

OBJECTIFS DU TDM

Le but de ces Travaux Dirigés sur Machine est de concevoir et appliquer différents filtres numériques sur un signal périodique de fréquence fondamentale $f_0=200\text{ Hz}$, échantillonné à la fréquence $F_e=8000\text{ Hz}$.

Ce signal est stocké dans le **vecteur x** sauvegardé dans le fichier *sig1.mat*

On peut le récupérer sous MATLAB par l'instruction : ***load sig1.***

INTRODUCTION : TRACES DU SIGNAL ET DE SON SPECTRE

La première étape consiste à récupérer le signal que nous allons traiter, le tracer et tracer sa TFD.

On rappelle que l'on peut tracer le signal en fonction du temps en utilisant les instructions :

```
N=length(x)           % nombre d'échantillons du signal
n=[0 :N-1] ;          % indices des échantillons
Fe=8000 ;              % fréquence d'échantillonnage
t=n/Fe ;               % échelle temporelle
figure ; plot(t,x) ; legend('signal original')
```

On peut calculer et tracer son spectre par :

```
Xf=(1/N)*fft(x) ;      % calcul de la TFD du signal
f=n*Fe/N ;             % échelle des fréquences calculées par TFD ;
figure ; plot(f-Fe/2,abs(fftshift(Xf))) ; legend('spectre du signal original')
```

FILTRAGE

On souhaite à présent modifier le contenu spectral du signal x par différents filtres numériques de fonction de transfert $H(z)=B(z)/A(z)$. Deux routines standard MATLAB vous seront très utiles : ***filter*** qui implémente l'équation aux différences : Cette fonction calcule le vecteur y des sorties d'un filtre numérique spécifié par le vecteur B des coefficients du numérateur $B(z)$, le vecteur A des coefficients du dénominateur $A(z)$, pour un vecteur d'entrées x , suivant l'instruction : $y=\text{filter}(B,A,x)$; ***freqz*** qui calcule et trace la réponse fréquentielle $H(e^{j2\pi f/F_e})$ en module et phase pour un filtre spécifié par les deux vecteurs B et A des coefficients de la fonction de transfert : ***freqz(B,A)***

1- ELIMINATION DE LA COMPOSANTE CONTINUE (MOYENNE) DU SIGNAL

Partie théorique :

- 1) Quelle expression permet de calculer la moyenne du signal x sur une période ?
- 2) En déduire un filtre FIR, de réponse impulsionnelle $h(n)$, qui élimine cette moyenne : $x_0(n) = x(n) - M(n) = x(n) \otimes h(n)$. Donner l'expression de $h(n)$.
- 3) Donner l'expression de $H(z)$.

Partie pratique (MATLAB)

- 4) Créer et tracer la réponse impulsionnelle $h(n)$ du filtre (on pourra se servir de l'instruction `ones(1,L)` qui crée un vecteur ligne de L uns).
- 5) Tracer la réponse fréquentielle $|H(f)|$ de ce filtre.
- 6) Filtrer le signal x par ce filtre. Tracer le signal de sortie que vous noterez x_0 ainsi que son spectre. Conclure.

2- ACCENTUATION D'UNE ZONE « FORMANTIQUE » AUTOUR DE 1000 HZ.

On souhaite maintenant accentuer (très nettement) la zone de fréquence autour de 1000 Hz sur le signal x_0 .

Partie théorique

- 1) Déterminer les pôles p_1 et p_2 d'un filtre permettant de réaliser cette accentuation. Calculer la fonction de transfert, $H(z)$, correspondante ainsi que la réponse impulsionnelle $h(n)$.

Partie pratique (MATLAB)

- 2) Le vecteur de coefficients du dénominateur $A(z)$ sera calculé par : $A=\text{poly}([p1,p2])$ et vous vérifierez que vous obtenez les coefficients déterminés « à la main ».
- 3) Tracer la réponse fréquentielle du filtre
- 4) Calculer sa réponse impulsionnelle par : $h=\text{filter}(B,A,[1 \text{ zeros}(1,300)])$ (réponse à une impulsion calculée sur 300 points). La tracer.
- 5) Calculer et tracer la sortie du filtre soumis à l'entrée x_0 ainsi que son spectre. Conclure.
- 6) Si x_0 est un son, d'après vous la sortie du filtre sera un son plus grave ou plus aigu ?

APPLICATION A UN SIGNAL AUDIO

On refait l'accentuation sur le signal audio du fichier « Audio.wav ».

On va lire le fichier .wav avec la commande : $[x0,Fe] = \text{wavread}('Audio')$;

On récupère ainsi le signal $x0$ et sa fréquence d'échantillonnage Fe .

Vous pouvez écouter un son $x0$ avec la commande : ***soundsc(x0,Fe)***.

Choisir la fréquence de résonance fr de manière à accentuer les « basses » puis une deuxième fois pour accentuer les « aigus ». fr sera choisie en observant le spectre du signal audio.