

TNS : Compte rendu TP3

3ETI 2020/2021, Groupe C

FRANCOIS-CHARLOT Axel

PINCEMIN Alexis

Préparation

1. Le spectrogramme est un diagramme représentant le spectre d'un phénomène périodique, associant à chaque fréquence une intensité ou une puissance.
2. Le principe de la méthode des fenêtres pour la synthèse de filtre RIF consiste à définir le profil idéal du gain complexe désiré. Puis par TFTD inverse de calculer sa RI. On la multiplie par une fenêtre $w[n]$ de longueur M symétrique et nulle en dehors de $[0, M-1]$
On obtient $h[n] = h_d[n].w[n]$

3. $h = \text{fir1}(n, f_n, \text{type}, \text{window})$

n : ordre du filtre de longueur RI-1

f_n : fréquence de coupure (fréquence réduite)

type : type du filtre 'high' passe-haut, 'stop' coupe bande

window : vecteur de longueur $n+1$ correspond à la fenêtre

h : RI du filtre

4. On considère un filtre analogique $H_a(p) = \frac{b}{p+a}$

$$\text{On obtient } H(z) = \frac{b}{\frac{2(1-z^{-1})}{T} + a}$$

La correspondance du plan de Laplace vers le plan de la TZ se fait en posant $p = \frac{2}{T} \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right)$

5. La transformation bilinéaire provoque une déformation des fréquences. Il est donc nécessaire de pré-déformer le gabarit du filtre analogique pour obtenir le filtre numérique désiré.

On pose $T = \frac{1}{\pi f_e} \tan \left(\frac{\pi f_a}{f_e} \right)$. Où f_a est la fréquence à corriger et f_e la fréquence

d'échantillonnage. On a donc $p = \frac{2\pi f_e}{\tan \left(\frac{\pi f_a}{f_e} \right)} \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right)$

6. $[b,a] = \text{ellip}(n, R_p, R_s, W_p)$

b : valeurs des coefficients du numérateur

a : valeurs des coefficients du dénominateur

R_p : maximum pic-pic des ondulations dans la bande-passante

R_s : atténuation de la bande atténué par rapport à la valeur pic de la bande passante

W_p : fréquence de coupure (rad/s)

`[bd,ad] = bilinear(b,a,fe)`

b,a coefficient de la fonction de transfert dans le domaine de Laplace

fe : fréquence d'échantillonnage

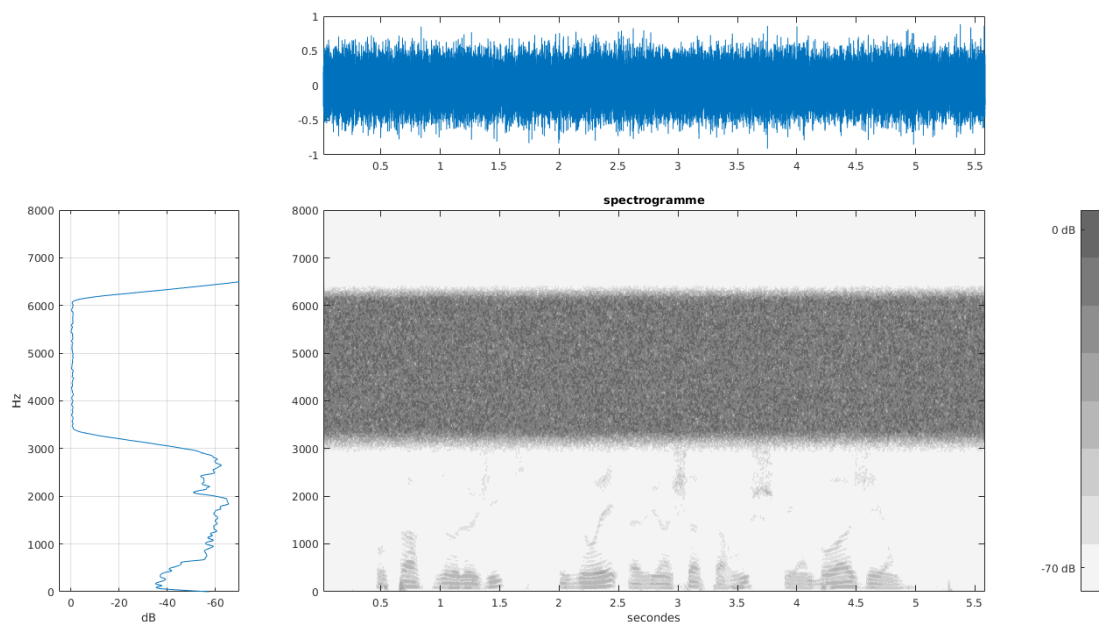
bd, ad : équivalent de b et a dans le domaine de la TZ

Analyse du signal et définition du gabarit idéal

Notre signal attribué est le 7. Après une écoute nous ayant couté quelques points d'audition, nous sommes en mesure s'affirmer que le signal est bel est bien inaudible.

Analyse du signal initial

Le spectrogramme du signal obtenu grâce à la fonction sgram est le suivant :



Définition du gabarit du filtre idéal

On constate une large bande de bruit entre 3000 Hz et 6400 Hz. Le spectre du signal lui se trouve entre 0Hz et 2900 Hz.

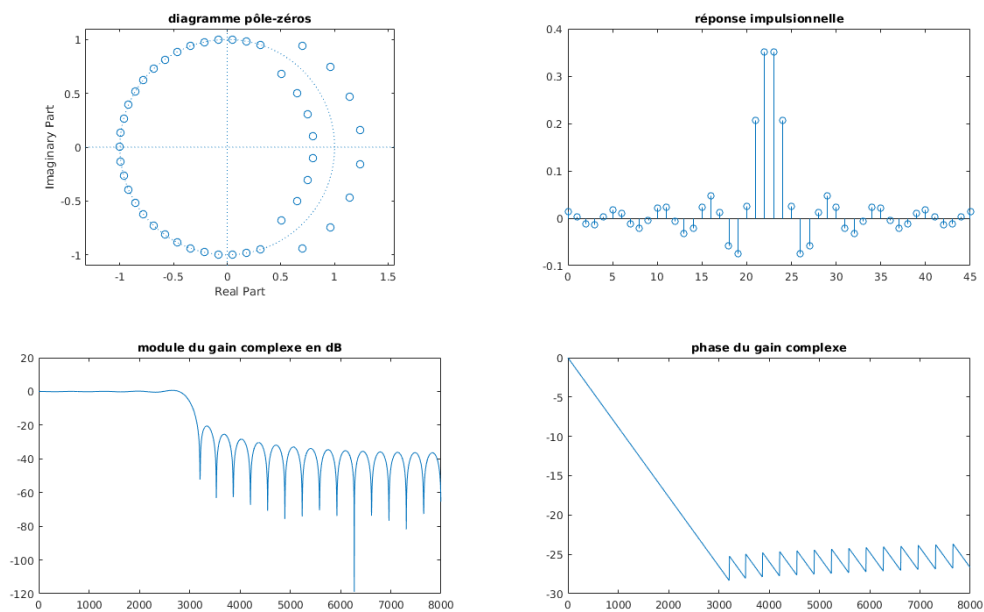
Comme la bande de fréquence à filtrée est continue, un coupe bande n'est pas adapté. De plus, un passe bande ne l'est pas non plus car le spectre du signal se trouve aussi sur une large bande de fréquence. Un passe haut n'est pas adapté non plus car l'information du signal se trouve sur les basse fréquence. Ainsi le seul choix logique est donc de réaliser un passe bas. La fréquence de coupure que nous choisissons est donc $\nu_c = 3000 \text{ Hz}$. En fréquence réduite $f = \frac{\nu_c}{\nu_e} = \frac{3000}{16000} = 0,1875$

Synthèse de filtre RIF

Synthèse d'un filtre avec une fenêtre rectangulaire

Nous synthétisons un premier filtre de longueur $M = 45$ en utilisant la fenêtre rectangulaire. Voici sa réponse impulsionnelle, son diagramme pôle-zéro et son diagramme de Bode :

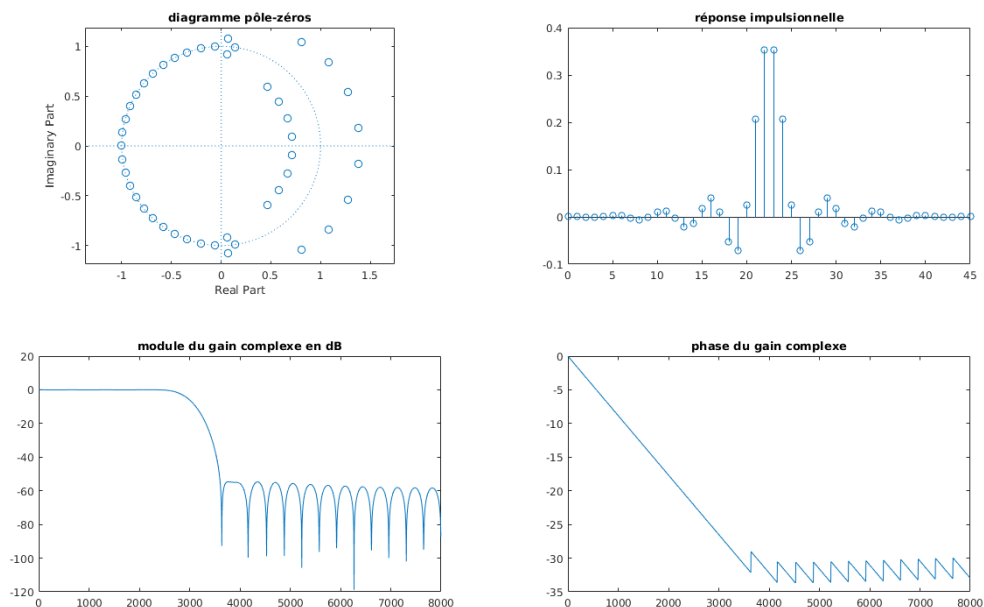
En mesurant sur



En mesurant le gain du filtre à $\nu_c = 3000 \text{ Hz}$, on mesure que son gain est de -6 dB, la fréquence de coupure est donc bien celle attendue

Synthèse d'un filtre avec une autre fenêtre

Nous réalisons le même filtre mais cette fois-ci avec une fenêtre de Hamming. Voici sa réponse impulsionnelle, son diagramme pôle-zéro et son diagramme de Bode :



Comparaison des caractéristiques des filtres

D'un point de vue du gain, les 2 filtres ont bien un gain égal (ou quasiment) à 0 dans les basses fréquences. Les 2 filtres ont bien un gain de -6 dB à la fréquence de coupure $\nu_c = 3000 \text{ Hz}$. En

revanche, le filtre de Hamming a un gain minimal de -54 dB pour les hautes fréquences alors que ce même gain n'est que de l'ordre de -20 pour le fenètre rectangle.

Voici un tableau comparatif des fréquences critiques et des niveaux d'oscillation entre les 2 filtres :

Valeur	Rectangle	Hamming
δ_p	0.06335	0.00195
δ_a	0.07369	0.0018455
f_p	2816	3176
f_a	2391	3605

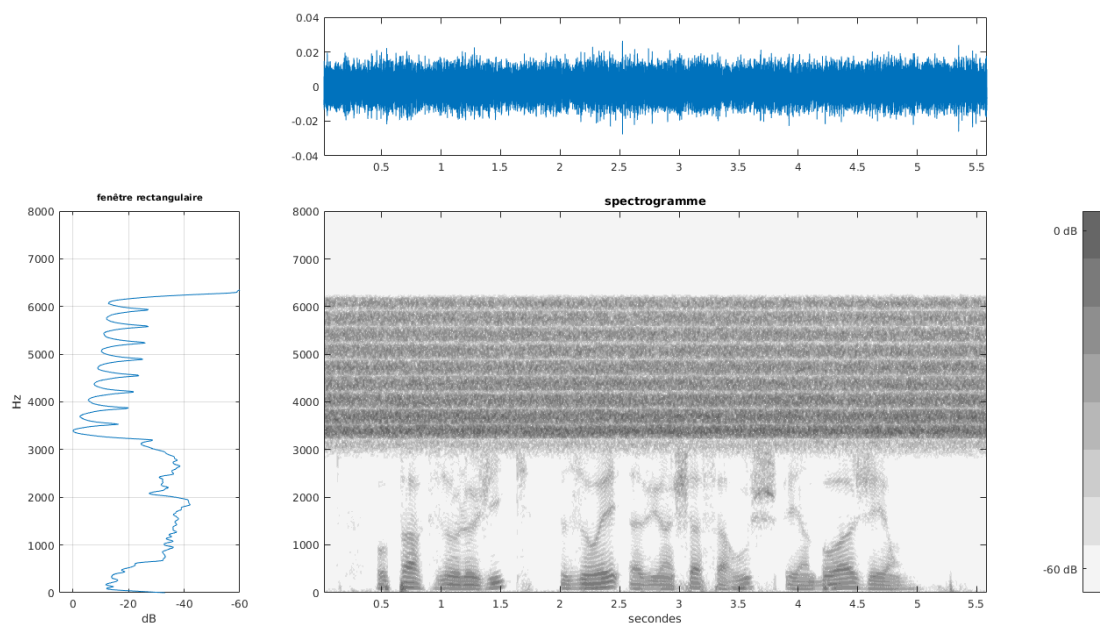
(Valeurs brutes mesurées : voir partie3.m)

Filtrage

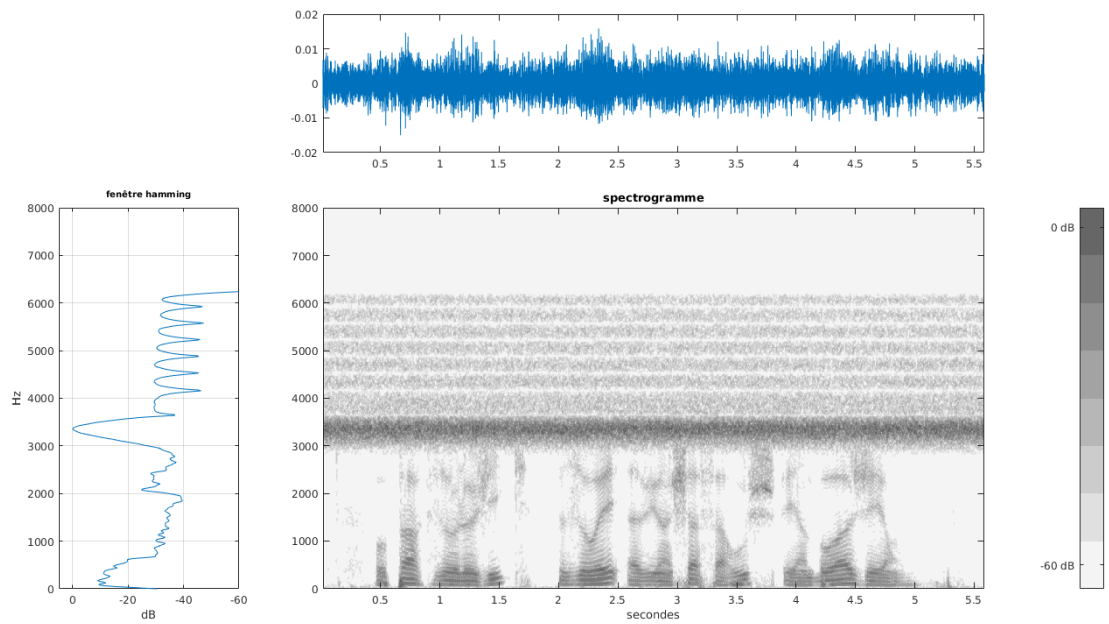
Nous filtrons donc le signal avec nos filtre, qui ont pour longueur $M = 45$ et $\nu_c = 3000 \text{ Hz}$.

Les spectrogrammes des signaux de sortie sont les suivants :

- Rectangulaire



- Hamming



Nous constatons que le signal filtré ne convient pas du tout est reste inaudible. Le cahier des charges n'est pas rempli.

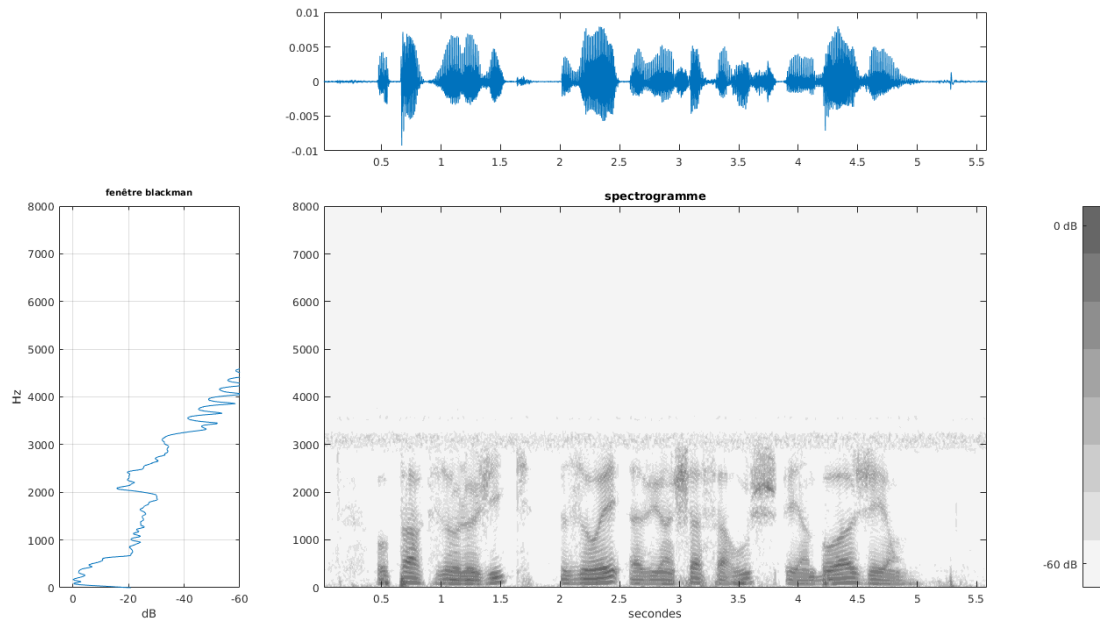
Amélioration du filtrage

Lorsque l'on augmente la longueur de filtre, celui-ci devient nettement plus performant.

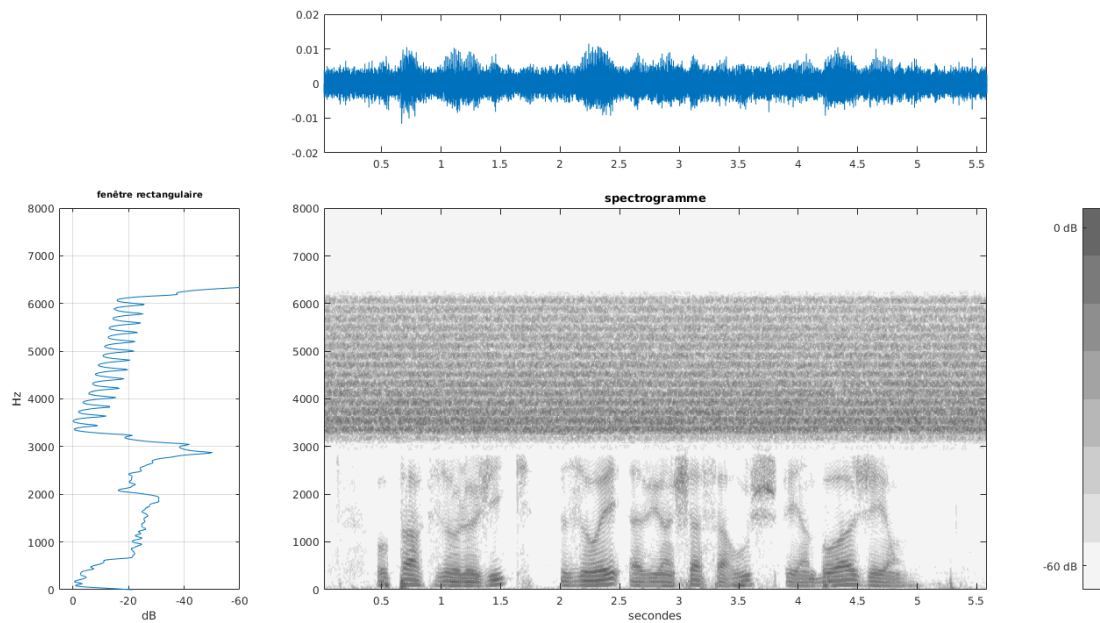
Nous avons ensuite tâtonner jusqu'à obtenir un filtre répondant au cahier des charges sans prendre des valeurs aberrante. Le cahier des charges est respectée lors de l'utilisation d'une fenêtre de Blackman, avec $M = 80$ et $\nu_c = 2750 \text{ Hz}$, puis avec d'autres fenêtres si l'on augmente la longueur des filtres.

La diminution de la fréquence de coupure permet de beaucoup plus atténuer les composantes proche de 3000 Hz.

Voici le spectrogramme du signal filtré avec la fenêtre de Blackman, avec $M = 80$ et $\nu_c = 2750 \text{ Hz}$:



En guise de comparaison, voici le résultat obtenu avec une fenêtre rectangulaire dans la même configuration :



La fenêtre de Blackman est de loin la plus performante dans cette configuration.

Synthèse de filtres RII

Conception du filtre analogique

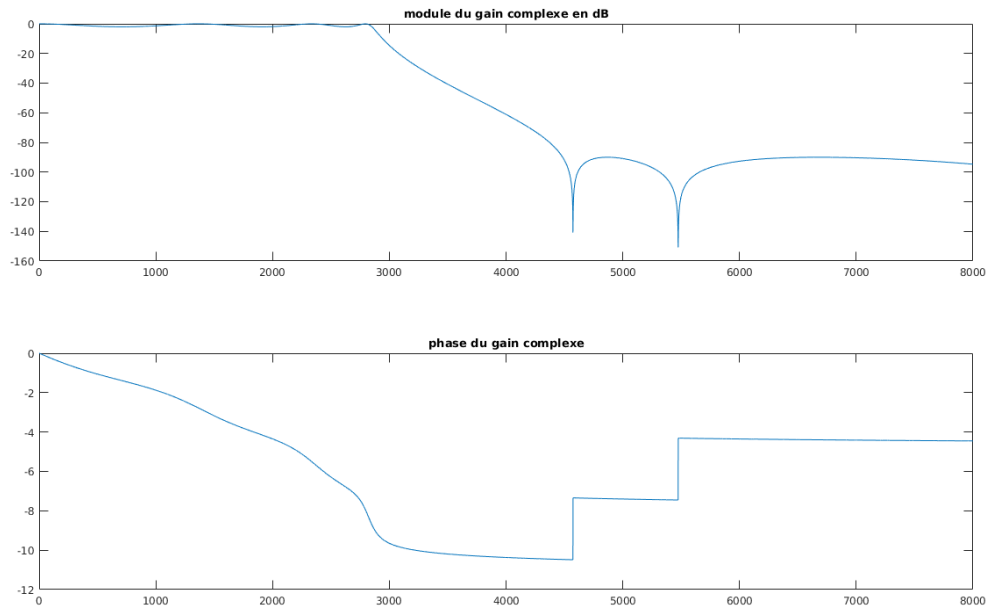
Pour choisir les paramètres W_p , R_p et R_s , nous avons effectué les raisonnements suivant :

- La fréquence de coupure reste identique car nous voulons réaliser un passe bas, ainsi

$$W_p = f_c \times 2\pi = 2850 \times 2\pi$$

- Nous voulons une atténuation de 1 dB à la fréquence de coupure, donc $R_p = 1$
- Nous voulons une atténuation d'au moins 60 dB des fréquences du bruit, nous prenons donc $R_s = 60$ afin d'être sûr d'éliminer complètement les zones bruitées.

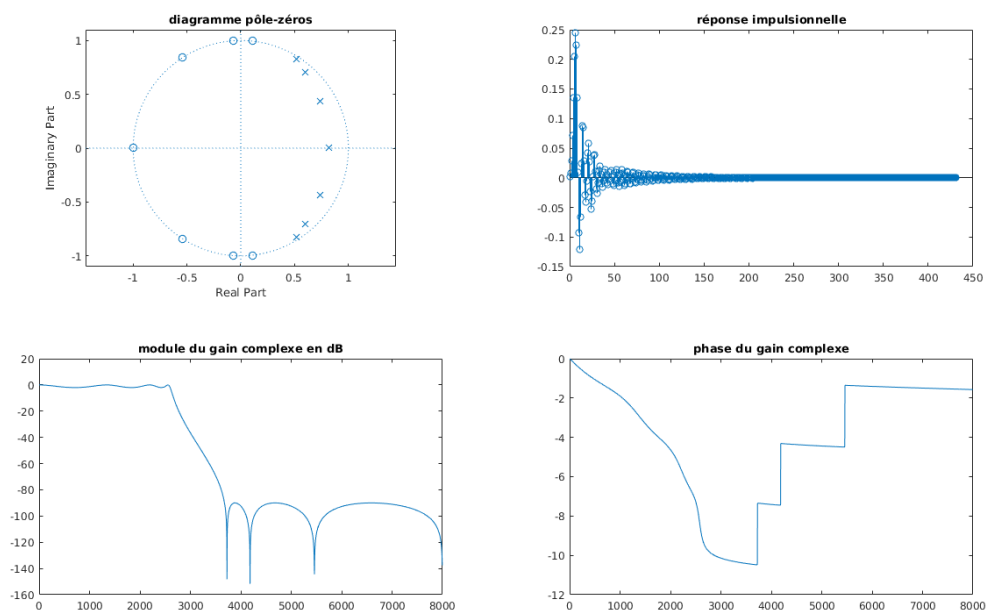
Le diagramme de Bode de ce filtre ainsi réalisé est le suivant :



Synthèse du filtre numérique

Pour que fréquences de coupure du filtre analogique et celles définies dans le domaine numérique doivent correspondre exactement, il faut rajouter 's' en paramètres de la fonction ellip.

Voici la réponse impulsionnelle, le diagramme pôle zéro et le diagramme de Bode du filtre une fois synthétisé numériquement :



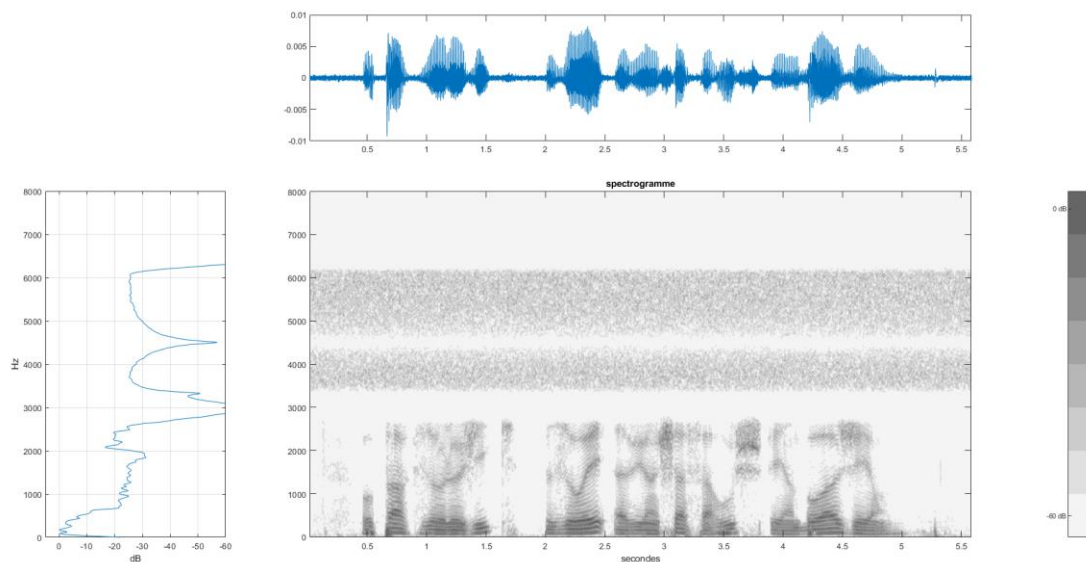
Voici un tableau comparatif des fréquences critiques et des niveaux d'oscillation entre le filtre RII et un filtre RIF :

Valeur	RII	RIF (Hamming)
δ_p	0.10285	0.00195
δ_a	0.0005	0.0018455
f_p	2598	3176
f_a	3340	3605

(Valeurs brutes mesurées : voir partie4.m)

On constate que δ_p est bien meilleur pour le filtre RIF : les basses fréquences seront plus déformées avec le RII. En revanche, δ_a est bien meilleur pour le filtre RII, les basses fréquences sont très bien atténuées et de manière uniforme. Les fréquences critiques montrent que le filtre RII coupe plus en avance mais aussi plus lentement que le RIF ($f_a - f_p = 742$ contre 429)

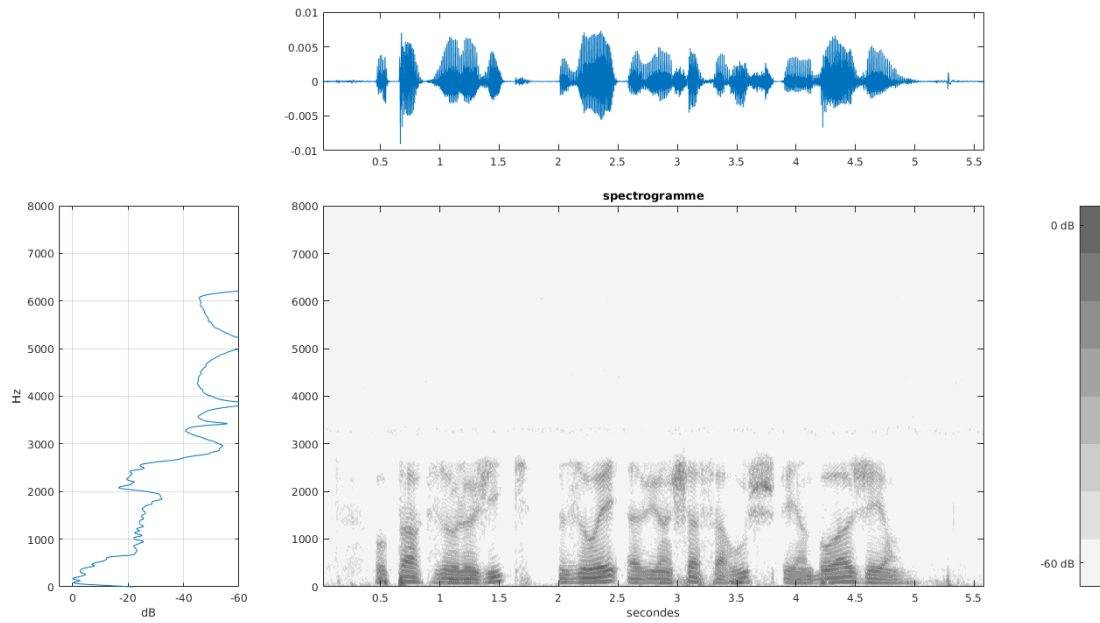
Le résultat est plutôt acceptable : la phrase est écoutable et compréhensible, cependant il reste un fort niveau de bruit. Voici le spectrogramme du signal :



En effet, on constate bien qu'il reste un fort niveau de bruit, il faut donc modifier notre filtre.

Optimisation

Encore une fois par tâtonnement, nous avons convenu qu'un filtre d'ordre 7, avec $W_p = 2850 \times 2\pi$, $R_p = 2$ et $R_s = 80$ permettait d'avoir un filtre de bien meilleure qualité et qui répond au cahier des charges. Voici le spectrogramme du signal filtré avec ce filtre :



Cette fois-ci, la phrase est parfaitement audible et le filtre répond bien aux critères du cahier des charges.