

# Radio Logicielle



BEN DOUDOUH Yanis

Tuteur : M.Feybesse

ROUET Sylvain

IBRAHIM Ramy

DUT R&T 2<sup>e</sup> année

2016/2017



## Remerciements

Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadrant Monsieur Feybesse pour l'intérêt qu'il a porté à notre projet et pour son encadrement efficace ainsi que pour sa patience.

## Table des matières

Remerciements .....	2
Introduction .....	4
1. Fonctionnement radio analogique actuel : .....	5
1.1. Fonctionnement d'un émetteur :.....	6
La modulation d'amplitude (AM) :.....	7
La modulation de fréquence (FM) : .....	7
1.2. Fonctionnement d'un récepteur : .....	8
Démodulation AM.....	8
Démodulation FM .....	8
2. GNU Radio : Qu'est-ce que c'est ?.....	9
2.1. Présentation de GNU Radio .....	9
2.2. Fonctionnement de GNU Radio .....	10
2.3. Exemple de blocs de traitement de signal .....	10
3. Présentation projet.....	13
3.1. Introduction .....	13
3.2. Démodulation de signal AM.....	13
Démodulation par détection d'enveloppe.....	13
Démodulation par détection synchrone.....	14
Démodulation avec GNU Radio .....	14
Table des illustrations.....	15
Sitographie .....	16

## Introduction

Depuis toujours, les hommes ont cherché à communiquer entre eux. Dans un premier temps par le biais de la communication orale, puis ensuite par messages écrits, ce qui permettait déjà de communiquer à distance. Ensuite est arrivé le téléphone, qui permettait de communiquer à distance, de vive voix et en direct. Mais il restait une contrainte : il fallait être raccordé par un fil.

Il a donc fallu attendre la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et les travaux successifs de Nikola Tesla, Édouard Branly, Guglielmo Marconi et Reginald Fessenden pour pouvoir transmettre la voix humaine sans utiliser de câble.

La voix (et maintenant d'autres données comme des fichiers, de la vidéo etc...) est donc transmise par des moyens électroniques et informatiques. On appelle ses transmissions les télécommunications.

Les télécommunications utilisant des ondes, celles-ci sont émises et réceptionnées par des émetteurs et des récepteurs donc nous détaillerons l'action dans une première partie.

Aujourd'hui, l'action d'une radio classique peut être simulée à l'aide d'un logiciel, sur un ordinateur. On appelle ces logiciels « Radio Logicielle » et nous détaillerons ce sujet dans la partie suivante.

Enfin, nous retracerons le déroulé du projet dans la dernière partie.

# 1. Fonctionnement radio analogique actuel :

La radio analogique est un système permettant la communication en captant des signaux électromagnétiques.

Une transmission se produit brièvement de cette façon :

Une source d'information est modulée et transmise par un appareil émetteur via un canal de transmission puis est reçu par un appareil récepteur qui lui démodulera les informations pour les faire parvenir au destinataire.



Figure 1: Radio analogique

Schéma de fonctionnement général transmission radio

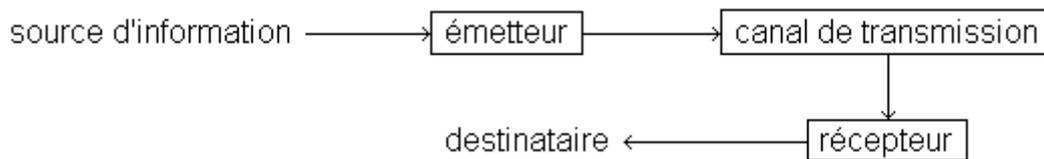


Figure 2 : Schéma transmission radio simplifié

## 1.1. Fonctionnement d'un émetteur :

Un émetteur radio est un appareil permettant de transmettre des informations à un destinataire. Ces informations peuvent être sonores comme c'est le cas d'un talkie-walkie par exemple.

Lors d'une émission (ici dans le cas d'un talkie-walkie) l'information sonore est convertie par le microphone en tension électrique. (Voir Figure 3)



Figure 3: Talkie-Walkie

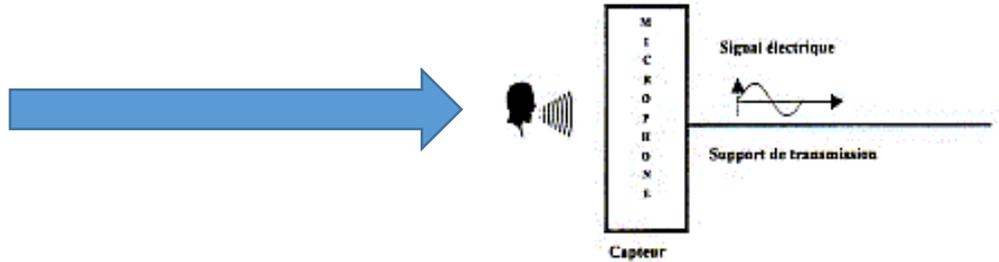


Figure 4 : Schéma conversion microphone

Le signal électrique passe ensuite par un amplificateur afin d'amplifier d'avantage le courant de faible intensité généré par le microphone.

Le signal est après multiplié à une haute fréquence sinusoïdale délivrée par l'oscillateur haute fréquence nécessaire à l'élaboration d'un signal porteur, c'est la modulation.

Le signal modulé est par la suite amplifié une seconde fois pour augmenter la portée de l'onde haute fréquence obtenu précédemment.

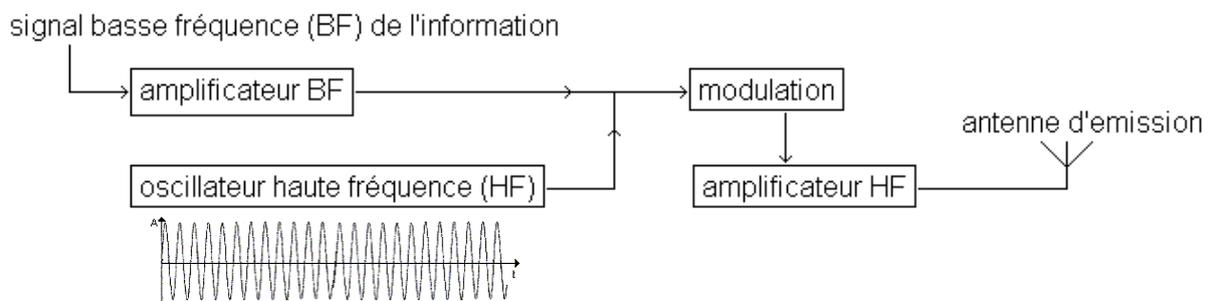


Figure 5 : Schéma fonctionnement émetteur

Il existe deux types de modulation, dans le cas de notre projet nous étudierons ces deux techniques.

### La modulation d'amplitude (AM) :

Elle a pour objectif transmettre un signal de faible fréquence (modulant) en le multipliant avec un autre signal sinusoïdale à fréquence élevé (porteuse), l'information est portée par une variation d'amplitude. (Voir Figure)

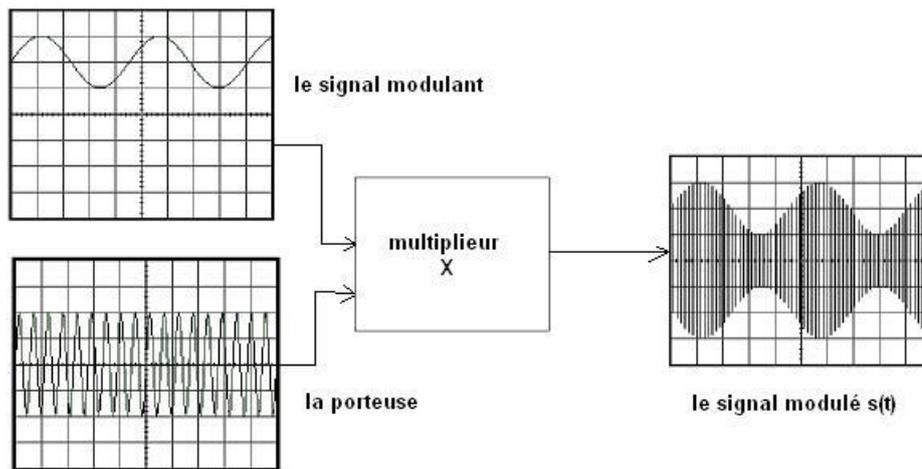


Figure 6 : Schéma modulation d'amplitude

### La modulation de fréquence (FM) :

Elle consiste aussi à transmettre un signal (modulant) en le multipliant avec une porteuse sauf que cette fois –ci, l'information est portée par un variation de fréquence. (Voir Figure)

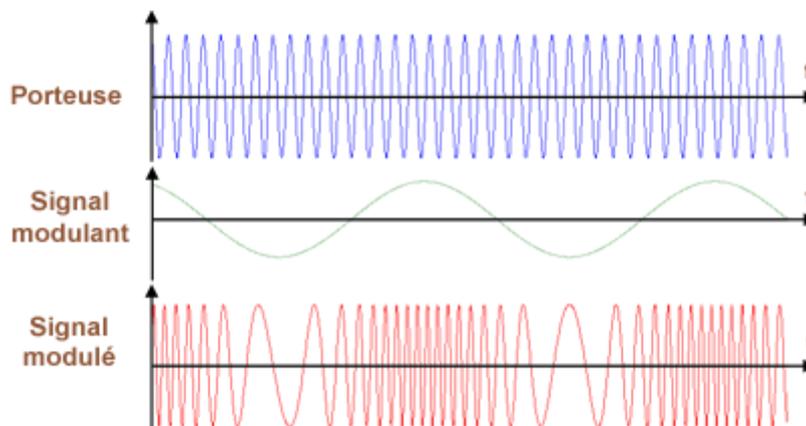


Figure 7 : Schéma modulation de fréquence

## 1.2. Fonctionnement d'un récepteur :

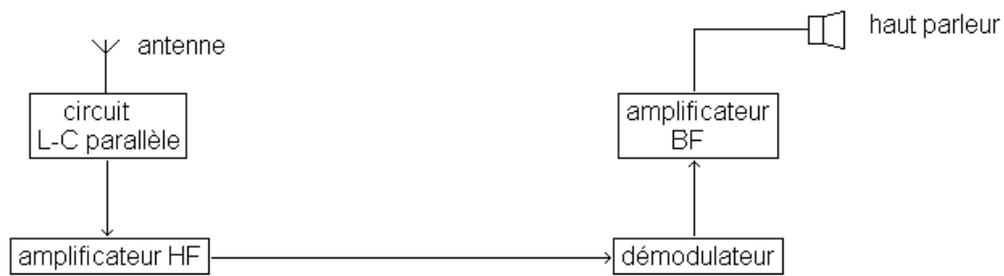


Figure 8 : Schéma fonctionnement récepteur

Un récepteur est un appareil électronique destiné à capter et décoder des ondes radioélectriques émises par les émetteurs radio.

Lors d'une réception radio l'antenne capte les ondes radio et génère un courant sinusoïdale dans le circuit du récepteur, ce courant arrive ensuite dans un circuit LC parallèle constitué évidemment d'un condensateur et d'une bobine branché en parallèle. Ce circuit permet de retrouver la structure de l'onde par le biais du courant qui charge et décharge de condensateur dans la bobine créant ainsi une oscillation.

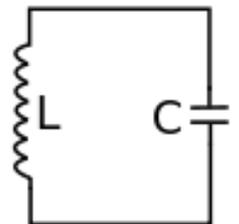


Figure 9 : Circuit LC

Viens ensuite l'amplificateur qui servira à amplifier d'avantage le courant comme expliquer précédemment.

Le signal est par la suite démodulé afin d'extraire le signal contenant les informations (modulant) à la porteuse ajouter lors de la modulation. Une fois démodulé le modulant est amplifié et atteint le haut-parleur du récepteur qui convertit le signal en onde sonore.

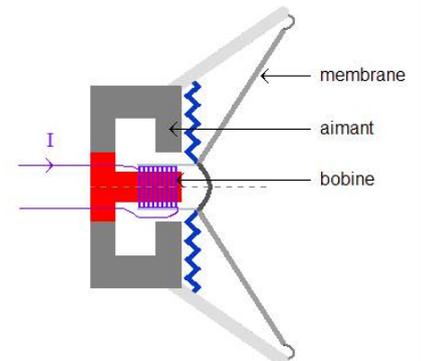


Figure 10 : Schéma composant haut-parleur

Il existe également deux types de démodulation.

### Démodulation AM

Cette démodulation se déroule en deux étapes.

La première étape a pour but de supprimer les tensions négatives de l'onde et de ne garder que la crête de celle-ci (circuit 1).

La deuxième étape consiste à éliminer les basses fréquences parasite avec un filtre passe haut (circuit 2).

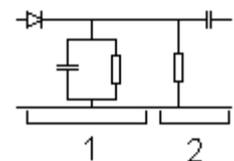


Figure 11 : Schéma démodulation AM

### Démodulation FM

Cette démodulation comporte aussi deux étapes.

## 2. GNU Radio : Qu'est-ce que c'est ?



*Figure 12 : Logo GNU Radio*

### 2.1. Présentation de GNU Radio

GNU Radio est un logiciel libre dédié à l'implémentation de radios logicielles et de systèmes de traitement de signal. Une radio logicielle est un récepteur et éventuellement un émetteur radio réalisé par un logiciel (ici GNU Radio).

Nous avons aussi d'autres logiciels permettant de démoduler des signaux comme SDR (Software Defined Radio).

Ce logiciel permet de simuler des systèmes de radio et donc il permet différents types de modulation (AM, FM, OOK ...). Il fonctionne grâce à un ordigramme qui contient une librairie complète de blocs de traitement qui peuvent être facilement combinés pour former des applications complexes de traitement de signal.

GNU Radio a été utilisé pour plusieurs applications radios, audio, les communications mobiles, le suivi des satellites, réseaux GSM etc. Le tout dans un logiciel informatique.

Pour donner un exemple, GNU Radio contrôle aujourd'hui la sonde spatiale International Cometary Explorer. Ce satellite lancé en 1978 par la NASA pour surveiller l'activité du Soleil s'est retrouvé sans station de pilotage à partir de 1999 vu que la NASA abandonna la mission. Le satellite avait néanmoins toujours du carburant c'est en 2014 qu'un groupe de scientifiques ont réussi à réactiver les projecteurs de la sonde grâce à GNU Radio en l'adaptant au protocole de communication utilisé par la sonde spatiale.

## 2.2. Fonctionnement de GNU Radio

GNU Radio fonctionne à partir de blocs interconnectés, il est possible de « fabriquer » un système radio à part entière. De nombreux blocs sont inclus dans le logiciel, notamment :

1. Des générateurs de signaux
2. Des modulateurs et démodulateurs
3. Des instruments de mesure (oscilloscope, FFT)
4. Les opérateurs mathématiques (à appliquer aux signaux)
5. Des filtres

Nous pouvons aussi si besoin créer éventuellement des blocs.

## 2.3. Exemple de blocs de traitement de signal



Ce bloc permet de générer un signal (sinus, cosinus, carré etc) et ses caractéristiques (fréquence, amplitude, offset).



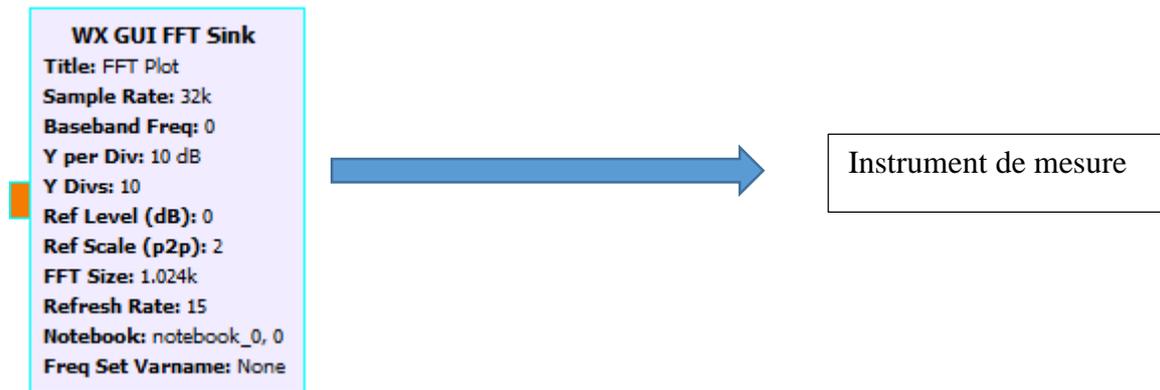
Ce bloc lui permet d'additionner plusieurs signaux (on peut additionner plus de 2 signaux en augmentant les entrées). Il existe aussi d'autres opérateurs mathématiques.



Ici, nous utilisons un filtre passe-bas sur lequel nous pouvons régler la fréquence de coupure, la vitesse à laquelle la pente descend lorsqu'elle atteint  $F_c$ , la fréquence d'échantillonnage etc.



L'un des blocs essentiels de notre projet. Celui-là nous permet de démoduler comme son nom l'indique les signaux modulés en amplitude. Nous pouvons aussi démoduler des signaux QAM, FM, OFDM, PSK etc.



Ce bloc nous permet de projeter nos valeurs numériques sur un graphe qui ressemble à un oscilloscope.

Comme exemple, nous allons créer un ordinogramme simple juste en juxtaposant ces 3 blocs.



Figure 13: Exemple d'ordinogramme

Le bloc Throttle permet de réduire le débit de données à la fréquence d'échantillonnage spécifiée afin d'économiser les ressources CPU.

En compilant, nous obtenons le graphe suivant :

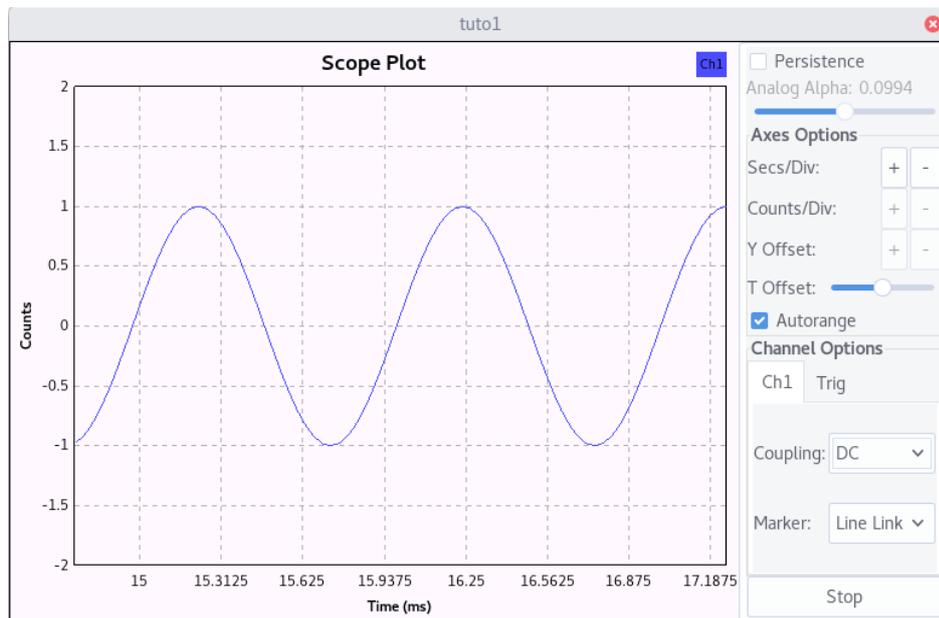


Figure 14 : Graphe généré par l'ordinogramme précédent

Nous pouvons bien voir le signal que nous venons de créer, un signal cosinusoidal dont l'amplitude est de 1 et la fréquence est de 1kHz.

Dans notre projet, nous allons étudier différentes modulations que nous allons faire en pratique et non avec les blocs de GNU Radio.

Pour cela, nous utiliserons une clé USB TNT DVB-T :



Figure 15 : clé USB TNT DVB-T

Cette clé nous servira de récepteur, elle nous permettra de réceptionner le signal modulé et de l'analyser ensuite à l'aide de GNU Radio.

## 3. Présentation projet

### 3.1. Introduction

Notre projet a pour but d'étudier différentes démodulations. Nous avons choisi de travailler sur les modulations de trois applications différentes :

- un talkie-walkie
- une clé de parking
- la radio FM

Chacune de ces applications utilise une modulation distincte : une modulation d'amplitude pour le talkie-walkie, une modulation de fréquence pour la clé de parking et une autre modulation de fréquence pour la radio FM. Ce qui nous permettra de travailler sur trois signaux.

Pour étudier ces modulations, nous n'utiliserons pas de récepteur classique qui effectuera la démodulation, comme expliqué en partie 1. Nous travaillerons avec un logiciel libre de « radio logicielle » (en anglais SDR pour Software Defined Radio) : GNU Radio.

Pour capter les signaux nous utilisons une clé USB TNT DVBT. Le spectre de cette clé allant de 20MHz à 1800MHz, nous la détournons de son usage principal (qui est de capter la TNT) pour capter les signaux qui nous intéressent : le talkie-walkie (433MHz), la télécommande de parking (870MHz) et la radio FM (87 MHz à 108MHz).

### 3.2. Démodulation de signal AM

#### Démodulation par détection d'enveloppe

La démodulation par détection d'enveloppe est la démodulation AM la moins précise mais la plus facile à mettre en œuvre. En effet, son circuit est composé de composants électroniques basiques : une diode, une résistance et un condensateur.

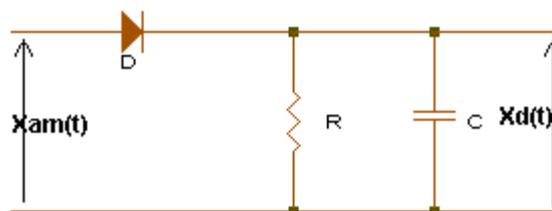


Figure 16 : Schéma démodulation par détection d'enveloppe

Cette démodulation utilise donc l'effet du circuit « RC » (pour résistance – condensateur). Il agit comme un filtre passe bas et permet de récupérer signal porteur de l'information transmise (appelé porteuse).

## Démodulation par détection synchrone

La démodulation par détection synchrone utilise un circuit légèrement plus compliqué que celle par détection d'enveloppe.

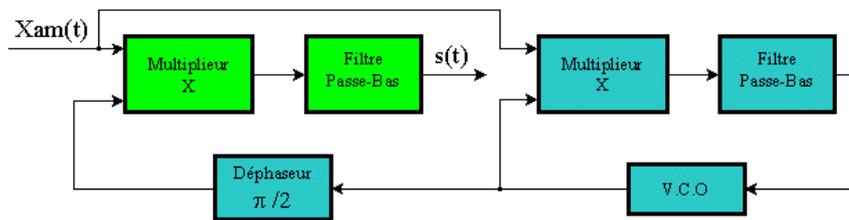


Figure 17 : Schéma démodulation par détection synchrone

Dans ce cas-là, le signal modulé est multiplié par un signal généré par un oscillateur local ayant la même fréquence et la même que lui. Un filtre passe bas est ensuite utilisé pour éliminer les raies inutiles créés par la multiplication des deux signaux.

## Démodulation avec GNU Radio

Sous GNU radio, pour traiter le signal du talkie-walkie, nous nous basons sur la technique de démodulation par détection synchrone. Plus compliquée à faire en vraie, son implémentation est simplifiée par l'usage de GNU Radio.

Nous obtenons un ordiogramme ayant la forme suivante :

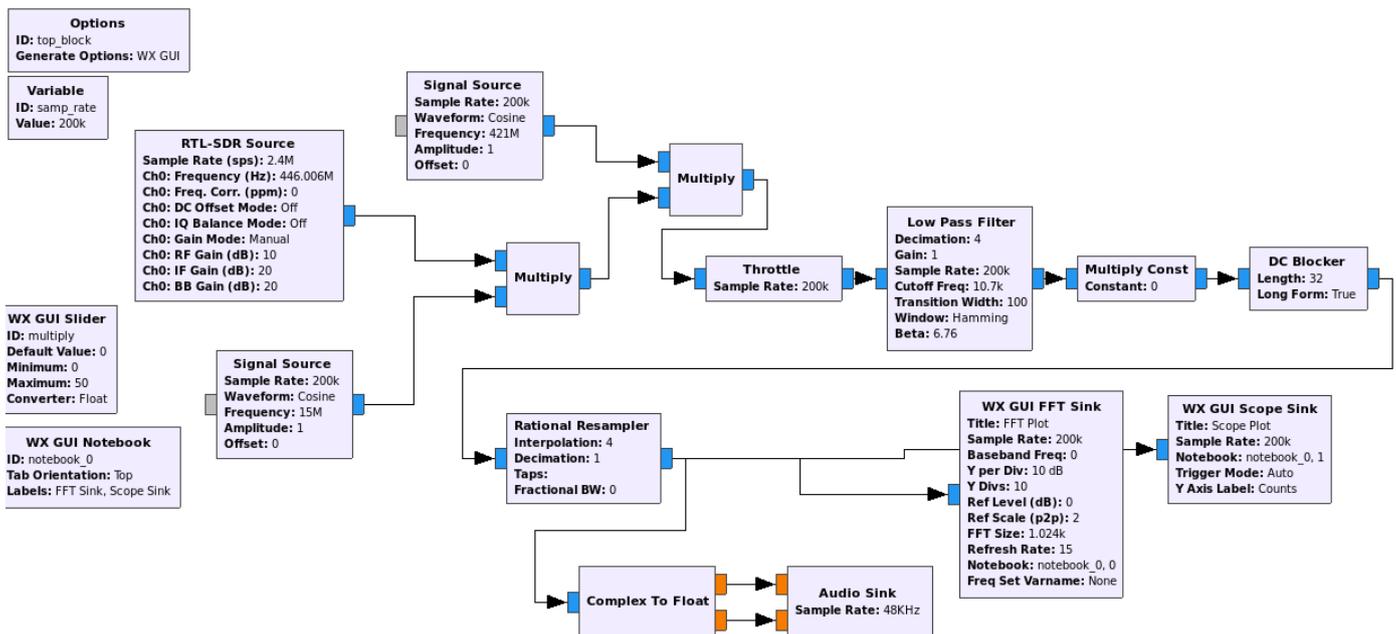


Figure 18 : Démodulation du Talkie-Walkie

Comme pour la démodulation synchrone, nous y retrouvons un multiplicateur et un filtre passe bas (ici : DC Blocker).

## Table des illustrations

Figure 1: Radio analogique .....	5
Figure 2 : Schéma transmission radio simplifié .....	5
Figure 3: Talkie-Walkie .....	6
Figure 4 : Schéma conversion microphone .....	6
Figure 5 : Schéma fonctionnement émetteur.....	6
Figure 6 : Schéma modulation d'amplitude.....	7
Figure 7 : Schéma modulation de fréquence .....	7
Figure 8 : Schéma fonctionnement récepteur.....	8
Figure 9 : Circuit LC .....	8
Figure 10 : Schéma composant haut-parleur.....	8
Figure 11 : Schéma démodulation AM .....	8
Figure 12 : Logo GNU Radio.....	9
Figure 13: Exemple d'ordinogramme .....	11
Figure 14 : Graphe généré par l'ordinogramme précédent .....	12
Figure 15 : clé USB TNT DVB-T .....	12
Figure 16 : Schéma démodulation par détection d'enveloppe.....	13
Figure 17 : Schéma démodulation par détection synchrone .....	14
Figure 18 : Démodulation du Talkie-Walkie .....	14

## Sitographie

- Modulations, Télécommunications  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation\\_du\\_signal](https://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_du_signal)
- Fonctionnement GNU Radio  
<http://www.uvic.ca/engineering/ece/>
- Caractéristiques Talkie-Walkie  
<http://imagesnew.cdiscount.com/ImagesCNET/>
- Manuel Talkie-Walkie  
<https://www.manualslib.com/manual/474611/Motorola-Tlkr-T4>
- Informations Modulation/Démodulation  
[http://denis.michaud.free.fr/cd\\_meteosat/pages\\_HTML/Electronique/demodAM/hf/modulation/modulation.htm](http://denis.michaud.free.fr/cd_meteosat/pages_HTML/Electronique/demodAM/hf/modulation/modulation.htm)  
[https://www.sonelec-musique.com/electronique\\_bases\\_tx\\_rx.html](https://www.sonelec-musique.com/electronique_bases_tx_rx.html)