

2019

Radio Club de l'Avesnois F6KTN

# Complément sur les adaptations d'impédances

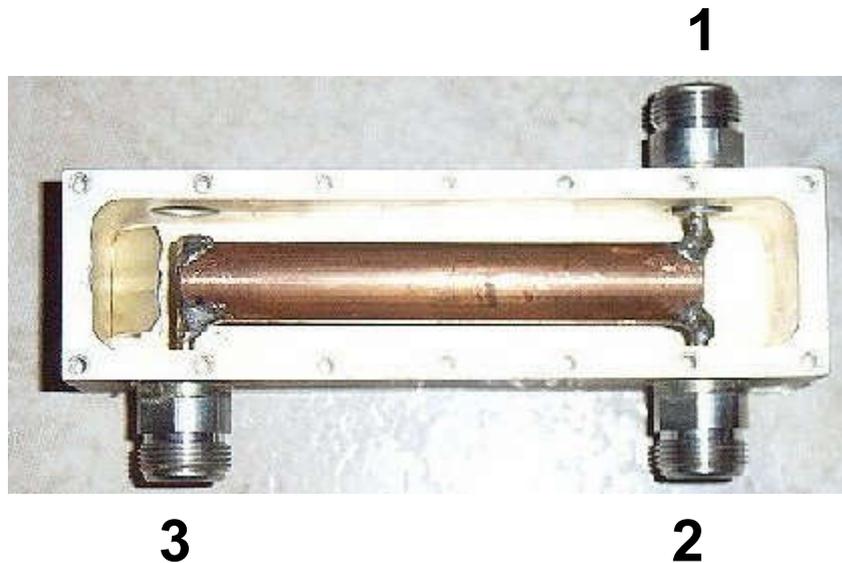
<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Présentation de l'élément à adapter</b>	<b>4</b>
Cahier des charges	4
Mode opératoire	4
<b>Conditions de mesure</b>	<b>5</b>
Mesure de $S_{11}$	5
Mesure de $S_{21}$	6
Mesure de $S_{12}$	7
<b>Interprétation de la mesure de <math>S_{11}</math></b>	<b>8</b>

## **Introduction**

Cette présentation complémentaire aux adaptations d'impédance montre un exemple concret sur un coupleur d'antenne 3 voies.

## Présentation de l'élément à adapter

On considère le coupleur UHF suivant :



Pour éviter les erreurs de manipulation pendant la mesure, on colle des étiquettes 1, 2 et 3 identifiants clairement les noms des ports par leur numéro.

### Cahier des charges

Il s'agit d'un coupleur d'antenne UHF, dont on souhaite que la fréquence de fonctionnement soit optimisée sur  $F=438,180$  MHz. Cela signifie que l'on souhaite un ROS minimal et une perte d'insertion minimale à cette fréquence. Le choix de cette fréquence de fonctionnement est une donnée d'entrée nécessaire pour la suite des calculs.

### Mode opératoire

Pour caractériser ce coupleur disposant de 3 ports et donc de 9 pôles, il faut mesurer les 9 paramètres S :

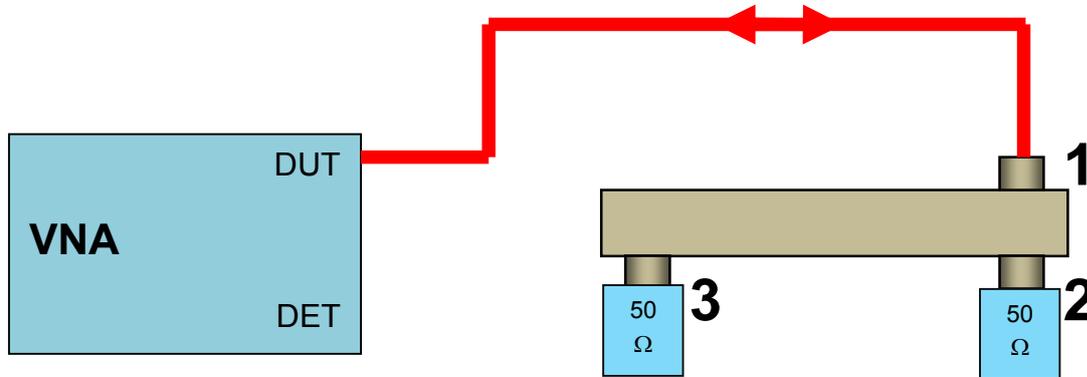
$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{pmatrix}$$

$S_{11}$   $S_{22}$  et  $S_{33}$  ( $S_{xx}$  [diagonale]) sont les coefficients de réflexion de chaque port ; les autres paramètres S, ( $S_{xy}$ ) sont les coefficients de transmission.

## Conditions de mesure

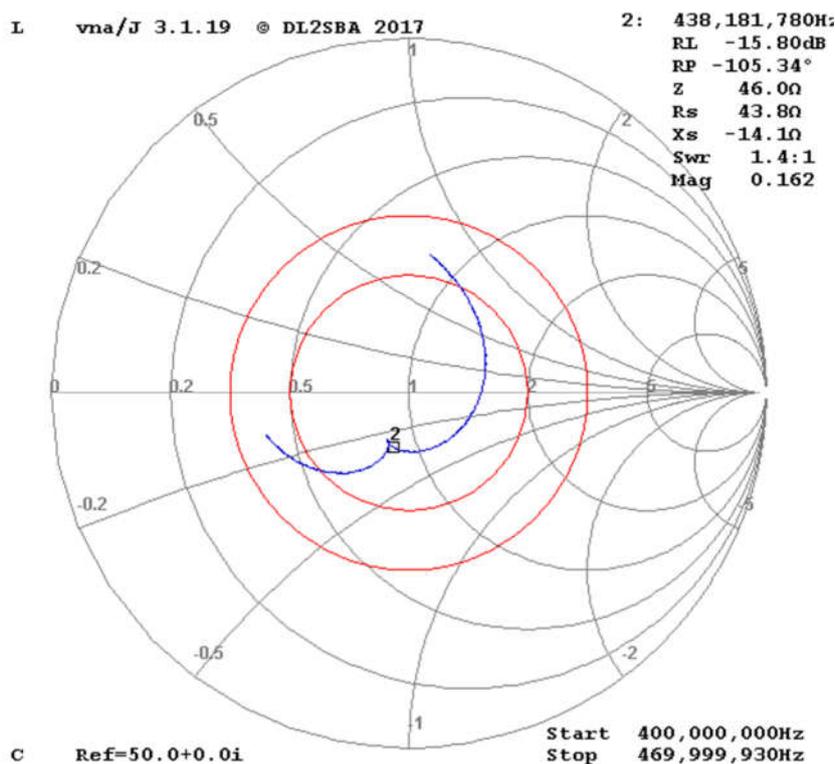
### Mesure de $S_{11}$

$S_{11}$  désigne le coefficient de transmission du port 1 vers le port 1 (soit coefficient de réflexion), il s'agit d'une mesure en réflexion.



On branche le DUT sur le port 1 via un câble caractérisé qui n'influence pas la mesure. Les autres ports sont bouchonnés avec des charges fictives dont le fonctionnement est garanti à la fréquence de la mesure.

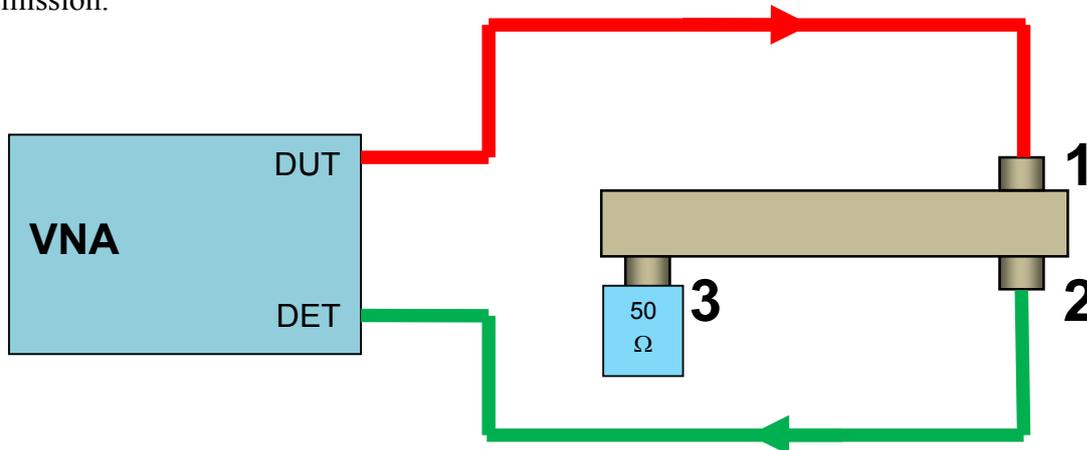
On réalise une mesure en réflexion de 400 à 470 MHz. Une mesure en réflexion permet de mesurer le coefficient de réflexion, d'en déduire l'impédance, et donc le ROS sur le port sur lequel on réalise la mesure. L'intérêt d'une mesure en réflexion est de sortir le diagramme de Smith de la mesure. La courbe du ROS est accessoire. La mesure de l'impédance complexe  $Z_f$  à la fréquence désirée va nous permettre de calculer comment ramener  $Z_f$  sur le point central d'impédance  $50 + j0$  ( $1 + j0$  en normalisé). Voici ci dessous le diagramme de Smith obtenu, il sera interprété plus tard.



Les mesures en transmission ( $S_{21}$  ... $S_{xy}$ ) ne sont pas indispensables, elles indiquent uniquement le coefficient de transmission d'un port vers un autre. Notez que si l'affaiblissement est au plus faible sur une autre fréquence que la fréquence de travail, c'est qu'un des ports n'a pas une impédance égale à  $50 + j0$ .

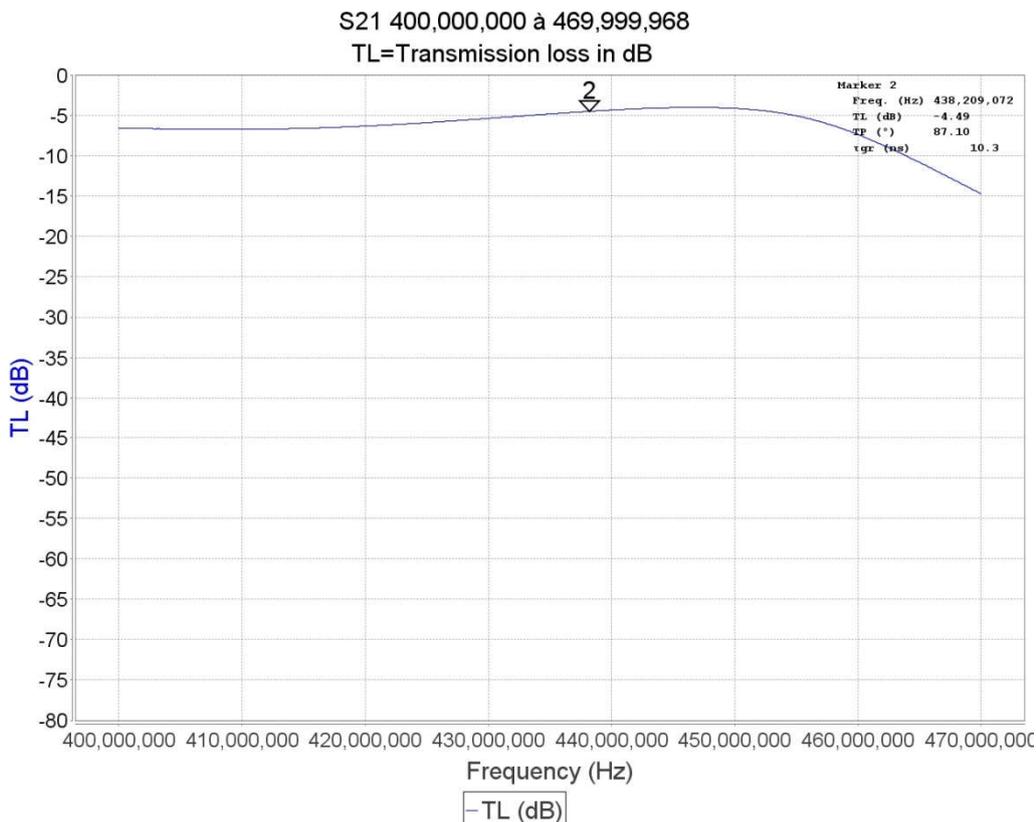
### Mesure de $S_{21}$

$S_{21}$  désigne le coefficient de transmission du port 1 vers le port 2, il s'agit d'une mesure en transmission.



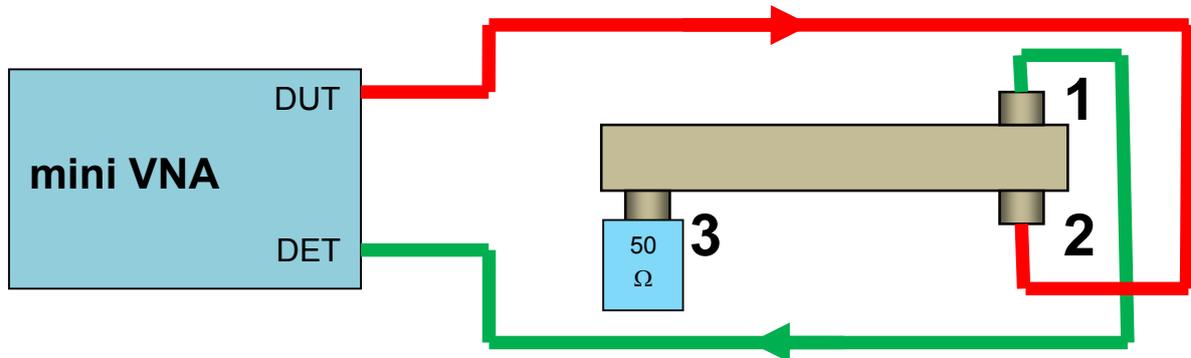
On branche le DUT sur le port 1 via un câble caractérisé qui n'influence pas la mesure. Le port 2 est branché sur l'entrée DET du mini VNA. Le port 3 est bouchonné avec une charge fictive.

On réalise une mesure en transmission de 400 à 470 MHz. Elle permet de mesurer le coefficient de transmission, et de mesurer la perte d'insertion à la fréquence de travail du port 1 au port 2. Voici ci-dessous le résultat de la mesure :



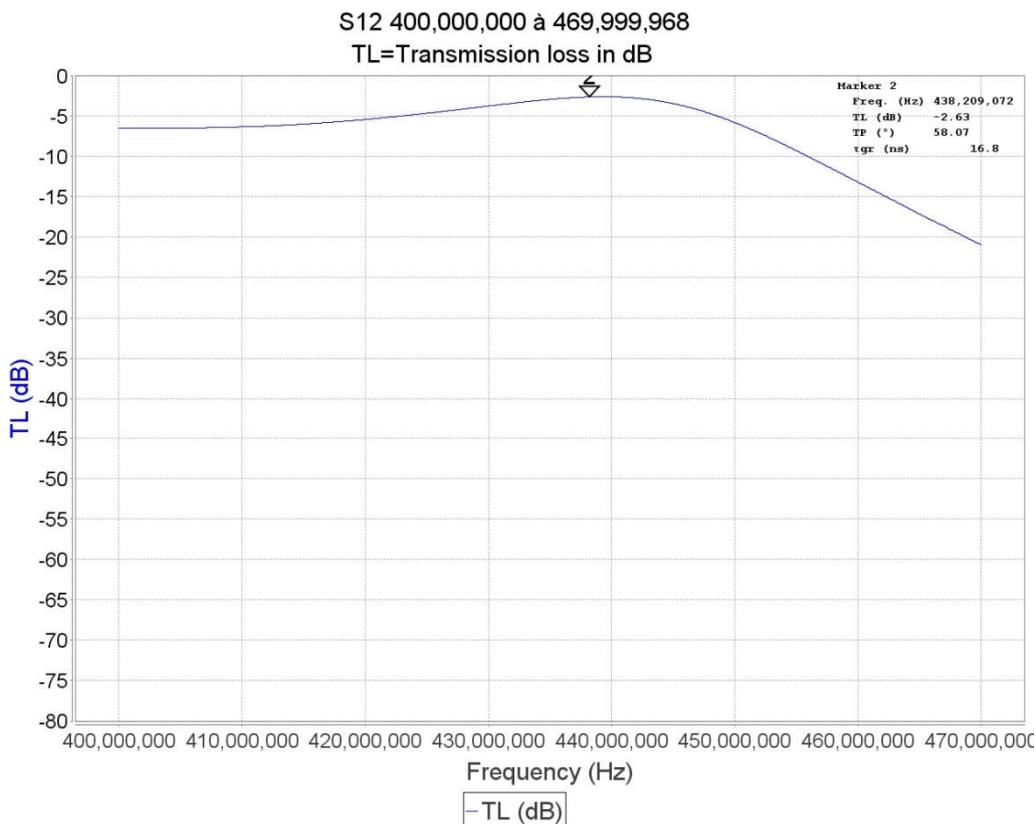
## Mesure de $S_{12}$

$S_{12}$  désigne le coefficient de transmission du port 2 vers le port 1, il s'agit également d'une mesure en transmission. Contrairement à un VNA professionnel, il faut inverser les ports sur le mini VNA.



On branche le DUT sur le port 2 via un câble caractérisé qui n'influence pas la mesure. Le port 1 est branché sur l'entrée DET du mini VNA. Le port 3 est bouchonné avec une charge fictive.

On réalise une mesure en transmission de 400 à 470 MHz. Elle permet de mesurer le coefficient de transmission, et de mesurer la perte d'insertion à la fréquence de travail du port 2 au port 1.



## Interprétation de la mesure de $S_{11}$

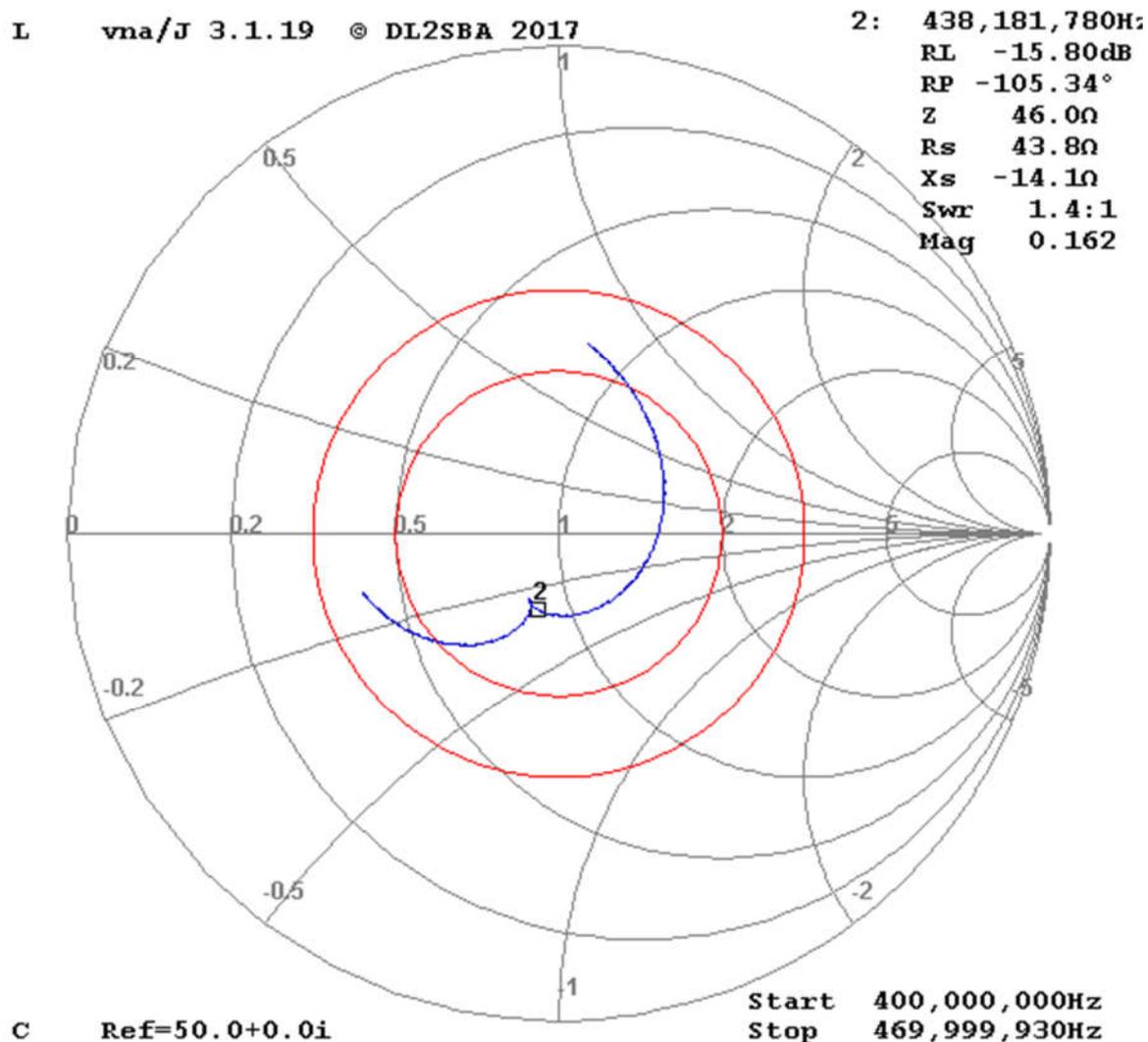
Voici l'abaque de Smith tel que mesuré. La courbe bleue représente l'impédance vue sur le port 1 entre les fréquences 400 MHz et 470 MHz. On constate déjà que la courbe ne passe jamais par le point central : le coupleur n'est accordé sur aucune fréquence.

Le marqueur 2 est placé à la fréquence  $F=438,180$  MHz comme établi dans le cahier des charges. Le VNA donne la valeur de l'impédance  $Z_f$  grâce aux composantes  $R_s$  (résistance) et  $X_s$  (réactance) :

$$Z_f = R_s + j.X_s \quad R_s = 43,8 \Omega \quad X_s = -14,1 \Omega$$

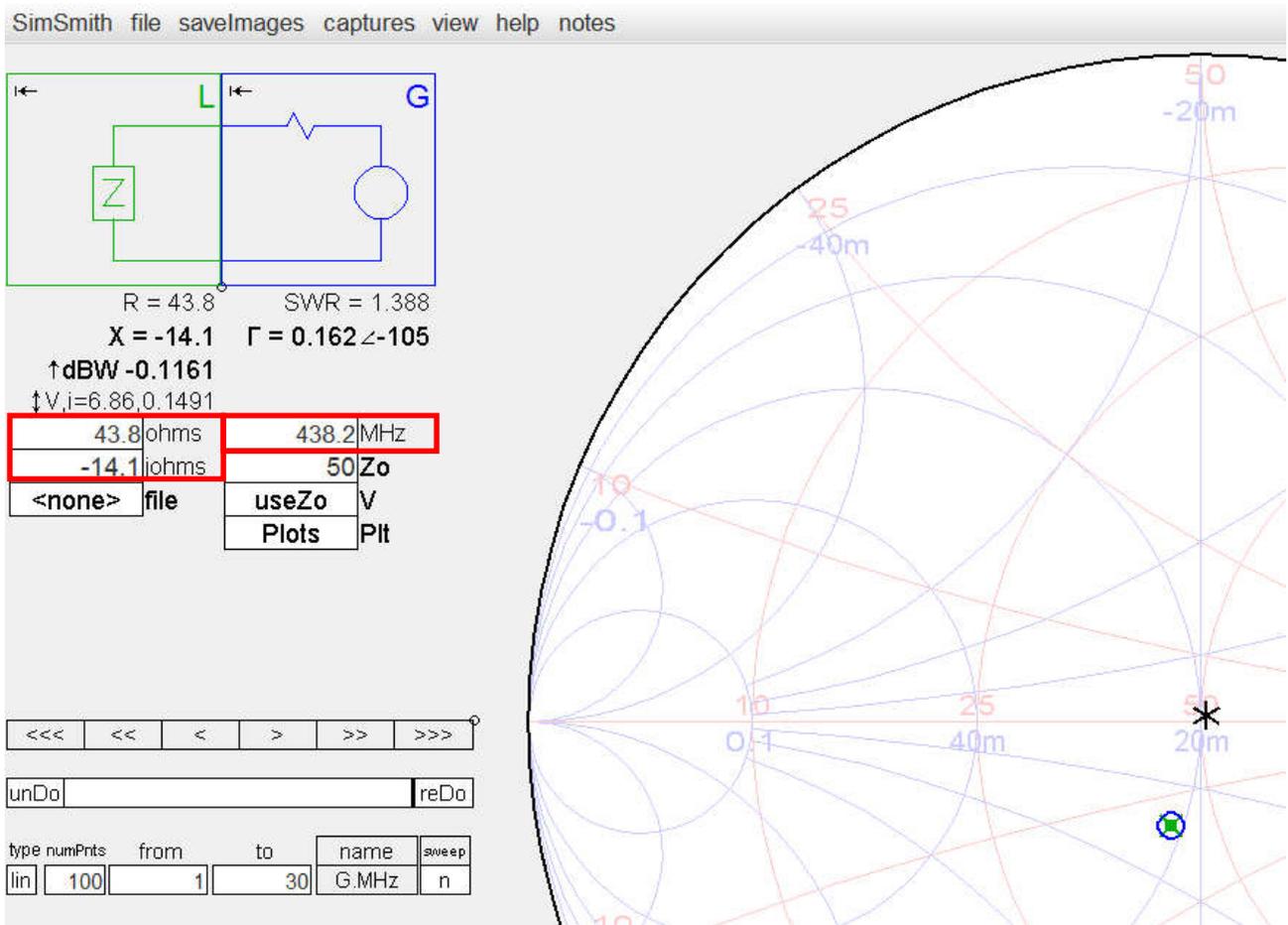
**$R_s$  étant assez différent de  $50 \Omega$  et/ou  $X_s$  non nul et surtout non négligeable, le port 1 nécessite une adaptation.**

La distance entre le point 2 et le centre de l'abaque représente le ROS (1,4) à la fréquence  $F=438,181$  MHz. Les cercles rouges représentent les cercles de ROS=2 et ROS=3.



Comme indiqué dans la présentation « adaptations d'impédances », au vu de l'emplacement du point 2, nous allons utiliser les cercles d'admittances (non représentés ci dessus) pour nous ramener sur le point central.

Nous allons utiliser le logiciel SimSmith pour l'adaptation du port 1.

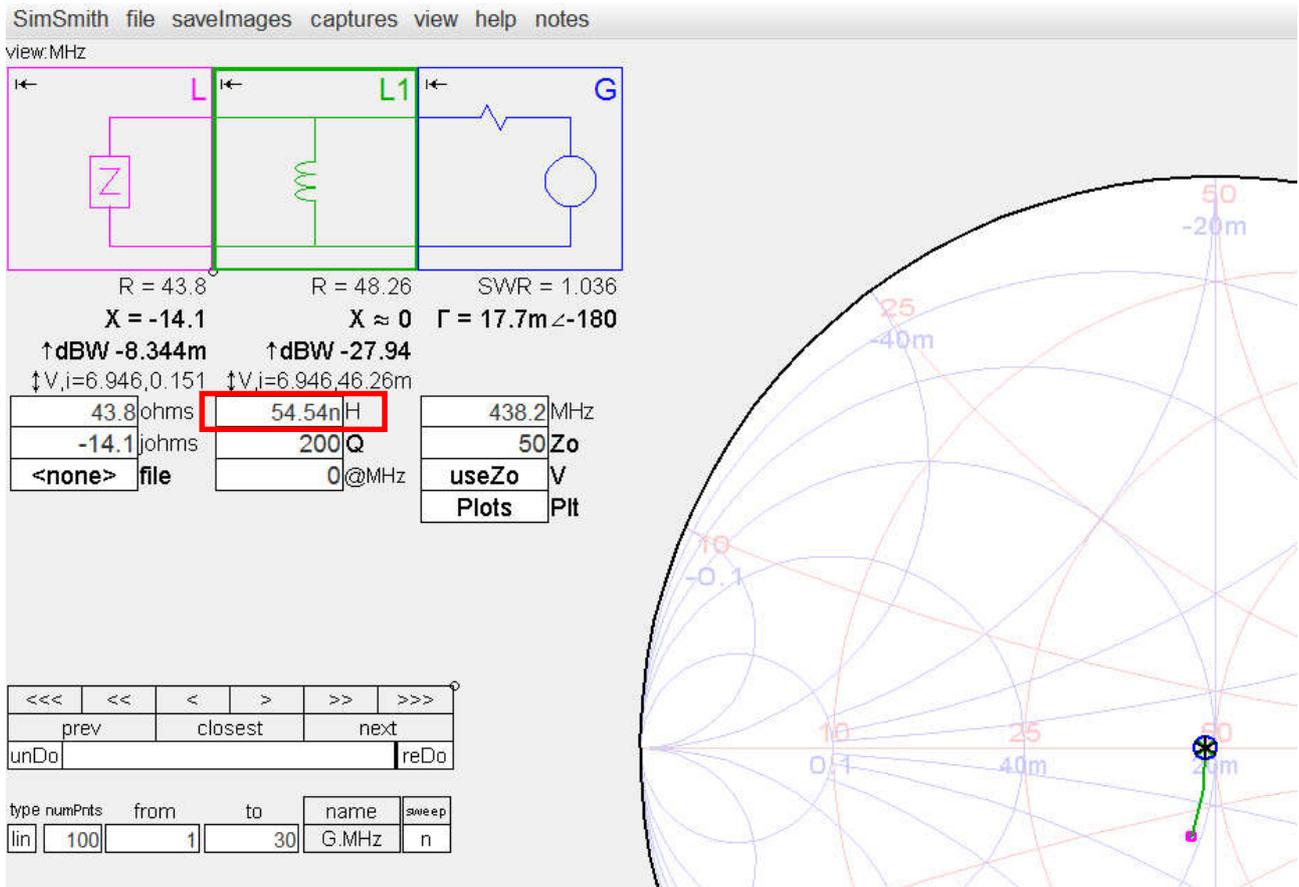


Le logiciel SimSmith est une application java.

On commence par renseigner  $X=-14.1$  et  $R=43.8$  dans l'encadré rouge ainsi que la fréquence de travail. Le point terminal vert de l'impédance  $Z$  se trace dans le diagramme ci dessus, et on constate qu'il est au même endroit que celui mesuré avec le VNA. Notez que le ROS calculé par SimSmith (SWR) est de 1,388 soit 1,4 ; ce qui correspond à la mesure du VNA pour le point  $Z$ .

Nous allons mettre une inductance en parallèle dans le circuit pour déplacer l'impédance  $Z$  vers le point central :

On insère la self en série dans le circuit, puis avec le bouton droit de la souris, on déplace le point vert vers le centre de l'abaque de Smith. SimSmith calcule automatiquement la valeur de la self :  $L=54,54 \text{ nH}$ .



On constate que la nouvelle impédance du point est de  $Z_c = 48,26 + 0j$   
 $X_c = 0$  et  $R_c = 48,26$  soit pratiquement  $50 \Omega$  ; on négligera l'adaptation sur la partie résistance pure.  
 Le nouveau SWR calculé est de 1,036 ce qui est très satisfaisant.

**Calcul de la self :**

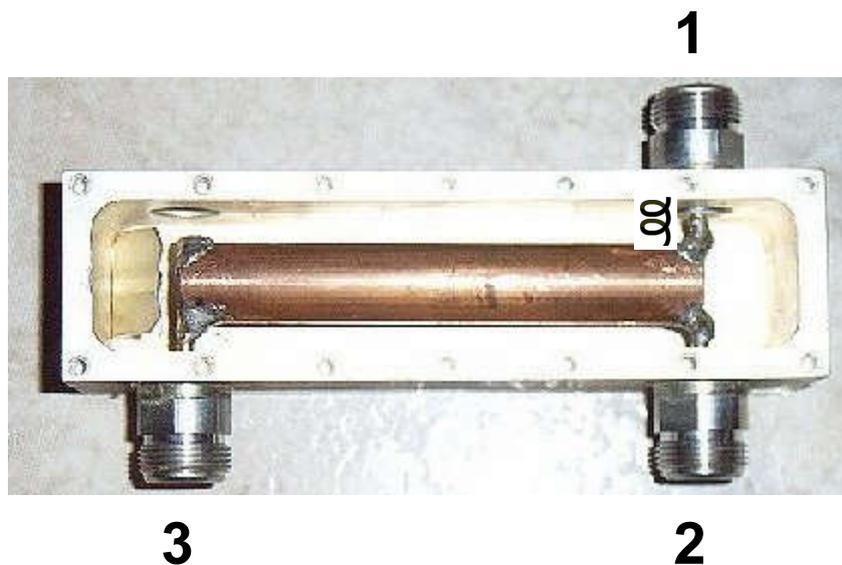
- diamètre 10 mm
- longueur 7 mm
- fil de 0,35 mm
- 2 spires

} **54,38 nH**

<https://www.carnets-tsfr.fr/inductance/calculateur.html>

Attention, le choix du diamètre du fil détermine la puissance maximale admise. Ici l'utilisation d'un fil de 0,35 mm de diamètre limite la puissance à environ 10W.

Il reste à monter la self en parallèle sur le port 1 :



Il faut faire la même opération de mesure du coefficient de réflexion et interpréter les résultats pour les ports 2 et 3.

### Liste des plaquettes :

1. Introduction au DMR et au TETRA
2. Composants radio-électriques passifs particuliers
3. Mesures complexes en hautes fréquences
4. Adaptations d'impédances
5. Réseaux Ethernet et connectivités
6. Complément sur les adaptations d'impédances
7. Lignes de transmissions
8. Foudres, surtensions et protections
9. Cavités duplexeurs et montages à cavités