MOUVEMENT ET INTERACTIONS

Interactions et champs

CAPACITÉS EXIGIBLES (PROGRAMME OFFICIEL 2019)

- Décrire qualitativement l'interaction électrostatique entre deux corps chargés et la modéliser par une force.
- Exploiter la loi de Coulomb et la loi de gravitation universelle pour calculer la valeur d'une force.
- Représenter la force exercée par un corps sur un autre (direction, sens, valeur).
- Comparer qualitativement les interactions gravitationnelle et électrostatique.
- Définir la notion de champ vectoriel ; exprimer le champ de gravitation créé par un corps ponctuel ou sphérique.
- Représenter un champ vectoriel par des vecteurs et des lignes de champ ; exploiter le champ électrostatique uniforme d'un condensateur plan.

1. Force électrostatique

1.1 La charge électrique

La charge électrique est une propriété intrinsèque de la matière. Elle est portée par des particules élémentaires comme l'électron ou le proton.

CHARGE ÉLECTRIQUE

La charge électrique est notée q et son unité est le **coulomb (C)**. La charge élémentaire est notée e : $\mathrm{e} = 1{,}6 \times 10^{-19}\mathrm{C}$

1.2 Influence électrostatique

Un objet chargé électriquement engendre, à distance, un déplacement de charges à la surface d'un conducteur placé à proximité.
▶ Voir la vidéo

INTERACTION ÉLECTROSTATIQUE

Entre deux corps immobiles électriquement chargés, il existe une **interaction** électrostatique. Ces deux corps exercent l'un sur l'autre une action qu'on modélise par une **force électrostatique**.

1.3 Force électrostatique

Soient A et B deux corps immobiles de charges respectives q_A et q_B. On les modélise par des points, on note r = AB la distance entre les corps A et B et $\vec{u}$ le vecteur unitaire dirigé de A vers B.

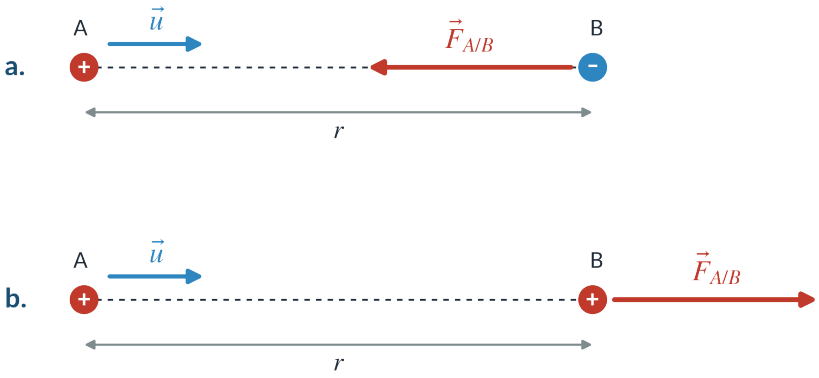
LOI DE COULOMB

La **loi de Coulomb** donne l'expression de la force électrostatique exercée par A sur B : $\overrightarrow{F}_{A/B} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_A\, q_B}{r^2}\,\vec{u}$

F en N ; $\mathrm{q_A}$ et q_B en C ; r en m

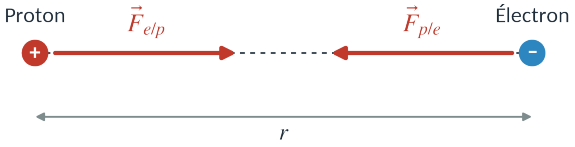
avec $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}$, nommée **constante de Coulomb**, où ε_0 (lire *epsilon zéro*) est la permittivité électrique du vide.

Force électrostatique exercée par A sur B



Charges de signes opposés (a) : la force est attractive ; charges de même signe (b) : la force est répulsive.

Forces électrostatiques entre un proton et un électron



Le proton et l'électron, de charges opposées, s'attirent.

2. Force gravitationnelle

Soient deux corps ponctuels ou sphériques modélisés par leurs centres respectifs A et B, de masses m_A et m_B, distants de r = AB.

FORCE GRAVITATIONNELLE

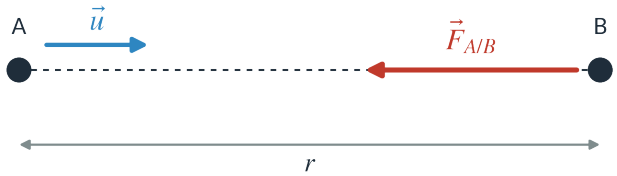
La **force gravitationnelle** exercée par A sur B est :

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

F en N ; m_A et m_B en kg ; r en m

avec $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

Force gravitationnelle exercée par A sur B



La force gravitationnelle est dirigée de B vers A : elle est attractive.

Exercices 26, 28, 30 page 209

3. Comparaison entre ces deux forces

La force de gravitation est toujours attractive. La force électrostatique est attractive lorsque les deux charges sont de signes opposés. Dans le cas où les deux charges sont de même signe, elle est répulsive.

À RETENIR

- La **force de gravitation** et la **force électrostatique** sont toutes deux dirigées selon une droite qui joint le centre des deux corps en interaction.
- Leur valeur est proportionnelle aux masses ou aux charges des corps en interaction et inversement proportionnelle au carré de la distance.

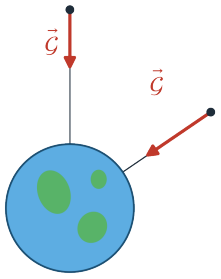
4. Notion de champ

Un objet, par ses propriétés physiques (masse, charge, ...) modifie les propriétés de l'espace : il en résulte un champ autour de lui. Des objets aux propriétés physiques appropriées subissent une force lorsqu'ils sont placés dans cette région d'influence.

CHAMP VECTORIEL ET LIGNES DE CHAMP

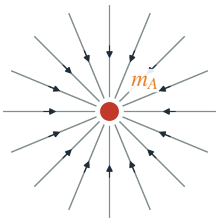
- Un **champ vectoriel** est représenté par un vecteur.
- **Cartographier** un champ consiste à déterminer ses caractéristiques en plusieurs points de l'espace puis à le représenter.
- Une **ligne de champ vectoriel** est une ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ. Elle est orientée par une flèche dans le sens du champ.

Champ de gravitation terrestre



À cause de sa masse, la Terre est à l'origine d'un champ autour d'elle : le champ de gravitation $\vec{\mathcal{G}}_T$*. Au niveau du sol, le champ de gravitation terrestre est assimilé au champ de pesanteur terrestre* $\vec{g}_T$

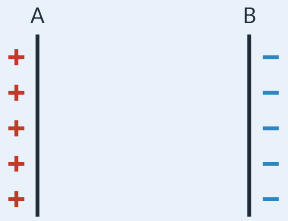
Champ de gravitation et champ électrostatique

	Champ de gravitation	Champ électrostatique
Corps source	corps **A** de masse ..	
Système placé dans le champ	corps **B** de masse .. situé à la distance *d* de **A**	
Force subie par le **système** placé dans le **champ** dû au **corps source**	$\vec{F}_g = m_B \vec{\mathcal{G}}$	
Autre expression vectorielle de la force	$\vec{F}_g = -G \times \frac{m_B \times m_A}{d^2} \vec{u}_{A/B}$	
Expression du champ obtenue par identification entre les deux expressions des forces	$\vec{\mathcal{G}} = -G \times \frac{m_A}{d^2} \vec{u}_{A \to B}$ G en N·m²·kg⁻² ; m en kg ; d en m ; $\vec{\mathcal{G}}$ en N·kg⁻¹ ou m·s⁻²	
Lignes de champ		

Exercices 32 à 34 page 209 ; 39 et 40 page 210 ; 48 et 51 page 211 ; 58 page 213

✎ CHAMP ÉLECTROSTATIQUE CRÉÉ PAR UN CONDENSATEUR PLAN

Entre les **plaques A et B** d'un condensateur chargé, il existe un champ électrostatique uniforme, c'est-à-dire un champ dont la direction, le sens et la valeur sont constants en tous points de l'espace entre les plaques. Ce champ $\vec{E}$ est perpendiculaire aux plaques, il est orienté de la plaque **positive** vers la plaque **négative**. Dans la situation étudiée, sa valeur est



$E = 1{,}0 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

1. Reproduire le schéma du condensateur et représenter le vecteur champ électrostatique en un point situé entre les plaques et à l'échelle 1 cm pour $5{,}0 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

2. Représenter des lignes de champ électrostatique entre les plaques.

3. Calculer la valeur de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron ($q = -1{,}60 \times 10^{-19}$ C) situé entre les plaques. Dans quel sens cet électron se déplace-t-il sous l'effet de cette force ?