

EPREUVE :  
 Electromagnétisme - Phys3A

Durée : 2h00 — Documents et calculatrice non autorisés

I Induction magnétique : Chute d'un cadre dans un champs magnétique

On considère un cadre rectangulaire ABCD de longueur  $L$ , de largeur  $a$  et de résistance  $R$  situé dans le plan  $(yOz)$ . Ce cadre est plongé dans un champ magnétique  $\vec{B} = B\vec{u}_x$  constant, uniforme et perpendiculaire au cadre. Le champ  $\vec{B}$  est limité à la zone de l'espace  $z > 0$  (zones grisées en Fig. 1).

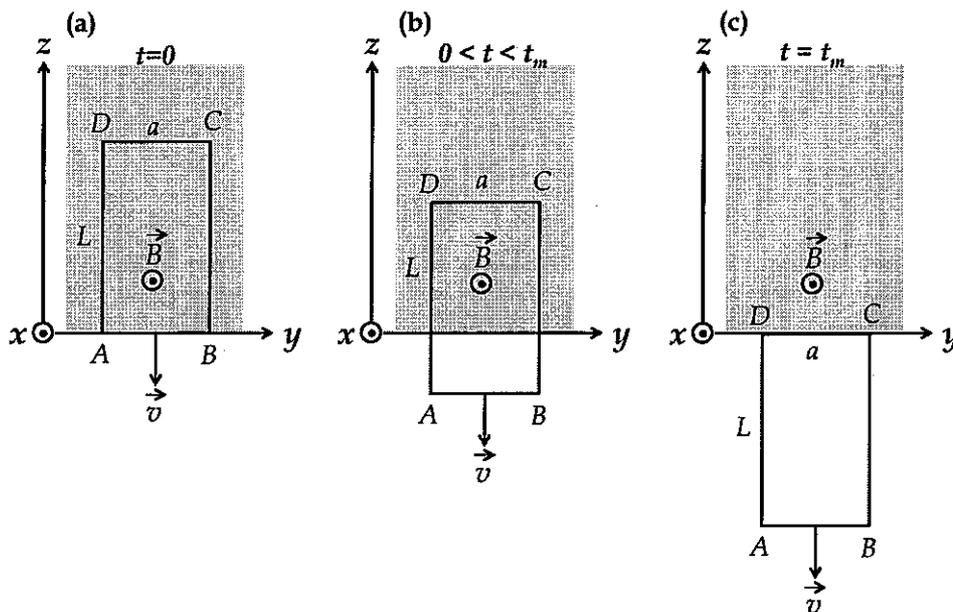


FIGURE 1 -

On prend comme origine des temps  $t = 0$  le dernier instant où le cadre est entièrement plongé dans  $\vec{B}$  (Fig. 1 (a)) et on impose au cadre un mouvement de translation rectiligne et uniforme  $\vec{v} = -v\vec{u}_z$ . On définit le temps  $t = t_m$  l'instant où le cadre sort entièrement de la zone du champ magnétique (Fig. 1 (c)).

1. Calculer, en utilisant la loi de Faraday, la force électromotrice  $e(t)$  pour  $0 < t < t_m$ . Que vaut cette dernière pour  $t > t_m$  ?
2. Calculer pour  $0 < t < t_m$  la force électromotrice  $e(t)$  à partir de la circulation du champ électromoteur. Comparez le résultat avec celui obtenu précédemment (*question indépendante*).
3. Calculer l'intensité du courant induit  $i_{ind}$  dans le cadre pour  $0 < t < t_m$ . Quel est le sens du courant induit : ABCD ou ADCB ? A partir du champ magnétique  $\vec{B}_{ind}$  créé dans le circuit par  $i_{ind}$ , vérifier que le sens de  $i_{ind}$  est conforme avec la loi de Lenz.
4. Calculer l'intensité de courant induit  $i_{ind}$  dans le cadre pour  $t > t_m$
5. En vous basant sur l'expression de la force de Laplace, donner et justifier la direction de la force de Laplace  $\vec{F}_{CD}$  agissant sur le segment CD pour  $0 < t < t_m$ . Cette dernière est-elle conforme avec la loi de Lenz ?

6. En vous basant sur l'expression de la force de Laplace, donner et justifier la direction des forces de Laplace  $\vec{F}_{AD}$  et  $\vec{F}_{BC}$  agissant sur les parties de segments AD et BC immergés dans  $\vec{B}$  pour  $0 < t < t_m$ .
7. Calculer l'expression de  $\vec{F}_{CD}$ .

## II Electromagnétisme : Cavité optique

Deux conducteurs parfaits constituent les miroirs plans M1 et M2 d'une cavité linéaire.

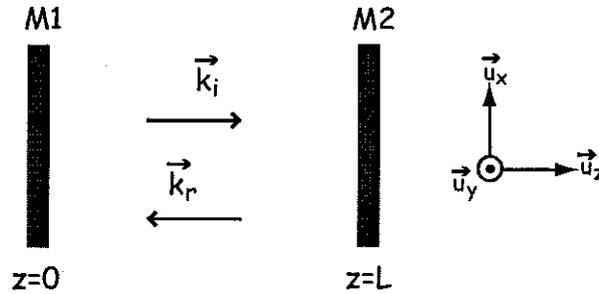


FIGURE 2 -

Cette cavité est le siège d'une onde électromagnétique plane, monochromatique et polarisée rectilignement, se propageant dans le vide selon la direction  $Oz$  orthogonale aux miroirs. Au niveau de chacun des miroirs on considère une onde incidente et réfléchie de formes respectives  $\vec{E}_i = E_{i0} e^{i(\omega t - k_i z)} \vec{u}_x$  et  $\vec{E}_r = E_{r0} e^{i(\omega t - k_r z)} \vec{u}_x$ .

1. Ecrire les quatre équations de Maxwell vérifiées par le champ électromagnétique dans la cavité.
2. Exprimer  $k_i$  et  $k_r$  en fonction de  $k = \omega/c$ .
3. Sachant que le champ électrique est nul dans les conducteurs parfait, appliquer les relations de passage à la surface des miroirs et déduire les équations auxquelles satisfont  $\vec{E}_i$  et  $\vec{E}_r$  aux interfaces  $z = 0$  et  $z = L$ .
4. Déduire des deux équations précédentes la relation reliant  $E_{i0}$  à  $E_{r0}$  ainsi que l'expression de  $k$  en fonction de  $L$ .
5. Donner l'expression du champ total  $\vec{E}_T = \vec{E}_i + \vec{E}_r$ . Quelle est la nature de cette onde ?
6. Pour une longueur  $L$  donnée, montrer qu'il n'existe que certaines fréquences  $\nu$  (modes de la cavité) qui peuvent se propager à l'intérieur de la cavité. Donner l'expression de ces fréquences en fonction de  $L$ .