

Projet : Etude d'un système de radiodiffusion FM (Modulation de fréquence)

Dans le cadre de ce projet, nous allons découvrir un système de transmission utilisant la modulation de fréquence (FM). Nous allons également effectuer des mesures pour une première caractérisation.

Introduction

Lors des séances encadrées de la SAE 13, nous avons étudié le principe général de la transmission de signaux audio (parole, musique, sons divers) en modulation de fréquence (FM). Cette technique est encore très utilisée de nos jours même si elle est progressivement remplacée par la radiodiffusion numérique (DAB+).

Sur le lien suivant, vous trouverez la liste des radios émettant sur la bande FM dans la ville de Béziers.

<https://www.commune-mairie.fr/radio/beziers-34032/>

Partie 1

- 1- Rechercher sur le document (fourni) de l'ANFR présentant le spectre des fréquences, les limites de la bande de radiodiffusion FM. Donner la fréquence minimale et la fréquence maximale de cette bande.
- 2- Vérifier que toutes les fréquences émises dans la ville de Béziers sont bien comprises entre les deux limites de la bande FM.
- 3- Rappeler le principe de l'émission FM.
- 4- Expliquer comment fonctionne un récepteur FM.
- 5- Réaliser un schéma général résumant un système de radiodiffusion FM et montrant notamment l'allure des différents signaux qui y transitent.
- 6- Supposant que la station « RadioSAE13 » émette sur la fréquence 90 MHz. Quelle est la longueur idéale d'une antenne verticale pour une bonne adaptation et une bonne écoute ?

Partie 2

Dans cette seconde partie, nous allons réaliser des expérimentations de transmission de signaux en utilisant le principe de la modulation de fréquence. Nous allons donc réaliser notre propre station de radiodiffusion FM. **Attention ! L'émission de signaux radio n'est permise qu'après avoir obtenu une autorisation des autorités compétentes.** Nos expérimentations utiliseront un matériel produisant des signaux de très faible puissance ayant une portée ne dépassant pas les limites de la salle de TP.

Nous utiliserons un module d'émission/réception Adalm Pluto d'Analog Devices. Ce dernier se connecte à un ordinateur à l'aide d'un câble USB.



Module d'émission / réception Adalm Pluto fabriqué par Analog Devices.

Pour pouvoir utiliser ce module dans nos expérimentations, nous aurons besoin de logiciels et de drivers adaptés. Il existe plusieurs logiciels permettant de s'interfacer avec l'Adalm Pluto. Pour ce projet, nous utiliserons l'environnement GNURadio qui est un logiciel libre et open source pour le traitement des signaux et la radio logicielle.

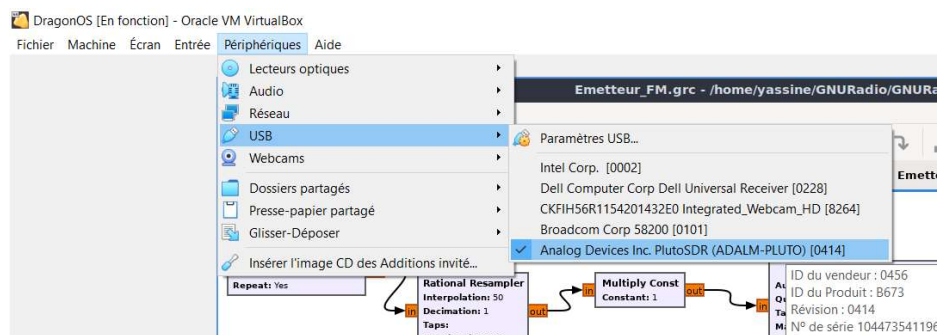
Par souci de simplification et pour gagner du temps, nous utiliserons une VM sur laquelle les outils logiciels ainsi que tous les drivers requis ont été préinstallés.

Pour votre projet, il convient donc de lancer Virtual Box et de charger la VM : DragonOS_Focal_PublicR17 qui se lancera en mode Live CD.

Choisir un clavier français (par défaut, le clavier est en anglais).

Choisir une résolution d'écran plus grande afin de pouvoir travailler dans des conditions confortables.

Après avoir branché votre Adalm Pluto à l'aide d'un câble USB, il faudra le capturer dans votre VM afin que l'environnement GNURadio puisse l'utiliser.



Capture de l'Adalm Pluto dans la machine virtuelle

Ouvrir le fichier « Emetteur_FM.grc ». Ce fichier contient un diagramme complet permettant de réaliser une modulation de fréquence et de transmettre les signaux à l'Adalm Pluto qui émettra ces signaux sous forme d'ondes électromagnétiques. Un récepteur standard de radiodiffusion FM pourra alors recevoir et démoduler ces signaux pour les écouter.

Le diagramme de l'émetteur est représenté sur la figure ci-dessous. Chaque bloc à une fonction particulière. Les paramètres de chaque bloc peuvent être modifiés en effectuant un double-clic sur le bloc en question.

A l'aide du bloc « Wav File Source », vous pouvez choisir le fichier sonore (au format .wav) à transmettre. Deux fichiers wav vous sont fournis : « 12345.wav » qui est un enregistrement d'une personne prononçant les chiffres de 1 à 5 et « DTMF.wav » contenant des sons DTMF (ceux utilisés pour les numéros de téléphone). Bien entendu, vous pouvez utiliser vos propres enregistrements (par exemple en vous enregistrant à l'aide du logiciel libre Audacity).

Le bloc WBFM correspond au modulateur FM. Il fournit des signaux modulés en fréquence.

La fonction de chaque bloc est indiquée dans le commentaire en dessous de chaque bloc.

La fréquence d'émission est fixée dans le bloc « PlutoSDR Sink » qui représente le module Adalm Pluto. Dans l'exemple du diagramme, l'émission se fera sur la fréquence 103.1 MHz.

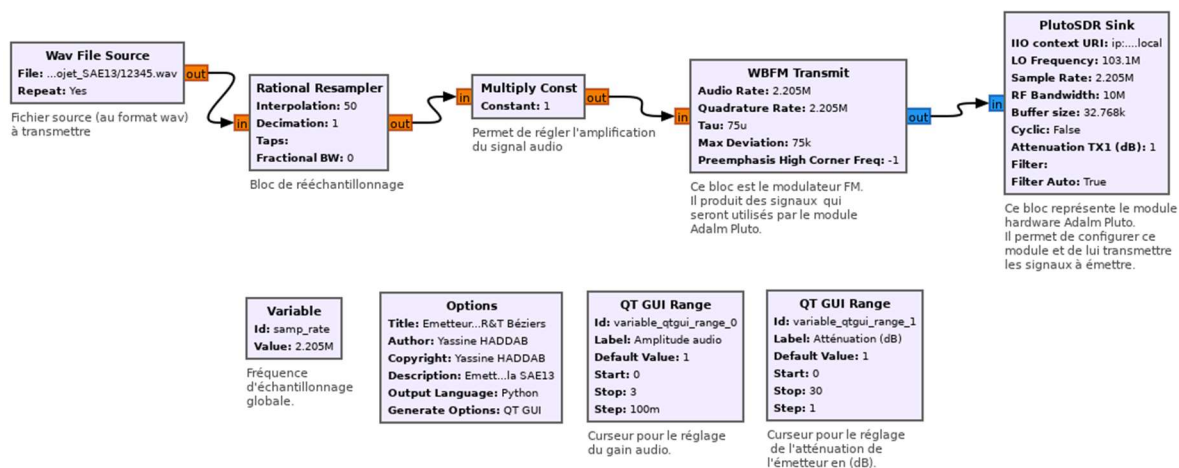
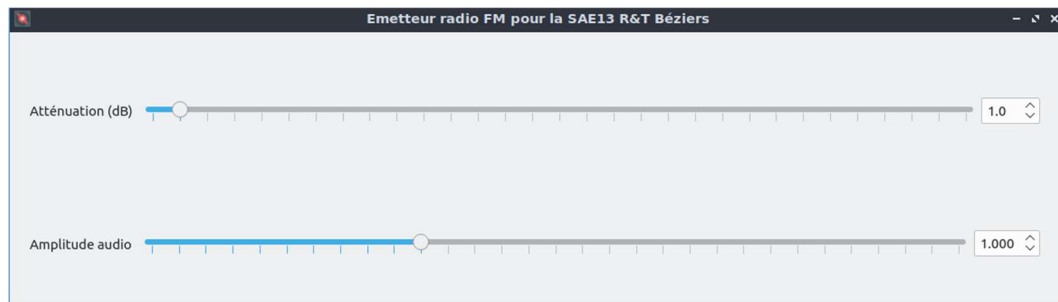


Diagramme complet de l'émetteur FM

Travail à effectuer :

- 1- Charger un fichier wav à transmettre.
- 2- Déterminer une fréquence libre dans la bande FM et configurer le bloc « PlutoSDR Sink » pour émettre sur cette fréquence. Pour déterminer une fréquence libre, vous pouvez emprunter un récepteur radio ou utiliser votre propre récepteur FM si vous en possédez un.
- 3- Régler le récepteur FM sur la même fréquence.
- 4- Exécuter le diagramme et vérifier à l'aide du récepteur radio que vous entendez le fichier émis (posez le récepteur très près de l'antenne de l'émetteur de l'Adalm Pluto (notée TX)).
- 5- Eloignez le récepteur et déterminez la portée de l'émetteur (c'est-à-dire la limite de distance à partir de laquelle le signal audio n'est plus audible).
- 6- Lors de l'exécution de votre diagramme, deux curseurs de réglage apparaissent. L'un noté « Amplitude Audio » et le second est noté « Atténuation (dB) ».



Interface du diagramme en cours d'exécution

- 7- Positionnez le récepteur à proximité de l'émetteur de sorte que le signal audio soit bien audible. Faire varier le curseur « Amplitude Audio » et décrire ce que vous constatez.
- 8- Identifier, dans le diagramme, à quel endroit agit ce curseur.
- 9- Mettre le curseur « Amplitude Audio » à sa valeur maximale puis faites varier le curseur « Atténuation (dB) ». Ce dernier contrôle le niveau d'atténuation en dB de l'étage de puissance de l'émetteur. Il contrôle donc la puissance d'émission. Tracer alors la courbe donnant la distance maximale de transmission (la portée de l'émetteur) en fonction de l'atténuation. Pour cela effectuer des expérimentations à l'aide d'un récepteur radio.
- 10- Décrire, le plus clairement possible, la liaison radio FM que vous venez d'établir (portée maximale, perception du bruit, qualité de la liaison, etc.)

Partie 3 : Analyse des compétences acquises

Vous venez d'effectuer des essais vous permettant d'établir une liaison radio sur la bande FM ! Bravo. Il est temps, à présent, de prendre du recul sur votre travail et de faire le bilan des compétences acquises.

- 1- Décrire de manière claire ce que vous avez appris au cours de ce projet (compétences).
- 2- Décrire les éléments que vous n'avez pas bien compris ou que vous aimeriez maîtriser.
- 3- N'oubliez pas d'alimenter votre portfolio !