

# Thème 2 : Mouvement et interactions

## Chapitre 10 : Interactions, forces et champs

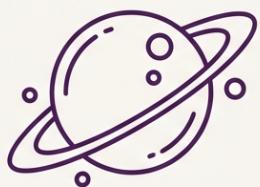


De la danse des planètes à la cohésion de la matière, notre univers est régi par des interactions fondamentales. Découvrons les règles communes qui se cachent derrière deux d'entre elles.



### Deux Forces Fondamentales, Une Seule Règle du Jeu

#### L'Interaction Gravitationnelle



L'attraction universelle entre les objets due à leur masse. C'est la force qui nous maintient au sol et sculpte les galaxies. Elle est toujours attractive.

#### L'Interaction Électrostatique



L'interaction entre les objets due à leur charge électrique. Elle est responsable de la chimie, de l'électricité, et peut être soit attractive, soit répulsive.

*Bien qu'elles opèrent à des échelles et avec des 'ingrédients' différents, nous allons voir que ces deux forces partagent une structure mathématique quasi identique.*

# I. Forces dans l'Univers

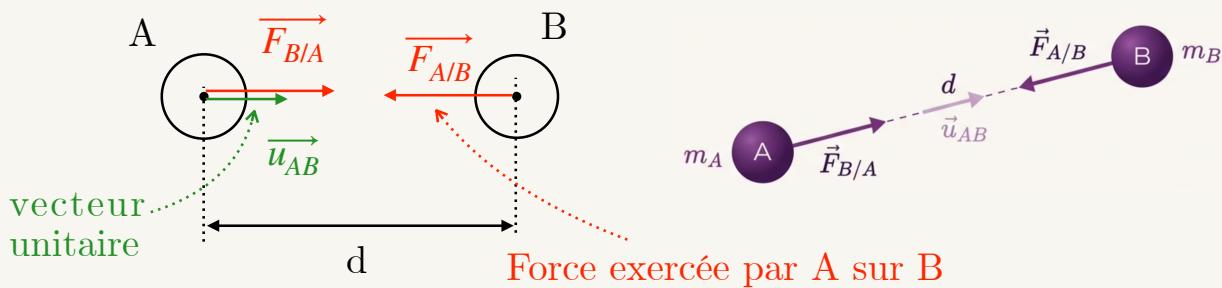
## 1. Force de gravitation

- Deux corps sont en interaction attractive sous l'effet de leurs masses.
- Soit deux corps A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , séparés par une distance  $d$ . Alors A exerce sur B une force  $\vec{F}_{A/B}$  dite **force de gravitation** et on a:

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

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. Il permet d'imposer une direction et un sens à une situation. C'est une sorte de référence.

- Principe des actions réciproques, ou Troisième loi de Newton (action réaction):

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

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

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

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

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

- On a donc :  $F_{B/A} = F_{A/B}$

# Application : La Force du Soleil sur Jupiter

## Problème

Exprimer la force exercée par le Soleil sur Jupiter puis calculer sa valeur.

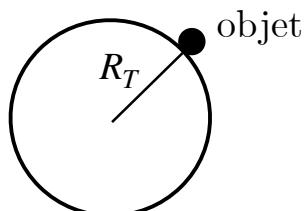
## Données Clés

- Masse de Jupiter :  $M_J = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$
- Masse du Soleil :  $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Distance Soleil-Jupiter :  $d_{JS} = 7,79 \times 10^8 \text{ km}$
- Constante :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



## Exercice référence :

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



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

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

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

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

$$P = mg$$

$g$  : intensité de pesanteur  $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$   
 $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Données :

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

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

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

Le poids est la force de gravitation entre la Terre et les objets en sa périphérie.

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.

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

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

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.

## 2. Force électrostatique

- ▶ Deux corps chargés électriquement sont en interaction **électrostatique**.
- ▶ Cette interaction peut être **attractive** ou **répulsive**.
- ▶ Un corps A, de charge  $q_A$ , exerce sur un corps B, de charge  $q_B$ , situé à une distance  $d$  une force électrostatique  $\vec{F}_{A/B}$  donnée par la loi de Coulomb :

$$\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A q_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

avec  $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

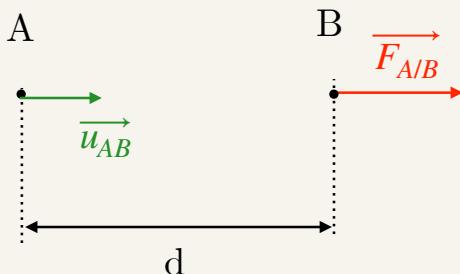
$k$  : constante de Coulomb

- Le signe du produit  $q_A \times q_B$  détermine la nature de la force :

- Si  $q_A \times q_B > 0$  (mêmes signes) : Répulsion.

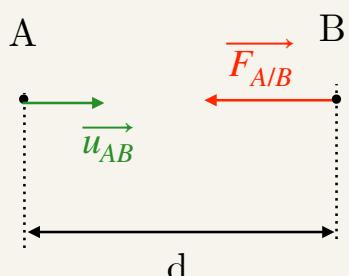
$\vec{F}_{A/B}$  est dans le même sens que  $\vec{u}_{AB}$ .

$$\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A q_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$



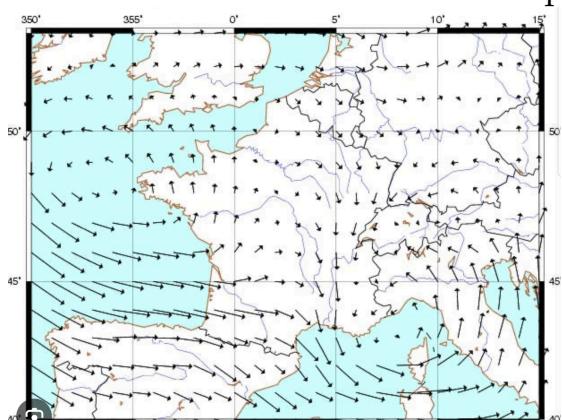
- Si  $q_A \times q_B < 0$  (signes opposés) : Attraction.

$\vec{F}_{A/B}$  est de sens opposé à  $\vec{u}_{AB}$ .



## II. Notion de champs

- Un champ vectoriel, c'est une manière de représenter une force ou un mouvement dans un espace, comme une carte où, à chaque point, on associe une flèche (vecteur). Cette flèche peut avoir une direction et une intensité différentes selon le point où elle se trouve.



Ici, à chaque endroit, le vent a une direction et une force spécifique. La longueur de la flèche représente la force du vent, et la direction de la flèche indique la direction dans laquelle il souffle.

- Un objet, de par ses propriétés physiques (masse ou charge), modifie les propriétés de l'espace autour de lui et créer un **champ vectoriel**.
- Si un objet avec des propriétés physiques appropriées se trouve dans le champ, alors il subira la force associé à ce champ.

- ▶ Cartographier un champ : déterminer les caractéristiques du champ en plusieurs points.
- ▶ **Ligne de champ** : ligne imaginaire tangente en chacun des points du vecteur champ orientée dans le sens du vecteur. (C'est un tracé qui montre comment le champ "se déplace" ou "agit" dans l'espace).

## 1. Champ de pesanteur $\vec{G}$

- ▶ Un corps A de masse  $m_A$  attire à lui des objets ayant une masse : il crée autour de lui un champ de pesanteur.
- ▶ Si un objet B possède une masse  $m_B$ , il subira la force :

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

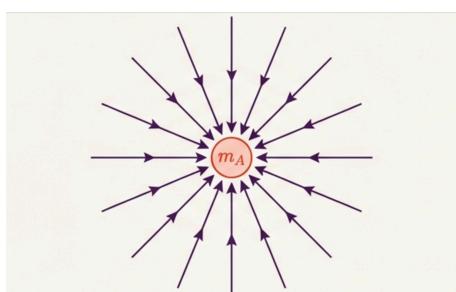
$$\overrightarrow{F_{A/B}} = - G \frac{m_A m_B}{d^2} \overrightarrow{u_{AB}}$$

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = - G \frac{m_A}{d^2} \overrightarrow{u_{AB}} \times m_B$$

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = \vec{G} \times m_B$$

Champ gravitationnel créé par A à la distance d

Lignes de champ radiales :



Les lignes de champ de gravitation sont radiales et toujours orientées vers la masse qui crée le champ, car la gravitation est toujours attractive.

## 2. Champ électrostatique

- Un corps A de charge  $q_A$  crée autour de lui un champ électrostatique.
- Si un corps B de charge  $q_B$  se trouve dans le champ, il subira la force :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = k \frac{q_A q_B}{d^2} \overrightarrow{u_{AB}}$$

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = k \frac{q_A}{d^2} \overrightarrow{u_{AB}} \times q_B$$

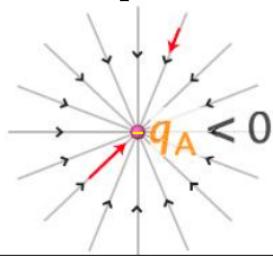
$$\overrightarrow{F_{A/B}} = \overrightarrow{E} \times q_B$$

Champ  
électrostatique créé  
par A à la distance d

$$q_A < 0$$

$\overrightarrow{E}$  dans le sens inverse de  $\overrightarrow{u_{AB}}$

Lignes de champ :



$$q_A > 0$$

$\overrightarrow{E}$  dans le même sens de  $\overrightarrow{u_{AB}}$

Lignes de champ :

