

TP2 - Etude expérimentales des filtres

Valentin Tugot

18 Décembre 2023

1 - Etude du passage d'un signal sinusoïdal à travers un filtre

1. Réalisation du filtre

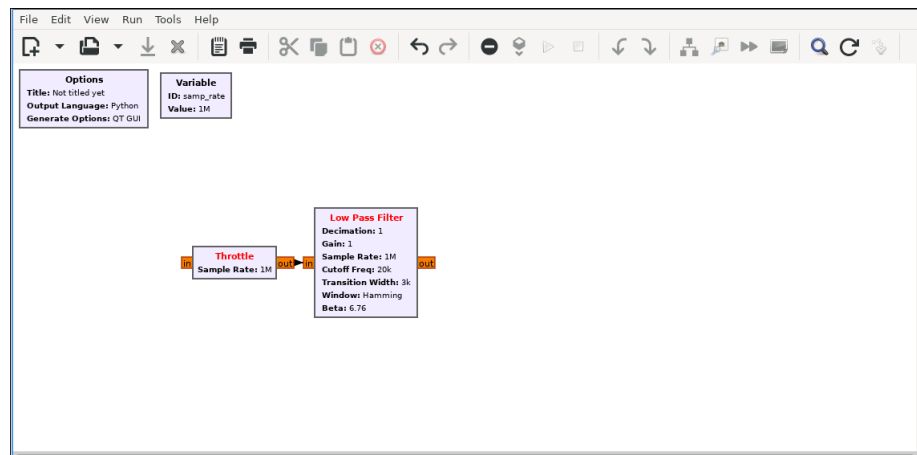


Figure 1: Filtre passe bas

Le filtre à une fréquence de coupure de 20kHz et une plage de transition à 3kHz.

2. J'ajoute un signal sinusoïdale de fréquence 1kHz

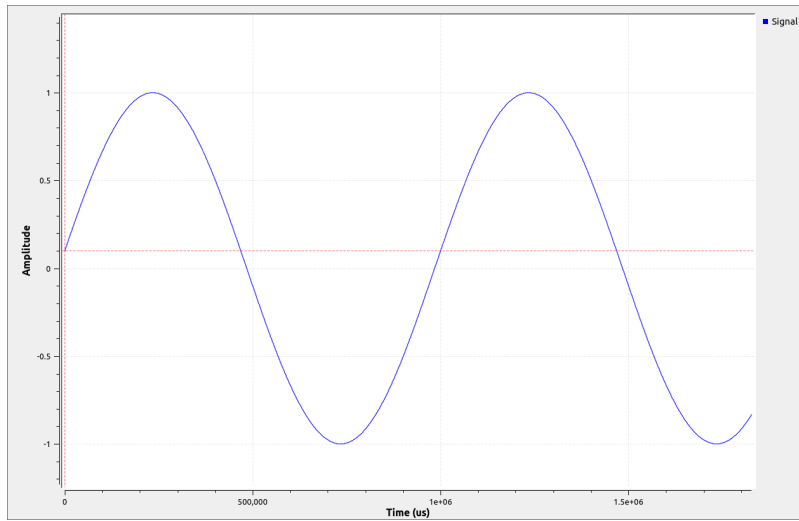


Figure 2: Signal observé

En sortie du filtre, on obtient un signal de forme sinusoïdale avec une amplitude de 1.

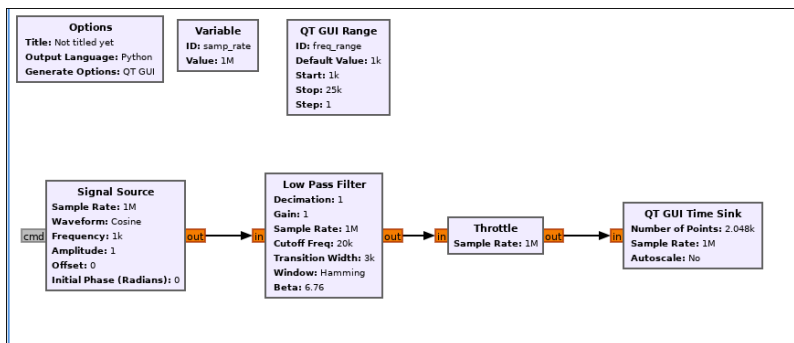


Figure 3: Schema bloc GNU Radio

3. Pour différentes fréquences du signal source:

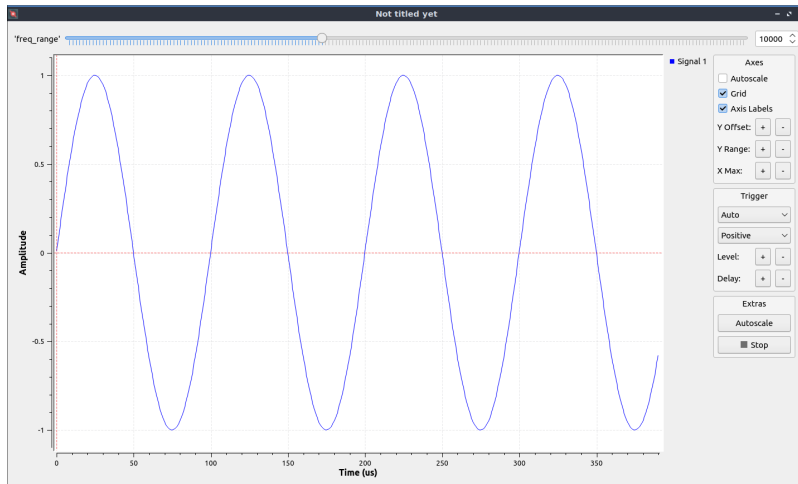


Figure 4: Signal observé à $f = 10kHz$

On a une amplitude de 1.

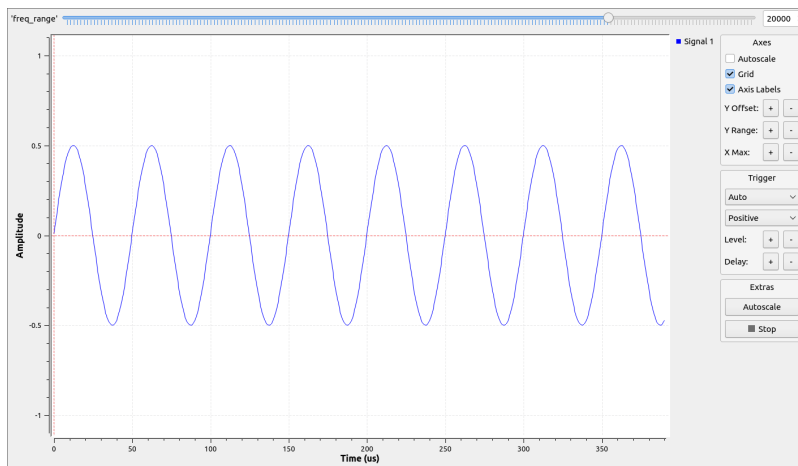


Figure 5: Signal observé à $f = 20kHz$

Le signal est à la fréquence de coupure du filtre, l'amplitude est désormais de 0.5.

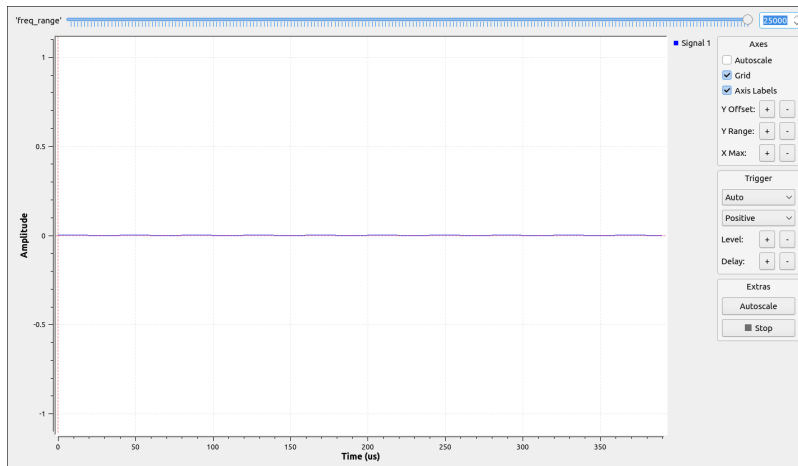


Figure 6: Signal observé à $f = 25kHz$

Aucun signal n'est observé en sortie. En effet, $25kHz > 20kHz$, le filtre ne laisse pas passer le signal.

4. Amplitude du signal en sortie à 20kHz

En sortie du filtre à 20kHz, l'amplitude du signal est de 0.5 (voir Figure 5). En effet, ce résultat est en adéquation avec nos attentes car lorsque l'on se trouve à la fréquence de coupure on perd un gain de 3dB, la puissance est divisé par 2 et l'amplitude divisé par $\sqrt{2}$.

5. Bloc Range

J'ai ajouté un bloc range pour les fréquences du signal en entrée et pour la plage de transition du filtre:

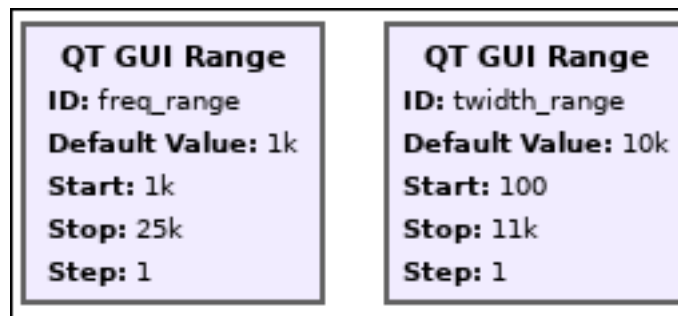


Figure 7: Sliders configurés

6. Etude de la plage de transition

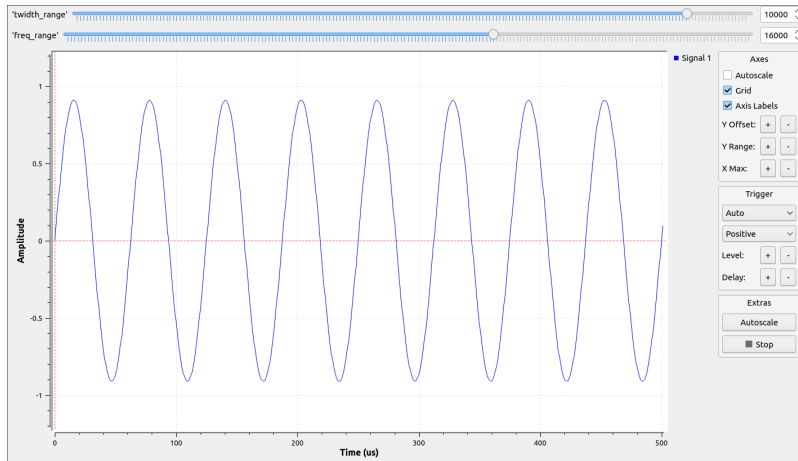


Figure 8: Signal à 16kHz

Pour un signal à 16kHz et une plage de transition à 10kHz, je remarque que l'amplitude du signal diminue déjà. Alors que, lorsqu'elle était configuré à 3kHz, il fallait être proche des 20kHz (19kHz par exemple) pour voir l'amplitude du signal diminué.

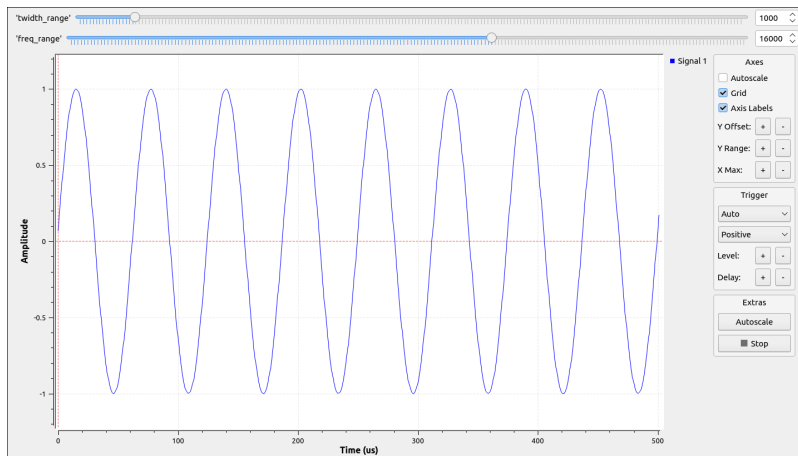


Figure 9: Signal à 16kHz, Plage de transition à 1kHz

On remarque que si la plage de transition vaut 1kHz pour ce même signal, l'amplitude reste à 1 et n'a pas encore commencé à diminué.

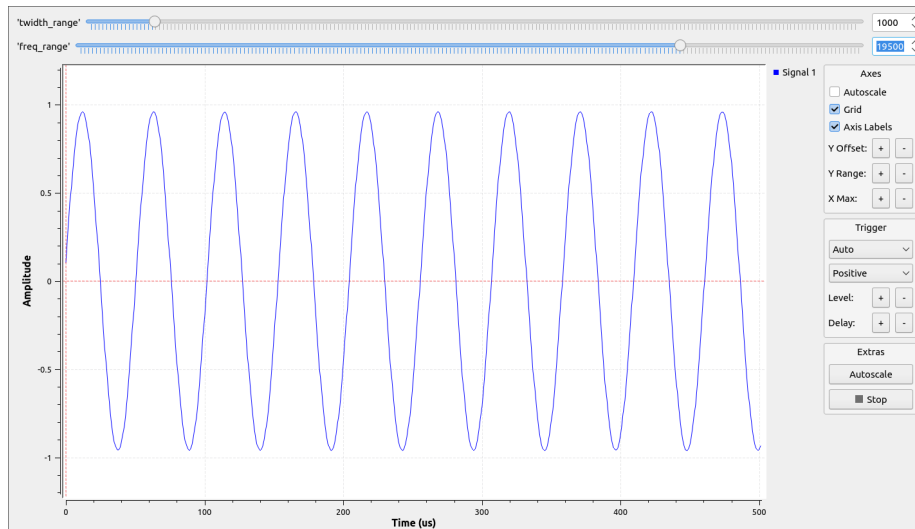


Figure 10: Signal à 19.5kHz, Plage de transition à 1kHz

En revanche, pour un signal à 19.5kHz, on remarque que l'amplitude commence à diminuer (elle n'est plus égale à 1). J'en déduis que plus la plage de transition est grande plus le filtre va couper rapidement. Mais, si la plage de transition est faible, le filtre coupera très proche de sa fréquence de coupure on aura une coupure nette.

7. Etude d'un filtre passe bande

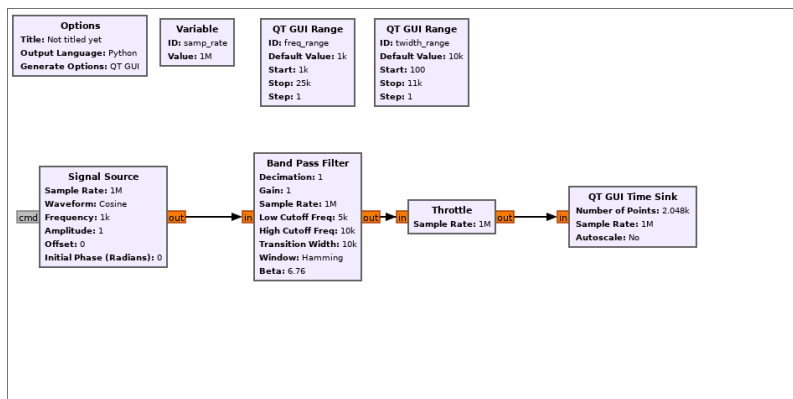


Figure 11: Schema Bloc GNU Radio (Passe Bande)

J'étudie le comportement de mon signal à travers un filtre passe bande laissant passer les signaux entre 5kHz et 10kHz.

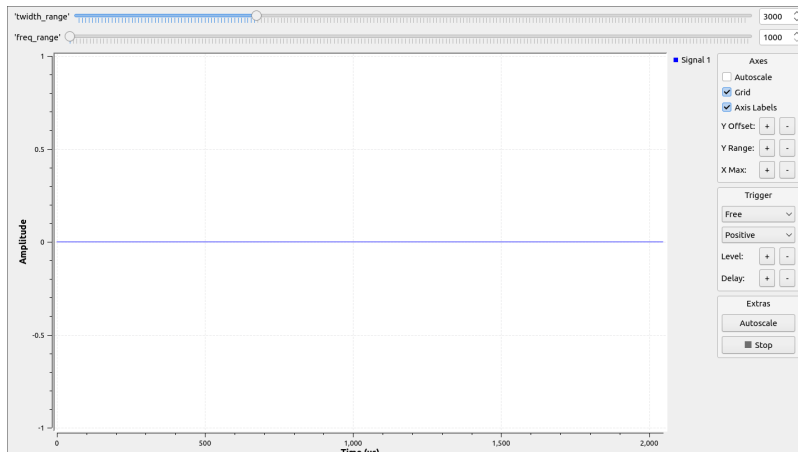


Figure 12: Signal à 1kHz, Plage de transition à 3kHz

On remarque qu'aucun signal ne passe, c'est normal $1\text{kHz} < 5\text{kHz}$ (fréquence de coupure basse du filtre).

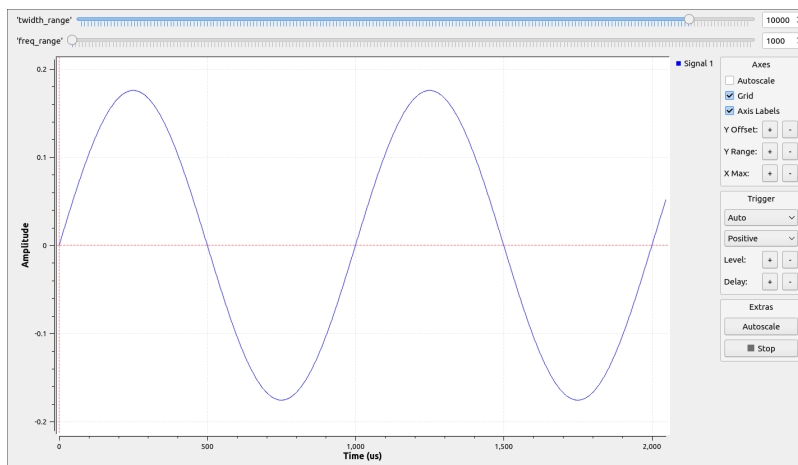


Figure 13: Signal à 1kHz, Plage de transition à 10kHz

En revanche, si je change la fréquence de coupure à 10kHz, je remarque que j'obtiens un signal en sortie de mon filtre. Ce signal a une amplitude de 0.18.

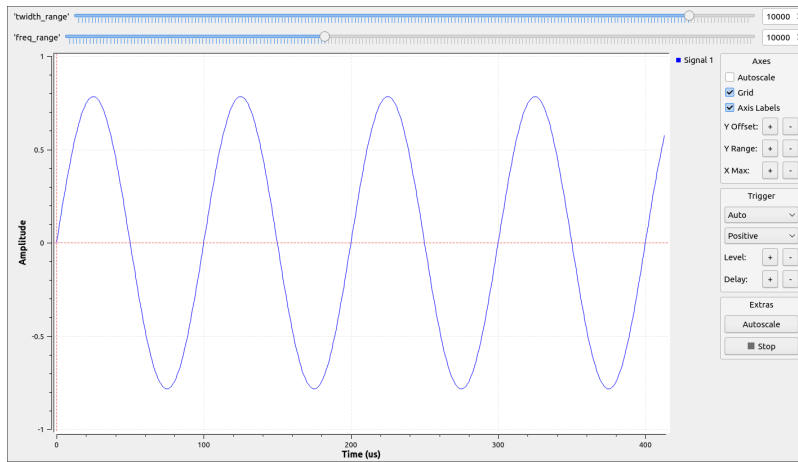


Figure 14: Signal à 10kHz, Plage de transition à 10kHz

On obtient un signal avec 0.7 d'amplitude, le signal étant à la fréquence de coupure, l'amplitude diminue assez lentement à cause de la plage de transition élevée.

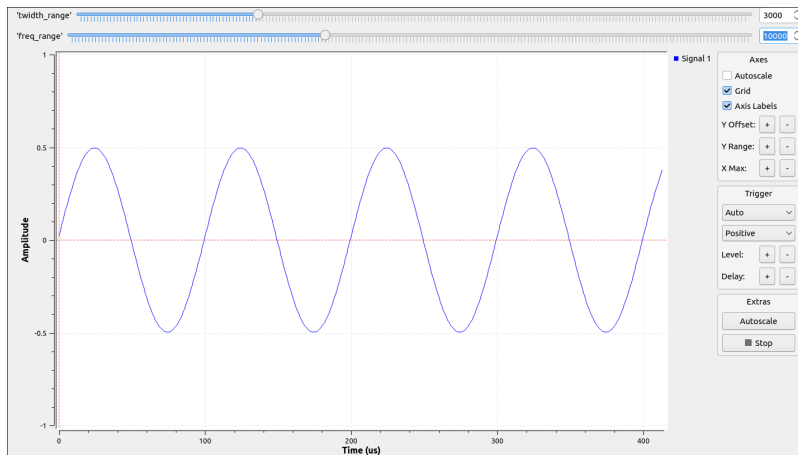


Figure 15: Signal à 10kHz, Plage de transition à 3kHz

On obtient un signal avec 0.5 d'amplitude. Ici la diminution de l'amplitude est bien plus rapide, la coupure du filtre étant plus nette lorsque la plage de transition est faible.

8. Combinaison de filtre

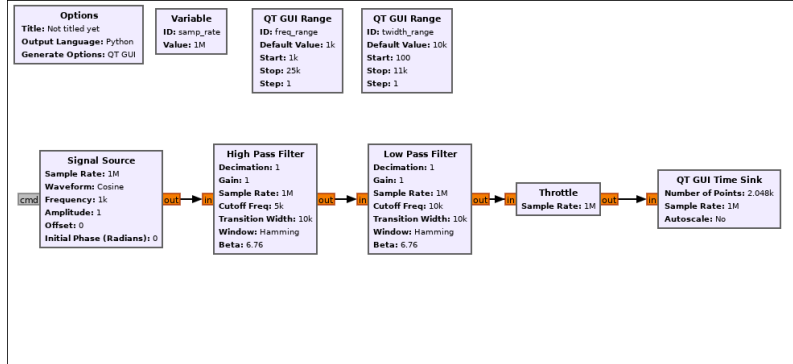


Figure 16: Schema GNU Radio (Combinaison de filtre)

J'ai réalisé le même filtre passe-bande utilisé précédemment mais cette fois-ci en additionnant 2 filtres en série (Laisse passer entre 5kHz et 10kHz). Pour réaliser ce filtre, j'ai d'abord un filtre passe haut avec une fréquence de coupure de 5kHz pour laisser passer tout les signaux supérieurs à 5kHz puis un filtre passe bas avec une fréquence de coupure de 10kHz qui empêche les signaux supérieur à 10kHz de passer.

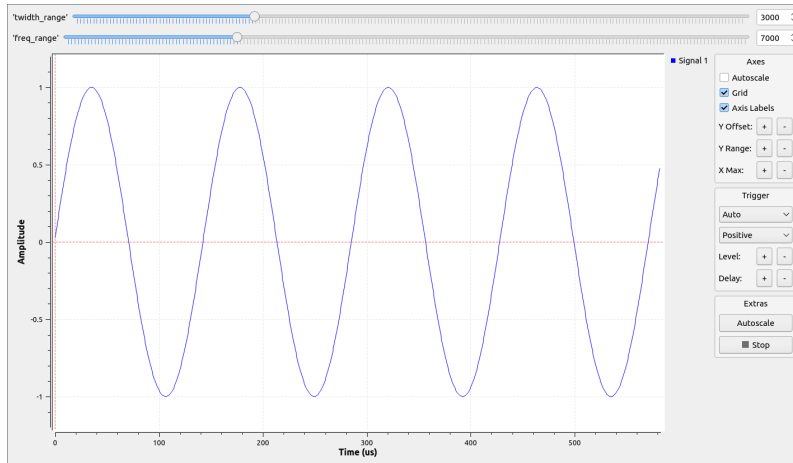


Figure 17: Signal à 7kHz, Plage de transition à 3kHz

On reçoit un signal à 1 d'amplitude, c'est normal puisque $5\text{kHz} < 7\text{kHz} < 10\text{kHz}$, la fréquence du signal est bien au milieu des 2 fréquences de coupure donc le signal passe entièrement.

2- Caractérisation d'un filtre à l'aide d'une source de bruit blanc

9. Génération du bruit

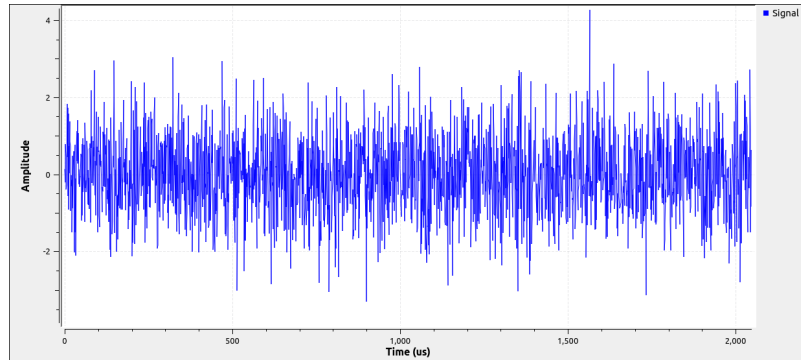


Figure 18: Evolution temporelle de l'amplitude

On remarque que l'évolution de l'amplitude au cours du temps pour le bruit blanc est totalement aléatoire avec certains pics bien plus haut ou plus bas que les autres.

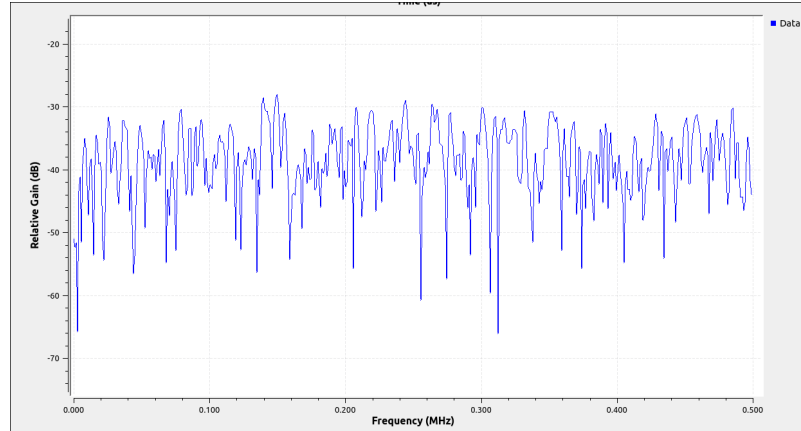


Figure 19: Evolution temporelle de la fréquence

De même pour l'évolution fréquentielle du signal, avec du bruit blanc on a des fréquences aléatoires sur le spectre.

10. Etude du filtre passe bas

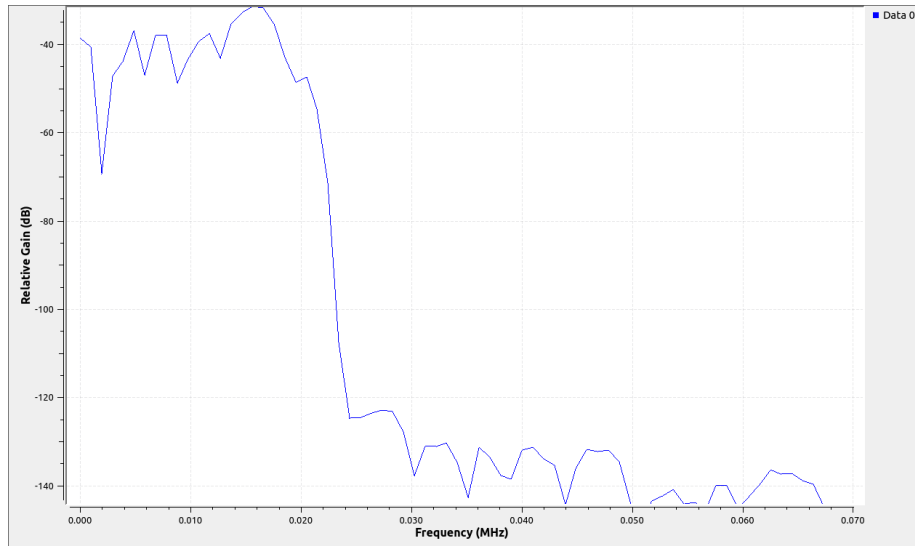


Figure 20: Evolution fréquentielle du signal après le filtre

On remarque que les fréquence entre 0 et 20kHz peuvent très bien passé. Néanmoins, on remarque une coupure nette avec une chute rapide du spectre au alentour de 20kHz cela se caractérise par la plage de transition faible (100hZ) appliqué à ce filtre.

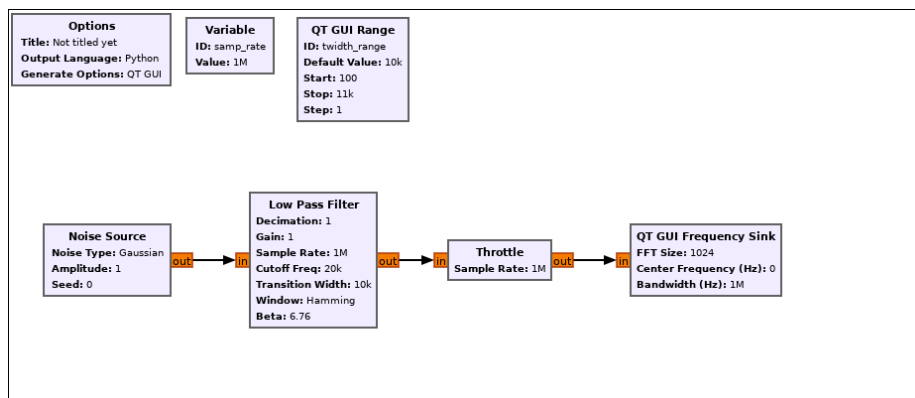


Figure 21: Schema Bloc GNU Radio (Filtre + Bruit)

11. Changement de plage de transition

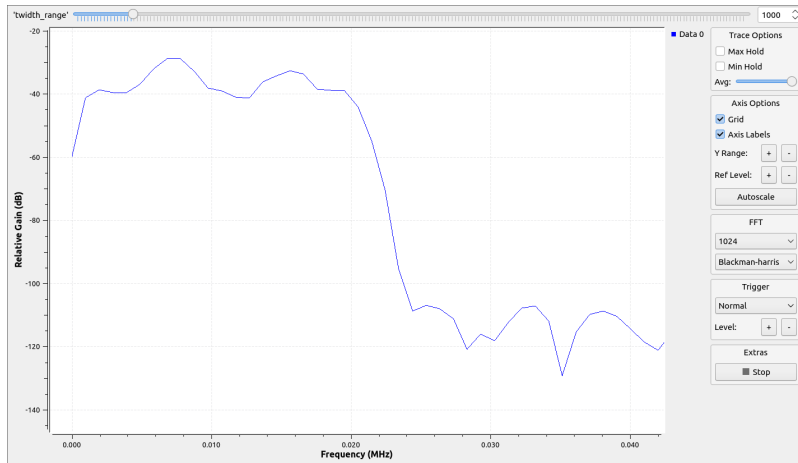


Figure 22: Spectre fréquentielle du bruit avec plage de transition à 1kHz

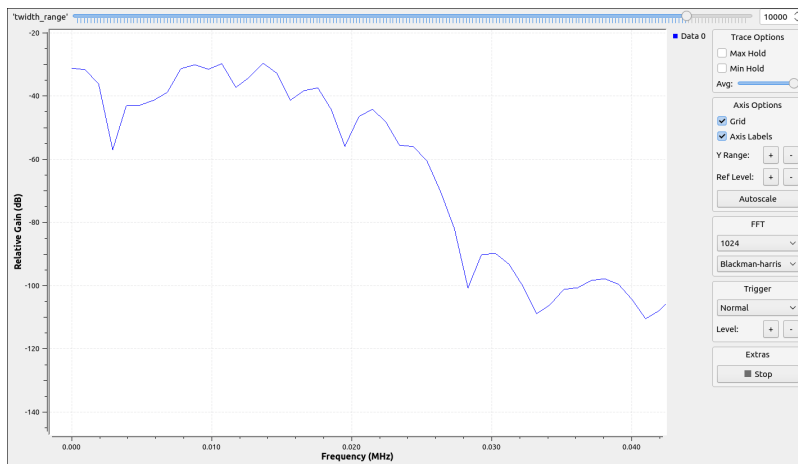


Figure 23: Spectre fréquentielle du bruit avec plage de transition à 10kHz

On remarque que pour la plage de transition à 1kHz on a le spectres qui diminue d'un coup autour de la fréquence de coupure. Alors que lorsque la plage de transition est à 10kHz, le spectres diminue bien plus lentement et autour de 24kHz.

12. Etude sur un filtre passe bande

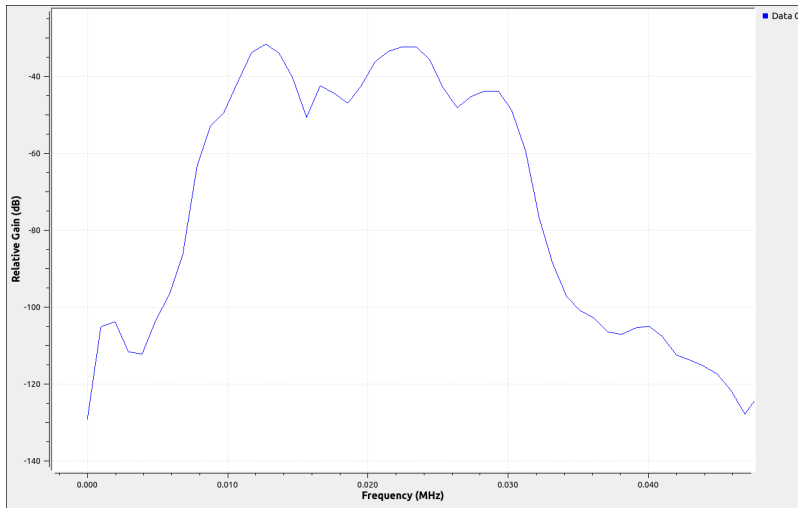


Figure 24: Spectre fréquentielle en sortie du filtre passe bande

J'ai mis un filtre passe bande laissant passer uniquement entre 10kHz et 30kHz, ici j'ai une plage de transition de 3kHz, on voit bien autour de 10kHz et 30kHz une diminution du spectre rapide montrant bien que les fréquences comprises dans cet intervalle passent.

13. L'inconvénient des transitions abruptes

En pratique, le principal inconvénient des transitions abruptes d'un filtre c'est la demande en puissance de calcul dans le cas de transmission SDR par exemple. Ou pour des transmissions analogiques, il faudra bien plus de composants pour réaliser un filtre avec une telle transition.

3- Réalisation d'un equalizer

14. Réalisation du diagramme de flux de l'equalizer

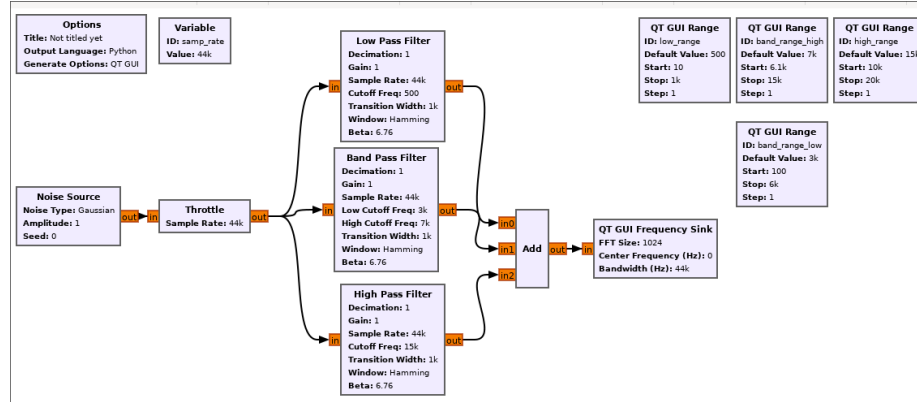


Figure 25: Schema GNU Radio de l'equalizer

Les différents filtres sont placés en parallèle grâce au bloc addition. On peut les régler avec différents curseurs.

15. Analyse de l'équalizer

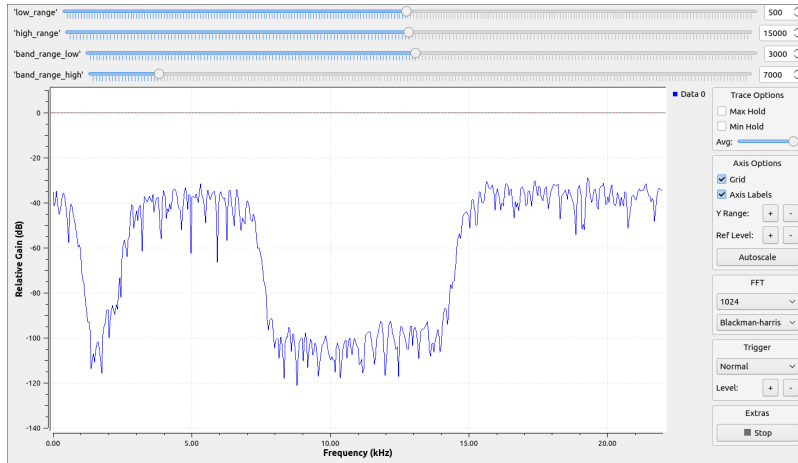


Figure 26: Spectre fréquentielle du bruit en sortie de l'equalizer

Pour obtenir ce spectre on a pour le filtre passe bas $f_c = 500\text{Hz}$, pour le passe bande $f_{c1} = 3\text{kHz}$ et $f_{c2} = 7\text{kHz}$ et pour le filtre passe haut on a $f_c = 15\text{kHz}$.