Chapitre 1

Champ électrique et potentiel par des charges ponctuelles

1.1 Charges ponctuelles

Définition 1.1 : Charge ponctuelle

Les charges ponctuelles sont des particules élémentaires, comme l'électron e^- avec $q_e = 1.6 \cdot 10^{-19} C, q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} C$

1.2 Lois de Coulombs

Elles décrivent les forces que les charges exercent les unes sur les autres. On note q la charge au point M et q_p la charge au point M.

Théorème 2.1 : Lois de Coulombs

La force que la charge q_p exerce sur q est

$$\overrightarrow{F_{q_p \to q}} = \frac{q q_p}{4\pi\epsilon_0} \frac{\overrightarrow{e_{PM}}}{||\overrightarrow{PM}||^2}$$

avec ϵ_0 la permittivité du vide $\frac{1}{36\pi \cdot 10^9}$ et $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \simeq 9 \cdot 10^9$

Si 2 charges ponctuelles sont de même signe, elles se repoussent, dans le cas contraire, elles s'attirent. On a les mêmes propriétés qu'en mécanique du point.

1.3 Champ électrique crée par une charge ponctuelle

1.3.1 Définition

Définition 3.1 : Champ électrique

$$\overrightarrow{F_{q_p \to q}} = q \cdot \overrightarrow{E}(M)$$

avec $\overrightarrow{E}(M)$ qui ne dépend que de la charge q_p :

$$\overrightarrow{E}(M) = \frac{q_p}{4\pi\epsilon_0} \frac{\overrightarrow{e_{PM}}}{||\overrightarrow{PM}||^2}$$

est le champ électrique crée par q_p au point M

1.3.2 Remarques

- $[\overrightarrow{E}(M)] = \frac{[charge]}{[\epsilon_0][L^2]}$
- $||\overrightarrow{E}|| \sim \frac{1}{||\overrightarrow{PM}||^2}$
- Le champ $\overrightarrow{E}(M)$ fuit les charges positives et est orientée vers les charges négatives. La direction des vecteurs du champ est radiale.
- Unité du champ électrique : NC^{-1}/Vm^{-1}

1.3.3 Théorème de superposition

Théorème 3.1 : Théorème de superposition

Le champ électrique d'une distribution de charges ponctuelles q_i vaut $\sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{E_i}(M)$ au point M.

1.4 Potentiel électrique

1.4.1 Circulation de $\overrightarrow{E}(M)$

Soit q placée en O qui crée en M $\overrightarrow{E}(M)$:

$$\overrightarrow{E}(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}\overrightarrow{e_r}$$

Calculons la Circulation entre A et B (on reste en coordonnée sphérique pour des raisons de symétrie) :

$$\begin{aligned}
\mathcal{C}_{A\to B}\overrightarrow{E}(M) &= \int_A^B \overrightarrow{E}(M)\cdot \mathrm{d}\overrightarrow{l}(M) \\
&= \int_A^B \overrightarrow{E}(M)\cdot(\mathrm{d}r\overrightarrow{e_r} + r\mathrm{d}\theta\overrightarrow{e_\theta} + r\sin(\theta)\mathrm{d}\varphi\overrightarrow{e_\varphi}) \\
&= \int_A^B \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}\mathrm{d}r \\
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_A^B \frac{\mathrm{d}r}{r^2} \\
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_A}^{r_B} \frac{\mathrm{d}r}{r^2} \\
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_a} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_b}
\end{aligned}$$

Le résultat ne dépend que de la position des points et non du chemin suivi, le champ est donc conservatif

1.4.2 Potentiel électrique

On peut écrire $\mathcal{C}_{A\to B}\overrightarrow{E}(M) = V(A) - V(B)$ avec $V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} + Cst$.
V(M) est le potentiel électrique crée au point M par la charge ponctuelle q placée au point O.

1.4.3 Remarques

- $V(M) \sim \frac{1}{||\overrightarrow{PM}||}$
- $[V(M)] = \frac{[charge]}{[\epsilon_0]L}$
- $V(M)$ est défini à une constante additive arbitraire [i] .

> **i Info**
> C'est pas grave car ce qui a un sens physique, c'est la différence de potentiel où la constante disparaît.

1.4.4 Théorème de superposition

De la même façon que pour la force, le potentiel obéit aux mêmes lois.