UNIVERSITE BATNA 2
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
LICENCE EN TELECOMMUNICATIONS

Batna, le 31/01/2021

Travaux Dirigés N° 2 de la matière « Ondes et Propagation»

EXERCICE-1 :

Dans un milieu sans charges, la valeur du vecteur champ électrique diminue. On supposera que le champ électrique peut avoir la forme suivante :

$$\vec{E} = 2.e^{-0.1t}\ \vec{e}_x$$

En supposant que $\mu=\mu o$ et $\varepsilon=\varepsilon o$, trouver la valeur de σ.

EXERCICE-2

Soit un milieu dont $\sigma=0$, $\mu r=2$ et $\varepsilon r=2$. Dans ce milieu se propage suivant +OZ une onde électromagnétique de fréquence f=4MHz. Le vecteur $\vec{H}$ polarisé suivant x pour t=0 et au plan z=0 atteint la valeur de 2 mA/m. Calculer le vecteur $\vec{H}(z,t)$, le vecteur $\vec{E}(z,t)$ ainsi que le vecteur Poynting.

EXERCICE-3

Pour une onde polarisée dans le plan d'incidence (cas où le champ magnétique est contenu dans le plan d'incidence). Trouver les expressions des coefficients de réflexion et de transmission en fonction des impédances des milieux et des angles de réflexion et de transmission.

EXERCICE-4 :

Une onde électromagnétique plane se propage dans le vide. Sachant que l'intensité maximale du champ électrique est Eo=6 (V/m). Calculer la densité de puissance dans les cas suivants :

- Polarisation rectiligne
- Polarisation Circulaire

Solution

EX-1 :

Dans un milieu sans charges, l'équation d'onde s'écrit :

$$\underbrace{\Delta E}_{0} - \varepsilon\mu\frac{d^2\vec{E}}{dt^2} - \mu\sigma\frac{d\vec{E}}{dt} = 0 \Rightarrow -\varepsilon_0\mu_0.0.01.\vec{E} - \mu_0\sigma(-0.1).\vec{E} = 0 \Rightarrow \sigma = 0.1.\varepsilon_0 \text{ soit } \sigma = 8{,}854.10^{-13}\ \Omega^{-1}/m$$

EX-2

$$\text{D'après les données de l'exercice}: \vec{H}(z,t) = 2.10^{-3}e^{j(\omega t-\beta.z)x}\vec{i} = Hx.\vec{i}$$

$$\text{La fréquence angulaire}: \omega = 2.\pi.f \text{ soit } \omega = 8.\pi.10^6 \text{ rad/s}$$

$$\text{La constante de propagation}: \beta = \frac{\omega}{v} = \frac{\omega}{c}\sqrt{\varepsilon r.\mu r} \text{ soit } \beta = \frac{\mathbf{16.\pi}}{\mathbf{3}}\mathbf{10^{-2}} \text{ rad/m}$$

$$\text{Rot }\vec{H} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \partial/\partial z \\ Hx & 0 & 0 \end{vmatrix} = \varepsilon\frac{d\left(Ex.\vec{i} + Ey.\vec{j} + Ez.\vec{k}\right)}{dt} \Leftrightarrow \begin{cases} \mathbf{0} = \varepsilon\dfrac{dEx}{dt} \Rightarrow Ex = \mathbf{0} \\ +\dfrac{\partial Hx}{\partial z} = \varepsilon\dfrac{dEy}{dt} \Rightarrow Ey = \dfrac{\mathbf{1}}{\varepsilon}\displaystyle\int\dfrac{\partial Hx}{\partial z}dt \\ \mathbf{0} = \varepsilon\dfrac{dEz}{dt} \Rightarrow Ez = \mathbf{0} \end{cases}$$

$$\text{Après intégration : } Ey = \frac{\mathbf{1}}{\varepsilon}\int\frac{\partial Hx}{\partial z}dt \Rightarrow Ey = -\frac{\mathbf{2.10^{-3}}\beta}{\varepsilon.\omega}e^{j(\omega t-\beta.z)} \text{ Donc } E(z,t) = Ey.\vec{j}$$

$$\vec{P} = \vec{E}\Lambda\vec{H}^* = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \mathbf{0} & Ez & 0 \\ Hx^* & 0 & 0 \end{vmatrix} = -(Ez.Hx^*).\vec{k}$$

EX-3

En utilisant le principe de la conservation de la composante tangentielle lors du passage de l'onde d'un milieu à autre, il vient :

$$Etg(\text{incident}) + Etg(\text{réflechie}) = Etg(\text{transmis}) \Leftrightarrow Eio + Ero = Eto$$

$$Htg(\text{incident}) + Htg(\text{réflechie}) = Htg(\text{transmis}) \Leftrightarrow Hio.\cos(\theta i) + Hro.\cos(\theta r) = Hto.\cos(\theta t)$$

$$\text{Avec}: Zi = Zr = \frac{Eio}{Hio} = -\frac{Ero}{Hro} \text{ et } Zt = \frac{Eto}{Hto}$$

$$\text{Alors}: \begin{cases} \text{Le coefficient de réfléxion } \Gamma = \dfrac{Ero}{Eio} = \dfrac{Z_t.\cos\theta_i - Z_i\cos\theta_t}{Z_t.\cos\theta_i + Z_i\cos\theta_t} \\ \text{Le coefficient de transmission } T = \dfrac{Eto}{Eio} = \dfrac{2.Z_t.\cos\theta_i}{Z_t.\cos\theta_i + Z_i\cos\theta_t} \end{cases}$$

<u>Démonstration</u> :

$Zi.Hro+Zt.Hto=Zi.Hio$

$-Hro.\cos\theta i+Hto.\cos\theta t=Hio.\cos\theta i$

Alors $Hro/Hio=-Ero/Eio=[Zi.\cos\theta t-Zt.\cos\theta i]/[Zi.\cos\theta t+Zt.\cos\theta i]$

Et $Hto/Hio=Eto/Eio = [Zt.\cos\theta i+Zt\cos\theta i]/[Zi.\cos\theta t+Zt.\cos\theta i]$

$= [2.Zt.\cos\theta i]/[Zi.\cos\theta t+Zt.\cos\theta i]$

EX-4

- Polarisation rectiligne : $P=E^2/Z_0= (6)^2/120.\pi$ (w/m²)
- Polarisation Circulaire : $P=2.E^2/Z_0= 2.(6)^2/120.\pi$ (w/m²)