ENIG	**Devoir de Contrôle**	*Ens :M. Benzina H*
Année Universitaire : 2021/2022	***Antennes et propagation libre***	*Durée : 01h30* *Section :GCR2*

Exercices:

N.B: Lorsqu'on demande d'établir une expression ou de montrer quelque chose, les résultats « parachutés », même s'ils sont corrects, seront considérés comme faux.

I) Soient $\vec{E}$ et $\vec{H}$ respectivement le champ électrique et magnétique et $\vec{E}$ et $\vec{H}$ les champs correspondants en notation complexe.

1°) Définir le vecteur de Poynting en notation réelle. Quelle est sa signification ?

2°) Montrer que la valeur moyenne du vecteur de Poynting est égale à :

$$\left\langle \vec{S} \right\rangle = \frac{1}{2} \mathrm{Re}\left(\vec{E} \times \vec{H}^{*} \right).$$

II) 1)a)Définir le diagramme de rayonnement plan-E

b)Définir le diagramme de rayonnement plan-H

2)Tracer ces deux diagrammes pour un dipôle infinitésimal.

III) Soit une antenne dont le champ normalisé est donné par :

$$F(\theta)=\begin{cases} 1 & pour \quad 0 \le \theta \le 20^\circ \\ 0{,}707 & pour \quad 20^\circ < \theta \le 60^\circ \\ 0{,}5 & pour \quad 60^\circ < \theta \le 120^\circ \\ 0{,}707 & pour \quad 120^\circ < \theta \le 150^\circ \\ 0 & pour \quad 150^\circ < \theta \le 180^\circ \end{cases}$$

Sachant que les résistances de rayonnement et de dissipation ont pour valeurs respectives 12Ω et 1.25Ω:

$U_{max} = \frac{4\pi F_\theta}{P} = 1$

$U_{moy} = \frac{F_\theta}{4P}$

1°)Déterminer l'angle solide de l'ouverture de l'antenne Ω_A.

2°)Déterminer la directivité de cette antenne. $D = \frac{U_{max}}{U_{moy}}$.

3°)Déterminer le gain de cette antenne. $G = f_e D$

IV) On dispose de 4 dipôles idéaux de longueur a (l), avec lesquelles on forme un carré (en les joignant), que l'on dépose sur un plan xOy, et tel que son centre coïncide avec O. On fait circuler dans ce carré un courant $I_o e^{j\omega t}$ avec I_o =constante.

En supposant que a<<λ, et pour un point M éloigné, montrer que :

$$\vec{A}(\vec{M}) = a^2 \frac{e^{-j\beta r}}{4\pi r} \vec{f}(\theta); \quad où\ \vec{f}(\theta)\ est\ une\ fonction\ vectorielle\ qui\ depends\ de\ \theta$$ et que l'on identifiera.

BON TRAVAIL

ENIG

Année Universitaire 2021/2022
Département de Génie des Communications et des Réseaux

FORMULAIRE DU MODULE ANTENNES ET PROPAGATION

Equations de Maxwell en régime sinusoïdal :

$$\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = -j\omega\vec{B} \qquad \overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{H} = \vec{J} + j\omega\vec{D}$$

$$\mathrm{div}\,\vec{D} = \rho \qquad \mathrm{div}\,\vec{B} = 0$$

Relations constitutives :

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

Relations de continuité :

$$\vec{n}\wedge(\vec{E}_1 - \vec{E}_2) = \vec{0}\ ;\ \vec{n}\wedge(\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{J}_s$$

$$\vec{n}\cdot(\vec{D}_1 - \vec{D}_2) = \sigma\ ;\ \vec{n}\cdot(\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0$$

Vecteur de Poynting complexe :

$$\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\left(\vec{E}\wedge\vec{H}^*\right)$$

Puissance moyenne rayonnée:

$$P = Re\,\frac{1}{2}\oiint\left(\vec{E}\wedge\vec{H}^*\right)\cdot\vec{dS}\ ;$$

Dipôle Idéal :

$$\vec{E}(M) = j\omega\mu\frac{I\Delta z}{4\pi r}e^{-j\beta r}\left\{\begin{array}{l}\left[\dfrac{1}{j\beta r} + \dfrac{1}{(j\beta r)^2}\right]2\cos\theta\,\vec{u}_r \\ +\left[1 + \dfrac{1}{j\beta r} + \dfrac{1}{(j\beta r)^2}\right]\sin\theta\,\vec{u}_\theta\end{array}\right\}$$

Impédance intrinsèque de l'espace libre :

$$\zeta = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = 120\pi$$

Limite de la région de champ proche :

$$r_l = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Cas général (champ lointain)

$$\vec{E} = -j\omega(A_\theta\vec{u}_\theta + A_\varphi\vec{u}_\varphi)$$

$$\vec{u}_r\wedge\vec{E} = \zeta\vec{H}$$

Champ normalisé : $F(\theta,\varphi) = \dfrac{E}{E_{max}}$

Diagramme de puissance normalisée :

$$\mathcal{P}(\theta,\varphi) = |F(\theta,\varphi)|^2$$

Intensité de rayonnement :

$$U(\theta,\varphi) = \Pi\cdot r^2\ ;\ U_{moy} = \frac{P}{4\pi}$$

F

Directivité :

$$D(\theta,\varphi) = \frac{U(\theta,\varphi)}{U_{moy}} = \frac{4\pi}{\Omega_A}|F(\theta,\varphi)|^2\ ;$$

$$\Omega_A = \iint |F(\theta,\varphi)|^2\,d\Omega,\ D = \frac{U_{max}}{U_{moy}} = \frac{4\pi}{\Omega_A}$$

Gain :

$$G(\theta,\varphi) = \frac{4\pi U(\theta,\varphi)}{P_e}\ ;\ G = \frac{4\pi U_{max}}{P_e}$$

Efficacité du rayonnement : $e_r = \dfrac{P}{P_e}$

Dipôle court :

$$I(z) = I_o\left[1 - \frac{2|z|}{\Delta z}\right]\text{pour}\quad |z| \le \frac{\Delta z}{2}$$

<u>Dipôle demi-onde :</u>

$$I(z) = I_m\sin\left[\beta\left(\frac{\lambda}{4} - |z|\right)\right]\text{pour}\quad |z| \le \frac{\lambda}{4}$$

champ normalisé :

$$F(\theta) = \frac{\cos\left[\dfrac{\pi}{2}\cos\theta\right]}{\sin(\theta)}$$

<u>Impédance d'antenne :</u>

$$Z_A = R_r + R_d + jX_A\ ;\ R_r = \frac{2P}{|I|^2}$$

Epaisseur de peau $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\omega\mu\sigma}}$;

$$R_S = \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}}\ ;$$

Conducteur cylindrique parcouru par un courant constant(spatialement):

$$R_d = \frac{l}{2\pi a}R_S$$

$$P_e = P + P_d\ ;\ R_A = R_r + R_d\ ;\ R_A = \frac{2P_e}{|I|^2}$$