

L3 : Canaux de transmission

Année 20010-2011

TP 1 : Caractérisation d'une antenne Dipôle et étude en réception.

Nous allons caractériser une antenne afin de l'étudier en réception et puis en transmission.

L'étude sera faite à l'aide de deux TP. (Caractérisation, réception et émission) .

A la fin de chaque séance un rapport doit être remis, pendant la séance il y aura des validations.

Le TP doit être préparé avant la séance.

Le logiciel est sur le site S des étudiants.

I) Présentation

L'étude commencera par une caractérisation du type d'antenne étudiée en précisant les valeurs souhaitées.

Nous allons nous mettre dans les conditions de réception et analyser toutes Les courbes et valeurs obtenues. (Après on se placera dans le cas de l'émission).

Pour cela, nous allons utiliser le logiciel MATLAB et une bibliothèque de fichiers déjà définis. Ils nous permettront d'effectuer les calculs appropriés sur les antennes. Ces fichiers sont donc écrits en syntaxe MATLAB.

Une prise en main de matlab est donnée avec le sujet du TP.

Les codes qui commencent par `rwg` (`rwg1.m`, `rwg2.m`, `rwg3.m`), calculent les structures des antennes. (Pour la réception)

Les codes commençant par `efield` (`efield1`, `efield2`, `efield3`) calculent les différentes caractéristiques de l'antenne (à partir des paramètres calculés par les programmes `rwg`). (Pour l'émission)

II) Rappel sur les antennes. (*Bien lire cette partie).

Rappel préliminaire :

a) Loi d'Ohm microscopique :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

$\vec{J}$ (en A/m² ou en A/m) est le vecteur densité de courant, $\vec{E}$ (en V/m) est le vecteur champ électrique et σ (en $\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$) est la conductivité électrique.

b) Une antenne est caractérisée par :

- densité de puissance (rayonnée).
- son diagramme de directivité ou "diagramme de rayonnement"
- son gain (par rapport à une antenne de référence)
- sa surface équivalente, liée au gain
- ses résistances de rayonnement, ohmique et caractéristique
- son rendement

II.1 Puissance rayonnée

La puissance totale rayonnée est la puissance "potentielle" que l'on peut récupérer, au total, à la réception. Celle ci s'obtient en intégrant la densité surfacique de puissance sur une sphère qui entoure l'antenne. Si cette densité de puissance dépend de la direction de propagation envisagée (donc de θ et de γ .) on dit que l'antenne est directive. Dans le cas contraire, elle est isotrope.

Densité de puissance : donnée par le module du vecteur de Poynting :

$$\vec{P} = \frac{1}{2} (\vec{E} \wedge \vec{H}) : \text{vecteur de Poynting}$$

Comme $\vec{E}$ et $\vec{H}$ sont perpendiculaires, on obtient :

$$p = |\vec{P}| = \frac{1}{2} |\vec{E}| |\vec{H}| : \text{densité de puissance (exprimée en W/m}^2\text{)}$$

Alors, la puissance totale rayonnée vaut :

$$P = \iint_{\Sigma} p \, dS$$

Σ étant une surface fermée (de forme et de taille quelconque) entourant complètement l'antenne d'émission et dS étant l'élément de surface exprimé en coordonnées sphériques.

$$dS = (r d\theta) \cdot (r \sin\theta \, d\varphi)$$

II.2 Gain

Il est d'usage d'appeler "gain d'antenne" le rapport de la densité de puissance provoquée par l'antenne réelle considérée, dans la direction où cette densité est maximale, à la densité de puissance que produirait, dans les mêmes conditions de puissance totale rayonnée, une antenne hypothétique isotrope. Il est à noter que ce "gain" n'implique par un caractère "actif" à l'antenne, mais bien une comparaison de performances

$$\text{Gain} = \frac{\text{densité de puissance dans la direction où est elle maximale}}{\text{densité de puissance si l'antenne était isotrope, à la même distance}}$$

noté également : $\text{gain} = p_{\max} / p_{\text{iso}}$

On peut remarquer que cette définition est équivalente à la suivante :

$$\text{Gain} = \frac{\text{Puissance que devrait avoir l'émetteur muni d'une antenne isotrope}}{\text{Puissance de l'émetteur muni de son antenne directive}}$$

Pour une antenne dipôle $\lambda/2$ on obtient :

$$\text{Gain (dipôle } \lambda/2 \text{ / isotrope)} = 1.64 \text{ soit : } (10 \log 1.64) = 2,15 \text{ dB}$$

II.3 Résistance de rayonnement

Une antenne d'émission se comporte comme une charge vis à vis de la source excitatrice on peut donc associer à cette antenne une certaine résistance dite "résistance de rayonnement" (si l'on néglige les pertes ohmiques) et de même une antenne de réception se comporte comme une source qui aurait comme résistance interne cette "résistance de rayonnement" par principe de réciprocité.

II.4 Surface équivalente

On définit une "surface de captation" nommée "surface de réception" ou "surface équivalente de l'antenne de réception", portion de la surface totale. Cette "surface" est, dans la plupart des cas, fictive (en effet, une antenne constituée par des tiges est de "surface" réelle négligeable !).

Un conducteur pouvant être considéré comme antenne d'émission aussi bien que comme antenne de réception selon qu'il est alimenté par une source ou chargé par une résistance d'utilisation respectivement, il y a une relation entre les deux caractéristiques "gain" et " surface équivalente".

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \quad \text{ou} \quad S = \frac{\lambda^2 G}{4\pi}$$

Cette relation est, en particulier, très utile pour déterminer le gain des antennes munies de réflecteurs pour lesquelles S est une grandeur géométrique.

III) Travail préliminaire.

III.1) Copier les chapitres **02, 03, 04 et 07** (du site S : des étudiants, Matlab_canaux de transmission) sur votre Disque. Si les fichiers sont en lecture seuls, changer (click droit sur la souris) leurs propriétés pour les définir comme "archive". A chaque fois vous devez vous placer dans le répertoire adéquat (exemple mesh pour la première question) pour travailler à partir de la bibliothèque de fichiers (dans le répertoire courant de **MATLAB**).

Nous allons travailler sur un dipôle spécifié dans le fichier dipole.mat. Placer vous dans le répertoire **mesh du chapitre 2**. Visualiser ce dipôle par la commande :

**Taper viewer dipôle et puis taper viewer platefine : comparer
Nous travaillerons avec le dipôle.**

III.2) Noter les principales caractéristiques de ce dipôle, faites un schéma.

Une antenne dipôle est dite "dipôle $\lambda/2$ " quand la tige est de longueur $\lambda/2$ avec alimentation centrale (rappel $\lambda = C.T$; C : célérité de la lumière, T : période de la radiation). Elle est dite 'dipôle λ ' lorsque la tige est de longueur λ etc.....

IV) Calcul et visualisation de la densité surfacique de courant pour différentes polarisations et différentes valeurs de fréquences.

Nous cherchons à calculer le courant induit sur la surface de l'antenne du à un signal électromagnétique incident. **L'antenne est donc une antenne de réception.**

Les différents fichiers se trouvent dans le chapitre 2. La séquence suivante est applicable à différentes antennes. (Les taper au fur et à mesure dans l'ordre)

Le fichier rwg1 crée le fichier mesh1.mat.

Le fichier rwg2 crée le fichier mesh2.mat.

Ces deux fichiers permettent de définir la structure de l'antenne et de préparer pour chaque forme d'antennes les calculs suivants.

Le fichier rwg3.m crée le fichier impedance.mat : il permet de calculer la matrice impédance.

Le fichier rwg4.m crée le fichier current.mat : détermine les tensions et courants.

Le fichier rwg5.m nous permet de visualiser les courants de surface.

Pour calculer les courants de surface de chaque antenne, il faut exécuter les fichiers les uns après les autres.

IV.1) Exécuter ces différents programmes pour un dipôle de 2 m par 0.05m avec un signal de fréquence 75Mhz.

Pour cela il faut charger le dipôle dans le fichier rwg1.

Changer la commande load ('mesh/platefine') par load ('mesh/dipole'). Sauver le fichier et taper la commande rwg1 et rwg2. Changer la valeur de la fréquence dans rwg3, mettez une fréquence de 75Mhz ($f = 75 \times 10^6$).

Nous allons examiner le rôle de la polarisation.

a) En calculant la longueur d'onde, en déduire la nature du dipôle. Comment appelle-t-on ce type de dipôle ? Rappel [xyz] représente l'orientation ou polarisation du champ électrique E.

Changer la polarisation dans rwg4 pour que le champ incident de E soit de 1 Volt sur y
Changer Pol = [1 0 0] en **Pol = [0 1 0]** dans le fichier. (Examiner aussi la polarisation **[0 0 1]**)

b) Représenter par un schéma le sens du champ E, du champ H et du vecteur de Poynting par rapport au dipôle.

Lancer les fichiers rwg4 et rwg5.

c) Noter la valeur de la densité maximum de courant. Calculer le courant maximum.

(Le courant est obtenu en multipliant la valeur de la densité maximale par la largeur du dipôle).

Les variations de la densité de courant sont symbolisées par les variations de couleur. La couleur blanche signifie que le courant est maximum, la couleur noire que le courant est nul.

IV.2) On change la polarisation du champ électrique E incident. On doit changer dans le fichier rwg4 le vecteur Pol [010] en **[100]**. Recompile les fichiers pour visualiser les changements pour cette nouvelle polarisation.

- a) Représenter par un schéma le sens du champ E du champ H et du vecteur de Poynting par rapport au dipôle.
- b) Quelle est la nouvelle valeur de la densité surfacique maximale de courant? Visualisez la densité surfacique de courant le long du dipôle.
- c) Justifier pourquoi ces antennes sont connues sous le nom d'antenne à polarisation linéaire. . **Conclusion** .

IV.3) Nous allons examiner le rôle de l'amplitude et de la fréquence

a) Rôle de l'amplitude

Changer la polarisation dans rwg4 pour que le champ incident de E soit de 1.5 et puis de 2Volt sur y (voir question 3.1). L'onde plane incidente a toujours une fréquence de 75Mhz. Sinon changer cette valeur dans le programme rwg3.

Visualiser la densité de courant et comparer avec le résultat de la question 1. Estimer le courant maximal total le long du dipôle.
Conclure ?

b) Rôle de la fréquence

Revenez à une polarisation optimale [010] avec une onde de fréquence de 150MHz, 225MHz et puis 375MHz.

Après avoir calculé les longueurs d'ondes respectives.

Visualiser la densité de courant et comparer avec le résultat de la question 1. Estimer le courant maximal total le long du dipôle.
Conclure ?

En examinant tous les rôles: conclusion générale sur le cas idéal ??

V) Algorithmes pour les champs proches et lointains

V.1) Dans cette partie, nous allons étudier **une antenne d'émission** (dipôle $\lambda/2$).Placez vous dans le chapitre 3.

Une tension à l'entrée d'une antenne d'émission crée une densité de courant à la surface de l'antenne. Cette densité de courant de surface crée un signal électromagnétique dans l'espace libre. Ce cas est donc contraire (dual) à celui du paragraphe précédent. Nous pouvons toutefois bien sur utiliser les mêmes algorithmes donc les mêmes fichiers.

Trois programmes permettent d'effectuer les calculs :

efield1 : calcule les champs en un point

efield2 : calcule l'intensité de rayonnement sur une sphère

efield3 : calcule le diagramme de rayonnement

Rayonnement des courants de surface

Nous cherchons à calculer les champs E et H pour tous les points de l'espace pour des champs proches et des champs lointains. E et H sont perpendiculaires entre eux et à la direction de propagation. Les calculs ne seront pas explicités mais nous pouvons définir la distance de champ lointain par la formule :

$$R_f = 2D^2 / \lambda$$

D est la plus grande dimension de l'antenne.

a) Exécuter sans les changer les fichiers rwg1, rwg2, rwg3, rwg4, rwg5.

b) Visualiser et commenter la densité surfacique de courant avec le fichier rwg6

Le dipôle étant identique. Le point d'observation se situe en $z = 5$ mètres (Observation au Point = [0; 0; 5]).

c) Déterminer si on se trouve dans la condition de champ lointain. Exécuter le programme efield1. Éditer ce programme. Déterminer les différentes caractéristiques calculées et leurs expressions. Commenter les différents résultats obtenus.

V.2) Le programme efield2 calcule l'intensité rayonnée à travers une sphère en utilisant le fichier point.m et les équations du vecteur de Poynting. Nous tracerons cette sphère pour le dipôle précédent. Le rayon de la sphère est de 100 mètres. Exécuter le programme efield2. La couleur varie du minimum (noir) au maximum (blanc). Vous pouvez utiliser la rotation en 3D pour visualiser les variations en fonction de différentes directions.

a) Placer les différents axes X, Y, Z du repère Cartésien. Commenter cette figure et placer le dipôle et les directions des champs E et H.

b) Donner les expressions et les valeurs de la puissance totale rayonnée et du gain. Comparer avec les valeurs et les expressions données en cours.

c) Reprendre ces calculs pour une sphère de rayon $r = 1.2m$ puis $r = 120m$ puis $r = 1200m$. Comparer les valeurs des gains et de la puissance totale rayonnée ainsi que l'intensité rayonnée à travers la sphère.

V.3) Lancer le programme efield3 qui vous permet de visualiser le diagramme de rayonnement dans le **plan (y, z)**,

a) Commenter ce diagramme. Justifier ce diagramme par les expressions explicitées en cours.

b) Calculer à partir de la formule du gain (et de la valeur trouvée) la surface équivalente de l'antenne. Comparer cette surface avec celle du dipôle. Que représente cette surface ?

c) Faites une conclusion de l'ensemble de l'étude.