

# Travaux Dirigés numéro 11

## Le fil conducteur

PC, 26 novembre 2008

**Exercice 1 Étude énergétique de la loi d'Ohm.** Un fil conducteur ohmique de conductivité  $\gamma$  a la forme d'un cylindre de hauteur  $h$ , d'axe  $(O, z)$ , de rayon  $r_0$ . Il est soumis à un champ électrique  $\vec{E} = E\vec{u}_z$ . Soit  $M$  un point à la distance  $r$  de l'axe avec  $r < r_0$ . On est en régime permanent.

1. Donner l'expression de la densité de courant dans le fil, celle du champ magnétique et celle du vecteur de Poynting en fonction de  $r$ .
2. Vérifier l'équation locale de Poynting en  $M$ .
3. Vérifier l'équation intégrale de Poynting à travers l'enveloppe cylindrique de rayon  $r_0$  du conducteur.
4. Faire le lien avec l'électrocinétique

**Exercice 2 L'effet Hall.** Un conducteur ohmique de conductivité  $\gamma$ , parallélépipédique de longueur  $L = FG$  (selon  $\vec{u}_x$ ), de largeur  $d$  (selon  $\vec{u}_y$ ) et d'épaisseur  $\varepsilon$  (selon  $\vec{u}_z$ ) est soumis à un champ magnétique  $\vec{B} = B\vec{u}_z$ . Il est parcouru par un courant volumique uniforme d'intensité  $I$ . On néglige le champ magnétique créé par ce courant devant  $B$ . Les porteurs de charge sont les électrons de charge  $-e$ , leur densité est de  $n$  électrons libres par mètre cube. On suppose qu'ils se déplacent à la vitesse constante et uniforme  $\vec{v} = -v\vec{u}_x$ .

1. Préciser la résistance  $R$  et la tension  $U_{AB}$ .
2. Donner la relation entre  $I$ ,  $n$ , la section  $S = d\varepsilon$ ,  $v$  et  $e$ .
3. Montrer qu'il existe une tension électrique  $u_H$  entre les faces latérales du conducteur. Donner son expression et justifier qu'elles sont associées à des densités surfaciques de charges.

**Exercice 3 Chauffage par induction.** Un solénoïde cylindrique d'axe  $(O, z)$  de rayon  $r_0$  comportant  $n$  spires par mètre est parcouru par un courant variable dont l'intensité est  $i(t) = I \cos(\omega t)$ . On admet que le champ magnétique propre créé par le solénoïde est uniforme à l'intérieur ( $r < r_0$ ) et que le champ électrique est orthoradial :

$$\vec{B} = \mu_0 n i(t) \quad \text{et} \quad \vec{E} = E(r, t) \vec{u}_\theta$$

1. Déterminer le champ  $\vec{E}$  à l'intérieur du solénoïde.
2. On place un cylindre massif long de conductivité  $\gamma$ , de hauteur  $h$  et de rayon  $r_1 < r_0$  à l'intérieur du solénoïde et de même axe. Déterminer la densité de courant  $\vec{j}$  créée par le champ électrique  $\vec{E}$ . Quel est l'effet observable associé à ces courants ?
3. En déduire le champ magnétique  $\vec{B}_i$  (appelé induit) créé sur l'axe par les courants et donner la condition sous laquelle ce champ est négligeable devant celui créé par le solénoïde.
4. Si cette condition n'est pas vérifiée, indiquer sans justification la répartition des courants dans le cylindre.