



# ENSEA

Beyond Engineering

## ANTENNES

DEE\_3940

## Sujets de TP

3<sup>ème</sup> année ESC

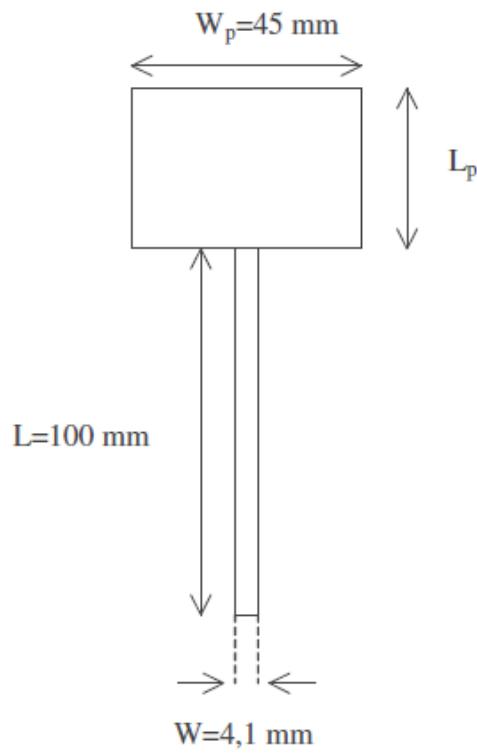
Alexis MARTIN  
2026

# 1 Simulation Electromagnétique d'un réseau d'antennes imprimées

Le but de ce TP est d'étudier par simulation le comportement d'une antenne patch seule puis en réseau et l'effet du déphasage des alimentations des antennes sur le diagramme de rayonnement. Pour cela on utilisera le logiciel "Momentum" disponible dans ADS. Ce logiciel permet d'effectuer des simulations électromagnétiques de structures planaires, d'obtenir les paramètres S, et de visualiser un diagramme de rayonnement ou des courants.

## 1.1 Préparation

Dans un premier temps, il s'agit d'étudier les caractéristiques d'une antenne patch dont les dimensions sont les suivantes:



Déterminer la valeur de  $L_p$  pour obtenir une fréquence de résonance de 2.5GHz. Le substrat utilisé est du téflon d'épaisseur  $h = 1.524 \text{ mm}$  et de constante diélectrique  $\epsilon_r = 2.55$ .

On pourra pour cela déterminer  $\epsilon_{eff}$  et  $\Delta l$  par:

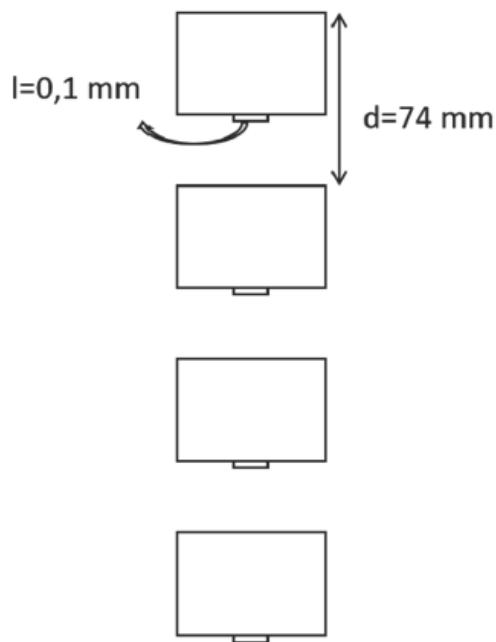
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 10 \frac{h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.813\right)}$$

## 1.2 Simulation d'une antenne imprimée seule

- Dans ADS, ouvrir une page layout et dessiner l'antenne en utilisant dans le menu insert:
    - rectangle
    - coordinate entry
  - Dans la page layout ouvrir la boîte de dialogue de la simulation électromagnétique (*EM-simulation setup*).
    - Choisir le type de simulation désiré (ici *Momentum microwave*)
    - Préparer la simulation en utilisant une répartition de fréquence adaptative de 2.4GHz à 2.6GHz.
    - Définir le substrat
    - Définition de l'excitation: Define port, (utiliser une calibration "TLM" et définir le plan de référence au niveau de l'antenne)
    - La définition du maillage s'effectue dans "options". Prendre un maillage de bord. Calculer le maillage: *generate mesh, simulate*
    - Effectuer la simulation: *generate S-parameter, simulate*
1. Visualiser le paramètre  $S_{11}$  et déterminer l'impédance et la fréquence résonance de l'antenne. Les ordres de grandeurs vous paraissent-ils cohérents?
  2. Visualiser le diagramme de rayonnement (*EM / Post-processing / Radiation Pattern*). Comparer avec les résultats théoriques.
  3. Visualiser les courants (*EM / Post-processing / Visualization*) et retrouver les phénomènes d'ondes stationnaires:
    - Sur le patch
    - Sur la ligne d'alimentation

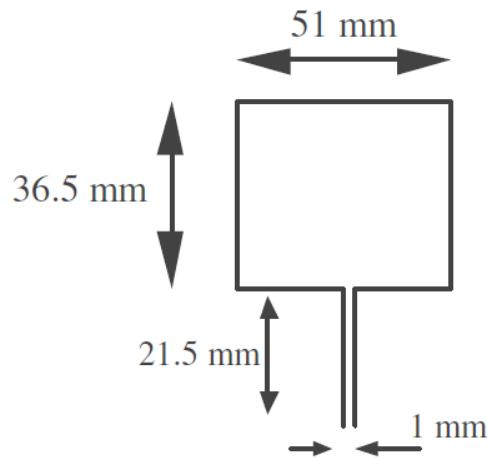
### 1.3 Simulation d'un réseau de quatre antennes



1. Donner l'expression du décalage angulaire de la direction d'émission en fonction du déphasage entre les antennes dans le cas d'un déphasage linéaire.
- Dans une autre page layout dessiner un réseau de quatre antennes identiques à la précédente et superposées verticalement (utiliser la fonction *Edit / Advanced copy / copy relative*). On définira les accès en ports directs.
  - Effectuer la simulation pour la fréquence de résonance déterminée précédemment
2. Visualiser le diagramme de rayonnement pour des alimentations en phase et avec la même amplitude. Comparer avec les résultats théoriques.
3. Visualiser le diagramme de rayonnement pour un déphasage linéaire des alimentations ( $\Phi$ ,  $2\Phi$ ,  $3\Phi$  et  $4\Phi$ ), en faisant varier  $\Phi$ . Comparer la valeur du dépointage et les positions des zéros du plan E avec les résultats théoriques.
4. Visualiser le diagramme de rayonnement pour des alimentations en phase et pour des amplitudes d'alimentation suivant la loi binômiale (1, 2, 2, 1). Comparer avec les résultats avec l'alimentation du réseau avec la même amplitude.

## 2 Mesure d'antennes en chambre anechoïque

On étudie des réseaux d'antennes imprimées réalisées sur un substrat de verre Téflon de caractéristiques:  $\epsilon_r = 2.55$ ,  $h = 1.524\text{mm}$ . L'élément de base est un "patch" (pavé) rectangulaire:



### 2.1 Préparation

1. Estimer la valeur de la première fréquence de résonance, la ligne d'alimentation ayant une impédance caractéristique égale à  $50\Omega$ . On pourra pour cela utiliser un simulateur, ou bien, plus simplement, déterminer la valeur de la constante diélectrique effective, ainsi que l'allongement équivalent à l'effet de bord sur les deux extrémités du résonateur de largeur  $w$ .

On pourra déterminer  $\epsilon_{eff}$  et  $\Delta l$  par:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + 10 \frac{h}{w} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3)(\frac{w}{h} + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(\frac{w}{h} + 0.813)}$$

2. Indiquer la position des plans E et H.

## **2.2 Dispositif Expérimental**

La mesure du diagramme de rayonnement dans les deux plans E et H, est effectuée dans la chambre anéchoïque.

Le positionneur est commandé à partir d'un logiciel sous LabVIEW.

La reflectivité des parois est égale à  $-35dB$  à 1 GHz, en incidence normale. Elle est encore inférieure à 2.5 GHz.

Quel est l'ordre de grandeur de la distance entre les deux antennes? L'antenne à mesurer est-elle dans le champ lointain de l'autre?

## **2.3 Manipulations**

La manipulation est en cours d'évolution. On cherchera donc à obtenir le maximum de mesures avec les moyens disponibles.

### **2.3.1 Etude du rayonnement des réseaux disponibles**

1. Déterminer expérimentalement la fréquence d'accord.
2. Relever les diagrammes de rayonnement dans les plans E et H. Relève-t-on un diagramme en tension ou en puissance?
3. Déterminer la largeur du lobe principal à -3 dB dans les deux plans.
4. Comparer les diagrammes mesurés à ce que l'on prévoit à l'aide d'une théorie simple.
5. Comparer avec la forme théorique des diagrammes du facteur de réseau.

### **2.3.2 Mesure du gain des antennes**

(Une calibration est nécessaire, ne déplacer les absorbants au sol, qu'en cas de nécessité impérieuse)

Comparer à la valeur estimée à partir des largeurs des lobes à  $-3dB$ .