

Thème 2 : Mouvement et interactions

Chapitre 10 : Interactions, forces et champs



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.

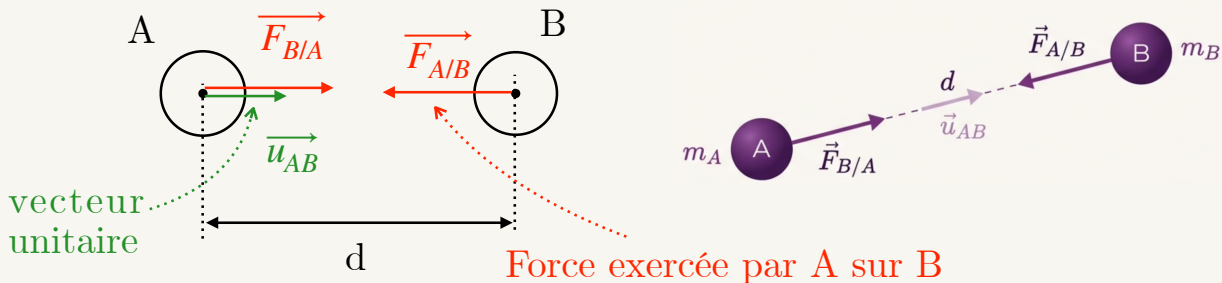
I. Forces dans l'Univers

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:

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB} \quad \text{avec } G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

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 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.

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

- ▶ 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.

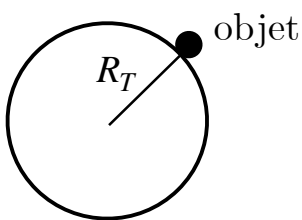
Données Clés

- 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.



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.

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

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

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

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

$$P = mg$$

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

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 :

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

N (pointing to $\vec{F}_{A/B}$)
 $N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ (pointing to k)
 C (pointing to q_A)
 C (pointing to q_B)
 m (pointing to d)

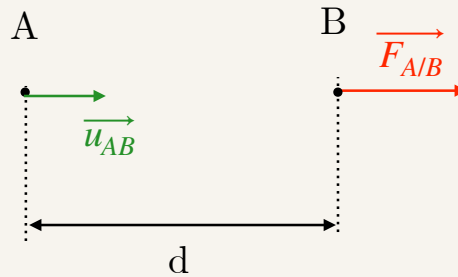
avec $k = 9,0 \times 10^9 \, N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$
 k : constante de Coulomb

► 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.

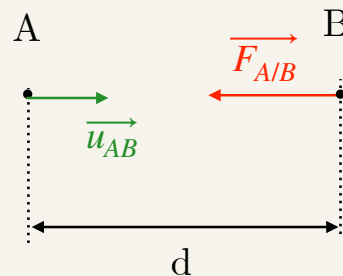
$\vec{F}_{A/B}$ est dans le même sens que \vec{u}_{AB} .

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



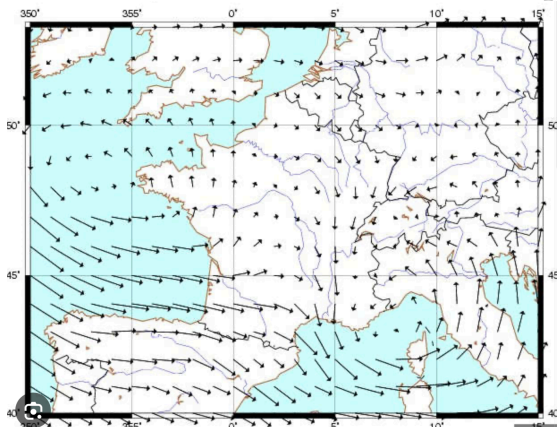
● Si $q_A \times q_B < 0$ (signes opposés) : Attraction.

$\vec{F}_{A/B}$ 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 associée 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 :

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

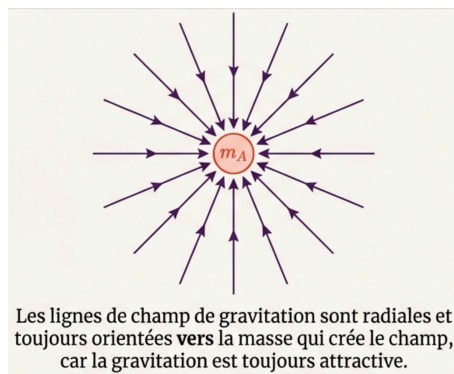
$$\vec{F}_{A/B} = - G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

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

$$\vec{F}_{A/B} = \vec{G} \times m_B$$

Champ
gravitationnel
créé par A à la
distance d

Lignes de champ radiales :



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 :

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

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

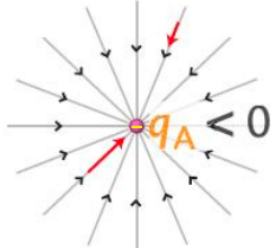
$$\vec{F}_{A/B} = \vec{E} \times q_B$$

Champ électrostatique créé par A à la distance d

$$q_A < 0$$

\vec{E} dans le sens inverse de \vec{u}_{AB}

Lignes de champ :



$$q_A > 0$$

\vec{E} dans le même sens de \vec{u}_{AB}

Lignes de champ :

