

Thème 2 : Mouvement et interactions

Chapitre 9 : Modéliser une action mécanique sur un système

Les Forces : Modéliser l'Invisible

Comprendre et Modéliser les Actions
Mécaniques



Chapitre 9 : Modéliser une action mécanique sur un système

I. Notion de force

- Le système étudié est ramené à un point.
- Tout ce qui ne constitue pas le système est appelé extérieur.
- Un système peut recevoir différentes actions de la part de l'extérieur.
- Une action mécanique peut :
 - ★ provoquer ou modifier en mouvement le système
 - ★ déformer le système.
 - ★ n'avoir aucune conséquence

Rappel : le mouvement est défini par une trajectoire et une vitesse

a. Deux types d'actions

- ▶ Il existe 2 catégories d'actions : les actions de **contact** et à **distance**.
- ▶ Si les 2 corps doivent être en contact pour que l'action ait lieu alors c'est une action de contact.
- ▶ Si l'action a lieu sans contact entre les deux corps, alors c'est une action à distance.

Actions de Contact



Nécessite une touche physique directe entre l'acteur et le receveur.

Actions à Distance



L'interaction se fait à travers l'espace, sans lien matériel (ex : magnétisme, gravité).

- ▶ Sur un DOI (Diagramme Objets-Interactions) on représente l'ensemble des actions qui s'appliquent sur un système. Règles :

- ✓ Système au centre du diagramme
- ✓ Action de contact : double flèche pleine
- ✓ Action à distance : double flèche en pointillée

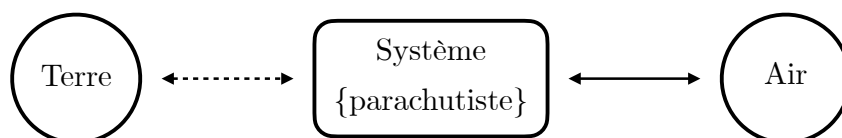
Exemple : On étudie un parachutiste et son équipement.



Le parachutiste est soumis à :

- l'action de la Terre : elle le tire vers le bas. (action à distance).
- l'action de l'air : frottement (action de contact)

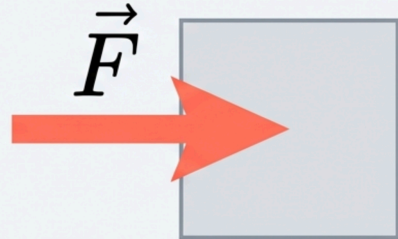
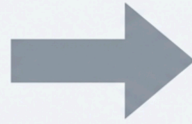
DOI :



La Force : L'Outil de Modélisation



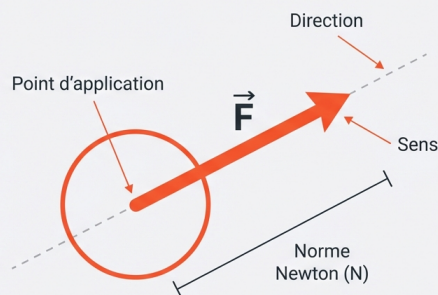
L'Action (Réelle)



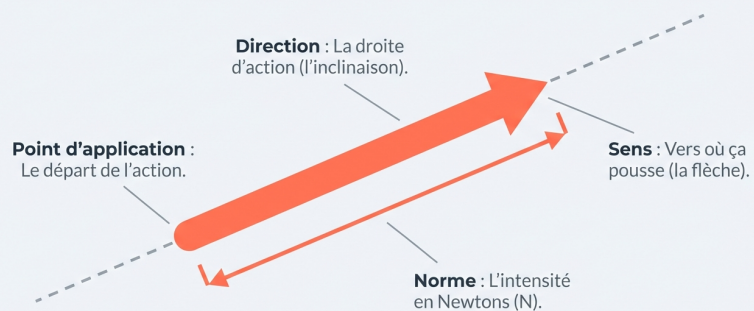
La Force (Modèle)

Une action mécanique est un phénomène physique concret.
Une FORCE est le modèle mathématique (abstrait) qui représente cette action.

De l'action à la Force



Carte d'Identité d'un Vecteur Force



b. De l'action à la force

On modélise une **action** mécanique exercée par un objet A sur un objet B par une **force**, notée $\vec{F}_{A/B}$. C'est un **vecteur** qui possède 4 caractéristiques :

- point d'application : le point où l'on considère que s'exerce l'action, donc le point représentant le système
- direction : droite qui porte le vecteur (droite d'action)
- sens : celui de la force (« vers »)
- valeur : noté $F_{A/B}$ (sans flèche) et s'exprime en Newton (N).

Remarque :

- **TOUTES** les forces s'expriment en Newton.
- On appelle **résultante** des forces la somme de toutes les forces extérieures appliquées au système.

Le Miroir : Principe des Actions Réciproques Troisième Loi de Newton



Si A pousse B, alors B pousse A.
Même valeur. Même direction. Sens opposés.

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

c. Principes des actions réciproques

- Si un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que :

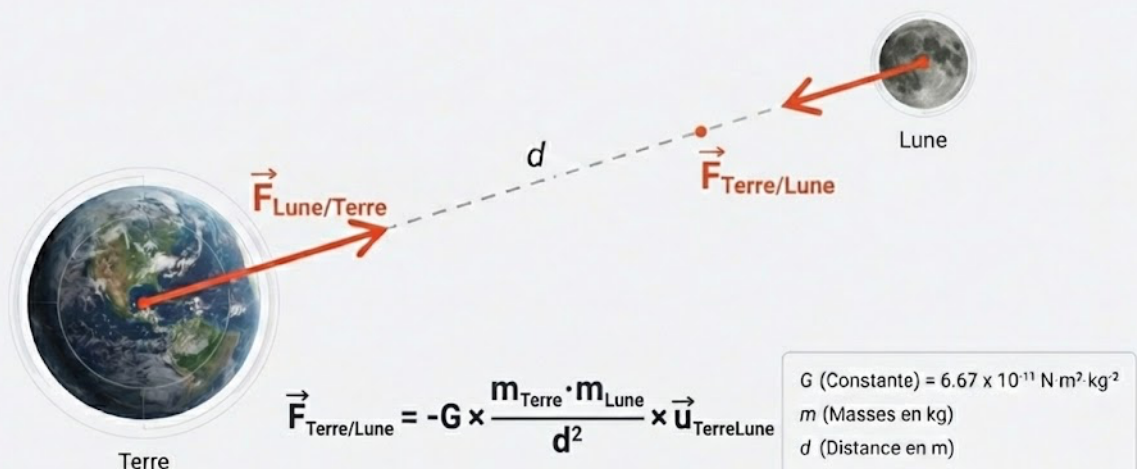
$$\vec{F}_{B/A} = - \vec{F}_{A/B}$$

- La force $\vec{F}_{B/A}$ a donc :
- même direction que $\vec{F}_{A/B}$
 - sens opposé que $\vec{F}_{A/B}$
 - même valeur : $F_{B/A} = F_{A/B}$
- Ce principe est appelé **troisième loi de Newton**.

II. Exemples de forces

1. Force d'interaction gravitationnelle

L'Interaction Gravitationnelle



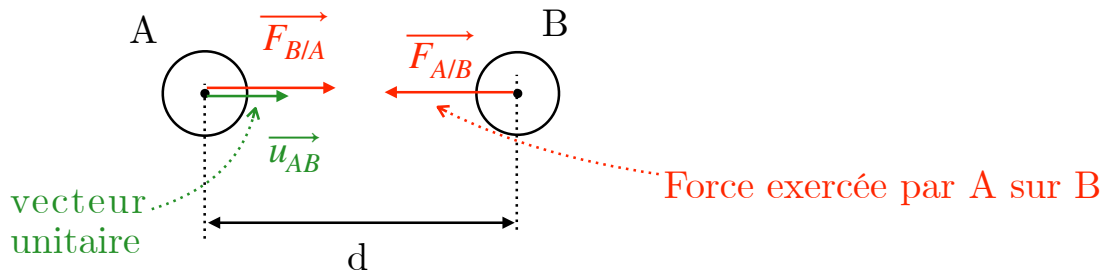
II. Exemples de forces

1. Force d'interaction gravitationnelle

- ▶ Soit deux corps A et B, de masses respectives m_A et m_B , séparés par une distance d . A exerce sur B une force $\vec{F}_{A/B}$ dite force d'interaction gravitationnelle (ou force de gravitation) :

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

avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
 G : constante de gravitation



- ▶ Un vecteur unitaire est un vecteur qui a une norme de 1. Cela impose une direction et un sens à une situation. C'est une sorte de référence.
- ▶ Principe des actions réciproque, ou Troisième loi de Newton (action réaction):

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

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

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

- ▶ Attention ! Un vecteur n'est jamais égal à une valeur.

~~$$\vec{F}_{B/A} = 50 \text{ N}$$~~

$$F_{B/A} = 50 \text{ N}$$

- ▶ On a donc : $F_{B/A} = F_{A/B}$

Exercice :

Calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre deux objets A et B de masse identique $m = 100 \text{ kg}$ distants d'une distance $d = 1 \text{ m}$

Donnée :

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

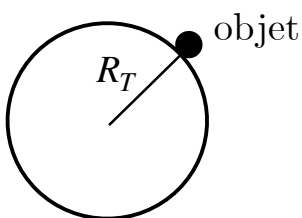
$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

$$F_{A/B} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{100 \times 100}{1^2}$$

$$F_{A/B} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

Exercice 2 : IMPORTANT

Exprimer la force de gravitation exercée par la Terre, de masse M_T sur un objet de masse m posé sur son sol puis calculer sa valeur.



Données :

$$M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$R_T = 6400 \text{ km}$$

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

$$\vec{F}_{Terre\text{objet}} = -G \frac{M_T m}{R_T^2} \vec{u}_{Terre \rightarrow \text{Objet}}$$

$$F_{Terre\text{objet}} = G \frac{M_T m}{R_T^2}$$

$$F_{Terre\text{objet}} = G \frac{M_T}{R_T^2} \times m$$

$$F_{Terre\text{objet}} = 9,8 \times m$$

$$F_{Terre\text{objet}} = g \times m$$

On appelle Poids terrestre d'un objet, noté P, la force de gravitation exercée par la Terre sur cet objet. On a en valeur (intensité) :

$$P = F_{Terre/objet} = mg$$

g : intensité de pesanteur $N \cdot kg^{-1}$

$$g_{Terre} = 9,81 N \cdot kg^{-1} \approx 10 N \cdot kg^{-1}$$

Égalité vectorielle :

$$\vec{P} = \vec{F}_{Terre/objet} = -G \frac{M_{Terre} m}{(R_{Terre})^2} \vec{u}_{Terre/Objet}$$

$$\vec{P} = -G \frac{M_{Terre}}{(R_{Terre})^2} \vec{u}_{Terre/Objet} \times m$$

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

$$\vec{g} = -G \frac{M_{Terre}}{R_{Terre}^2} \vec{u}_{Terre/Objet}$$

De manière plus générale, le Poids d'un objet est le résultat de l'attraction exercée par l'astre sur lequel l'objet se trouve.

$$\vec{P} = \vec{F}_{astre/objet} = -G \frac{M_{astre} m}{(R_{astre})^2} \vec{u}_{astre/Objet}$$

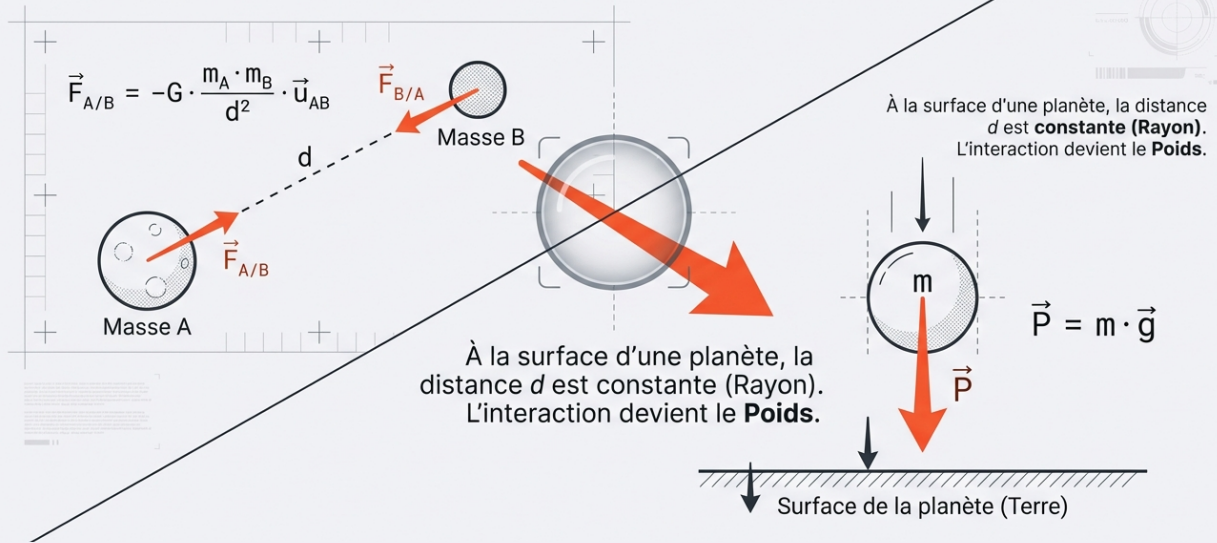
$$\vec{g}_{astre} = -G \frac{M_{astre}}{R_{astre}^2} \vec{u}_{astre/Objet}$$

L'intensité de pesanteur d'un astre dépend de sa masse et de sa taille.

\vec{g} est toujours **vertical** (direction) et **vers le bas** (sens).

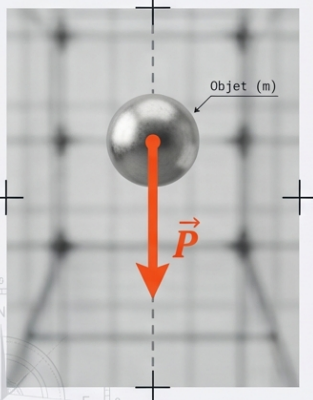
Comme $\vec{P} = m\vec{g}$, ces 2 vecteurs ont la même direction et le même sens.

De la Gravitation au Poids

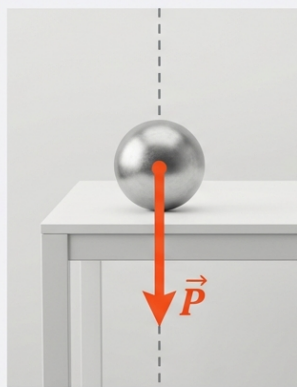


Caractéristiques du Poids (\vec{P})

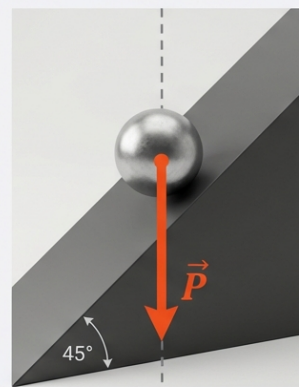
Chute libre



Plan horizontal



Plan incliné



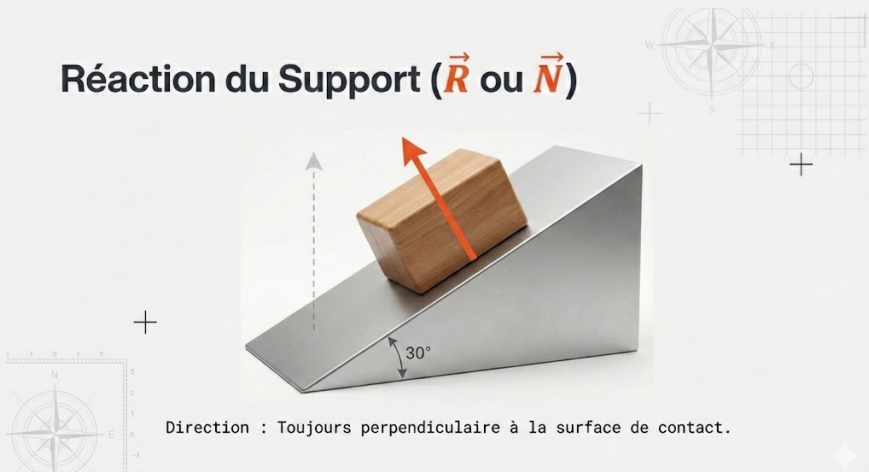
Caractéristiques

- Point: Centre de gravité (G)
- Direction: Verticale
- Sens: Vers le bas
- Norme: $P = m \times g$

2. Force exercée par un support

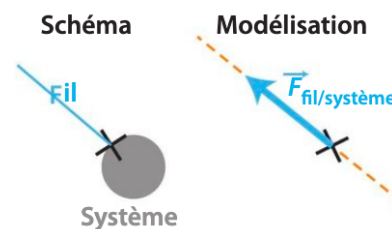
- Lorsque le système est posé sur un support (table, sol...), celui-ci exerce une action de contact sur le système. On note \vec{R} cette action nommée « réaction du support ».
- On nomme cette force réaction car le support réagit à l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet (son poids P) en le soutenant (en le « poussant vers le haut »).

Réaction du Support (\vec{R} ou \vec{N})



3. Force exercée par un fil

- Lorsque le système est maintenu par un fil, celui-ci exerce une action de contact sur le système. On note \vec{T} cette action nommée « tension du fil ».
- La force \vec{T} a pour caractéristiques :
 - Direction : **celle du fil**
 - Sens : du système vers le fil



III. Le principe d'inertie

Principe d'inertie :

Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent alors le vecteur vitesse \vec{v} ne varie pas.

L'objet est alors soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme.

Réciproquement : Si le vecteur vitesse \vec{v} ne varie pas, alors les forces qui s'exercent sur le système se compensent.

forces se compensent $\Leftrightarrow \vec{v}$ ne varie pas (Mvt rect unif ou immobile) repos
 $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$

Exemple : On étudie dans le référentiel Terrestre une boule immobile suspendue à une branche d'un sapin.

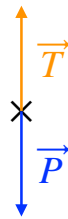


Système {Boule}

Bilan des forces :

- Poids : \vec{P}

- Tension du fil : \vec{T}



Boule immobile, par application du principe d'inertie : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

Les forces se compensent.

Contraposée :

Si le vecteur vitesse \vec{v} varie, alors les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas.

Réciproquement : Si les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas alors le vecteur vitesse \vec{v} varie.

forces ne se compensent pas $\Leftrightarrow \vec{v}$ varie (mvt non rect unif)

$$\Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$$

IV. Cas de la chute libre

- Définition : Un système est en chute libre lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids.
- En théorie, possible uniquement dans le vide (sans frottements). Mais on peut négliger les frottements dans certaines situations (objets « lourds », forme compacte)
- Les forces ne peuvent pas se compenser (il n'y en a qu'une (le poids)).
Contraposé du principe d'inertie : \vec{v} varie. Le mouvement n'est pas rectiligne uniforme.
- Lors d'une chute libre, la masse de l'objet n'a aucune influence sur le mouvement (video sur la chute d'une boule de bowling et de plumes)