

# 7

# Interactions, forces & champs

## 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.

La charge électrique est notée  $q$  et son unité est le Coulomb (C).

La charge élémentaire est notée  $e$  :  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$

### 1.2. Influence électrostatique

Un objet chargé électriquement engendre, à distance, un déplacement de carte à la surface d'un conducteur placé à proximité. 🧲

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.

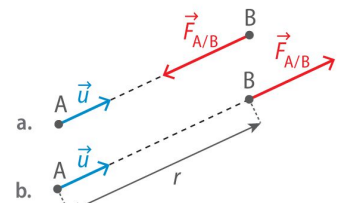
La **loi de Coulomb** donne l'expression de la force électrostatique exercée par A sur B :

$$\vec{F}_{A/B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}$$

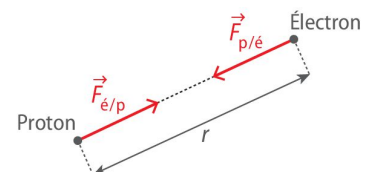
$F$  en newtons (N)  
 $q_A$  et  $q_B$  en coulombs (C)  
 $r$  en mètres (m)

avec  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$ , nommée constante de Coulomb,

où  $\epsilon_0$  (lire *epsilon zéro*) est la permittivité électrique du vide.



Doc. 4 Force électrostatique exercée par des charges de signes opposés (a) et par des charges de même signe (b).



Doc. 5 Forces électrostatiques entre un proton et un électron.

## 2. Force gravitationnelle

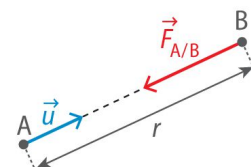
Soient deux corps ponctuels ou sphériques modélisés par leurs centres respectifs A et B, de masses  $m_A$  et  $m_B$ , distants de  $r = AB$ .

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 newtons (N)  
 $m_A$  et  $m_B$  en kilogrammes (kg)  
 $r$  en mètres (m)

avec  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$  (doc. 7).



Doc. 7 Force gravitationnelle exercée par A sur B.

### 3. Comparaison entre ces deux forces

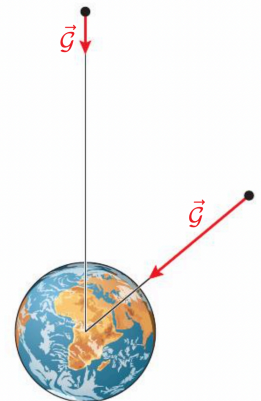
La force de gravitation est toujours attractive. La force électrostatique est attractive lorsque les deux charges sont de signes opposés. Dans le cas où les deux charges sont de même signe, elle est répulsive.

- 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.

- 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.



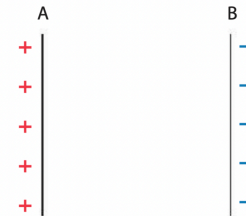
> À cause de sa masse, la Terre est à l'origine d'un champ autour d'elle : le champ de gravitation  $\vec{G}_T$ . Au niveau du sol, le champ de gravitation terrestre est assimilé au champ de pesanteur terrestre  $\vec{g}_T$ .

|  | Champ de gravitation   | Champ électrostatique |
|--|--|-----------------------|
| Corps source du champ  | corps A de masse $m_A$   |                       |
| Système placé dans le champ  | corps B de masse $m_B$<br>situé à la distance $d$ de A   |                       |
| Force subie par le système placé dans le champ dû au corps source                    | $\vec{F}_g = m_B \vec{G}$  |                       |
| Autre expression vectorielle de la force   | $\vec{F}_g = -G \times \frac{m_B \times m_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$   |                       |
| Expression du champ obtenue par identification entre les deux expressions des forces | $\vec{G} = -G \times \frac{m_A}{d^2} \vec{u}_{A \rightarrow B}$ <p>G en <math>N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}</math>      m en kg<br/>                     Valeur en <math>N \cdot kg^{-1}</math> ou <math>m \cdot s^{-2}</math>      d en m</p> |                       |
| Lignes de champ  |  |                       |

### Champ électrostatique créé par un condensateur plan

| Mobiliser ses connaissances ; faire un schéma adapté ; effectuer des calculs.

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

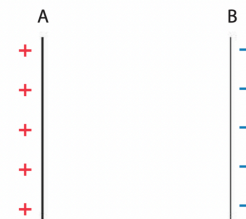


1. Reproduire le schéma du condensateur et représenter le vecteur champ électrostatique en un point situé entre les plaques et à l'échelle 1 cm pour  $5,0 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .
2. Représenter des lignes de champ électrostatique entre les plaques.
3. Calculer la valeur de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron ( $q = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) situé entre les plaques. Dans quel sens cet électron se déplace-t-il sous l'effet de cette force ?

### Champ électrostatique créé par un condensateur plan

| Mobiliser ses connaissances ; faire un schéma adapté ; effectuer des calculs.

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

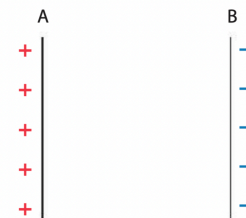


1. Reproduire le schéma du condensateur et représenter le vecteur champ électrostatique en un point situé entre les plaques et à l'échelle 1 cm pour  $5,0 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .
2. Représenter des lignes de champ électrostatique entre les plaques.
3. Calculer la valeur de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron ( $q = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) situé entre les plaques. Dans quel sens cet électron se déplace-t-il sous l'effet de cette force ?

### Champ électrostatique créé par un condensateur plan

| Mobiliser ses connaissances ; faire un schéma adapté ; effectuer des calculs.

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

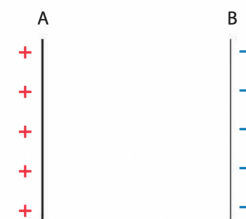


1. Reproduire le schéma du condensateur et représenter le vecteur champ électrostatique en un point situé entre les plaques et à l'échelle 1 cm pour  $5,0 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ .
2. Représenter des lignes de champ électrostatique entre les plaques.
3. Calculer la valeur de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron ( $q = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) situé entre les plaques. Dans quel sens cet électron se déplace-t-il sous l'effet de cette force ?

### Champ électrostatique créé par un condensateur plan

| Mobiliser ses connaissances ; faire un schéma adapté ; effectuer des calculs.

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 ( $q = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) situé entre les plaques. Dans quel sens cet électron se déplace-t-il sous l'effet de cette force ?