TRAVAUX DIRIGÉS DE PHYSIQUE

Vendredi 18 Juin

Exercice N°1

Résistance d'un cylindre

On repère l'espace avec des coordonnées cylindriques (r, θ, z). Un matériau de conductivité γ uniforme remplit l'espace dans la zone cylindrique délimitée par $\begin{matrix} R_0 < r < R_1 \\ 0 < z < H \end{matrix}$. Un mince dépôt métallique (« armature ») en $r = R_0$ permet de porter le potentiel de cette partie de conducteur à la valeur V_0, tandis qu'un autre dépôt en $r = R_1$ permet de porter cette armature au potentiel V_1. On néglige tout effet de bord.

1. Inventorier les symétries du système.
2. Montrer que dans le conducteur, $\boldsymbol{E} = E(r)\boldsymbol{e}_r$. En déduire V.
3. Quel est le courant I passant de l'armature intérieure à l'armature extérieure ?
4. En déduire la résistance de l'ensemble.
5. Vérifier le résultat en examinant son homogénéité. Montrer que dans la limite où $R_0 \rightarrow R_1$, on retrouve le résultat du cours.

Exercice N°2

Lien résistance-condensateur

On conserve la géométrie de l'exercice précédent, mais en supposant absent le matériau conducteur. On note $\sigma_1 ; \sigma_2$ les charges sur les armatures intérieure et extérieure. On peut montrer que sur une armature, $|\sigma| = \|\epsilon_0 \boldsymbol{E}\|$.

1. Déterminer les charges $Q_1 ; Q_2$ portées par les armatures.
2. En déduire la capacité C du condensateur.
3. Montrer qu'à la limite $R_0 \rightarrow R_1$, on retrouve un résultat de type « capacité à faces planes parallèles ».
4. Le produit RC dépend-il de la géométrie du système ? Ext-ce particulier à la situation étudiée ?

Exercice N°3

Modèle de conductivité dans un électrolyte (frottement fluide)

On considère un électrolyte constitué de n_0 anions de charge -q et n_0 cations de charge q par unité de volume. Outre les forces dues aux choc responsables de l'agitation thermique, chaque ion subit la force due au champ électrique appliqué $\pm q\boldsymbol{E}$, ainsi qu'une force de frottement fluide dont l'expression est $-\alpha \boldsymbol{v}$ si $\boldsymbol{v}$ désigne la vitesse de l'ion.

Pour simplifier, on supposera que α est le même pour les anions et les cations, et que si l'on raisonne sur la vitesse moyenne (moyenne statistique sur un grand nombre de particules), dorénavant notée $\boldsymbol{v}$ on peut négliger tout ce qui a trait à l'agitation thermique.

1. À partir de la date t=0, on applique un champ électrique $\boldsymbol{E}$ uniforme à l'électrolyte. Quelle équation différentielle régit le mouvement d'un cation ? D'un anion ?
2. En déduire une équation différentielle portant sur la densité de courant $\boldsymbol{j}$ et la résoudre.
3. Montrer que, en régime permanent, on a bien $\boldsymbol{j}=\gamma\boldsymbol{E}$ et préciser γ .
4. En supposant maintenant que $\boldsymbol{E}$ soit uniforme mais sinusoïdal, déterminer, en notation complexe, la nouvelle relation entre $\boldsymbol{j};\boldsymbol{E}$.
5. Quelle observation faudrait-il réaliser pour déterminer α ?

Exercice N°4

Magnéto-résistance

On reprend, à nouveau, la situation de l'exercice N°1. On suppose qu'un champ magnétique statique uniforme $\boldsymbol{B}=B_0\boldsymbol{e}_z$ est présent.

On décrit le matériau par le modèle collisionnel de Drude, pour lequel $\gamma=\dfrac{n_0 e^2\tau}{2m}$.

1. Quelle est la signification physique des paramètres $n_0;e;\tau;m$?
2. Montrer que la vitesse moyenne d'un porteur de charge est $\boldsymbol{v}=\dfrac{\boldsymbol{j}}{n_0 e}$
3. En présence d'un champ magnétique, la force subie par une charge mobile est $\boldsymbol{F}=e(\boldsymbol{E}+\boldsymbol{v}\wedge\boldsymbol{B})$. Justifier qu'alors, $\boldsymbol{j}$ soit régi par l'équation $\boldsymbol{j}=\gamma(\boldsymbol{E}+\dfrac{\boldsymbol{j}}{n_0 e}\wedge\boldsymbol{B})$
4. Dans le plan (r,θ) , quelles sont les équations reliant les composantes de $\boldsymbol{j};\boldsymbol{E}$? en déduire j_r en fonction de $B_0;E$

5. Montrer que la résistance du dispositif est régie par une équation du type $R = R(B_0 = 0)\, f(B_0)$ où $f(B_A)$ est une fonction de $B_0 ; \gamma ; n_0 ; e$ à préciser.