

Objectifs

- Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique.
- Utiliser la loi de Coulomb.
- Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.
- Utiliser les expressions vectorielles : de la force de gravitation et du champ de gravitation ; de la force électrostatique et du champ électrostatique.
- Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation.

1. Interaction gravitationnelle

- L'interaction gravitationnelle explique l'attraction à distance entre deux objets massifs.

- Étude mécanique

↳ Le système étudié est l'objet B : {Objet B}

↳ Le référentiel d'étude est lié à l'objet A. Le vecteur $\vec{u}_{A \rightarrow B}$ est un vecteur unitaire de direction AB et orienté de A vers B. (Attention, dans la vidéo c'est $\vec{u} = -\vec{u}_{A \rightarrow B}$ qui est utilisé)

↳ L'interaction gravitationnelle est modélisée par une force dont l'expression a été établie par Newton. La force exercée par l'objet A de masse m_A sur l'objet B de masse m_B , éloignés l'un de l'autre de la distance d , vaut :

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

où G est la constante de gravitation qui vaut : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

- Le plus souvent, A est une planète, fréquemment la Terre, dont la masse est notée M_T .

2. Champ gravitationnel

- On remarque que l'expression de la force gravitationnelle peut être modifiée pour faire apparaître une nouvelle grandeur vectorielle, indépendante de la masse du système étudié :

$$\vec{F}_{A/B} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B} \text{ devient, en intervertissant } G \text{ et } m_B :$$

$$\vec{F}_{A/B} = m_B \times -\frac{G \times m_A}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B} \text{ puis en regroupant les termes autres que } m_B :$$

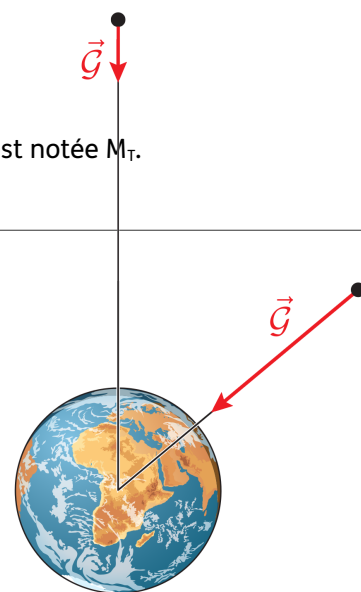
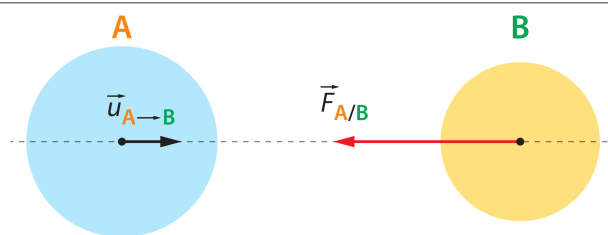
$$\vec{F}_{A/B} = m_B \times \vec{\mathcal{E}} \text{ avec } \vec{\mathcal{E}} = -G \times \frac{m_A}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B} \text{ qui ne dépend que de } m_A \text{ et de } d.$$

- Ce nouveau vecteur noté $\vec{\mathcal{E}}$ est différent en chaque point M de l'espace. C'est le champ gravitationnel.

↳ L'expression de $\vec{\mathcal{E}}$ créé par une masse M_T placée en O, en un point M distant de r est :

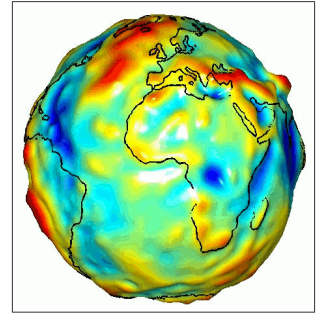
$$\vec{\mathcal{E}} = -G \times \frac{M_T}{r^2} \times \vec{u}_{O \rightarrow M}$$

- ↳ Ce champ est colinéaire à $\vec{u}_{O \rightarrow M}$. Il est porté par des droites passant par O. Ce champ est dit « radial »
- ↳ La valeur du champ diminue lorsqu'on s'éloigne de la masse M_T . La valeur du champ s'exprime en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- ↳ Ce champ est toujours attractif



3. Champ de pesanteur au voisinage de la Terre

• Le champ de pesanteur \vec{g} au voisinage de la Terre peut-être défini comme le rapport entre la force subie par un objet de masse m placé dans ce champ, c'est à dire son poids \vec{P} et la valeur de sa masse m : $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$ soit $\vec{P} = m \times \vec{g}$.



• Ce champ de pesanteur \vec{g} n'est pas dû uniquement au champ de gravitation \vec{g}_g , il dépend d'autres paramètres, notamment du fait que la Terre tourne sur elle-même ou que la croûte terrestre n'est pas homogène.

4. Interaction électrostatique

• L'interaction électrostatique explique l'attraction ou la répulsion à distance entre deux objets chargés électriquement.

↳ La charge électrique est notée q ou Q , et se mesure en coulomb de symbole C.

• Étude mécanique

↳ Le système étudié est l'objet B : {Objet B}

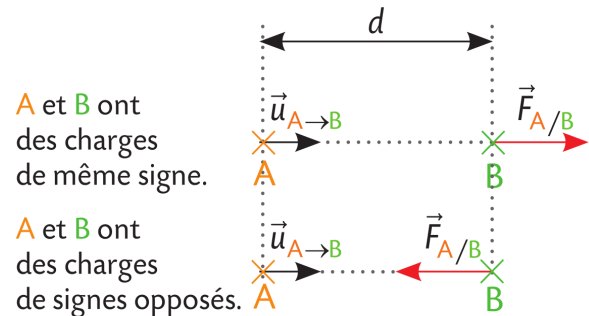
↳ Le référentiel d'étude est lié à l'objet A. Le vecteur $\vec{u}_{A \rightarrow B}$ est un vecteur unitaire de direction AB et orienté de A vers B. (Attention, dans la vidéo c'est $\vec{u} = -\vec{u}_{A \rightarrow B}$ qui est utilisé)

↳ L'interaction électrostatique est modélisée par une force dont l'expression a été établie par Coulomb. La force exercée par l'objet A chargé électriquement q_A sur l'objet B chargé électriquement q_B , éloignés l'un de l'autre de la distance d , vaut :

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

La valeur de k est : $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.

• Cette interaction peut être attractive ou répulsive selon le signe des charges.



5. Champ électrostatique

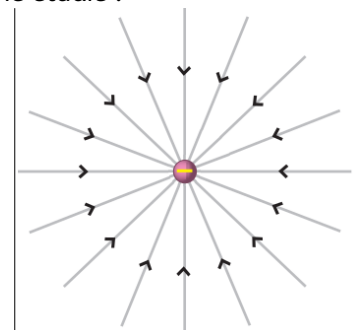
• On remarque que l'expression de la force électrostatique peut être modifiée pour faire apparaître une nouvelle grandeur vectorielle, indépendante de la charge électrique du système étudié :

$\vec{F}_{A/B} = k \times \frac{q_A \times q_B}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B}$ devient, en intervertissant k et q_B :

$\vec{F}_{A/B} = q_B \times \frac{k \times q_A}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B}$ puis en regroupant les termes autres que q_B :

$\vec{F}_{A/B} = q_B \times \vec{E}$ avec $\vec{E} = k \times \frac{q_A}{d^2} \times \vec{u}_{A \rightarrow B}$ qui ne dépend que de q_A et de d .

• Ce nouveau vecteur noté \vec{E} est différent en chaque point M de l'espace. Il s'appelle le champ électrostatique.



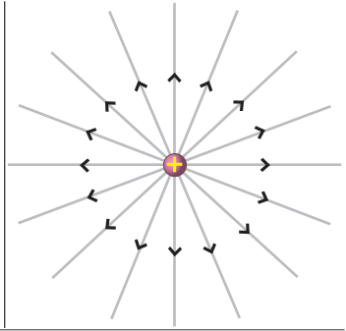
↳ L'expression de \vec{E} créé par une charge Q placée en O, en un point M distant de r est :

$$\vec{E} = k \times \frac{Q}{r^2} \times \vec{u}_{O \rightarrow M}$$

↳ Ce champ est colinéaire à $\vec{u}_{O \rightarrow M}$. Il est porté par des droites passant par O. Ce champ est dit « radial »

↳ Comme $k > 0$, le champ est orienté vers la charge si celle-ci est négative ; vers l'extérieur si celle-ci est positive.

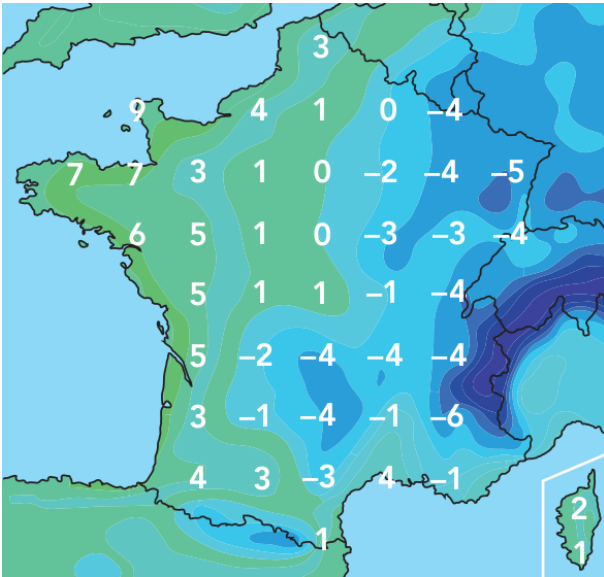
↳ La valeur du champ diminue lorsqu'on s'éloigne de la charge. La valeur du champ s'exprime en $C \cdot kg^{-1}$ soit en $V \cdot m^{-1}$.



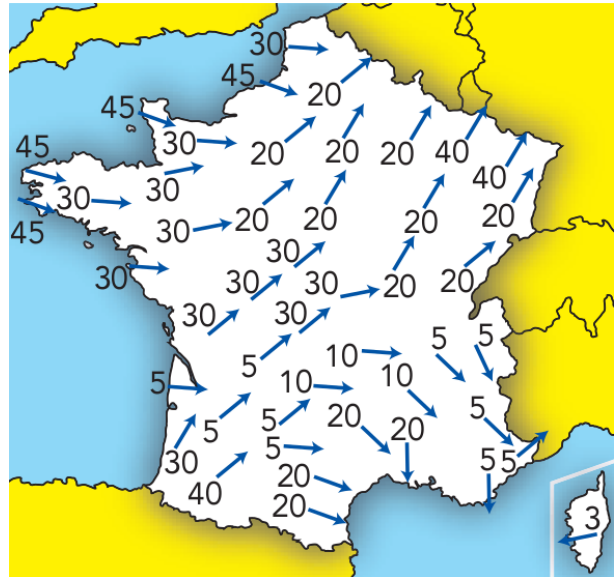
7. Notion de champs

- Un champs est l'ensemble des valeurs scalaire ou vectorielle, affectées à un point de l'espace.

Le champs de la température est un champs scalaire : une valeur de la température est associé à chaque point de l'espace.



Le champs de la vitesse du vent est un champs vectoriel : un vecteur modélisant la vitesse est associé à chaque point de l'espace.

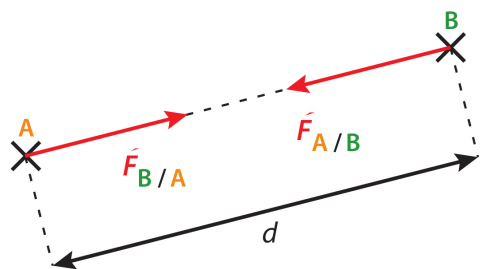


- Une ligne de champ vectoriel est une ligne qui est tangente au vecteur champ en tout point et orientée comme celui-ci.
- Si tous les vecteurs sont égaux et indépendants du point considéré, le champs est « uniforme » Comme un champs de blé ou tous les épis seraient identiques.

6. Troisième loi de Newton

« L'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraires. »

- Quelle que soit la nature de l'interaction, tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B.



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

- Dans le cas d'un point matériel, ces forces ont des sens opposés et la même norme. Ces deux forces sont toujours directement opposées, que A et B soient immobiles ou en mouvement.

↳ Dans le cas d'objet ne pouvant être modélisés par un point matériel, il faut s'assurer également que ces forces ont la même droite d'action.