

TP CAO Hyperfréquence

TP 1 : Adaptation d'impédance par éléments localisés

1. Adaptation d'impédance par l'abaque de Smith

- Lancer Ansoft Designer et créer un nouveau projet intitulé *adaptation* (faire *file/New* puis *Save as*) dans le répertoire *H:\TP_CAO_HYPER*
- Insérer dans ce projet un dossier regroupant les circuits électriques que vous allez simuler (*Project/Insert Circuit Design*). A la question *choose layout technology* répondre *None*.
- Placer (voir indications figure 1) :
 - un port d'analyse micro-onde (c'est-à-dire d'analyse en paramètres S),
 - une résistance de 10 Ω (cliquer sur l'onglet *Components* puis aller dans le répertoire *Lumped* puis *Resistors* et enfin faite glisser le composant *resistor* sur la page circuit. Il ne reste plus qu'à fixer sa valeur à 10 Ω : sélectionner ce composant et vous avez dans la deuxième fenêtre de gauche (en partant du haut) ses caractéristiques : mettre le champ R à 10.
 - une capacité de 10 pF,
 - connecter ces composants et ajouter une masse (voir l'icône proche de celui utilisé pour le port micro-onde),
 - Placer dans le coin supérieur gauche un second port d'analyse que vous connecterez à une masse (l'utilisation de l'abaque de smith pour l'adaptation requiert deux ports d'analyse).

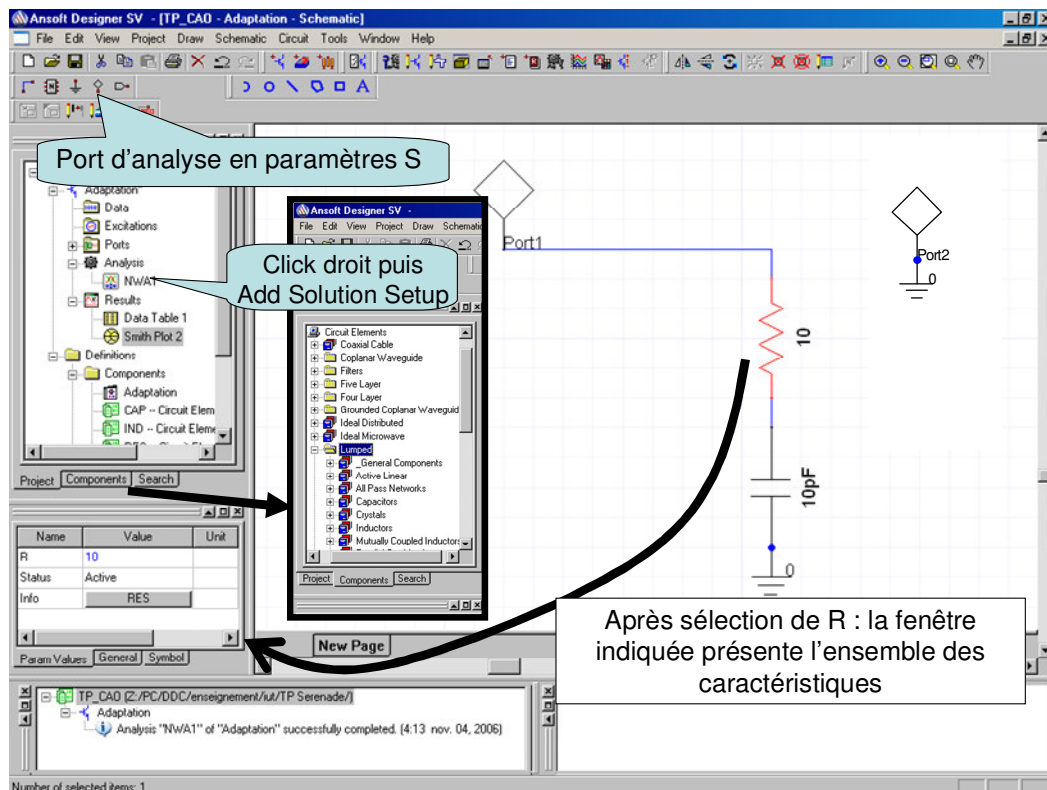


Figure 1 : Simulation du coefficient de réflexion sur 50 Ω d'une charge quelconque

- Définir une analyse : click droit sur *Analysis* puis sélectionner *Add Solution Setup* (voir figure 1). Dans la fenêtre *Sweep variable* : faire *Add* puis *linear step*. Vous pouvez alors définir les fréquences *start stop* et *step* de votre analyse : mettre 0.5GHz, 2GHz et 0.1GHz respectivement (n'oubliez pas de faire *Add* puis *Ok* puis *Terminer*).
- Lancer la simulation : click droit sur *Analysis* puis *Analyse*.
- Pour l'analyse des résultats : click droit sur *Results* puis *Create Report* et définir un graphique représentant le coefficient de réflexion S_{11} sur un abaque de Smith (*display type* : *Smith Chart*).
- Interpréter le résultat (position sur l'abaque de Smith, variation en fonction de la fréquence, ...).
- Visualiser le coefficient de réflexion : S_{11} en dB, relever sa valeur à 1GHz (pour faire des mesures : click droit sur le graphe, puis activer *Data Marker* et positionner le marker sur la courbe par un click gauche ; puis à nouveau click droit et *Exit Marker Mode* pour sortir du mode marqueur et/ou *Delete All Tags* pour effacer tous les marqueurs).
- Conclusion sur l'adaptation 50Ω de cette charge ?

On désire adapter la charge (résistance-capacité) sur 50Ω à 1GHz comme indiqué à la figure 2. **NE PAS DESSINER L ET C DANS UN PREMIER TEMPS.**

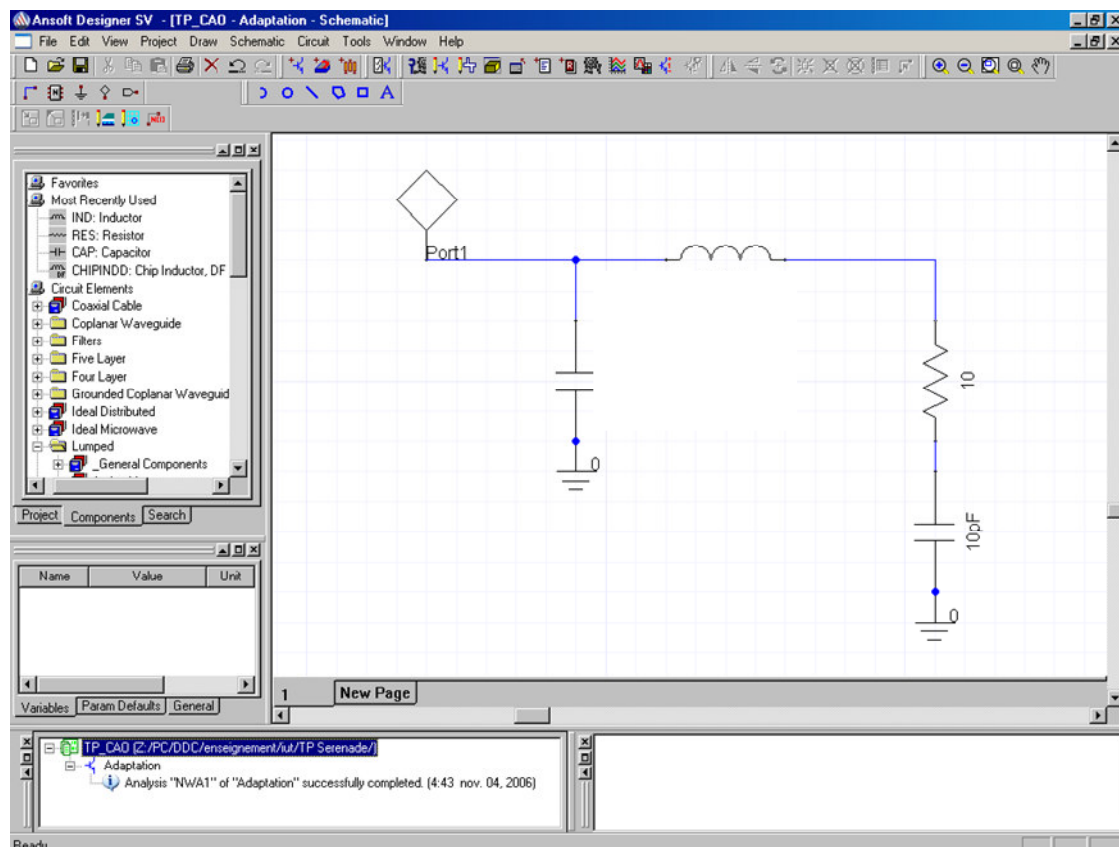


Figure 2 : Circuit d'adaptation d'impédance L-C

Reprenez le graphique représentant S_{11} (du réseau R-C) sur l'abaque de Smith et faite:

- *Report2D / Smith Tools* puis sélectionner l'onglet *matching* (qui veut dire *adaptation* en anglais).
- Sur la diagramme de l'abaque de Smith : click droit : activer *Data Marker* mettre un marker à 1GHz. Puis à nouveau click droit : puis *Exit Marker mode*.

- Faire *New match* et pointer sur le marker indiquant la position de S_{11} à 1GHz (n'oubliez pas de mettre la fréquence d'adaptation à 1GHz – en bas à droite de la fenêtre *Smith Tools* –)
- Sélectionner l'*inductance série* et faire bouger le point sur l'abaque (attention, il faut indiquer que la fréquence d'adaptation est 1GHz dans la fenêtre **Smith Tool**). L'arrêter au hasard ...
- Sélectionner ensuite la *capacité connectée en parallèle à la masse* et faire bouger le point sur l'abaque. L'arrêter au hasard ...
- L'objectif de l'adaptation étant que le point issu de la *transformation inductance-série + capacité-parallèle* arrive au centre de l'abaque de Smith, optimiser à la main les différentes valeurs de L et C (en faisant glisser les points sur l'abaque de Smith) afin de satisfaire l'objectif d'adaptation. (On peut revenir dans *display* sur la fenêtre de *Smith Tool* et activer la grille admittance ; puis il faut ajuster L tel que le point transformé à la suite par l'ajout de l'*inductance-série* soit sur le cercle $Re(Y)=1$. Ensuite on ajuste C pour arriver infine sur l'origine comme indiqué sur la figure 3.

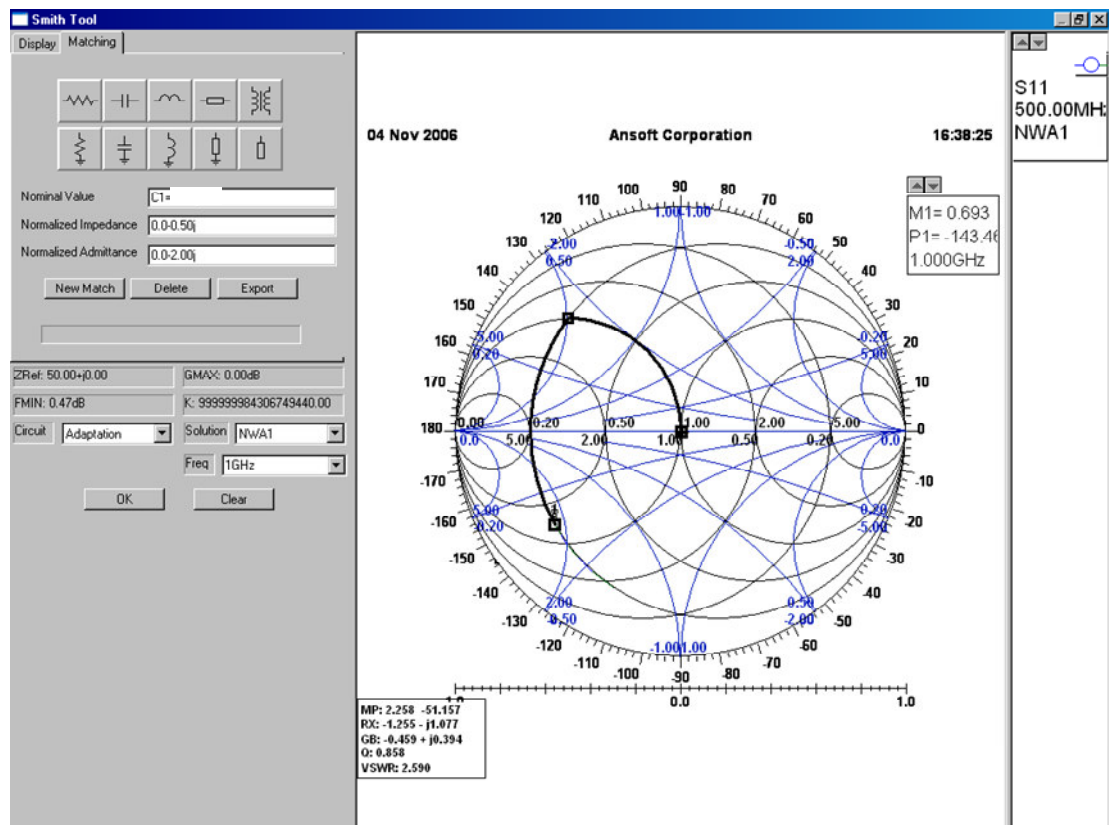


Figure 3 : Adaptation par l'abaque de Smith

- Une fois l'adaptation trouvée, noter les valeurs de L et de C, puis ajouter ces composants sur au circuit RC.
- Lancer la simulation et vérifier l'adaptation à 1GHz : relever S_{11} en dB à 1GHz.
- Déterminer la bande passante de l'adaptation permettant de garantir un coefficient de réflexion inférieur à -15 dB et à -3dB

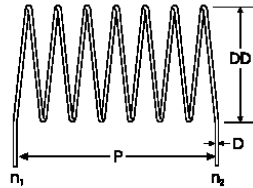
- Calculer le coefficient de qualité du circuit : $Q = \frac{1}{2} \times \frac{L\omega}{R}$ et en déduire la bande passante théorique de l'adaptation (Prendre $R=10\Omega$ et L : valeur de l'inductance d'adaptation). Comparer cette valeur à celle simulée précédemment. (Rappel $Q=f_{centrale}/\Delta f_{3dB}$)

2. Réalisation pratique

- Le condensateur sera choisi parmi les valeurs normalisées suivantes : 1 / 1.5 / 2.2 / 3.3 / 4.7 / 6.8
- On décide de réaliser l'inductance par une inductance hélicoïdale à air, comme présentée ci-dessous :

The Core Inductor has the following options:

- Physical Model with wire diameter
- Physical Model with wire gauge



PHYSICAL MODEL WIRE DIAMETER

Keywords

keyword	description	unit	default
DD	Diameter of the core	meter	
N	Number of winding turns		
P	Physical length		
D	Diameter of the wire	meter	
RB	Conductor resistivity	micro ohm-cm	

Figure 4 : inductance à air

- Chercher l'inductance dans : *lumped/inductors/SOLIND* puis fixer un diamètre d'enroulement de $DD=5\text{mm}$ et une longueur totale d'inductance de $L=2\text{cm}$. Le diamètre du fil est fixé à $D=0.5\text{mm}$ (fil de $5/10^{\text{ième}}$ de mm). **Rque** : mil = millième de pouce = $25.4\ \mu\text{m}$. Mettre toutes les unités en mètre.
- Optimiser alors le nombre de tours N (nombre entier) afin de minimiser S_{11} à 1GHz : pour cela, remplacer la valeur de N par le nom de variable N1. Une fenêtre *Local Variable* apparait alors et choisissez de définir cette variable comme locale : *local variable*. Mettre 1 comme valeur par défaut. Faire afficher le graphe S_{11} en dB en fonction de la fréquence et sélectionner le circuit que vous êtes en train d'analyser (un seul click de souris). La liste des variables apparait et vous pouvez : changer une variable, faire la simulation (lancer Analyse) et constater le résultat presque en temps réel.
- Lorsque N est ajusté au mieux (l'adaptation n'est pas encore parfaite !!), procéder de la même manière pour optimiser la valeur de L (initialement à 2cm) afin d'affiner l'adaptation.

TP 2 : Simulations de circuits en technologie microstrip

- Lancer Ansoft Designer et créer un nouveau projet intitulé *microstrip* (faire *file/New* puis *Save as*) dans le répertoire *H:\TP_CAO_HYPER*
- Insérer dans ce projet un dossier regroupant les circuits électriques que vous allez simuler (*Project/Insert Circuit Design*). A la question *choose layout technology* répondre *None*.
- Sélectionner *Data* et par un click droit sélectionner *Add Substrate Definition*. Définissez un substrat FR4 classiquement utilisé en électronique et dont les paramètres à rentrer sont entouré sur la figure 1.

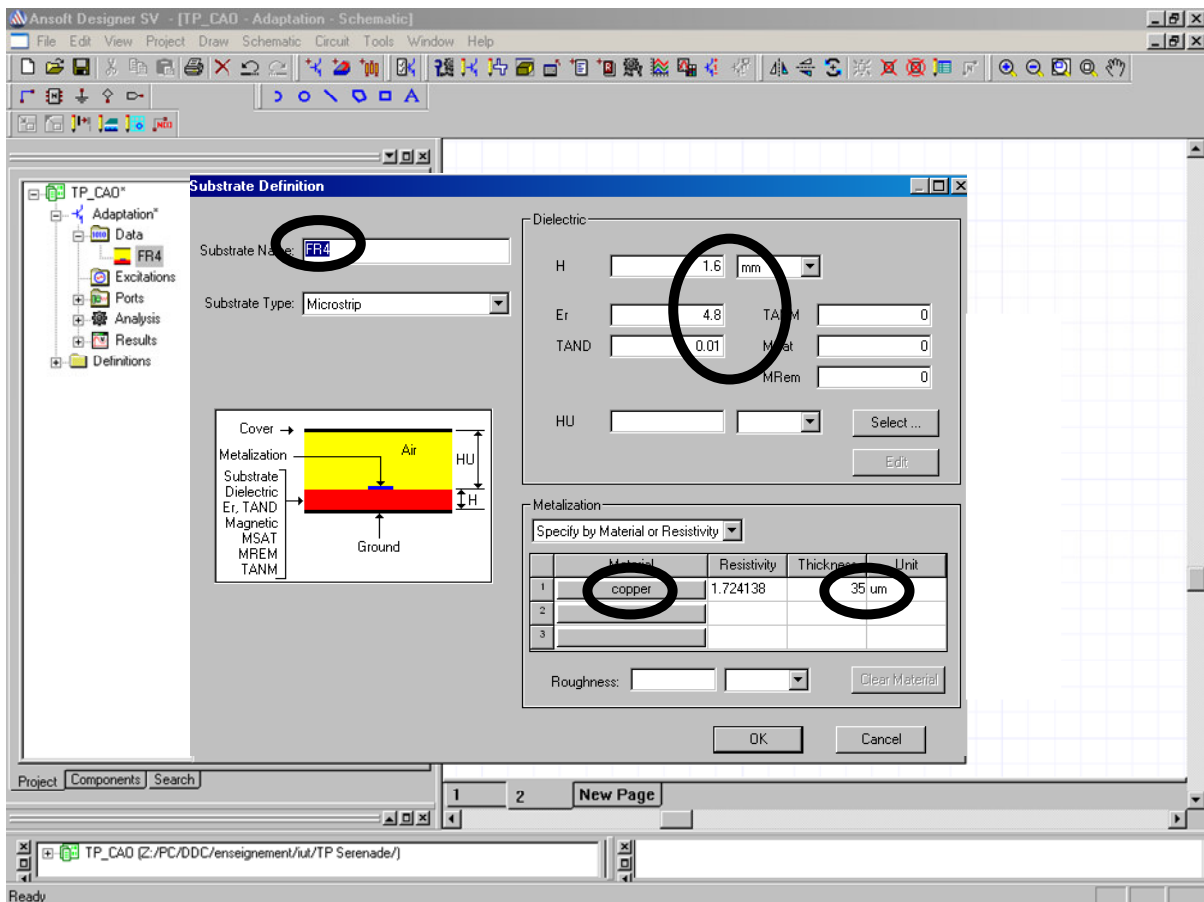


Figure 1 : Définition du substrat FR4.

1- Dimensionnement de ligne microstrip $Z_c = \text{Ligne } 50 \Omega$

- Pour définir les dimensions d'une ligne micro-strip 50Ω , on utilise l'utilitaire : *Circuit/TRL/Microstrip/Single* puis valider *FR4* comme choix du substrat (c'est celui que vous venez de définir).

- Définissez comme impédance objectif 50Ω et $E=90^\circ$ (qui correspond à une ligne quart d'onde) et fixer la fréquence à 1GHz puis faites *Synthesis*. Les valeurs de W et de P (longueur de la ligne quart d'onde pour laquelle $\phi=\beta l=\pi/2=90^\circ$) apparaissent alors à droite comme indiqué sur la figure 2. Noter les valeurs au dixième de mm près. En cliquant sur *Details*, noter la valeur de la permittivité relative effective (avec 1 chiffre après la virgule), notée Keff (que l'on notera $\epsilon_{r,eff}$) par Ansoft Designer. Rappel : $\epsilon_{r,eff}$ sert à calculer la longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{r,eff}} \times f}$$

- Calculer alors la longueur d'onde à 1GHz sur une ligne 50Ω et vérifier la longueur donnée par Ansoft Designer pour une ligne quart d'onde 50Ω (Valeur de P après *Synthesis* pour $E=90^\circ$).

Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.

Figure 2 : Choix des dimensions pour une ligne micro-strip $Z_c=50\Omega$

- Simuler cette ligne quart d'onde de 0 à 5GHz (pas de 0.01 GHz) dont une extrémité est en court-circuit à la masse et l'autre est connecté à un port d'analyse micro-onde.
- Visualiser S11 sur l'abaque de Smith : commentaires (valeurs à 0, 1 et 2GHz, périodicité, ...).

- Dessiner ce réseau d'adaptation comme indiqué à la figure 5.
- Lancer la simulation et vérifier l'adaptation à 1GHz : noter la valeur de S_{11} en dB à 1GHz

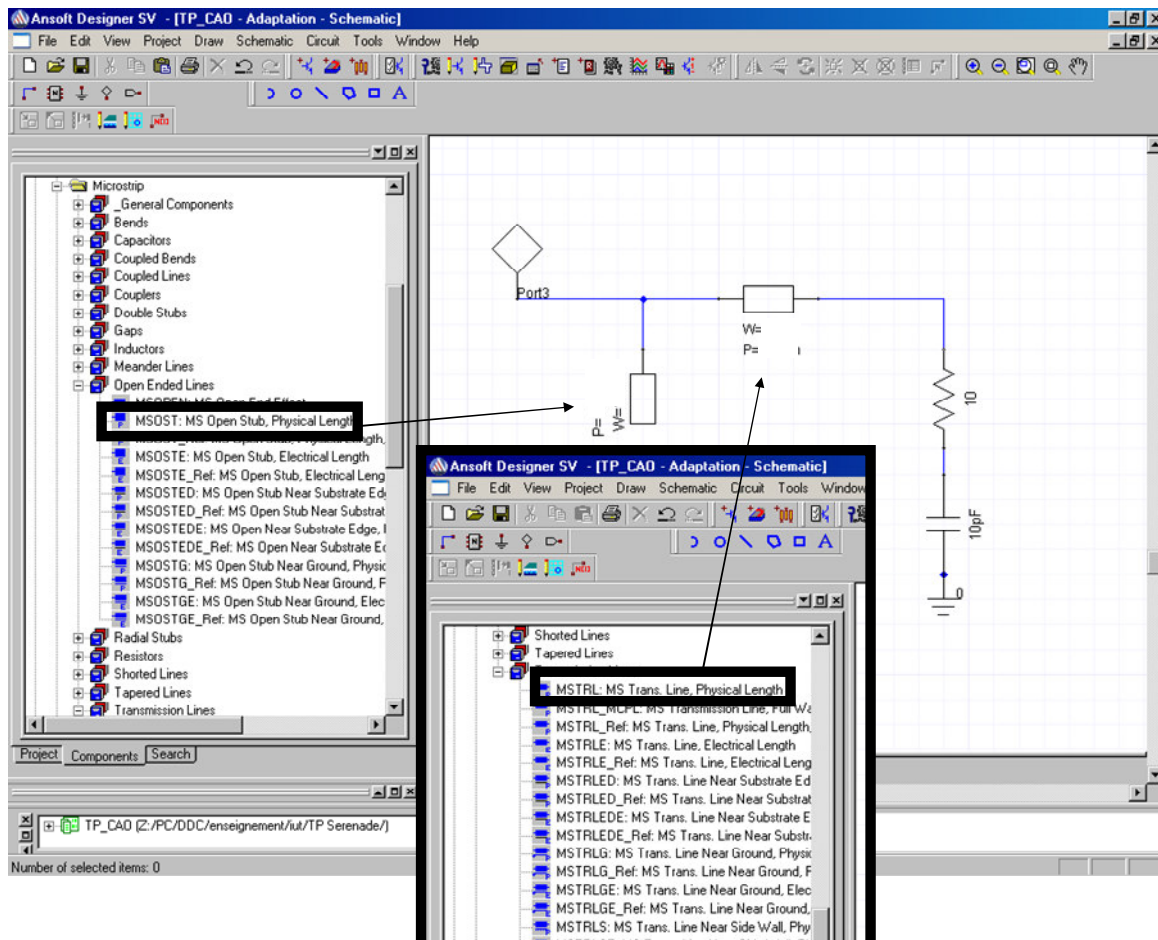


Figure 5 : Schéma électrique de l'adaptation par stub

- Déterminer la bande passante de l'adaptation permettant de garantir un coefficient de réflexion inférieur à -15 dB et à -3dB et comparer avec les valeurs trouvées au TP1.