

INF8725 - Traitement de signaux et d'images

TP1 - Traitement du signal Automne 2019

Professeur : Lama Seoud

Chargés de laboratoire : Clément Ployout et Gabriel Lepetit-Aimon

Objectifs :

Ce laboratoire a pour objectif de manipuler et analyser les signaux 1D dans le domaine spatial et fréquentiel.

Remise du travail :

La date de remise est le vendredi 20 septembre à 23h59. Une pénalité de 3 points par jour sera appliquée lors d'un retard.

Documents à remettre :

Les exercices doivent être codés dans un fichier TP.m. Les réponses aux questions doivent être incluses dans le code. Les exercices doivent être séparés par des cellules (*Insert cell divider* ou `%%`). Vous devez bien identifier chaque exercice et sous-question, et bien commenter le code.

Créer un fichier html à l'aide de *Publish to html* de Matlab pour avoir un fichier html de votre code et de vos graphiques. Veuillez remettre tous vos fichiers (.m et dossier html) dans un seul fichier zip et nommez ce fichier selon vos matricules (Mat1_Mat2.zip).

Pour inclure les fonctions dans le html, ajouter 'type fonction.m' dans votre .m principal. Vérifier également que les graphiques et les figures sont lisibles dans le html.

Une pénalité de 3 points sera appliquée si ces consignes ne sont pas respectées.

Première Séance

Exercice I (3 points) : Signaux simples

1. (1 point) Tracez le signal $s(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$ sur l'intervalle $t \in [-4; 4]$. avec une résolution de 1000 points (vous pouvez utiliser `linspace` pour générer le vecteur t). N'oubliez pas le titre et la légende (comme pour tous les autres graphiques que vous tracerez en laboratoire) !

Comment ce nomme ce signal ?

2. (0.5 point) Tracer dans une nouvelle figure la superposition des signaux:

$$s_1 = \sin(t) \qquad s_2 = \frac{\sin(3t)}{3} \qquad s_3 = \frac{\sin(5t)}{5}$$

sur l'intervalle $t \in [-2; 2]$ et avec une résolution de 500 points (vous pouvez utiliser `linspace` pour générer le vecteur t).

3. (0.5 point) Superposez à ces 3 signaux leur somme $s_1 + s_2 + s_3$. Pour rendre le diagramme plus lisible vous pouvez tracer les 3 signaux en pointillés en ajoutant l'argument `'--'` à `plot`. Vous pouvez aussi tracer la somme en gras (`plot(x, ..., 'LineWidth', 2)`).

4. (1 point) Afficher dans une nouvelle figure mais sur le même intervalle $t \in [-2; 2]$ et la même résolution de 500 points, le signal:

$$S_{50}(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{i=0}^{50} \frac{\sin((2i+1)t)}{2i+1}$$

soit la somme de $\frac{1}{2}$ et des $\frac{2}{\pi} \frac{\sin(kt)}{k}$ avec k impair de 1 à 101

Enfin, réessayez pour i allant de 0 à 500 (k allant de 1 à 1001). Sur l'intervalle considéré, quel signal remarquable semble être approximé par cette somme de sinusoïdales ?

Exercice II (4 points) : Échantillonnage

Soit le signal analogique $Y(t)$ suivant :

$$Y(t) = 2 \sin(165\pi t) + 13 \cos(6\pi t) - 3 \cos(80\pi t) \quad (1)$$

1. (0.5 point) Déterminer théoriquement les fréquences présentes dans ce signal.
2. (1.5 points) Tracez le signal $Y(t)$ pour $0 \leq t \leq 1$ avec une fréquence d'échantillonnage F_e de 20Hz, 75Hz, 100Hz, 160Hz, 180 Hz et 330Hz. Utilisez la commande *subplot* afin d'afficher les graphiques l'un en dessous de l'autre. Ajoutez un titre au graphique, une étiquette aux axes pour chaque graphiques. Utilisez *ylim* pour contrôler l'échelle de l'ordonnée.
3. (1 point) Que remarquez-vous par rapport à la forme du signal en lien avec la fréquence d'échantillonnage ?
4. (1 point) Lesquelles, parmi ces fréquences d'échantillonnage, satisfont le théorème de Nyquist-Shannon? En pratique, quel compromis doit-on faire lors du choix d'une fréquence d'échantillonnage ?

Exercice III (4 points) : Analyse spectrale

Soit les trois signaux sinusoïdaux $Y_1(t)$, $Y_2(t)$ et $Y_3(t)$ suivants :

$$Y_1(t) = 7 \sin(2\pi \times 10t)$$

$$Y_2(t) = 4 \sin(2\pi \times 25t + \frac{\pi}{3})$$

$$Y_3(t) = 3 \cos(2\pi \times 50t)$$

Ces signaux sont échantillonnés à la fréquence $F_e = 250\text{Hz}$ et seront observés sur l'intervalle:

$$0 \leq t \leq 1$$

1. (1 point) Tracez les trois signaux $Y_1(t)$, $Y_2(t)$ et $Y_3(t)$. Mettez un titre, une légende et les axes x et y.
2. (0.5 point) Déterminez graphiquement la période de chacun de ces signaux. Comparez chaque résultat avec sa valeur théorique.
3. (0.5 point) Tracez le signal composite $Z(t) = Y_1(t) + Y_2(t) + Y_3(t)$. Graphiquement, quelle semble être la fréquence du signal $Z(t)$. Déterminez analytiquement cette fréquence sachant que la fréquence d'un signal composite est égal au plus grand diviseur commun des fréquences des signaux qui le composent.
4. (1 points) Calculez la transformée de Fourier discrète (TFD) des signaux $Y_1(t)$, $Y_2(t)$ et $Y_3(t)$ à l'aide de la fonction `fft` de Matlab et affichez le spectre de fréquence de chacun. Que remarquez vous?
5. (1 point) Calculez la TFD du signal composite et affichez son spectre de fréquence. Que remarquez-vous?

Deuxième Séance

Exercice 4 (9 points) : Filtrage audio

Un vieil enregistrement a été retrouvé corrompu par des signaux parasites. En tant que passionné de musique, vous êtes offusqué par cela ! Ayant une connaissance des signaux, vous vous donnez comme défi de restaurer cette musique à son état original. Il est fortement recommandé d'utiliser un casque audio pour pouvoir répondre aux questions.

1. (1 point) Chargez le fichier *audio.wav* à l'aide de la commande *audioread* de Matlab. Le fichier *audio.wav* contient deux éléments nommés *Data* et *Fe* qui correspondent aux données audio et à la fréquence d'échantillonnage respectivement. Vous pouvez écouter le signal sonore original ou filtré à l'aide de la fonction *audioplayer(Data, Fe)* de Matlab. En écoutant le signal, repérez les perturbations de la mélodie principale. Pour chaque perturbation, précisez si le signal est haute ou basse fréquence.
2. (0.5 point) Calculez ensuite la TFD du signal audio et affichez la. Ajouter un titre et les axes.
3. (0.5 point) Quelle est la note (do, ré, mi, fa, sol, la ou si) correspondant à la perturbation à la plus haute fréquence en vous référant à l'article Wikipédia http://fr.wikipedia.org/wiki/Note_de_musique et au spectre de fréquence affiché ?
4. (1 point) Créez un filtre passe bas d'ordre 128 pour filtrer la perturbation à la plus haute fréquence. Déterminez la fréquence de coupure. Filtrez la musique avec le filtre que vous venez de concevoir et décrivez ce que vous entendez. Quelle perte d'information observe-t-on sur le signal? Comment pourrait-on conserver cette information tout en supprimant la perturbation ?
5. (1 point) Créez trois filtres passe-haut d'ordre 128 et de fréquence de coupure de 250 Hz en utilisant les fenêtres suivantes : Chebyshev, Hamming et Blackman. Pour la fenêtre Chebyshev, utilisez une atténuation de 30 dB.

6. (1.5 points) Affichez, dans un même graphique, la réponse fréquentielle et la phase de ces filtres à l'aide de la fonction *freqz* de Matlab. Indice : regardez bien l'aide de Matlab pour être en mesure d'obtenir un beau graphique avec la fonction *freqz*. Quelles différences observez-vous entre les différents filtres ?
7. (1.5 points) Filtrez le signal audio qui a déjà été filtré avec le filtre passe-bas à l'aide des trois filtres créés précédemment. Lorsque vous écoutez les trois signaux, que remarquez-vous? Pour le filtre passe-haut et en fonction de la fréquence de coupure utilisée, quel va être le compromis sur la qualité du signal restaurée ?
8. (2 points) Calculez les TFD des signaux filtrés avec les trois filtres et affichez les spectres. Est-ce que les spectres, au niveau des basses fréquences, correspondent à ce que vous avez entendu et remarqué?