Partie V : Électromagnétisme
Chapitre 1.1

Fiche de cours – Électrostatique : champ $\vec{E}$ et potentiel V

Ceci est un exemple minimal de fiche de cours concernant ce chapitre. Je vous encourage à vous en inspirer pour faire votre propre fiche (écrire votre fiche vous aidera à retenir), qui pourra être plus complète, plus personnelle, avec des schémas, des couleurs, des flèches...

▶ Généralités :

- Unité du champ électrique $\vec{E}$: V/m (volt par mètre).
- Unité du potentiel électrostatique V : V (volt).
- Unité de la charge électrique : C (coulomb).

▶ Densités de charges :

Type de distribution	Densité	Charge dans un volume dτ	Charge totale
Densité volumique	$\rho = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}\tau}$	$\mathrm{d}q = \rho \mathrm{d}\tau$	$Q = \iiint_{\mathcal{V}} \rho(M)\mathrm{d}\tau$ Si ρ uniforme, $Q = \rho \times \mathcal{V}$
Densité surfacique	$\sigma = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}S}$	$\mathrm{d}q = \sigma \mathrm{d}S$	$Q = \iint_{\mathcal{S}} \sigma(M)\mathrm{d}\tau$ Si σ uniforme, $Q = \sigma \times \mathcal{S}$

▶ Loi de Coulomb et champ créé par une charge ponctuelle :

Force exercée par une charge q_2 sur une charge q_1 :

$$\boxed{\vec{F}_{2\to 1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0\, d^2}\,\vec{u}_{2\to 1}.}$$

- ▷ Les charges doivent être ponctuelles et immobiles.
- ▷ $\vec{u}_{2\to 1}$ est un vecteur unitaire allant de la charge 2 vers la charge 1.
  Faire un schéma et vérifier que la force est bien répulsive si $q_1 q_2 > 0$.
- ▷ ε_0 est la permittivité diélectrique du vide.

Champ électrique créé par une charge q, placée à l'origine O (coord. sphériques) :

$$\boxed{\vec{E}(M) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\, r^2}\,\vec{u}_r.}$$

Le potentiel associé est :

$$\boxed{V(M) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\, r}.}$$

- ▷ La charge doit être ponctuelle et immobile.

▶ Force ressentie par une charge ponctuelle q, au point M :

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}(M).}$$

▷ La charge doit être ponctuelle et immobile.

▷ $\vec{E}(M)$ est le champ électrique total au point M où se situe la charge q.
Il est créé par toutes les autres charges.

Cette force électrostatique dérive du potentiel :

$$\boxed{E_{p,\text{élec}} = qV.}$$

▷ Si c'est la seule force en jeu, alors $E_m = E_c + E_{p,\text{élec}} = \text{cst}$ au cours du mouvement.
S'il y a d'autres forces conservatives, on ajoute leurs E_p. Par exemple pesanteur : $E_{p,\text{pes}} = mgz$.

▶ **Méthode – déterminer la direction du champ $\vec{E}$ et les coordonnées dont il dépend :**

– Choisir le système de coordonnées adapté.

– **Symétries** de la distribution de charge ⇒ donne la **direction** du vecteur $\vec{E}$.
Pour cela : prendre un point M **quelconque**, puis trouver des plans Π ou Π^* **passant par** M.
Sachant que :

$$\boxed{\text{Si } M \in \Pi,\ \text{alors } \vec{E}(M) \in \Pi \qquad | \qquad \text{Si } M \in \Pi^* \text{ alors } \vec{E}(M) \perp \Pi^*}$$

– **Invariances** de la distribution de charge ⇒ donne les **coordonnées** dont dépend $\vec{E}$.
Invariance de la distribution de charge par...

- ...translation selon x, y ou z : les composantes de $\vec{E}$ ne dépendent pas de cette coordonnée.
- ...rotation d'angle θ ou φ autour d'un axe ou de l'origine : les composantes de $\vec{E}$ ne dépendent pas de cet angle.

▶ **Le potentiel électrostatique V :**

Il existe une fonction V telle que $\boxed{\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, V.}$ On a la relation : $\boxed{\int_{A,\mathcal{C}}^{B} \vec{E} \cdot \overrightarrow{\text{d}l} = -(V_B - V_A).}$

▷ Seul le champ **électrostatique** vérifie ceci. Si le champ dépend du temps t, alors en général ces relations ne sont plus valables (sauf cas particuliers).

▷ Autre propriété du champ électrostatique, moins importante pour nous : $\forall\, \mathcal{C}$ fermé, $\oint_{\mathcal{C}} \vec{E} \cdot \overrightarrow{\text{d}l} = 0$ et donc $\forall\, M$, $\overrightarrow{\text{rot}}\, \vec{E} = \vec{0}$.

▷ À connaître en coordonnées cartésiennes, $\overrightarrow{\text{grad}}\, V = \dfrac{\partial V}{\partial x}\vec{e}_x + \dfrac{\partial V}{\partial y}\vec{e}_y + \dfrac{\partial V}{\partial z}\vec{e}_z.$

▶ **Lignes de champ, surfaces équipotentielles :**

▶ **Ligne de champ :** courbe tangente en tout point M au vecteur $\vec{E}(M)$.

▶ **Surface équipotentielle :** surface continue sur laquelle $V = \text{cst}$.

Propriétés :

▶ Les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles.

▶ Si les équipotentielles se resserrent, alors $\|\vec{E}\|$ augmente.

▶ $\vec{E}$ pointe vers les bas potentiels.