Chapitre 2

LE CHAMP ET LE POTENTIEL ELECTRIQUE

I. LE CHAMP ELECTRIQUE

On appel ***champs Electrique*** le champ vecteur qui représente la force électrique qui s'exerce sur une unité de charge électrique (1 C dans le système MKSA) placé au point M(x,y,z) .

Ainsi, le champ électrique $\vec{E}(x,y,z)$ créé au point M(x,y,z) par une **charge ponctuelle** q_A placée au point A est définit par la force $\vec{F}$ qu'exerce cette charge q_A sur une autre q_M placé au point M(x,y,z) :

$$\overrightarrow{F(M)} = K\frac{q_A.q_M}{AM^2}\overrightarrow{u_{AM}} = q_M.\overrightarrow{E(M)}$$

C'est à dire : $$\overrightarrow{E}(M) = K\frac{q_A}{AM^2}\overrightarrow{u_{AM}}$$

Comme pour les forces, le champ électrique obéit au principe de superposition. C'est-à-dire que le champ total créé par plusieurs charges ponctuelles est la somme vectoriel des champs créés par chacune des charges prise séparément.

$$\vec{E}_{total} = \sum_i \vec{E_i} = K.\sum_i \left(\frac{q_i}{r_i^2}\overrightarrow{u_i}\right)$$

II. LE POTENTIEL ELECTRIQUE

Soit une charge électrique q placée au voisinage d'autres charges et donc soumise à une force électrostatique totale $\vec{F}$.

Cette force est conservative et son travail lorsque la charge se déplace de A jusqu'à B est :

$$W_{A\to B} = \int_A^B \vec{F}.\vec{dl} = \int_A^B q.\vec{E}.\vec{dl} = q.\int_A^B \vec{E}.\vec{dl}$$

La variation de l'énergie potentiel électrique est égale l'opposé du travail de F ;

$$\Delta Ep = -W_{A\to B} = .\int_A^B -q\overrightarrow{E}.\overrightarrow{dl} = q.\int_A^B -\overrightarrow{E}.\overrightarrow{dl} = q.\Delta V$$

On appelle ***potentiel Electrique*** la fonction scalaire ***V(x,y,z)*** qui exprime l'énergie nécessaire pour ramener une charge ponctuel unité (1 C) de très loin (distance infini) et la placer au point M(x,y,z). C'est donc l'énergie potentielle électrique par unité de charge. ***V****(x,y,z)* = Ep(x,y,z) / q

Soit $$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \overrightarrow{E}.\overrightarrow{dl}$$

Ou $$dV = -\overrightarrow{E}.\overrightarrow{dl}$$

Ou encore $$\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{grad}(V)$$ (voir rappels mathématique)

En Particulier :

1. Le potentiel créé en un point M(x,y,z) par une charge ponctuel q_A placée en A sera :

$$V(x,y,z) = -\int \overrightarrow{E}.\overrightarrow{dl} = -\int K\frac{q_A}{r^2}\overrightarrow{u_r}.\overrightarrow{dl} = -K.q_A\int\frac{dr}{r^2} = K\frac{q_A}{r} + c$$

On choisit par définition le potentiel nul à l'infini (lorsque la force est nulle) ce qui correspond à c=0

Donc en fin de compte pour une charge ponctuelle : $$\boxed{V(r) = K.\frac{q_A}{r}}$$

Le potentiel créé en un point M(x,y,z) par n charges ponctuelles q_i distribuées dans l'espace sera :

$$V(x,y,z) = K.\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}$$ (r_i étant la distance de la charge q_i jusqu'au point M(x,y,z) considéré)

III. LIGNES DE CHAMPS ET SURFACES EQUIPOTENTIELLES

1. Lignes de champs

Ce sont des lignes tangentes en tous point au vecteur champ électrique. (Représenté en rouge dans la figure 1)

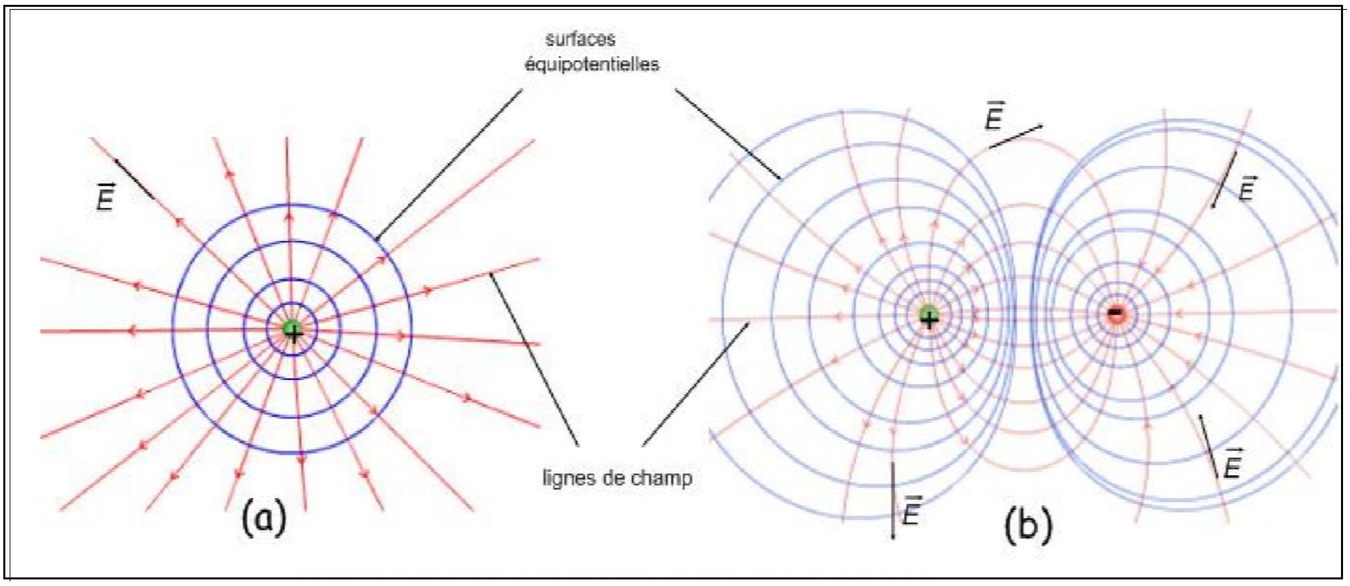

Figure 1

2. surfaces équipotentielles

Ce sont des surface (ou des lignes si on travaille à deux dimensions) suivant lesquelles, le potentiel électrique est constant. Elles sont représentée sur figure 1 en bleue)

Du fait que en chaque point, E= -grad (V) alors le champ électrique est toujours normal au surfaces équipotentielles.

En effet, par définition, V est constant sur cette surface. Donc dans toute direction tangente à l'équipotentielle. $\partial V/\partial x=0=-E_x$ le vecteur champ n'a donc pas de composante dans cette direction c'est-à-dire qu'il est perpendiculaire à cette direction.

Dans l'espace à 3 dimensions, l'équation V(x,y,z)=Cte donne des surfaces équipotentielles sur lesquels les composantes du champ sont nulle donc le champ est normale à ces surfaces.

IV. ENERGIE ELECTROSTATIQUE D'UN SYSTEME DE CHARGES PONCTUELLES

Soit un système constitué de N charges ponctuelles q_i placées au points M_i repérés par les vecteurs positions $\mathbf{r}_i$, on a vu dans le chapitre précédent que l'énergie potentielle totale emmagasinée dans ce système est égale à la somme des énergies potentielles de chaque couple de charge. (q_i , q_j)

On note $\mathbf{r}_{ij} = \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j$

L'énergie entre les deux charges q_i et q_j (avec $i \neq j$) étant :

$$U_{i,j} = -\int_{\infty}^{r_{ij}} \vec{F}.\vec{dl} = -\int K \frac{q_i . q_j}{r_{i,j}^2} dr = K \frac{q_i . q_j}{r_{i,j}} \qquad (i \neq j)$$

$$U_{tot} = \sum_{i}^{N} \sum_{j>i}^{N} K \frac{q_i . q_j}{r_{i,j}} = \frac{1}{2} K \sum_{i=1}^{N} \sum_{j \neq i}^{N} (\frac{q_i . q_j}{r_{i,j}})$$

$$\boxed{U_{tot} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N} q_i . V_i}$$

V_i est le potentiel créé au point M_i (position de la charge q_i) par toutes les autres charges autre que q_i