



TP N°1 : Caractérisation et adaptation d'une ligne de transmission

1. Objectif du TP

Ce TP est consacré à l'étude et la conception logicielle d'une ligne de transmission microruban pour objectif :

- Présentation des caractéristiques d'une ligne de transmission.
- Calcul théoriques et mesure pratique des paramètres de la ligne.
- Adaptation de la ligne à 50 ohms
- Simulation et validation des résultats théoriques des paramètres S de la ligne.
- visualisation du champ électrique et magnétique sur la ligne de transmission à l'aide du logiciel CST.

2. Partie Théorique

La ligne microruban (figure 1) est constituée par un ruban métallique déposé sur une plaque de diélectrique entièrement métallisée sur l'autre face (plan de masse).

Le milieu de propagation n'est donc pas homogène car une partie des lignes de champ est située dans le substrat tandis que l'autre partie est située dans l'air.

Les caractéristiques des lignes de transmissions sont :

- La vitesse de propagation le long de la ligne v_p
- L'impédance caractéristique Z_c de la ligne de transmission.

Elles dépendent notamment des paramètres suivants :

- La largeur du ruban W
- L'épaisseur du substrat h
- La permittivité relative du substrat ϵ_r

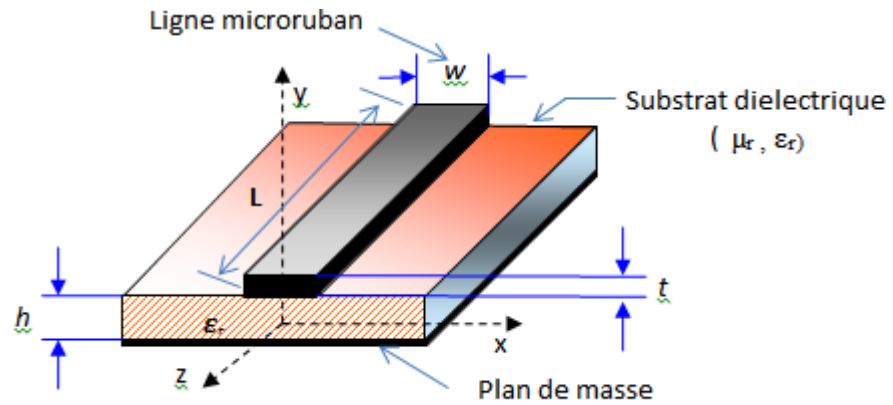


Figure1 : Structure d'une ligne microruban

2.1. Constante diélectrique effective ϵ_{eff}

En supposant que la ligne est placée dans un milieu diélectrique homogène de permittivité ϵ_{eff} (où ϵ_{eff} est appelée permittivité effective de la ligne)

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

2.2. Equations de synthèse

Un premier jeu d'équation permet de calculer le rapport W/h correspondant à une impédance Z_c donnée. Pour une meilleure précision on utilise deux équations différentes selon la valeur de W/h .

La permittivité et la hauteur de substrat sont traditionnellement imposées par le fabricant. Pour Obtenir une impédance caractéristique donnée, on règle la largeur w de la ligne en utilisant

Les formules suivantes :

Pour $W/h < 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2}$$

Avec

$$A = \frac{Z_c}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)}$$

Pour $W/h > 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r + 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

Avec

$$B = \frac{377\pi}{2Z_c\sqrt{\epsilon_r}}$$

2.3. Equations d'analyse

Ces équations permettent de calculer l'impédance caractéristique d'une ligne microstrip dont on connaît les dimensions. Pour une meilleure précision on utilise ici encore deux équations différentes selon la valeur de W/h .

Pour $W/h < 1$

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln\left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h}\right)$$

Pour $W/h > 1$

$$Z_c = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{W}{h} + 1,393 + 0,667 \ln\left(\frac{W}{h} + 1,444\right)}$$

3. Partie Simulation

- La fréquence de travail est de 2 GHz.
- L'impédance caractéristique de la ligne est de 50 ohms

3.1. Caractéristique de la ligne de transmission

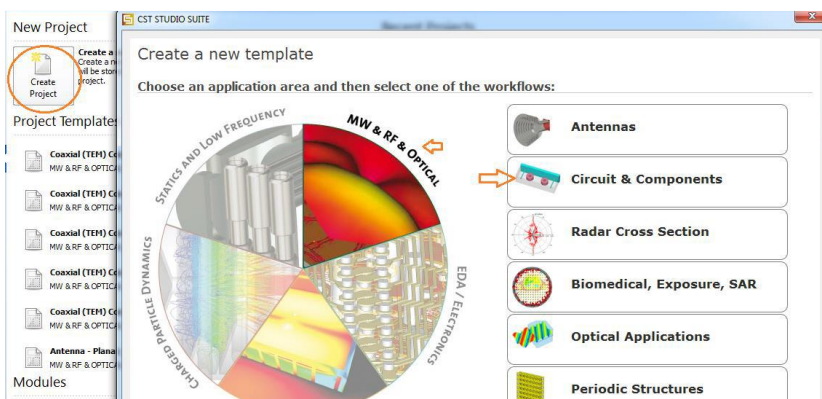
- Le substrat à utiliser est de type « Rogers RT duroid 5880(lossy) » (50x50) avec une permittivité relative $\epsilon_r = 2.2$.
- l'épaisseur h du substrat $h = 1.6$ mm;
- Tangente de perte : $\tan\delta = 0.0009$
- Epaisseur de métallisation (Pour les deux conducteur : ruban et plan de masse, de type Copper

annealed) : $t=0.035$ mm

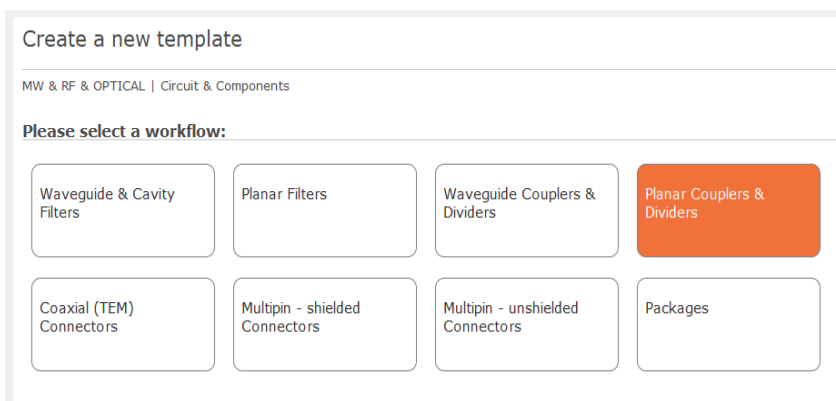
3.2. Conception logicielle

En utilisant le logiciel CST microwave, donnez la conception de la ligne micro ruban de la figure 1.

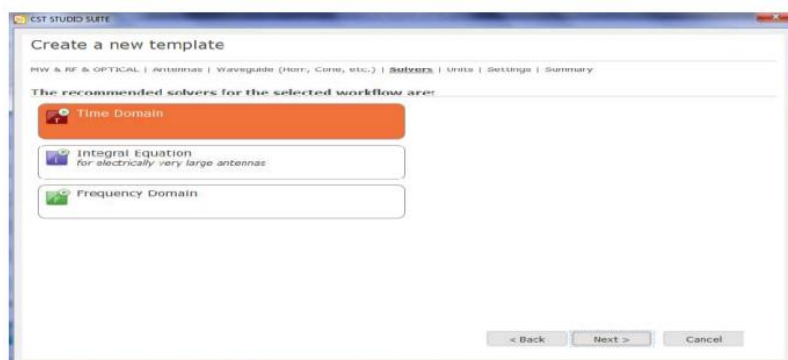
- **Lancer le logiciel CST studio**, puis cliquer sur l'icône : « **create new project** », choisissez la zone « **MW and RF and optical** » puis « **circuit and component** ».



Une fois cliqué sur « NEXT », on choisit le modèle de la structure qu'on veut réaliser



On sélectionne le type de simulation (pour nous ce sera Time Domain)

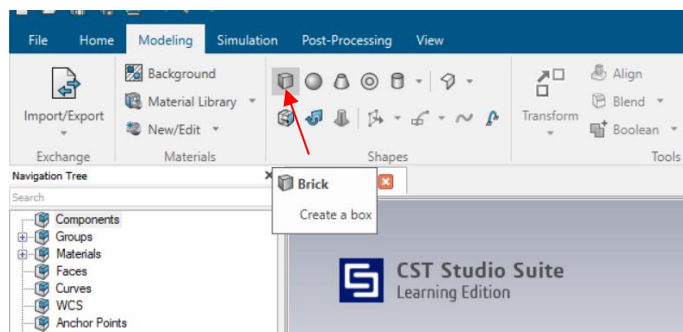


Après avoir sélectionné le Time Domain, on doit effectuer les unités de fréquences à utiliser

Dessiner la structure microruban

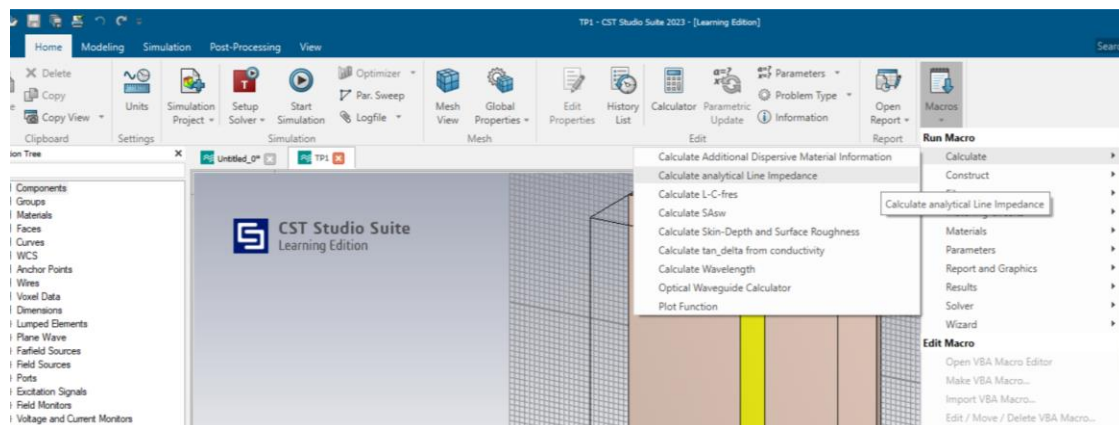
Cliquer sur l'icône **create break** située dans les icônes de dessins, ensuite cliquer sur **Esc** pour faire apparaître une fenêtre dans laquelle vous pouvez entrer toutes les paramètres relatifs du plan de masse.

Refaire la même étape pour le substrat



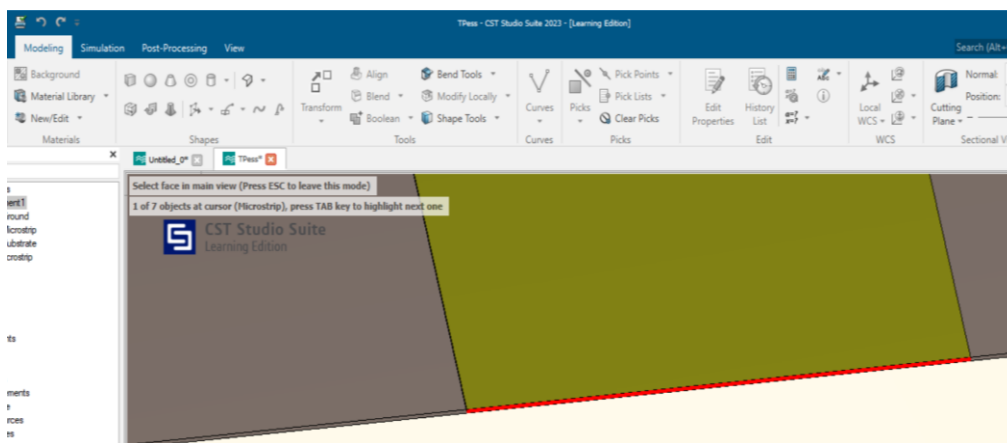
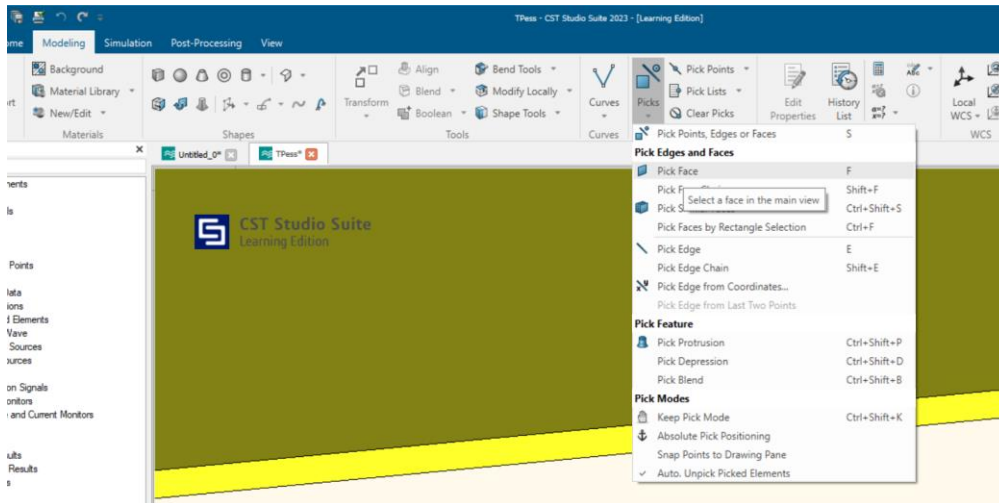
Conducteur de la ligne micro-ruban

Trouver la largeur de la ligne micro ruban pour avoir une impédance caractéristique de la ligne de 50 ohms partir :

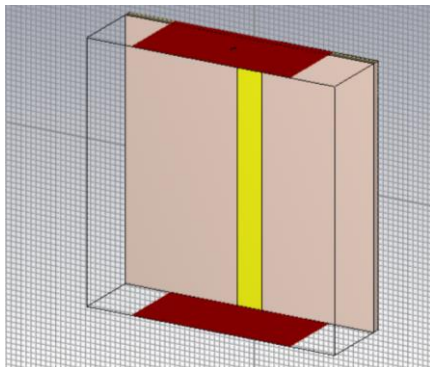


Alimentation de la ligne

Nous définissons un port à partir de la barre du menu '**Simulation**', l'icône **Wave guide Port** ; et la boîte de dialogue des ports apparaît, mais avant de suivre cette procédure nous devons sélectionner la face correspondante de la ligne à partir du menu **Modeling > picks > picks face**



Alimenter cette ligne avec l'onglet : « **Waveguide port** » aux deux extrémités comme suite :



Ou bien calculer le coefficient du port puis cliquer **Construct port from picked face**

Z_c	50	60	70	80	90	100
W						
S_{11}						

Commenter dans chaque cas la courbe obtenue.

Distribution des champs électriques et magnétique

Visualisez la distribution des champs électriques et magnétique en 2D ou en 3D.

Rédigez un rapport détaillé avec vos résultats trouvés.