

Terminer les questions de la séance2

Nous avons vu que la réponse temporelle $y(t)$ de chaque filtre à l'itération t pouvait être calculée en fonction de son entrée $e(t)$ au moyen d'une récurrence de la forme :

$$y(t) + a_1 y(t-1) + a_2 y(t-2) + a_3 y(t-3) + \dots + a_{n-1} y(t-(n-1)) = b_0 e(t) + b_1 e(t-1) + \dots + b_{m-1} e(t-(m-1))$$

Les deux vecteurs de coefficients $A=[1 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_{n-1}]$ et $B=[b_0 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \ \dots \ b_{m-1}]$ déterminent entièrement la réponse du système.

On se propose donc d'utiliser les outils spécifiques à Matlab pour la synthèse des filtres à partir de la connaissance de ces deux vecteurs.

Matlab permet justement de calculer les vecteurs A et B selon différentes méthodes parmi lesquelles nous pouvons citer par exemple :

- *Celle de Butterworth : Caractérisée par un gain le plus constant possible dans la BP.*
- *Celle de Tchebietchev : Qui tolère les variations du gain dans la BP mais qui impose des pentes plus raides au-delà des fréquences de coupure.*

I. FILTRAGE PASSE-BAS

- Q1.** Le programme ci-contre (lignes 5 à 10) illustre une façon de programmer un filtre passe-bas de 1^{er} ordre de Butterworth, de fréquence de coupure 400Hz. (attention : ces méthodes requièrent une normalisation des fréquences à $N/2$.)
- Quels sont les tableaux consignant les coefficients du filtre?
 - Exécuter ce programme, relever ces coefficients et écrire la relation de récurrence entre l'entrée et la sortie.

```
clc; clf;

N=44100; e=zeros(1,N); e(5)=N;

%-----Synthèse passe-bas 1
fcoupure=400;
fn=2*fcoupure/N; %---Fréquence normalisée
n=1; [B,A] = butter(n,fn,'low')
s = filter(B,A,e);
Fs=fft(s); Ss=sqrt(Fs.*conj(Fs))/N; freq=0:(N-1);
```

- Q2.** Nous ajoutons à ce programme les lignes suivantes pour un filtrage du 2^{ème} ordre.
- Compléter et exécuter ce programme, relever les coefficients du nouveau filtre et écrire la relation de récurrence entre l'entrée et la sortie.
 - Relever la sortie graphique du programme et comparer le comportement asymptotique des deux courbes.
 - Comment modifier ce programme pour la synthèse des filtres passe-haut ?

```
%-----Synthèse passe-bas 2
n=...;
[D,C] = butter(n,fn,'low')
ss = filter(...);

Fss=fft(ss); Sss=sqrt(Fss.*conj(Fss))/N;

subplot(4,1,1);
semilogx(freq,20*log10(Ss),'b',freq,20*log10(Sss),'c');
grid; ylabel ('Passe-bas I et II'); xlim([10 10000]);
```

I. FILTRAGE PASSE-BANDE

- Q3.** Les filtres passe-bande (ou coupe-bande) présentent deux fréquences de coupures.
- Compléter le programme ci-contre en notant que les fréquences de coupures du filtre sont consignées dans le vecteur LB.
 - Exécuter ce programme, relever les coefficients du filtre et écrire la relation de récurrence entre l'entrée et la sortie.
 - Relever la sortie graphique du programme et commenter ses asymptotes.

```
%-----Synthèse passe-bande
n=1;
LB=[190 210]; LBn=... ;
[V,U] = butter(n,LBn,'bandpass')
z = filter(...);
Fz=fft(z); Sz=sqrt(Fz.*conj(Fz))/N;

subplot(4,1,3); semilogx(freq,20*log10(Sz),'b');
grid; ylabel ('Passe-bande'); xlim([10 10000]);
%-----Fin ;-)
```

- Q4.** Validation des diagrammes de Bode.