Chapitre 2

Electrostatique

Objectifs

1. Savoir ce qu'est un potentiel et une différence de potentiel
2. Savoir ce qu'est une capacité et un condensateur
3. Savoir calculer une capacité remplaçante

2.1 Le champ électrique

Nous avons appris dans le chapitre précédent que des charges électriques s' attirent ou se répulsent.Dans l'environnement d'une charge existe alors un champ.On appelle ce champs, le champs électrique.

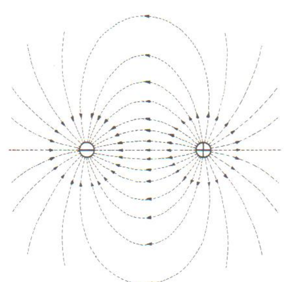

FIGURE 2.1 – champs de charges avec signes differents

Cette force a été mise dans une loi, appellée la loi de Coulomb.

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

Dans cette équation r est la distance entre les charges et ϵ est la constante diélectrique. Cette constante diélectrique est le produit entre la constante diélectrique dans le vide et la constante diélectrique relative. Donc $\epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r$

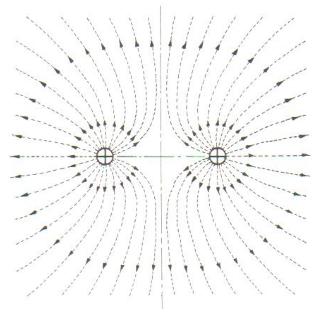

FIGURE 2.2 – champ de charge de même signe

La constante diélectrique relative ou permittivité ϵ_r dépend du matériau. Par exemple pour l'air on a $\epsilon_r = 1,0001$ et pour mica $\epsilon_r = 4$

La permittivité du vide est égale á

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4.\pi.9.10^9} \text{ Farad par metre}$$

2.1.1 Intensité du champ électrique

L'intensité du champ électrique dans un point du champ électrique est la force, en Coulomb, exercée sur une charge élémentaire mise dans ce point. Donc l'intensité du champ électrique dans ce point est

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}$$

Comme la force, l'intensité du champ électrique est une unité vectorielle. La valeur de l'intensité du champ électrique qu'un matériau puisse encore prendre est avant décharge disruptive est apellé intensité critique. Des exemples d'intensités critiques est mis ci dessous en kV par mm.

lucht	3
mica	60
olie	25

2.1.2 Potentiel électrique

Nous avons un corps chargé avec charge Q. Nous apportons une charge élementaire de l'infini à ce corps. Dès que nous approchons ce corps, la force, répulsive ou attractive, exercé sur la charge élementaire va augmenter. La charge élementaire va augmenter son énergie potentielle,quand la charge élementaire s'éloigne du corps cette énergie va diminuer.

L'énergie potentielle, qu'une charge élementaire posséde par coulomb dans un point du champ électrique, est le potentiel de ce point.

Le potentiel dans un point du champ électrique est le travail livré par coulomb quand une charge se déplace de ce point á l'infini.

Pour le potentiel on retrouve l'expression ci-dessous avec l'unité le Joule par coulomb ou le volt.

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon r}$$

2.1.3 Différence de potentiel

La notion potentiel a une importance théorique considérable dans l'étude de l'électromagnetisme mais l'utilité pratique est limitée.Par contre, en point de vue pratique la notion de *différence de potentiel* a une importance considerable.

La différence de potentiel entre deux points est le travail livré par coulomb,quand on transporte la charge d'un point à l'autre.

La formule pour la différence de potentiel résulte des définitions de potentiel et la différence de potentiel est aussi appelée tension.

$$U = \frac{Q}{4\pi\epsilon}(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$$

Remarquez que le travail est indépendant de la route suivi et dépend seulement de la différence de potentiel et la grandeur de la charge.

$$W = q.(V_1 - V_2) = q.U$$

Vice-verca nous pouvons retrouver le champ électrique de la difference de potentiel ou du potentiel. Nous avons deux surfaces avec entre les deux une différence de potentiel et une distance infinitesimal petit. Nous transportons la charge d'une surface à l'autre donc le travail nécessaire est

$$\begin{aligned} W_1 &= E.dr \\ W_1 &= V - (V + dV) \end{aligned}$$

L'identité nous donne

$$E = -\frac{dV}{dr}$$

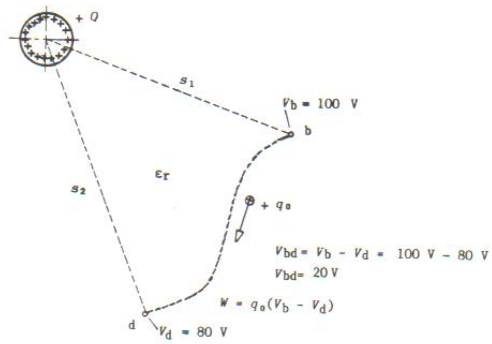

FIGURE 2.3 – différence de potentiel entre deux points

2.1.4 Capacité

Quand on met une charge Q sur la surface de sphère avec rayon R le potentiel est égal dans chaque point de cette surface, à savoir

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon R}$$

Quand on augmente la charge le potentiel va augmenter proportionnellement.

Le rapport entre charge et potentiel est alors constant et est appellé capacité.

$$C = \frac{Q}{V}$$

La capacité d'une sphère chargée est un farad (1F) quand on a un potentiel d'un volt (1V) sur la surface avec une charge d'un coulomb (1C).

2.1.5 Le condensateur

On peut stocker plus de charge avec un volume limité que sur un conducteur quand on utilise un condensateur. Un condensateur existe de deux conducteurs de n'importe quelle forme, appellés plaques ou électrodes, qui sont s{eparés par un milieu diélectrique .

Le condensateur plan

Un condensateur plan est un système de deux électrodes planes et parallèle qui sont séparées par un milieu deélectrique.

Dans un milieu diélectrique il n'y a presque pas d'électrons libres, donc il n'y a presque pas de déplacements d' électrons. Les atomes d'un milieu diélectrique sont individuellement électrique neutre mais forment des dipôles électriques. Quand nous mettons ces dipôles dans un champ électrique externe ces dipoles vont être dirigés. Autrement dit, les dipôles vont se diriger vers le champ électrique. Ce phénomène est appellé polarisation.Sur les surfaces frontières apparaissent des charges de polarisation.

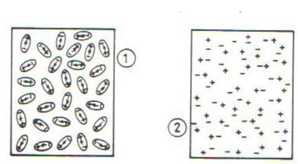

FIGURE 2.4 – milieu avant polarisation

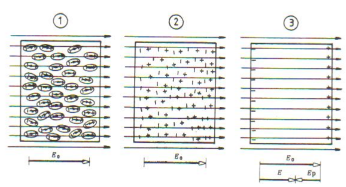

FIGURE 2.5 – milieu aprés polarisation

Quand nous calculons la capacité, en supposant que le champ est homogène entre les surfaces, ça veut dire que le champ a la même force dans chaque point entre les plaques.Ça veut auusi dire que les lignes du champ sont parallèles. Nous arrivons au facteurs suivantes qui déterminent la capacité

la surface des plaques (A) :	le plus grand, le plus de capacité
la distance entre les plaques (d) :	le plus grand, le plus petit le capacité
le milieu (ϵ)	
dla forme geometrique	

Avec ces facteurs on arrive à la formule suivante

$$C = \frac{\epsilon.A}{d}$$

L' énergie stocké dans un condensateur.

Pour transporter une charge élementaire du pôle positive au pôle négative on a besoin d'un travail

$$dW = u.dq$$

On a pour une capacité

$$u = \frac{q}{C}$$

Donc nous avons

$$dW = \frac{q.dq}{C}$$

Dus beginequation W =

$$\int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C}$$

Connection de condensateurs

Série

Supposons qu'on a connecté trois condensateurs en série sur une différence de potentiel U.

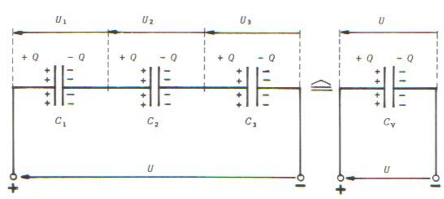

FIGURE 2.6 – condensateurs en série

Quand l' électrode gauche de C_1 prend une charge de +Q , l'électrode droite prendra une charge -Q. De la même façon lélectrode gauche de C_2 prendra une charge +Q et électrode droite une charge -Q.

Les charges de condensateurs mis en série sont tous les mêmes, indépendantes des capacités individuelles.

La capacité remplaçante C_v doit prendre, à la même tension U, la même charge Q .

$$C_v = \frac{Q}{U}$$

En série les tensions se divisent

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 + U_3 \\ \frac{Q}{C_v} &= \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \end{aligned}$$

Donc on peut dire que la valeur d'un condensateur de remplacement dans le cas de condensateurs mis en série est

$$\frac{1}{C_v} = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{C_k}$$

Condensateurs en parallèle

Supposons que trois condensateurs sont mis en parallèle et connectés sur une différence de potentiel U. Parce que les condensateurs sont mis en parallèle, ils se trouvent tous sur la même tension.

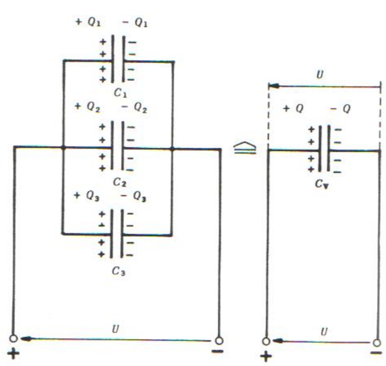

FIGURE 2.7 – condensateurs en parallèle

Les trois condensateurs prennent donc des différents courants.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Donc on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{Q}{U} &= \frac{Q_1}{U} + \frac{Q_2}{U} + \frac{Q_3}{U} \\ C_v &= C_1 + C_2 + C_3 \end{aligned}$$

La capacité pour des condensateurs en parallèle est donc :

$$C_v = \sum_{k=1}^{n} C_n$$