

## TP IDFIL

Ce TP a pour objectif d'analyser les différents types de filtres et de réaliser le filtrage d'un signal. Le but est de savoir synthétiser un filtre, l'appliquer au filtrage d'un signal et enfin vérifier son bon fonctionnement.

### Filtrage d'une gamme musicale

Les notes musicales produites par un piano peuvent être synthétisées numériquement. Dans une version simplifiée, chaque note est produite par un signal sinusoïdal dont la fréquence est précisée dans le tableau ci-dessous.

Une fonction `gamme.m` permettant de générer une gamme de musique est fournie.

Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494	523

On génère puis écoute une gamme d'une durée de 1s par note avec une fréquence d'échantillonnage  $f_e = 8192$  Hz.

#### 1. Filtrage passe-bas analogique

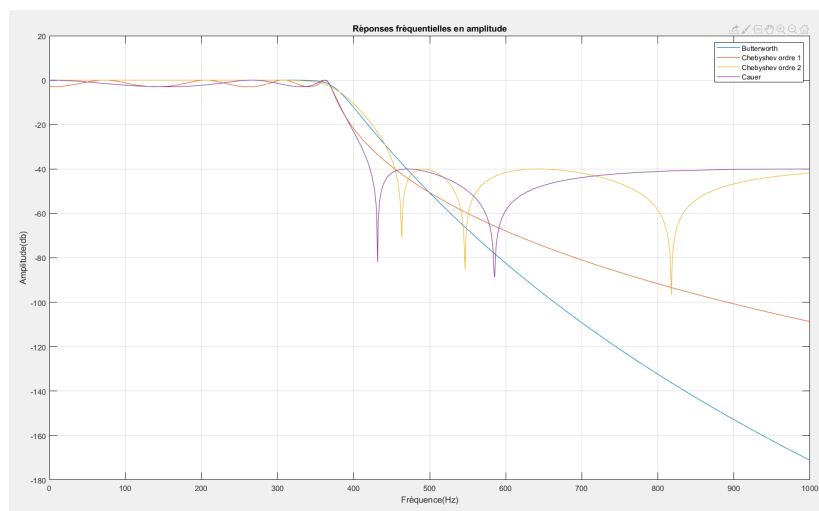
On souhaite utiliser des filtres analogiques pour éliminer les trois dernières notes de la gamme (La, Si et Do). On retiendra les spécifications suivantes :

1) Afin de comparer les quatre types de filtres (Butterworth, Chabyshev de type 1 ou 2 et Cauer), on calcule l'ordre de chaque filtre :

- Ordre Butterworth = 20
- Ordre Chabyshev de type 1 = 8
- Ordre Chabyshev de type 2 = 8
- Ordre Cauer = 5

Le filtre le plus avantageux semble être le filtre Cauer car il a l'ordre le plus petit. Donc il est moins cher et plus facile à effectuer.

2) On trace sur le même graphique les réponses fréquentielles en amplitude (exprimée en décibels) des quatre filtres afin d'observer les différences entre chaque réponse.



On peut bien observer le caractère passe-bas de nos filtres l'atténuation en amplitude qu'elles vont appliquer au signal. **En effet,**

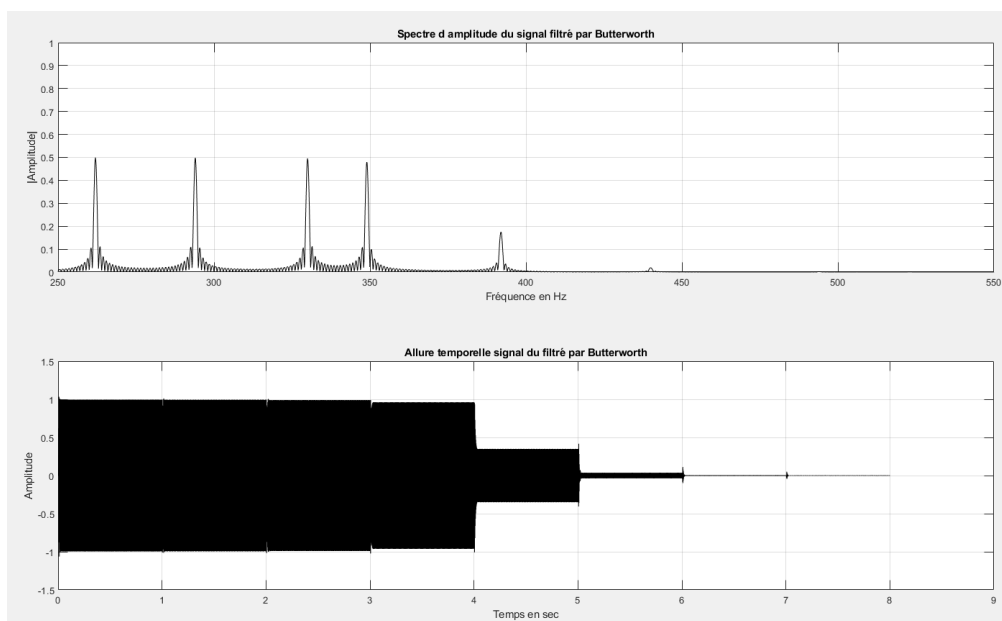
le filtre de Causer a la plus petite bande de transition, contrairement à celui de Butterworth qui a la plus grande. Il est aussi normal de constater que le filtre de Cauet et de Chebyshev 1 présentent des ondulations, donc des modifications d'amplitude, dans la bande passante contrairement aux filtres de Buterworth et de Chebyshev 2. Dans la bande atténuée, les filtres de Chebyshev 2 et de Cauet ont la particularité d'avoir des ondulations, donc des modifications d'amplitude contrairement aux filtres de Chebyshev 1 et de Buterworth.

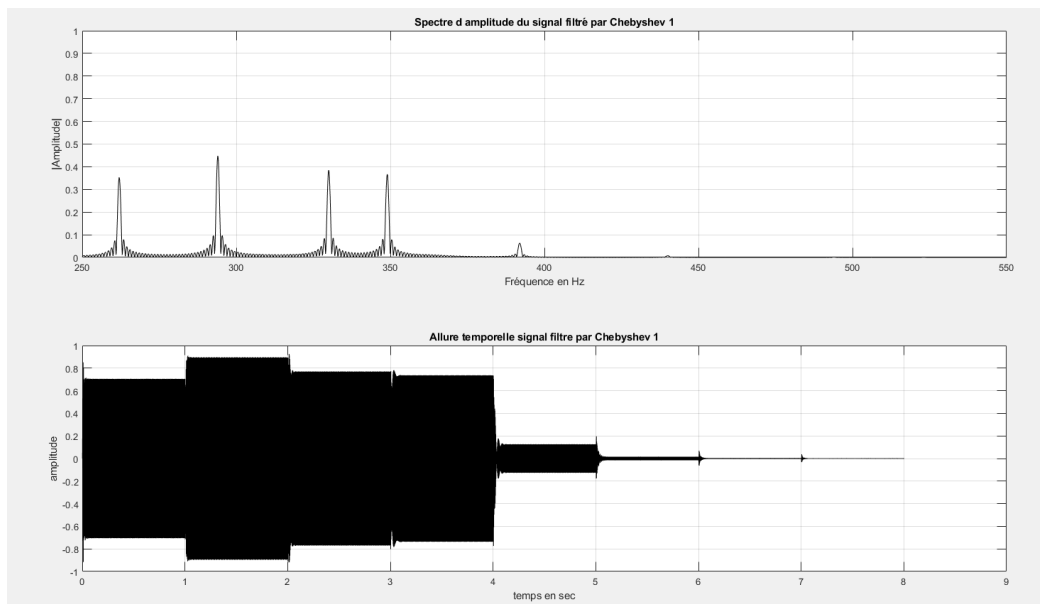
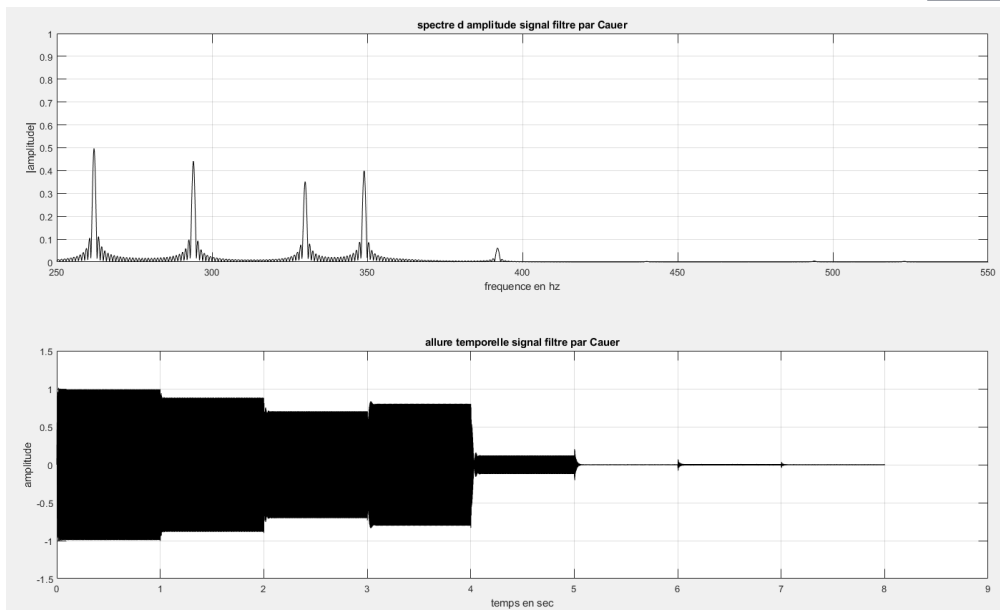
En conclusion, nos filtres ont différentes manières de filtrer le signal et donc un meilleur choix dépend de la définition des propriétés utiles par le cahier de charge.

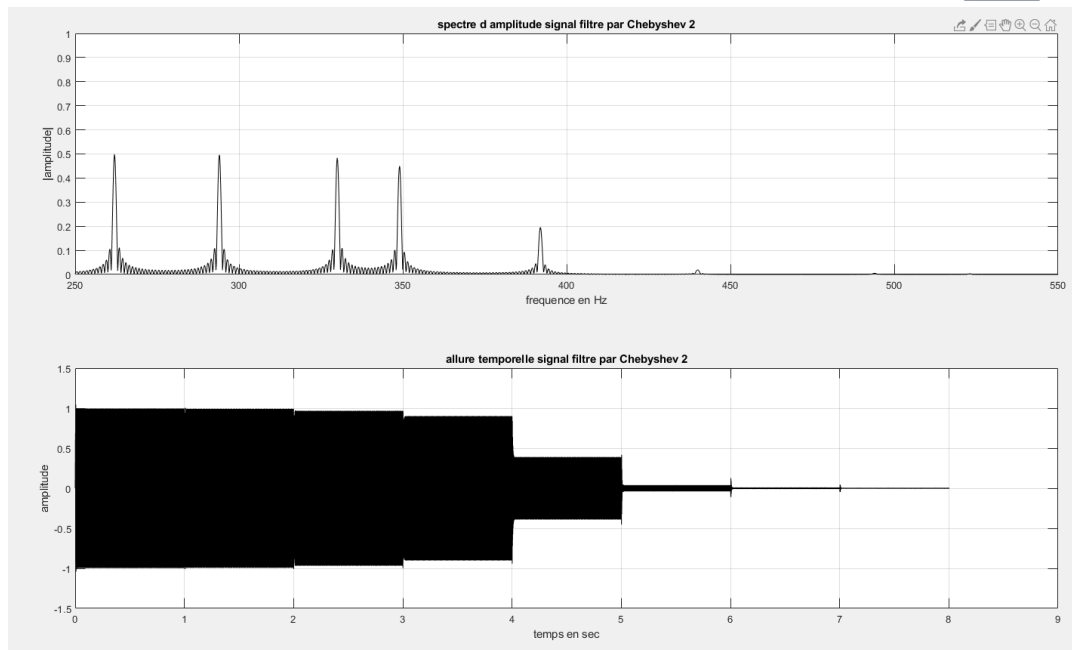
**3)** Ensuite, on applique les filtres au signal audio synthétique afin d'éliminer les notes non désirées et on écoute.

On remarque que, pour tous les filtres, même après le filtrage on entend encore les notes non souhaitées. Elles ont bien été atténuées par le filtrage mais n'ont pas été éliminées totalement. De plus, on constate que pour les filtres Butterworth et Chebyshev de type 1, parmi les 3 notes non souhaitées, c'est celle qui a la fréquence la plus élevée que l'on entend le moins, ce qui est cohérent avec le filtrage.

**4)** A présent, on trace sur la même figure l'allure temporelle et le spectre d'amplitude de la gamme filtrée. On se limitera à la bande spectrale comprise entre 250 et 550 Hz.







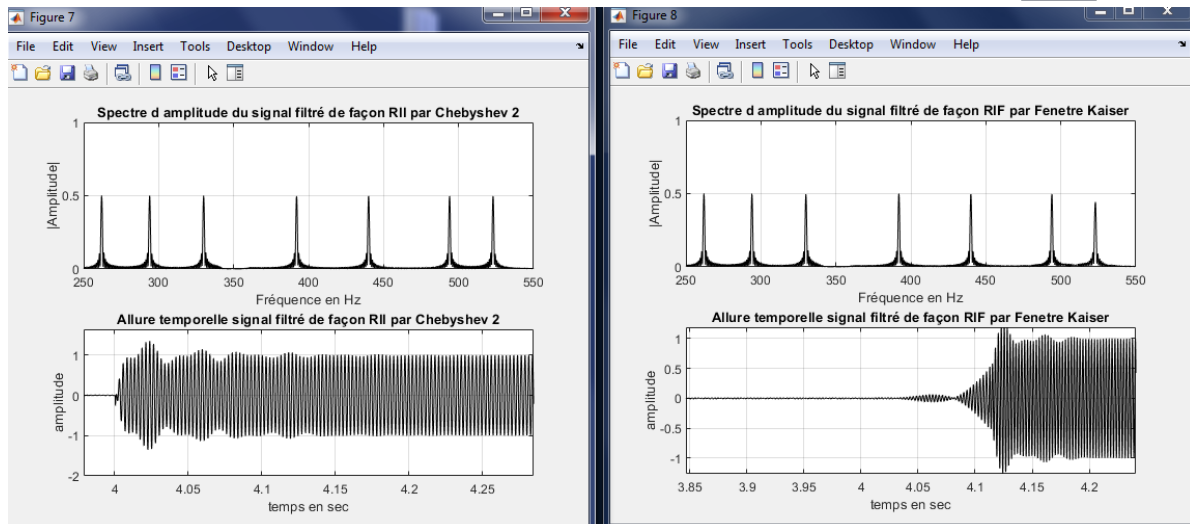
On peut observer l'atténuation des pics de fréquence pour les notes La Si et Do, c'est-à-dire les notes qui ont une fréquence supérieure à 400Hz. De manière analogue on observe aussi l'atténuation de l'amplitude du signal sur le spectre temporel. C'est le résultat qu'on cherchait et qui est cohérent avec le filtre appliqué. On peut observer aussi que le signal filtré par un Butterworth et un signal filtré par Chebyshev de type 2 ont le même comportement.

## 2. Elimination d'une note par filtrage coupe-bande

On souhaite éliminer une seule note de la gamme musicale et on utilisera des filtres numériques RII.

1) On synthétise un filtre numérique coupe-bande de type Chebyshev 2 qui élimine la note Fa de la gamme musicale. On retiendra les spécifications suivantes ( $f_c^b = 340\text{Hz}$ ,  $f_c^h = 360\text{Hz}$ ,  $\Delta f_b = \Delta f_h = 10\text{Hz}$ ,  $A_p = 1\text{dB}$ ,  $A_a = 40\text{dB}$ ).

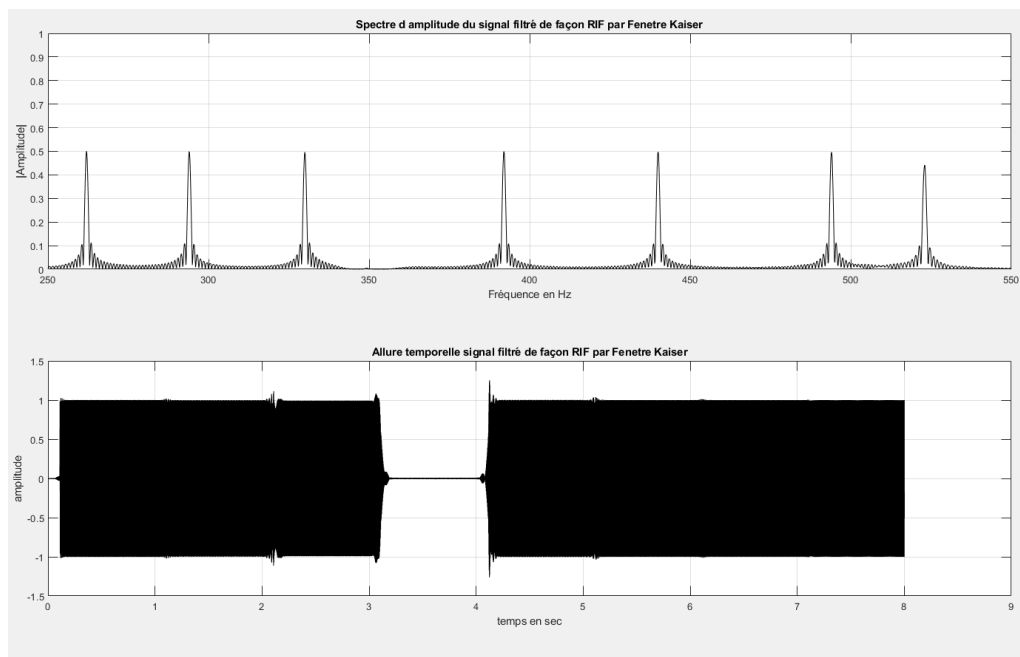
2) Tracer sur la même figure l'allure temporelle et le spectre d'amplitude de la gamme filtrée. On se limitera à la bande spectrale comprise entre 250 et 550 Hz.



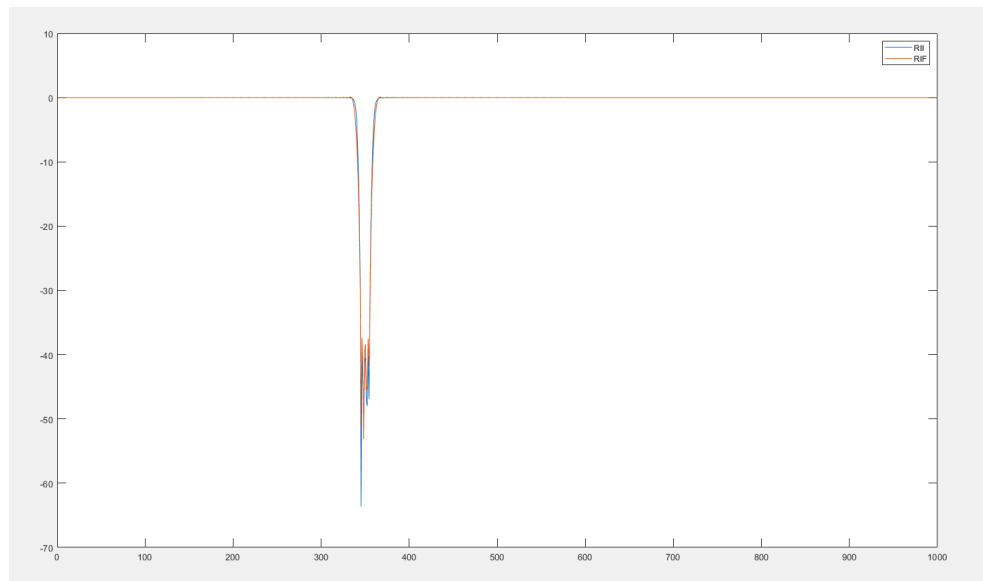
On effectue un zoom vers les 4 secs car chaque notes est jouée 1 seconde et la note Fa est la quatrième à être jouée. Avec la méthode RII on peut voir que la réponse du filtre est plus rapide que celle du RIF.

On observe bien que le Fa est totalement atténué par le filtre coupe-bande.

3) Réaliser les mêmes opérations avec un filtre RIF de longueur minimale (fenêtre de Kaiser) en utilisant la fonction `fir1`.



4) Tracer sur le même graphique les réponses fréquentielles des filtres RII et RIF.



Conclusion :

Avec les filtres RIF, les signaux dont le spectre est dans la bande passante sont transmis avec un décalage contrairement aux filtres RII (faible). Par contre l'inconvénient des filtres RII est la possibilité d'obtenir un filtre instable lorsque l'ordre est élevé.