INFO-SPE

2009/2010

Partiel n° 1 de Physique
Documents et calculatrice non autorisés

Partie Cours (sur 7 points)

Les parties A et B sont indépendantes

Parie A

La combinaison des équations de Maxwell a permis d'établir l'équation fondamentale d'énergie électromagnétique, donnée par :

$$div(\vec{S}) = -\vec{J}.\vec{E} - \frac{\partial U}{\partial t} \quad (*)$$

1) Retrouver par un raisonnement simple l'unité de la grandeur $\vec{S}$ appelée vecteur de Poynting, sachant que la grandeur U représente la densité volumique d'énergie éléctromagnétique.

2) La grandeur $\vec{S}$ s'exprime pour une onde quelconque se propageant dans un milieu matériel par :

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu}$$

a) Donner la nouvelle écriture simplifiée de $\vec{S}$ pour une O.E.M.P.P.S qui se propage selon l'axe (oy) dans le milieu vide. Préciser l'amplitude de $\vec{S}$

b) Ecrire le vecteur de Poynting en fonction du vecteur vitesse $\vec{c}$. En déduire l'interprétation physique de $\vec{S}$ à travers l'analogie avec la grandeur densité de courant $\vec{J}$ en électrocinétique.

3) Donner la novelle écriture de U pour une O.E.M.P.P.S qui se propage dans le milieu vide, sachant que : $U = \frac{1}{2}\varepsilon.E^2 + \frac{1}{2\mu}B^2$. (Utiliser les propriétés d'onde planes)

Partie B

1) Utiliser l'équation (*) pour retrouver l'équation bilan énergétique donnée par :

$$\frac{\partial W_{e,m}}{\partial t} = -\iiint \vec{J}.\vec{E} d\tau - \oiint \vec{S}.d\vec{\Sigma}$$

2) Donner la signification physique de chacun des trois termes de l'équation ci-dessus.

3) Comment s'écrit cette équation pour une O.E.M se propageant dans le milieu vide. Interpréter ce résultat.

Exercice 1 (sur 8 points)

Une onde radio supposé plane progressive et sinusoïdale se propage dans l'air avec une célérité c = 3.10^8 m/s. On considère que la propagation se fait dans le plan (xoz), selon une droite (D) faisant un angle $\alpha = 30°$ avec l'axe Oz.

1) Donner les composantes du vecteur nombre d'onde $\vec{k}$ en fonction de k.

   On donne : $\cos(30°) = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ et $\sin(30°) = \dfrac{1}{2}$.

2) Calculer le nombre d'onde k et la fréquence f de cette onde, sachant que la longueur d'onde : $\lambda = 1$ m.

3) a) L'onde étant polarisée rectilignement selon (Oy), donner l'expression du champ électrique, d'amplitude E_0.

   b) Utiliser les propriétés d'ondes planes pour représenter les vecteurs $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ dans le trièdre direct (O,x,y,z).

4) Utiliser une des équations de Maxwell en notation complexe, pour en déduire les composantes du champ magnétique $\vec{B}$.
   Calculer l'amplitude du champ magnétique lorsque : $E_0 = 10$ V/m.

5) Représenter sur le même trièdre direct (Oxyz) le vecteur de Poynting $\vec{S}$. Donner ses composantes en précisant la valeur de son amplitude S_0.
   On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} S.I$

Exercice 2 (sur 5 points)

Un faisceau laser de rayon R et d'axe Oz est composé d'ondes électromagnétiques planes progressives et sinusoïdales. L'amplitude du champ électrique est $E_0 = (\sqrt{2}).10^7 \, V/m$.
(Le faisceau se propage dans l'air : milieu supposé identique au vide.)

1) a) Montrer que l'expression du vecteur de Poynting $\vec{S}$ est donnée par :

$$\vec{S} = \varepsilon_0.c.E_0^{\,2} \cos^2(k.z - \omega.t).\vec{e}_z$$

   b) Représenter Le vecteur $\vec{S}$.

2) Exprimer la puissance moyenne de rayonnement de ce faisceau.

3) Quel doit être le diamètre du faisceau pour que la puissance moyenne délivrée soit de $3.\pi.10^6 W$. On donne : $\varepsilon_0 = 9.10^{-12} S.I$; c = 3.10^8m/s.

Formulaire

Equations de Maxwell dans un milieu matériel quelconque

1) $div(\vec{E}) = \frac{\rho}{\varepsilon}$

2) $div(\vec{B}) = 0$

3) $ro\vec{t}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

4) $ro\vec{t}(\vec{B}) = \mu.\vec{J} + \mu\varepsilon\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

Théorème de Gréen-Ostrogradski

$\oiint_S \vec{V}.d\vec{S} = \iiint_\tau div(\vec{V})d\tau$ (Pour un vecteur quelconque)

Densité de courant

$\vec{J} = n.q.\vec{V}$

Célérité dans le vide

$c^2 = \frac{1}{\mu_{.0}\varepsilon_0}$

Vecteur de Poynting

$\vec{S} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu}$

Puissance de rayonnement

$P = \Phi(\vec{S})$ = flux du vecteur de Poynting

Valeur moyenne

$< \cos^2(f(x,t)) >_T = \frac{1}{2}$