

**PHY 1441**  
**ÉLECTROMAGNÉTISME**  
**DEVOIR 4**

**Distribué le:** 13 mars 2007

**À remettre le:** 27 mars 2007 avant 10:00 dans le casier à devoirs

---

**Question 1**

Considérons un condensateur à plaques parallèles portant une charge de surface uniforme  $\pm\sigma$ ; comme d'habitude, les plaques du haut du bas portent des charges de signe opposé. Les plaques sont parallèles au plan  $xy$ . Ce condensateur se déplace en bloc à une vitesse constante  $\mathbf{v} = v\hat{\mathbf{y}}$ ;

- (a) Déterminez le champ magnétique entre les plaques ainsi qu'à l'extérieur du condensateur.
  - (b) Déterminez maintenant les forces magnétique et électrique agissant sur chaque plaque.
  - (c) Calculez finalement la vitesse  $v$  à laquelle ces deux forces deviennent égales.
- 

**Question 2**

Deux boucles circulaires de rayon  $a$  et dans lesquelles s'écoule un courant  $I$  sont placées parallèlement l'une à l'autre, leur centres étant sur un axe commun perpendiculaire au plan des boucles et séparés d'une distance  $d$ . Les courants s'écoulent dans la même direction.

- (a) Calculez la variation de  $B$  en fonction de la coordonnée  $z$  le long de l'axe commun des boucles
- (b) Vérifiez qu'au point médian sur l'axe entre les deux boucles,  $\partial B_z / \partial z = 0$ .
- (c) Calculez la valeur de  $d$  pour laquelle  $\partial^2 B_z / \partial z^2 = 0$  au point médian entre les boucles.
- (d) Revenant à votre expression en (a) avec la valeur de  $d$  obtenue en (c), calculez jusqu'à quelle distance le long de l'axe, à partir du point médian, vous pouvez vous éloigner avant que le champ magnétique n'ait varié par plus de 5%.

Cette configuration est appelée *bobine de Helmholtz*, et représente une configuration très simple à réaliser, et permettant de produire un champ magnétique quasi-uniforme en laboratoire. C'est le montage souvent utilisé pour calibrer les instruments de mesure du champ magnétique.

---

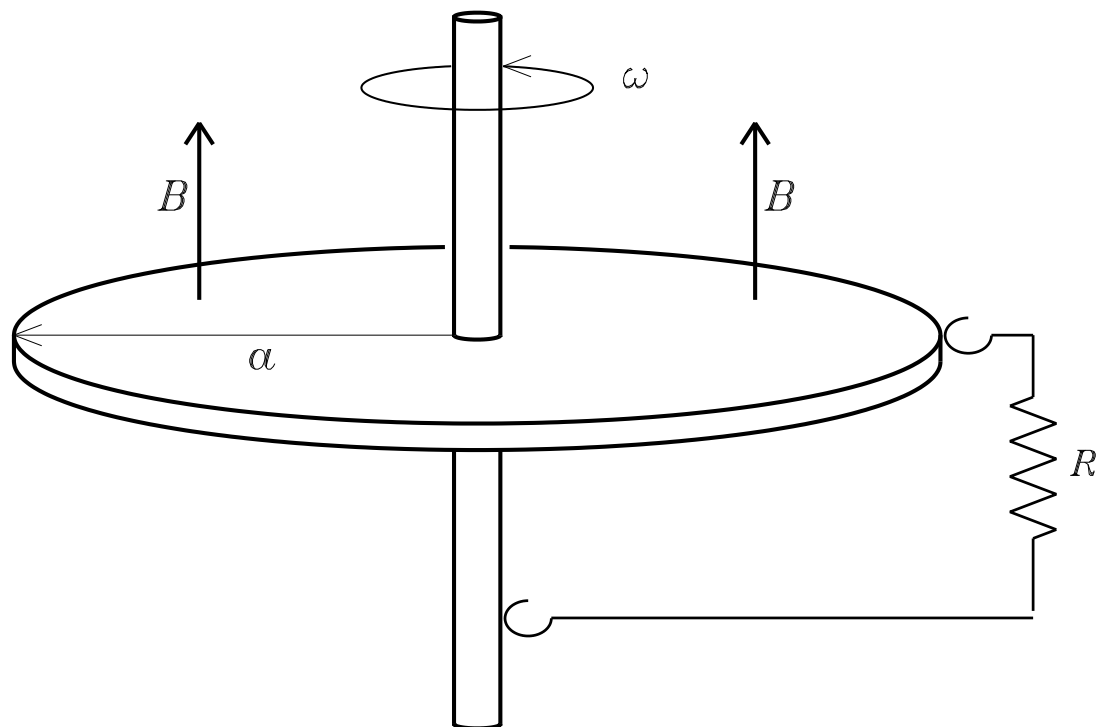
**Question 3**

Considérons le champ magnétique défini par:  $\mathbf{B} = kz^2\hat{\mathbf{x}}$ , où  $k$  est une constante positive. Calculez la force exercée par ce champ sur une boucle carrée (longueur=largeur=  $a$ ) placée dans le plan  $yz$  et centrée sur  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ , et dans laquelle s'écoule un courant  $I$ .

---

**Question 4**

Considérons un disque de rayon  $a$  fait d'un matériau conducteur, fixé à un axe également conducteur et tournant à une vitesse angulaire  $\omega$  [rad/s]. Une résistance  $R$  est branchée au bord du disque et à son axe à l'aide de contacts sans friction (voir Figure 2). Un champ magnétique vertical et uniforme traverse le disque.



- (a) Calculez la force magnétique agissant sur une charge libre dans le disque conducteur. Pour ce faire vous pouvez considérer que le champ magnétique est fixe à une valeur  $B$ .
- (b) Calculez maintenant la force électromotrice engendrée par la rotation du disque, et le courant traversant la résistance en supposant que cette force électromotrice demeure constante.

### Question 5

Le but de ce problème est de vous faire calculer une solution mathématiquement “formelle” du mouvement cyclotron. On considère un champ magnétique pointant dans la direction  $\hat{z}$  et d’amplitude constante, i.e.,  $\mathbf{B} = (0, 0, B)$ , où  $B$  est une constante positive.

- (a) Écrivez l’équation du mouvement pour une particule de charge  $q$  et masse  $m$  se déplaçant dans ce champ magnétique. Démontrer que la composante  $z$  de cette équation est satisfaite par  $v_z = \text{constante}$ .
- (b) Introduisez une variable complexe  $u = v_x + iv_y$  et obtenez une seule équation différentielle ordinaire pour  $u(t)$  à partir des composantes  $x$  et  $y$  des équations du mouvement.
- (c) Solutionnez l’équation différentielle en (b) et déduisez-en les formes analytiques de  $v_x(t)$  et  $v_y(t)$ . Réfléchissez soigneusement au nombre de constantes d’intégrations requises ici...
- (d) À partir de votre résultat en (c), démontrez que la forme des trajectoires est un cercle de rayon  $v_0/\omega_c$ , où  $v_0$  est la vitesse de la particule et  $\omega_c$  sa fréquence cyclotron, telle que définie en classe.