



Filtres numériques

Durée: 4 périodes (1 séance de laboratoire)
Travail **individuel**

1. Objectifs

Ce laboratoire a pour objectifs la compréhension et l'acquisition des concepts suivants :

- filtrage numérique et leur programmation.
- caractérisation de système avec Matlab
- lieu des pôles, réponse en fréquence $H(j\Omega)$ et diagramme de Bode.

2. Environnement

La donnée et les fichiers additionnels éventuels sont disponibles sous Moodle, cours *Signaux & Systèmes*, section *Exercices dirigés*, dossier *ExMatlab3*.

Le travail à réaliser sera fait entièrement dans l'environnement de Matlab à l'aide d'un ou de plusieurs script(s).

3. Travail à réaliser

Le travail à réaliser est l'implémentation de deux filtres numériques, un non-récuratif et un récuratif et d'en ressortir les caractéristiques principales. Une analyse de la représentation des réponses en fréquence sera également faite ainsi que le calcul des pôles et de leur représentation pour le filtre récuratif.

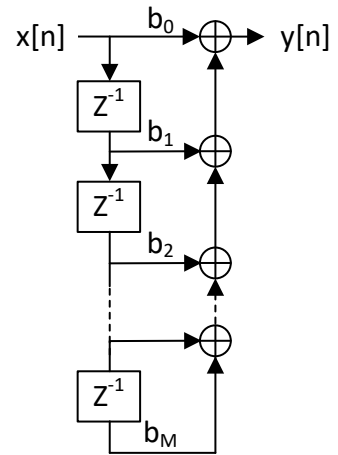
3.1 Filtre non-récurusif

Les filtres numériques sont définis sous formes d'équations aux différences. Il y en a 2 types : les filtres récurtifs et les filtres non récurtifs. Depuis le schéma fonctionnel des filtres non-récurtifs ci-contre et le polycopié du cours, déterminez l'équation aux différences $y[n]$.

Depuis l'équation aux différences que vous avez déterminée, implémentez une fonction Matlab avec la signature suivante:

`[out] = filter_no_recursive(in, b)`

où in est le signal d'entrée, b un vecteur composé des valeurs b_0 à b_3 et out est le signal de sortie filtré. Le signal d'entrée peut être quelconque.



Avec les coefficients $b = [0.5; 0.01; 0.01; 0.5]$, testez votre filtre en chargeant le fichier *music.mat* à l'aide de la fonction *load* de Matlab et en mettant le signal *music* comme entrée à votre filtre. L'échantillonnage F_s est à 44.1kHz. Ecoutez la musique à l'aide de la fonction *sound()* de Matlab avant et après le passage dans votre filtre. Quel effet a ce filtre sur la musique?

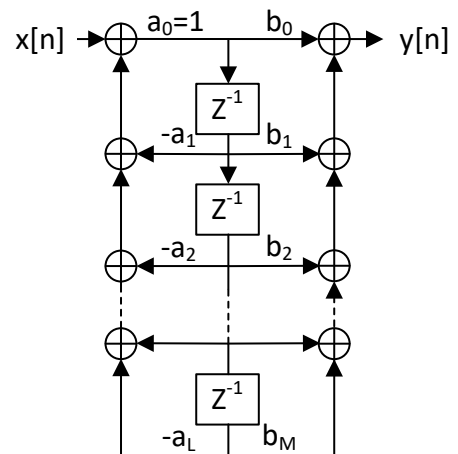
3.2 Filtre récurusif

Depuis le schéma fonctionnel des filtres récurtifs ci-contre et le polycopié du cours, déterminez l'équation aux différences $y[n]$.

Depuis l'équation aux différences que vous avez déterminée, implémentez une fonction Matlab avec la signature suivante:

`[out] = filter_recursive(in, a, b)`

où in est le signal d'entrée, a un vecteur composé des valeurs a_0 à a_2 , b un vecteur composé des valeurs b_0 à b_2 et out est le signal de sortie filtré. Le signal d'entrée peut être quelconque.



Avec les coefficients $a = [1; -1.8; 0.8]$ et $b = [1; -2; 1]$, testez votre filtre de la même manière qu'au point 3.1. Quel effet a ce deuxième filtre sur la musique?

3.3 Réponses en fréquence

Sachant que les filtres numériques ont des réponses en fréquence de la forme suivant:

$$H(j\Omega) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k \cdot e^{-j\Omega k}}{\sum_{k=0}^N a_k \cdot e^{-j\Omega k}}$$

où $\Omega = 2\pi \frac{f}{f_e}$

En utilisant les fonctions `abs()` et `angle()` de Matlab, affichez la $H(j\Omega)$ pour les deux filtres précédents sous la forme normalisée de Bode. Faites-le une fois en fonction de f et une fois en fonction de Ω .

En fonction des résultats obtenus, déterminez les types de filtre que vous avez implémentés (FIR/IIR, ordre, passe-haut/bas/bande)

3.4 Optionnel

a) Pôles

Déterminez analytiquement les pôles du filtre récursif.

Puis, en utilisant la fonction de transfert et la fonction `zplane()` de Matlab, affichez les pôles du filtre. Comparez vos résultats analytiques et ceux affichés par `zplane()`.

b) Bode par les fonctions Matlab

Inspirez-vous de la fonction de transfert générique suivante :

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k \cdot z^{-k}}{\sum_{k=0}^N a_k \cdot z^{-k}}$$

et du code ci-contre pour afficher également les diagrammes de Bode des deux filtres.

```
% Réponse en fréquence
figure('name','Filtre non récursif');
H_no_rec = tf(b_no_rec,[1 0 0],1/fe);
bode(H_no_rec)
grid on
```

4. Références

Notes du cours Signaux & systèmes 1, chapitre “Signaux” et “Systèmes”

Aide en ligne de Matlab : <https://ch.mathworks.com/matlabcentral/>