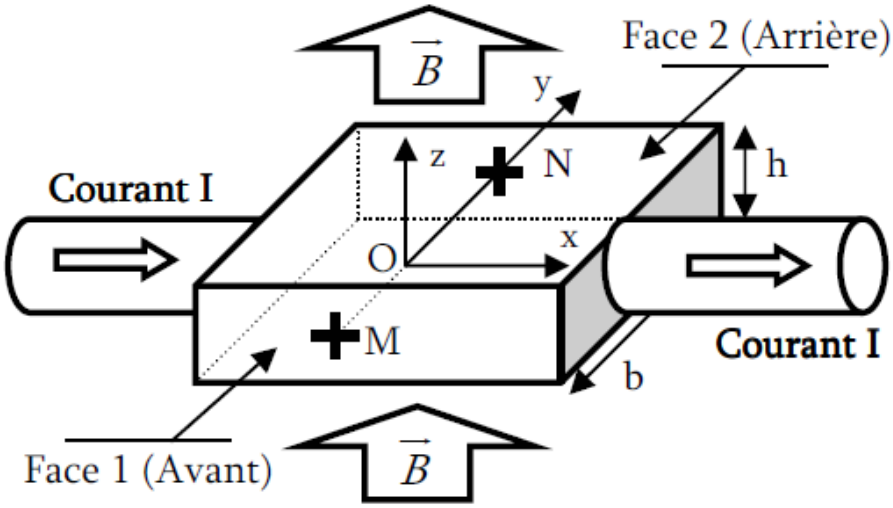
TD 4 – Capteurs à effet Hall

Étude de l'effet Hall

On considère une plaque plane de semi-conducteur, de largeur b suivant Oy et d'épaisseur h suivant Oz. Elle est réalisée dans un semi-conducteur où la conduction électrique est assurée par des électrons mobiles dont le nombre par unité de volume est n.



La plaque est parcourue par un courant électrique I dirigé suivant Ox, associé à une densité de courant uniforme : $\vec{J} = J\,\vec{e}_x$, $J > 0$. Un champ magnétique extérieur uniforme est appliqué suivant Oz : $\vec{B} = B\,\vec{e}_z$, $B > 0$. Le champ magnétique créé par le courant est négligé devant le champ extérieur. Le régime est supposé stationnaire.

Question 1 : Champ électrique de Hall

1. En l'absence de champ magnétique, exprimer le vecteur $\vec{v}$ de vitesse des électrons dans la plaque en fonction de $\vec{J}$, n et e.
2. Décrire qualitativement la déviation des électrons sous l'action de la force de Lorentz lorsque le champ magnétique est appliqué : représenter sur un schéma ce phénomène.
3. En régime permanent, expliquer l'apparition d'un champ électrique transverse $\vec{E}_H$ et montrer que :

$$\vec{E}_H = \frac{1}{n \cdot e}\,\vec{J} \times \vec{B}$$

4. En déduire les composantes de ce champ de Hall $\vec{E}_H$.

Question 2 : Tension de Hall

1. Exprimer la tension de Hall $U_H = V_N - V_M$ mesurée entre deux points M ($y_M = -\frac{b}{2}$) et N ($y_N = \frac{b}{2}$) situés sur les faces opposées de la plaque.
2. Montrer que la tension de Hall peut s'écrire sous la forme : $U_H = \frac{C_H}{h}\,I\,B$. Et en déduire l'expression du coefficient de Hall C_H en fonction de n et e.
3. Expliquer l'utilité de la mesure de cette tension de Hall.

Application numérique

On considère une plaque d'antimoniure d'indium (InSb) pour laquelle : $C_H = 375 \times 10^{-6}$ m^3 C^{-1}. Les données expérimentales sont : $I = 0{,}1$ A, $h = 0{,}3$ mm, $U_H = 88$ mV.

1. Calculer la valeur du champ magnétique B.
2. En déduire la densité volumique de porteurs n.

Formulaire – Courant, champs et effet Hall

Charge élémentaire :

$e = 1{,}602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C.

Forces et champs : force exercée sur un porteur de charge q

Force électrique (N) : $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$, où $\vec{E}$ le champ électrique (V m^{-1}).

Force magnétique (N) : $\vec{F}_m = q\,\vec{v} \times \vec{B}$, où $\vec{B}$ le champ magnétique (T) et $\vec{v}$ la vitesse du porteur (m s^{-1}).

Force de Lorentz (N) : $\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q\,\vec{E} + q\,\vec{v} \times \vec{B}$.

Courant et densité de courant

Courant électrique (A) : $I = \dfrac{dQ}{dt}$, où Q est la charge électrique (C) et t le temps (s).

Densité de courant (A m^{-2}) : $\vec{J} = \dfrac{dI}{dS}\,\vec{u}$, où dS (m^2) est un élément de surface orienté de normale $\vec{u}$ (vecteur unitaire normal à la surface, sans dimension).

Courant comme flux (A) : $I = \iint_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$, avec $d\vec{S} = \vec{u}\,dS$.

Relation porteurs–courant : $\vec{J} = n\,q\,\vec{v}$, où n est la densité volumique de porteurs (m^{-3}).

Champ électrique et potentiel

Champ électrique (V m^{-1}) : $\vec{E} = -\nabla V$, où V est le potentiel électrique (V), et ∇ l'opérateur gradient spatial.

Différence de potentiel (V) : $V(B) - V(A) = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$, où A et B sont deux points de l'espace, $d\vec{l}$ un élément de chemin orienté (m).