

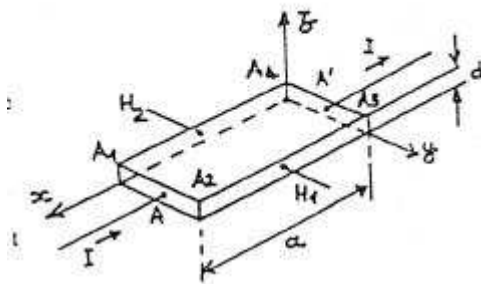
Premier Problème : Mesure d'un champ magnétique : la sonde à effet Hall

1. Description

La sonde à effet Hall est un capteur qui permet la mesure d'un champ magnétique.

La partie active de la sonde à effet Hall est une plaquette parallélépipédique constituée d'un matériau homogène conducteur (voir schéma 1)

Schéma 1 :



Ses dimensions seront notées :

a : la longueur

b : la largeur

d : l'épaisseur

La sonde peut être alimentée par un générateur entre A et A'. Il y a possibilité de réaliser des connexions électriques en H₁ et H₂ (branchement d'un voltmètre ou d'un montage amplificateur).

La sonde alimentée par une source de tension continue est parcourue par un courant constant d'intensité I entre A et A'.

La conduction électrique est assurée par des électrons libres se déplaçant à la vitesse $\vec{v}$ uniforme.

On notera : q = -e la charge électrique d'un d'électron libre

n le nombre d'électrons libres par unité de volume

On supposera dans cette question une répartition uniforme des porteurs de charges.

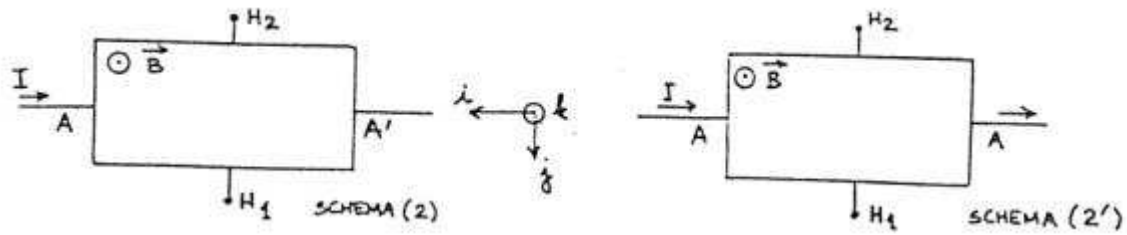
En exprimant que l'intensité I du courant dans la sonde est le débit de charges électriques à travers une section du circuit, montrer que $I = e \cdot n \cdot b \cdot d \cdot v$

2. L'effet Hall

Lorsque la sonde est soumise à un champ magnétique de direction orthogonale à sa face A₁, A₂, A₃, A₄ ($\vec{B} = B \cdot \vec{k}$) (schéma 2) on enregistre une différence de potentiel entre les points H₁ et H₂ ; cette tension appelée tension de Hall sera notée U_H.

1. Rappeler l'expression vectorielle de la force dite force de Lorentz s'exerçant sur une particule portant la charge électrique q et se déplaçant à vitesse $\vec{v}$ dans un champ magnétique $\vec{B}$.
2. Représenter cette force, notée $\vec{F}_1$ pour un électron en déplacement dans la sonde ; préciser sens et direction de la force sur une reproduction du schéma 2.

Schéma 2:



3. Interprétation du phénomène : cette force magnétique modifie la trajectoire des électrons : il y a accumulation d'électrons libres sur une face de la sonde et défaut d'électrons libres sur une autre.

La tension qui existe alors entre les deux points H_1 et H_2 est la tension Hall (U_H).

Cette différence de potentiel crée à l'intérieur de la sonde un champ électrique $\vec{E}_H$ considéré uniforme.

- Rappeler la relation liant U_H et E_H .
- Exprimer la force électrique $\vec{F}_2$ due à l'existence de E_H qui s'exerce sur les charges mobiles de la sonde.
- Reproduire et compléter le schéma 2' : représenter le champ électrique $\vec{E}_H$ et la force $\vec{F}_2$.

3. Mesure d'un champ magnétique

Un régime permanent s'établit lorsque les forces électrique et magnétique s'exerçant sur les électrons libres se compensent, ils se trouvent alors animés d'un mouvement rectiligne uniforme identique à celui décrit en (1).

1. Montrer que E_H et B sont liés par la relation :
 $E_H = v \cdot B$

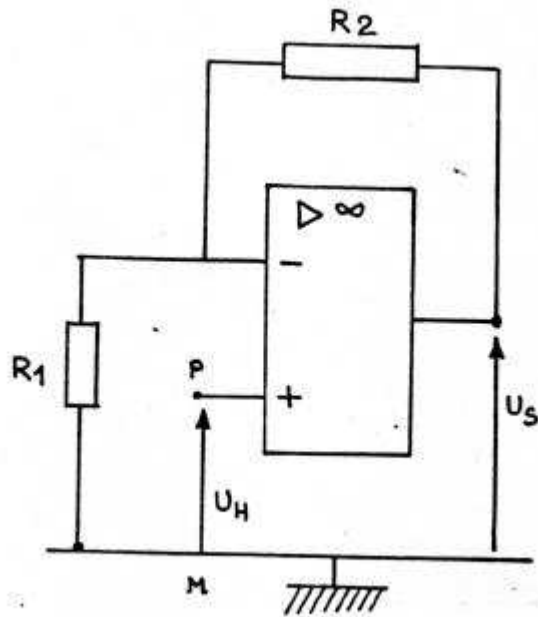
En déduire que $U = K \cdot (I \cdot B)$ (K constante caractéristique de la H sonde)
 Exprimer K.

2. On réalise une sonde en germanium, d'épaisseur $d = 1 \text{ mm}$, parcourue par un courant $I = 0,01 \text{ A}$. (on rappelle $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
 Pour le germanium : $n = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ électrons/m}^3$

Calculer la constante K de la sonde et sa sensibilité s en volt/tesla.

4. Amplification de la tension U_H

La valeur de la tension de HALL étant très faible, il est nécessaire de l'amplifier avant d'en effectuer la mesure. L'amplification est réalisée avec le montage suivant :



Le circuit intégré linéaire (amplificateur opérationnel) utilisé est considéré parfait.
La tension d'entrée U_H est appliquée entre P et M.

Etablir la relation liant la tension de sortie U_S , la tension d'entrée U_H et les résistances R_1 et R_2 .
On veut un rapport d'amplification de 100.
Déterminer R_2 sachant que $R_1 = 1\text{k}\Omega$.
La tension mesurée en sortie est $U_S = 2,5\text{ V}$.
Déterminer la norme B du champ magnétique mesuré.

Deuxième problème : étude thermodynamique d'un cycle .

Note : pour chaque question il est demandé au candidat de donner les expressions littérales précédant les applications numériques.

Soit un cycle de machine thermique, réalisé avec un mélange gazeux assimilé à un gaz parfait diatomique.

On notera P_i la pression., V_i le volume et T_i la température absolue du gaz dans l'état A_i .

L'état initial A_1 étant défini par $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 2 \text{ L}$, $T_1 = 293 \text{ K}$.

Le cycle est réalisé à partir des transformations suivantes à partir de l'état initial A_1 qui vient d'être défini, le gaz subit quatre transformations réversibles.

De A_1 à A_2 : compression adiabatique et réversible du gaz jusqu'à la pression $P_2 = 10 P_1$.

De A_2 à A_3 : dilatation à pression constante au cours de laquelle le gaz reçoit une quantité de chaleur $Q' = 1,45 \text{ kJ}$.

De A_3 à A_4 : on réalise une détente adiabatique réversible jusqu'au volume initial V_1

De A_4 à A_1 : le gaz est refroidi, à volume constant.

ETUDE DU CYCLE :

1. Calculer la masse de gaz utilisée dans ce cycle.
On prendra comme masse molaire du gaz : $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$
On donne R constante des gaz parfaits $R = 8,3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
2. On considérera que pour le gaz parfait utilisé, la chaleur massique à volume constant, est en tout point du cycle constante et égale à : $C_v = \frac{5}{2} \frac{R}{M}$
Déterminer le rapport γ des chaleurs massiques à pression constante et volume constant.
3. Déterminer les coordonnées thermodynamiques, pression, volume et température des états A_2 , A_3 , A_4 .