

Signaux et Systèmes Linéaires

TP No. 3 : Analyse spectrale de signaux enregistrés et filtrage

Noms, Prénoms :

Groupe :

Date :

Préparation à fournir avec le compte-rendu

Rédiger les réponses aux questions suivantes et lire attentivement l'énoncé qui suit :

- Qu'appelle-t-on densité spectrale d'énergie d'un signal d'énergie finie ? Comment la calcule-t-on ?

- Comment nomme-t-on la principale caractéristique temporelle attachée à un filtre linéaire ?

- A quelle excitation du filtre cette caractéristique correspond-elle ?

- Quel est son lien avec le gain complexe (ou réponse en fréquence) ?

- Qu'appelle-t-on « bande à -3 dB » d'un filtre ? Quelle est la valeur (en linéaire) du gain complexe aux limites de la bande à -3 dB si le gain vaut 1 dans la bande passante ?

Consignes :

- Le répertoire de travail sera exclusivement sur le compte d'un des membres du binôme (changer le répertoire courant de Matlab®). Mais pour certains traitements, on fera appel à des fonctions pré-programmées. Les fonctions utiles sont accessibles sur CPe-campus dans le cours Signaux et Systèmes Linéaires, rubrique Travaux Pratiques. Récupérer les fichiers .m, les signaux de sons isolés et la phrase attribuée par l'intervenant en début de séance.
- Utiliser la trame de compte-rendu (.doc) fournie en répondant directement aux questions dans les espaces ménagés à cet effet. Insérer dans ce même fichier les courbes obtenues et codes développés. **Veiller à associer systématiquement une légende explicite à chaque Figure ou Tableau.**
- Exporter le fichier final **au format .pdf**, unique fichier à déposer sur le dépôt Moodle de CPe-campus.
- L'évaluation portera sur la réalisation mais surtout sur la **qualité des commentaires et des justifications des résultats obtenus**. Il convient donc de rédiger un compte-rendu. Il sera tenu compte de la qualité de la programmation. Une attention particulière sera portée à la pertinence des coordonnées et titres portés sur les courbes. La présentation, la qualité du français et de l'orthographe seront notées.

Le compte rendu sera à rendre la semaine suivante sur CPe-campus.

Enoncé

Dans ce TP on réalisera l'analyse spectrale de signaux de parole qui sont fournis et disponibles sur CPe-campus puis on étudiera le filtrage de ces signaux dans différentes bandes spectrales.

1 Analyse spectrale de signaux de base

On dispose de l'enregistrement de deux « phonèmes » de la langue française, une voyelle et une consonne dans des fichiers nommés **aaa.wav** et **chhh.wav**.

Les fréquences d'échantillonnage de ces signaux sont différentes. On veillera dans les scripts à laisser cette fréquence dans une variable.

1.1 Outils de lecture des fichiers et d'écoute des signaux sous Matlab

Tous les signaux sont accessibles en téléchargeant le fichier sur CPe-campus et en le plaçant dans le répertoire de travail puis en utilisant la syntaxe :

```
[x,Fe]= audioread('nomfichier.wav') ; % permet de lire les valeurs du signal  
stockées dans le fichier audio .wav
```

Variables de sortie :

- **x** données lues : valeurs du signal,
- **Fe** fréquence d'échantillonnage en Hz.

sound(x,Fe) permet d'écouter le signal rejoué à la fréquence Fe. On peut aussi utiliser **soundsc** (même syntaxe).

1.2 Analyse spectrale des signaux de base

Pour la voyelle et la consonne :

- tracer le signal en fonction du temps (fonction **plot**).
- Calculer la transformée de Fourier de ce signal avec la fonction **TransFourier.m**.
- Calculer et afficher la densité spectrale d'énergie du signal.

Compte-rendu : Fournir scripts et figures. Noter les caractéristiques des spectres (fréquence maximum, forme du spectre, fréquence des raies, etc...).

Codes, Figures pour la Voyelle

Codes, Figures pour la Consonne

Quelles sont les différences majeures entre les signaux et les spectres de cette voyelle et de cette consonne ?

Caractéristiques de la voyelle :

Caractéristiques de la consonne :

2 Filtrage passe-bas de signaux de base

Vérifier que le fichier **PB.m** se trouve bien dans le répertoire courant.

La fonction **PB** permet de filtrer passe-bas un signal dans la bande $[-F_c, F_c]$ quand le signal est échantillonné à la fréquence **Fe**.

La syntaxe est : **sfiltre = PB(sinitial, Fe, Fc)** ;

Pour chacun des signaux précédemment analysés, procéder à la caractérisation du filtre, puis au filtrage et enfin à l'analyse spectrale du signal filtré comme décrit dans les paragraphes suivants.

Attention, les deux signaux n'ont pas la même cadence d'échantillonnage.

2.1 Caractérisation d'un filtre passe-bas

Il s'agit ici de calculer la réponse impulsionnelle, puis le gain complexe (réponse en fréquence) pour une fréquence d'échantillonnage donnée et une fréquence de coupure donnée.

- Au vu de la densité spectrale du signal à filtrer, choisir une fréquence de coupure **Fc**.

Voyelle : choix et justification de la fréquence de coupure

Consonne : choix et justification de la fréquence de coupure

- Pour tracer la réponse impulsionnelle de ce filtre, concevoir le signal d'entrée adéquat, le filtrer à l'aide de **PB** et observer en sortie cette réponse impulsionnelle que l'on tracera en fonction

du temps. On s'assurera que le signal d'entrée est suffisamment long pour visualiser la totalité de la réponse impulsionnelle en sortie.

Code, tracé et caractéristiques (voyelle)

Code, tracé et caractéristiques (consonne)

- Calculer (`TransFourier`) puis tracer le gain complexe du filtre en module et phase.

Code et tracé (voyelle)

Code et tracé (consonne)

- Mesurer la bande passante à -3 dB du filtre.

Caractéristiques du filtre (voyelle)

Caractéristiques du filtre (consonne)

2.2 Filtrage d'un son de base

Utiliser **PB** à nouveau pour filtrer la séquence de la voyelle (ou celle de la consonne).

Code

Procéder au calcul et à l'affichage de la densité spectrale d'énergie du signal filtré.

Tracer les courbes utiles pour comparer signaux et spectres avant et après filtrage.

3 Filtrage d'une phrase dans la bande téléphonique

S'assurer que l'on dispose du fichier **filtel.m** dans le répertoire de travail.

On travaille sur la phrase (toute la phrase) attribuée par l'intervenant en début de séance.

La fonction **filtel** permet de filtrer un signal dans la « bande téléphonique ». Pour une séquence **x** échantillonnée à la fréquence **Fe**, la syntaxe d'appel à la fonction est : **z= filtel(x,Fe) ;**

3.1 Caractérisation du filtre

Comme réalisé en partie 2.1, caractériser le filtre en temps et en fréquence en injectant à l'entrée un signal convenable de longueur au moins 500 échantillons à 48000 Hz. Mesurer la bande passante à -3 dB de ce filtre.

Caractéristique en temps de la réponse impulsionnelle

Tracé du gain complexe (module et phase)

Caractéristiques fréquentielles du gain complexe

3.2 Filtrage de la phrase

- Tracer sur une même figure, l'un en dessous de l'autre, le signal original et le signal filtré (gradués en secondes).

Tracés

- Ecouter les deux signaux avant et après filtrage à l'aide de la fonction **sound** de Matlab

Analyse

- Réaliser le calcul des densités spectrales d'énergie des deux phrases.

Code

- Sur une autre figure, afficher l'une en dessous de l'autre les deux densités spectrales graduées en Hz et les comparer.

Tracés et analyse

