- CCP DEUG 2003 : Physique 2 -

• **ENONCE :** « Electrocinétique - Electromagnétisme »

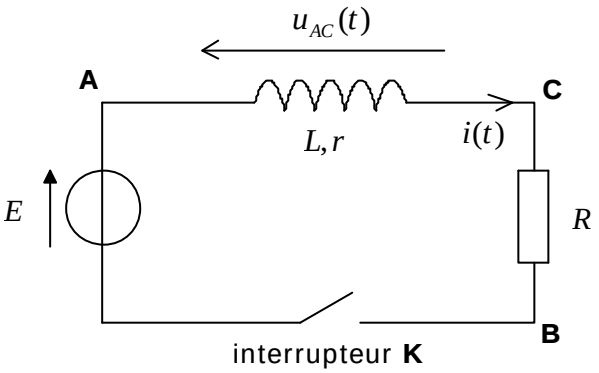
Ce problème, composé de deux parties, permet d'envisager différents aspects de l'induction électromagnétique.

- Partie A : électrocinétique –

*Les paragraphes **I** et **II** exploitent la présence d'une bobine d'induction dans un circuit électrique simple.*

I. Régime transitoire dans une bobine

Une source idéale de tension, de f.é.m. E, peut alimenter un dipôle électrocinétique ***AB*** constitué, en série, d'une bobine d'induction ***AC*** (inductance *L* et résistance constante r) et d'un résistor ***CB*** de résistance constante *R* (figure 1).



- figure 1 -

Au temps t = 0, pris comme instant initial, l'interrupteur ***K*** est abaissé et le circuit est fermé.
Soit $u_{AC}(t)$, la tension aux bornes de la bobine et *i(* t), l'intensité dans le circuit.
On pose $t = L/(R+r)$.

1.1) Rappeler la relation entre la tension $u_{AC}(t)$ et l'intensité *i(t)*.

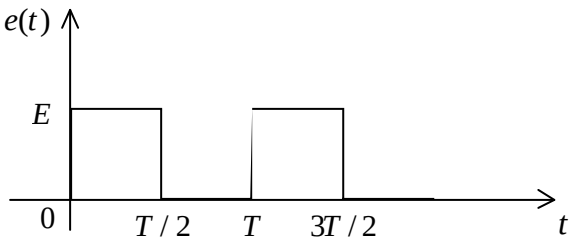
1.2) Ecrire, pour $t \geq 0$, l'équation différentielle linéaire du 1er ordre dont *i(t)* est solution (équation de maille).

1.3) Déterminer, par intégration de l'équation précédente, l'expression de *i(t)*.

1.4) En déduire l'expression de la tension $u_{AC}(t)$.

1.5) Tracer l'allure des courbes représentatives des fonctions *i(t)* et $u_{AC}(t)$.

1.6) Que deviennent ces deux courbes, si le générateur délivre une tension « créneau » *e(t)* de période *T* (avec $t \ll T/2$) ? La tension est définie de la façon suivante (figure 2) :



$0 \leq t \leq T/2$: $e(t) = E$

$T/2 \leq t \leq T$: $e(t) = 0$

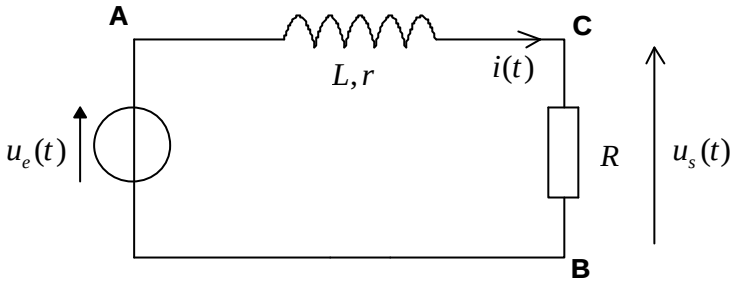
- figure 2 -

Christian MAIRE
© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.

II. Circuit linéaire en régime sinusoïdal

La source idéale de tension précédente, de f.e.m E, est remplacée par un générateur de tension alternative sinusoïdale $u_e(t) = U_m \cos(wt)$ (figure 3) :



- figure 3 -

Soit $u_s(t)$ la tension de sortie aux bornes du résistor.

On pose w_0 = *(R+r)/L* et *K = R/(R+r).*

2.1) Soient $\underline{u}_s$ et $\underline{u}_e$ les amplitudes complexes respectives des tensions de sortie et d'entrée.

2.1.1. Écrire l'impédance complexe $\underline{Z}_{AB}(jw)$ du dipôle ***AB***. On rappelle l'égalité $j^2 = -1$.

2.1.2. Exprimer, en fonction de K, w et w_0, la fonction de transfert (ou transmittance) définie par le rapport complexe $\underline{H}(jw) = \underline{u}_s / \underline{u}_e$.

2.2) La fonction de transfert est caractérisée par son gain (ou module) $G(w)$ et par son argument $j(w)$ (ou déphasage entre les tensions $\underline{u}_s$ et $\underline{u}_e$).

2.2.1. Déterminer, en fonction de K, w et w_0 , les fonctions $G(w)$ et $j(w)$.

2.2.2. Représenter, en fonction de $\log w$, l'allure de la courbe de gain $G_{dB} = 20\log G(w)$.

2.2.3. Même question pour la courbe de phase $j(w)$.

2.3) Quelle est la caractéristique principale de ce montage ?

- Partie B :Électromagnétisme -

*Les paragraphes **I** et **II** proposent l'étude de quelques phénomènes dissipatifs liés à l'induction.*

Dans un référentiel **R** , en un point *M* d'un circuit conducteur se déplaçant à la vitesse $\vec{v}_e(M)_{/R}$ dans un champ magnétique $\vec{B}(M)$, il apparaît le champ électromoteur induit :

$$\vec{E}_m(M)_{/R} = -\frac{\partial \vec{A}(M,t)}{\partial t} + \vec{v}_e(M)_{/R} \wedge \vec{B}(M) \qquad \textbf{(1)}$$

$\vec{A}(M,t)$ est le potentiel vecteur lié au champ $\vec{B}(M)$ par les relations $\vec{B}(M) = \overrightarrow{rot}\vec{A}(M,t)$ et $div\vec{A} = 0$. Ces deux relations locales permettent l'établissement de la relation intégrale, valable pour toute surface **S**, non fermée, s'appuyant sur le contour ***C*** :

$$\oint_C \vec{A} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

L'espace est rapporté, en coordonnées cartésiennes, à un repère orthonormé direct *(Ox, Oy, Oz)* de base $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$. On pourra utiliser, le cas échéant, le système de coordonnées cylindriques, constitué du triplet $(\vec{e}_r, \vec{e}_j, \vec{e}_z)$.

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

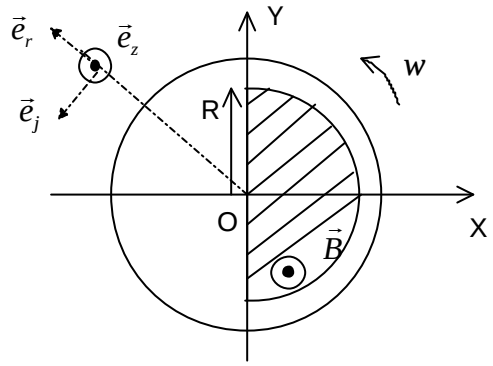
Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.

I. Disque métallique en rotation dans un champ magnétique

Un disque métallique parfaitement conducteur (cuivre), de centre O, d'épaisseur *h* et de conductivité *g* , est situé dans le plan *xOy*.

Ce disque est entraîné, autour de son axe *Oz*, par un moteur, dans un mouvement de rotation de vitesse angulaire *w* .

Un dispositif, non précisé ici, engendre un champ magnétique $\vec{B} = B_0\vec{e}_z$, uniforme dans toute l'épaisseur du disque, à l'intérieur d'un volume demi-cylindrique de rayon R, contenant tous les points *M(x,y,z)* du disque tels que $0 \le r \le R$ et $x \ge 0$, avec *r* distance du point *M* à l'axe *Oz* (figure 4).



Remarque : la zone hachurée correspond à la région de champ $\vec{B}$

- figure 4 -

1.1) $\vec{B}$ est un vecteur uniforme et constant. Montrer que l'expression vectorielle **(1)** définissant le champ électromoteur induit $\vec{E}_m(M)_{/R}$ se simplifie.

1.2) Soit un point *M* du disque, situé à la distance *r* de l'axe *Oz*.

1.2.1. Écrire, en fonction de r, w et $\vec{e}_j$, l'expression vectorielle de la vitesse $\vec{v}_e(M)$ du point M.

1.2.2. En déduire l'expression vectorielle du champ électromoteur induit $\vec{E}_m(M)_{/R}$ lorsque le point *M* se trouve dans le champ magnétique.

1.2.3. Recopier, approximativement, la figure **4** et représenter le vecteur $\vec{E}_m(M)_{/R}$ en un point choisi dans la région où règne le champ magnétique.

1.2.4. Le conducteur obéit à la loi d'Ohm locale. En déduire l'expression vectorielle du vecteur densité de courant induit $\vec{j}_i(M)$.

1.2.5. Le champ électromoteur $\vec{E}_m(M)_{/R}$ agit-il dans un circuit ouvert ou dans un circuit fermé ?

1.2.6. Compléter, en fonction de la réponse donnée à la question précédente, le dessin du paragraphe 1.2.3. :

- dans l'hypothèse d'un circuit ouvert, indiquer les zones d'accumulation et de défaut d'électrons
- dans l'hypothèse d'un circuit fermé, proposer le tracé d'un circuit que peuvent emprunter les charges mises en mouvement.

1.3) Dans la partie du disque soumise au champ $\vec{B}$, le courant induit dissipe une puissance volumique donnée par l'expression :

$$\frac{dP}{dt} = g\,(E_m)^2$$ avec dt = volume élémentaire de conducteur

1.3.1. Sous quelle forme cette puissance électrique est-elle dissipée (ou dégradée) ?

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.