



**TP Support de Transmission  
Mélageur à diode**

**Maxence LAURENT, Thibault VOLLERIN, Maxence NEUS**

**Mars 2022**

# Contents

<b>1</b>	<b>Préparation</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Manipulations</b>	<b>4</b>
2.1	Etalonnage . . . . .	4
2.2	Isolations . . . . .	4
2.3	Pertes de conversion . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

## Abstract

Le but de ce TP est de caractériser un mélangeur à diode simple. Pour ce la on dispose d'un générateur 2.5 GHz qui fera office de voie RF et d'un oscillateur programable qui nous servira de voie OL. Nous allons tracer les caractéristiques du mélangeur en fonction de la fréquence RF et OL pour les comparer à la datasheet.

# 1 Préparation

1. On donne le schéma équivalent du mélangeur à diode:

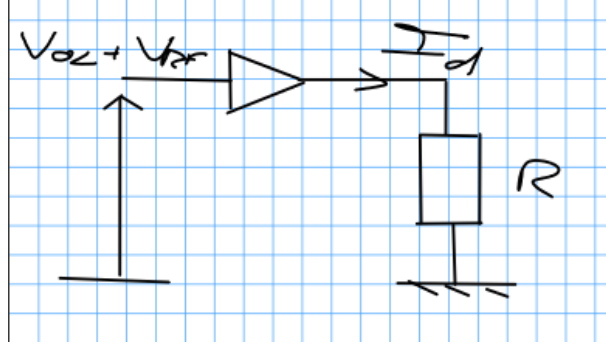


Figure 1: Schéma équivalent du mélangeur à diode

Si on néglige la chute de tension aux bornes de la résistance, on a:

$$I_d = I_s \left( e^{q \frac{V_{OL} + V_{RF}}{kT}} - 1 \right)$$

En linéarisant l'équation, on obtient:

$$I_d = a_0 + a_1(V_{OL} + V_{RF}) + a_2(V_{OL} + V_{RF})^2 + a_3(V_{OL} + V_{RF})^3 + \dots$$

2. Supposons  $V_{RF} = |V_{RF}| \sin(2\pi f_{RF})$  et  $V_{OL} = |V_{OL}| \sin(2\pi f_{OL})$   
On détermine les fréquences associées à chacun des termes de  $I_d$ :

**A l'ordre 1:** On a simplement  $V_{OL} + V_{RF}$ , on a donc une raie à  $f_{OL}$  et une à  $f_{RF}$ .

**A l'ordre 2:** On a:

$$(V_{OL} + V_{RF})^2 = V_{OL}^2 + 2V_{OL}V_{RF} + V_{RF}^2$$

$$V_{OL}^2 = \frac{|V_{OL}|^2}{2} \sin(2\pi 2f_{OL})$$

Ce qui donne une raie à  $2f_{OL}$ .

On a le même calcul pour  $V_{RF}^2$  qui donne une raie à  $2f_{RF}$ .

$$2V_{OL}V_{RF} = |V_{OL}||V_{RF}|(\cos(2\pi(f_{OL} - f_{RF})) - \cos(2\pi(f_{OL} + f_{RF})))$$

Soit une raie à  $f_{OL} - f_{RF}$  et une à  $f_{OL} + f_{RF}$

**A l'ordre 3:** On a:

$$(V_{OL} + V_{RF})^3 = V_{OL}^3 + 3V_{OL}^2 V_{RF} + 3V_{OL} V_{RF}^2 + V_{RF}^3$$

$$V_{OL}^3 = \frac{|V_{OL}|^3}{2} (\sin(2\pi f_{OL}) - \cos(2\pi 2f_{OL}) \sin(2\pi f_{OL}))$$

or

$$\cos(2\pi 2f_{OL}) \sin(2\pi f_{OL}) = \frac{1}{2} (\sin(2\pi 3f_{OL}) - \sin(2\pi f_{OL}))$$

Soit une raie à  $3f_{OL}$ . On trouve de même une raie à  $3f_{RF}$ .

$$3V_{OL}^2 * V_{RF} = \frac{3|V_{OL}|^2 |V_{RF}|}{2} (\sin(2\pi f_{RF}) - \cos(2\pi 2f_{OL}) \sin(2\pi f_{RF}))$$

$$\cos(2\pi 2f_{OL}) \sin(2\pi f_{RF}) = \frac{1}{2} (\sin(2\pi (2f_{OL} + f_{RF})) - \sin(2\pi (2f_{OL} - f_{RF})))$$

On a donc deux raies à  $2f_{OL} + f_{RF}$  et  $2f_{OL} - f_{RF}$ .

De même pour le terme  $3V_{OL} * V_{RF}^2$  on obtient deux raies à  $2f_{RF} + f_{OL}$  et  $2f_{RF} - f_{OL}$ .

Pour une utilisation en down converter, la raie qui nous intéresse est celle à  $f_{OL} + f_{RF}$  à l'ordre 2.

## 2 Manipulations

### 2.1 Etalonnage

Il est nécessaire de calibrer les atténuateurs pour connaître la puissance injectée au mélangeur. Pour cela on fait varier la valeur de l'atténuateur pour avoir une puissance prédéfini à l'entrée du mélangeur.

### 2.2 Isolations

On visualise le spectre de puissance en voie IF autour des fréquences  $f_{RF}$  et  $f_{OL}$ :

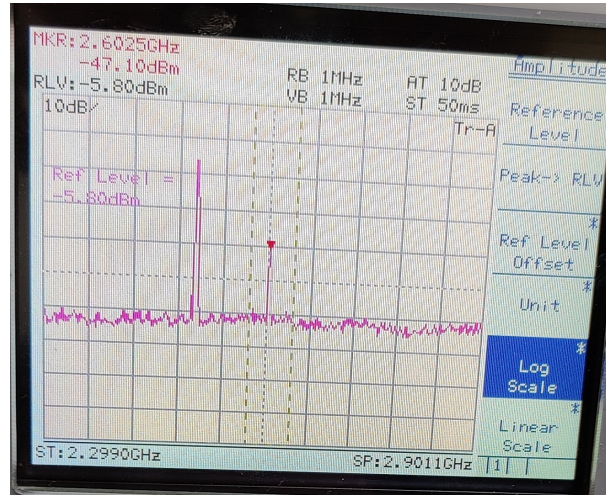


Figure 2: Raies en voie IF

On a mesuré les puissances des raies :

$$P_{OL}(IF) = -22dBm$$

$$P_{RF}(IF) = -47dBm$$

On en déduit les isolations:

$$I_{RF_{IF}} = P_{RF}(RF) - P_{RF}(IF) = (-20dBm) - (-47dBm)$$

$$I_{RF_{IF}} = 27dB$$

$$I_{OL_{IF}} = P_{OL}(OL) - P_{OL}(IF) = (7dBm) - (-22dBm)$$

$$I_{OL_{IF}} = 29dB$$

## 2.3 Pertes de conversion

On a mesuré la puissance à  $f = f_{RF} - f_{OL}$  pour déterminer les pertes de conversion :

$$P_{RF}(RF) - P_{RF-OL}(IF)$$

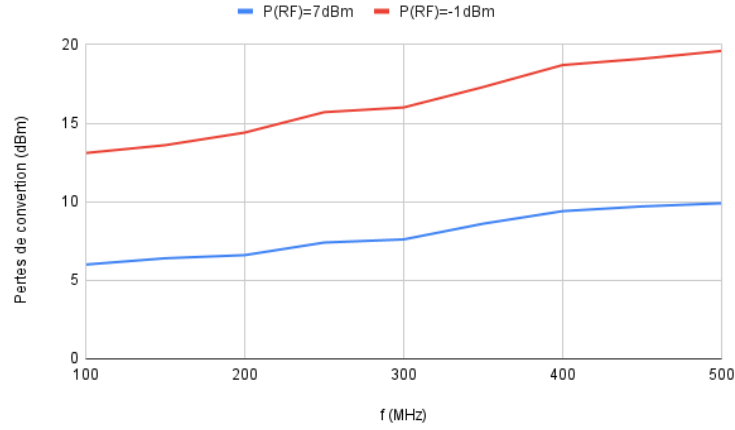


Figure 3: Pertes de conversions en fonction de  $f_{IF}$

On voit que comme indiqué sur la datasheet, les pertes en conversion sont constantes pour  $f_{RF}$  à 200MHz autour de  $f_{OL}$ .

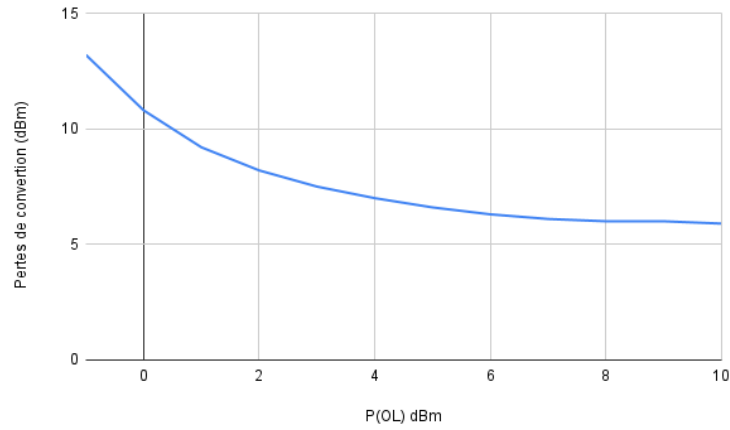


Figure 4: Pertes de conversions en fonction de  $P_{OL}$

On observe que les pertes de conversion décroissent quand  $P_{OL}$  augmente, en effet plus  $P_{OL}$  est grand, plus le mélangeur opère dans une plage non linéaire et est donc plus efficace.

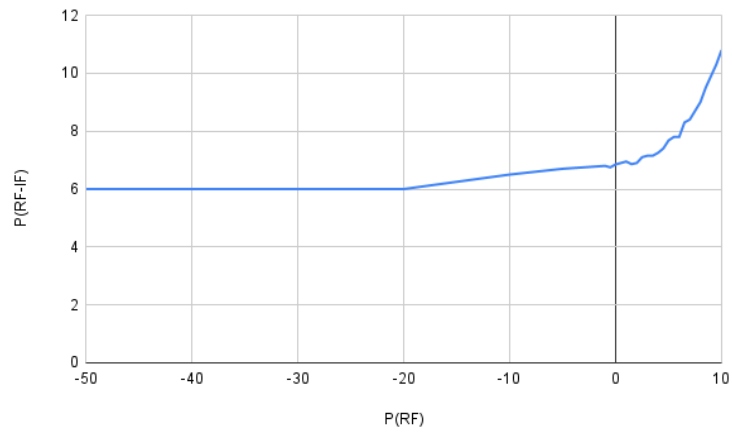


Figure 5: Pertes de conversions en fonction de  $P_{RF}$

Le point de compression correspond au point tel que les pertes de conversion se dégradent de 1dB. Ici on voit sur le graph que ce point se trouve autour de  $P_{RF} = 0dBm$ . Avant ce point, les pertes sont constantes autour de 6dB.

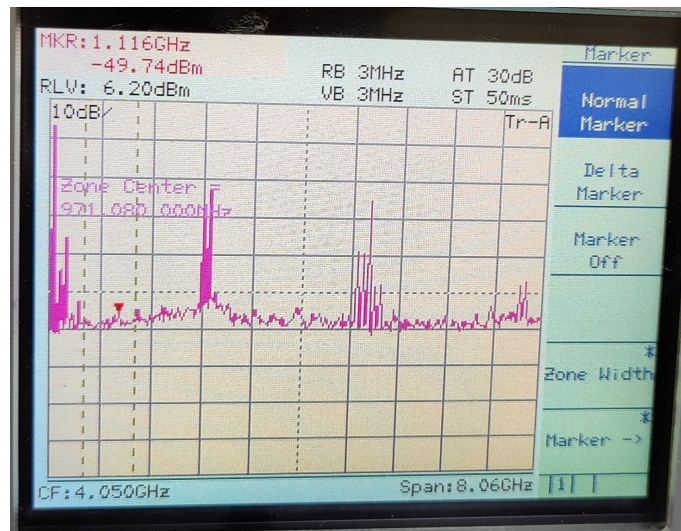


Figure 6: Spectre complet en voie IF à  $P_{RF} = 10dBm$

### **3 Conclusion**

Nous avons caractérisé notre mélangeur par ses pertes et nous avons pu obtenir des graphs qui corroborent ceux de la datasheet. On a pu voir que la caractérisation complète ne nécessite pas beaucoup de matériel (si on omet l'analyseur de spectre qui n'est pas tout à fait un équipement commun).