

## SAE22 - Caractériser et mesurer un signal



# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>IV.5 Travaux Dirigés.....</b>	<b>3</b>
Ex. IV.1 Talkie-walkie.....	3
<b>IV.9 Talkie-Walkie.....</b>	<b>5</b>
IV.9.1 Introduction.....	5
IV.9.2 Préparation.....	5
IV.9.3 Équipements.....	5
IV.9.4 Manipulations.....	5
IV.9.4.1 Caractérisation du modulateur.....	5
IV.9.4.2 Première transposition de fréquence.....	6
IV.9.4.3 Deuxième transposition de fréquence.....	8
IV.9.4.4 Transmission sur talkie-walkie.....	8
IV.9.4.5 Transposition au récepteur.....	9
<b>Conclusion.....</b>	<b>12</b>

## Introduction

Au cours de ce TP, nous avons réussi à moduler notre voix, à effectuer deux transpositions de fréquence pour atteindre la fréquence porteuse du canal 3 de notre talkie-walkie, et à transmettre efficacement le signal modulé. Nous avons observé le spectre à chaque étape pour valider nos résultats et ajuster les paramètres en conséquence. L'analyse des spectres obtenus a confirmé le bon fonctionnement du montage et la précision des fréquences utilisées. En variant la fréquence du modulant et en testant la communication vocale, nous avons validé la transmission claire et précise de la voix. Ce TP nous a permis d'appliquer des concepts théoriques en pratique et d'acquérir une meilleure compréhension des techniques de modulation et de transposition de fréquence utilisées dans les systèmes de communication RF.

## IV.5 Travaux Dirigés

### Ex. IV.1 Talkie-walkie

(a) D'après le tableau IV.1, quelle est la bande de Carson B ?

$$B = 2(\Delta f + f_{max})$$

On sait que la bande de Carson doit respecter la largeur du canal, soit 12,5 kHz. Donc :

$$B = 12,5 \text{ kHz}$$

$$12,5 = 2(\Delta f + 3\text{kHz})$$

On résout  $\Delta f = 6,5/2 = 3,25 \text{ kHz}$

Maintenant que nous connaissons  $\Delta f$ , nous pouvons calculer la bande de Carson :

$$B = 2(3,25 + 3)$$

$$B = 2(6,25)$$

$$B = 12,5\text{kHz}$$

La bande de Carson B, basée sur les informations du tableau IV.1 pour les canaux de talkie-walkie, est de 12,5 kHz. Cette bande de Carson est conforme à la largeur de canal de 12,5 kHz, assurant que la modulation de fréquence respecte les contraintes de la bande de fréquence spécifiée pour les talkie-walkies.

(b) Quelle est l'excursion de fréquence  $\Delta f$  ?

Pour déterminer l'excursion de fréquence  $\Delta f$ , on substitue les valeurs suivantes :

$$12,5 = 2(\Delta f + 3)$$

On résout pour  $\Delta f$  :

$$\Delta f = 6,5/2 = 3,25 \text{ kHz}$$

L'excursion de fréquence  $\Delta f$  est donc 3,25 kHz.

(c) Chaque binôme doit choisir un canal de talkie-walkie selon le tableau. Quel canal avez-vous choisi ? Quelle est la fréquence du canal choisi fp ?

Pour notre binôme, nous choisissons le canal 3 avec une fréquence de 446,03125 MHz

(d) Notre voix est modulée à la fréquence intermédiaire de  $f_{FI} = 48 \text{ MHz}$ . Pour la transmission sur Talkie Walkie, il est nécessaire de transposer la fréquence intermédiaire  $f_{FI}$  vers la fréquence porteuse  $f_p$  à l'aide d'un oscillateur local de  $f_{OL}$ . Mais parfois, il est nécessaire de transposer la fréquence 2 fois. La fréquence du deuxième oscillateur local  $f_{OL2}$  est fixée à 388 MHz comme montré sur la figure IV.11. Quelle est la fréquence du premier oscillateur local  $f_{OL1}$  pour obtenir la fréquence du votre canal à la sortie de l'antenne ?

Nous pouvons résoudre cette équation pour  $f_{OL1}$ , en substituant les valeurs connues :

$$446,03125 \text{ MHz} = 48 \text{ MHz} + f_{OL1} + 388 \text{ MHz}$$

$$f_{OL1} = 446,03125 - 48 - 388$$

$$f_{OL1} = 10,03125 \text{ MHz}$$

Donc, la fréquence du premier oscillateur local  $f_{OL1}$  pour obtenir la fréquence du canal à la sortie de l'antenne est de 10,03125 MHz.

(e) Dessiner sur figure 1 l'allure de spectre à l'entrée de l'antenne.

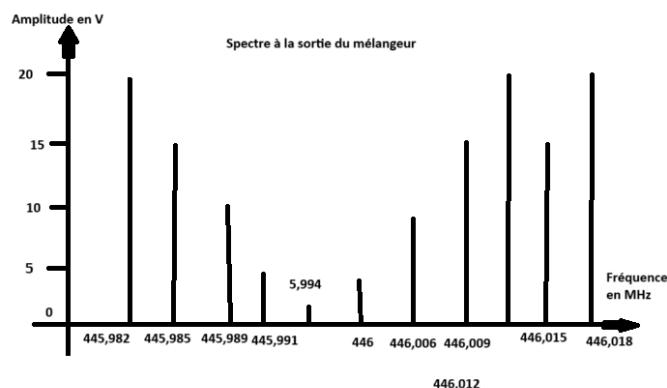


Figure 1: Allure du spectre à l'entrée de l'antenne

## IV.9 Talkie-Walkie

### IV.9.1 Introduction

L'objectif du TP est :

- de comprendre le principe de transmission sur Talkie-Walkie ;
- d'étudier la transposition de fréquence ; • de réaliser un émetteur de Talkie-Walkie.

### IV.9.2 Préparation

Dans ce TP, nous créerons un émetteur de talkie-walkie pour transmettre notre voix. Notre voix, avec une fréquence maximale de 3 kHz, sera modulée à 48 MHz. Nous transposons cette fréquence deux fois pour atteindre la fréquence du canal 3, à 446,03125 MHz.

### IV.9.3 Équipements

- 1 GBF Rigol DG1302, 1 GHF, 1 analyseur de spectre RF • 1 modulateur, 1 transformateur de 7,5 V, 2 mélangeurs ZP-5X+, 1 câble audio, 1 micro • 1 antenne, câbles BNC

Il faut s'assurer que les impédances des GBFs sont réglées à  $50 \Omega$  (voir l'Annexe). Le modulateur inclut un VCO (Voltage Controlled Oscillator) et est alimenté par une alimentation de 7,5 V.

### IV.9.4 Manipulations

#### IV.9.4.1 Caractérisation du modulateur

Sur le canal 1 du générateur de signaux Rigol DG1302, nous vérifions d'abord que la fréquence est réglée à 1 kHz, l'amplitude à 40 mV crête à crête, l'impédance à 50 ohms et l'offset à 0 Vdc (comme indiqué sur la figure 2).



Figure 2 : Réglage sur le Rigol DG1302

Ensuite nous réalisons le montage ci-dessous à l'aide du GBF Rigol DG1302, de l'analyseur de spectre RF, du modulateur, du transformateur de 7,5 V et des câbles BNC (voir figure 3).

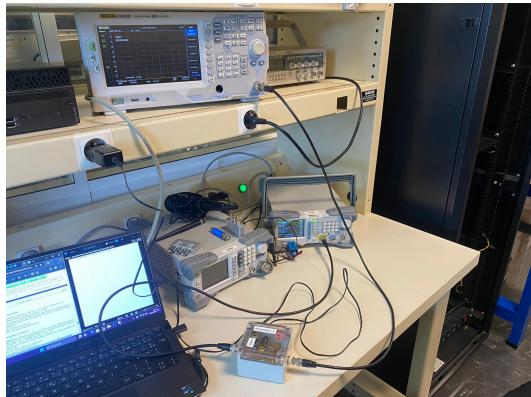


Figure 3: Montage

On règle SPAN à 50 kHz et le Centre Frequency à 48 MHz. On mesure la fréquence de fFI qui permettra de déduire notre fOL1 pour la partie suivante. Ici fFI = 47,9993250 MHz (voir figure 4).

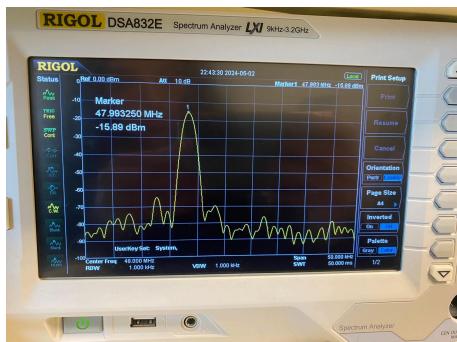


Figure 4 : Spectre sur l'Analyseur

#### IV.9.4.2 Première transposition de fréquence

Nous calculons que  $f_{OL1} = f_p - f_{FI} - f_{OL2}$  :

$$= 446,03125 - 47,993250 - 388$$

$$= 10,038 \text{ MHz}$$

Ainsi, la fréquence de l'oscillateur local 1  $f_{OL1}$  est de 10,038 MHz. On ajuste donc la fréquence sur la voie 2 avec la valeur trouvée (voir figure 5) et on réalise le montage suivant (voir figure 6) :



Figure 5 : Réglage sur le Rigol DG1302

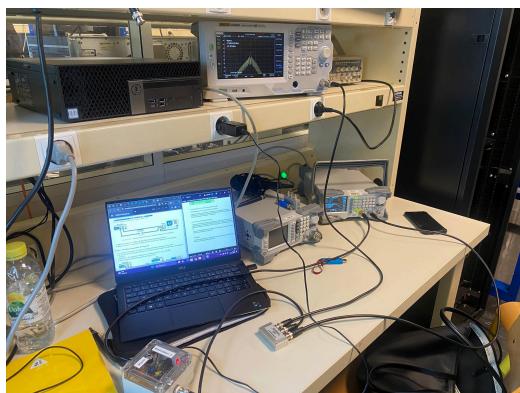


Figure 6 : Montage

On régler ensuite l'analyseur le SPAN à 100 MHz et le Centre Frequency à 50 MH et on relève le spectre suivant (figure 7) :

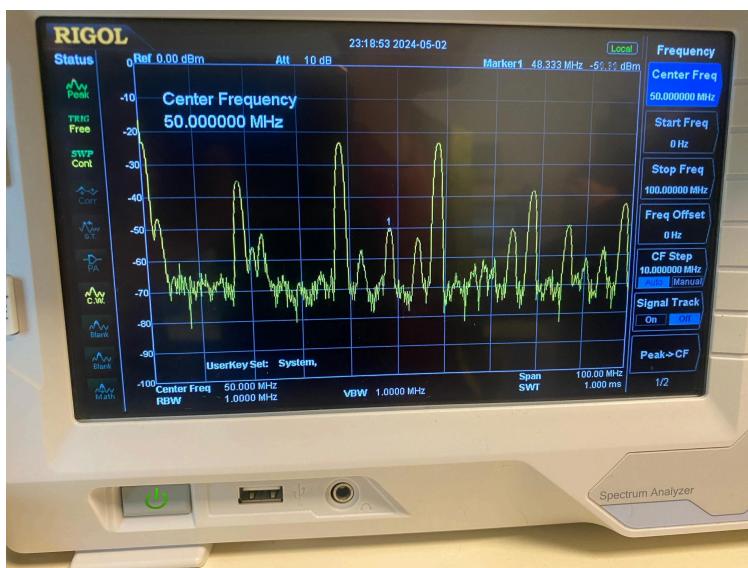


Figure 7 : Spectre sur l'Analyseur

On observe 11 raies :

- Raie 1 : 10.135987 MHz
- Raie 2 : 19.140232 MHz
- Raie 3 : 32.147682 MHz
- Raie 4 : 40.152649 MHz
- Raie 5 : 42.0155132 MHz
- Raie 6 : 47.090807 MHz
- Raie 7 : 52.189082 MHz
- Raie 8 : 58.0165789 MHz
- Raie 9 : 77.177903 MHz
- Raie 10 : 69.563450 MHz
- Raie 11 : 88.186390MHz

#### IV.9.4.3 Deuxième transposition de fréquence

La première transposition ne permet pas d'obtenir la fréquence porteuse de notre canal., on installe donc une deuxième transposition de fréquence pour déplacer une des raies vers la fréquence porteuse. Celle-ci s'effectue avec l'oscillateur local 2 à  $f_{OL2} = 388$  MHz. On réalise le montage suivant (figure 8) :



Figure 8 : Montage

On observe le spectre composé de 3 raies (voir figure 9) :

- 1<sup>ère</sup> raie : 38,5 MHz
- 2<sup>ème</sup> raie : 59,5 MHz
- 3<sup>ème</sup> raie : 79,3 MHz

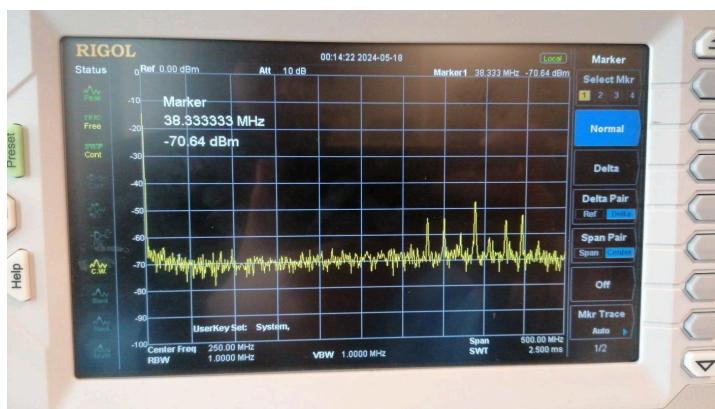


Figure 9 : Spectre sur l'Analyseur

On retrouve certaines des raies identifiées précédemment, ainsi qu'une multitude d'autres, ce qui suggère la présence de multiples sources de signaux, y compris des dispositifs de communication et des harmoniques.

#### IV.9.4.4 Transmission sur talkie-walkie

Pour transmettre sur le talkie-walkie, nous connectons l'antenne à la sortie R du mélangeur 2, conformément à la figure 9. Après avoir allumé le talkie-walkie, nous sélectionnons le canal 3 correspondant à la fréquence 446,031125 MHz.



*Figure 10 : Montage*

Nous recevons clairement la fréquence du GBF. En ajustant le modulant de 100 Hz à 1 kHz, nous remarquons que la tonalité du signal devient progressivement plus aiguë.

Ensuite, nous connectons le microphone et effectuons un test de communication. Nous constatons que nous pouvons communiquer efficacement entre le microphone et le talkie-walkie, confirmant ainsi le bon fonctionnement du système.

#### IV.9.4.5 Transposition au récepteur

On déconnecte le GBF de l'entrée du modulateur, ainsi que l'alimentation du modulateur et le câble de la sortie. On ajuste  $f_{OL1} = 15 \text{ MHz}$  et  $f_{OL2} = 421 \text{ MHz}$  et obtient le montage suivant (figure 11) :



*Figure 11 : Montage*

On règle ensuite le Span à 1 GHz et le Centre Frequency à 500 MHz sur l'analyseur de spectre RF. • On appuie sur le bouton du talkie-walkie pendant quelques secondes et en même temps sur SWEEP, puis sur Single de l'analyseur de spectre RF. Voici le spectre obtenu (figure 12) :

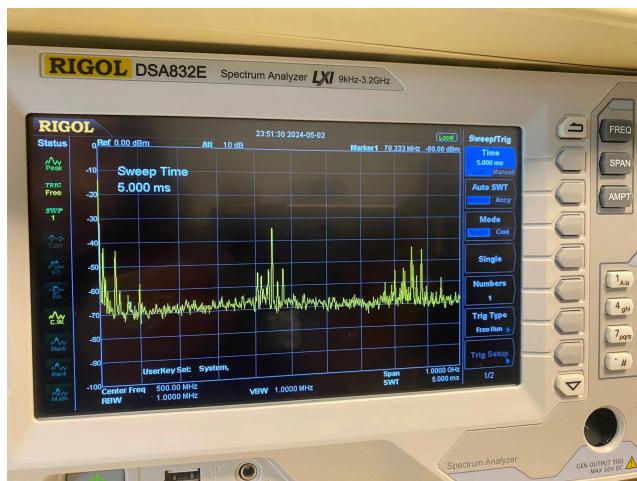


Figure 12 : Spectre sur l'Analyseur

Le spectre observé correspond à la transposition de fréquence du signal émis par le talkie-walkie,

On règle ensuite le Span à 50 MHz et le Centre Frequency à 25 MHz. On réitère ensuite l'opération précédente en appuyant sur le bouton du talkie-walkie pendant quelques secondes, puis sur SWEEP, puis sur Single de l'analyseur de spectre RF, on obtient le spectre suivant (figure 13) :



Figure 13 : Spectre sur l'Analyseur

Après avoir mis le filtre de 10.7 MHz, nous pouvons apercevoir ce filtre (figure 14) :

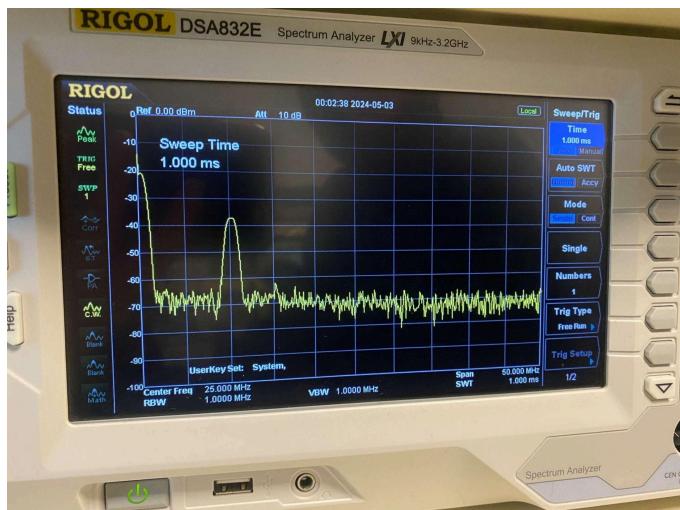


Figure 14 : Spectre sur l'Analyseur

En effet, nous observons qu'une seule raie.

Nous avons réglé le span à 50kHz et le Center Frequency à 10.031250 (ce qui est la fréquence après virgule de notre canal). Nous avons alors parlé en appuyant sur le bouton du talkie-walkie pour observer l'allure du spectre. Nous obtenons le spectre suivant (figure 15) :

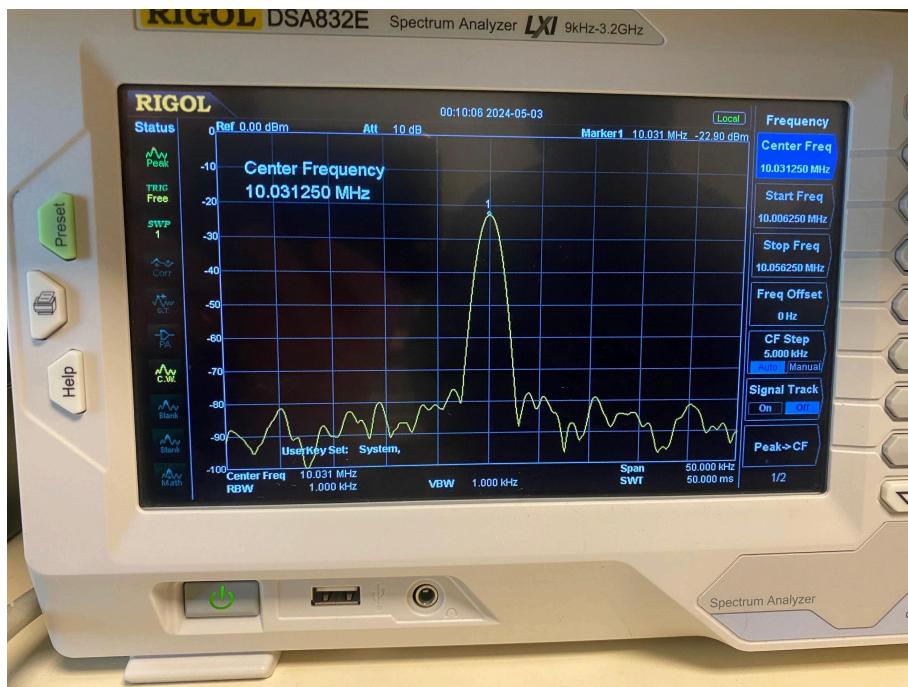


Figure 15 : Spectre sur l'Analyseur

## Conclusion

Au cours de ce TP, nous avons réussi à moduler notre voix, à effectuer deux transpositions de fréquence pour atteindre la fréquence porteuse du canal 3 de notre talkie-walkie, et à transmettre efficacement le signal modulé. Nous avons observé le spectre à chaque étape pour valider nos résultats et ajuster les paramètres en conséquence. L'analyse des spectres obtenus a confirmé le bon fonctionnement du montage et la précision des fréquences utilisées. En variant la fréquence du modulant et en testant la communication vocale, nous avons validé la transmission claire et précise de la voix. Ce TP nous a permis d'appliquer des concepts théoriques en pratique et d'acquérir une meilleure compréhension des techniques de modulation et de transposition de fréquence utilisées dans les systèmes de communication RF.