

# L'Amplificateur

Samuel HUET & Thomas COUTANT

7 mai 2018

# SOMMAIRE

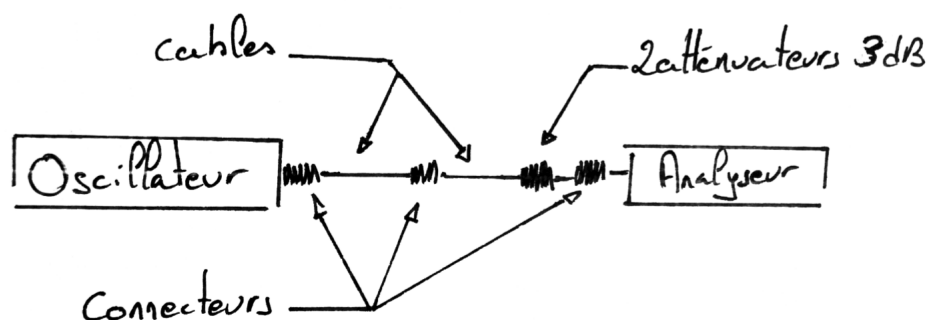
<b>1</b>	<b>Petits signaux</b>	<b>2</b>
	<b>Petits signaux</b>	<b>2</b>
1.1	Pertes . . . . .	2
1.2	Gain . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Puissance</b>	<b>4</b>
	<b>Puissance</b>	<b>4</b>
2.1	Mesure de puissance . . . . .	4
2.2	Point de compression . . . . .	5
2.3	IP3 . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Analyseur de réseaux</b>	<b>7</b>
	<b>Analyseur de réseaux</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>10</b>
	<b>Conclusion</b>	<b>10</b>

# Petits signaux

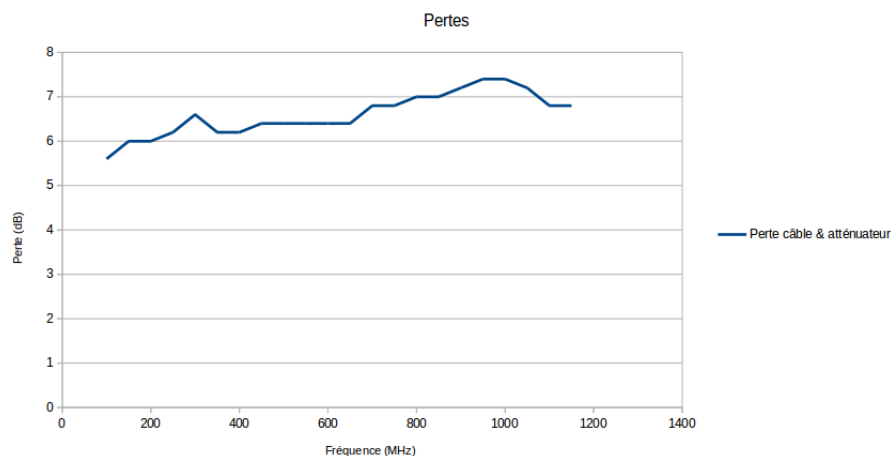
## Pertes

Afin de déterminer le gain de l'amplificateur fournis, nous devons le brancher à un oscillateur à son entrée, puis à un analyseur de spectre de l'autre. Ainsi, la différence entre l'amplitude (à la fréquence donnée) en entrée et en sortie nous donnera son gain.

Cependant, certaines précautions sont à prendre : Afin d'éliminer les pertes du aux câbles, nous devons relier l'oscillateur directement à l'analyseur. Et enfin, afin d'éviter tout risque d'endommager ou d'écrêter le signal en entrée de l'analyseur, nous rajouterons un atténuateur à son entrée.



Le résultat que nous trouvons dépend de la fréquence, nous avons alors tracé un graphique montrant les pertes dus aux câbles, connecteurs et atténuateurs en fonction de la fréquence.



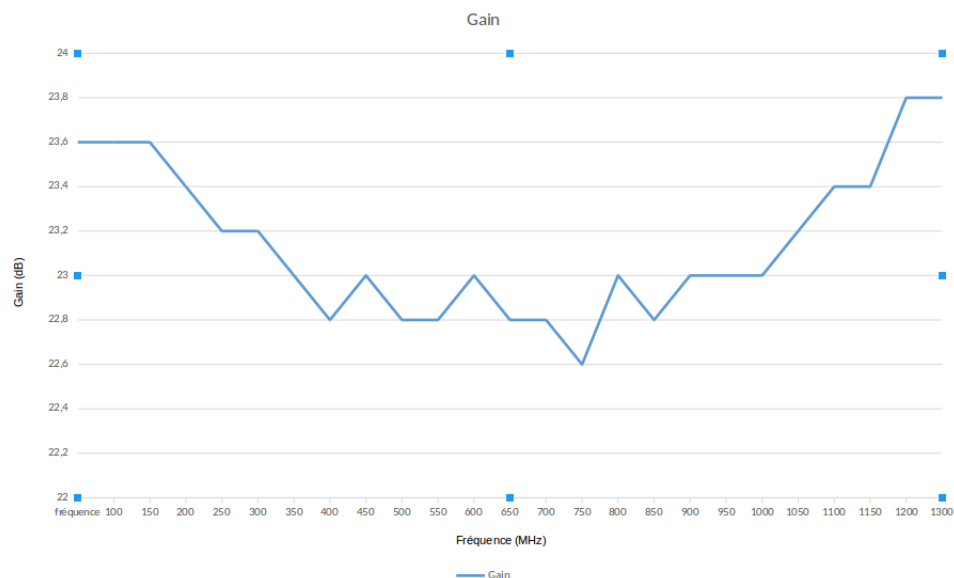
Nous prendrons donc soins d'ajouter les pertes en fonction de la fréquences à chaque mesure. Maintenant que nous avons déterminé les pertes, nous pouvons nous atteler à notre première mesure !

## Gain

Afin de procéder à la mesure du gain en fonction de la fréquence, utilisons ce cablage ci-dessous :



En faisant varier la fréquence par pas de 50MHz, et en couvrant une plage allant de 100MHz à 1150MHz, nous relevons pour chaque cas la puissance de sortie, auquel nous additionons les pertes. Voici le graphique que nous trouvons.



Nous pouvons constater que le gain de cet amplificateur varie entre 22.6 et 23.4 dB, selon la fréquence d'entrée.

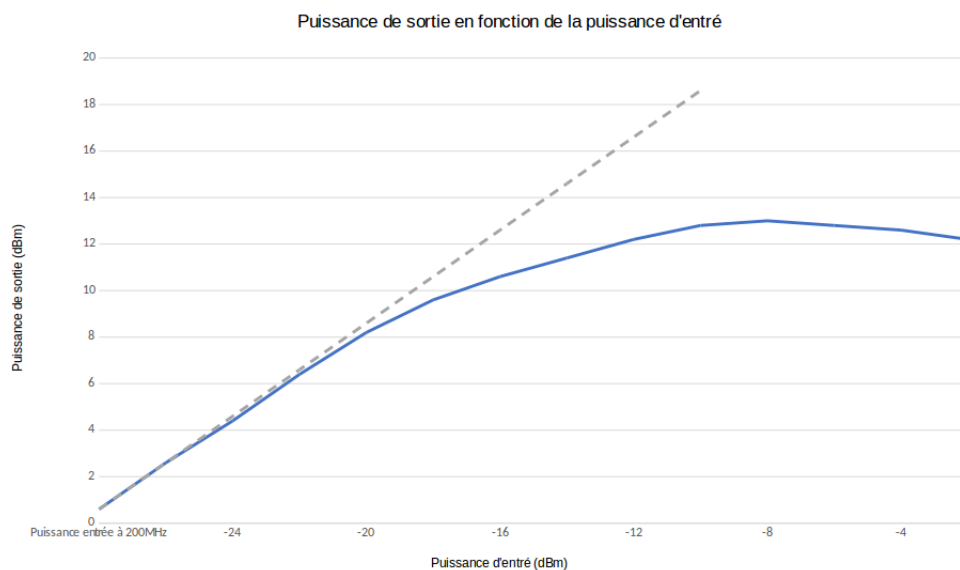
Maintenant que nous avons trouvé son amplification, nous pouvons déterminer sa zone de fonctionnement.

# Puissance

## Mesure de puissance

Afin de déterminer l'IP3 ainsi que le point de compression, nous devons mesurer la puissance de sortie en fonction de la puissance d'entrée. Nous nous attendons à trouver une droite de pente 1 mais arrivera une certaine puissance à laquelle l'amplificateur ne pourra plus amplifier correctement et la courbe deviendra plate. Le montage utilisé est le même que précédemment à la différence près que la fréquence de l'oscillateur ne variera pas et sera fixé à 200MHz.

Voici la courbe obtenue :



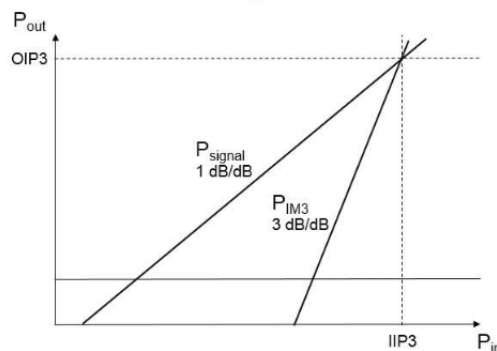
Nous pouvons voir très clairement avec cette courbe que, progressivement, l'amplificateur perd sa linéarité (courbe bleue) lorsqu'on la compare à l'amplification idéale (courbe en pointillé). Nous utiliserons cette courbe afin de déterminer le point de compression à 1dB ainsi que le point d'IP3.

## Point de compression

Le point de compression représente la puissance (généralement celle de sortie) à laquelle l'amplificateur aura perdu 1dB, la où il aurait du normalement en gagner un. C'est donc le point à partir duquel l'amplificateur aura perdu toute son amplification. Nous pouvons le voir très facilement sur le graphique, et l'approximer à une puissance de sortie d'environ 10dBm. Les résultats de notre manipulation nous montre qu'il s'agit d'une puissance de 9.6dBm

## IP3

Le point d'IP3 représente le moment où les intermodulation d'ordre 3 coupe la droite d'amplification idéale comme le montre la représentation ci-dessous :

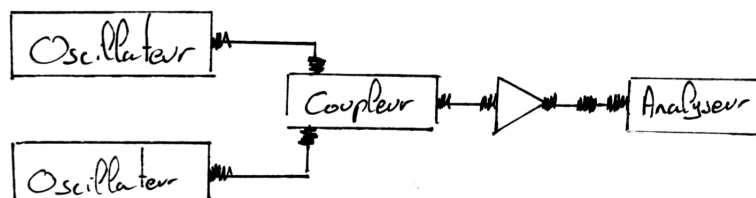


Pour cela, nous allons utiliser un coupleur, afin de faire entrer dans notre amplificateur deux fréquences différentes. Ces deux fréquences devront être légèrement décaler sans quoi nous aurons une oscillation sur le signal de sortie. Ainsi, nous pourrions calculer l'IP3 grâce à une formule sous deux conditions :

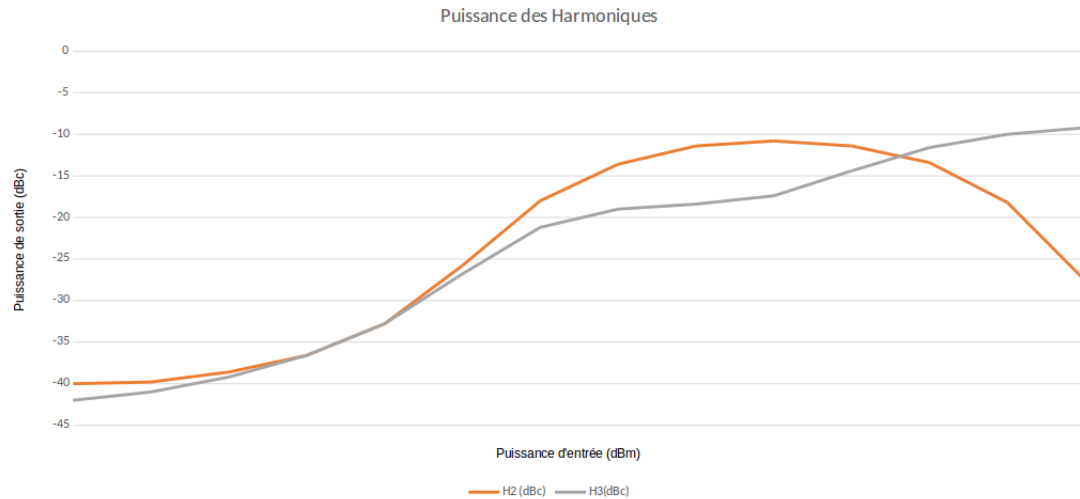
- Les deux fréquences d'entrée doivent être à la même amplitude
- L'IM3 doit être inférieure à 40dBc

Voici la formule que nous allons utiliser :  $IP3 = P_{1er\ ton} + \frac{IMD3}{2}$ .

Voici alors le montage que nous allons utiliser :



Nous avons ensuite pu extraire la puissance des différentes harmoniques 2 et 3 dont voici le graphique :



Voici les données que nous obtenons :

—  $P_{1_{erton}} = -4.4dBm = 1.6dBm$  en prenant en compte les pertes.

—  $P_{IM3} = -46.2dBm = 41.8dBc$

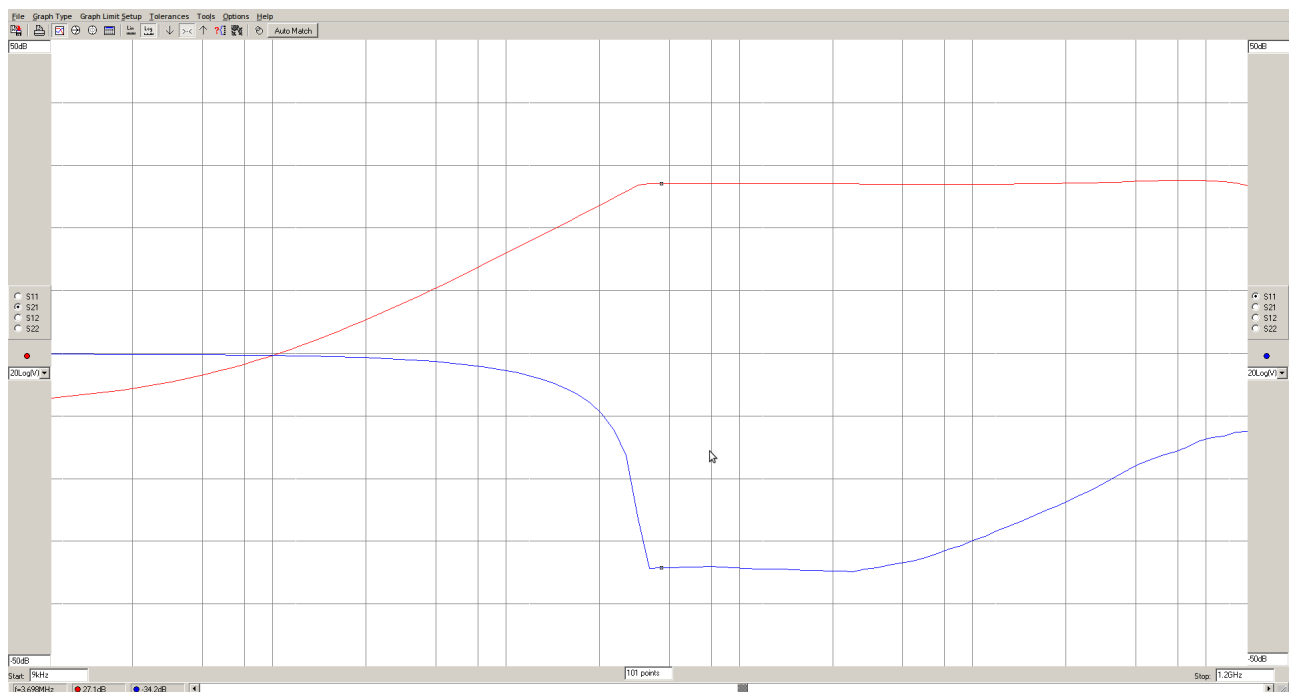
Nous pouvons alors faire le calcul de l'IP3 :

$$IP3 = 1.6 + \frac{41.8}{2} = 22.5dBm$$

Il est à noté que plus cette valeur est haute, de meilleur qualité est l'amplificateur, son IM3 grandissant peu au fur et à mesure que sa puissance d'entré augmente.

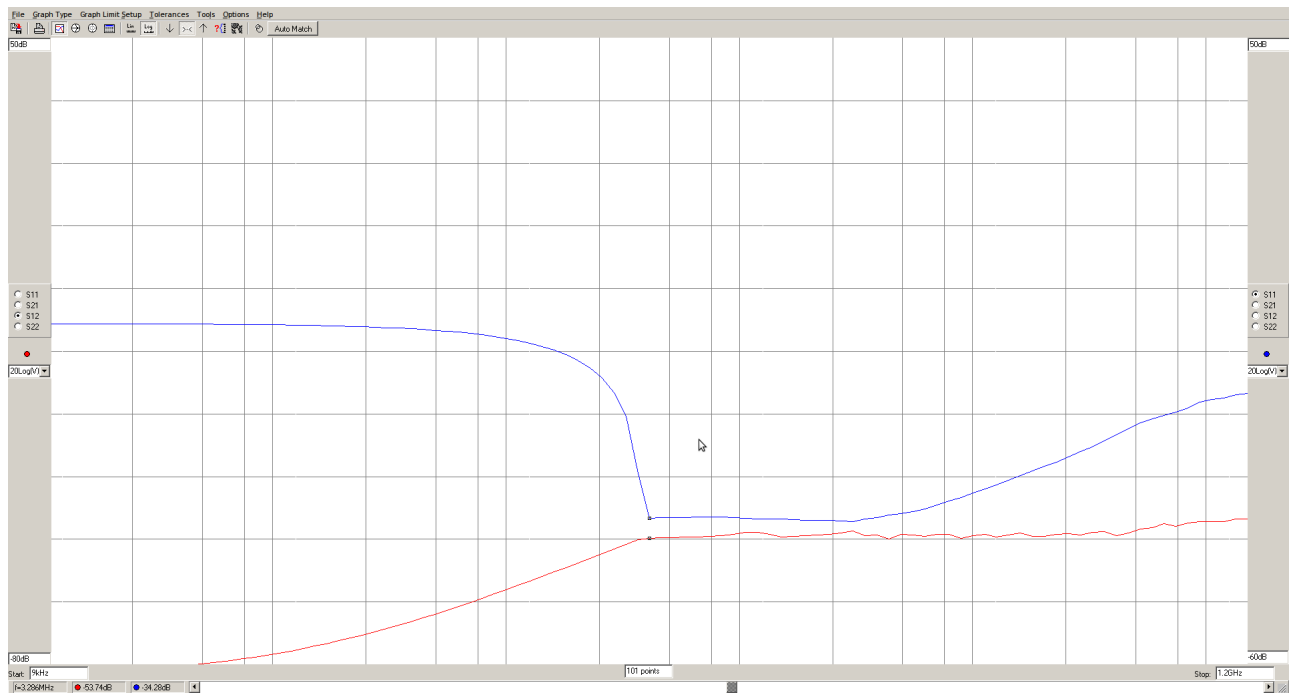
# Analyseur de réseaux

Pour l'analyseur de réseaux le schéma de câblage est le même que précédemment. l'amplificateur est directement relié par câble à l'analyseur de réseaux. Cependant avant toute chose il faut calibrer l'analyseur de réseaux. Pour cela nous avons procédé comme pour le TP3 en full two port qui est la calibration la plus précise, parmi celle proposée.

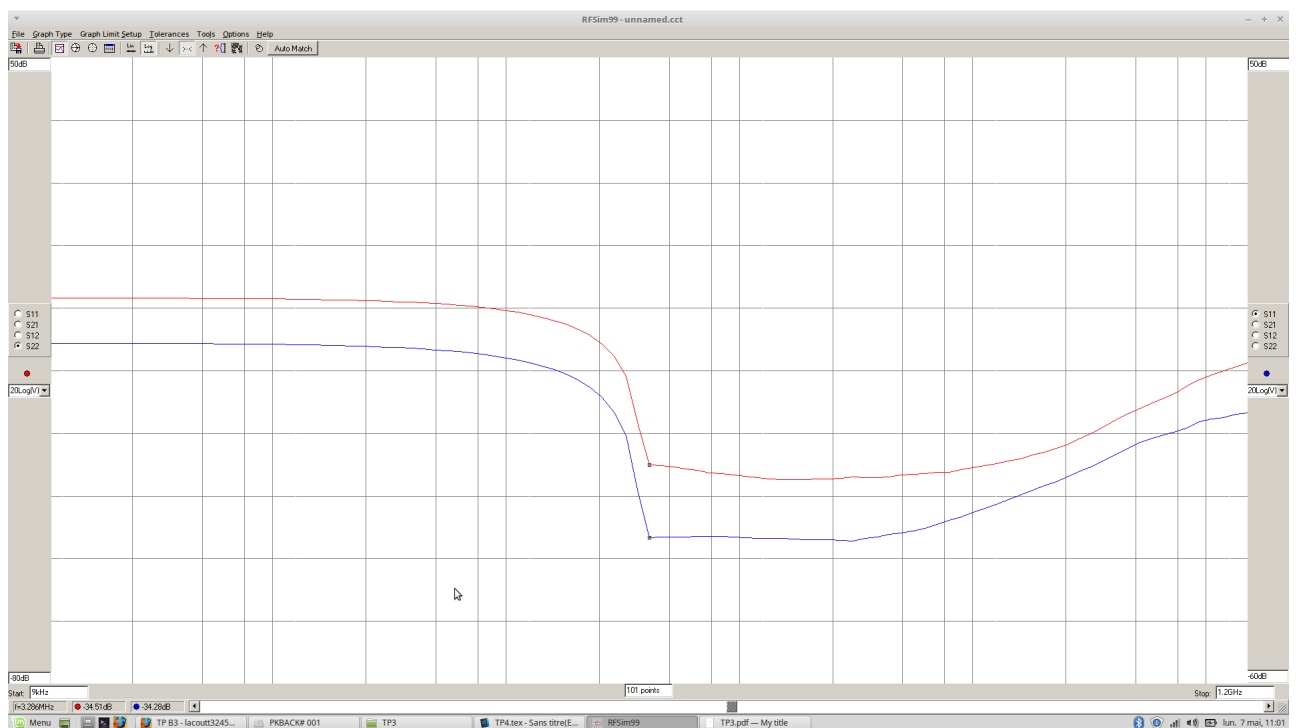


Comme on peut le voir en rouge (S21) le gain de l'amplificateur est croissant jusqu'à 3MHz. Après les 3MHz on constate qu'il devient linéaire et reste à 27dB. Au même moment l'adaptation (en bleu S11) passe de 0dB à -34dB.

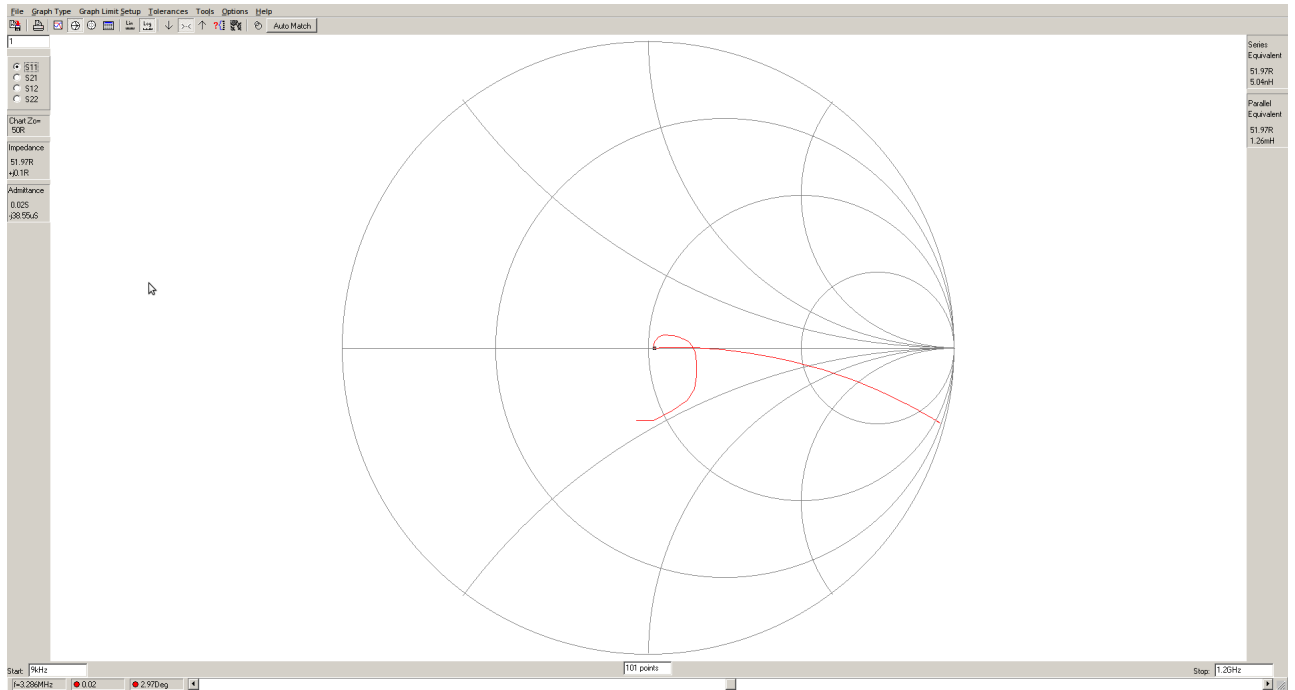




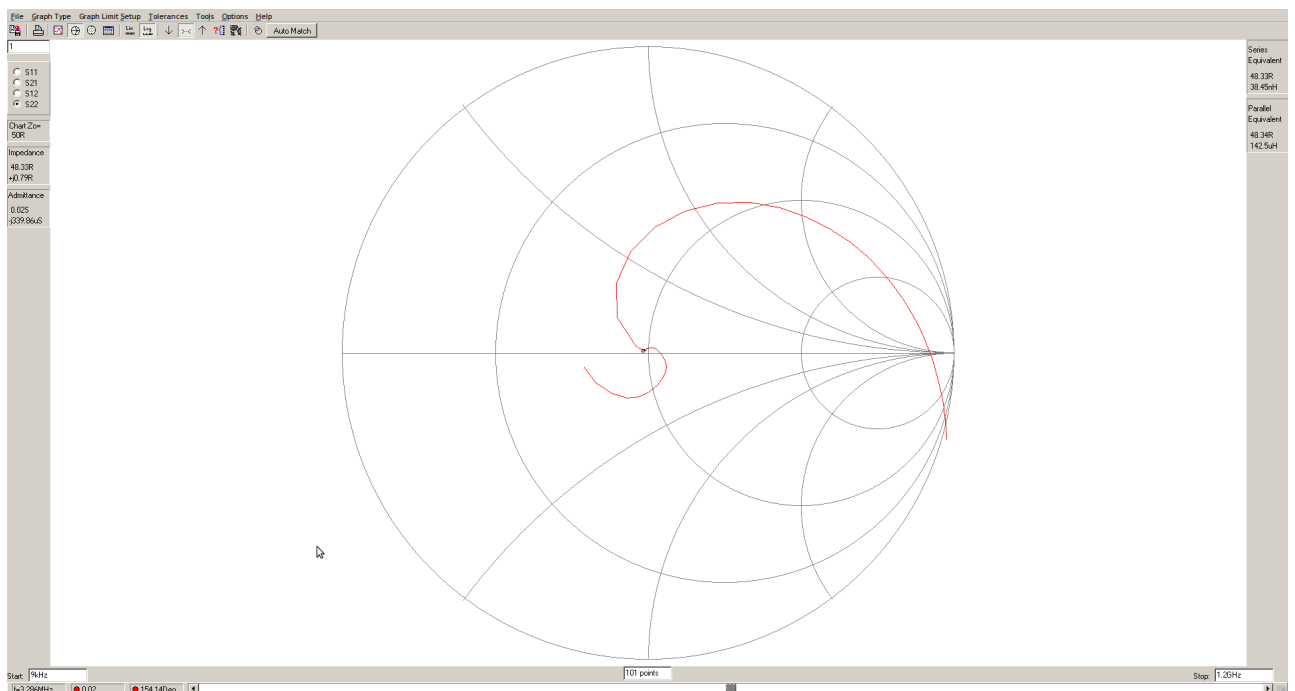
Sur cette courbe on peut voir en rouge l'isolation (S12) et l'adaptation en bleu (S11). L'isolation se trouve donc toujours en dessous de l'adaptation avec 20dB de différence au maximum, -34dB pour l'adaptation et -54dB pour l'isolation.



Ci-dessus on observe les paramètres de reflexion (S11 et S22). Les deux courbes se suivent parfaitement avec un legé décalage de 0.2dB.



En entrée (S11) on observe une impédance de  $51.93R + 0.11j$  à la fréquence de 3MHz qui est l'entrée de la zone linéaire de l'amplificateur.



En sortie de l'amplificateur (S22) on observe une impédance de  $48.33R + 0.79j$  à une fréquence de 3MHz.

# Conclusion

Lors de ce dernier TP nous avons mesuré les caractéristiques d'un amplificateur haute fréquence. Pour cela nous avons utilisé deux appareils l'analyseur de spectre et l'analyseur de reseaux. Les tests sur l'analyseur de spectre sont simple à réaliser mais ils sont un peu long. Au contraire de l'analyseur de reseaux qui nous donne pleins d'information qu'il faut cependant traiter correctement.