

GEL-3003 – Signaux et systèmes discrets

Examen Informatique

(correction sur 150 points, pondération de 30%)

Mardi 20 Décembre 2022

Durée : 2h00 - 15h30 à 17h30

Le travail pratique est composé de trois exercices indépendants l'un de l'autre. Ces exercices traitent de la matière vue en laboratoire et cherchent à lier la théorie à la pratique. Un dossier "**ressources**" vous donne les éléments nécessaire à la résolution de ces exercices. Il est décomposé en trois sous dossiers ayant le même nom de les titres des exercices.

Vous devrez produire un rapport contenant les éléments suivants :

- Les commentaires, les réponses aux questions et les figures demandés.
- Votre code MATLAB. Veillez à commenter votre code pour une lecture plus facile.

Pour la remise de votre livrable, vous avez plusieurs possibilités :

- un fichier .m pour chaque question dans un fichier .zip.
- un fichier .mlx pour chaque question dans un fichier .zip.

1. (50 points) Filtrage d'un signal sEMG

Vous êtes désormais en traitement de signal pour des objets connectés biomédicaux. Vous allez avoir la tâche de "nettoyer" le signal sEMG brute qui est collecté par le capteur développé par votre entreprise. Le signal sEMG ou électromyogramme est un examen qui permet d'étudier l'activité électrique des muscles au repos et durant la contraction. L'étude de la conduction nerveuse mesure à quel point et à quelle rapidité les nerfs peuvent envoyer des signaux électriques. Lors de l'acquisition du signal brute, aucun pré-filtrage n'est appliqué et il va vous falloir développer deux filtres. Les deux filtres en questions sont un filtre notch à 60Hz et une filtre passe bande dont la plage de travail est comprise entre 20 Hz et 450 Hz. Le signal est collecté à une fréquence d'échantillonnage de 2 kHz. On souhaite avoir $A_{stop} = 55dB$ et $A_{pass} = 0.2dB$ dans les deux bandes d'arrêts et passantes respectivement. Le signal que vous allez utiliser s'appelle *emg.mat*. **Le signal a été collecté par Dr Gagnon-Turcotte associé de recherche et membre du Laboratoire de recherche sur les microsystemes biomédicaux à l'Université Laval.**

- (a) (10 points) Déterminer les deux filtres que vous avez besoin en justifiant vos motivations quant à vos choix.

N.B : Les filtres que vous pouvez utilisés concernent ceux de la section 4 et 5.

- (b) (20 points) Implémenter votre filtre notch à 60Hz dans Matlab et vérifier qu'il respecte bien les contraintes souhaitées à l'aide de la fonction *freqz*. Afficher les pôles et les zéros de votre filtre. Votre filtre est-il stable, RIF ou RII, causal? Justifiez. **[Vous devez produire deux figures].**
- (c) (20 points) Implémenter votre filtre passe-bande [20 - 450 Hz] dans Matlab et vérifier qu'il respecte bien les contraintes souhaitées à l'aide de la fonction *freqz*. Afficher les pôles et les zéros de votre filtre. Votre filtre est-il stable, RIF ou RII, causal? Justifiez. **[Vous devez produire deux figures].**
- (d) (10 points) Filtrer le signal sEMG avec vos deux filtres mis en cascade. Afficher le signal sEMG brute et celui filtré. Que remarquez-vous? **[Vous devez produire une figure].**

2. (50 points) Analyse spectrale.

Un système de communication transmet un signal composé de deux sinusoïdes, soit

$$x(n) = A_1 \cos(2\pi(\frac{f_1}{f_s})n) + A_2 \cos(2\pi(\frac{f_2}{f_s})n) \quad (1)$$

où $f_1 = (98, 100, 102 \text{ Hz})$ et $f_2 = (110, 112, 114 \text{ Hz})$. La fréquence d'échantillonnage f_s est de 1000 Hz.

- (a) (15 points) Faire les traitements de signal nécessaire (incluant l'affichage de résultats pour déterminer par TFD les valeurs de f_1 et f_2 (et ce sans ambiguïté) de chacun des trois signaux $sq2a$, $sq2b$ et $sq2c$. Vous ne pouvez pas filtrer les signaux (les fenêtres ne sont pas des filtres). Les modules des TFD doivent être affichés avec une échelle en dB, et l'axe des fréquences doit être en Hz. **[Vous devez produire trois figures].**
- (b) (5 points) Justifiez le choix que vous avez fait pour N , le nombre de points des TFD.
- (c) (7.5 points) Quelles sont les paires de fréquences (f_1 , f_2) des trois signaux ? Expliquez et justifiez comment vous arrivez à vos résultats.
- (d) (7.5 points) Quelles sont les paires d'amplitudes (A_1 , A_2) des trois signaux ? Expliquez comment vous arrivez à vos résultats.
- (e) (15 points) Selon la théorie, et en utilisant les valeurs que vous avez trouvé pour f_1 et f_2 , quel est le nombre minimum d'échantillon (M_1) de $sq2a$ dont vous avez besoin pour valider la présence de deux signaux sinusoïdaux ?
 - i. (10 points) Refaites le traitement du signal $sq2a$ en utilisant uniquement M_1 échantillons. Utilisez $N = 5000$ pour la TFD. **[Vous devez produire une figure].**
 - ii. (5 points) A quelle fréquence trouvez-vous les maximums dans le module de la TFD ? Expliquez pourquoi les valeurs de ces maximums ne sont pas égales aux valeurs possibles des fréquences f_1 et f_2 .

3. (50 points) Quantification.

- (a) (25 points) Compléter le fichier **quantification.m** qui réalise la quantification uniforme bipolaire. Cette fonction a le même comportement que la fonction **quantiz**. Dans le cas où vous n'avez pas réussi à compléter le fichier **quantification** à la question a, utilisez la fonction **bipolarADC_helper** pour la suite des questions.
- (b) (5 points) Générer une sinusoïde d'amplitude unitaire à une fréquence de numérique de 0.01π rad/ech sur 1000 points. Afficher votre sinusoïde. **[Vous devez produire une figure].**
- (c) (10 points) À l'aide de la fonction **bipolarADC** (fournie dans le répertoire), réaliser la quantification de votre sinusoïde sur 3 bits avec une plage d'opération (**R**) que vous devez définir afin d'éviter la saturation. Afficher votre signal initial et quantifié sur une même figure. Justifier le choix de **R**. **[Vous devez produire une figure].**
- (d) (10 points) Calculer l'erreur de quantification et l'afficher. Est-ce que votre plage d'opération évite la saturation ? Expliquer. **[Vous devez produire une figure].**