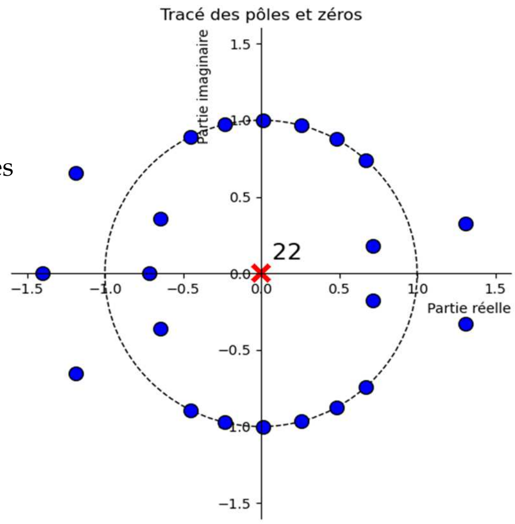


Exercice 1

Un filtre numérique a été conçu par la méthode **des fenêtres**

Le tracé des pôles et zéros est donné ci-contre :

1. Donner le tracé de la réponse fréquentielle ($f_e = 4{,}6\ kHz$)____**1.5pts**

2. En déduire la nature du filtre et déterminer approximativement la ou les fréquences de coupure____**1.5pts**

3. Déterminer la réponse impulsionnelle h(n) _______**2pts**

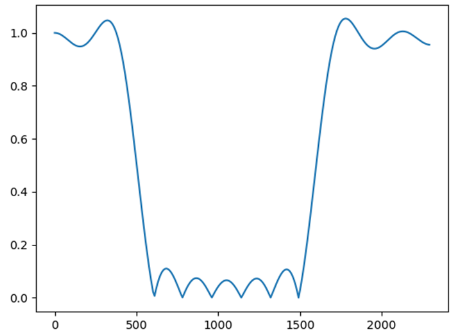
4. Calculer h(0)___________**0.5pt**

5. On veut réduire les ondulations que doit-on faire? _________**0.5pt**

6. Quel est inconvénient de cette solution ? _________**0.5pt**

7. Que devient le tracé des pôles et zéros ? _________**1pt**

1.



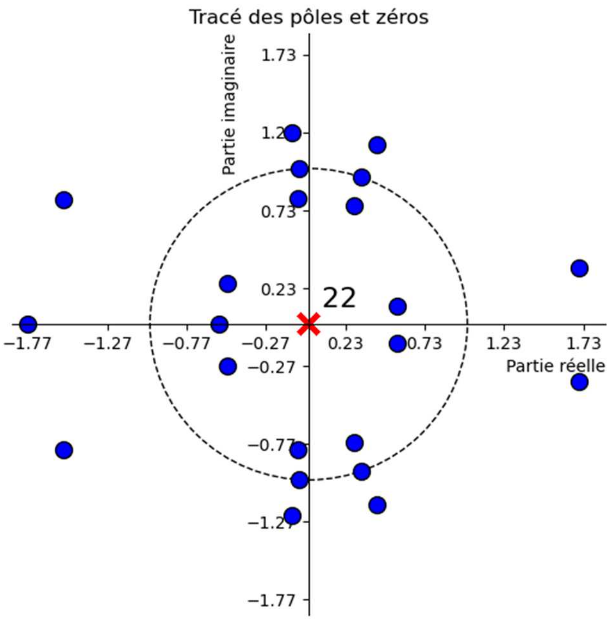
2. Passe-bande $f_{c1} = 500\ Hz$ et $f_{c1} = 1600\ Hz$

3. $h(n) = \delta(n) - 0.5\, sin\, c\,(0.5n) + 0.156\, sin\, c\,(0.156n) \quad avec\ -11 \leq n \leq 11$ Décaler les indices de 11

4. $h(0) = 0.656$

5. Multiplier h(n) par une fenêtre

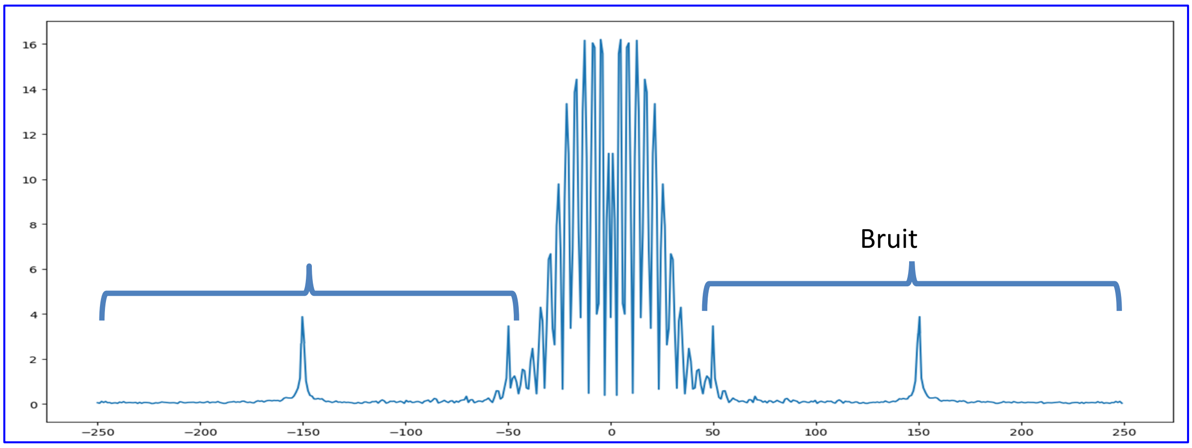
6. Elargissement de la zone de transition



7.

Exercice 2

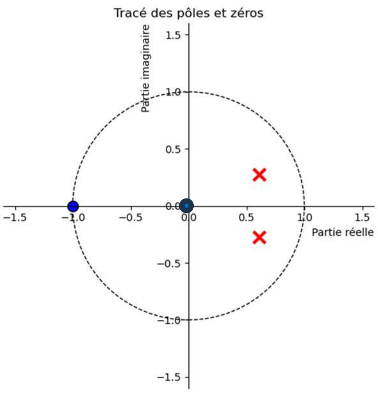
Un signal numérique a été affecté d'un bruit localisé comme suit



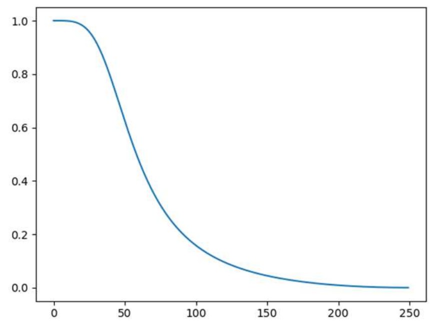
Pour éliminer le bruit, on veut synthétiser **un filtre RII** par la méthode de l'invariance impulsionnelle en employant un filtre de Butterworth d'ordre 2 $H_N(p) = \frac{1}{p^2+p+1}$

1. Donner les caractéristiques du filtre de Butterworth ____**0.5pt**
2. Quelle est la nature du filtre à synthétiser ? ____**0.5pt**
3. Donner sa ou ses fréquences de coupure ____**0.5pt**
4. Déterminer la fonction de transfert H(z) et donner alors les coefficients du filtre. ____**3.5pts**
5. Donner le tracé des pôles et zéros. ____**1pt**
6. En déduire un tracé approximatif du module de la réponse fréquentielle H(f). ____**1pt**
7. Donner un tracé approximatif de la réponse impulsionnelle h(n). ____**0.5pt**

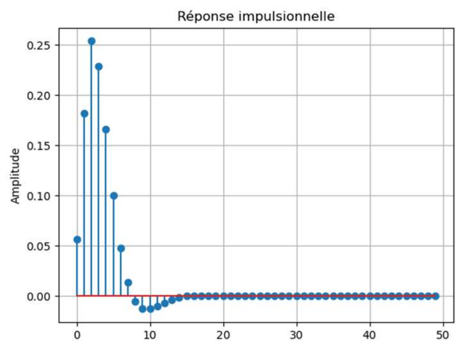
1. Pas d'ondulations en bandes passante et atténuée
2. Passe-bas
3. $f_c = 45\ Hz$
4. $H(z) = \frac{0.056(z+1)^2}{z^2-1.307z+0.492}$ $b = [0.056 \quad 0.113 \quad 0.056]$ $a = [1 \ -1.225 \quad 0.450]$
5.



6.



7.



Quelques Rappels

Fenêtres	Largeur Lobe Principale : $L\Delta f$	Lobe prin -Lobe sec (db	Largeur Bande Trans : $2\Delta f/fe$	Atténuation en bande atténuée : Aa(db)
$w_{Rect}(n) = \underset{N}{\Pi}(n) = 1 pour \|n\| \leq \frac{N-1}{2}$	$2f_e/N$	-13	1.8/N	21
$w_{Ham}(n) = \left(0.54 + 0.46\cos(\frac{2\pi n}{N-1})\right)\underset{N}{\Pi}(n)$	$4f_e/N$	- 41	6.6/N	53
$w_{Han}(n) = \left(0.5 + 0.5\cos(\frac{2\pi n}{N-1})\right)\underset{N}{\Pi}(n)$	$4f_e/N$	- 31	6.2/N	44
$w_{Black}(n) = \left(0.42 + 0.5\cos(\frac{2\pi n}{N-1}) + 0.08\cos(\frac{4\pi n}{N-1})\right)\underset{N}{\Pi}(n)$	$6f_e/N$	- 57	11/N	74

$h(n) = f_c \, sinc\,(\pi n f_c)$ pour $-(N-1)/2 \leq n \leq (N-1)/2$

$$\theta = (f_c / f_e) \times 360° \quad et \quad r = 1 - \frac{\Delta f_{3db}}{f_e}\pi$$

$$h(n) = \frac{1}{N}\left(H(0) + 2\sum_{k=1}^{(N-1)/2} H(k)\cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right)\right)$$

Passe-bas	$p = p/\omega_A$
Passe-haut	$p = \omega_A/p$

Passe-bande	$p = \frac{1}{B}\left(\frac{p}{\omega_A} + \frac{\omega_A}{p}\right)$
Coupe-bande	$p = \left[\frac{1}{B}\left(\frac{p}{\omega_A} + \frac{\omega_A}{p}\right)\right]^{-1}$

Avec :
Pulsation centrale
$\omega_A = \sqrt{\omega_{A1}\omega_{A2}}$
Largeur de Bande
$B = (\omega_{A2} - \omega_{A1})$

$$\omega_A = \frac{2}{T_e} tg\left(\frac{\omega_N T_e}{2}\right)$$

$$p = \frac{2}{T_e}\frac{z-1}{z+1}$$

H(p)	*H(z)=Te.H'(z)*	*H(p)*	*H(z)=Te.H'(z)*
$\frac{1}{p+a}$	$T_e \frac{1}{1 - e^{-aTe}z^{-1}}$		
$\frac{p+a}{(p+a)^2 + \omega^2}$	$T_e \frac{1 - e^{-aTe}z^{-1}\cos(\omega T_e)}{1 - 2e^{-aTe}z^{-1}\cos(\omega T_e) + e^{-2aTe}z^{-2}}$	$\frac{\omega}{(p+a)^2 + \omega^2}$	$T_e \frac{e^{-aTe}z^{-1}\sin(\omega T_e)}{1 - 2e^{-aTe}z^{-1}\cos(\omega T_e) + e^{-2aTe}z^{-2}}$