

Le Mixer

Samuel HUET & Thomas COUTANT

21 avril 2018

SOMMAIRE

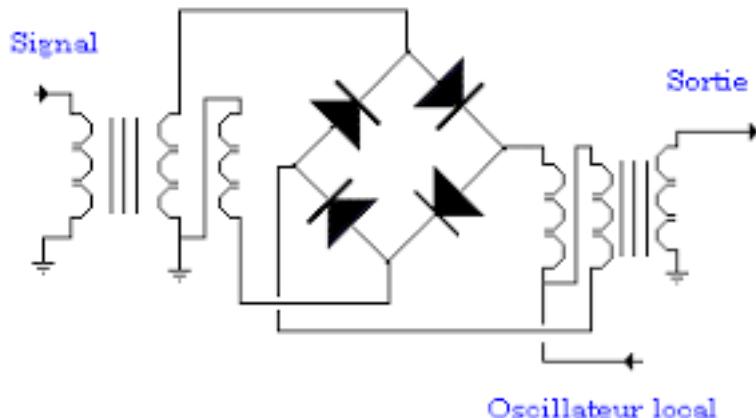
1 Le mélangeur à diode	2
Le mélangeur à diode	2
1.1 Principe de fonctionnement	2
1.2 Spectre théorique	3
2 Mise en situation	4
Mise en situation	4
2.1 Cablage	4
3 Mesures caractéristiques	6
Mesure caractéristiques	6
3.1 Perte de conversion	6
3.2 Isolation	7
3.3 Point de compression	8
3.4 IP3	8
4 Conclusion	10
5 Annexe	11
Conclusion	12

Le mélangeur à diode

Principe de fonctionnement

Un mélangeur permet de transposer un signal radio (RF) par soustraction ou addition avec une autre fréquence venant d'un oscillateur local (OL). Nous obtenons donc en sortie des signaux (FI) aux fréquences $FI = |OL - RF|$ ou $FI = |OL + RF|$

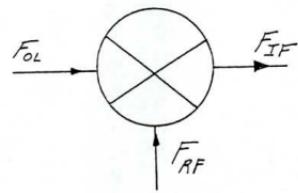
Le mélangeur à diodes utilise l'équation liant tension/courant non linéaire des diodes afin de réaliser le mélange. Il est constitué de 4 diodes et de deux transformateurs. Bien que le mélangeur à diode génère moins de signaux indésirables que certains autres montages, il s'agit d'une structure passive, qui assure une perte d'un moins 6dB sur sa sortie.



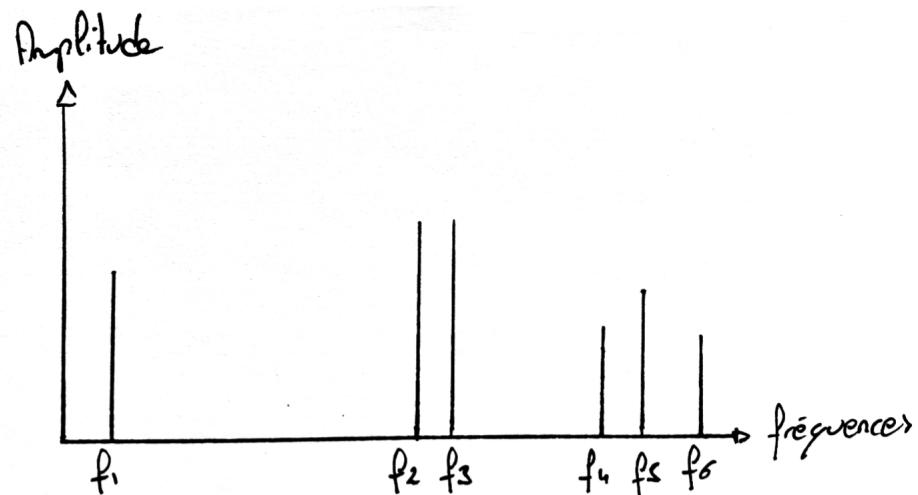
La non linéarité des diodes implique inévitablement des signaux parasites sur la sortie, pouvant s'écrire : $V_s = a + b(V_e) + c(V_e)^2 + d(V_e)^3 \dots$

Pour des signaux d'entrée dont l'excursion est faible, la droite de charge de la diode peut être approximée à une droite, mais les signaux dont l'excursion est plus large impliquent des signaux parasites.

Voici le schéma du mélangeur. Nous pouvons y voir les fréquences d'entrée F_{RF} , F_{OL} ainsi que la fréquence de sortie F_{IF} expliqués plus haut. Celui que nous allons utiliser pour ce TP est le ZFM-2 de Mini Circuits.



Spectre théorique



où :

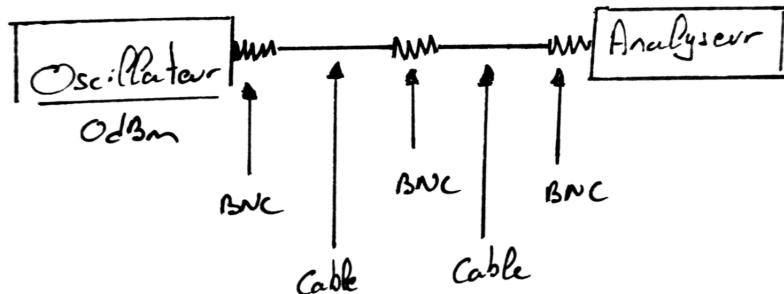
- $f_1 = |OL - RF|$
- $f_2 = OL$
- $f_3 = RF$
- $f_4 = 2OL$
- $f_5 = |OL + RF|$
- $f_6 = 2RF$

Dans la pratique, nous pouvons dès lors et déjà supposer que le spectre sera beaucoup plus fournis de part de nombreuses fréquences parasites non prises en compte.

Mise en situation

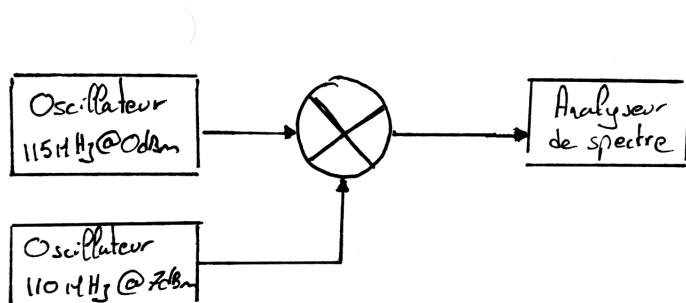
Cablage

Avant de cabler notre mixer, et afin de s'assurer de la précision de la mesure, nous pouvant effectuer un petit test au sujet des pertes du aux cables et aux connecteur. Pour cela, nous branchons un oscillateur à un analyseur de spectre comme ceci :



Ainsi, les pertes du aux coax sont bien visible sur l'analyseur de spectre. On suppose la perte du au connecteur du milieu négligeable. D'après cette expérience, les pertes sont de 0.14 dB. Pour la précision des mesures, il faudra alors ajouter 0.14 à toutes ces dernières.

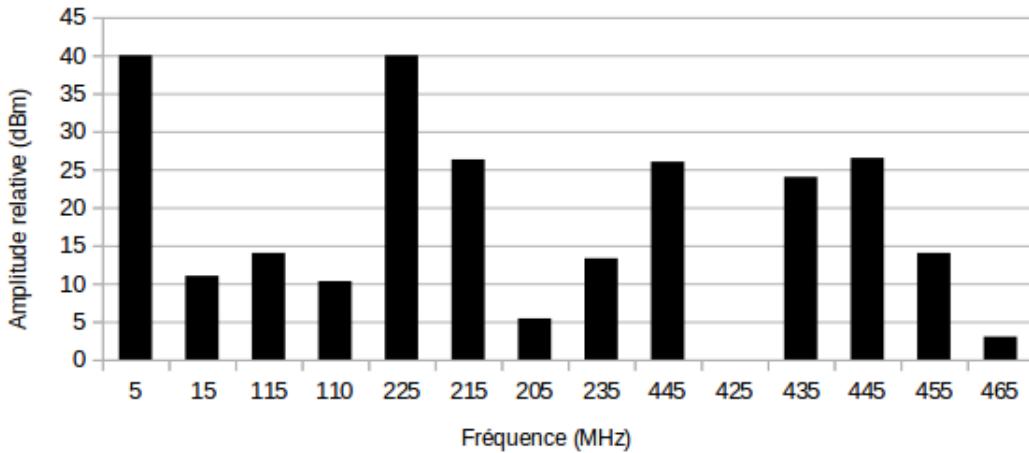
Maintenant que nous avons déterminer les pertes, nous pouvons brancher notre mixer comme ceci :



L'analyse des fréquences et de leur puissances respective nous donne le spectre suivant. Sur ce spectre, le 0dBm de l'amplitude relative correspond en réalité à -47dBm absolue. Nous pouvons constatier que les deux raies principales attentures sont bel et bien présentes : à savoir $|OL + RF| = 225MHz$ et $|OL - RF| = 5MHz$. Cependant, nous pouvons constater beaucoup plus de bruit qu'attendu sur le spectre théorique.

Spectre réel

Offset de 47 dBm



1

Bien sur nous retrouvons également les fréquences énoncés plus haut dans la partie théorique. avec :

- $f_{RF} = 115\text{MHz}$
- $f_{OL} = 110\text{MHz}$
- $f_{|OL-RF|} = 5\text{MHz}$
- $f_{|OL+RF|} = 225\text{MHz}$
- $f_{2OL} = 220\text{MHz}$
- $f_{2RF} = 230\text{MHz}$

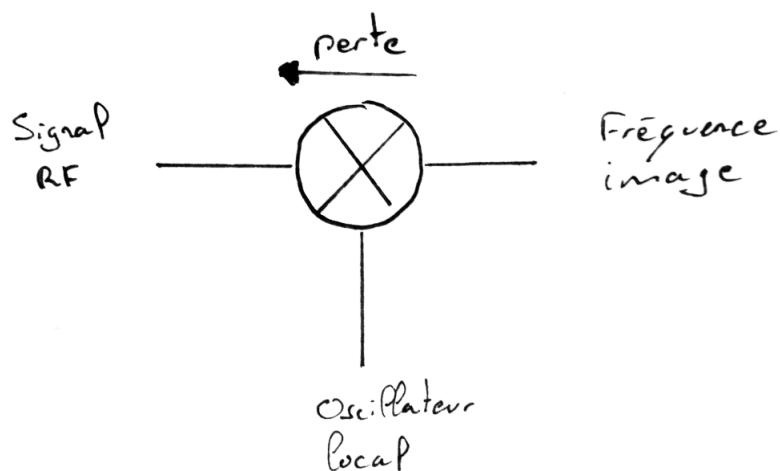
Et parmis les fréquences non prises en compte dans le spectre théorique, on retrouve :

- $f_{|2(RF-OL)-(RF+OL)|} = 215\text{MHz}$
- $f_{|2(OL+RF)-(RF-OL)|} = 445\text{MHz}$

Mesures caractéristiques

Perte de conversion

La perte de conversion est une caractéristique intrinsèque du composant. Cette mesure correspond au nombre de dB perdu lorsque le signal d'entrée traverse le composant. Sur un mixer, le signal entrant est donc le signal radio et le signal sortant est la fréquence image.



Nous avons donc injecté un signal en entré, en regardant la sortie à l'analyseur de spectre et sans oublier de prendre en compte les pertes des câbles, nous pouvons en déduire les pertes de conversion.

En utilisant les données fournies par les mesures précédentes, nous avons donc en entré 0dBm, et en sortie -7 dBm, auquel nous pouvons ajouter 0.14. Ce qui nous donne une sortie à -6.86 dBm.

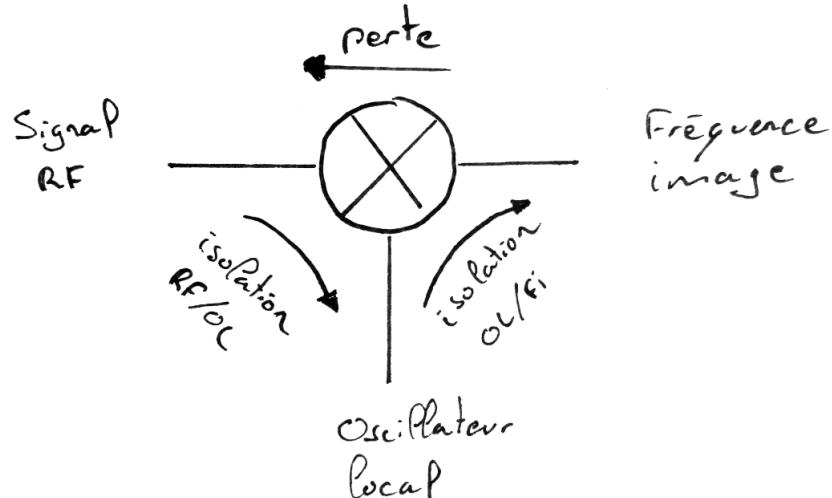
$$\text{Perte par conversion} = 6.86 \text{ dB}$$

Isolation

L'isolation représente la capacité qu'a un signal entrant, à se retrouver sur d'autre broches du composant. Concernant le mixer, il existe deux isolations mesurables :

- L'isolation entre RF et OL
- L'isolation entre OL et FI

Bien sur, plus l'isolation est haute, meilleur est le composant.



Pour mesurer l'isolation RF/OL, nous branchons simplement la broche RF sur un oscillateur, puis la broche OL sur l'analyseur de spectre. Il ne faut pas oublier de charger (50Ω) sans quoi la mesure sera faussé.

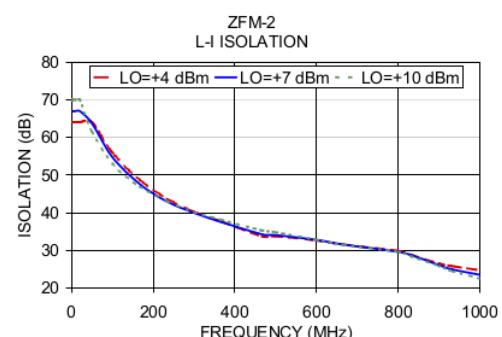
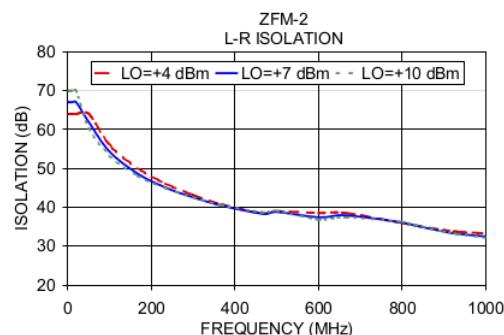
Donc en prenant en compte la perte du aux cables :

$$Isolation_{RF/OL} = -50dB$$

Ce qui correspond à la courbe représenté sur la datasheet (pour un signal de 115 MHZ). Pour mesurer l'isolation OL/RF, il suffit de brancher la broche OL sur l'oscillateur, puis la sortie du mixer sur l'analyseur de spectre. Nous n'oublions pas de chercher la broche RF.

$$Isolation_{OL/IF} = -31dB$$

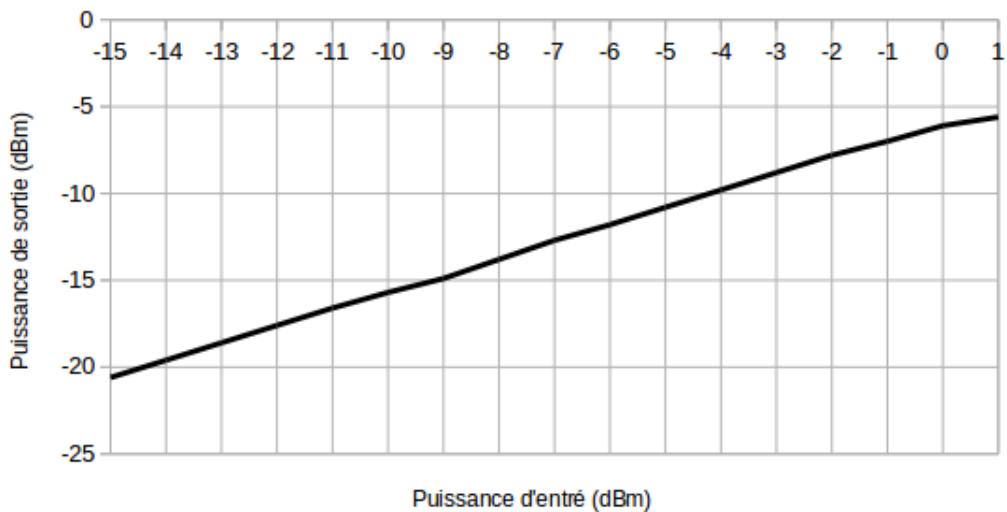
Bien sur ces valeurs sont à prendre pour les fréquences utilisé et varient plus ou moins selon ce paramètre.



Point de compression

Les amplificateurs sont sujets à des phénomènes de saturation en puissance sur leur sortie C'est à dire que pour de fortes puissances en entrée l'amplificateur perdra toute sa linéarité Le point de compression à 1 dB permet de caractériser la limite du fonctionnement linéaire de l'amplificateur. Pour cela on changera la puissance d'entré (RF) en la plaçant à une valeur assez basse, nous sommes partie de -15dBm dans notre cas. Et l'on observe la puissance en sortie sur l'analyseur de spectre, en se plaçant sur la raie OL-RF ou OL+RF. Ainsi nous avons procédé à un relevé balayant la puissance de -15dBm à 1dB en observant à chaque crant la sortie. Ce qui nous a permis d'obtenir cette courbes :

Mesure de la puissance de sortie en fonction de la puissance d'entré



Le cablage est le même que lors de la phase de test on opère juste un changement sur le synthétiseur de la fréquence RF. Grâce à la courbes que nous avons déterminé, nous pouvons alors voir que le point de compression se trouve pour 1dBm en entré.

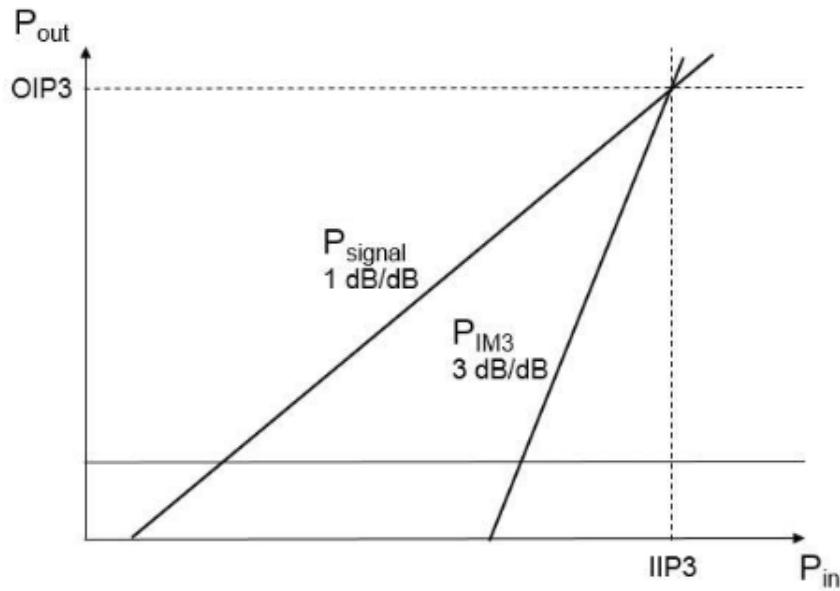
IP3

L'IP3 est le point d'interception du troisième ordre, il permet de caractériser la linéarité du dispositif étudié. On parle d'intermodulation, qui a un coté très nuisible surtout en haute fréquence. Puisqu'il s'agit de l'interaction entre deux fréquences dans un signal qui aboutit à la génération d'une nouvelle fréquence non présente dans le signal d'origine. L'IP3 se calcule de la manière suivante :

on se place au niveaux du premier ton et on calcul la différence de puissance qu'il y a par rapport à la raie d'intermodulation 3 (IM3). Nous pouvons alors appliquer la formule suivante qui nous permet d'avoir la valeur de l'IP3.

$$IP3 = P_{1erTon} + \frac{P_{IMD}}{2} = -35 + \frac{17.5}{2} = -23.75dBm$$

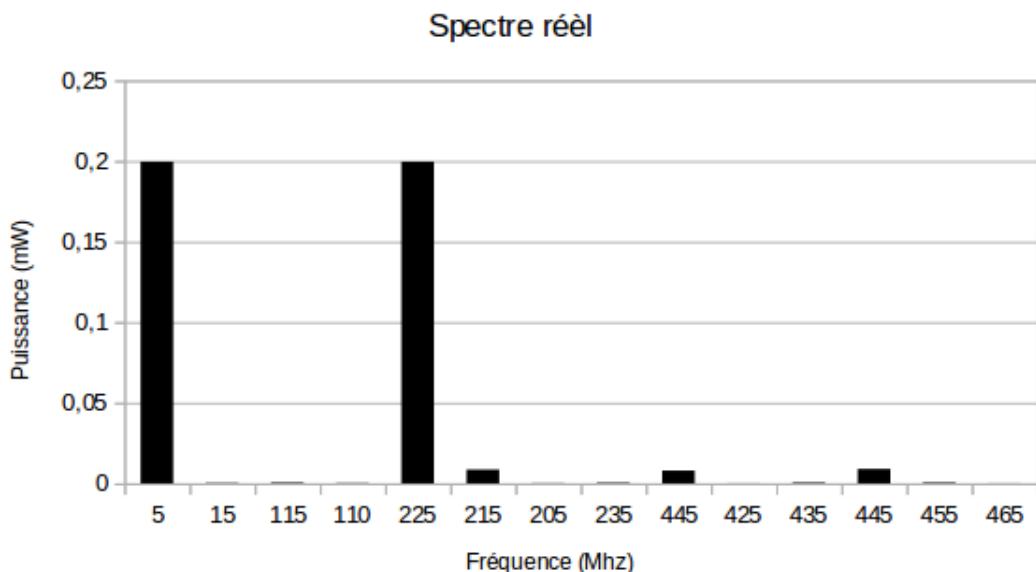
La pente des IM3 est de 3dB/dB et l'IP3 correspond en réalité à l'intersection avec la courbe de gain.



Ainsi nous pouvons élaborer une stratégie pour mesurer le point d'IP3 expérimentalement : Il suffit d'augmenter la puissance d'entrée, tout en mesurant la sortie à l'analyseur de spectre. Dès que les puissances d'IM3 et du premier ton sont au même niveau, on peut être sûr qu'on est sur le point d'IP3.

Conclusion

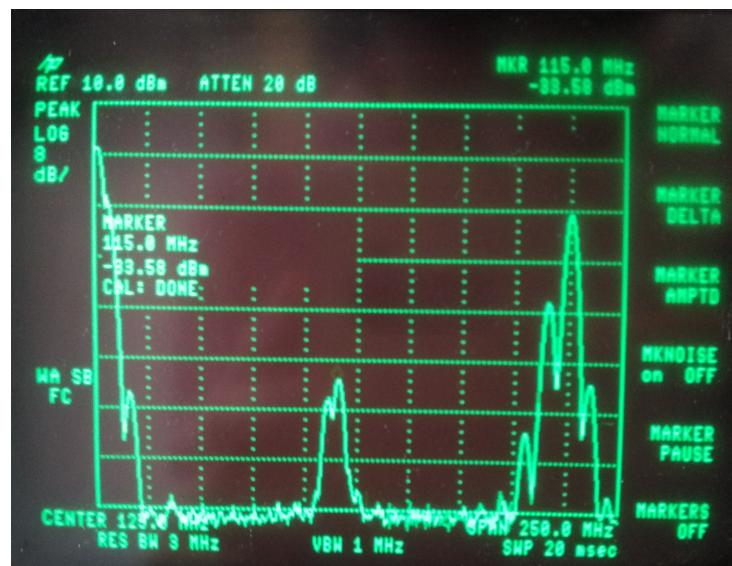
Pour conclure ce TP, nous pouvons dire que même si le mixer génère de nombreuses fréquences parasites, il reste très utile pour traiter le signal radio entrant. De plus, lorsqu'on regarde le spectre en mW, et non plus en dBm, il apparaît de façon flagrante que les fréquences parasites sont bien en dessous des fréquences réellement utilisés, comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessous.



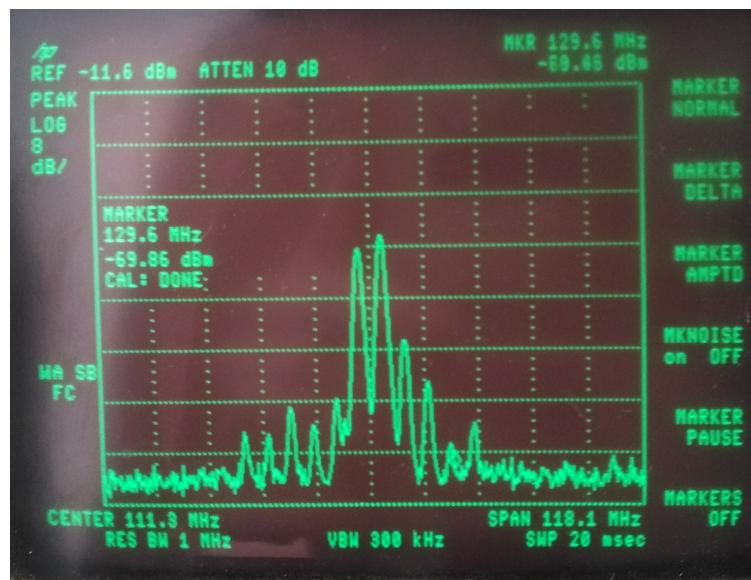
Cependant il sera quand même préférable d'utiliser un filtre pour éviter toute surprise.

Annexe

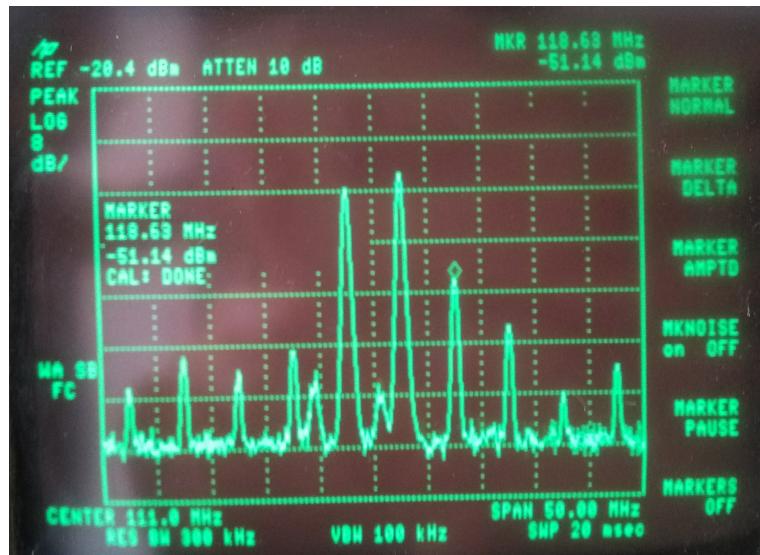
Voici quelques relevés obtenue lors des tests



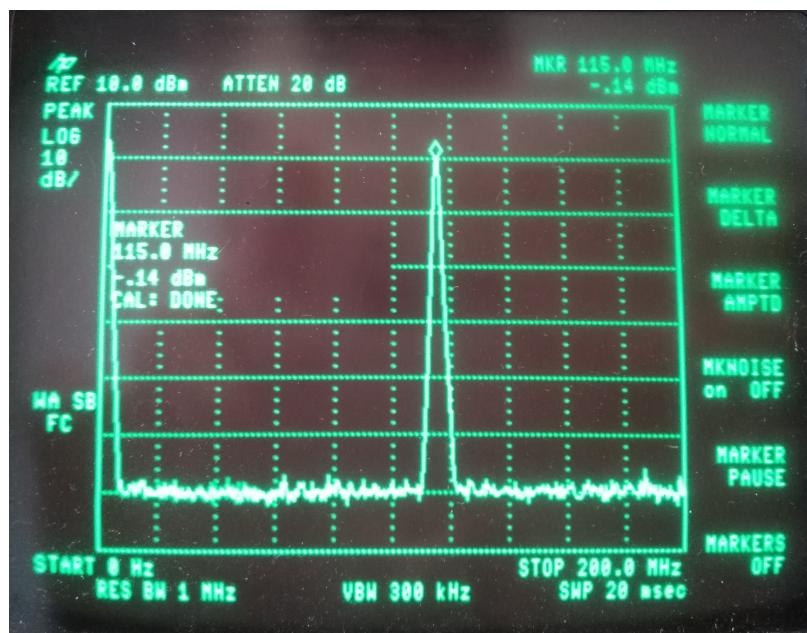
Première phase de test, spectre faisant apparaitre les raies OL-RF et OL+RF, ainsi que OL et RF.



Zoom établie sur les raies OL et RF.



Même spectre que précédemment avec une précision plus importante.



visualisation du spectre RF seul.