

TP4 - Filtrage Analogique

Fait Par

BENDIDI OUMAIMA



Introduction

Le filtrage analogique est une technique utilisée pour traiter des signaux analogiques en utilisant des circuits électroniques pour réduire ou accentuer certaines fréquences spécifiques dans le signal d'entrée. Les filtres analogiques peuvent être utilisés pour séparer les différentes composantes d'un signal, comme les hautes fréquences et les basses fréquences, ou pour supprimer les bruits indésirables. Il existe différents types de filtres analogiques, tels que les filtres passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupure.

Dans ce TP, l'objectif est d'appliquer un filtre réel pour enlever les composantes indésirables d'un signal. Nous allons également améliorer la qualité de filtrage en augmentant l'ordre du filtre.

Le travail demandé consiste à écrire un script Matlab commenté qui inclura les étapes de travail réalisées et les commentaires sur ce qui a été compris et non compris, ou sur ce qui a semblé intéressant ou non. Les figures doivent être tracées avec les axes et les légendes appropriées.

Le TP comporte des sections sur le filtrage et le diagramme de Bode, et sur le débruitage d'un signal sonore. Dans la première section, nous devons tracer le module de la fonction de transmittance complexe $H(f)$ d'un filtre passe-haut de premier ordre pour différentes pulsations de coupure, et choisir la pulsation de coupure optimale. Dans la seconde section, nous devons enlever le bruit strident ajouté à une musique enregistrée avec un vieux microphone.

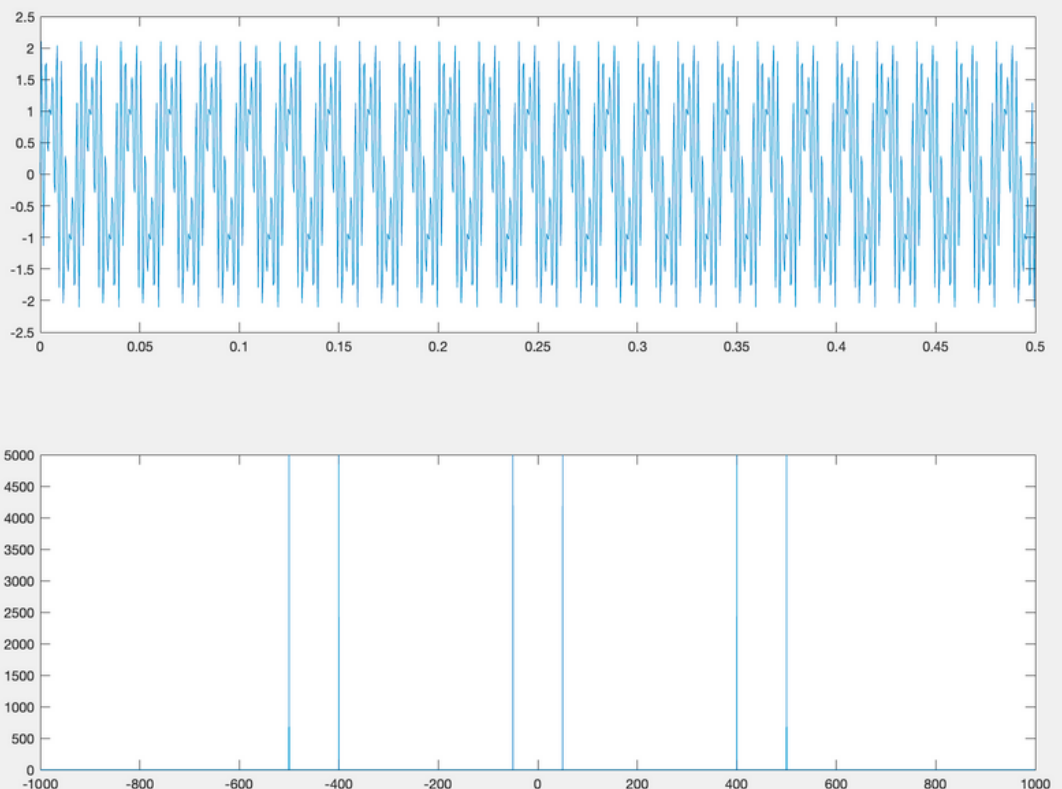
Filtrage et diagramme de Bode

```
clc
Te = 5*1e-4;
f1 = 500;
f2 = 400;
f3 = 50;
t = 0:Te:5-Te;
fe = 1/Te;
N = length(t);

fshift = (-N/2:N/2-1)*(fe/N);
f = (0:N-1)*(fe/N);
%notre signal
x = sin(2*pi*f1*t)+sin(2*f2*pi*t)+sin(2*pi*f3*t);
%on applique la transforme de fourrier
y = fft(x);

subplot(2,1,1)
plot(t,x)
xlim([0,0.5])

subplot(2,1,2)
plot(fshift, fftshift(abs(y)));
```



En observant le graphe du signal $x(t)$, vous pouvez voir qu'il est composé de trois composantes sinusoïdales à des fréquences différentes (500 Hz, 400 Hz et 50 Hz) qui se superposent.

En observant le graphe de la transformée de Fourier (FFT) du signal, on peut voir que les trois fréquences présentes dans le signal d'entrée sont également présentes dans la transformée de Fourier, chacune avec une amplitude spécifique. La composante à 50 Hz est clairement visible avec une amplitude non négligeable.

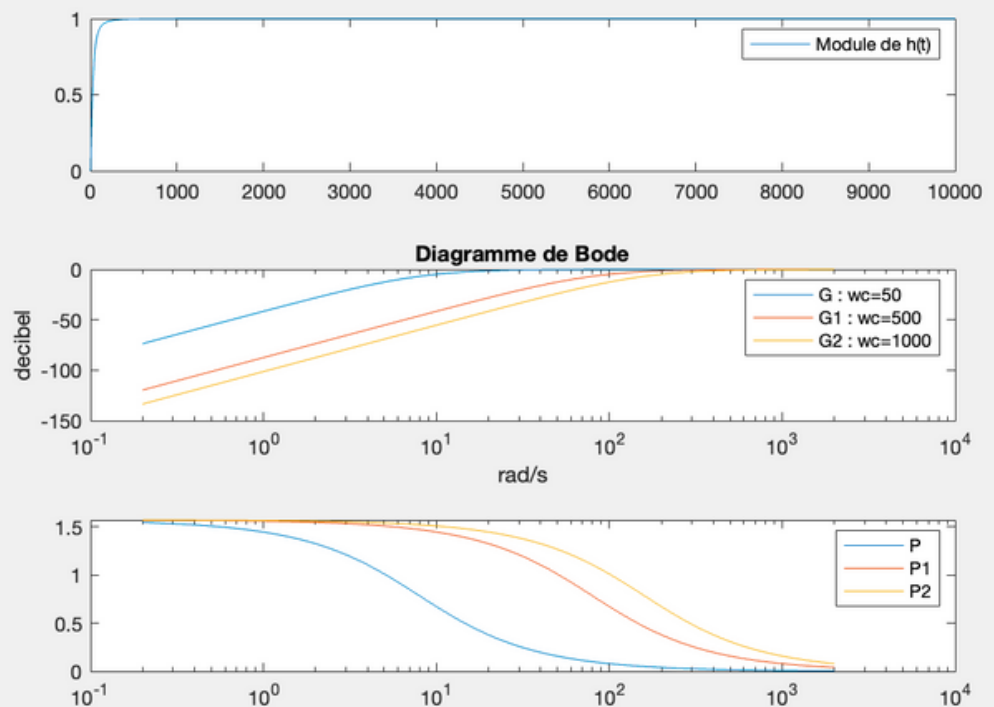
Cette composante est considérée comme du bruit pour notre application et doit être supprimée pour améliorer la qualité du signal. Il est important de noter que le filtre passe-haut ne supprimera pas complètement la composante à 50 Hz, mais il réduira son amplitude pour améliorer la qualité du signal.

on va utiliser la tranmitance complexe comme filtre passe-haut de premier ordre.

```
w=2*pi*f;
%on choisit 3 frequences de coupures
wc = 50;
wc1 = 500;
wc2 = 1000;
%la transmittance complexe
h = (k*1j*((w)/wc))./(1+1j*((w)/wc));
h1 = (k*1j*((w)/wc1))./(1+1j*((w)/wc1));
h2 = (k*1j*((w)/wc2))./(1+1j*((w)/wc2));
%diagramme de bode en fct du gain
G = 20*log(abs(h));
G1 = 20*log(abs(h1));
G2 = 20*log(abs(h2));
%diagramme de bode en fct de la phase
P = angle(h);
P1 = angle(h1);
P2 = angle(h2);

subplot(3,1,1)
semilogx(abs(h))
plot(abs(h))
legend("Module de h(t)")

subplot(3,1,2)
semilogx(f,G,f,G1,f,G2);
title("Diagramme de Bode")
xlabel("rad/s")
ylabel("decibel")
legend("G : wc=50","G1 : wc=500","G2 : wc=1000")
```



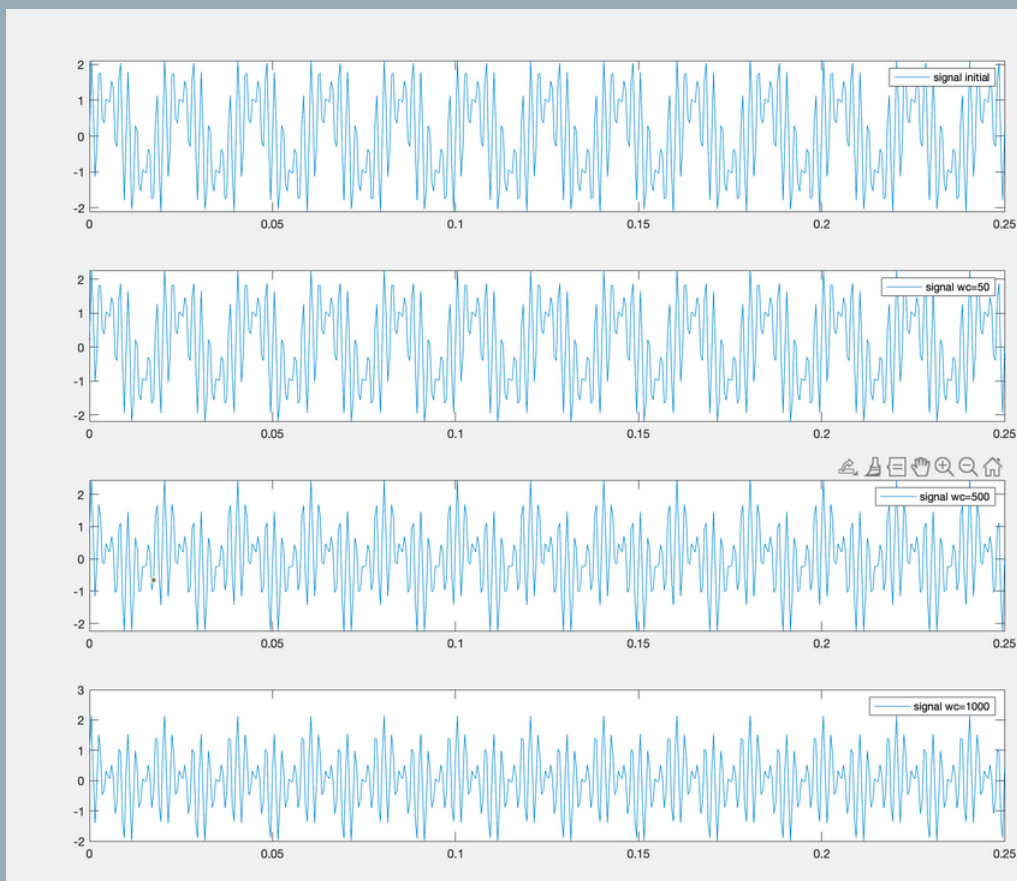
En exécutant ce code, vous pouvez tracer plusieurs graphiques pour différentes fréquences de coupure (50, 500, et 1000 rad/s).

Dans la première sous-figure, vous pouvez observer le module de la fonction de transfert $H(f)$ pour la fréquence de coupure 50 rad/s. Ce graphe montre l'amplitude de la réponse en fréquence du filtre pour différentes fréquences d'entrée.

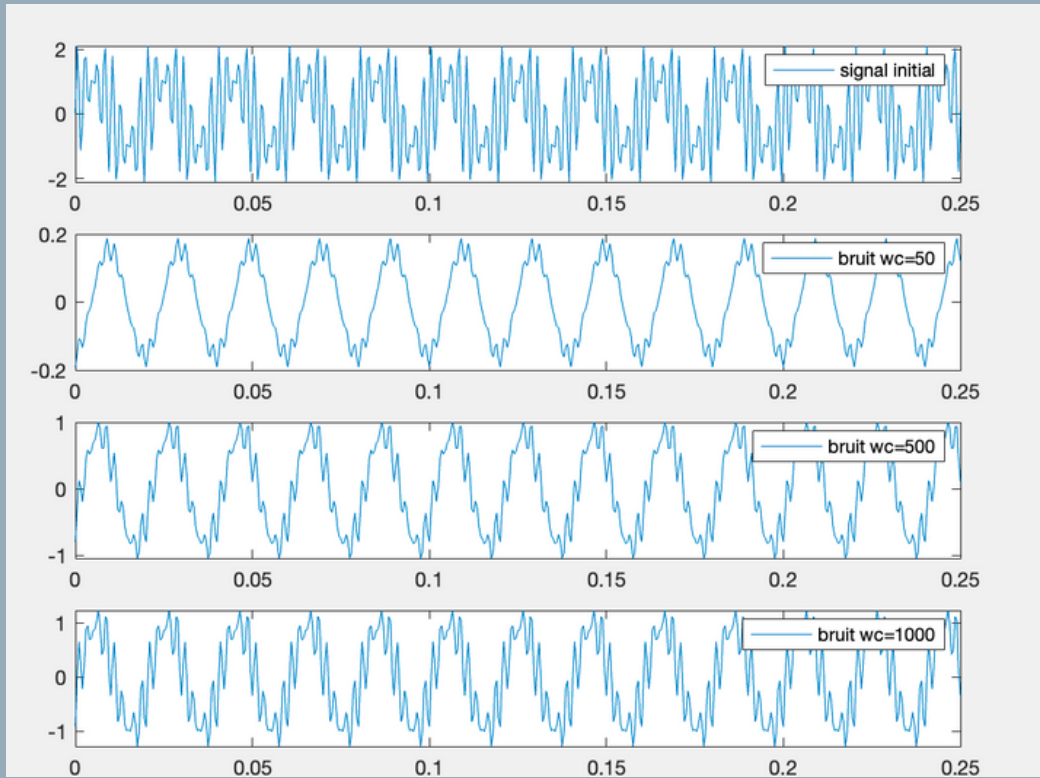
Dans la deuxième sous-figure, vous pouvez observer le diagramme de Bode en fonction du gain ($20\log(|H(f)|)$) pour différentes fréquences de coupure (50, 500, et 1000 rad/s). On peut observer que le gain est de 0 dB (niveau de référence) pour les fréquences d'entrée inférieures à la fréquence de coupure, et diminue graduellement pour les fréquences d'entrée supérieures à la fréquence de coupure. On peut observer également que plus la fréquence de coupure est élevée, plus la transition entre les bandes de fréquences est rapide.

Dans la troisième sous-figure, vous pouvez observer le diagramme de Bode en fonction de la phase pour différentes fréquences de coupure (50, 500, et 1000 rad/s). On peut observer que pour les fréquences d'entrée inférieures à la fréquence de coupure, la phase est de 0 degré, et augmente graduellement pour les fréquences d'entrée supérieures à la fréquence de coupure.

En résumé, en utilisant ces graphes on peut observer l'effet de la fréquence de coupure sur la réponse en fréquence du filtre. On peut également observer que plus la fréquence de coupure est élevée, plus la transition entre les bandes de fréquences est rapide.



Voici notre signal après l'avoir filtré a l'aide de la transmittance complexe ave 3 pulsations de coupures différentes



Dans les trois sous-figures, vous pouvez observer le signal $x(t)$ moins le signal filtré pour différentes fréquences de coupure (50, 500, et 1000). Cela permet de visualiser l'effet du filtre sur le signal d'entrée.

On peut observer que plus la fréquence de coupure est élevée, plus les composantes indésirables sont réduites.

Pour notre cas les signaux utiles sont de fréquences élevées ,donc la fréquence de coupure optimale est de 50hz,on risque de perdre l'information si on augmente notre fréquence de coupure.

Dé-bruitage d'un signal sonore

On propose d'utiliser un filtre passe-bas basé sur la transmittance complexe pour enlever les composantes de fréquence élevée indésirables. La fonction de transfert de ce filtre peut être exprimée par la formule mathématique suivante: $h = 1 / (1 + j * f / f_c)$

Cette fonction de transfert montre que plus la fréquence d'entrée est proche de la fréquence de coupure, plus le gain est faible, et plus la fréquence d'entrée est éloignée de la fréquence de coupure, plus le gain est élevé.

Il est important de noter que le choix de la fréquence de coupure doit être effectué de manière à minimiser la réduction de gain dans la bande passante tout en maximisant la réjection des fréquences indésirables.

2-Le paramètre K est le gain du filtre. Il a une influence sur l'amplitude de la réponse en fréquence du filtre. Plus K est élevé, plus la réponse en fréquence sera amplifiée. Il peut être utilisé pour augmenter l'amplitude du signal filtré pour compenser une perte de gain dans la bande passante. Il est important de noter que le choix de K dépendra des besoins spécifiques de l'application et de la tolérance au bruit pour l'application spécifique.

Il est important de noter que si $K > 1$, le filtre est appelé "amplificateur", et si $K < 1$, le filtre est appelé "atténuateur".

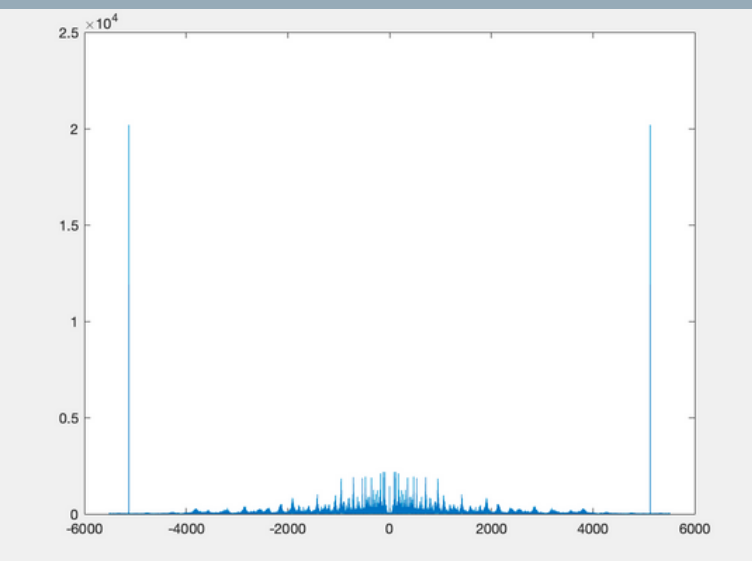
```
k = 1;
fc = 4700;%on a pas choisi 5000 parceque l'attenuation est de 0.7
%la transmittance complexe
h = k./(1+1j*(f/fc).^1000);
%créer un filtre symétrique qui est nécessaire pour filtrer le signal
% de manière symétrique et éviter des distorsions de phase dans le signal filtré.
h_filter = [h(1:floor(N/2)),flip(h(1:floor(N/2)))];

semilogx(f(1:floor(N/2)),abs( h(1:floor(N/2))), 'linewidth',1.5)

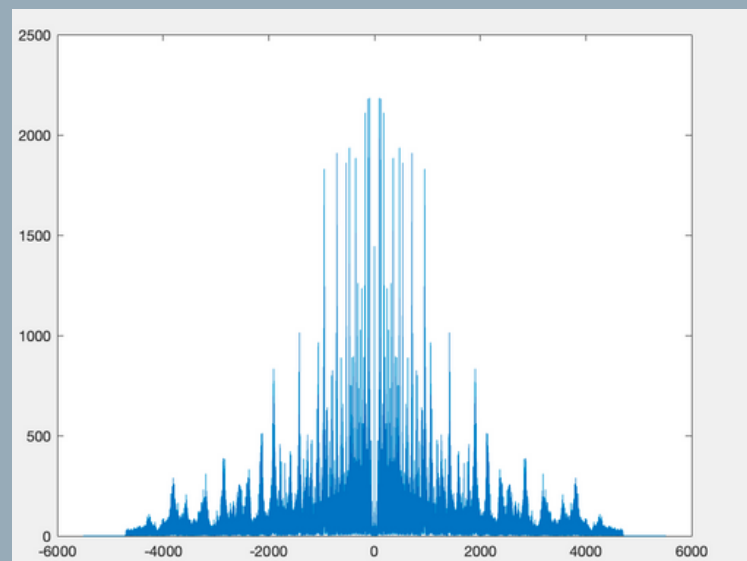
y_filtr = y_trans(1:end-1).*h_filter;
sig_filtred= ifft(y_filtr,"symmetric");

plot(fshift(1:end-1),fftshift(abs(fft(sig_filtred))))
```

Avant



Après



Après avoir entendu le signal filtré, on a pu avoir un signal avec largement moins de bruit sans perdre la qualité du son

Il est important de noter que le filtre passe-bas utilisé dans ce code a une fréquence de coupure de 4700 Hz. Cela signifie que les fréquences supérieures à 4700 Hz seront réduites par le filtre.

En écoutant le signal filtré, vous remarquerez qu'il y a une réduction des fréquences élevées dans le signal. Le signal final sera moins "aigu" ou moins "criard" que le signal d'entrée.

Nous pouvons améliorer la qualité du filtre en ajoutant l'ordre du filtre

Conclusion

En conclusion, dans ce TP, nous avons travaillé sur l'application de filtres pour supprimer les composantes indésirables d'un signal. Nous avons examiné le filtrage dans l'espace du temps et dans l'espace des fréquences, en utilisant la transformée de Fourier pour convertir les signaux entre ces deux espaces. Nous avons également examiné le filtrage avec des filtres passe-haut et nous avons étudié le diagramme de Bode pour choisir la fréquence de coupure optimale. Nous avons finalement débruité un signal sonore en utilisant un filtre passe-bas. En général, ce TP nous a aidé à comprendre les principes de base du filtrage et comment les appliquer pour améliorer la qualité des signaux.