

Résumé du cours Électricité et Magnétisme

9 février 2014

Chapitre 1

Interaction Électrique

Une charge est dite à l'équilibre si elle est immobile. La résultante des forces qui lui sont appliquées est alors nulle. L'électrostatique est l'étude du champ et du potentiel électriques créés par des charges électriques à l'équilibre. On y étudie aussi l'effet du champ sur des charges d'essai. Celles-ci subissent l'effet d'un champ sans influencer ce dernier.

1.1 Charges électriques

La charge électrique est une propriété de la matière mise en évidence par l'attraction ou la répulsion des corps.

La matière se charge positivement (vitreuse) ou négativement (résineuse) par frottement, par contact avec un corps chargé ou un générateur et par influence.

Les charges de même signe se repoussent et les charges de signes opposés s'attirent.

Un classement triboélectrique pour l'électrisation par frottement est le suivant (tribo = frottement) : **poil de lapin, verre, mica, laine, poil de chat, soie, bois, Ambre, résine, soufre, ébonite, celluloïd.**

Le frottement de deux corps charge positivement celui qui est classé avant l'autre. Le dernier se charge négativement.

Exemple : frottement verre-résine charge le verre positivement et la résine négativement.

Les isolants sont des matériaux qui se chargent localement (la charge ne peut pas circuler dans un isolant).

Les métaux sont des matériaux qui se chargent en totalité (la charge circule librement dans un métal).

Interprétation microscopique : la charge est un surplus ou un déficit d'électrons. La charge d'un électron est $q = -e$ où $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C. Toute autre charge est $Q = \pm ne$ où n est entier (quantification de la charge).

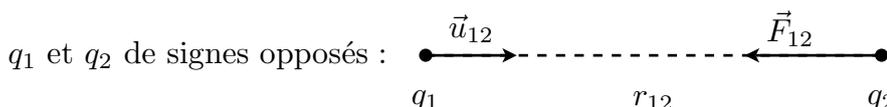
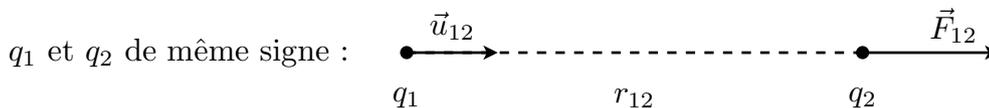
Principe de conservation de la charge : la charge totale Q d'un système électriquement isolé reste constante.

$$Q_{finale} = Q_{initiale}$$

1.2 Loi de Coulomb (forces électrostatiques)

Force exercée par une charge q_1 sur une charge q_2 :

$$\vec{F}_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{12}$$



où $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ en unités SI.

Alors $\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ est la permittivité électrique du vide (dans la matière, on utilise $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ où ϵ_r est la permittivité relative de la matière par rapport au vide).

\vec{u}_{12} est un vecteur unitaire dirigé de la charge qui **crée la force** (q_1) **vers** la charge qui **subit la force** (q_2).

r_{12} est la distance entre les deux charges.

1.3 Énergie potentielle de deux charges

Supposons que q_1 soit immobile à l'origine du repère et que q_2 se déplace sur une courbe C liant deux points A et B . Comme $r_{12} = r$, $\vec{u}_{12} = \vec{u}_r$ et $d\vec{l} = dr\vec{u}_r + r d\theta\vec{u}_\theta$, le travail élémentaire de \vec{F}_{12} est

$$dW(\vec{F}_{12}) = \vec{F}_{12} \cdot d\vec{l} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} dr$$

En posant

$$E_p(r) = K \frac{q_1 q_2}{r} + C$$

on trouve que la force de Coulomb dérive d'un potentiel car

$$dE_p = -\vec{F}_{12} \cdot d\vec{l} \iff \vec{F}_{12} = -\vec{\nabla} E_p = -\frac{dE_p}{dr} \vec{u}_r$$

Le travail entre A et B ne dépend pas du chemin suivi et est égal à

$$W_A^B(\vec{F}_{12}) = \int_C \vec{F}_{12} \cdot d\vec{l} = -(E_p(r_B) - E_p(r_A))$$

$E_p(r)$ est l'énergie potentielle de la charge q_2 quand elle est distante de r par rapport à q_1 . C'est aussi l'énergie potentielle de q_1 et l'énergie interne du système des deux charges (voir chap. 2). La constante C se détermine par une condition arbitraire. On choisit

$$E_p(\infty) = 0 \text{ J} \implies C = 0 \implies E_p(r) = K \frac{q_1 q_2}{r}$$