

---

Compte rendu TP n°5 T.N.S.

Xavier Mancardi et Jean-Baptiste Théou - Gp. 5

---

# Chapitre 1

## Filtrage numérique sur DSP

L'objectif de ce TP est d'appliquer nos connaissances dans le domaine du traitement numérique du signal, plus particulièrement du filtrage numérique, dans l'élimination de parasite sur un fichier audio (wav). Dans ce TP, le travail de filtrage n'est pas effectué par l'ordinateur, mais par un DSP<sup>1</sup>. Une fois programmé, ce DSP effectue le travail en totale autonomie.

Pour effectuer ce TP, nous allons travailler sur Matlab/Simulink pour l'analyse et le traitement sur l'échantillon audio. Le design du filtre sera effectué à l'aide de FDATool, un outil très puissant pour designer les filtres numériques. Une fois tout ce travail réalisé, le résultat sera transféré sur le DSP par Matlab directement.

### 1.1 Explication de la démarche

#### 1.1.1 Travail sur la source : Sample\_2.wav

Nous avons donc un échantillon audio à étudier, nommé Sample\_2.wav. Premièrement, on envoie l'échantillon sur la carte son, pour pouvoir l'écouter. On obtient bien une chanson avec un parasite bien audible à l'arrière. Il est relativement aigu, ce qui laisse présager un parasite dans les "hautes fréquences". Après une écoute attentive (et sur des hauts parleurs plus efficaces), on se rend compte qu'il existe un second parasite, qui se trouve lui dans les basses fréquences.

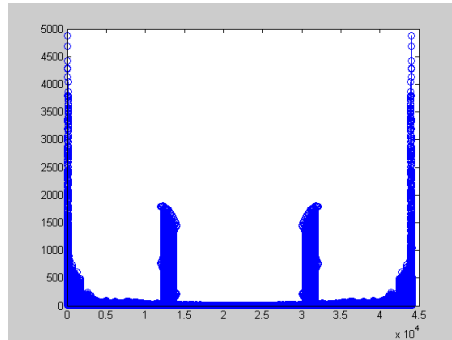
Nous avons donc à chercher deux parasites, un dans les hautes fréquences et un autre dans les basses.

---

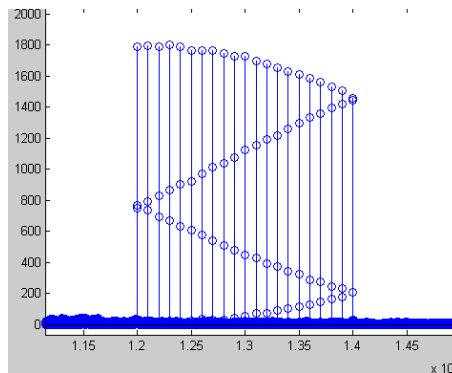
1. Pour *Digital signal processor*, c-à-d un microcontrôleur optimisé pour le traitement numérique du signal.

### 1.1.2 Étape 1 : La TFD

La première étape de l'étude consiste à réaliser la TFD<sup>2</sup> de l'échantillon audio. En effet, l'analyse temporelle ne permet pas d'isoler le parasite. Nous allons donc passer dans le domaine fréquentielle à l'aide de la TFD<sup>3</sup>. Elle permet d'obtenir le spectre en fréquence de l'échantillon audio<sup>4</sup>.



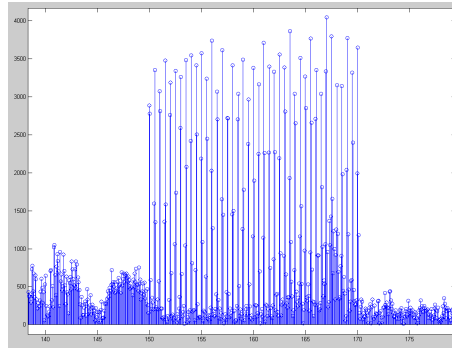
Sur ce spectre, on peut voir un "bloc" de son parasite. À l'aide d'un zoom



on observe que le parasite occupe une bande comprise entre 12 kHz et 14 kHz. C'est le son parasite aigu que nous avons entendu lors de la première écoute. Pour éliminer ce parasite, nous allons réaliser un filtre coupe-bande, c'est à dire un filtre numérique qui idéalement ne va pas modifier l'échantillon sonore, sauf pour l'intervalle de fréquence 12 kHz à 14 kHz, où il réalisera une très forte atténuation. Nous allons réaliser ce filtre à l'aide de l'outil FDATool. Cette partie sera développée plus tard dans la compte rendu.

Il reste le second parasite à élimier. Grâce à l'écoute préliminaire, nous savons que ce parasite se trouve dans les basses fréquences. Comme rien n'apparaît à priori sur le spectre à l'échelle 1, zoomons sur les basses fréquences

2. Pour *Transformée de Fourier Discrète*.
3. Dans Matlab, le logiciel de simulation utilisé, l'algorithme utilisé pour effectuer la T.F.D. est la FFT, pour *Fast Fourier Transform*, Transformée de Fourier rapide.
4. Ce spectre est symétrique, car le signal est discret. On ne s'occupe donc que la partie gauche sur spectre, le reste n'étant que la symétrie de cette partie.



En zoomant, nous arrivons à isoler un second "bloc" qui occupe la bande allant de 150 Hz à 170 Hz. C'est le son parasite dans les basses fréquences. Nous allons aussi faire appel à un filtre coupe bande pour ce parasite.

Il reste donc maintenant à réaliser les deux filtres, en cascade, à l'aide de FDATool et de les implémenter sur le DSP. En effet, le DSP sert "uniquement" de filtre numérique, le travail préliminaire ne sert juste qu'à déterminer les caractéristiques des parasites.

### 1.1.3 Étape 2 : Design des filtres

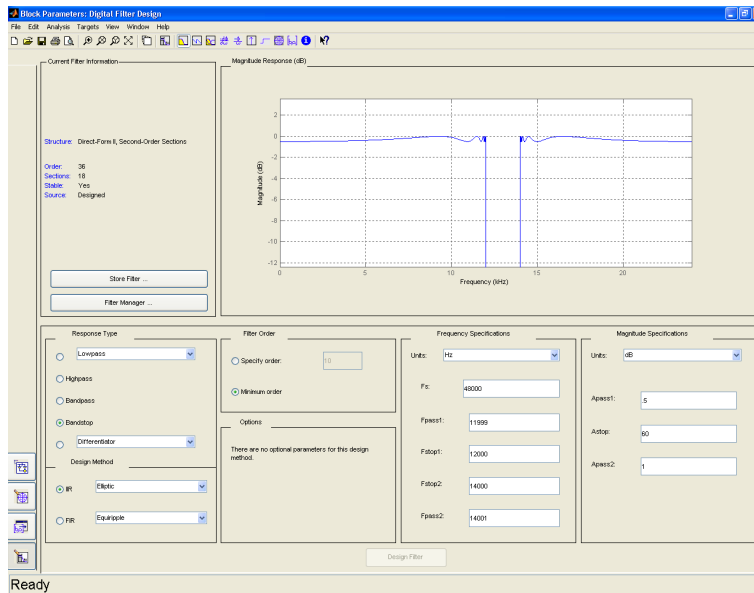
Pour commencer, nous devons choisir le type de filtre à utiliser. Il en existe de deux sortes : Les filtres F.I.R. et les filtres I.I.R.. L'avantage des filtres F.I.R. est leur capacité à ne pas modifier la phase du signal qu'il traite, au prix d'un coup de calcul bien plus important. Ici, nous travaillons dans le domaine acoustique, et le récepteur du signal traité est à priori nos oreilles. Or, l'oreille humaine est insensible à la phase. Nous allons donc utiliser un filtre I.I.R, moins coûteux en temps de calcul et qui déphase les différentes fréquences, mais ce qui n'a pas d'importance ici.

Nous allons donc implémenter deux filtres I.I.R. en cascade, pour filtrer les deux bandes. Ces filtres seront designés à l'aide de FDATool. Cet outil <sup>5</sup> permet de créer des filtres numériques de façon très rapide.

Prenons l'exemple de notre premier filtre. L'interface de FDATool se présente de la façon suivante

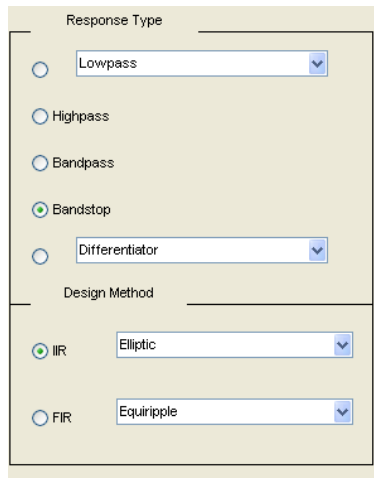
---

5. Appelé *Toolbox* dans simulink.



Pour commencer, nous avons réglé les paramètres suivants :

1. Le genre du filtre : Coupe-bande (Bandstop dans FDATool)
2. Le type du filtre : I.I.R



En ce qui concerne le type du filtre, nous avons aussi du définir le type de filtre I.I.R. voulu. Nous avons choisi le type Elliptic pour ce TP, car il a un très fort pouvoir de coupure, et la présence d'oscillations n'était pas un gros problème.

Une fois ces paramètres fixés, il reste les paramètres du filtre à fixer.

Frequency Specifications

Units:

Fs:

Fpass1:

Fstop1:

Fstop2:

Fpass2:

Détaillons les différents paramètres

1. Fs : C'est la fréquence d'échantillonnage
2. Fpass1 : La fin de la première bande passante du filtre<sup>6</sup>, c-à-d sans modification ici
3. Fpass2 : La début de la seconde bande passante du filtre<sup>7</sup>, c-à-d sans modification ici
4. Fstop1 : Le début de la bande coupée
5. Fstop2 : La fin de la bande coupée

La dernière partie concerne l'atténuation souhaitée.

Magnitude Specifications

Units:

Apass1:

Astop:

Apass2:

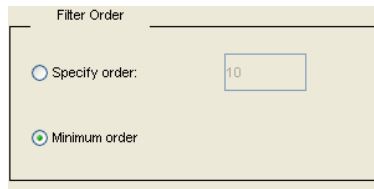
---

6. Qui commence à 0.  
7. Qui s'achève à Fs

Ici, on souhaite que la bande coupée soit atténuée de 60 db.

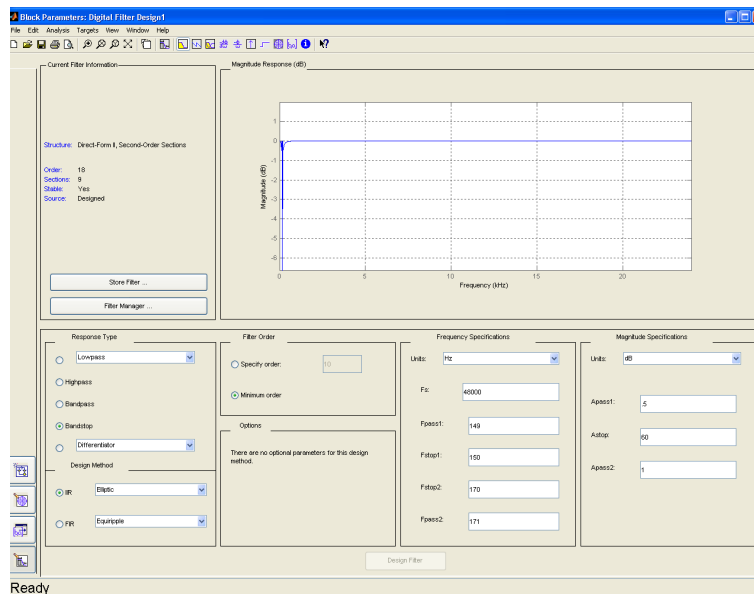
Il reste un dernier paramètre à fixer : L'ordre du filtre. Ce paramètre est la recherche d'un compromis. En effet, plus l'ordre sera élevé, plus le filtre sera proche d'un coupe bande parfait, mais les calculs seront très complexes. FDA-Tool permet deux type de paramétrage pour l'ordre

1. Choisir l'ordre minimal pour approcher de la consigne (Bande coupé, atténuation demandée, etc.)
2. Fixer l'ordre



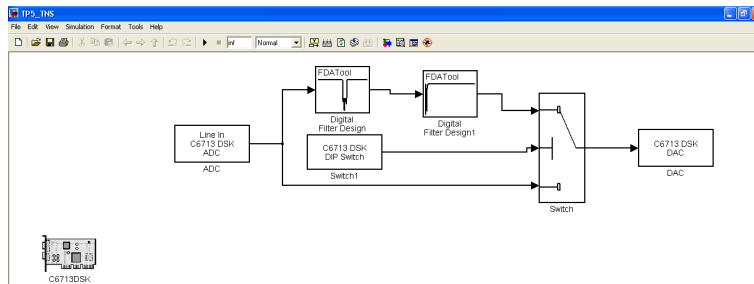
Nous avons choisi de chercher l'ordre minimal pour ce TP. Nous avons obtenu un ordre 36. Et on peut voir que le gabarit obtenu avec cet ordre est tout à fait satisfaisant.

Avec tout cela, notre filtre est prêt ! Nous avons fait de même pour le second filtre, en adaptant les paramètres



Nos deux filtres sont maintenant prêts ! Il suffit de rajouter l'entrée et la sortie dans simulink, de lier le tout <sup>8</sup>.

8. Le switch présent sur le schéma ne sert qu'à permettre, sur la plaquette, de passer du filtre voulu à un filtre passe tout à l'aide du switch.



C'est bon, notre filtre numérique est prêt. Il ne reste plus qu'à le charger sur le DSP. On branche la source et les hauts-parleurs sur la plaquette<sup>9</sup>.

On lance le programme sur le DSP, on lance la source, et le son est filtré, les parasites ne sont plus. Le DSP travaille maintenant en autonomie, il exécute indépendamment du PC notre filtre numérique.

---

9. Qui communique avec le DSP au travers du convertisseur analogique-numérique pour l'entrée et numérique-analogique pour la sortie, car le DSP ne travaille que dans le domaine du numérique.