Université de Mohamed Boudiaf- M'Sila
Département d'Electronique
3ème année licence (S5) – Télécommunications

Module : Ondes et propagation
Année universitaire : 2021/2022

Corrigé de l'Examen

Partie I Questions de cours (16 pts)

a)

$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$ $\qquad\qquad$ $\vec{B} = \mu\vec{H}$

$\vec{E}$:chap élec $\vec{B}$: Induction magnétique $\vec{D}$: Induction électrique $\vec{H}$: chap magnétique

Où $\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0$ est la permittivité et $\mu = \mu_r\mu_0$ La perméabilité du milieu

b) A partir des équations de Maxwell dans le vide, démontrer l'équation d'onde en utilisant l'identité vectorielle

$$\vec{\nabla} \times \left(\vec{\nabla} \times \vec{A}\right) = \vec{\nabla}\left(\vec{\nabla} \times \vec{A}\right) - \nabla^2\vec{A}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\vec{\nabla} \times \vec{B}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) = -\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

En utilisant l'identité : $\vec{\nabla} \times \left(\vec{\nabla} \times \vec{A}\right) = \vec{\nabla}\left(\vec{\nabla} \times \vec{A}\right) - \nabla^2\vec{A}$ on obtient:

$$\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla} \times \vec{A}\right) - \nabla^2\vec{E} = -\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

$\nabla^2\vec{E} - \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0$ **De la même façon on obtient :** $\nabla^2\vec{B} - \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2} = 0$

Qui sont les équations de propagation d'OEM

c) L'onde électromagnétique possède deux périodes, qui sont (avec leurs unités) :

- Une période spatiale λ[m] $\qquad$ **- Une période temporelle T[sec]**

La relation liants ces deux périodes est : $\lambda = cT = vT$

d) Citer les caractéristiques d'un milieu nécessaires pour l'étude de phénomènes de propagation.

□ **Sa permittivité électrique complexe : (F/m)** $\qquad$ □ **Sa perméabilité magnétique complexe : (H/m)**

□ **Sa conductivité (pertes ohmiques) : (S /m)**

e) Cocher les bonnes réponses :

1. Soit $\vec{B} = B_0(z,t)\,\vec{U}_x$ est le champ magnétique d'une onde électromagnétique plane.
   Le champ électrique associé à cette onde est :□ $\vec{E} = E_0(z,t)\,\vec{U}_y$

2. Les Equations de MAXWELL dans le vide sont données par :

□ $\mathbf{div\vec{B} = 0,\ div\vec{E} = 0,\ \overrightarrow{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t},\ \overrightarrow{rot}\vec{B} = \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}}$

3. La vitesse de propagation d'une Onde Electromagnétique dans un milieu :□ $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$, $\qquad$ □ $\frac{c}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$

4. L'expression du champ électrique $\vec{E}$ associé à l'onde électromagnétique présentée par la figure 1

□ $\vec{E}(z,t) = E_0\cos(\omega t - kz)\,\vec{U}_x$

5. La polarisation de l'onde électromagnétique (Figure 1) est une :□ **Polarisation linéaire verticale**

6. L'expression du champ magnétique $\vec{B}$ associé à l'onde électromagnétique (figure 1)

□ $\vec{B}(z,t) = B_0\cos(\omega t - kz)\,\vec{U}_Y$

7. Soit une Onde OPPM, que signifié OPPM : □ **Onde plane Progressive Monochromatique**

8. □ $\theta_i = \theta_r$ **et** $n_1\sin\theta_i = n_2\sin\theta_t$

Partie II (4pts)

Exercice

L'expression de la divergence devient :

$$div\vec{E} = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2 E_r) = \begin{cases} \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\rho_0 r^2}{4\varepsilon_0 a}\right) & si \quad r < a \\ \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2 \frac{\rho_0 a^2}{4\varepsilon_0 r^2}\right) & si \quad r > a \end{cases}$$

$$= \begin{cases} \frac{\rho_0 r}{\varepsilon_0 a} & si \quad r < a \\ 0 & si \quad r > a \end{cases}$$

la densité de charge est : $div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

$$\rho = \begin{cases} \frac{\rho_0 r}{a} & si \quad r < a \\ 0 & si \quad r > a \end{cases}$$