ST/B 2017/2018 (Examen) Nom & Prénom : ______________________

e 4 : On veut déterminer le filtre numérique h(n) équivalent par la méthode de l'invariance onnelle en employant un filtre de Butterworth d'ordre 2. La fréquence de coupure est *fc*=150 uence d'échantillonnage *fe*=1.28 kHz.

4.0

$$= \frac{1}{p^2 + \sqrt{2}\,p + 1}$$

Citer deux caractéristiques des filtres de Butterworth.
Déterminer la fonction de transfert dénormalisée.
Déterminer H(z).
Comment renforcer le caractère passe-bas du filtre obtenu ?
Sans faire de calcul, esquisser le module de la réponse en fréquence |H(f)|
Donner les coefficients du filtre numérique
Pourquoi limite-t-on cette méthode de synthèse aux filtres à bande limité ?

d'ondulations ni en BP, ni en BA et zone de transition nte 0.5

$$H(p) = \frac{1}{(p/\omega_c)^2 + \sqrt{2}\,p/\omega_c + 1} = \frac{\omega_c^2}{p^2 + \sqrt{2}\,\omega_c\, p + \omega_c^2} \quad 0.5$$

$$H(p) = \frac{\omega_c^2}{\left(p + \frac{\sqrt{2}\,\omega_c}{2}\right)^2 + \left(\frac{\omega_c}{\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{\omega_c^2}{\left(p + \frac{\omega_c}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{\omega_c}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{2}\,\omega_c \cdot \frac{\omega_c/\sqrt{2}}{\left(p + \frac{\omega_c}{\sqrt{2}}\right)^2 + \ldots}$$

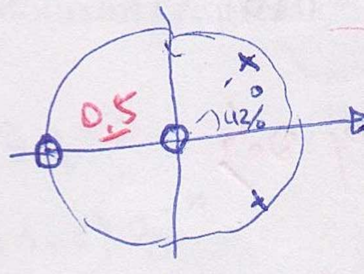
$$H(z) = \frac{\sqrt{2}\,\omega_c . T_e \; e^{-\omega_c T_e/\sqrt{2}} \sin(\omega_c/\sqrt{2} . T_e)\, z^{-1}}{1 - 2e^{-\omega_c T_e/\sqrt{2}} \cos(\omega_c . T_e/\sqrt{2})\, z^{-1} + e^{-\sqrt{2}\,\omega_c T_e}\, z^{-2}} \quad 0.5$$

$$H(z) = \frac{0.308\, z^{-1}}{1 - 1.03\, z^{-1} + 0.35\, z^{-2}} \quad 1.0$$

n plaçant un zéro en -1 $\quad H(z) * (1 + z^{-1})$ 0.5

$b_1 = 0.308 = b_2 \qquad b_0 = 0$

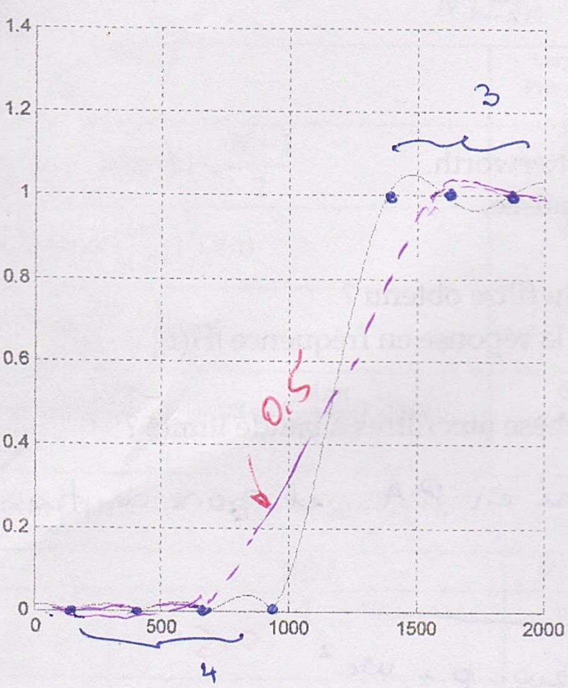
$a_0 = 1 \qquad a_1 = -1.03 \qquad a_2 = 0.35$

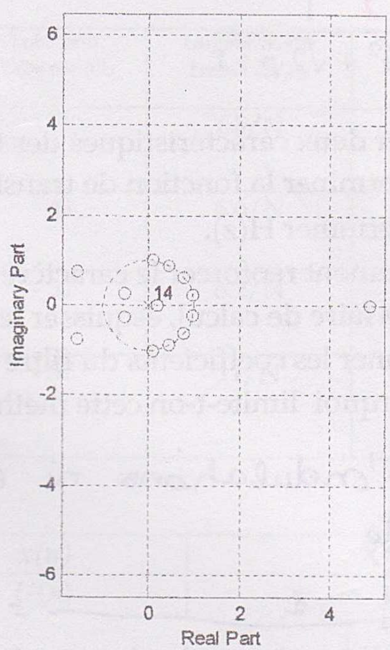


4.0

Master ST/B 2017/2018 (Examen) Nom & Prénom :

Exercice 3 : Les tracés du module de la réponse en fréquence de 0 à fe/2 et des pôles et zéros d'un filtre numérique synthétisé par la méthode de l'échantillonnage fréquentiel sont donnés comme suit :





1. Le déphasage de ce filtre est-il linéaire ? (Justifier)
2. Déterminer H(k) puis la réponse impulsionnelle h(n)
3. Calculer h(0).
4. On veut employer une fenêtre de hanning. Que devient le tracé du module de la réponse en fréquence (le superposer à H(f))

1°/ N = 15 ⇒ Somme de cosinus ~~fenêtre~~ impair symétrique) 0.5

2°/ $H(0) = H(1) = H(-1) = H(2) = H(-2) = H(3) = H(-3) = H(4) = H(-4) = 0$ 1.0

$H(5) = H(-5) = H(6) = H(-6) = H(7) = H(-7) = 1$ 1.0

$$\Rightarrow h(n) = \frac{2}{15}\left[\cos\left(\frac{10\pi n}{15}\right) + \cos\left(\frac{12\pi n}{15}\right) + \cos\left(\frac{14\pi n}{15}\right)\right]$$ 0.5 1.5

3°/ $h(0) =$ 0.5

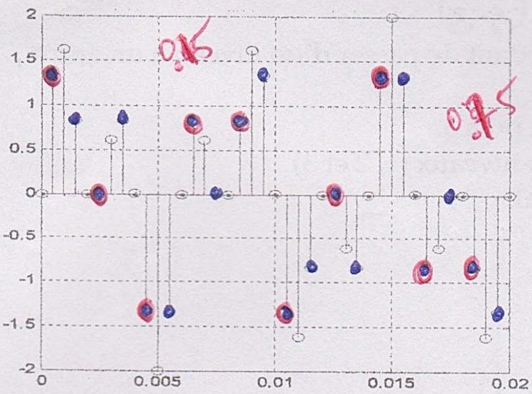
4°/ 0.5

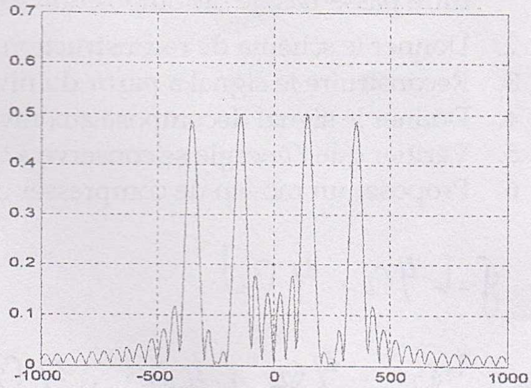
Questions Bonus

1. Qu'est-ce qu'un DSP ? processeur de signal numérique ou trait num du sign 0.25
2. Citer un avantage à l'emploi d'un DSP Rapidité 0.25
3. Citer un type d'adressage employé avec les DSP circulaire, bit-reverse 0.25

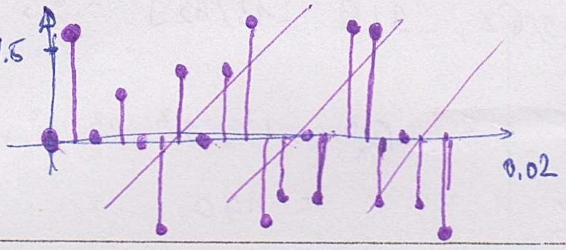
Exercice 2 : Soit le signal suivant : $h(n) = \sin(2*pi*150*n) + \sin(2*pi*350*n)$ et le module de la TFD dont les tracés respectifs sont donnés ci-après :

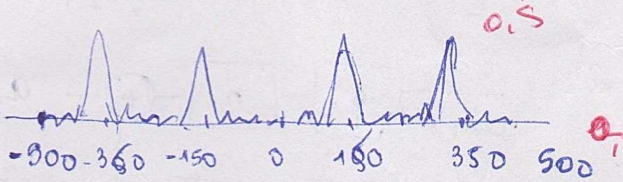
1.5

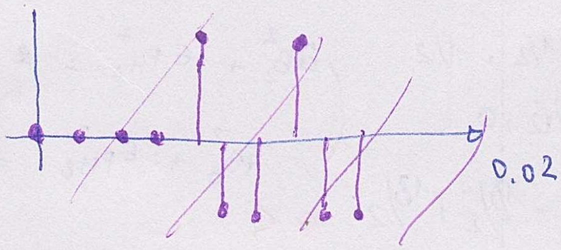


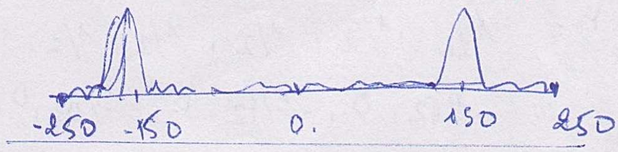


1. Tracer le signal et la TF obtenue pour une décimation de 2 puis de 4 (avec filtrage passe-bas)



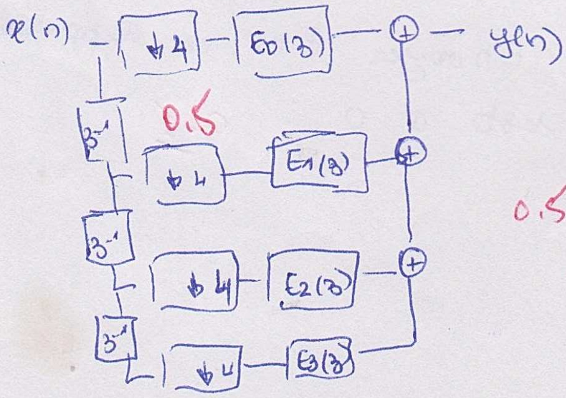






0.5

2. Donner la décomposition polyphase finale pour une décimation de 4 en donnant l'expression des filtres polyphases



0.5

$E_0(z) = \sum h(4n) z^{-n}$

$E_1(z) = \sum h(4n+1) z^{-n}$

$E_2(z) = \sum h(4n+2) z^{n}$ 0.5

$E_3(z) = \sum h(4n+3) z^{n}$

3. Quel est l'intérêt de la décomposition polyphase permet de reduire le temps de calcul en inversant decimation et filtrage 0.5

4. Pourquoi emploie-t-on un filtre passe-bas lors de la décimation

Il permet d'eviter le repliement 0.5

Master ST/B 2017/2018 (Examen) Nom & Prénom : ____________________

Exercice 1 : Soit le signal suivant : x(n)={0, 1, -2, 3, -4, 5, -6, 7 }

1. Donner sa décomposition en ondelettes au niveau 1 en employant l'ondelette de Haar tel qu filtre passe-bas de décomposition soit $\bar{h} = \{\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}\}$
2. Donner le schéma de reconstruction permettant de passer d'un niveau à un autre.
3. Reconstruire le signal à partir du niveau 1
4. Donner le signal décomposé aux niveaux 2 puis 3.
5. Vérifier que l'énergie se conserve à tous les niveaux (1, 2 et 3)
6. Proposer un moyen de compresser ce signal.

$g = [-1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}]$

$a_1 = 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}$

$d_1 = -1/\sqrt{2}, -5/\sqrt{2}, -9/\sqrt{2}, -13/\sqrt{2}$

0.75

$= [1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2}, -5/\sqrt{2}, -9/\sqrt{2}, -13/\sqrt{2}]$ 0.25

a_{i+1} — ↑2 — h — (+) — a_i

d_{i+1} — ↑2 — g —

0.75

$1/\sqrt{2}, 0, 1/\sqrt{2}, 0, 1/\sqrt{2}, 0, 1/\sqrt{2}, 0$

$1/2, 1/2, 1/2, 1/2, 1/2, 1/2, 1/2, 1/2$

$-1/\sqrt{2}, 0, -5/\sqrt{2}, 0, -9/\sqrt{2}, 0, -13/\sqrt{2}, 0$

$= -1/2, 1/2, -5/2, 5/2, -9/2, 9/2, -13/2, 13/2$

$\overline{0, 1, -2, 3, -4, 5, -6, 7}$ 0.75

0.25

$1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}$

$a_2 = 1 \quad 1$

$d_2 = 0 \quad 0$

0.5

$_2 = [1, 1, 0, 0, -1/\sqrt{2}, -5/\sqrt{2}, -9/\sqrt{2}, -13/\sqrt{2}]$

5° - $E_x^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2 +$

$= 140$

0.5

$E_{PB_1}^2 + E_{PH_1}^2 = 2 + 138 = 1$

$E_{PB_2}^2 + E_{PH_2}^2 = 2 + 0 = E$

$E_{PB_3}^2 + E_{PH_3}^2 = 2 + 0 =$

0.5

6° - Envoyer PH1, en supposant le reste à 0 0.5