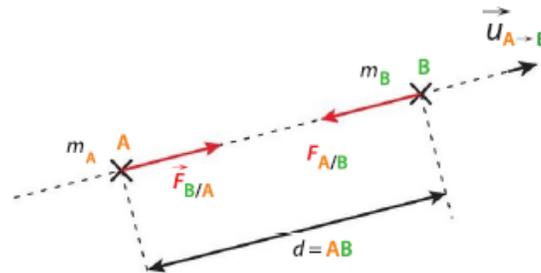
F en N G en $N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ m_A et m_B en kg d en m

- 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 :

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

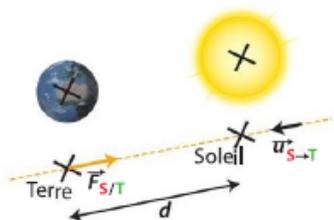
$\vec{u}_{A \rightarrow B}$ est un vecteur unitaire, sa direction est celle de la droite (AB) et son sens est de A vers B.



- Avec trois chiffres significatifs, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.
- La force $\vec{F}_{A/B}$ a pour expression vectorielle (doc. F) :

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

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 :

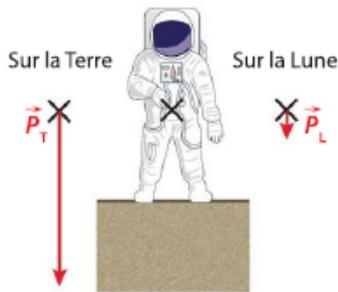
$$\vec{F}_{S/T} = -G \times \frac{m_S \times m_T}{d^2} \vec{u}_{S \rightarrow T}$$

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).

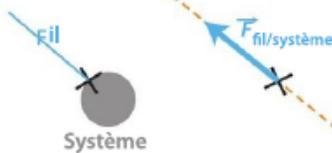
- Le poids \vec{P} d'un système de masse m est : $\vec{P} = m\vec{g}$. \vec{g} est le vecteur associé à la pesanteur sur l'astre où se trouve le système ; il est vertical et dirigé vers le bas.
- \vec{P} et \vec{g} ont la même direction (la verticale du lieu) et le même sens (vers le bas). Ils dépendent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

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

m en kg

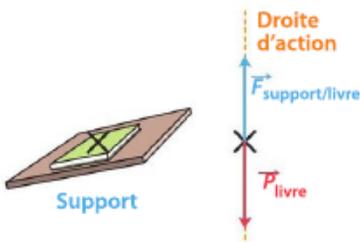
I Action d'un fil ou d'un support

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 $\vec{F}_{\text{support/système}} = -\vec{P}$.

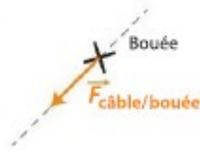
Remarque :

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
Direction	Droite reliant le centre du système étudié et le centre de l'astre attracteur	Verticale du lieu	Verticale du lieu	Celle du fil
Sens	Du centre du système étudié vers le centre de l'astre attracteur	Vers le bas	Vers le haut	De l'objet vers le fil
Valeur	$F = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$	$P = m \times g$	$F_{\text{support/système}} = P$	Elles dépendent des autres forces exercées sur le système.
Expression vectorielle	$\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$	$\vec{P} = m \vec{g}$ \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.