



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté de génie

Département de génie électrique et génie informatique

APP 5 Électrique: Traitement de signal théorique

GEL412

Présenté à

Max Hofheinz

Présenté par

Shawn Miller-Morneau

Alexis Juteau

Sherbrooke - 20 mars 2023

Table des matières

1	Introduction	1
2	Schéma bloc extraction des paramètres	1
3	Schéma bloc synthèse	2
4	Analyse et synthèse	3
4.1	Graphique les enveloppes temporelles obtenues	3
4.2	Affichage des spectres de Fourier des signaux du LA# et du basson	3
4.3	Fréquences, amplitudes et phases des harmoniques retenues du LA#	5
5	Filtre FIR pour extraire l'enveloppe du signal redressé	6
5.1	Calculs et explications de la longueur N du filtre	6
5.2	Graphique de la fonction de réponse en fréquence	7
6	Filtre coupe-bande FIR avec équations de transformation	7
6.1	Équation aux différences et le calcul des valeurs des coefficients	7
6.2	Graphique de la réponse à l'impulsion $h(n)$	8
6.3	Graphique de la réponse à une sinusoïde de 1000 Hz	9
6.4	Graphiques amplitude et phase de la réponse en fréquence	9
6.5	Graphiques des spectres d'amplitude des signaux basson avant et après filtrage	10
7	Conclusion	10

Table des figures

1	Schéma bloc extraction des paramètres	1
2	Schéma bloc extraction synthèse de son	2
3	Enveloppe temporelle signal LA#	3
4	Spectres de Fourier pour LA#	4
5	Spectres de Fourier pour basson	4
6	Analyse de N	6
7	La fonction de réponse en fréquence FIR passe-bas	7
8	Réponse à l'impulsion coupe bande	8
9	Réponse du filtre coupe bande avec un signal de 1kHz	9
10	amplitude et phases de la réponse en fréquence coupe-bande	9
11	Avant et après le filtrage coupe bande	10

Liste des tableaux

1	Valeurs de fréquence, amplitude et phase des harmoniques de LA#	5
---	---	---

1 Introduction

D'une part, l'APP 5 traite des éléments du traitement de signal, soit les concepts de transformé de Fourier, échantillonnage, filtrage, fenêtrage, du domaine temporelle et du domaine fréquentielle. Le but de la problématique est d'une part de synthétiser des notes a partir d'un premier fichier .wav et d'autre part de synthétiser une note d'un fichier .wav corrompu.

2 Schéma bloc extraction des paramètres

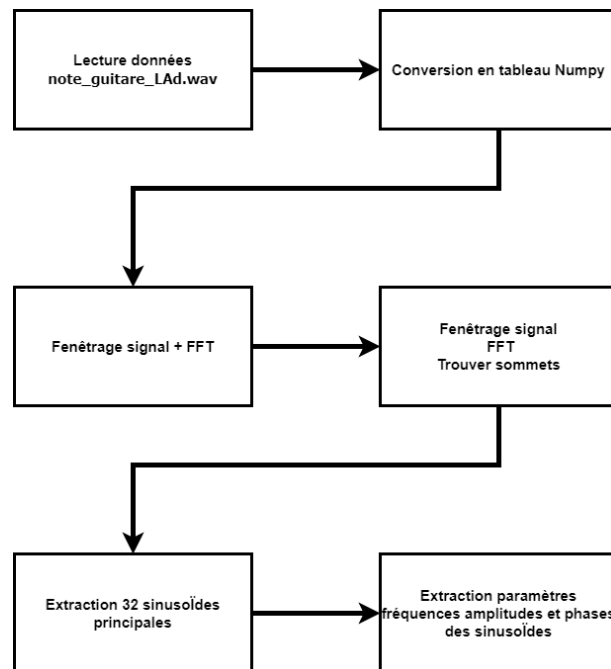


FIGURE 1 – Schéma bloc extraction des paramètres

Ce schéma bloc de l'extraction des paramètres permet de traduire la lecture des données pour en extraire les fréquences, l'amplitude et la phases qui sont nécessaire pour l'analyse complète de la problématique.

3 Schéma bloc synthèse

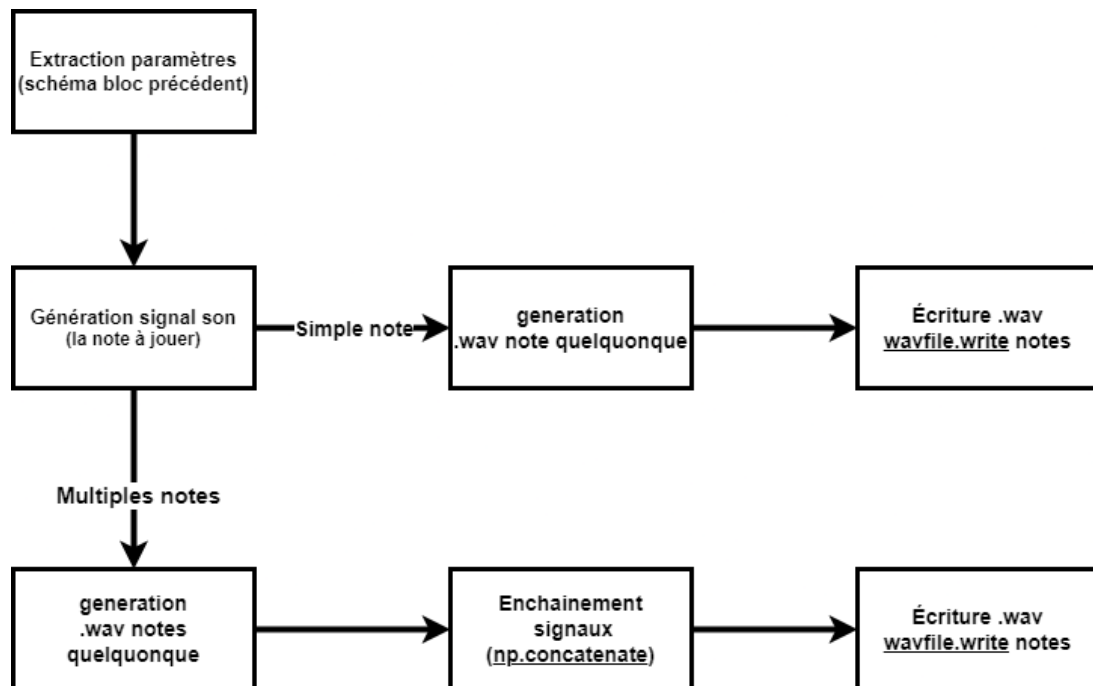


FIGURE 2 – Schéma bloc extraction synthèse de son

En ce qui concerne la synthèse de son, l'extraction des paramètres est primordial. Ensuite, pour générer une suite de son, il est possible d'enchaîner(`np.concatenate`) les signaux et de recréer la mélodie de Beethoven.

4 Analyse et synthèse

4.1 Graphique les enveloppes temporelles obtenues

Cette section vise à redresser le signal et le filtrer avec un filtre passe-bas FIR à une fréquence de coupure de $\frac{\pi}{1000}$ rad/éch. Cette enveloppe temporelle est utilisée pour répliquer l'effet d'atténuation du son de la guitare. Voir Figure 3.

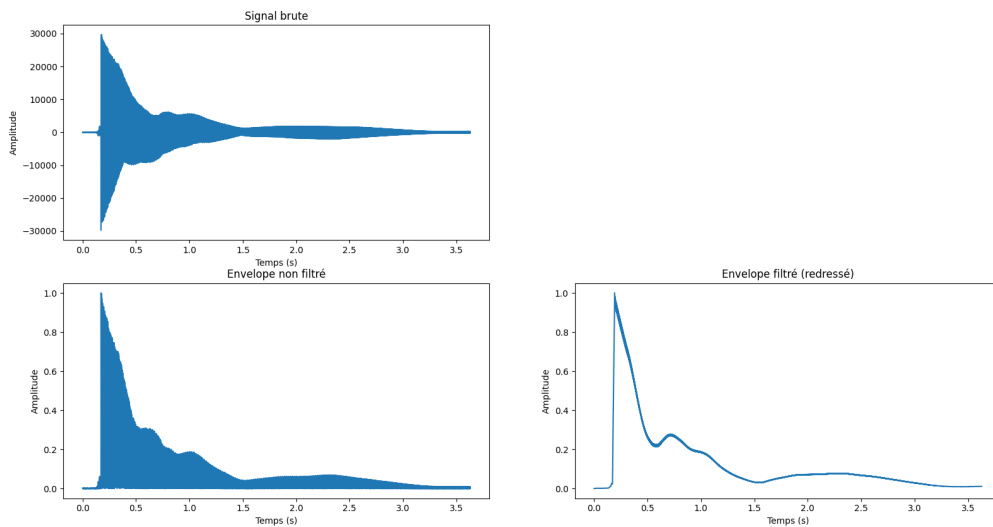


FIGURE 3 – Enveloppe temporelle signal LA#

4.2 Affichage des spectres de Fourier des signaux du LA# et du basson

La Figure 4 montre l'analyse fft. Les points rouges indiquent les harmoniques du LA# . Il est possible de voir l'effet du fenêtrage sur les harmoniques qui diminuent d'amplitude. La Figure 5 indique la fft du signal de basson où le signal parasite est filtré.

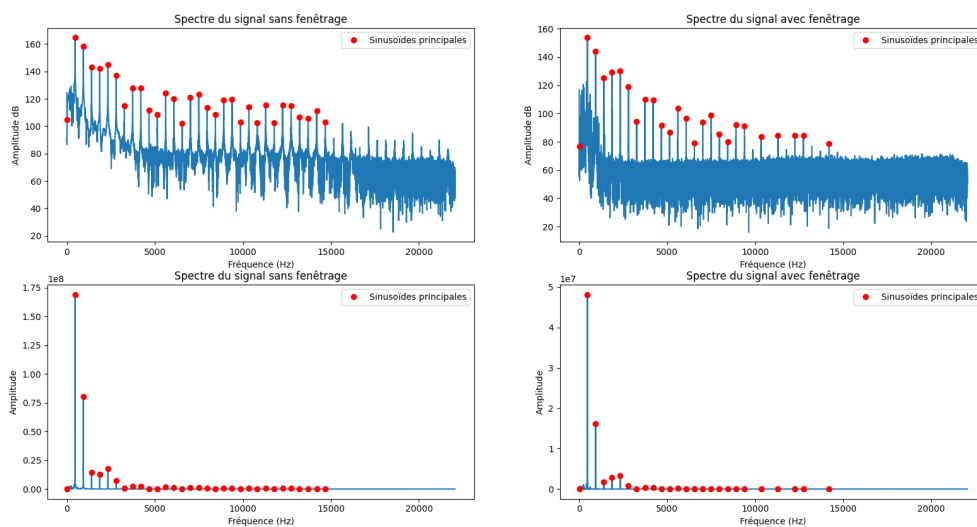


FIGURE 4 – Spectres de Fourier pour LA#

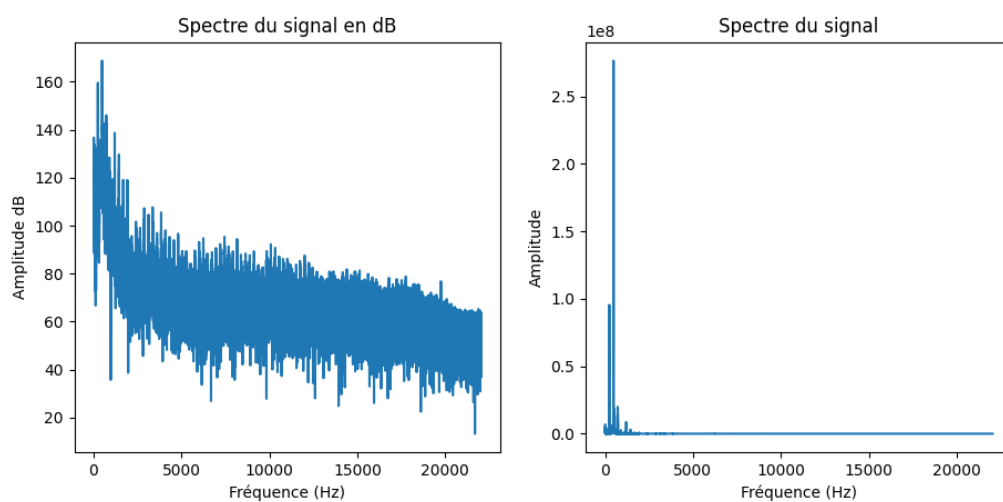


FIGURE 5 – Spectres de Fourier pour basson

4.3 Fréquences, amplitudes et phases des harmoniques retenues du LA#

TABLE 1 – Valeurs de fréquence, amplitude et phase des harmoniques de LA#

Fréquences (Hz)	Amplitudes	Phases (rad)
15.99	77.04	2.03
466.08	153.65	-2.15
932.44	144.20	-0.49
1399.35	125.25	-1.51
1865.43	129.21	1.05
2332.06	130.25	0.35
2799.25	119.04	-1.83
3266.71	94.14	1.85
3733.89	109.80	-1.28
4201.90	109.59	1.20
4669.91	91.53	-1.25
5138.48	86.58	-2.95
5608.97	103.59	-1.80
6077.81	96.72	1.74
6548.57	79.26	0.76
7019.34	94.10	-0.27
7491.21	98.68	-0.33
7963.63	85.17	-1.77
8437.71	79.86	-2.04
8911.23	91.92	2.41
9385.86	91.35	-1.13
10338.42	83.60	-1.83
11294.84	84.67	2.13
12255.94	84.30	-1.19
12738.01	84.33	0.02
14191.66	78.69	-1.60

5 Filtre FIR pour extraire l'enveloppe du signal redressé

5.1 Calculs et explications de la longueur N du filtre

Pour trouver la valeur de N du filtre FIR passe bas pour l'enveloppe du signal redressé, il est possible d'y aller de manière analytique à l'aide d'un tableau généré en python normalisé pour $\frac{\pi}{1000}$ et de la formule de la réponse impulsionnelle :

$$h[n] = \frac{\sin(\pi n \frac{K}{N})}{N \sin(\frac{\pi n}{N})}$$

On peut en déduire analytiquement à la Figure 6. qu'à -3dB soit 0.707 on obtient un ordre N de 885.

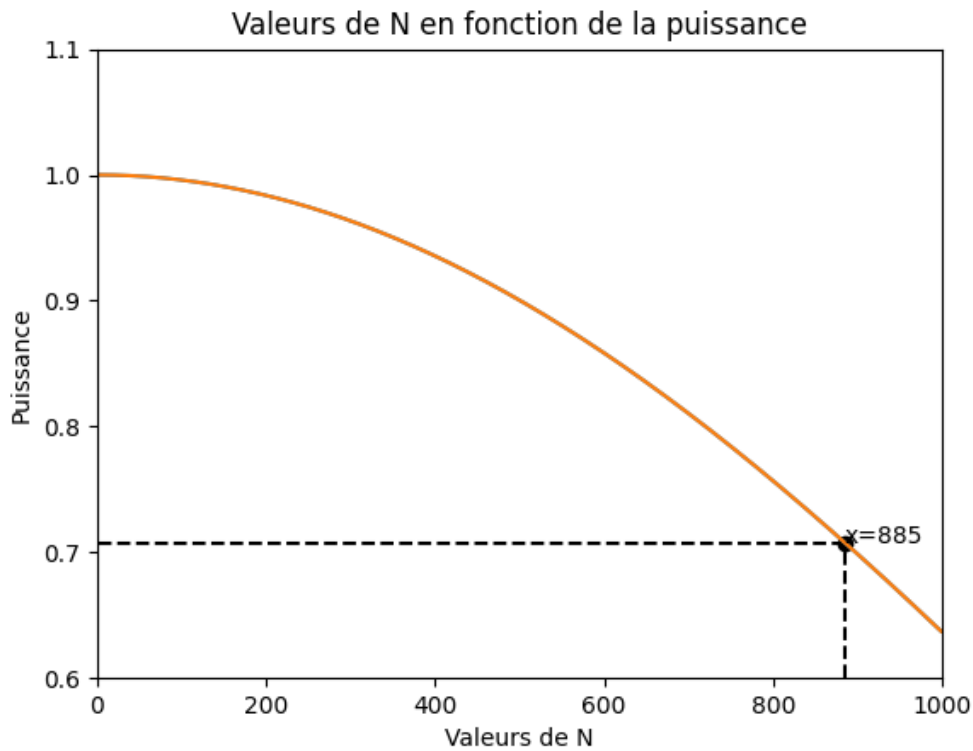


FIGURE 6 – Analyse de N

5.2 Graphique de la fonction de réponse en fréquence

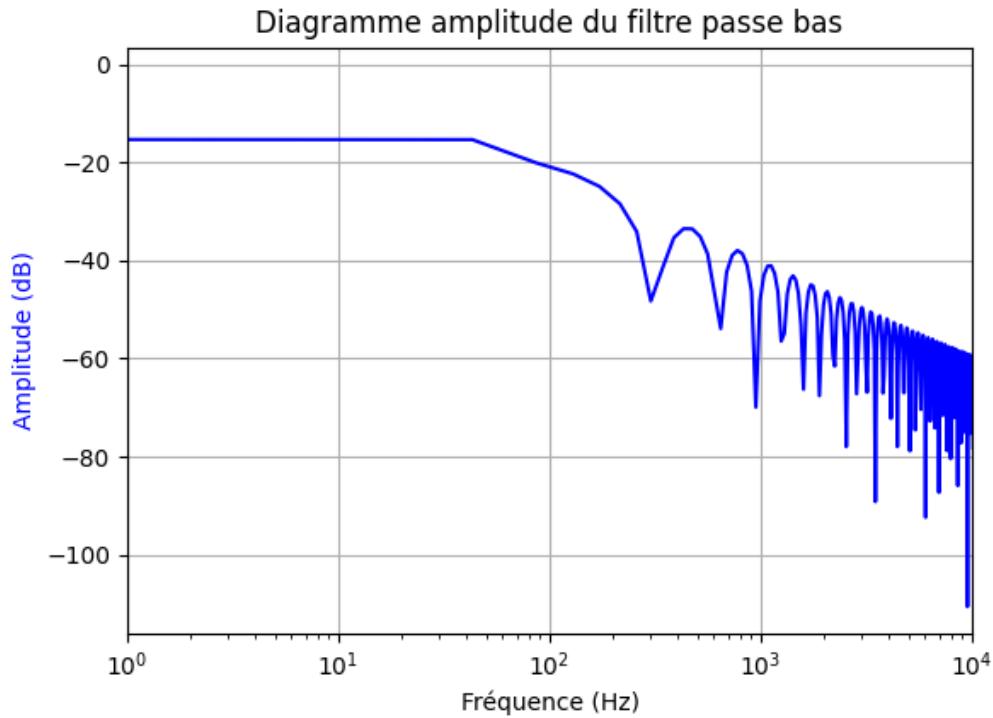


FIGURE 7 – La fonction de réponse en fréquence FIR passe-bas

6 Filtre coupe-bande FIR avec équations de transformation

6.1 Équation aux différences et le calcul des valeurs des coefficients

Pour trouver l'équation pour calculer les coefficients coupe-bande il est possible de ce baser sur l'équation de base du passe-bas FIR :

$$h[n] = \frac{\sin(\pi k \frac{K}{N})}{N \sin(\pi \frac{K}{N})}$$

Donc :

$$h[n] \rightarrow \delta[n] - 2h[n]\cos(w_0 n) \rightarrow \text{coupebande}$$

6.2 Graphique de la réponse à l'impulsion $h(n)$

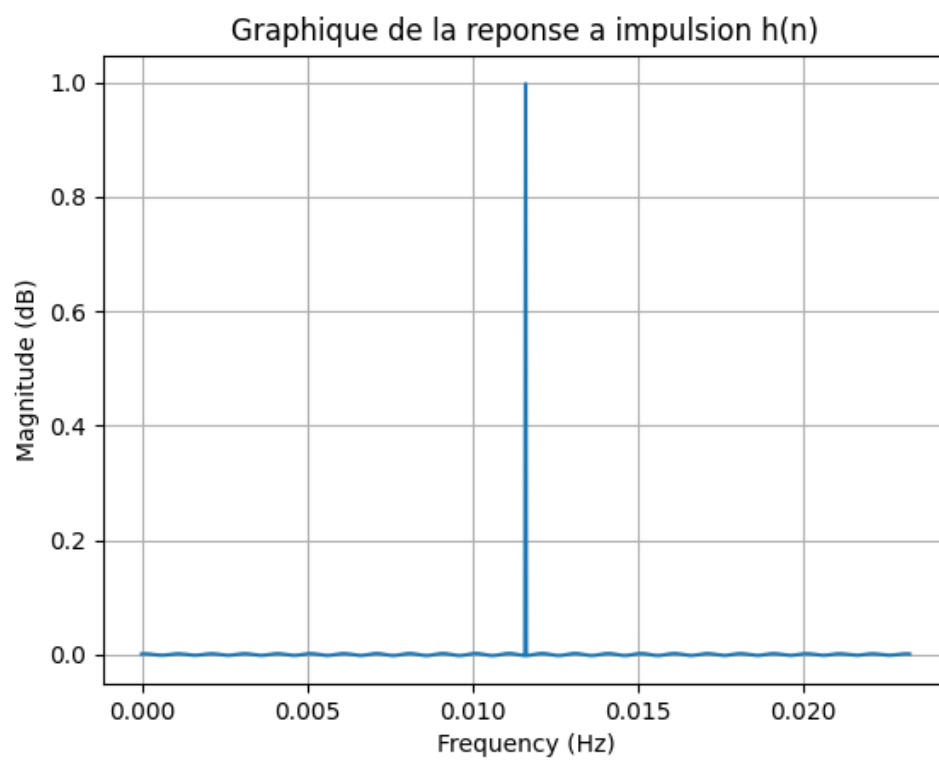


FIGURE 8 – Réponse à l'impulsion coupe bande

6.3 Graphique de la réponse à une sinusoïde de 1000 Hz

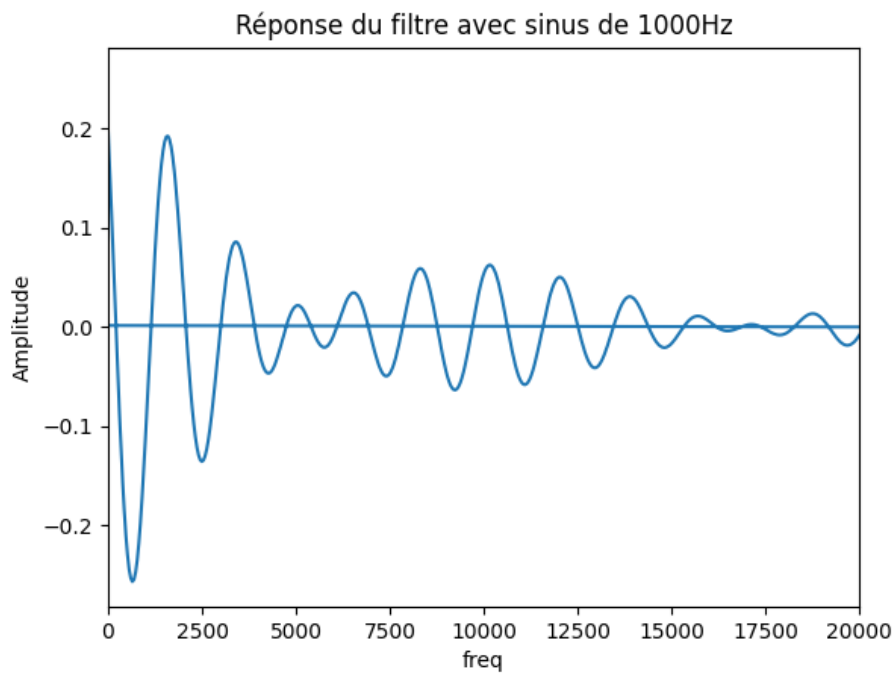


FIGURE 9 – Réponse du filtre coupe bande avec un signal de 1kHz

6.4 Graphiques amplitude et phase de la réponse en fréquence

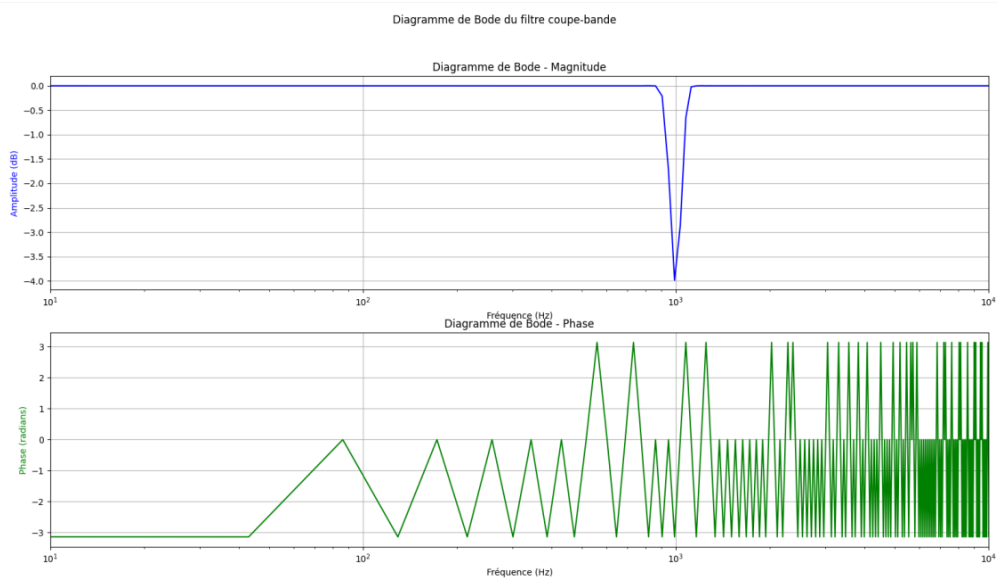


FIGURE 10 – amplitude et phases de la réponse en fréquence coupe-bande

6.5 Graphiques des spectres d'amplitude des signaux basson avant et après filtrage

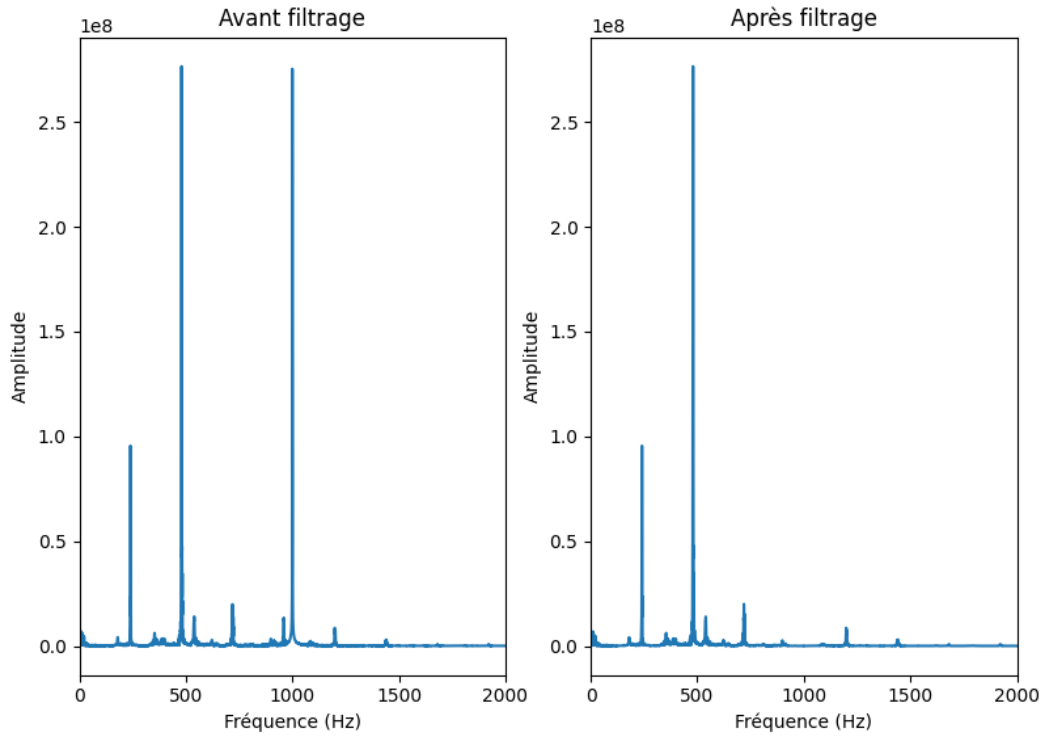


FIGURE 11 – Avant et après le filtrage coupe bande

7 Conclusion

En conclusion, le but de cette problématique d'APP était de synthétiser des signaux sonores à l'aide de méthodes de filtrage et de l'analyse de Fourier. En ce qui concerne le bilan des performances, les signaux générés représentent les bonnes notes demandées, mais la richesse et la qualité du signal pourrait être de qualité supérieure.

Références

- [1] 2023, Faculté de génie, Université de Sherbrooke, GE-S4-APP5-Guide étudiants-E22
- [2] 2010, Richard G. Lyons, Prentice Hall, Understanding Digital Signal Processing, 3rd Edition, 978-0-13-702741-5