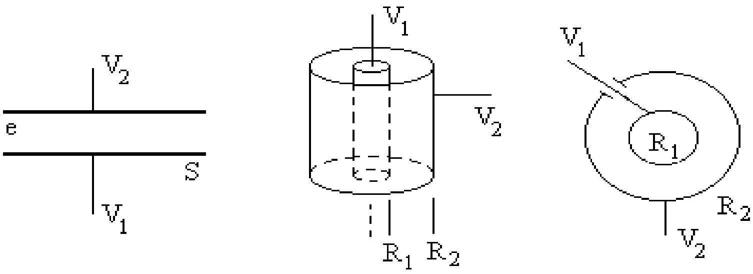
Électromagnétisme

T.D N°4 d'électromagnétisme

Force de Laplace

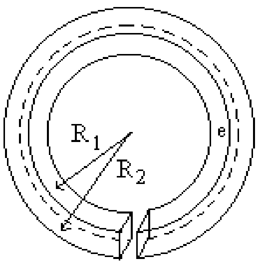
⋆ **Exercice 1 :**

1. Calculer la capacité des condensateurs plan, cylindrique et sphérique (on négligera tout effet de bords ; le milieu interstitiel entre les armatures aux potentiels a une permittivité).
2. Calculer, par deux méthodes, la résistance électrique des conducteurs de résistivité de même forme que les condensateurs de la question 1).



⋆ **Exercice 2 :**

Une couronne de rayon intérieur R_1 , de rayon extérieur R_2 , de largeur e est fendue selon un plan passant par son axe de révolution Oz. L'une des faces de la coupure est au potentiel V_1 , l'autre au potentiel V_2 . La résistivité du matériau conducteur étant r , calculer la résistance de la couronne.



⋆ **Exercice 3 :Conduction électrique d'un métal :**

1. Evaluer, pour un très bon conducteur comme le cuivre métallique, l'ordre de grandeur de la vitesse de dérive v des électrons de conduction, dans un fil de section $S = 1mm^2$, parcouru par un courant I=10A.
   La comparer à la vitesse d'agitation thermique v d'un électron libre à la température T=300K.
2. Evaluer le temps de relaxation τ du milieu. En assimilant τ à un temps de collision (temps moyen entre deux collisions successives d'une charge de conduction avec le réseau).
   Evaluer le libre parcours moyen l des charges de conduction.
3. Le champ électrique appliqué au milieu est sinusoïdal, de la forme $\underline{\overrightarrow{E}} = \overrightarrow{E}_0.\exp^{j\omega t}$en notation complexe. Montrer que le modèle précédent nous permet de définir une conductivité complexe $\underline{\gamma}$ en régime sinusoïdal établi. Dans quel domaine de fréquence sera-t-il possible d'assimiler la conductivité du milieu à sa valeur en régime permanent ?

Données :

- Masse d'un électron : $m = 9,1.10^{-31}kg$;
- charge d'un électron : $-e = -1,6.10^{-19}C$;
- constante d'AVOGADRO : $N_A = 6,02.10^{23}mol^{-1}$;
- constante de BOLTZMANN : $k_B = 1,83.10^{-23}J.K^{-1}$.

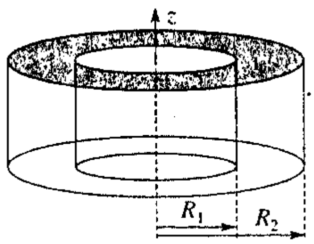
Cuivre :

- conductivité : $\gamma = 5,9.10^7S.m^{-1}$.
- masse volumique : $\mu = 8,9.10^3kg.m^{-3}$;
- masse molaire : $M = 64g.mol^{-1}$.

On considérera que chaque atome de cuivre apporte un électron de conduction.

⋆ **Exercice 4 :Effet de magnéto-résistance entre deux conducteurs cylindriques :**

Deux cylindres conducteurs coaxiaux, de hauteur h et de rayons R_1 et R_2 respectivement, sont séparés par un milieu conducteur ohmique de conductivité γ. (Voir figure) Un courant I circule dans ce système lorsqu'il est soumis à une tension U.



1. Déterminer la résistance R de ce système de deux manières différentes (on négligera tout effet de bord).
   La résistance précédente est plongée dans un champ magnétique uniforme et permanent $\overrightarrow{B} = B_0\overrightarrow{e}_z$.
   Le champ électrique est encore radial, mais la répartition des lignes de courant est altérée par la présence du champ magnétique.
2. Déterminer le nouveau vecteur densité volumique de courant $\overrightarrow{j}$. On pourra noter $\mu = \frac{q\tau}{m}$ la mobilité des porteurs de charge (de charge q et de massem)

du milieu ohmique et on exprimera $\overrightarrow{j}$ par ses composantes dans la base cylindrique$(\overrightarrow{e}_r, \overrightarrow{e}_\theta, \overrightarrow{e}_z)$.

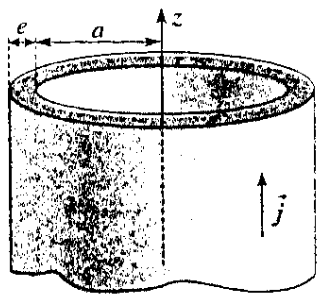
3. Quelle est la nouvelle expression de la résistance du système ?
   Comparer celle-ci à la valeur de la résistance en l'absence de champ magnétique, en utilisant les ordres de grandeur relatifs à un bon conducteur et pour un champ magnétique de 10 teslas.

A.N : $q = -e = -1,6.10^{-19}C$; $m = 9,1.10^{-31}kg$;et $\tau = 10^{-14}s$.

⋆ **Exercice 5 :Pression magnétostatique :**

Un cylindre infini creux,d'axe(Oz), de rayon intérieur a et d'épaisseur e, est parcouru par le courant volumique uniforme $\overrightarrow{j} = j\overrightarrow{e}_z$.

1. Déterminer le champ magnétique engendré par cette distribution de courant.
2. Quelle est la force volumique subie par le cylindre ?
3. L'épaisseur du cylindre est très faible ($e \ll a$) et le modèle utilisé sera désormais celui d'une Distribution surfacique de courant.
   Préciser la relation liant la densité surfacique de courant $\overrightarrow{j}_s$ au courant $\overrightarrow{j}$ et l'épaisseur e.
4. Montrer que les efforts précédents peuvent être ramenés à une pression " magnétostatique "P, que l'on exprimera en fonction de $\overrightarrow{j}_s$. Peut-on trouver une analogie à ce résultat ?

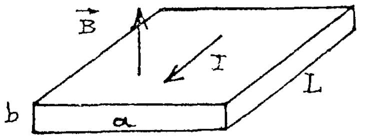


⋆ **Exercice 6 :Étude de l'effet Hall**.

Une plaquette conductrice parallèlépipédique de longueur l, largeur a, épaisseur b, est traversée dans le sens de la longueur par un courant continu d'intensité I.

On suppose que dans la plaquette les porteurs de charge sont des électrons.

La plaquette est plongée dans un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ uniforme et permanent, orthogonal à la direction du courant (voir figure).



Ce champ magnétique est établi à l'instant zéro (t = 0).

1. Représenter sur un schéma la force de Lorentz qui s'exerce sur un porteur de charge dans le cas de la figure.
2. En utilisant un raisonnement qualitatif, montrer qu'à partir de l'instant t = 0, dans une phase transitoire, des électrons vont s'accumuler sur l'une des faces de la plaquette. Préciser de quelle face il s'agit.
   Montrer qu'il apparaît donc une tension électrique entre deux faces de la plaquette. Cette tension est appelée « tension de Hall ". On la notera U_H
3. En régime permanent, exprimer la tension de Hall U_H en fonction de l'intensité I du courant, de la norme B du champ magnétique, de l'épaisseur de la plaquette, de la valeur absolue de la charge de l'électron e, du nombre de porteurs de charge par unité de volume n.
4. La plaquette est en cuivre de masse molaire M = 63,5 g/mol, masse volumique : $\rho = 8,96.10^3 kg/m^3$.
   On considère qu'à chaque atome de cuivre correspond un électron libre et on donne :
   $B = 1,00T$ $b = 0,10mm$ $a = 1,0cm$ $I = 5,0cm$ $I = 10,0A$ $e = 1,6.10^{-19}C$.
   Laconstante d'Avogadro est $N = 6,022.10^{23}mol^{-1}$.
   (a) Déterminer le nombre de porteurs de charge par unité de volume n.
   (b) Détenniner la tension de Hall U_H .