

## TP Antenne : Modélisation et Caractérisation d'Antennes imprimées

Au cours de ce TP vous allez concevoir et modéliser numériquement des antennes imprimées. Vous allez également étudier les méthodes de caractérisation des diagrammes de rayonnement des antennes.

### I. Dimensionnement de l'antenne patch rectangulaire

Le mécanisme de rayonnement d'une antenne patch rectangulaire se comprend aisément à partir de sa forme géométrique. Lorsque vous excitez la ligne d'alimentation avec une source RF, une onde électromagnétique va se propager sur cette ligne puis va rencontrer l'élément rayonnant (de largeur plus grande que la ligne, donc plus apte à rayonner..). Une distribution de charge va s'établir à l'interface Substrat / Plan de masse, sur et sous l'élément rayonnant. Ces distributions de charge et les densités de courants associés induisent une distribution de champ électrique représentée à la figure 1 pour le mode fondamental.

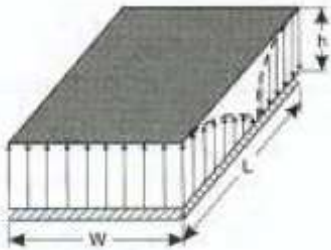


Fig.1

A la résonance du mode  $TM_{01}$ , la largeur du patch a un effet mineur sur le diagramme de rayonnement de l'antenne. Par contre, elle joue un rôle pour l'impédance d'entrée de l'antenne et la bande passante. Pour permettre un bon rendement de l'antenne, une largeur  $W$  pratique est :

$$W = \frac{C}{2f_0} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

La longueur du patch détermine les fréquences de résonance de l'antenne  $f_{01}$ . Il ne faut surtout pas oublier de retrancher la longueur  $\Delta L$  correspond aux extensions des champs.

## II. Etude numérique

### II.1. Cahier de charge

On souhaite concevoir et simuler une antenne patch fonctionnant à 2.45 GHz. Cette antenne sera réalisée sur un substrat époxy type FR4 de permittivité :

$$\varepsilon_r = \varepsilon' - j\varepsilon'' = 4.4 - j0.09 \quad (tg(\delta) = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = 0.02045).$$

On peut se limiter à la partie réelle de la permittivité pour le calcul.

- épaisseur du substrat :  $h=1.58\text{mm}$
- conductivité du cuivre :  $G_{\text{cu}}=5.8 \cdot 10^7$
- épaisseur du cuivre ou de métallisation est :  $t=35\mu\text{m}$
- Fréquence de fonctionnement :  $f=2.45 \text{ GHz}$

L'alimentation de l'antenne se fait par une ligne quart-d'onde (voir Fig.2).

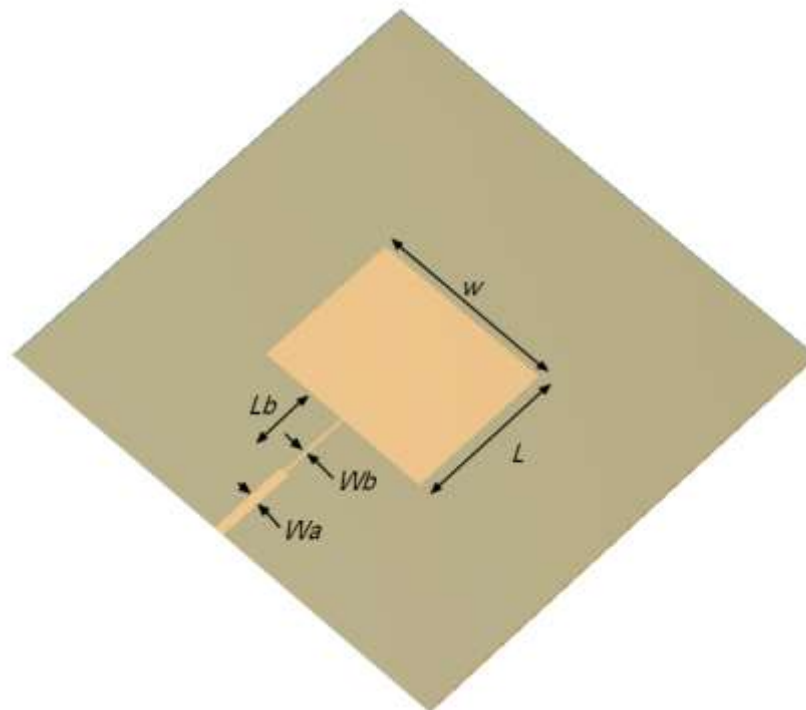


Fig.2

### II.2. Conception et simulation

1. En se basant sur les formules du paragraphe I, déterminer les dimensions de l'antenne patch fonctionnant à 2.45 GHz.
2. Calculer l'impédance d'entrée de l'antenne à 2.45 GHz.
3. Pour une bande de fréquence assez étroite, une ligne quart-d'onde peut servir de transformateur d'impédance (fig. 3), pour l'adaptation entre une ligne et

une antenne par exemple. Avec les lignes bifilaires et câbles coaxiaux du commerce, les possibilités sont restreintes mais il est souvent possible de fabriquer une ligne d'impédance particulière.

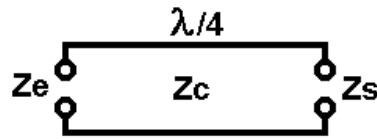


Fig.3

Montrer que l'impédance caractéristique  $Z_c$  de la ligne quart-d'onde qui permet d'adapter l'impédance de sortie  $Z_s$  de l'antenne à l'impédance  $Z_e$  de la ligne est :  $Z_c = \sqrt{Z_e Z_s}$ .

Calculer l'impédance de la ligne quart-d'onde permettant d'adapter l'antenne à une ligne d'impédance 50 Ohm.

4. En utilisant la figure suivante, trouver la largeur  $W_l$  permettant de réaliser l'impédance de la ligne quart d'onde ( $Z$  à  $10^{-0}$  près).

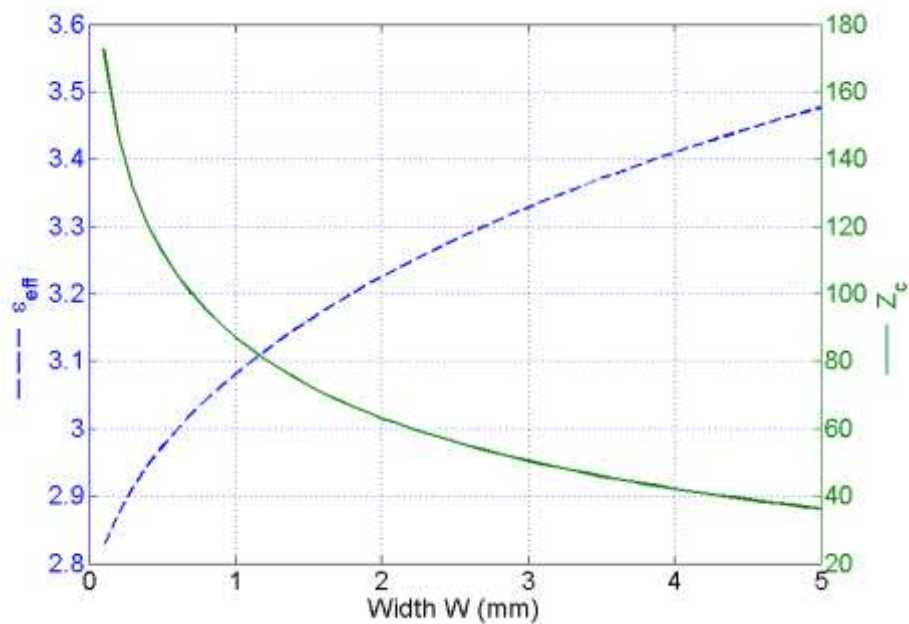


Fig.4

5. En utilisant la figure 4, calculer alors la longueur d'onde ( $\lambda_l = \lambda_0 \cdot \epsilon_r^{-0.5}$ ) dans la ligne pour la valeur de  $W_l$  déterminée dans la question précédente et en déduire la longueur de la ligne quart d'onde.
6. La simulation électromagnétique se fait sur ADS en suivant le modèle de la figure 5.

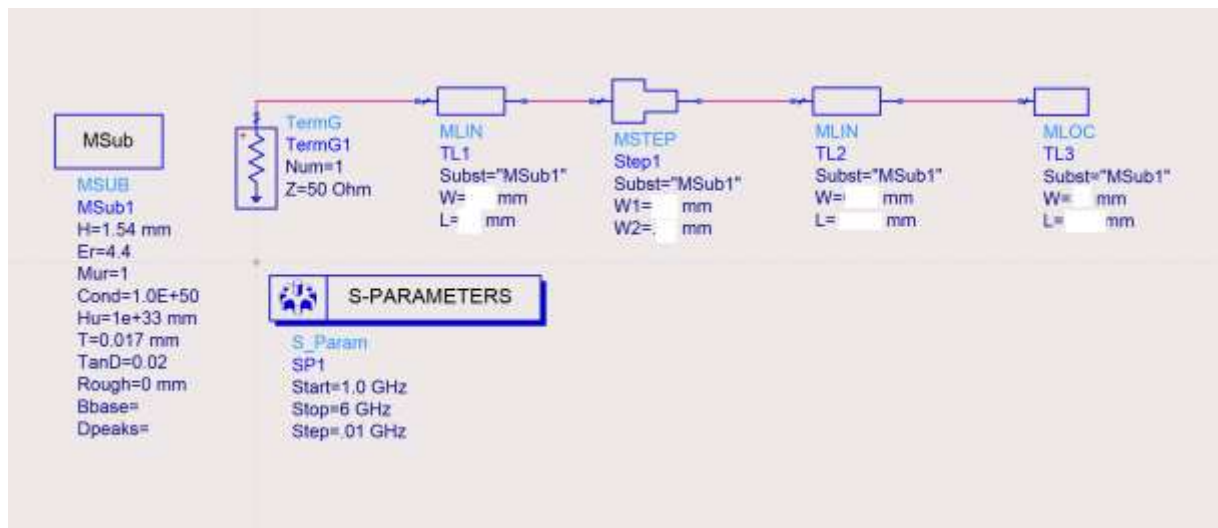


Fig.5

7. Simuler l'antenne avec ADS. Prélever le coefficient de réflexion (adaptation) de l'antenne en dB et la valeur du TOS.
8. Réaliser le layout de l'antenne et lancer la simulation sur Momentum.
9. Commenter les résultats en prélevant :
  - Le coefficient de réflexion (adaptation) de l'antenne en dB
  - Le diagramme de rayonnement aux deux premières fréquences de résonance
  - Le gain et la directivité de l'antenne à ces fréquences
10. Modifier la largeur et la longueur du patch de manière à avoir la meilleure adaptation à 2.45 GHz.

### III. Caractérisation expérimentale

On dispose d'un banc de manipulation permettant de mesurer le diagramme de rayonnement d'antennes à des fréquences micro-ondes. L'antenne à mesurer doit être fixée sur le bâti tournant. Le bâti immobile, est réservé à l'antenne de réception. Un cornet est utilisé comme antenne de réception.

Dans cette partie, on demande de faire un schéma du banc de manipulation et de décrire les méthodes à utiliser pour mesurer le diagramme de rayonnement en gain dans les deux cas suivant :

1. On dispose d'une antenne de référence, présentant un gain  $G_0$ , en plus de l'antenne à caractériser.
2. Deux prototypes de l'antenne à mesurer sont à notre disposition.