

# INF8725 - Traitement de signaux et d'images

## TP1 - Traitement du signal Automne 2017

Professeur : Fantin Girard

Chargés de laboratoire : Clément Ployout, 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 29 septembre à 23h59 pour le groupe B1, et le 6 octobre à la même heure pour le groupe B2. 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.

---

# 1 Première séance

## Exercice 1 (2 points) : Signaux simples

Soit  $Y$  une fonction sinus dont le domaine de définition  $X$  est compris entre 0 et  $7\pi$  avec un pas de  $\pi/13$ . Soit  $C$  une fonction continue de valeur 2.8 définie sur ce même domaine. Soit  $B$  un bruit gaussien de même taille que  $X$  dont la moyenne et la variance valent 0.1 et 0.4, respectivement.

1. (1 point) Additionnez ces signaux afin d'obtenir le signal  $Z$ . Calculez la moyenne et la variance du signal  $Z$  et affichez les à l'écran. Note : utilisez la fonction *randn* de matlab pour générer un bruit gaussien de moyenne 0 et de variance 1.
2. (1 point) Tracez, sur un même graphique, le signal  $Y$ , le signal  $C$ , le bruit  $B$  et le signal  $Z$ . **Utilisez différentes couleurs**. Affichez une grille, un titre et une légende.

## Exercice 2 (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 ? Quelle est donc la fréquence d'échantillonnage optimale ?

### Exercice 3 (5 points) : Analyse spectrale

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

$$Y_1(t) = 5\sin(2 * \pi * 4 * t) \quad (2)$$

$$Y_2(t) = 3\sin(2 * \pi * 45 * t) \quad (3)$$

$$Y_3(t) = 2\sin(2 * \pi * 70 * t) \quad (4)$$

Ces signaux sont échantillonnés à la fréquence  $F_e = 250\text{Hz}$ .

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) On construit le signal composite  $Z(t) = Y_1(t) + Y_2(t) + Y_3(t)$ . Tracez le puis déterminez graphiquement sa période. Déterminez analytiquement la période des trois signaux sachant que la période d'un signal composite est égal au plus petit commun multiple des périodes qui le composent.
4. (2 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 ?

## 2 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) de perturbation la plus haute fréquence en vous référant à l'article Wikipédia [http://fr.wikipedia.org/wiki/Note\\_de\\_musique](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 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 utilisé, 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 ?