**TD 3 : MASTER SYSTEMES DE TELECOMMUNICATIONS**

**SYNTHESE D’UN FILTRE NUMERIQUE RIF**

**Exercice 1**

Nous souhaitons réaliser un filtre RIF dont les caractéristiques spectrales seront les plus proches possible d’un filtre analogique passe-bas idéal dont la fréquence de coupure est égale à 1kHz.

1. Le filtre numérique de N=9 coefficients, sera obtenu par la méthode des fenêtres en adoptant une fenêtre temporelle rectangulaire.
   1. Déterminer les coefficients de la réponse impulsionnelle du filtre numérique ainsi obtenue. Donnez sa structure
   2. Déterminez sa fonction de transfert en z et sa réponse fréquentielle H(ejω)
   3. Tracez le module de H(ejω) et comparez le, à celui du filtre analogique idéal désiré
2. Reprenez les mêmes questions mais en utilisant une fenêtre de Hamming

**Exercice 2**

On propose de réaliser un filtre numérique RIF passe-haut avec fe= 1kHz, à l’aide de la fenêtre Hamming. On choisit alors le filtre analogique désiré suivant :

**H(f)**

**f**

**250Hz**

**100Hz**

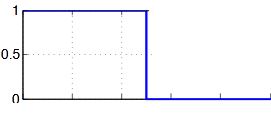
**0**

1. En déduire l’expression mathématique de cette réponse fréquentielle du filtre analogique adopté
2. En utilisant la TF inverse trouvez l’expression de la réponse impulsionnelle de ce filtre analogique
3. En utilisant la fréquentielle d’échantillonnage choisie (1kHz) échantillonnez cette réponse impulsionnelle obtenue que l’on notera hob(n)
4. Rappelez l’expression mathématique temporelle wham(n) de la fenêtre de Hamming en fonction de N le nombre d’échantillon qu’elle couvre.
5. Trouvez l’expression du filtre numérique RIF calculé en fonction de N en multipliant hob(n) par wham(n) en prenant en considération qu’il doit subir un shift (retard) pour qu’il soit causal.
6. Déterminer H’z) de ce filtre et en déduire sa réponse fréquentielle H(ejω).
7. Représentez son module sur la même figure que H(f) pour pouvoir les comparer. Qu’en pensez-vous ?

**Exercice 3**

On souhaite réaliser un filtre numérique RIF pour une fréquence d’échantillonnage fe=20kHz en utilisant la méthode d’échantillonnage fréquentielle et possédant des caractéristiques spectrales proches du filtre analogique défini par sa réponse fréquentielle Hd(f)





6

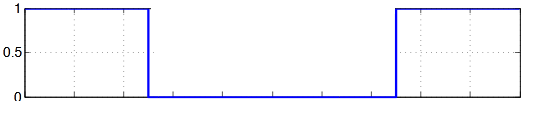
4

2

**f en kHz**

Cette réponse fréquentielle désirée en utilisant une représentation à base de la TFTD devient Hd(ejωTe), et prendra la forme suivante





8

10

20

2

4

6

**f en kHz**

1. Pouvez expliquer la différence entre ces deux réponses fréquentielles Hd(f) et Hd(ejωTe) comme le montre les deux figures ci-dessus ?
2. On procède maintenant à l’échantillonnage de la réponse Hd(ejωTe) avec un pas fréquentielle égale à 500 Hz. A partir de Hd(ejωTe), représentez graphique la réponse fréquentielle échantillonnée ainsi obtenue.
3. De combien de point N est constituée cette réponse fréquentielle échantillonnée sur une période (on rappelle une période dépend de fe).
4. Rappelez la formule de l’expression de la TFD inverse
5. Appliquez cette TFD inverse sur la réponse fréquentielle échantillonnée pour obtenir la réponse impulsionnelle du filtre RIF synthétisé qui sera composé de N échantillons également.
6. Calculez H(z) de ce filtre et en déduire la réponse fréquentielle du filtre RIF obtenu
7. Comparez cette réponse fréquentielle obtenue avec la réponse fréquentielle désirée. Quelles conclusions pouvez vous faire ?

**Exercice 4**

Nous allons concevoir un système audio qui utilise une puce DSP (Processeur de traitement du signal ou ‘’Digital Signal Processor’’). Le système utilise une fréquence d'échantillonnage de 50 kHz. En raison de la vitesse de la puce DSP, les filtres FIR que nous devons réaliser, peuvent avoir une longueur maximale de 129. Pour (a) et (b) ci-dessous, on adoptera une fenêtre Kaiser pour la synthèse de notre filtre RIF.

1. Nous avons besoin d'une atténuation de bande d'arrêt de 70 dB et d'une ondulation de bande passante de 0,1 dB. De plus, nous avons besoin d'un filtre passe-bas qui laisse passer toutes les fréquences en dessous de 8 kHz. Quelle sera la fréquence de la bande d'arrêt?
2. Si maintenant on va réaliser un filtre passe-bas qui laisse passer des fréquences inférieures à 8 kHz et arrête des fréquences supérieures à 10 kHz, quels seront l'ondulation de la bande passante et l'atténuation de la bande d'arrêt?
3. Est-ce qu’à votre avis les résultats de (b) seront différents de ceux de (a) ? Pourquoi ?
4. Si nous avons besoin de plus d'atténuation que nous ne pouvons en obtenir en (b), devrions-nous utiliser un filtre RII à la place, ou bien utiliser une puce DSP plus rapide (donc plus chère)?

**Exercice 5**

Pour filtrer un signal analogique à l’aide d’un filtre numérique on utilise habituellement le système décrit par le schéma de principe suivant :

**x(t)**

**y(t)**

**y(nTe)**

**x(nTe)**

**Interpolation du signal**

**Filtre numérique**

**Discrétisation du signal**

**Pas d’échantillonnage Te**

**Pas d’échantillonnage Te**

Le filtre à réaliser doit satisfaire aux spécifications suivantes:

* La fréquence d'échantillonnage est de 20 kHz.
* Le filtre doit être un filtre passe-bande.
* Le filtre passe des fréquences comprises entre 4 kHz et 6 kHz.
* L'ondulation de la bande passante est d'au plus 0,5 dB. (5) Le filtre bloque les fréquences inférieures à 2 kHz et supérieures à 8 kHz.
* L'atténuation de la bande d'arrêt est d'au moins 60 dB.

On désire réaliser un filtre RIF en utilisant la méthode de fenêtres.

1. Quelle est la réponse impulsionnelle du filtre idéal à utiliser?
2. Laquelle des fenêtres, que nous avons vues dans le cours, pourra répondre à ces spécifications?
3. Pourquoi?
4. Supposons qu’on décide de concevoir le filtre à l'aide d'une fenêtre Kaiser. De quelle longueur M de filtre aurons-nous besoin?
5. Quelle valeur β utiliserions-nous?

**Exercice 6**

Nous allons réaliser un filtre numérique RIF passe-bas répondant aux spécifications suivantes (sur le filtre analogique) en utilisant la méthode des fenêtres :

**fpass=3 kHz, fstop=4 kHz, Apass=0.5dB, Astop=60dB**

La fréquence d’échantillonnage est de 10kHz.

1. Laquelle des fenêtres, que nous avons vues dans le cours, pourra répondre à ces spécifications? Pourquoi ?
2. Supposons que nous voulons concevoir le filtre à l'aide d'une fenêtre Kaiser. De quel ordre N de filtre aurons-nous besoin?
3. Quelle valeur β utiliserions-nous pour cette fenêtre de Kaiser?
4. Quel est l’intérêt d’utiliser un filtre FIR plutôt qu'un filtre IIR dans un système à temps discret?