

Partie B

Magnétisme

Dans le vide, un conducteur rectiligne, d'axe $z'z$, infiniment long, est parcouru par un courant d'intensité i_l . Un cadre rectangulaire conducteur ABCD, de longueur $L = AB = CD$, de largeur $\ell = BC = AD$, est placé dans un plan contenant l'axe $z'z$. Le cadre ABCD est considéré comme purement résistif, de résistance R . Le côté AB, parallèle à l'axe et situé à la distance d de la ligne de courant, comporte un interrupteur (K), de dimensions négligeables, susceptible de fermer ou d'ouvrir le circuit au niveau de deux points P et Q très rapprochés (figure 3). Les conducteurs sont des fils cylindriques, de diamètre négligeable.

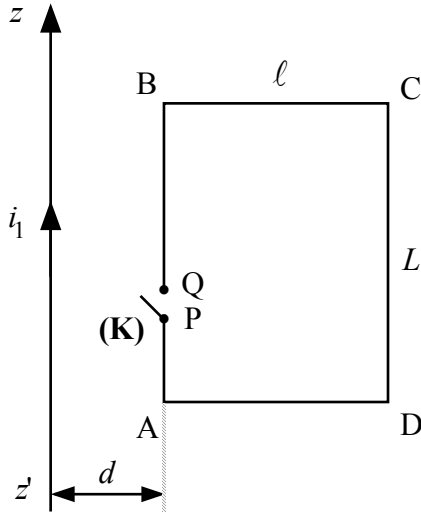


Figure 3

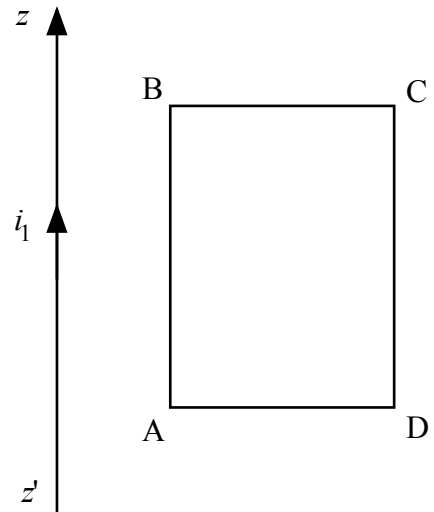


Figure 4

I. Flux du vecteur champ magnétique

- 1) L'espace est rapporté, en coordonnées cylindriques (r, θ, z) , à un repère de base $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$. Établir, ou à défaut rappeler, l'expression vectorielle du champ magnétique $\vec{B}_l(M)$ créé par le courant d'intensité i_l , en tout point M de l'espace situé à une distance r , non nulle, du conducteur filiforme.
- 2) Préciser, à l'aide d'un schéma, l'allure des lignes de champ magnétique.
- 3) Déterminer le flux Φ_l du vecteur $\vec{B}_l(M)$ à travers le cadre rectangulaire ABCD.

II. Force électromotrice et courant induits

Le dispositif précédent est étudié dans diverses situations.

- 1) *Premier cas* : le cadre est immobile, l'interrupteur (K) est fermé et le courant $i_l = I_l$ est constant et positif. Existe-t-il une f.é.m. (force électromotrice) e induite dans le cadre ? Si oui, l'exprimer en fonction des données de l'énoncé.
- 2) *Deuxième cas* : le cadre est immobile et le courant d'intensité i_l varie, au cours du temps t , selon la loi : $i_l(t) = a.t + b$ (avec a et b constantes positives). Le régime est permanent.
 - 2.1 L'interrupteur (K) est fermé (figure 4).
 - 2.1.1 Recopier le dessin de la figure 4 en précisant le sens de circulation du courant induit dans le cadre.
 - 2.1.2 Justifier le sens de circulation choisi.
 - 2.1.3 Exprimer, en fonction des données de l'énoncé, l'intensité i_2 de ce courant induit.

2.2 L'interrupteur (**K**) est maintenant ouvert. Déterminer, en fonction des données de l'énoncé, la différence de potentiel $V_P - V_Q$ existant entre les points P et Q.

3) *Troisième cas* : le cadre est immobile, l'interrupteur (**K**) est fermé et le courant d'intensité i_1 varie, au cours du temps, selon la loi : $i_1(t) = I_m \sin(\omega_1 \cdot t)$ (courant sinusoïdal, de pulsation ω_1). Le régime est permanent.

3.1 Déterminer l'intensité $i_2(t)$ du courant induit dans le cadre.

3.2 Tracer, sur le même graphe, l'allure des courbes représentatives des fonctions $i_1(t)$ et $i_2(t)$.

4) *Quatrième cas* : le courant $i_1 = I_1$ est constant et positif, et l'interrupteur (**K**) est fermé. Le cadre est mis en mouvement, mais il demeure dans un plan contenant l'axe $z'z$, le côté AB restant parallèle à cet axe. Déterminer la f.é.m. induite e dans le cadre, dans les deux situations suivantes :

4.1 la distance d est constante. Le mouvement est un mouvement de rotation uniforme, de pulsation ω_2 autour de l'axe $z'z$.

4.2 la distance d varie maintenant au cours du temps, selon la loi : $d(t) = d_0 + v \cdot t$ (avec d_0 et v constantes positives) : le cadre s'écarte de l'axe $z'z$ à la vitesse v , dans un mouvement rectiligne de translation uniforme.