

Fiche résumé électromagnétisme

6. Électrostatique et électricité : courant

Modélisation volumique du courant électrique

Additivité des vecteurs densité de courant si plusieurs types de porteurs :

$$\vec{j} = qn\vec{v} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} q & \text{charge d'un porteur libre} \\ n & \text{densité volumique de porteurs libres} \\ \vec{v} & \text{vitesse d'un porteur libre} \end{cases} \quad \text{et} \quad I = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

Loi des nœuds, basée sur le postulat de conservation de la charge électrique :

$$\begin{cases} \operatorname{div}(\vec{j}) = 0 & \text{formulation locale} \\ I_{\text{entrant}} = I_{\text{sortant}} & \text{formulation intégrale} \end{cases}$$

Autres modélisations

Surfacique : $J_s = qn_s\vec{v}$ avec n_s densité surfacique de porteurs libres.

Linéique : utilisation directe de I , pas de densité linéique.

Loi d'Ohm

Modèle de Drude : résultante des interactions entre un électron libre et le reste du matériau assimilée à une force de frottement fluide linéaire.

PFD sur un électron libre : force électrostatique (imposée par générateur) + force de Drude.

Loi d'Ohm locale avec γ la conductivité du matériau (en S m^{-1}) :

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$

Pour un cylindre soumis à une tension U (circulation de \vec{E}) et traversé par un courant d'intensité I (flux de \vec{j}) :

$$U = RI \quad \text{avec} \quad R = \frac{L}{\gamma S}$$

Modèles de conducteur

| | Conducteur réel | Conducteur parfait |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| γ | finie | $+\infty$ |
| Charges et courants | volumiques | surfacciques |
| \vec{E} dedans | peut être non nul | nul |
| \vec{E} à la surface | continu | discontinu (1 ^{re} espèce) |

Donc dans un conducteur parfait, la relation de passage devient le théorème de Coulomb :

$$\vec{E}_{\text{ext}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{n} \quad \text{avec } \vec{n} \text{ orienté sortant du métal}$$