

Interaction électrique

Loi de Coulomb

1- Introduction

Nous disons qu'un corps est électrisé lorsqu'il possède la propriété d'attirer des corps légers (papier, cendres ..etc). L'interaction électrique est l'une des interactions les plus importantes existant dans la nature. D'une manière générale tous les corps s'électrisent. Il en résulte des effets électriques (forces électriques) l'existence d'une grandeur physique caractérisant les corps appelée charge électrique.

- Les charges électriques peuvent se déplacer librement dans certains corps ; par contre dans d'autres elles ne peuvent pas se déplacer. Le premier type de corps est appelé "conducteurs" le second type est "isolants".

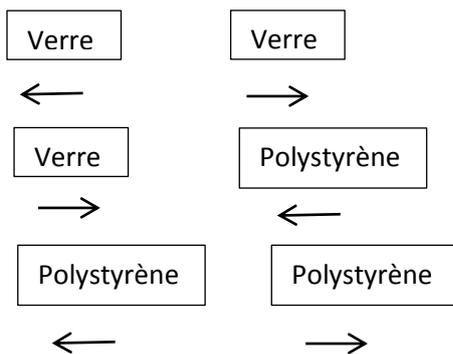
Conducteurs : Métaux, terre, corps humain

Isolants : Verre, nylon, matières plastiques

Il existe plusieurs moyens d'électrisation :

- Par frottement
- Par contact avec un corps déjà électrisé
- Par influence
- En reliant le corps à une borne d'un générateur électrique

Les deux sortes d'électricité : Une répartition doit se faire entre corps électrisés lorsqu'on étudie les forces agissant entre eux.



Deux corps électrisés s'attirent ou se repoussent ; donc il y a deux sortes d'électricité ou charges électriques. Un type apparaît sur le polystyrène et l'autre apparaît sur le verre. Deux corps porteurs de charges de même signes se repoussent et deux corps porteurs de charges de signes contraires s'attirent. Par convention, on divise les charges électriques en charges positives (verre) et charges négatives (polystyrène).

2- Interprétation, structure de la matière

Ces phénomènes électriques peuvent être interprétés à l'échelle atomique par la connaissance de la structure de la matière. Un atome neutre comprend :

- Un noyau constitué de Z protons (charge +e) et N neutrons (neutres, de même masse que le proton)
- Z électrons (charge -e) et dont la masse est 1836 fois plus faible que celle des protons. Ils gravitent autour du noyau.

La cohésion du noyau constitué de charges positives (protons) est due aux interactions fortes ou nucléaires. Cette interaction est responsable de la stabilité du noyau. Les interactions électriques entre noyau (+) et électrons (-) assurent la stabilité de l'atome.

3. Charges élémentaires- Les électrons

Les charges électriques existant dans la nature sont des nombres entiers d'électrons (Expérience de Millikan 1909)

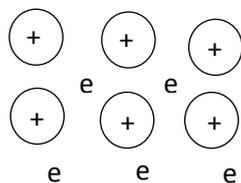
$$q_i = \pm n_i e \quad n_i = 1, 2, 3, \dots$$

Donc l'électron est la plus petite charge existant dans la nature.

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} C \quad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} Kg$$

Un atome neutre peut gagner des électrons, il devient un ion négatif ; comme il peut perdre des électrons se transformant en ion positif. D'une manière générale, tous les phénomènes d'électrisation s'expliquent par un transfert d'électrons.

Conducteurs: Ils sont constitués d'un réseau rigide d'ions positifs. La neutralité est assurée par les électrons qui circulent librement dans le réseau. Lorsqu'on prélève des électrons sur le conducteur neutre, un déséquilibre apparaît en cet endroit. Ce déséquilibre est comblé par le déplacement des autres électrons ; un nouvel état d'équilibre apparaît et la charge positive apparaît sur tout le corps. De même lorsqu'on apporte des électrons sur un conducteur neutre.



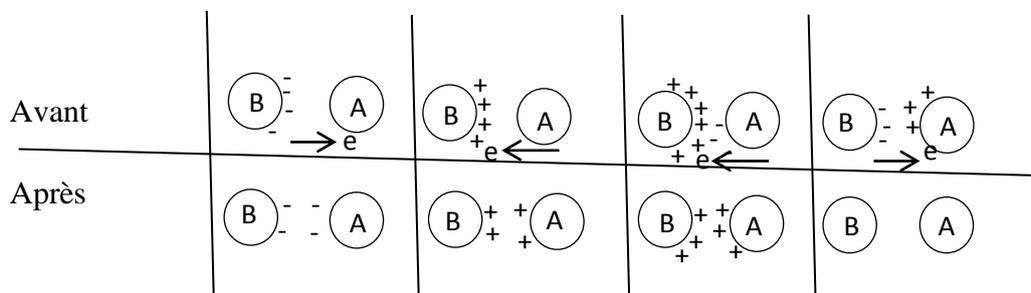
Isolants : Dans un isolant, les électrons ne peuvent pas se déplacer d'un atome à l'autre. La charge n'apparaît qu'à l'endroit où elle a été apportée.

Electrisation par frottement

Elle s'explique par l'arrachement mécanique des électrons de l'un des corps neutres frottés et par leur transfert sur l'autre. Le sens de transfert dépend de l'affinité électronique relative des

deux corps. Les corps sont classés dans un ordre tel que, lorsqu'on frotte l'un sur l'autre, celui qui précède l'autre sur la liste s'électrise positivement (séries triboélectriques) : Poil de lapin, verre, mica, laine, poil de chat, soie, bois, ambre, résine, soufre, ébonite, celluloid.

Electrisation par contact : Un corps neutre mis en contact avec un corps déjà chargé négativement prend une partie de l'excédent des électrons de celui-ci et se charge négativement.



Electrisation à l'aide d'un générateur électrique :

Un générateur électrique en circuit ouvert contient des charges positives dans une borne et de charges négatives dans l'autre. Si au moyen d'un fil conducteur, on relie une borne d'un générateur à un corps, ce corps s'électrise et devient porteur de charges de même signe que celles portées par la borne.

Electrisation par influence :

Si on rapproche un corps électrisé d'un métal (conducteur), il apparait des forces qui agissent sur les électrons libres ; il en résulte un déplacement de ces électrons et un nouvel état d'équilibre apparait. Exemple si le corps électrisé a une charge négative, les électrons seront

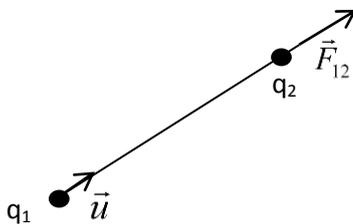
repoussés vers l'autre extrémité du métal, la première extrémité se charge positivement ; un excédent d'électrons se retrouve sur l'extrémité lointaine qui se charge négativement.

4. Conservation de la charge électrique

Il existe dans tous les corps des charges positives et des charges négatives, mais la quantité des charges positives est égale à celle des charges négatives ; raison pour laquelle un corps est neutre. Toute électrisation n'est en fait qu'une redistribution de charges ; un excédent de charges positives apparaît sur un corps (ou sur la partie d'un corps) et un excédent de charges négatives apparaît sur l'autre corps (autre partie du corps). La quantité de charges positives et négatives contenue sur l'ensemble des corps participant dans le processus d'électrisation reste constante. Pour un système isolé, la somme algébrique des charges positives et négatives présentes à chaque instant reste constante $\sum q_i = \text{constante}$.

5. Loi de Coulomb

Une charge est dite ponctuelle si les dimensions du corps qui la porte sont petites par rapport aux distances qui le séparent des autres corps avec lesquelles il interagit. La force électrique mutuelle entre deux charges ponctuelles, immobiles q_1 et q_2 est proportionnelle aux deux charges, et elle est inversement proportionnelle au carré de la distance r séparant les deux charges (C'est une force centrale).



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

ϵ_r est la permittivité du milieu

$$\epsilon_r = 1 \text{ (vide)}$$

$$\epsilon_r = 81 \text{ (eau)}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ SI}$$

C'est une force de même type que la force d'attraction de Newton et elle a des propriétés analogues.

Ordre de grandeur des forces électrostatiques : Envisageons le cas d'un proton et d'un électron dans l'atome d'hydrogène.

$$\begin{cases} q = 1.6 \cdot 10^{-19} C \\ r = 5 \cdot 10^{-11} m \end{cases} \Rightarrow F_e = 10^{-7} N$$

La force gravitationnelle entre ces deux corps :

$$F = \frac{G m_p m_e}{r^2} \quad G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}, m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, m_p = 1836 m_e$$

$$F = 4 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$