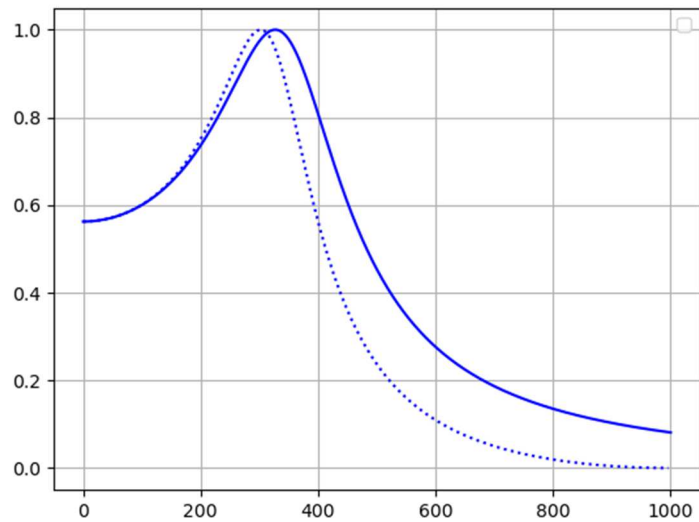


Exercice 1 (5 points)

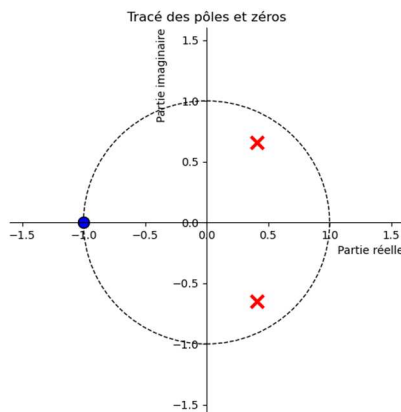
On a conçu un filtre numérique en employant la transformation bilinéaire. Le filtre analogique normalisé est un filtre de deuxième ordre. Le tracé ci-dessous donne le module de la réponse en fréquence numérique et celle analogique dénormalisée.

15

1. Identifier le filtre analogique employé (Butterworth ou Chebychev 1 Ou Chebychev 2) en justifiant.
2. Identifier sur le graphe la réponse en fréquence du filtre Analogique et celle numérique (Justifier)
3. Déterminer les spécifications du filtre numérique (nature f_c et f_e).
4. Donner la pulsation analogique ω_A .
5. Donner le tracé des pôles et zéros.
6. Quel est le nombre de coefficients de ce filtre ?

**Réponses**

1. Tchebychev 1 : Ondulations en bande passante
2. Trait plein : analogique, pointillé : Numérique ($f_A > f_N$)
3. Passe-bas $f_c = 400 \text{ Hz}$ $f_e = 2000 \text{ Hz}$
4. $\omega_A = \frac{2}{T_e} \operatorname{tg} \left(\frac{\omega_N T_e}{2} \right) = \frac{2}{T_e} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi f_N}{f_e} \right) = 2906,17$
- 5.



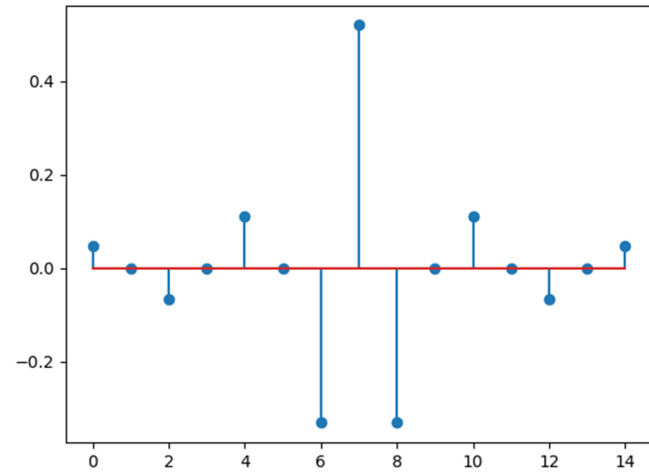
6. 6 coefficients

Exercice 2 (5 points)

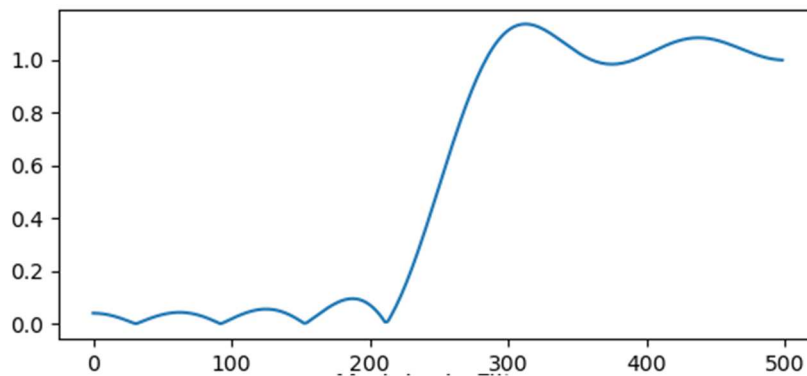
Un filtre numérique a été conçu par la méthode des fenêtres (Fenêtre Rectangulaire) avec $f_e = 1\text{kHz}$

Le tracé de la réponse impulsionnelle est donnée ci-contre :

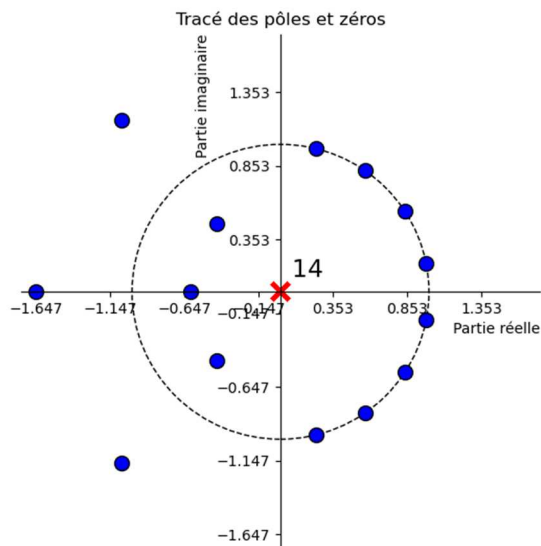
1. Déterminer N.
2. Donner la nature (rôle) de ce filtre.
3. Déterminer la ou les fréquence de coupure.
4. Donner l'expression de $h(n)$.
5. Donner un tracé approximatif du module de la réponse fréquentielle.
6. Donner un tracé approximatif des pôles et zéros.
7. Déterminer Δf .

**Réponses**

1. $N=15$
2. Passe haut (sinc inversé)
3. $h(7) = 1 - f_{CN} \text{sinc}(nf_{CN}) = 0.5 \rightarrow f_{CN} = 0.5 \rightarrow f_c = 250\text{Hz}$
4. $h(n) = \delta(n) - f_{CN} \text{sinc}(nf_{CN}) \quad -7 \leq n \leq 7$, on décale les indices de 7



5.

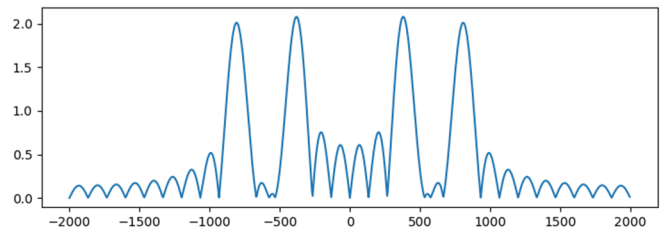
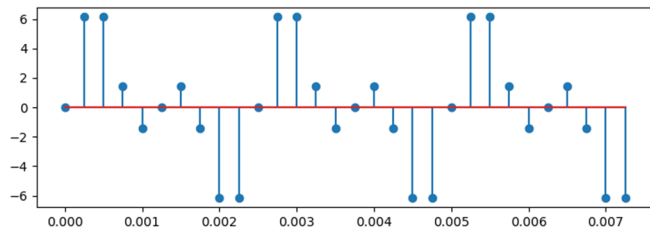


6.

$$7. \Delta f_N = \frac{1.8}{N} = 0.12 \rightarrow \Delta f = 60\text{Hz}$$

Exercice 3 (5 points)

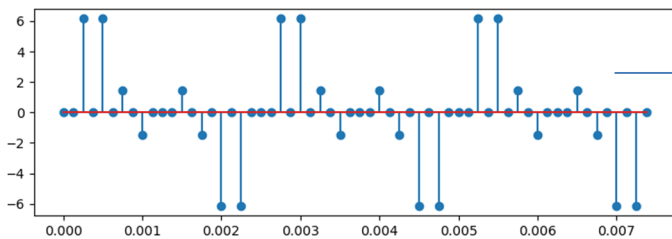
Les premières valeurs du signal numérique $x(n) = 4\sin(2\pi \cdot 400 \cdot n) + 4\sin(2\pi \cdot 800 \cdot n)$ et le module de sa TFD sont donnés ci-dessous :



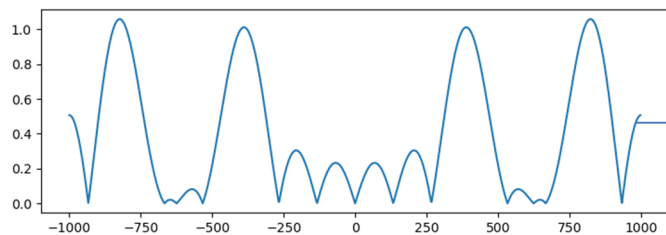
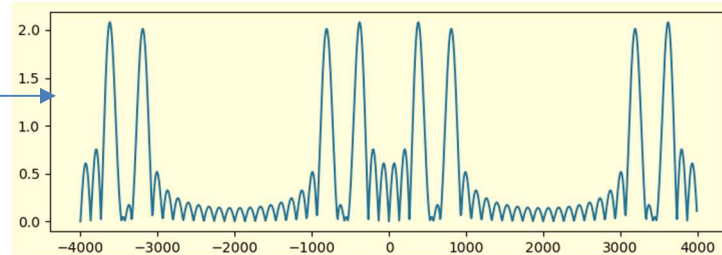
Il a subi différentes opérations, pour chacune est donné soit le signal numérique obtenu ou le module de sa TFD

Donner dans chaque :

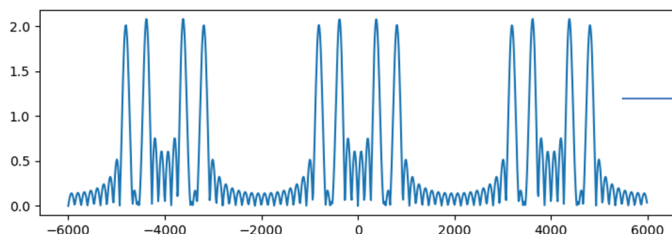
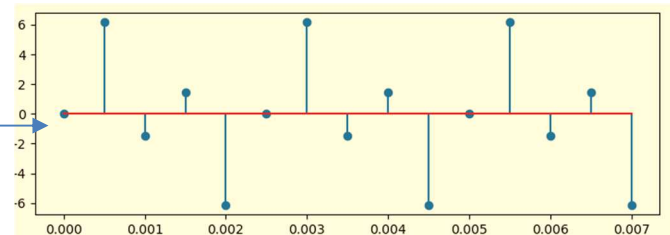
- l'opération correspondante (Décimation ou interpolation) avec ou sans filtre.
- si un filtre est présent, préciser sa fréquence de coupure.
- Tracer le signal ou sa TFD.



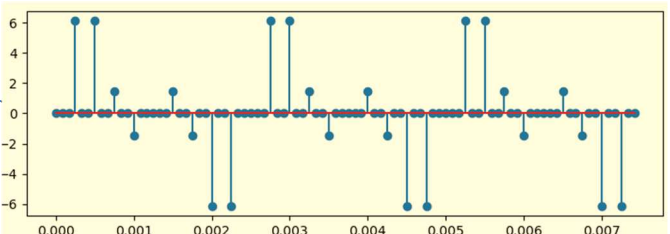
$\uparrow 2$



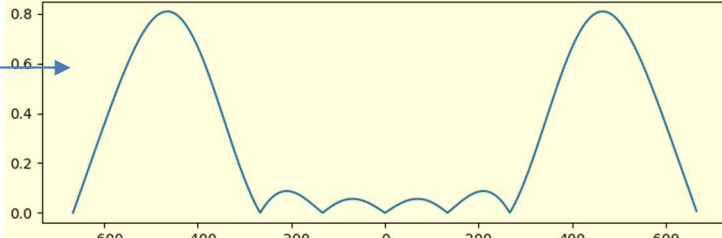
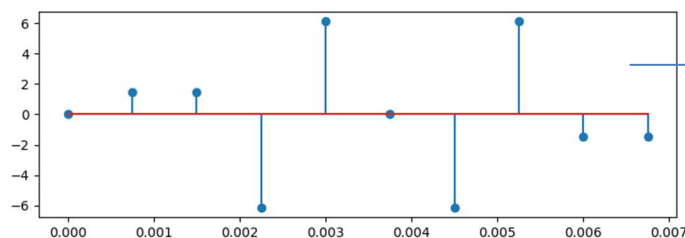
$\downarrow 2$



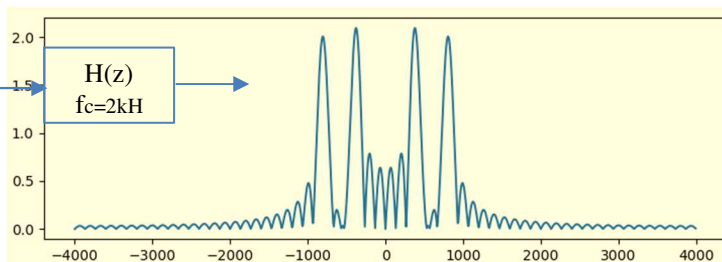
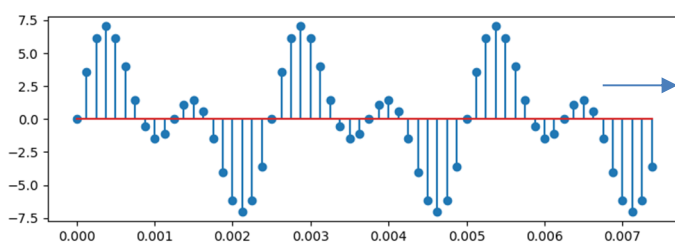
$\uparrow 3$

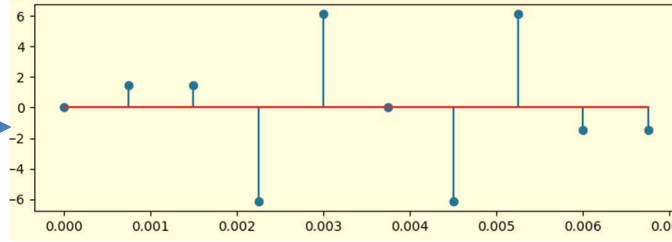
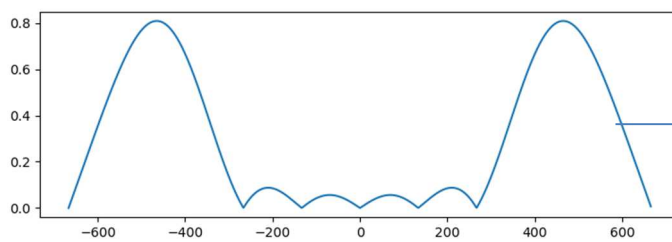
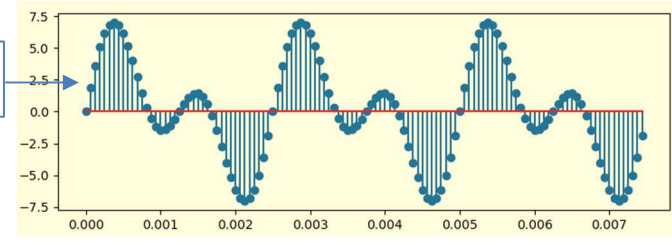
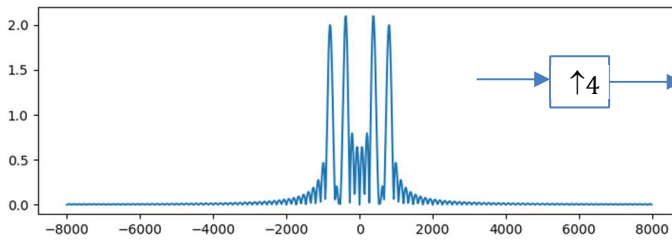
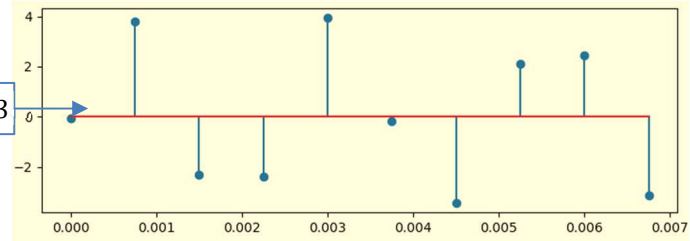
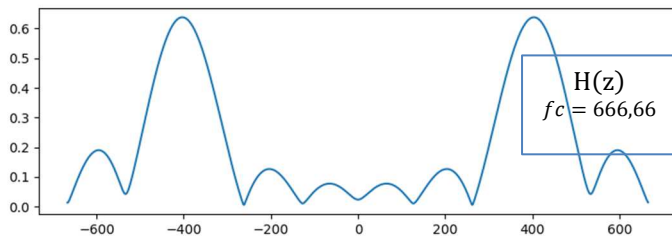


$\downarrow 3$



$\uparrow 2$





Rappels

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

Passe-bas $h(n) = f_c \sin c(\pi n f_c)$

pour $-(N-1)/2 \leq n \leq (N-1)/2$

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

Passe-bande	$p = \frac{1}{B} \left(\frac{p}{\omega_A} + \frac{\omega_A}{p} \right)$	Avec : Pulsation centrale $\omega_A = \sqrt{\omega_{A1}\omega_{A2}}$ Largeur de Bande $B = (\omega_{A2} - \omega_{A1})$
Coupe-bande	$p = \left[\frac{1}{B} \left(\frac{p}{\omega_A} + \frac{\omega_A}{p} \right) \right]^{-1}$	

$$\omega_A = \frac{2}{T_e} \operatorname{tg} \left(\frac{\omega_N T_e}{2} \right) \quad p = \frac{2}{T_e} \frac{z-1}{z+1}$$