

Sensibilisation à l'approche fréquentielle du signal

Auteur
Jean-René Tredez
IUT de Béthune

+33 6 66 14 83 30
Jrene.tredez@univ-artois.fr

Résumé.

Cet article présentera des travaux pratiques réalisés avec une clé TNT RTL-SDR (avec tuner R820T2) et le logiciel GNU-radio.



La clé coûte moins de 20€ et GNU-Radio est une suite logicielle libre et gratuite.

But

L'objectif de ces TP est de sensibiliser les étudiants aux notions de « Spectre d'un signal », « Echantillonnage » et aussi de tenter d'établir un lien entre l'informatique via le logiciel GNURadio qui est écrit en C++ et en Python et l'aspect télécommunication via la clé RTL-SDR.

Module R&T

Si on considère l'ordre des modules M1107 ...M2108-1... M1108 Ces TP se placent en début de M1108.

Matériel utilisé.

Au minimum : Un ordinateur fonctionnant sous Linux (ubuntu) GNU-Radio-Compagnon étant installé et bien sûr une clé RTL-SDR (L'ordinateur possède une carte son et un casque audio peut être utile)

Optionnel :

- Utiliser GQRX (installé sur ubuntu)
- Utiliser d'autres logiciels sous windows (SDR Sharp)
- Utiliser de « vrais » analyseurs de spectre pour comparer.

Mots-clés

RTL-SDR ; GNU-Radio ; GRC ; Analyseur de spectre ; Spectrum Analyser ; .

1. Présentation.

Personnellement, j'aurais eu tendance à négliger un logiciel tel que GQRX, en effet celui-ci ne demande aucune connaissance technique. Je pense avoir eu tort, je m'en suis rendu compte en discutant avec des étudiants et finalement, je pense que commencer avec un logiciel tel que GQRX est incontournable.

Le plan sera donc le suivant :

1. GQRX ou SDR Sharp
2. Prise en main de GNU-Radio, échantillonnage
3. Utilisation d'un RTL-SDR, vérification de l'installation

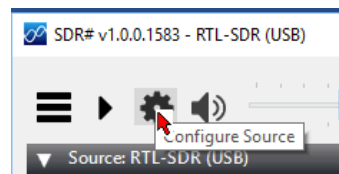
4. Le bloc RTL-SDR source, un peu de théorie
5. Exploration de la bande FM commerciale avec GNU-Radio
6. Démodulation FM mono
7. Démodulation FM stéréo
8. La téléphonie GSM (2G)
9. L'ADS-B et l'ACARS

1.1 GQRX ou SDR Sharp

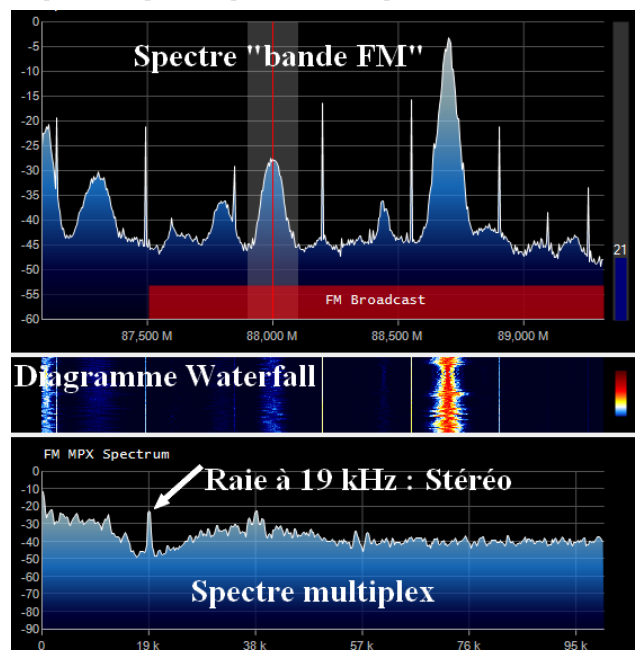
Dans ce bref résumé, j'ai préféré dire deux mots de SDR-Sharp car fonctionnant sous windows, il n'est pas aussi simple que GQRX. En effet, il nécessite un driver USB particulier qui doit être installé avec ZADIG (fourni avec SDR-Sharp)

On lance l'installation du driver qui peut être longue, qui peut même être considérée comme échouée alors qu'elle s'est bien passée.

On vérifie que le composant est visible par SDR-Sharp

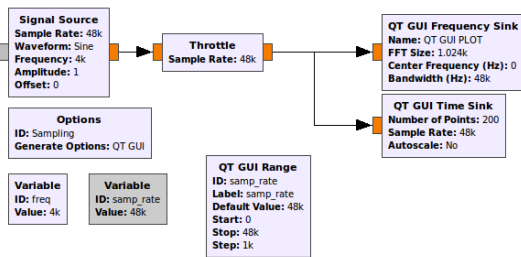


Le logiciel connaît le type de diffusion en fonction des bandes de fréquence, ici par exemple le début du spectre « FM »

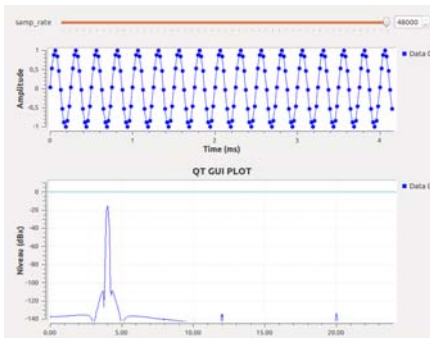


1.2 Prise en main de GRC, échantillonnage

Les premiers graphes ont pour but de découvrir les blocs de GRC et de voir les notions d'échantillonnage, de décimation et d'interpolation.



Ce premier graphe permet de voir le signal échantillonné et le spectre de la sinusoïde :



(la suite dans la version complète)

1.3 Utilisation d'un RTL-SDR, vérification de l'installation

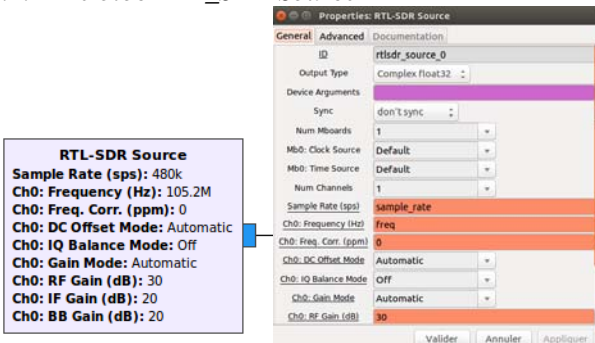
Dans une console, on peut exécuter `rtl_test` et `rtl_sdr`

`rtl_test` permet de voir que la clé est fonctionnelle, les différents gains possibles et la fréquence d'échantillonnage actuelle.

`rtl_sdr` permet d'écrire un fichier en précisant la fréquence (par exemple 88 MHz) et le nombre d'échantillons.

1.4 Le bloc RTL-SDR source, un peu de théorie

1.4.1 Le bloc RTL_SDR Source



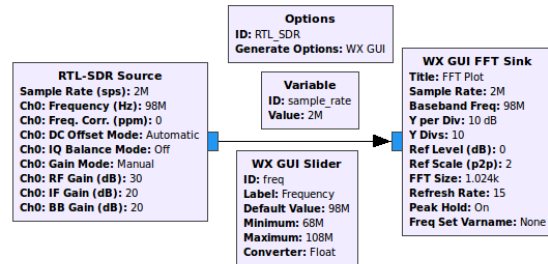
Exemple de configuration du bloc RTL_SDR source

1.4.2 Un peu de théorie

Le bloc RTL_SDR Source fournit le signal analytique ramené en bande de base ($I + jQ$). ça mérite évidemment quelques explications qui seront données dans la version complète.

1.5 Exploration de la bande FM commerciale avec GNU-Radio

Le graphe ci-dessous permet d'explorer la bande entre 68 et 108 MHz à l'aide d'un ascenseur (slider)



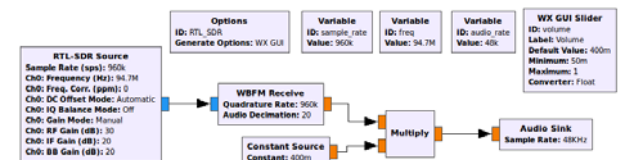
Les différentes stations peuvent être identifiées, par exemple avec : <https://www.frequence-radio.com/>

1.6 Démodulation FM mono la plus simple

La démodulation s'effectue avec le bloc WBFM Receive

La fréquence d'échantillonnage est égale à Sample_Rate

Le bloc Audio Sink fixe la fréquence de sortie de WBFM Receive à `audio_rate = 48 kHz`, on prend donc un coefficient « Audio Decimation » égal à 20 : $960k/20 = 48k$



1.7 Démodulation FM stéréo

Sera détaillé dans la version complète.

1.8 La téléphonie GSM (2G)

On peut par exemple lire un SMS après avoir récupéré le TMSI.

(Sera détaillé dans la version complète)

1.9 L'ADS-B et l'ACARS

Sera détaillé dans la version complète.

2. Webographie

Le guide du hobbyiste pour le RTL-SDR :

<https://www.surviveuk.com/wp-content/uploads/2016/07/The-Hobbyists-Guide-To-RTL-SDR-Carl-Laufer.pdf>

Introduction à la radio définie par logiciel (SDR) :

http://jmfriedt.free.fr/lm_sdr.pdf

L'environnement radio, de plus en plus difficile à protéger – OSSIR :

<https://www.ossir.org/jssi/jssi2014/jssi2014-oppida-radio.pdf>

Michaël Nicolas. Radio logicielle : analyse d'architectures matérielles et outils informatiques. Electronique. 2011. <dumas-00693426> : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00693426/document>