

TP : Etude expérimentale des filtres

Introduction

Dans les systèmes de télécommunication, les filtres jouent un rôle essentiel. Ils permettent, par exemple, de sélectionner un canal, de limiter l'effet du bruit ou encore d'offrir une bonne sélectivité lors des transmissions de données. Dans les télécoms, les signaux sont utilisés pour transporter des informations. La notion de signal est étroitement liée à la notion de « système » dont les filtres font partie. Lorsqu'un signal traverse un filtre, il en ressort modifié. Il est important d'étudier le comportement du filtre pour prédire son effet.

Dans ce TP, nous utiliserons l'environnement GNURadio afin de mettre en pratique le concept de filtrage.

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

Dans cette partie, nous allons étudier l'effet du passage d'un signal sinusoïdal à travers un filtre.

- 1- Réaliser sous GNURadio, un filtre passe-bas « **Low Pass** » dont la fréquence de coupure est de 20 kHz et la plage de transition de 3 KHz. On choisira une fréquence d'échantillonnage globale de 1 MHz. Ne pas oublier le bloc « **Throttle** ».
- 2- Appliquer à l'entrée de ce filtre un signal sinusoïdal de fréquence 1 KHz et observer la sortie du filtre. Quel est la forme du signal en sortie du filtre ? Mesurer son amplitude.
- 3- Refaire la question précédente avec un signal sinusoïdal de fréquence 10 KHz, 18 KHz, 20 KHz et 25 KHz. Que constatez-vous ?
- 4- Quelle est l'amplitude du signal de sortie à la fréquence de 20 KHz ? Est-elle conforme à vos attentes ? Expliquer.
- 5- Utiliser à présent un curseur « **QT Gui Range** » pour faire varier la fréquence du signal d'entrée de manière interactive.
- 6- Comparer les résultats obtenus avec une plage de transition de 10 KHz, 1 KHz puis 100 Hz. Commentez.
- 7- Tester le comportement d'autres filtres (passe-haut, passe-bande et réjecteur de bande (blocs **High Pass**, **Band Pass** et **Band Reject**).
- 8- Vous pouvez également tester des combinaisons de plusieurs filtres (par exemple deux filtres en série).

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

La caractérisation du comportement d'un filtre à une fréquence donnée peut être réalisée en appliquant à son entrée, un signal sinusoïdal à cette fréquence et en relevant le signal disponible à sa sortie (c'est ce que nous avons fait dans la partie précédente). Afin de caractériser complètement un filtre, il convient de recommencer l'expérimentation à diverses fréquences (balayage de toutes les

fréquences) ce qui peut être long et fastidieux. Dans cette partie, nous mettrons en œuvre un procédé de caractérisation rapide fondé sur l'utilisation d'un bruit blanc.

Un bruit blanc est un signal très utilisé en télécommunications. Sa caractéristique principale est le fait que son spectre d'amplitude est continu et « plat » (amplitude constante à toutes les fréquences).

- 9- Réaliser un diagramme de flux sous GNU Radio contenant un bloc **Noise Source** (ne pas oublier le bloc habituel **Throttle**). Ce bloc permet de générer un bruit blanc. On choisira une fréquence d'échantillonnage globale de 1 Mhz. Afficher l'évolution temporelle ainsi que le spectre d'amplitude de ce bruit. Commentez. Pour le spectre d'amplitude, on utilisera un bloc « **QT GUI Frequency Sink** » pour lequel on choisira la propriété « Spectrum Width » à Half afin de ne voir que les fréquences positives.
- 10- Utiliser ce bruit pour caractériser un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure est de 20 kHz et la plage de transition de 100 Hz. Pour cela afficher et relever le spectre d'amplitude de la sortie du filtre. Ce spectre donne une vue instantanée de la caractéristique fréquentielle du filtre.
- 11- Refaire l'expérimentation avec une plage de transition de 1 kHz puis de 10 kHz (aidez-vous de blocs « **QT Gui Range** »). Que constatez-vous ?
- 12- Tester le comportement d'autres filtres (passe-haut, passe-bande et réjecteur de bande (blocs **High Pass**, **Band Pass** et **Band Reject**).
- 13- Quel est, en pratique, l'inconvénient d'avoir des transitions abruptes (plages de transitions abruptes) ?

3- Pour aller plus loin (et si le temps le permet) : réalisation d'un égaliseur musical « equalizer »

Un égaliseur musical (ou equalizer) permet de modifier un son ou un morceau musical en renforçant ou en atténuant certaines plages de fréquences. L'usage d'un equalizer est très fréquent dans le monde de la production musicale ou de l'écoute. Il permet par exemple d'ajouter des effets à une musique ou à compenser la mauvaise reproduction d'un casque d'écoute. De nombreux lecteurs de musiques intègrent aujourd'hui un equalizer.

Vous possédez, à présent, toutes les compétences pour réaliser un tel dispositif avec GNU Radio.

Dans cette dernière partie, il est demandé de réaliser un equalizer minimaliste constitué de trois filtres :

- Un filtre passe bas pour renforcer ou atténuer les **basses fréquences** et dont la fréquence de coupure pourra être réglée à l'aide d'un curseur entre 0 Hz et 1 kHz,
- Un filtre passe bande pour agir sur les **fréquences moyennes** et dont la limite basse peut être réglée entre 0 Hz et 6 kHz et la limite haute entre 6,1 kHz et 15 kHz,
- Un filtre passe haut pour agir sur les hautes fréquences et dont la fréquence de coupure peut être réglée entre 10 kHz et 20 kHz.

On choisira une fréquence d'échantillonnage globale de 44 kHz.

- 14- Réaliser un diagramme de flux permettant de tester cet equalizer en utilisant comme signal d'origine, un bruit blanc.
- 15- Vérifier le fonctionnement des différents filtres et des différents curseurs de réglage.

16- Enfin, utiliser un véritable morceau musical pour tester le résultat en affichant son spectre d'amplitude ou un diagramme chute (**QT GUI Waterfall Sink**) qui représente l'évolution du spectre d'amplitude au cours du temps. Pour cela, on utilisera un bloc **Wave File Source** dans lequel on chargera le fichier **drums_loop.wav** fourni.

17- Si vous disposez d'un écouteur, écouter le résultat en modifiant les réglages en temps réel. On utilisera pour cela un bloc **Audio Sink**.

Attention ! Régler le volume de son à un niveau bas avant d'exécuter votre diagramme de flux.

18- Décrire les résultats obtenus.