

INTRODUCTION A L'ELECTROMAGNETISME

Charges et courants

Postulats de l'électromagnétisme

I. Les sources du champ électromagnétique

A. Distributions de charges

- distribution volumique : $\rho(M,t) = \frac{dq(M,t)}{d\tau_M}$
- distribution surfacique : $\sigma(M,t) = \frac{dq(M,t)}{dS_M}$

B. Distributions de courants

$$\overline{j(M,t)} = \rho_{\text{mobiles}}(M,t) \cdot \overline{v(M,t)}$$

C. Conservation de la charge

- Equation locale : $\text{div } \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$
- Equation intégrale : $\oiint_{\Sigma} \vec{j} \cdot d\vec{S} = -\frac{d}{dt} \iiint_V \rho d\tau$
- Retour sur la loi des nœuds.

II. Les postulats de l'Electromagnétisme

A. Force de Lorentz – Définition du champ électromagnétique

1. Pour une charge ponctuelle

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

2. Pour une distribution volumique

$$\vec{f}_{\text{vol}} = \rho\vec{E} + \vec{j} \wedge \vec{B}$$

3. Puissance échangée entre le champ et les charges

$$P_{\text{vol}} = \vec{j} \cdot \vec{E}$$

B. Les équations de Maxwell

1. Enoncé

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \text{Equation de MAXWELL-GAUSS}$$

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Equation de MAXWELL-FARADAY}$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \quad \text{Equation de MAXWELL-THOMSON}$$

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \left[\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] \quad \text{Equation de MAXWELL-AMPERE}$$

2. Nécessité de l'équation de Maxwell-Faraday

- Manipulation introductive (voir polycopié correspondant)

- $e = \oint_{\Gamma} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \iint_{\Sigma} \vec{B} \cdot d\vec{S}$

3. L'équation de Maxwell-Ampère et la conservation de la charge

- Comment Maxwell a introduit le courant de déplacement, $\vec{J}_D = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

- $$\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \iint_{\Sigma} \vec{j} \cdot d\vec{S} + \frac{1}{c^2} \frac{d}{dt} \iint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

4. Maxwell-Thomson et Maxwell-Gauss : Flux des champs électrique et magnétique

- $$\oiint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_V \rho d\tau$$

- $$\oiint_{\Sigma} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

III. Modèle de DRUDE

A. Description microscopique qualitative d'un métal

B. Métal soumis à un champ électrique permanent

C. Conductivité – Loi d'Ohm locale

$$\vec{j}(M, t) = \gamma \vec{E}(M, t)$$

D. Loi d'Ohm intégrale

$$U = RI ; \text{ pour un conducteur ohmique cylindrique : } R = \frac{\rho L}{S}$$