

# Exercices de révisions d'électromagnétisme

## Conducteur, champs, vecteur de Poynting

### 1. Conducteur ohmique cylindrique

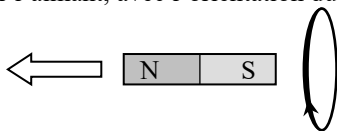
On considère un cylindre de matériau conducteur, de conductivité  $\gamma$ , de rayon  $a$  et de grande longueur  $h$ , parcouru par le courant  $I$  uniformément réparti en volume. On néglige les effets de bord, on raisonnera donc comme si l'on avait affaire à un cylindre infini.

- Déterminer le champ électrique en tout point intérieur au conducteur. Quelles sont les sources de ce champ ?
- Déterminer le champ magnétique en tout point de l'espace.
- Déterminer le vecteur de Poynting et son flux à travers la surface cylindrique entourant le conducteur. Commenter.
- On suppose maintenant le courant sinusoïdal, d'amplitude  $I$  et de pulsation  $\omega$ . Déterminer à nouveau le champ magnétique, en supposant que la loi d'Ohm reste valable.

## Induction électromagnétique

### 2. Orientations et signes

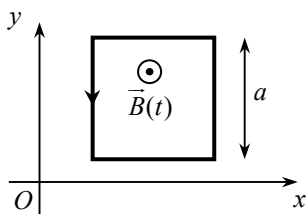
Une spire circulaire est placée au voisinage du pôle sud d'un aimant. On note  $\Phi$  le flux magnétique à travers la spire, dû au champ créé par l'aimant, avec l'orientation du schéma.



- On éloigne l'aimant de la bobine. Déterminer les signes de  $\Phi$  et de l'intensité du courant induit  $i$ .
- S'agit-il d'un cas de Lorentz ou d'un cas de Neumann ?

### 3. Induction dans une spire carrée

Un circuit carré de côté  $a$ , situé dans le plan  $(Oxy)$ , est entièrement plongé dans un champ magnétique variable  $\vec{B}(t) = B_m \sin(\omega t) \vec{e}_z$ .



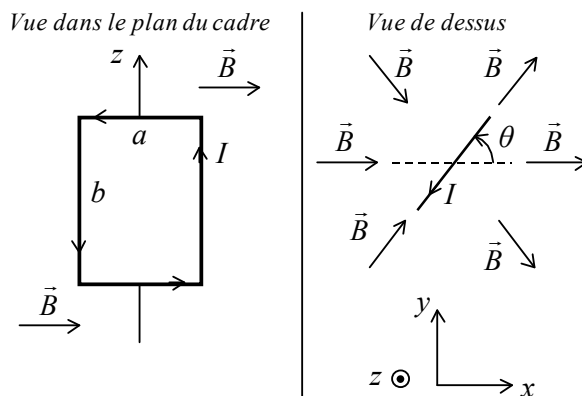
- Calculer la FEM induite dans le sens indiqué sur le schéma.
- Vérifier que son signe à  $t = 0$  est bien conforme à la loi de modération de Lenz.

## Action d'un champ magnétique sur un circuit

### 4. Galvanomètre à cadre mobile

Cet appareil utilise l'action d'un champ magnétique sur un circuit pour mesurer des courants d'intensité très faible.

Le circuit est un rectangle de côtés  $a$  et  $b$ , suspendu verticalement par un fil de torsion (de constante  $C$ ) confondu avec son axe de symétrie  $(Oz)$ . Ce fil permet de plus le passage d'un courant  $I$  sur les quatre côtés du rectangle. Les fils du circuit ont une masse linéique  $\lambda$ .



Ce cadre rectangulaire est plongé dans un champ magnétique radial, c'est-à-dire que le champ est toujours dans son plan (voir schémas) ; sa norme  $B$  est constante.

On repère par l'angle  $\theta$  la rotation du cadre : en l'absence de courant, la position d'équilibre correspond à  $\theta = 0$ .

- Déterminer par intégration la résultante  $\vec{F}_L$  des forces de Laplace exercées sur le cadre, lorsqu'un courant d'intensité  $I$  le parcourt.
- Déterminer par intégration le moment résultant  $\mathcal{M}_L$  par rapport à  $(Oz)$  de ces forces de Laplace. Vérifier que ce moment correspond à la formule  $\mathcal{M}_L = \vec{m} \wedge \vec{B}$  avec  $\vec{m}$  le moment magnétique du cadre.
- Montrer qu'à l'équilibre, l'angle  $\theta$  est proportionnel à  $I$  (l'appareil permet donc de mesurer  $I$  à partir de  $\theta$ ).
- On s'intéresse maintenant au régime transitoire précédant l'établissement de l'équilibre, à partir de l'instant  $t = 0$  où on relie le cadre à un générateur. Pendant cette phase, à cause de phénomènes d'induction, le courant évolue selon l'équation  $i(t) = I - K \dot{\theta}(t)$ . Déterminer alors l'équation différentielle vérifiée par  $\theta(t)$ . On donne l'expression du moment d'inertie d'une tige de masse  $m$  et de longueur  $l$  par rapport à un axe passant en son milieu :  $J_1 = \frac{1}{12} ml^2$ .
- Donner la forme des solutions selon les valeurs des différents paramètres. Quel est le meilleur choix de paramètres pour réaliser un bon appareil de mesure ?

## ☞ Réponses partielles

1. a)  $\vec{E} = \frac{I}{\gamma \pi a^2} \vec{e}_z$  (selon l'axe du cylindre).      2.  $\Phi > 0$  et  $i > 0$ .

3. a)  $e_{\text{ind}}(t) = -\omega B_m \cos(\omega t) a^2$ .      4. c)  $\theta = \frac{B a b}{C} I$ .