

TP 2 : Dipôles, transmission en espace libre

1 Calcul et visualisation de la densité surfacique de courant pour différentes valeurs de la fréquence et de la tension d'alimentation.

L'antenne est une antenne d'émission qui est alimentée par un générateur de tension idéale de 1 Volt connecté au milieu du dipôle (fonction cosinus ayant une phase nulle et une amplitude maximale de 1V).

Nous allons calculer et visualiser la densité surfacique de courant pour différentes valeurs de fréquences 75, 150, 225 Mhz.

Placez vous dans le répertoire du chapitre 4, Il faut charger le dipôle dans le fichier rwg1. Changer la commande load('mesh/platefine') par load('mesh/strip2'). Sauver le fichier et taper les commandes rwg1 et rwg2.

La valeur de la fréquence est spécifiée dans le fichier rwg3 du chapitre 4.

Pour chaque valeur de fréquence, exécuter les fichiers rwg3, rwg4, rwg5 et rwg6.

1.1 Vous visualiserez la densité surfacique de courant le long du dipôle par le fichier rwg5. Noter en fonction de la valeur de la longueur d'onde et du rapport entre D et λ les différents nœuds et ventres de courant et leurs positions.

1.2 Vous visualiserez grâce au fichier rwg6 l'amplitude de la densité surfacique de courant en y et en x le long du dipôle. Noter les valeurs de la densité surfacique de courant au point d'alimentation. Noter les valeurs de la composante en y (nœud et ventre) le long du dipôle.

1.3 Comparer les différentes caractéristiques des antennes en fonction de la valeur de la longueur d'onde par rapport à la longueur des dipôles. Expliquer pourquoi on choisit

des fréquences de longueurs multiples de $\lambda/2$. Quel est l'intérêt des dipôles de longueur multiple de la longueur d'onde ?

2 Impédance d'un dipôle en fonction de la fréquence

Pour obtenir les caractéristiques du dipôle en fonction de la fréquence, il faut se placer dans le chapitre 7. Le fichier strip2.mat est chargé dans le fichier rwg1. Exécuter alors les fichiers rwg1, rwg2, rwg3 et efield2. Les paramètres de fréquence sont spécifiés dans le fichier rwg3. Pour un dipôle de 2mètres de long, nous choisirons les fréquences $f_L = 25\text{Mhz}$ et $f_U = 500\text{MHz}$.

Cinq courbes s'affichent (vous pouvez visualiser le résultat grâce au fichier sweepplot.m.):

- La partie réelle de l'impédance d'entrée
- La partie imaginaire de l'impédance d'entrée
- La puissance rayonnée
- Le coefficient de réflexion en dB
- La courbe du gain

2.1 Positionner sur le graphe les fréquences caractéristique des dipôles $\lambda/2$ ou multiple de $\lambda/2$. Que pouvez-vous constater de l'évolution de la partie réelle et imaginaire de cette impédance en fonction de la fréquence ? Pourquoi choisit-on des dipôles de longueur multiple de $\lambda/2$?

2.2 Vous visualiserez la courbe de la puissance rayonnée. Comparer la courbe de la puissance rayonnée et les courbes de la partie réelle et imaginaire de l'impédance. Que pouvez vous en conclure ?

Vous pouvez aussi visualiser l'amplitude du coefficient de réflexion en dB d'une antenne reliée à une ligne de transmission de $50\ \Omega$.

$$\Gamma = \frac{Z_A - 50}{Z_A + 50} \text{ et } R_L = 20 \log |\Gamma|$$

2.3 Comparer les courbes de l'amplitude du coefficient de réflexion et de la puissance rayonnée de l'antenne.

2.4 La courbe du gain est également tracée. Que pouvez vous en conclure ?

3 Impédance d'entrée, impédance de rayonnement et puissance électrique.

Un paramètre important d'une antenne est l'impédance équivalente qu'elle présente en entrée: Z_a . Elle est le rapport entre la tension d'alimentation de 1 Volt et le courant total calculé.

Une antenne au niveau des puissances peut être considérée comme une résistance. Une résistance dissipe de l'énergie électrique sous forme de chaleur (effet joule) tandis qu'une antenne dissipe de l'énergie électrique sous la forme d'un signal électromagnétique rayonné

dans l'espace libre. Par analogie nous pouvons donc définir la puissance rayonnée de l'antenne.

$$P_{\text{ray}} = \frac{1}{2} R_r |I|^2$$

R_r est la résistance de rayonnement de l'antenne. Elle est calculée par le fichier efield2.m.

La puissance totale rayonnée par l'antenne est égale la puissance électrique totale délivrée par l'alimentation à l'antenne.

$$P_{\text{ray}} = \frac{1}{2} R_{\text{ray}} |I|^2 = P_{\text{alim}} = \frac{1}{2} \text{Re}(VI^*) = \frac{1}{2} \text{Re}(Z_a) |I|^2$$

3.1 Comparer les valeurs de P_{alim} , P_{ray} , R_{ray} et $\text{Re}(Z_a)$ pour un dipôle de longueur d'onde $\lambda/2$. Vous trouverez les valeurs P_{ray} , R_{ray} dans le fichier efield2 et les valeurs de P_{alim} et $\text{Re}(Z_a)$ dans le fichier rwg4.

4 Transmission en espace libre, antenne en émission et en réception

Vous devez vous placer dans le chapitre 4. Nous pouvons calculer le signal électrique reçu par antenne. L'antenne de transmission est alimentée par une tension sinusoïdale de 1Volt. Le programme efield1 calcule les champs électrique et magnétique rayonnés par une antenne dans tous les points de l'espace.

Pour un dipôle de longueur d'onde $\lambda/2$ avec une fréquence du signal de 75 MHz, vérifier que le champ électrique calculé pour un point d'observation placé à 100 sur l'axe des z est de

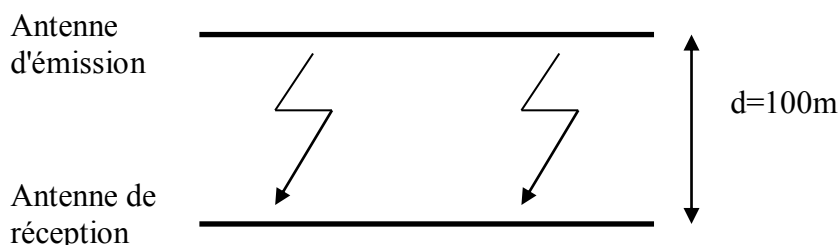
EField =

-0.0000 - 0.0000i
-0.0044 - 0.0049i
-0.00 + 0.0000i

Si nous plaçons un dipôle en réception au même point d'observation, nous pouvons calculer la densité surfacique de courant. Dans le sous répertoire receivingantenna, remarquer que dans le programme rwg4, le champ électrique incident est

Pol = [0 -0.0044-j*0.0049 0];

Pol est le vecteur décrivant la direction, l'amplitude et la phase du vecteur électrique incident.



La densité de courant de surface au milieu de l'antenne de réception est :
 $0.0045-j0.0011$ (A/m).

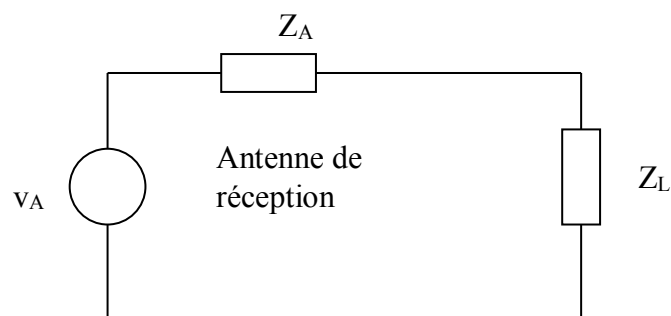
La largeur de l'antenne étant de 0.02m, le courant total I est de $0.000090-j0.000023$ A.

4.1 Connaissant la valeur de Z_A précédemment calculée, déterminer la valeur de la tension reçue à 100 mètres de distance. Déterminer son amplitude et sa phase. Conclure par rapport à la tension d'alimentation de l'antenne émettrice.

4.2 Calculer la puissance reçue par cette antenne.

Vous devez reprendre les valeurs de la puissance émise, de la longueur d'onde et la distance entre les deux antennes. Le gain d'un dipôle $\lambda/2 = 1.64$ soit : $(10 \log 1.64) = 2,15$ dB.

On peut modéliser l'antenne de réception par le modèle équivalent de Thévenin de l'ensemble :



V_A est une tension de la source idéale (tension reçue), Z_A l'impédance de Thévenin peut représenter l'impédance d'entrée de l'antenne, Z_L représente la charge.

La puissance dissipée dans l'impédance Z_L est :

$$P_L = \frac{1}{2} \operatorname{Re}(Z_L) |I|^2$$

Déterminer l'expression du courant I en fonction de V_A , Z_A , Z_L . En déduire l'expression de P_L en fonction de Z_A et Z_L . Déterminer l'expression de la puissance maximale reçue et calculer sa valeur. Comparer cette valeur avec la puissance reçue établie avec l'équation des télécommunications. Conclure.

On rappelle que la puissance maximale est obtenue quand $Z_a = Z_L^*$ (impédance conjuguée de Z_L)

On rappelle la formule des Télécommunications,

$$P_R = P_E G_E G_R \frac{C^2}{16\pi^2 d^2 f^2}$$