



Université de
Sherbrooke

Évaluation formative

APP4/4/5 – Session S4/S5/S4

GE/GI/GRO

Génie électrique, génie informatique, génie robotique

Faculté de génie

Université de Sherbrooke

Hiver 2024

Copyright © 2022-2024, Faculté de génie
Université de Sherbrooke

Avant de débiter : prenez soins de revoir les annexes avec les équations disponibles pour l'évaluation sommative à livre fermé.

Le total de cette évaluation formative, comme pour l'évaluation sommative, représente 240 points.

Question 1 (32 points, 4 points par sous-question, compétences #1, #2 et #3)

Répondez à chacune des questions suivantes par une réponse brève, tel que demandé (par exemple, une valeur numérique, ou encore VRAI ou FAUX). Lorsque des choix de réponses sont donnés entre parenthèses, vous devez vous en tenir à ceux-ci. Il ne faut pas justifier les réponses.

- a) VRAI ou FAUX : Soient deux transformées de Fourier discrètes $X[m]$ et $Y[m]$ de deux signaux temporels discrets. Le produit $Y[m]X[m]$ est égal à la transformée de Fourier discrète du produit de ces mêmes deux signaux. [Compétence #1]
- b) VRAI ou FAUX : Le module de la transformée de Fourier discrète du signal $x[n-k]$ (transformée notée par $X[m]$, module noté par $|X[m]|$) est le même que le module de la transformée de Fourier discrète du signal $x[n]$, peu importe la valeur de m . [Compétence #1] Décalage dans les phases alors it
- c) Pour un filtre numérique de type FIR de M coefficients et dont seuls 4 des M coefficients sont non-nuls, lors du filtrage donné par la convolution ou par l'équation aux différences, combien d'additions (pour réaliser l'opérateur Σ) seront requises? [Compétence #2] 3
- d) On désire convoluer un signal $x[n]$, ayant N_x échantillons non-nuls, avec un signal $h[n]$, ayant N_h échantillons non-nuls, en appliquant la méthode du filtrage rapide (multiplication en fréquences). Avant de prendre la FFT des signaux, combien de zéros au minimum devra-t-on ajouter respectivement à $x[n]$ et à $h[n]$ (on demande 2 réponses)? [Compétence #2]
- e) VRAI ou FAUX : Pour une réponse impulsionnelle d'un filtre numérique de type FIR (*Finite impulse response*, réponse impulsionnelle finie) donnée par $h[n] = 1$ pour tout n , c'est un filtre de type passe-haut. [Compétence #3]
- f) VRAI ou FAUX : Il est possible d'échantillonner le signal en temps continu $x(t) = \cos(600\pi t + \pi/2)$ avec une fréquence d'échantillonnage de 1000 Hz sans causer de repliement spectral. [Compétence #1]
- g) VRAI ou FAUX : Le système dont la sortie $y[n]$ est donnée par l'équation suivante en fonction d'un signal d'entrée $x[n]$:

$$y[n] = x[n] - 4x[n-2] + x[n-3]x[n-3]$$

est un système de type LTI (*Linear Time Invariant*, ou linéaire et invariant dans le temps). [Compétence #1]

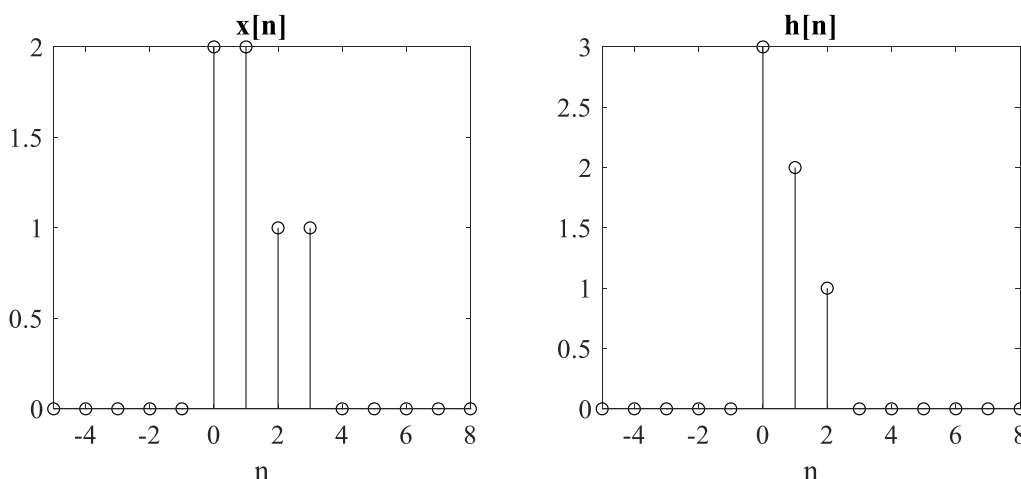
- h) Imaginons un filtre numérique de type FIR (*Finite impulse response*, réponse impulsionnelle finie) effectuant une moyenne mobile avec N coefficients, quels devraient être la valeur commune et égale de tous les coefficients $h[n]$ du filtre? [Compétence #3]

Question 2 (32 points, compétence #1)

On demande de calculer la TFD (transformée de Fourier discrète) à 4 points de la fonction périodique $x[n]$ définie par : $x[n] = 1$ pour $n = 4l + 1$ où $l = [0, \pm 1, \pm 2 \dots]$ et $x[n] = 0$ partout ailleurs. Présenter les spectres d'amplitude et de phase, de même que les graphiques de la partie réelle et de la partie imaginaire du spectre.

Question 3 (30 points, compétence #2)

Soient $x[n]$ et $h[n]$ deux signaux discrets apériodiques (c.-à-d. qui ne sont pas périodiques), donnés à la figure suivante. Donnez le résultat de la convolution de ces deux signaux. $h[n]$ est la réponse à l'impulsion du filtre, et $x[n]$ le signal filtré.



Question 4 (30 points, compétence #2)

Le signal

$$x(t) = 20 \sin(2\pi 1000t)$$

est échantillonné à la fréquence d'échantillonnage $F_e = 8000$ échantillons/seconde, après avoir été préalablement filtré par un filtre analogique anti-repliement dont le déphasage à 1000 Hz est -0.5 radians. Le signal numérisé obtenu est $x[n]$.

On filtre ensuite $x[n]$ avec un filtre numérique dont l'équation aux différences est

$$y[n] = x[n] - 0.8x[n - 1]$$

Donnez la forme du signal $y[n]$ obtenu à la sortie de ce filtre, en régime permanent (c'est-à-dire avec une seule sinusoïde).

Question 5 (32 points, compétence #3)

Calculez la réponse impulsionnelle $h[n]$ d'un filtre FIR (*Finite impulse response*, réponse impulsionnelle finie) coupe-bande idéal centré à 4 kHz, de largeur de bande 2 kHz, pour un système échantillonné à 16 kHz. Pour obtenir le filtre désiré, appliquez une transformation à un filtre passe-bas correctement calculé selon ces spécifications, prendre $N = 16$.

Question 6 : pratique (V2, 40 points, compétence #3)

Nous devons concevoir un filtre passe-bas de type FIR (*Finite impulse response*, réponse impulsionnelle finie) avec la méthode des fenêtres (*window design method*).

Le filtre opère à une fréquence d'échantillonnage de 16 kHz et ne devra que conserver les fréquences sous environ 2.8 kHz. Le filtre doit inclure un total de 17 coefficients.

Truc : pensez à utiliser les fonctions Numpy!

- a) Trouver les coefficients $h[n]$ du filtre avec la méthode des fenêtres en utilisant une fenêtre de Hamming (utilisez la fonction Numpy« `hamming`») et tracer cette réponse à l'impulsion. Sauvegardez votre figure pour évaluation en la nommant :
« NomPrenom_votreCIP_Question6a.fig ». Assurez-vous de nommer les axes.
- b) Tracez le gain (module) de la réponse en fréquence de ce filtre avec une FFT (*Fast Fourier Transform*) de 1024 points, affichez en fonction des fréquences en Hz. Sauvegardez votre figure pour évaluation en la nommant :
« NomPrenom_votreCIP_Question6b.fig ». Assurez-vous de nommer les axes.

Question 7 (12 points, compétence #2)

L'équation aux différences du filtre de type FIR (*Finite Impulse Response*, ou RIF : réponse impulsionnelle finie) est donnée par cette équation :

$$y[n] = \sum_{k=0}^{M-1} h[k]x[n-k]$$

Interprétez chacun des termes et éléments de cette équation. Pour ce faire associez, chacun des éléments qui suivent à un des choix de réponse donnés par les des nombres plus bas.

Éléments de l'équation :

y est : _____

n est : _____

k est : _____

M est : _____

h est : _____

x est : _____

Choix de réponse à associer aux éléments plus haut (vous limiter à ces choix, un choix par élément) :

1. le temps continu
2. le signal d'entrée
3. l'indice entier des échantillons
4. l'indice entier des fréquences
5. le signal de sortie
6. le nombre de points de la transformée de Fourier de la réponse à l'impulsion du filtre
7. le signal non-linéaire
8. le signal linéaire
9. le nombre de coefficients du filtre
10. l'indice entier pour identifier les coefficients du filtre
11. la réponse à l'impulsion du filtre
12. la transformée de Fourier discrète de la réponse à l'impulsion du filtre