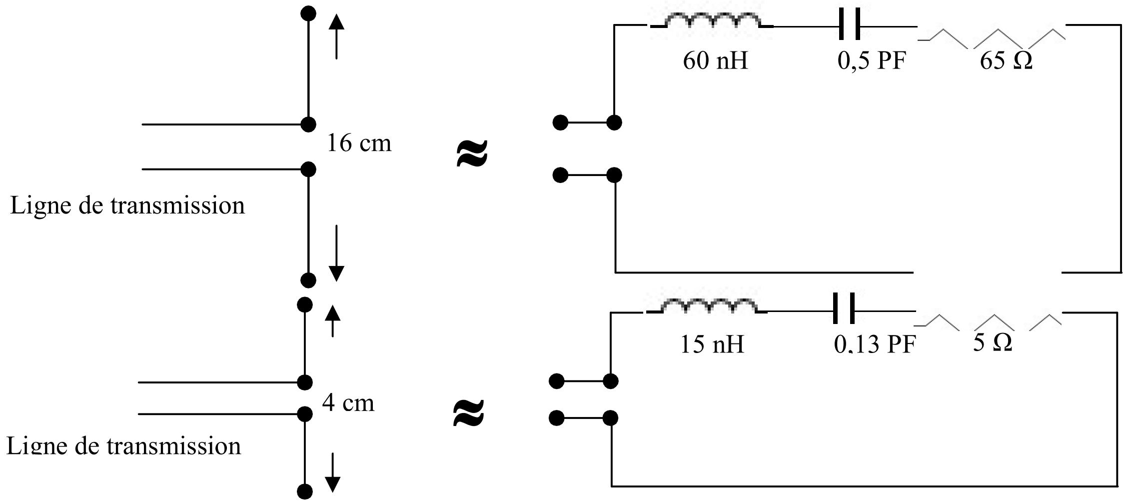
UNIVERSITE BATNA 2 Batna, le 08/05/2020
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
LICENCE EN TELECOMMUNICATION

Travaux Dirigés N° 2 de la matière (Antennes et lignes de transmission)

Responsable de la matière : D. BENATIA

EXERCICE –1

On dispose de 2 antennes dipôles, de 16 cm et 4 cm.



1. Calculer la fréquence de résonance du premier dipôle. Quelle est sa bande passante ? Pour quelle application pourriez-vous l'utiliser ?
2. Est-ce que l'antenne 2 peut fonctionner à la même fréquence que l'antenne 1 ?
3. Pourquoi la valeur de la résistance de l'antenne 2 est aussi faible ?
4. Quelle solution proposez-vous pour faire résonner l'antenne 2 à la même fréquence que l'antenne 1 ?
5. Est-ce que les 2 antennes présentent les mêmes bandes passantes ?

EXERCICE –2

On souhaite mesurer le champ électrique à 900 MHz en utilisant un dipôle demi-onde de Gain G=1,64.

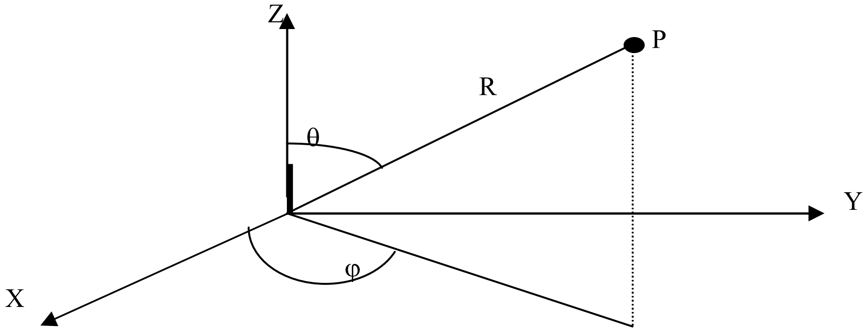
1. Quelle longueur donneriez-vous au dipôle ? Quelle est la valeur de sa surface équivalente ?
2. Calculer la valeur théorique de son facteur d'antenne ?
3. Après caractérisation de cette antenne, on obtient les données suivantes :

Efficacité = 95 %, VSWR = 1.2 :1

La mesure sur une charge 50 ohms donne une puissance de -40 dBm. Quelle est la valeur du champ électrique incident ?

EXERCICE –3

Soit un doublet électrique parcouru par un courant $I=Io.e^{jwt}$. Le schéma suivant représente un doublet électrique placé dans un repère cartésien.



1/- Donner l'expression du champ électrique et du champ magnétique rayonnés au point P, en déduire l'expression de la fonction caractéristique. (Dans le cas du champ lointain)

2/- Trouver l'expression de la puissance du doublet rayonnée dans la direction R, en déduire celle de la puissance rayonnée dans tout l'espace ainsi que l'expression de la résistance de rayonnement du doublet.

Solution

EXERCICE –1

1. Une antenne dipôle résonne lorsque sa longueur $L = \lambda/2$

Donc $L=c/2.fr \rightarrow fr=c/2.L=938MHz$

La fréquence de résonance peut être calculée à partir du modèle électrique équivalent (RLC série) :

$fr=1/2\pi.(L.C)^{1/2}=919MHz$

La bande passante peut être calculée à partir du modèle électrique RLC, à l'aide du facteur de qualité :

$Q=fr/BP$ avec $1/Q=Rant/2.\pi.fr.Lant \rightarrow BP=Rant/2.\pi.fr.Lant=172MHz$

2. L'antenne 2 n'a pas la même fréquence de résonnance que celle de l'antenne 1, puisqu'elle est plus courte (4 fois plus faible), sa fréquence de résonance est plus grande (4 fois plus grande). A savoir : $fr2=3.75$ GHz.

3. L'antenne 2 est 4 fois plus courte que l'antenne 1 donc l'inductance et la capacité équivalente de l'antenne 2 sont 4 fois plus faibles que celles de l'antenne 1 donc $fr2=4 \times fr1$

$Rant2=16xRant1$ car $Lant1=Lant2/4$ donc $Eant1=Eant2/4$ et $Hant1=Hant2/4$, alors :

$PRant1=PRant2/16$ ($Pr = E * H=Rr*I^2$), où I est le courant dans l'antenne.

Donc : $Rant1=Rant2/4$.

4. Il faut réduire la fréquence de résonance de l'antenne 2, par exemple en ajoutant une inductance série de 45 nH en entrée de l'antenne.

EXERCICE –2

1. La longueur du dipôle demi-onde à la fréquence de résonance :

$L=\lambda/2=c/2.f=16.7cm$

La surface équivalente de l'antenne est :

$Seq=G.\lambda/4.\pi \rightarrow Seq=1.64.(0.33)^2/4.\pi=0.0154m^2$

2. La résistance d'entrée du récepteur connectée à l'antenne est égale à 50 ohms.

$AF=20.\log(E/V)=20.\log[(1/\lambda).(4.\pi.Zo/G.Rr)^{1/2}]=28$ dB/m$\rightarrow$25V/m

3. η(Efficacité) $=P_a/P_{Ray}=0.95$, VSWR=1,2.

Le récepteur reçoit une puissance Pr = -40 dBm = 0.1 µW. Cette puissance n'est pas égale à la puissance rayonnée transportée par l'onde à l'entrée de l'antenne. Cette antenne présente donc des pertes. L'efficacité de 95 % est liée aux pertes ohmiques de l'antenne, signifie que 5 % de la puissance induite par le rayonnement Pray est perdue en dissipation thermique. En appelant Pa la puissance électrique en sortie de l'antenne :

Pray (de l'onde incidente), Pa (sortie de l'antenne) et Pr (l'entrée du récepteur)

On a : Γ= VSWR-1/ VSWR+1=0.091

La puissance reçue Pr par le récepteur s'exprime en fonction de la puissance en sortie de l'antenne :

$Pr=Pa(1- \Gamma^2)$

La puissance induite par le couplage de l'onde incidente sur l'antenne de réception est donc de :

$Pray=Pa/\eta =Pr/ \eta. (1- \Gamma^2)=1,06.10^{-7}$ W $\rightarrow$-39,75dBm

Sachant que le récepteur est équivalent à une résistance 50 ohms en entrée, la tension en entrée du récepteur est de :

$Vr=(Pray.Rr)^{1/2}$=2.3mV→-52,75dBm

En utilisant la notion de facteur d'antenne, on peut en déduire le champ électrique incident :

E= AF+ Vr= 28 - 52.75 = -24.75 dB/m = 57.8 mV/m

EXERCICE –3

- En champ lointain (zone de Fraunhofer) : cela suppose que 1/R² tend vers zéro, alors :

Champ électrique rayonné par un doublet : $\vec{E} = \dfrac{j.Zo.\vec{I}.dz.\sin\theta}{2\lambda R}.\, e^{-j\beta R}.\vec{e}_{\theta}$

Champ magnétique rayonné par un doublet : $\vec{H} = \dfrac{j.\vec{I}.dz.\sin\theta}{2\lambda R}.\, e^{-j\beta R}.\vec{e}_{\varphi}$

- La fonction caractéristique est donnée par le rapport du champ sur le champ max :

$$F(\theta) = \frac{|\vec{E}|}{|\vec{E}|_{max}} = \sin\theta \text{ avec } -\pi/2 \le \theta \le +\pi/2$$

- La puissance rayonnée par unité de surface qui en faite celle donnée par le vecteur Poynting :

$$P_{Poynting}(\theta,\varphi) = \left|\frac{1}{2}\vec{E}\Lambda\vec{H}^*\right| = \frac{1}{2}|\vec{E}|.|\vec{H}| = \frac{1}{2}\frac{E^2(\theta,\varphi)}{Z_0}$$

Dans le cas du doublet électrique E(θ, φ)= E(θ)

- La puissance totale rayonnée (dans tout l'espace) sera donnée par :

$$P_R = \frac{1}{2}\int_{-\pi}^{+\pi}\frac{E^2(\theta)}{Z_0}dS \qquad \text{avec } dS = 2.\pi.R^2.\sin(\theta)d\theta$$

$$P_R = \frac{80.\pi}{3}.\frac{dl}{\lambda}.I_{eff}^2$$

$$P_R = R_R.I_{eff}^2$$

- A partir de l'expression précédente, en déduit l'expression de la résistance de rayonnement :

$$R_R = \frac{80.\pi}{3}.\frac{dl}{\lambda}$$