

1^{ère} Partie ELECTROSTATIQUE

Chapitre I LOI DE COULOMB

Electrostatique : Etude des interactions électriques des particules chargées immobiles ("statiques")

I. Rappels

I.1 Constitution de la matière

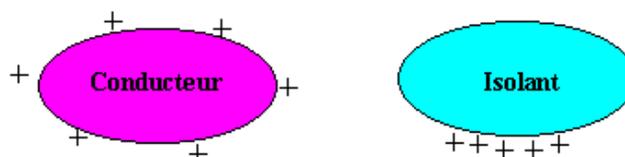
- matière ---> atomes
- atomes ---> noyaux, électrons
- 1 atome → Z électrons + noyau
- 1 noyau --> (Z protons + $A - Z$ neutrons)

	charge	Masse
Electrons	$-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Protons	$+e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neutrons	0	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

I.2 Charge électrique

- Charge totale d'un atome : **nulle**
- Si un électron est arraché (ou rajouté) à un atome, on a un **ion**.
- à l'échelle macroscopique, la "charge électrique" portée par un corps correspond à un **défaut** ou un **excès** d'électrons.
- Les charges mobiles sont, le plus souvent, des électrons.
- Toute charge Q est un **multiple entier** de la charge de l'électron : $Q = \pm n \cdot e$
- Remarques : conducteur – isolant

- **isolant** ou diélectrique : les e^- sont fortement liés aux atomes, il n'y a pas d' e^- libre . Lorsque une charge électrique est créée, elle ne peut pas se déplacer (bois, verre, papier ...).



- **conducteur** (liaison métallique) : toute charge créée sur un matériau se répartit sur la surface. Les e- libres permettent le déplacement de cette charge.
- Les gaz sont formés de molécules neutres, ce sont des isolants. Les gaz ionisés sont conducteurs.

II . Répartition des charges : différentes distributions de charges

II.1 Charges ponctuelles: dimensions négligeables par rapport aux distances entre les charges.

II.2 Distributions continues de charges

- distribution linéique : la charge Q est répartie sur un fil de longueur L avec

une densité linéique $\lambda = \frac{dq}{dl}$ λ en C/m .

charge totale sur le fil :

$$dq = \lambda \cdot dl \rightarrow Q = \int dq = \int \lambda \cdot dl , \text{ si } \lambda = \text{cte} \text{ alors } Q = \lambda \cdot L$$

distribution surfacique : la charge Q est répartie sur une surface S avec une

densité surfacique $\sigma = \frac{dq}{ds}$, σ en C/m² .

charge totale sur la surface :

$$dq = \sigma \cdot ds \rightarrow Q = \int dq = \int \sigma \cdot ds , \text{ si } \sigma = \text{cte} \text{ alors } Q = \sigma \cdot S$$

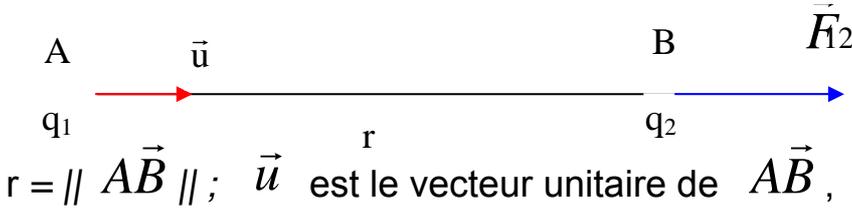
- distribution volumique : la charge Q est répartie dans un volume V avec une

densité volumique $\rho = \frac{dq}{dv}$, ρ en C/m³ . La Charge totale dans le volume V

$$dq = \rho \cdot dv \rightarrow Q = \int dq = \int \rho \cdot dv \text{ si } \rho = \text{cte} \text{ alors } Q = \rho \cdot V$$

III. Loi de Coulomb

2 charges électriques ponctuelles q_1 et q_2 , placées à la distance $r = AB$ exercent l'une sur l'autre une force donnée par la loi de Coulomb :



$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}$$

ϵ_0 est la permittivité du vide : $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ SI

$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$, si q_1 et q_2 de même signes \rightarrow répulsion,
 si q_1 et q_2 de signes contraire \rightarrow attraction

- Remarques:
- Unités : F en Newton, q_1 et q_2 en Coulomb, r en mètre,
 - la loi de Coulomb est valable pour $r > 10^{-12}$ m,
 - q_1 et q_2 immobiles, sinon apparition des forces électromagnétiques.

Applications :

- Comparaison de la force électrostatique à la force d'attraction universelle :

Cas de 2 électrons : - Force d'attraction : $F_g = G \frac{m_e^2}{r^2}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ SI,

- Force électrostatique : $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G} \frac{e^2}{m_e^2}, \quad e = 1,610^{-19} \text{ C}, \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg} \quad \rightarrow \quad \frac{F_e}{F_g} = 4 \cdot 10^{42} \quad \rightarrow \quad F_e = 4 \cdot 10^{42} \times F_g$$

Conclusion : La force d'attraction est négligeable devant la force électrostatique.

- Force électrostatique exercée par un ensemble de charges sur une charge q (Principe de superposition) :

Un ensemble de charges $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ exercent sur une charge q des forces :

$$\vec{F}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$

la résultante des forces exercées sur q sera :

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$$