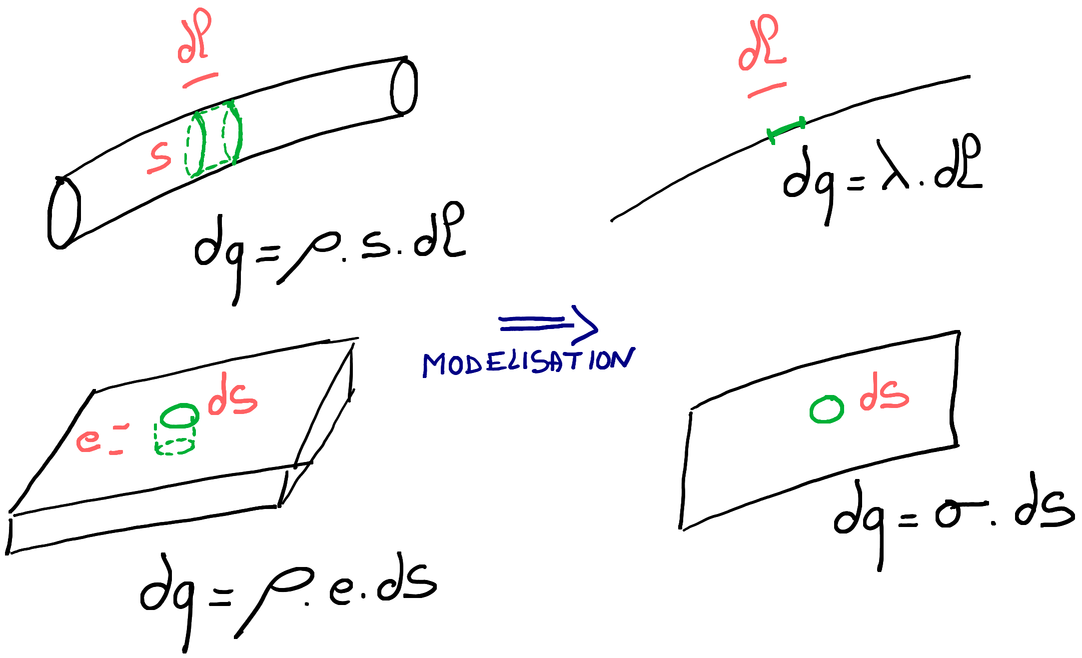
# I. Sources de champs électriques et magnétiques

## 1. Distribution de charges

**Description d'une distribution de charges statique**

La distribution de charges pourra être ponctuelle, linéïque, surfacique ou volumique.

| Répartition | Ponctuelle | Linéïque | Surfacique | Volumique |
|---|---|---|---|---|
| Charge en $P$ | $q$ | $dq(P) = \lambda(P).dl(P)$ | $dq(P) = \sigma(P).dS(P)$ | $dq(P) = \rho(P).d\tau(P)$ |




## 2. Distribution de courants

On considère en un point $M$ de l'espace l'existence de $n_p$ porteurs de charges par unité de volume mobiles de vitesse $\overrightarrow{v_p}$ portant chacun une charge $q_p$

**Densité volumique de courant**

$\overrightarrow{j}(M)$ est défini tel que le flux élémentaire de charges à travers une surface $dS$ ait pour expression

$$d\Phi = \overrightarrow{j} \cdot \overrightarrow{dS}$$

$$\overrightarrow{j} = n_p.q_p.\overrightarrow{v_p}$$

- ✓ Choisir une section $dS$ orthogonale au vecteur $\overrightarrow{j}(M)$
- ✓ Exprimer le volume $dV$ dans lequel se trouvent les charges qui traverseront $dS$ pendant $dt$.
- ✓ En déduire la charge $\delta q$ traversant $dS$.
- ✓ En déduire l'expression du flux élémentaire $d\Phi$ puis celle de $\overrightarrow{j}$

**Intensité du courant**

L'intensité du courant correspond au flux de charges à travers une section du conducteur

$$I = \iint_S \overrightarrow{j} \cdot \overrightarrow{dS} \qquad \text{(Ampère : A)}$$

### 3. Conservation de la charge

**Loi de conservation de la charge**

Admettant qu'il n'y a ni création ni disparition de charges,

$$\frac{\partial \rho(M,t)}{\partial t} + div\,\overrightarrow{j}(M,t) = 0$$

Dans le cas unidimensionnel

- ✓ Choisir un volume dans lequel on puisse considérer la densité volumique de charge quasi uniforme
- ✓ Exprimer pendant une durée $dt$ les charges $\delta Q_e$ entrant et $\delta Q_s$ sortant, en fonction notamment de $j(x,t)$
- ✓ Exprimer pendant cette durée l'évolution de la charge totale pour le volume en fonction notamment de $\rho(x,t)$
- ✓ Exploiter la conservation de la charge
- ✓ Vérifier que l'équation obtenue correspond à la loi de conservation de la charge pour le cas particulier étudié.

**Méthode - Loi des nœuds en régime stationnaire**

- ✓ Donner une équation locale traduisant le régime stationnaire
- ✓ En déduire que $\overrightarrow{j}$ est à flux conservatif
- ✓ Montrer que la loi de nœuds est la traduction de cette propriété.

## II. Résistance d'un conducteur

### 1. Loi d'Ohm locale

#### a. Par le phénomène de diffusion

**Loi d'Ohm locale**

Le flux de charge $I$ est la conséquence de l'existence d'un gradient de potentiel électrique $V$ à l'intérieur d'un conducteur électrique.
Il s'agit d'un phénomène de diffusion.
On peut définir la conductivité électrique du conducteur $\gamma$, la loi empirique donne alors

$$\overrightarrow{j}(M) = -\gamma.\overrightarrow{grad}\,V(M)$$

*Unité pour $\gamma$ : Siemens/m, soit $S.m^{-1}$*

### b. Par le modèle de Drüde

**Modélisation des interactions microscopiques**

On modélise les interactions microscopiques et les défauts du réseau fixe d'atomes par la force

$$\overrightarrow{f} = -\frac{m_e}{\tau}.\overrightarrow{v_e}$$

**Force électromagnétique - Poids**

On considère l'électron non relativiste. Dans ces conditions on peut négliger la force magnétique ainsi que le poids devant la force électrique

*On admet dans ce cours la relation entre les intensités des champs E et B : $B \simeq \frac{E}{c}$*

- ✓ Majorer l'intensité de la force magnétique et la comparer à la force électrique
- ✓ Comparer le poids à la force électrique

**Loi d'Ohm locale en régime stationnaire**

Un bilan mécanique sur un porteur de charge permet d'établir la loi d'Ohm locale en régime stationnaire

$$\overrightarrow{j}(M) = \gamma.\overrightarrow{E}(M)$$

- ✓ Appliquer le PFD à un porteur de charge
- ✓ Considérer le régime permanent (continu) établi et en déduire l'expression de la vitesse d'un porteur de charge en fonction de $\overrightarrow{E}$
- ✓ En déduire la loi d'Ohm locale

### c. Bilan : Relation champ-potentiel en régime stationnaire

**Potentiel électrique**

En régime stationnaire, on peut définir en tout point $M$ où règne un champ électrique $\overrightarrow{E}(M)$ un potentiel électrique $V(M)$ tel que

$$\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{grad}\, V(M)$$

## 2. Résistance d'un conducteur cylindrique

**Méthode - Résistance d'un conducteur cylindrique en régime stationnaire**

Pour un cylindre d'axe $Ox$, de section $S$, de longueur $L$, de conductivité électrique $\gamma$
Par analogie avec les phénomènes de diffusion thermique, on obtient l'expression de la résistance électrique

$$R = \frac{L}{\gamma.S}$$

On peut justifier cette relation par le raisonnement suivant :

- ✓ En considérant le système unidimensionnel, cad $V(M) = V(x)$, exprimer $\frac{dV}{dx}$ en fonction de $\gamma$ et $j(x)$
- ✓ Justifier que $j(x)$ est en fait une constante $j$. L'exprimer en fonction de $S$ et $I$
- ✓ Intégrer l'expression de $\frac{dV}{dx}$ pour trouver une relation entre $\Delta V$ et $I$
- ✓ Rappeler la loi d'Ohm pour une résistance et en déduire une expression de $R$

### 3. Puissance dissipée par effet Joule

**Puissance volumique cédée aux charges**

La puissance volumique cédée par le champ électrique aux charges en un point $M$ a pour expression

$$\mathcal{P}_v = \overrightarrow{j}.\overrightarrow{E}$$

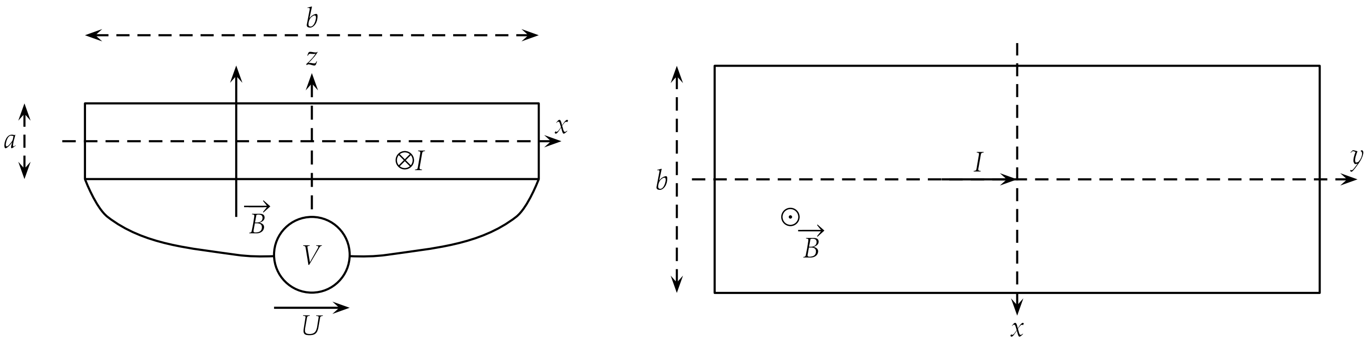
- ✓ Exprimer la force de Lorentz pour un porteur de charge en mouvement
- ✓ En déduire la puissance cédée par le champ à ce porteur de charge
- ✓ Exprimer la puissance cédée à une unité de volume , faire apparaitre la densité volumique de courant de charges

**Méthode - Puissance dissipée par effet Joule pour un conducteur cylindrique**

On reprend le conducteur électrique étudié.

- ✓ Exprimer la puissance volumique cédée aux porteurs de charge en fonction de $j$ et $\gamma$
- ✓ En déduire la puissance totale cédée aux porteurs de charge $\mathcal{P}$, fonction de $j$, $S$, $L$ et $\gamma$
- ✓ Vérifier que $\mathcal{P} = R.I^2$

## III. Effet Hall




Une nappe conductrice comportant $n = 10^{22}$ électrons de conduction par unité de volume est parcourue par un courant $I = 1\ A$ est placée dans une zone de champ $\overrightarrow{B} = B_0.\overrightarrow{e_z}$.

La section de cette nappe est $a.b$ avec $a = 0,1\ mm$ et $b = 1\ mm$

*Voir le diaporama pour l'explication qualitative*

**Effet Hall**

La mesure de la tension aux bornes des parois latérales d'une nappe de courant dans un champ magnétique permet de mesurer ce champ.

- ✓ Représenter la vitesse d'un électron en fonction de sens de $I$ choisi
- ✓ En déduire le sens de la force magnétique appliquée à l'électron et en déduire sa déviation
- ✓ Modéliser les effets de cette déviations par l'apparition de charges positives / négatives sur deux bords de la nappe
- ✓ En déduire le sens du champ $\overrightarrow{E}$ qui en découle et de la force électrique appliquée à l'électron
- ✓ Relier ce champ à la tension mesurée
- ✓ Sachant qu'en régime permanent la trajectoire de l'électron sera colinéaire au sens du courant, en déduire la relation entre $I$, $B$, $e$,$n$ et $b$