

Électromagnétisme

PC Lycée Dupuy de Lôme

Description d'une distribution de charges statique

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

- Charge ponctuelle : q placée en P

- Répartition linéique :

Pour un él^{lt} $dl(P)$ de la courbe de dens. linéique de charge $\lambda(P)$:



$$dq(P) = \lambda(P).dl(P)$$

- Répartition surfacique :

Pour un él^{lt} $dS(P)$ de la surface de dens. surfacique de charge $\sigma(P)$:



$$dq(P) = \sigma(P).dS(P)$$

- Répartition volumique :

Pour un él^{lt} $d\tau(P)$ du volume de dens. volumique de charge $\rho(P)$:



$$dq(P) = \rho(P).d\tau(P)$$

On définit pour les porteurs de charges situés macroscopiquement en M à l'instant t :

- $\vec{v}$: vitesse du porteur de charge
- q : charge du porteur
- ρ : Densité volumique de charge associées au porteur
- n : Densité volumique de porteurs de charges

$$\rho = n.q$$

Densité volumique de courant

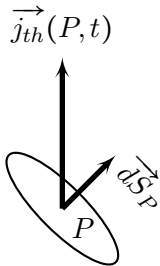
$\vec{j}(M, t)$ permet de connaître en M à l'instant t :

- Le sens du déplacement des porteurs de charge
- la quantité de charge traversant une unité de surface pendant une unité de temps.

Densité volumique de courant

$\vec{j}(M, t)$ permet de connaître en M à l'instant t :

- Le sens du déplacement des porteurs de charge
- la quantité de charge traversant une unité de surface pendant une unité de temps.



$$\vec{j} = \rho \cdot \vec{v}$$

$$\Phi = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

Densité volumique de courant

$\vec{j}(M, t)$ permet de connaître en M à l'instant t :

- Le sens du déplacement des porteurs de charge
- la quantité de charge traversant une unité de surface pendant une unité de temps.

Intensité du courant

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

$$I = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

En tout point de l'espace, on considère :

- Une densité volumique de charges $\rho(x, t)$
- Une densité de courants $\vec{j} = j(x, t) \cdot \vec{e}_x$

On effectue un bilan de charge pendant une durée dt sur un volume délimité par un cylindre de section S situé entre les abscisses x et $x + dx$.

$$\Rightarrow \frac{\partial \rho(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial j(x, t)}{\partial x} = 0$$

Loi de conservation de la charge

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



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

Conservation du flux

En régime stationnaire, le vecteur densité de courant est conservatif

$$\oint \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$$

Cette propriété permet de retrouver la loi de nœuds

Loi d'Ohm locale

Le déplacement des porteurs de charges est la conséquence de l'apparition d'un gradient de potentiel entre deux points d'un conducteurs.

Par analogie aux phénomènes de conduction thermique

$$\vec{j}(M) = -\gamma \cdot \overrightarrow{\text{grad}V}(M)$$

avec γ la conductivité du milieu *en Siemens par mètre*

On effectue un bilan mécanique sur un électron de conduction du conducteur. Pour cet électron de masse m_e de charge $-e$ et de vitesse $\vec{v}_e$, dans le référentiel lié au conducteur supposé galiléen.

Le conducteur est soumis à une différence de potentiels $U = V_A - V_B$, parcouru par i_{AB}

Modélisation des interactions microscopiques

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



$$\vec{f} = -\frac{m_e}{\tau} \cdot \vec{v}_e$$

Force électromagnétique - Poids

On considère l'électron non relativiste. Dans ces conditions on peut négliger la force magnétique

Le poids est négligeable devant la force électrique.

On étudie d'un point de vue mécanique un porteur de charge (1 électron) :

Le PFD donne donc : $\frac{d\vec{v}_e}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot \vec{v}_e = \frac{e}{m_e} \cdot \vec{E}$

Temps caractéristique

Pour les conducteurs tels que le cuivre, la constante de temps τ est très faible devant les durées caractéristiques de variation du champ extérieur. On peut considérer le régime permanent établi immédiatement.

✎ Dans le modèle de Drüde: $\vec{v}_e = -\frac{e \cdot \tau}{m} \cdot \vec{E}$

- Modèle de Drüde : $\vec{v}_e = -\frac{e \cdot \tau}{m} \cdot \vec{E}$

- Or $\vec{j} = \rho_p \cdot (-e) \cdot \vec{E}$ avec ρ_p la densité volumique de porteurs de charge

Loi d'Ohm locale

Un conducteur est caractérisé par sa conductivité électrique γ telles que

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

Selon le modèle de Drüde,

$$\gamma = \rho_p \cdot \frac{e^2 \cdot \tau}{m_e}$$

Métal : $10^4 \text{ S.m}^{-1} \longrightarrow 10^9 \text{ S.m}^{-1}$.

Semi-conducteurs : $10^{-8} < \gamma < 10^4$

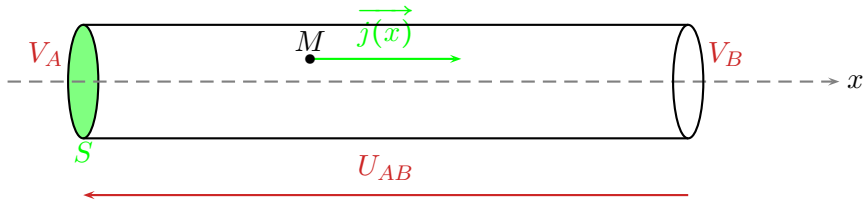
On rappelle les relations mises en place :

- $\vec{j}(M) = -\gamma \cdot \overrightarrow{\text{grad}} V(M)$
- En régime stationnaire, $\vec{j} = \gamma \cdot \vec{E}$

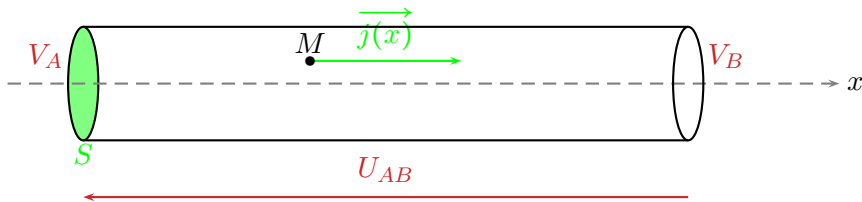
Potentiel électrique

En régime stationnaire, le potentiel électrique $V(m)$ en un point M où règne un champ électrique $\vec{E}(M)$ est tel que

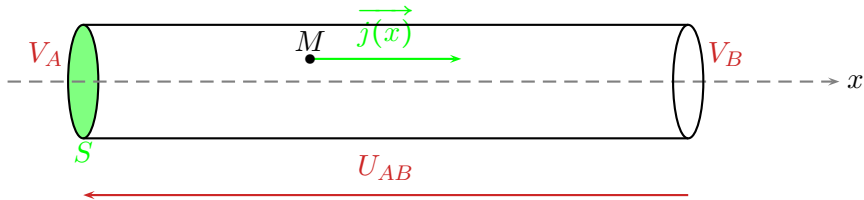
$$\vec{E}(M) = -\overrightarrow{\text{grad}} V(M)$$



- Modèle unidimensionnel :
- Le régime est stationnaire :
- Expression de l'intensité :
Le champ électrique est donc
- On admet que $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$, alors $V_A - V_B =$



- Modèle unidimensionnel : $j(M) = j(x)$
- Le régime est stationnaire : $\frac{dj(x)}{dx} = 0$
- Expression de l'intensité : $i = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = j \cdot S = \gamma \cdot S \cdot E$
Le champ électrique est donc uniforme
- On admet que $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$, alors $V_A - V_B = \frac{L}{\gamma \cdot S} \cdot i$

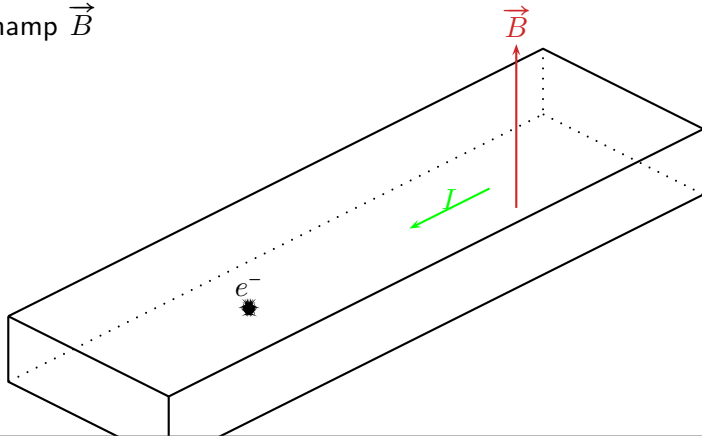


Résistance d'un conducteur

La résistance d'un conducteur de section S et de longueur L est donnée par la relation

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

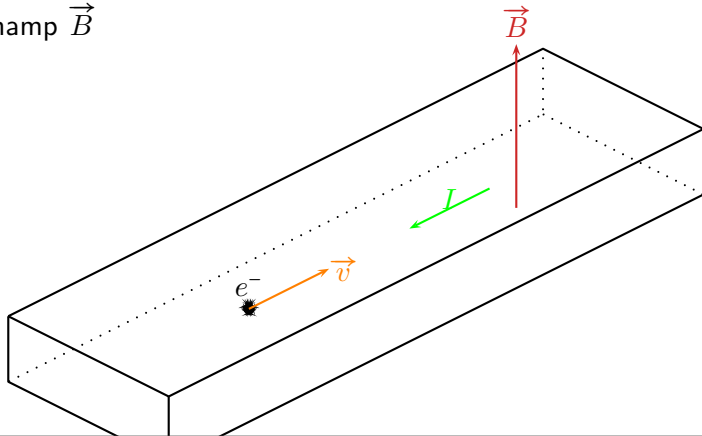
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

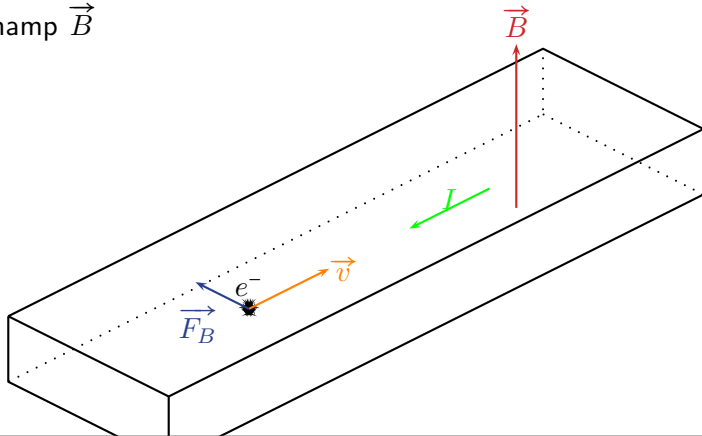
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

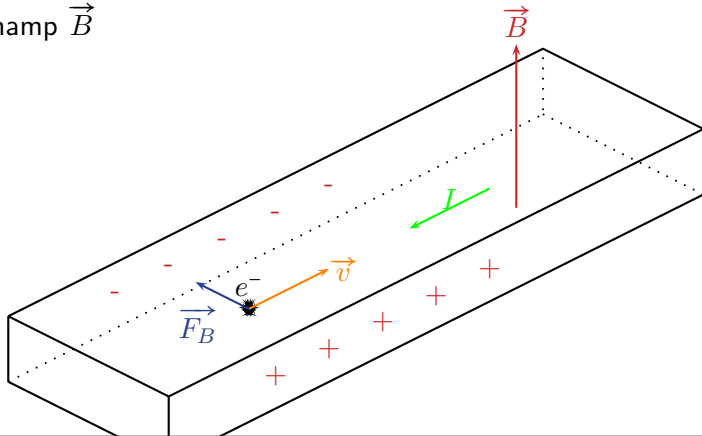
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

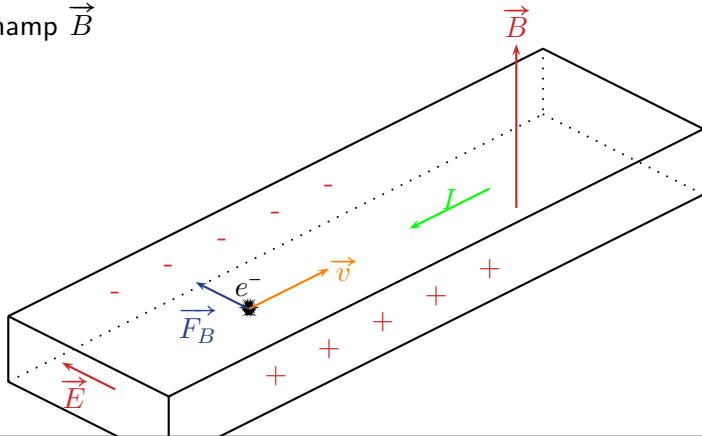
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

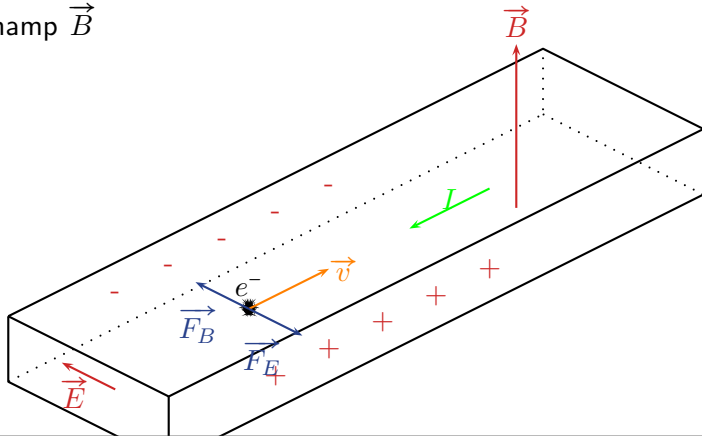
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

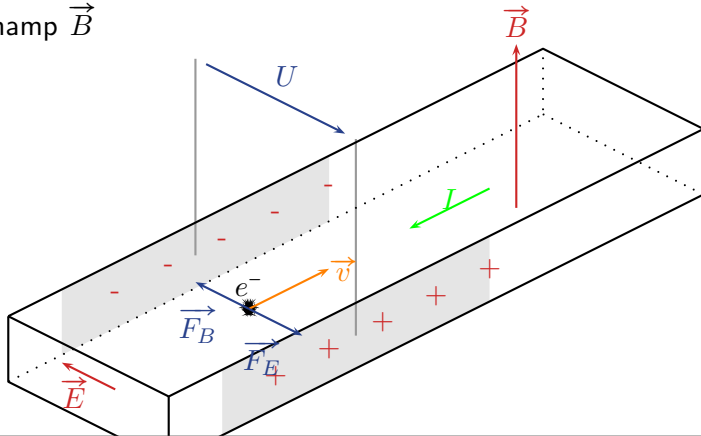
Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.

Une nappe conductrice parcourue par un courant I est placée dans une zone de champ $\vec{B}$



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.