

ELECTROMAGNETISME – 2 mai 2019
(Durée 2h – sans document)

Question de cours (4pts)

On considère une onde électromagnétique plane, monochromatique polarisée rectilignement se propageant dans le vide (supposé vide de charges et de courants). En utilisant les équations de Maxwell écrites en notation complexe, montrer sans développer de calculs que :

- les champs \vec{E} et \vec{B} sont perpendiculaires au vecteur d'onde \vec{k} .
- les trois vecteurs \vec{k} , \vec{E} et \vec{B} forment un trièdre rectangle direct.

Exercice I : Barreau mobile sur deux rails fixes parallèles (4pts)

On considère deux rails conducteurs parallèles distants de L entre lesquels on branche entre deux points situés sur une même perpendiculaire un galvanomètre G de résistance interne R_G . On ferme le circuit par un barreau métallique (MN) perpendiculaire aux deux rails se déplaçant avec une vitesse constante v (voir figure 1) qui éloigne le barreau du galvanomètre. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan des rails et dirigé vers le bas (voir figure 1). On prendra comme origine des temps $t=0$ l'instant où le barreau métallique mobile (MN) est en contact avec le galvanomètre.

A l'aide de la loi de Faraday, établir l'expression du courant induit i dans le galvanomètre dans les deux cas suivants :

- Les résistances des rails et du barreau sont négligeables.
- Les résistances des rails et du barreau sont de r ohms par mètre.

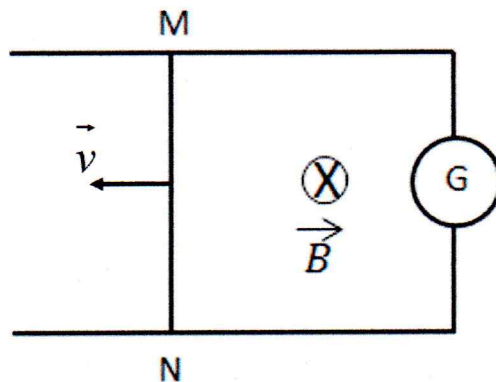


Figure 1

Exercice II (12 pts)

1. On considère une onde plane progressive sinusoïdale, de pulsation ω se propageant dans le vide ($\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$, $\epsilon_0 = 8.8510^{-12} \text{ F.m}^{-1}$, $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$). L'espace, supposé vide de charges et de courants est rapporté à un repère orthonormé $R(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

a) Ecrire les équations de Maxwell dans ce milieu.

b) Donner l'expression complexe du champ magnétique \vec{B} d'amplitude B_0 , en fonction de \vec{k} , \vec{r} et t .

c) Etablir l'équation de propagation du champ magnétique \vec{B} .

2. On donne les composantes du vecteur d'onde $\vec{k}(a, b, 0)$ dans le système de coordonnées cartésiennes $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$; $a = b = 200 \text{ m}^{-1}$.

a) Etablir l'expression en notation complexe du champ magnétique \vec{B} supposé dirigé suivant l'axe Oz du repère, en fonction de ω , t , a et b .

b) Calculer la valeur de la longueur d'onde λ et la vitesse de propagation de cette onde.

c) En déduire la fréquence de l'onde.

3.a) En utilisant les équations de Maxwell, établir l'expression du champ électrique \vec{E} de cette onde.

b) Représenter clairement sur une figure les champs \vec{E} et \vec{B} ainsi que la direction de propagation.

4. Calculer les composantes du vecteur de Poynting \vec{R} .