

CHAMP ÉLECTRIQUE

Les propriétés électriques de la matière sont perçues depuis l'antiquité. Très tôt, était remarqué que le frottement de l'ambre (résine fossile des conifères utilisé en bijouterie) permettait l'attraction de corps légers. Le mot grec désignant l'ambre est : *elektron*. La quantité d'électricité acquise par un corps frotté est appelée (XVII^{ème} siècle) *charge électrique*.

I- Force électrique

1°) Charges électriques

Deux corps de même matière et frottés avec une matière identique, se repoussent. Par contre, des matériaux différents et/ou frottés par des matières différentes, peuvent s'attirer.

Par leurs effets, il apparaît que deux types de charge existent : elles sont conventionnellement appelées *charges positives* et *charges négatives*.

Des charges de même signe se repoussent et des charges de signes opposés s'attirent.

La charge d'un système isolé est constante : si une charge négative est créée, une charge positive l'est également de manière simultanée.

La charge totale accumulée en un endroit est un multiple entier de fois la charge élémentaire :

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

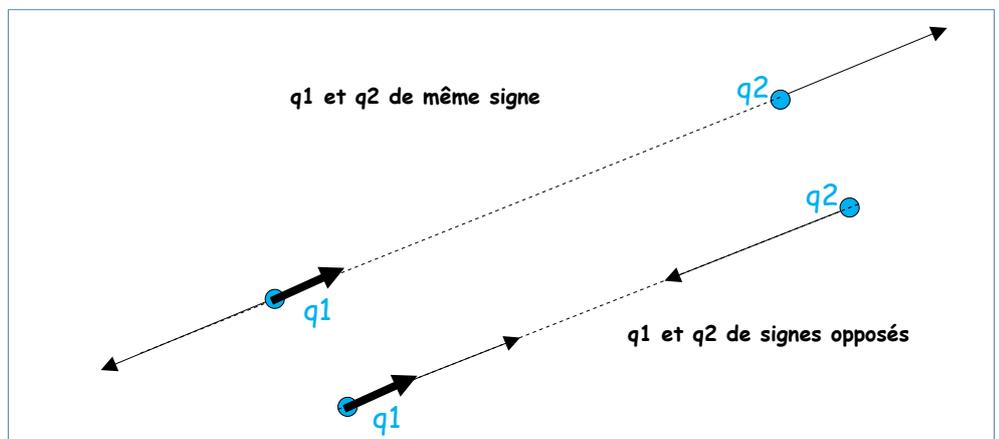
Remarque 1 : **l'électrisation par frottement** : le frottement de deux matériaux d'affinité électronique différentes, permet le transfert d'électrons et l'accumulation de charges négatives sur l'un et par défaut, de charges positives sur l'autre.

L'électrisation par influence ou par induction : lorsqu'on approche une charge d'un objet sans qu'il y ait contact, dans certains cas, les charges de même signe de l'objet sont repoussées, celles de signes opposées sont attirées. C'est ce que l'on observe dans certaines espèces chimique : on parle d'espèces polarisées.

2°) Force électrique : loi de Coulomb

Charles Coulomb (1736-1806) a montré expérimentalement que deux charges ponctuelles, interagissent selon l'axe les reliant, avec une intensité proportionnelle à leurs charges q_1 et q_2 et à l'inverse du carré de la distance r les séparant. Cette interaction s'écrit vectoriellement :

$$\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = -\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r$$



La résultante des forces exercées par une distribution de charges est égale à la somme vectorielle des forces exercées par chacune des charges.

II- Champ électrique

1°) Définition

Une distribution des charges électriques génère dans l'espace qui l'entoure, une propriété appelée champ électrique : une charge q placée dans ce champ noté \vec{E} subit une force électrique telle que :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

E s'exprime en $N.C^{-1}$ ou en $kg.m.s^{-3}.A^{-1}$ et nous verrons plus loin l'unité la plus usitée : $V.m^{-1}$.

Pour une charge ponctuelle notée q_0 , le champ électrique, en déduction de l'expression de la force de Coulomb, s'écrit :

$$\vec{E} = k \cdot \frac{q_0}{r^2} \cdot \vec{u}_r$$

Les lignes de champ (figure 6) montrent :

- si $q_0 > 0$, les lignes de champ divergent à partir de la charge ; si $q_0 < 0$ les lignes de champ convergent vers la charge.
- plus les lignes de champ sont concentrées, c'est-à-dire à proximité de la charge, plus le champ est intense.

2°) Lignes de champ

Les figures 7 à 10 montrent plusieurs exemples de lignes de champ pour des distributions différentes de charges.

Nous constatons et retiendrons que :

- les lignes de champ partent toujours d'une charge positive vers une charge négative.
- les lignes de champ ne se croisent jamais : en effet, si c'était le cas, le champ aurait deux valeurs différentes à l'intersection.
- Un conducteur possède des charges libres de se déplacer. Dans le cas d'un métal, il s'agit d'électrons. Si un tel conducteur est placé dans un champ, les charges subissent une force électrique et sont susceptibles de se déplacer (courant électrique). Il se peut également que ces charges se déplacent afin de se répartir différemment ; à l'équilibre, soit aucun mouvement de charge, la nouvelle distribution génère un champ électrique qui se superpose au précédent afin de l'annuler (A l'équilibre mécanique $\vec{F} = q \vec{E} = \vec{0}$).

Le champ électrique à l'intérieur d'un conducteur à l'équilibre est nul

Exemple d'application : cage de Faraday

Puisque le champ électrique est nul à l'intérieur d'un conducteur, *les lignes de champ sont perpendiculaires à la surface du conducteur.*

- La présence d'un conducteur déforme les lignes de champ : voir figure 9. Remarquons en particulier une extrémité du personnage : d'après ce que nous avons dit précédemment, les lignes de champ convergent en se resserrant vers cette extrémité (doigt). Le champ électrique est toujours plus intense sur une extrémité : c'est l'effet de pointe.

- Entre deux plaques parallèles chargées, le champ est de sens et de direction uniforme. Nous montrerons que loin des bords, l'intensité du champ est aussi constante.

Nous retiendrons que :

le champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan est uniforme.

III- Potentiel électrique

1°) Energie potentielle électrique

Comme pour la force d'interaction gravitationnelle, un opérateur doit fournir un travail à une charge pour lui faire « remonter une ligne de champ ». Ce travail peut être restitué par la charge alors accélérée par ce même champ. La force électrique est conservative.

Le travail de l'opérateur pour déplacer la charge q , est égal à la variation d'énergie potentielle électrique :

$$\delta W_{op} = -\delta W_{el} = q\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

1^{er} cas particulier : champ créé par une charge ponctuelle q_0 . La force électrique correspondante ayant la même forme que la force gravitationnelle (elles varient toutes les deux comme $1/r^2$), par similitude nous pouvons écrire :

$$E_{pe} = k \cdot \frac{q \cdot q_0}{r}$$

2^{ème} cas particulier : champ uniforme.

$$W_{op} = -W_{el} = q\vec{E} \cdot \vec{AB} = qE \cdot d$$

Comme pour le champ de pesanteur uniforme, le travail de la force électrique ne dépend que de la composante du déplacement parallèle au champ électrique.

2°) Potentiel électrique

Le travail reçu par une charge q , lors de son déplacement entre deux points A et B, placée dans un champ électrique \vec{E} , dépend de la quantité de charge q qui reçoit cette énergie ainsi que de la « capacité » de ce champ à transmettre cette énergie entre ces deux points. Cette capacité définit la notion de **potentiel électrique** en un point de l'espace. Le travail se met sous la forme :

$$W_{AB}(\text{reçue par la charge } q) = q \cdot [E_p(A) - E_p(B)] = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$$

$U_{AB} = V_A - V_B$ est la tension électrique entre les deux points de l'espace A et B, ou encore la différence de potentiel entre ces deux points (plus exactement la diminution de potentiel).

Remarque : dans le cas particulier d'un champ uniforme \vec{E} , la tension entre deux points séparés d'une distance d dans la direction de \vec{E} , a pour expression :

$$E \cdot d = U$$

Remarques :

- Dans la cartographie du champ, la valeur du champ peut se déduire de la différence de potentiel entre deux équipotentielle et de la distance qui les séparent.
- Une équipotentielle représente une courbe reliant tous les points où la valeur (norme) du champ E est constante.

