Rapport de Traitement du signal

Kévin Fardel et Rick Ghanem

10 janvier 2011

Résumé

Table des matières

Table des codes sources

Première partie
Exercice 1

La figure suivante nous montre la porte sur l'intervalle [-32 32] :

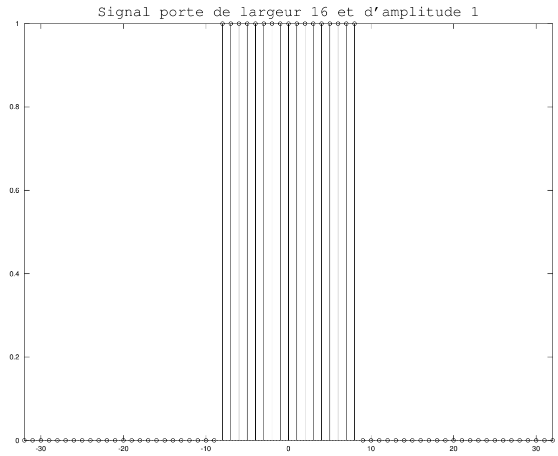

FIGURE 1 – Signal porte sur l'intervalle [-32 32]

La transformé de Fourier de la porte sur l'intervalle [0 0.5] en fréquence réduite donne la courbe ci dessous :

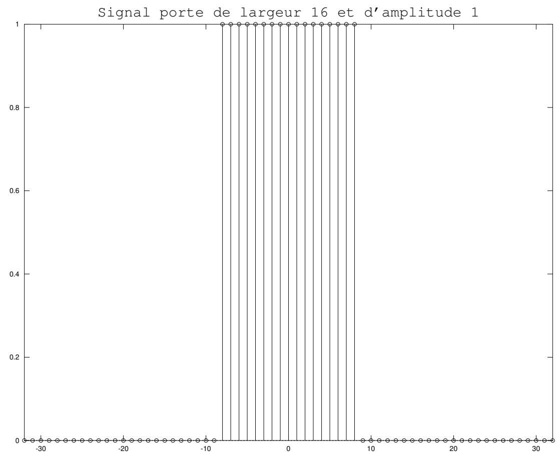

FIGURE 2 – Signal porte sur l'intervalle [-32 32]

Deuxième partie
Exercice 2

Dans cette exercice nous faisons appel à une fonction annexe pour récupérer la fonction échelon.
Cette fonction prend en paramètre le vecteur représentant l'intervalle de visualisation ainsi que le décalage que l'on souhaite appliquer à l'échelon.
La courbe ci dessous nous illustre le filtre discret que nous avons à disposition :

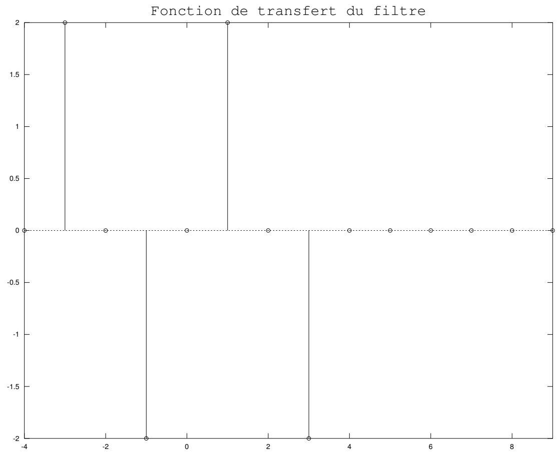

FIGURE 3 – Fonction de transfert du filtre $2 * sin(\frac{n*\pi}{2})[u(n+3) - u(n-4)]$

Le signal d'entrée définit par la fonction $\frac{n}{2}[u(n) - u(n-6)]$ est le suivant :

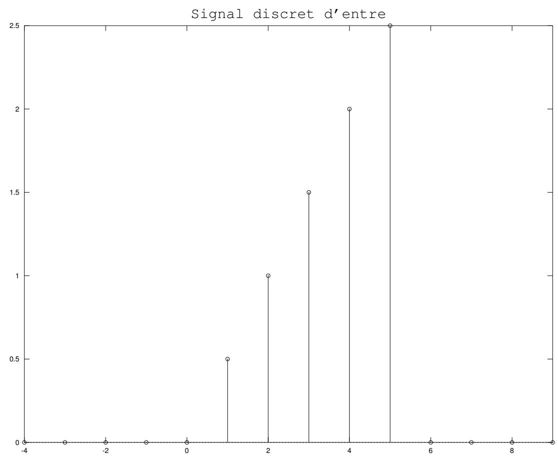

FIGURE 4 – Signal d'entrée

La réponse impulsion du filtre précédent nous donne la figure suivante :

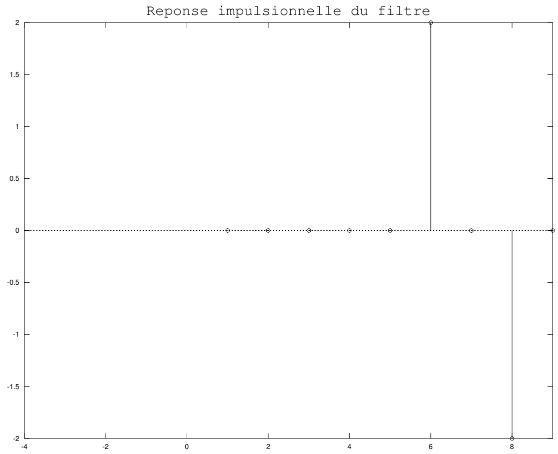

FIGURE 5 – Réponse impulsionnelle du filtre

Le produit de convolution du filtre et du signal nous donne le signal ci dessous :

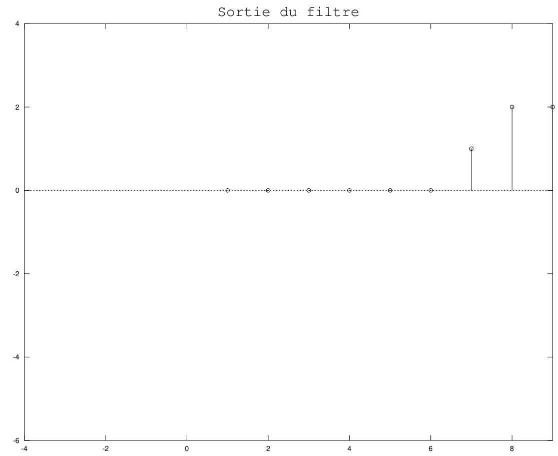

FIGURE 6 – Signal en sortie du filtre

Troisième partie
Exercice 3

1 Fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

Nous commençons par afficher le diagramme de gain en décibel (7) ainsi que le diagramme de phase en radians (8) pour déterminer la nature du filtre représenté par cette fonction de transfert.

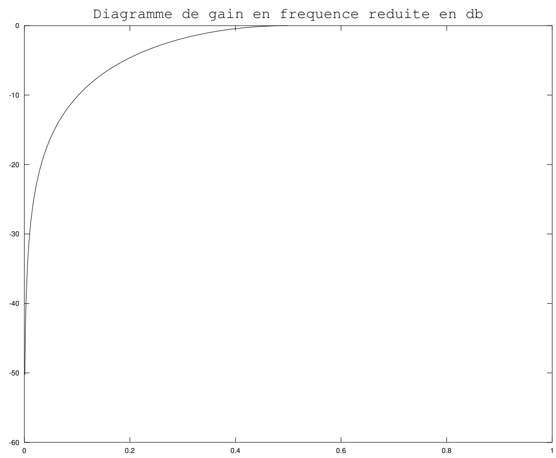

FIGURE 7 – Diagramme de gain de la fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$ en dB

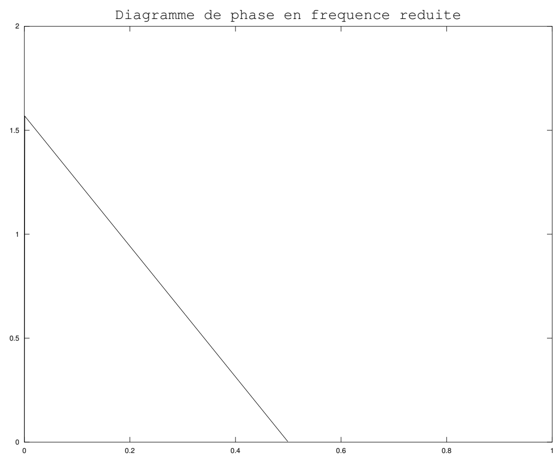

FIGURE 8 – Diagramme de phase de la fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$ en radians

Nous pouvons donc constater que cette fonction de transfert en z correspond à un filtre passe haut.

1.1 Réponse impulsionnelle

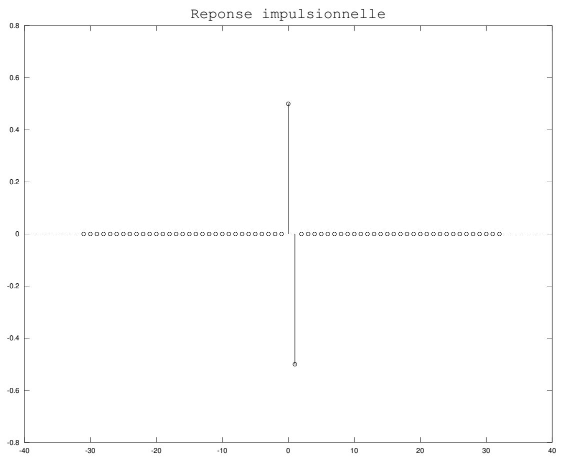

FIGURE 9 – Réponse impulsionnelle de la fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

1.2 Réponse indicielle

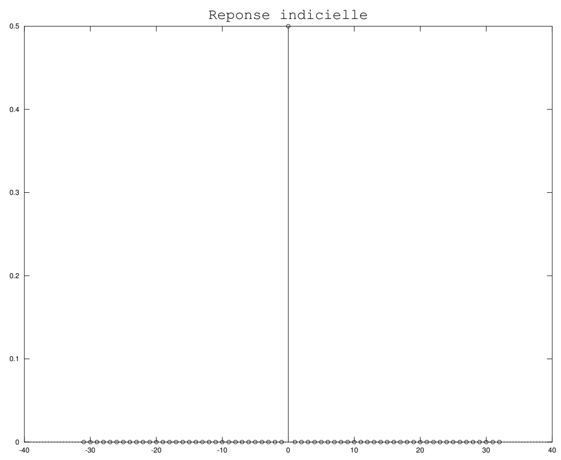

FIGURE 10 – Réponse indicielle de la fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

1.3 Les zéros et les pôles

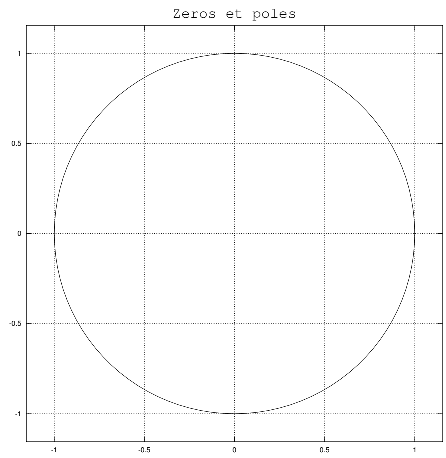

FIGURE 11 – Les zéros et les pôles de la fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

2 Fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

Nous commençons par afficher le diagramme de gain en décibel (12) ainsi que le diagramme de phase en radians (13) pour déterminer la nature du filtre représenté par cette fonction de transfert.

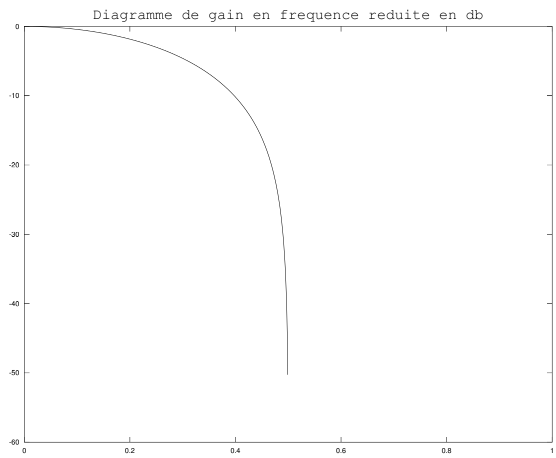

FIGURE 12 – Diagramme de gain de la fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$ en dB

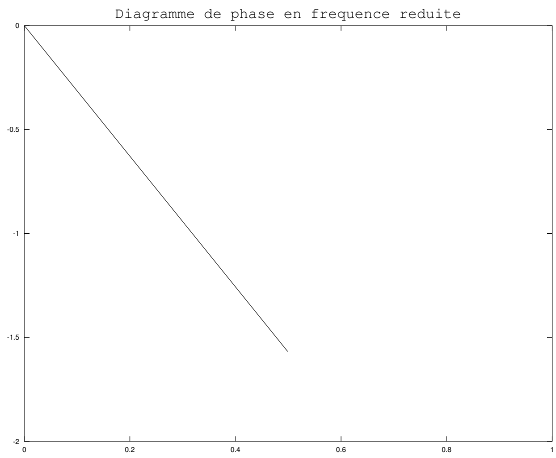

FIGURE 13 – Diagramme de phase de la fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$ en radians

Nous pouvons donc constater que cette fonction de transfert en z correspond à un filtre passe bas.

2.1 Réponse impulsionnelle

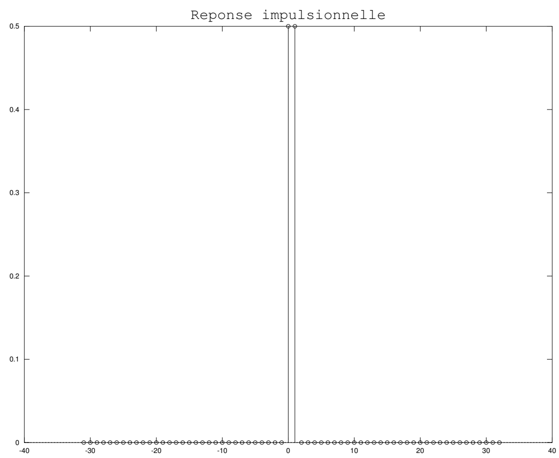

FIGURE 14 – Réponse impulsionnelle de la fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

2.2 Réponse indicielle

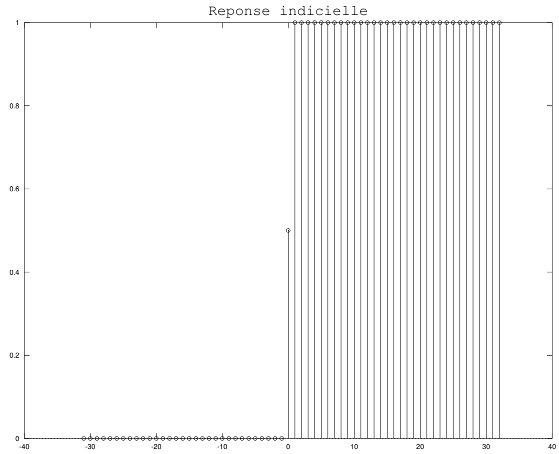

FIGURE 15 – Réponse indicielle de la fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

2.3 Les zéros et les pôles

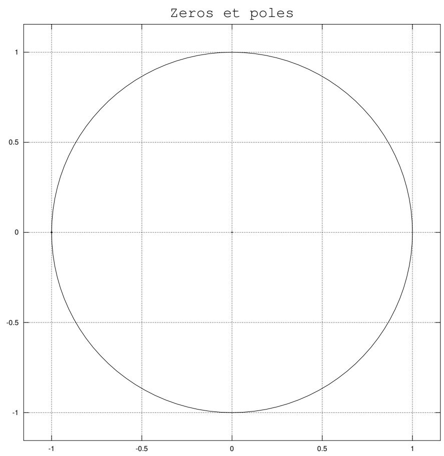

FIGURE 16 – Les zéros et les pôles de la fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

3 Fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

Nous commençons par afficher le diagramme de gain en décibel (17) ainsi que le diagramme de phase en radians (18) pour déterminer la nature du filtre représenté par cette fonction de transfert.

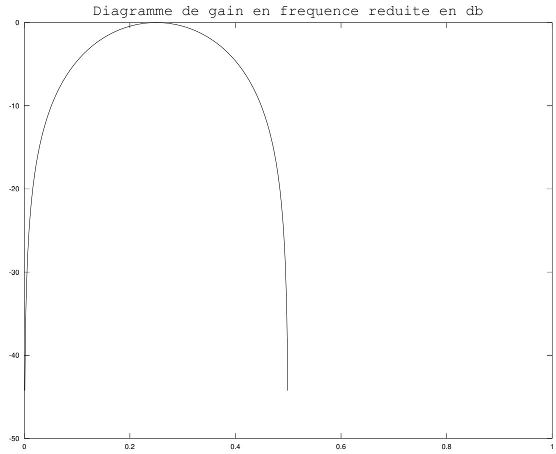

FIGURE 17 – Diagramme de gain de la fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$ en dB

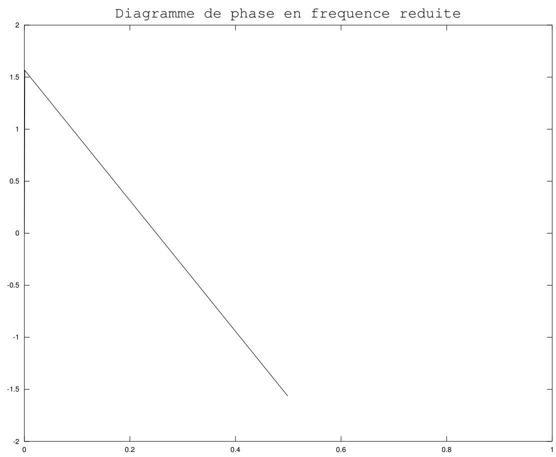

FIGURE 18 – Diagramme de phase de la fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$ en radians

Nous pouvons donc constater que cette fonction de transfert en z correspond à un filtre passe bande.

3.1 Réponse impulsionnelle

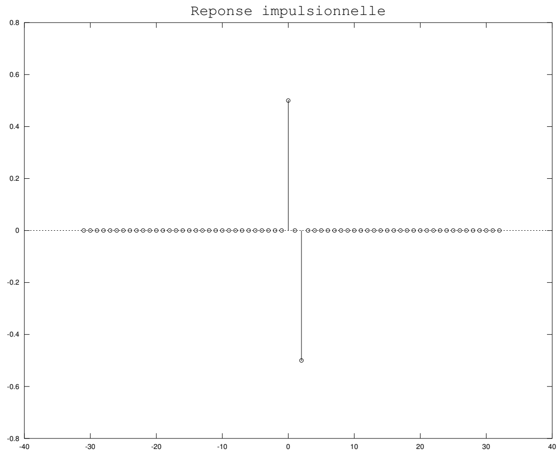

FIGURE 19 – Réponse impulsionnelle de la fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

3.2 Réponse indicielle

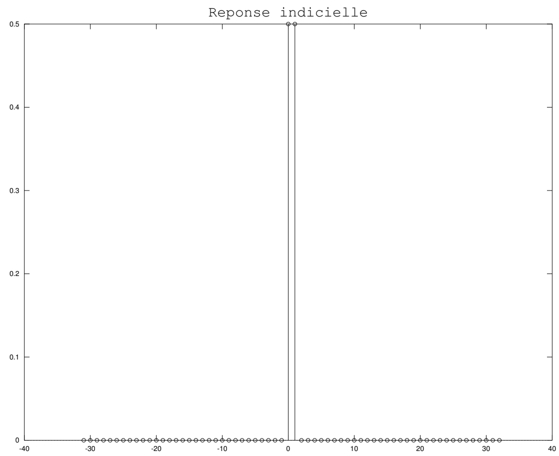

FIGURE 20 – Réponse indicielle de la fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

3.3 Les zéros et les pôles

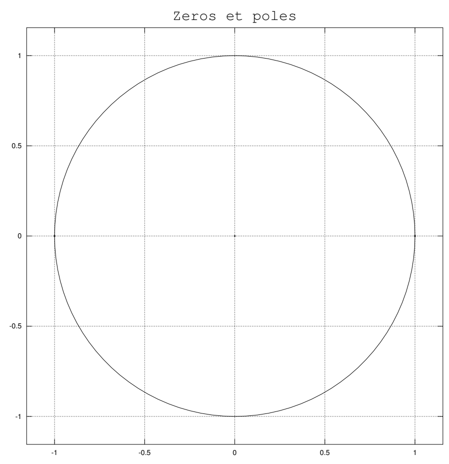

FIGURE 21 – Les zéros et les pôles de la fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

4 Fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

Nous commençons par afficher le diagramme de gain en décibel (22) ainsi que le diagramme de phase en radians (23) pour déterminer la nature du filtre représenté par cette fonction de transfert.

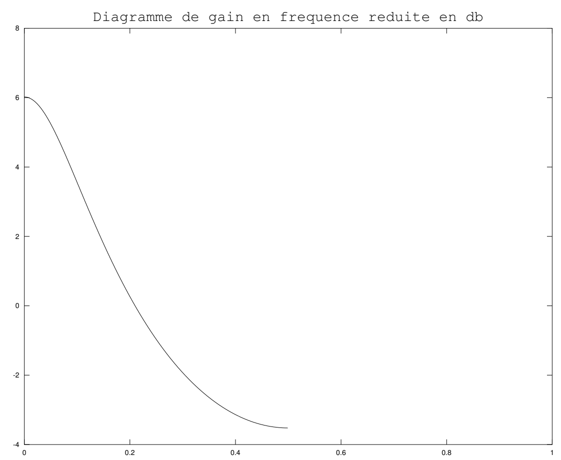

FIGURE 22 – Diagramme de gain de la fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$ en dB

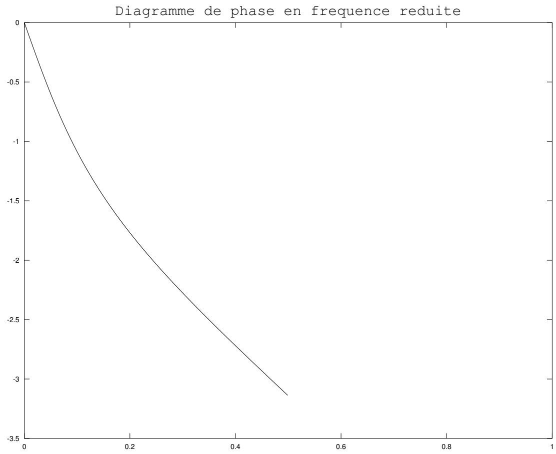

FIGURE 23 – Diagramme de phase de la fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$ en radians

Nous pouvons donc constater que cette fonction de transfert en z correspond à un filtre passe bas.

4.1 Réponse impulsionnelle

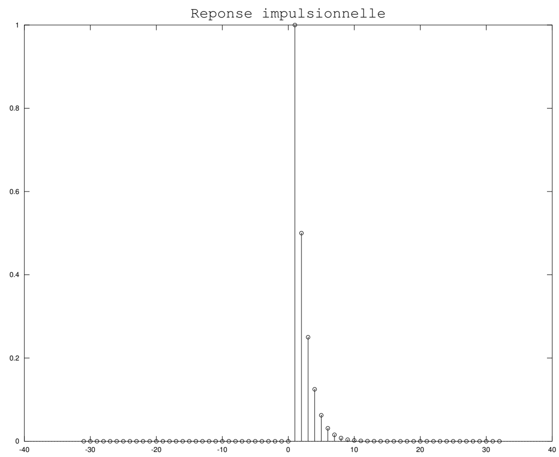

FIGURE 24 – Réponse impulsionnelle de la fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

4.2 Réponse indicielle

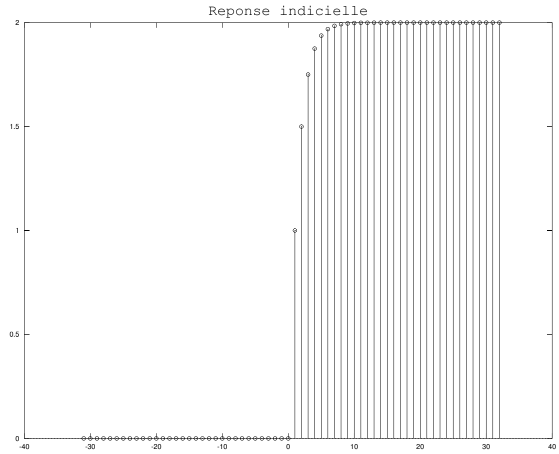

FIGURE 25 – Réponse indicielle de la fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

4.3 Les zéros et les pôles

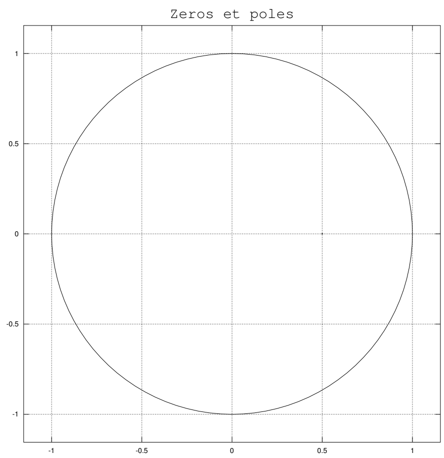

FIGURE 26 – Les zéros et les pôles de la fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

5 Fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

Nous commençons par afficher le diagramme de gain en décibel (27) ainsi que le diagramme de phase en radians (28) pour déterminer la nature du filtre représenté par cette fonction de transfert.

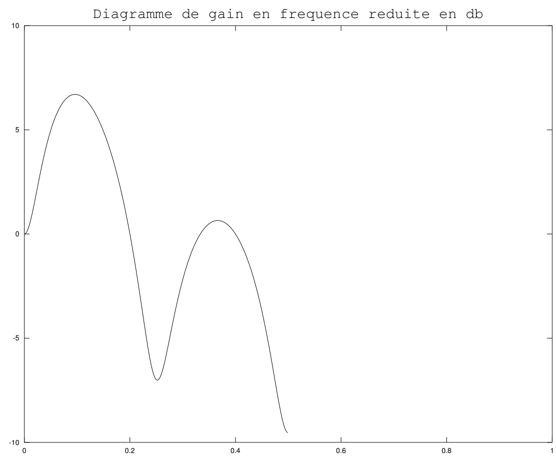

FIGURE 27 – Diagramme de gain de la fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$ en dB

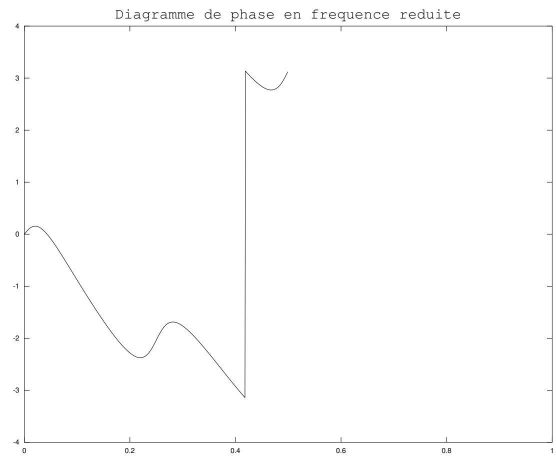

FIGURE 28 – Diagramme de phase de la fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$ en radians

Nous pouvons donc constater que cette fonction de transfert en z correspond à un filtre coupe bande.

5.1 Réponse impulsionnelle

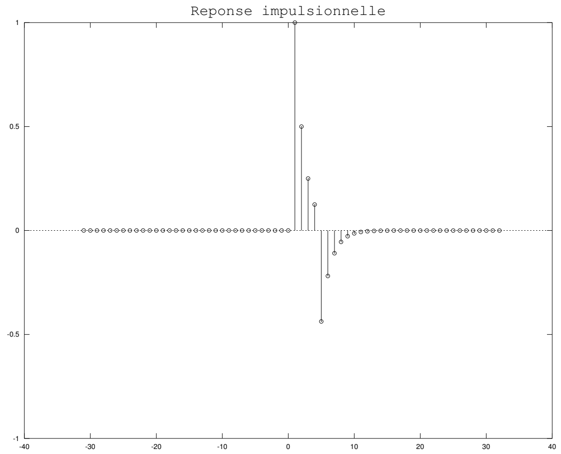

FIGURE 29 – Réponse impulsionnelle de la fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

5.2 Réponse indicielle

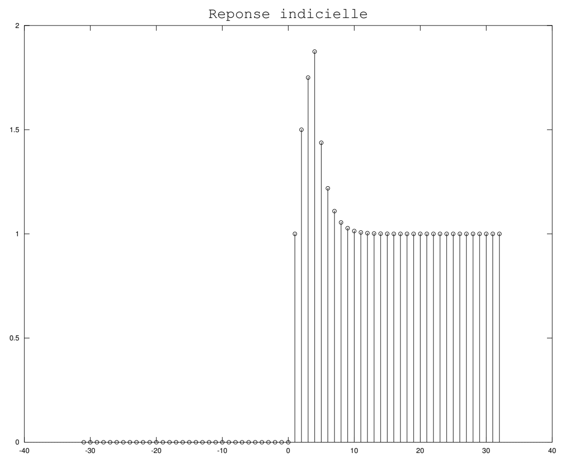

FIGURE 30 – Réponse indicielle de la fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

5.3 Les zéros et les pôles

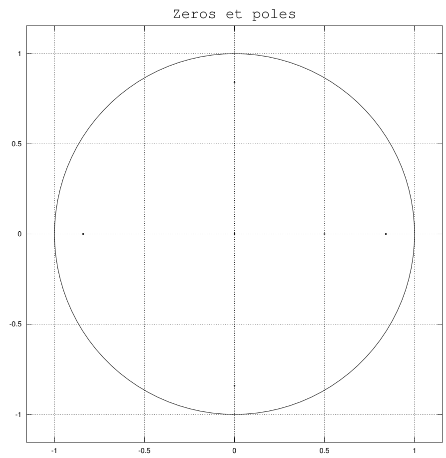

FIGURE 31 – Les zéros et les pôles de la fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

Quatrième partie
Exercice 4

Nous créons un filtre passe bas de type Butterworth avec les caractéristiques suivantes :

- Fréquence d'échantillonnage : 8 kHz
- Fréquence de coupure : 1 kHz
- Largeur de transition : 200 Hz
- Ondulation maximale dans la bande passante : 1 dB
- Atténuation minimale dans la bande coupée : 40 dB

Les trois figures suivantes nous la réponse impulsionnelle, les pôles et les zéros ainsi que la fonction de transfert du filtre que nous avons créé.

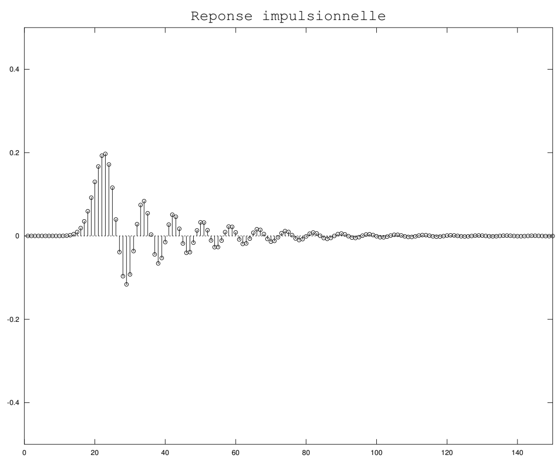

FIGURE 32 – Réponse impulsionnelle du filtre de Butterworth

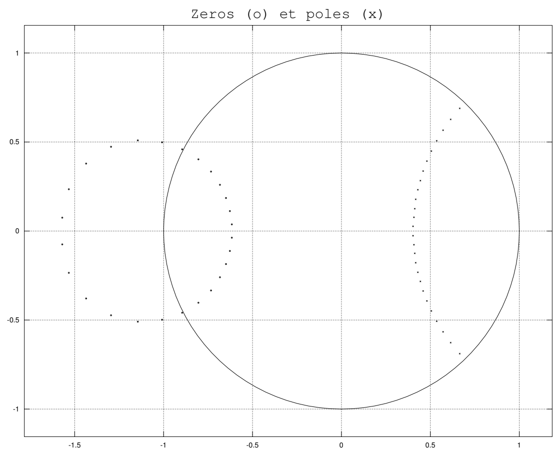

FIGURE 33 – Les pôles et les zéros du filtre de Butterworth

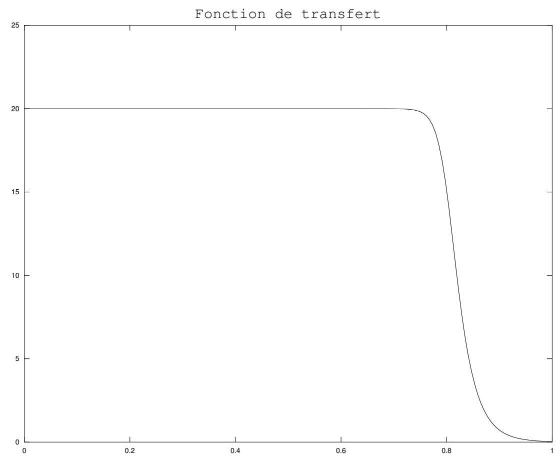

FIGURE 34 – Fonction de transfert du filtre de Butterworth

Le signal composé de deux sinusoïdes, une de fréquence 800 Hz et l'autre de fréquence 1.4kHz toutes deux échantillonnées à 8 kHz nous donne le signal suivant :

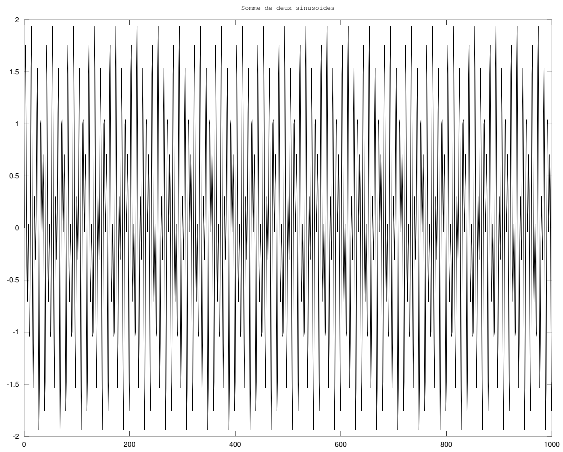

FIGURE 35 – Signal formé de deux sinusoïdes

Le spectre de ce signal avant filtrage est représenté ci dessous :

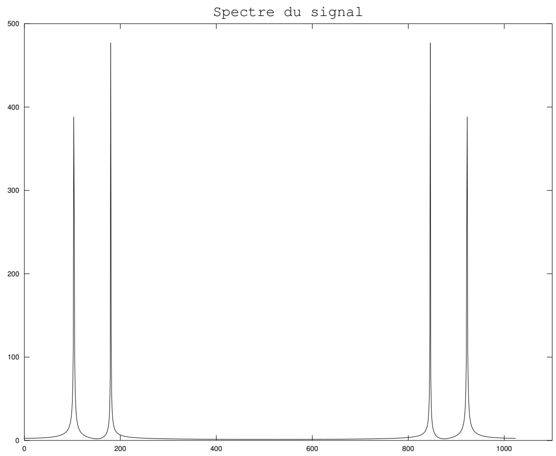

FIGURE 36 – Spectre d'entré

Une fois que nous lui avons appliqué le filtre nous obtenons :

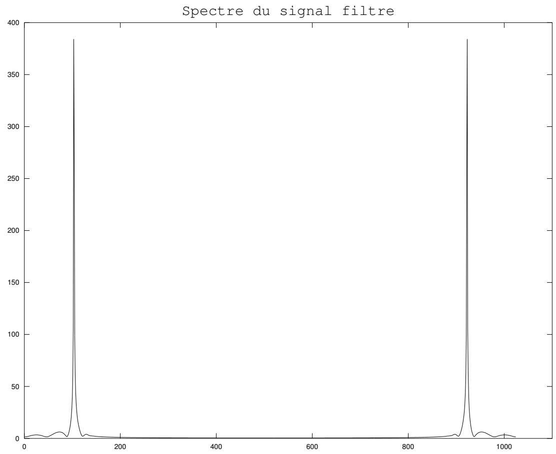

FIGURE 37 – Spectre de sortie

Cinquième partie
Exercice 5

Nous créons une fonction sinus avec les caractéristiques suivantes :

- Fréquence d'échantillonnage : 10 kHz
- Fréquence du signal : 1 kHz

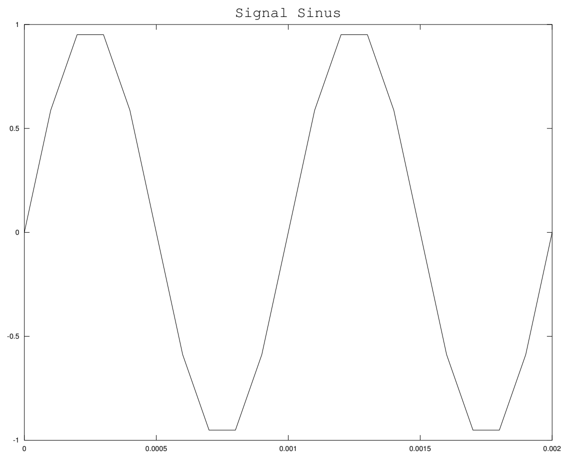

FIGURE 38 – Signal Sinus : x=$sin(2 * pi * fsig * t)$

Nous ajoutons un bruit gaussien avec les caractéristiques suivantes :

- Moyenne : null
- Amplitude : 0.4

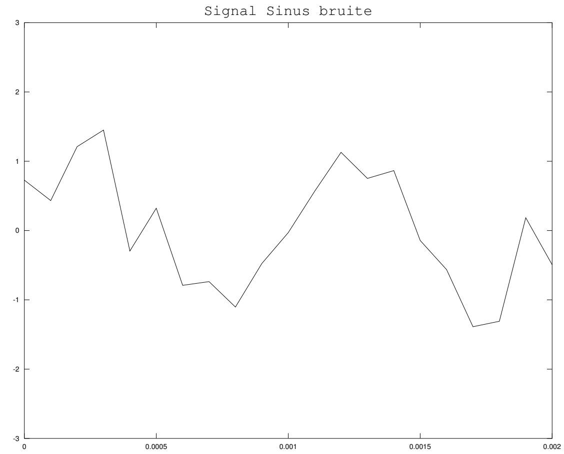

FIGURE 39 – Signal Sinus bruité : xB=$x. + (moy + ampl * rand(1, N))$

Creation d'un filtre passe-bande avec buttord ayant les caractéristiques suivantes :

- Propriété : Ws(1) < Wp(1) < Wp(2) < Ws(2)
- Ondulation maximale dans la bande passante : 3 dB
- Atténuation minimale dans la bande coupée : 40 dB

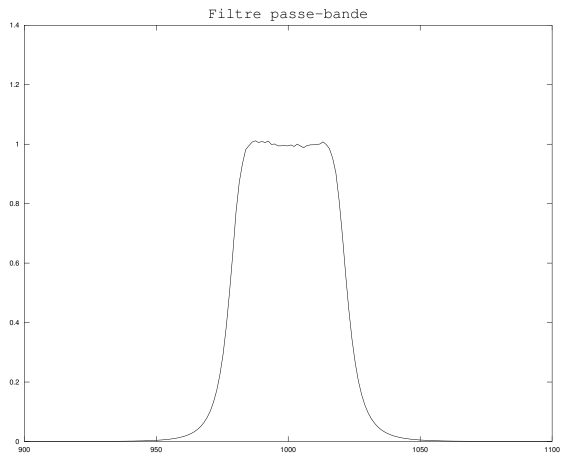

FIGURE 40 – Filtre Bande Passante visualisé sur l'intervale [900,1100]

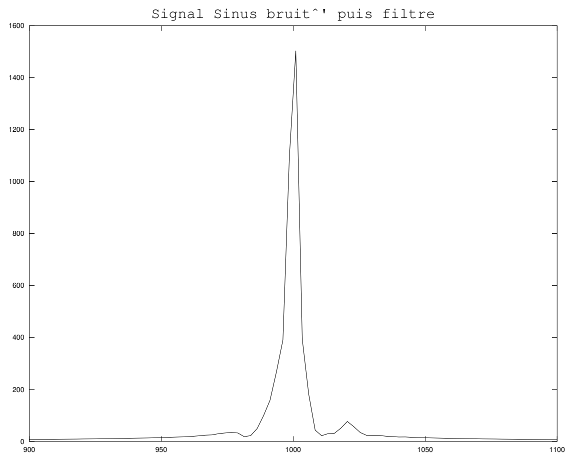

FIGURE 41 – Application du Filtre Bande Passante

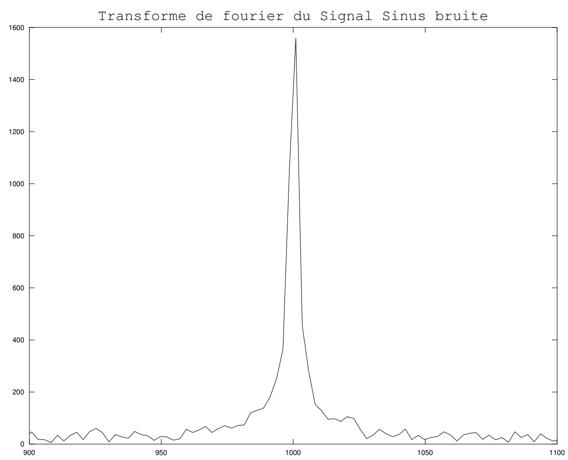

FIGURE 42 – Transforme de fourier du Signal Sinus bruite

En comparant la courbe de la transformation de fourier du signal bruité FIG 42 et la courbe du signal bruité filtré FIG 41, nous remarquons autour de la frequence 1KHz (le pic de la courbe) que le bruit discorde moins la courbe et à donc été atténué .

Sixième partie
Exercice 6

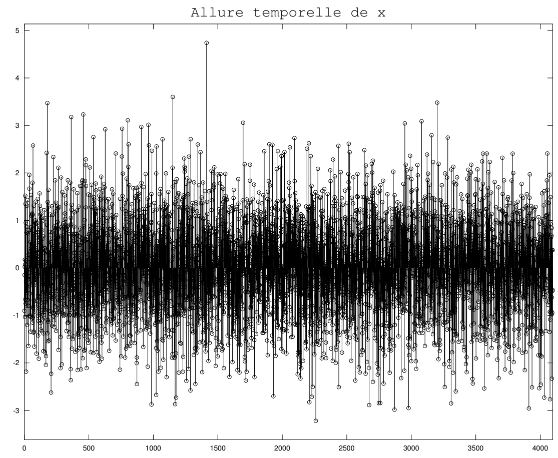

FIGURE 43 – Allure temporelle de x

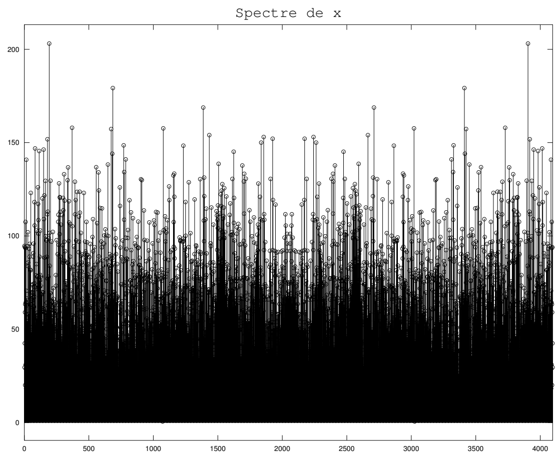

FIGURE 44 – Spectre de x

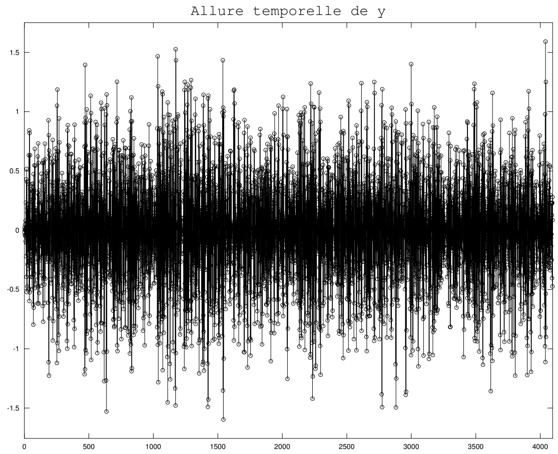

FIGURE 45 – Allure temporelle de y

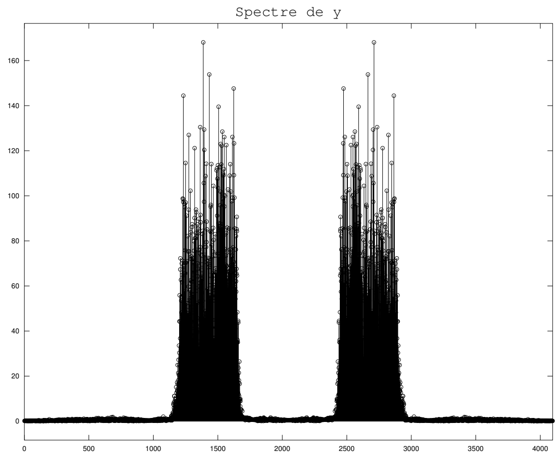

FIGURE 46 – Spectre de y

Les caractéristiques du signal x :

- Moyenne : 0.02
- Ecart type : 1.01
- Variance : 1.02

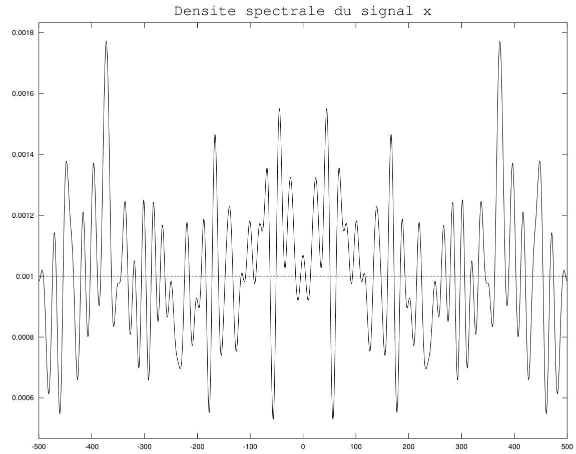

FIGURE 47 – Densite spectrale du signal x

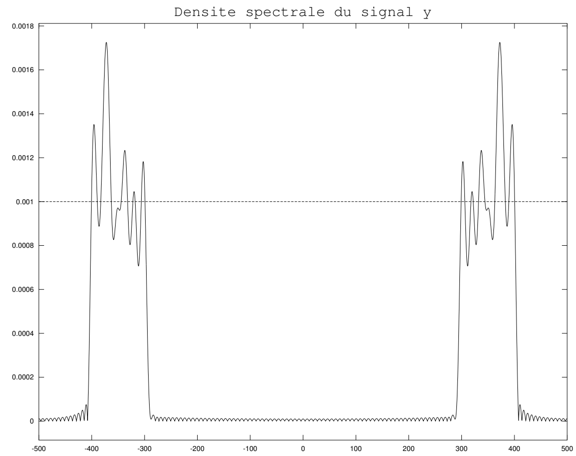

FIGURE 48 – Densite spectrale du signal y

Nous déduisons l'allure de la fonction de transfert harmonique du filtre grâce à la racine carré de la densité spectral en sortie / densité spectrale en entrée.

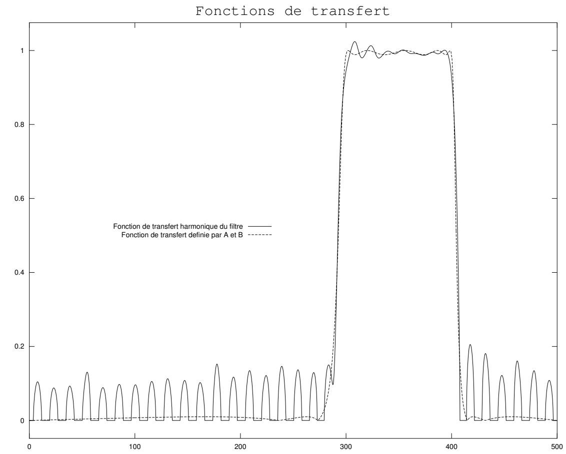

FIGURE 49 – Comparaison des Fonctions de transfert

Septième partie
Exercice 7

Deux signaux sonores S1 et S2 échantillonnés à 44.1 kHz

S1 comporter que deux composantes audibles sous la forme de deux sinusoïdes de fréquences 1000 et 3000 Hz.
S1=$2 * sin(2 * pi * 1000 * t). + 5 * sin(2 * pi * 3000 * t)$

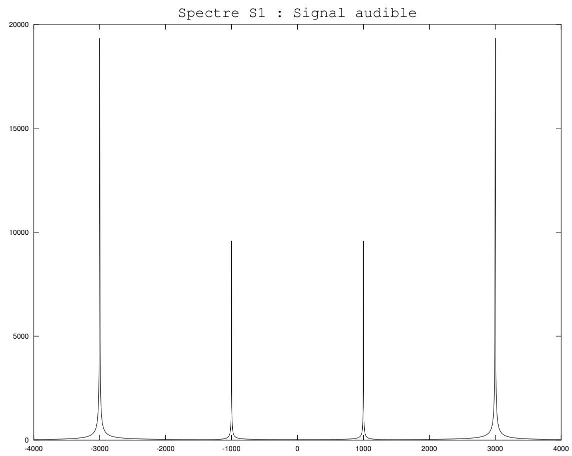

FIGURE 50 – Spectre de S1

Le spectre de fréquence permet de voir les 2 composantes à 1kHz et à 3kHz.

S2 comporte un signal inaudible à 43.5 kHz : S2=$5 * sin(2 * pi * 43100 * t)$

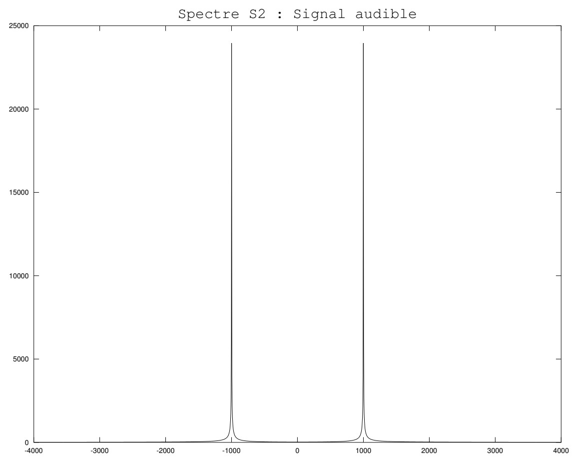

FIGURE 51 – Spectre de S2

La fréquence du signal inaudible ne respecte pas la condition de Shannon.

En effet, si on veut échantillonner sans perdre d'information un signal à spectre limité, il faut échantillonner ce signal à une fréquence au moins égale au double de la plus haute fréquence qu'il contient.

Huitième partie
Annexe

1 Exercice1

tinputlisting[caption=Code source pour l'exercice 1, label=lst :label, language=Octave]src/ex1.m

2 Exercice2

```
clf;
clear;

%Definition de l'intervalle de visualisation
n_min=-4;%borne min de l'intervalle de visualisation
n_max=9;%borne max de l'intervalle de visualisation
n=n_min:1:n_max;
%La fonction de transfert du filtre est la soustraction de deux echellons * 2 * sin(n*pi/2)
filtre=(echelon(n,3).-echelon(n,-4)).*2.*sin(n*pi/2);
%on trace la fonction de transfer
stem(n,filtre);
my_title('Fonction de transfert du filtre',25);
axis([n_min,n_max]);
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx2/fctTransfert.eps"

input('Figure suivante ?');
%Le signal d'entre est la soustraction de deux echelons * n/2
signal = (n./2).*(echelon(n,0).-echelon(n,-6));
%on trace le signal
stem(n,signal);
my_title('Signal discret d''entre',25);
```

```
axis([n_min,n_max]);
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx2/signalEntree.eps"

input('Figure suivante ?');
%Reponse impulsionnelle
%Pour afficher la reponse impulsionnelle du filtre nous faisons un produit de convolution entre un dirac et le filtre
dirac=zeros(1,length(n));
dirac(abs(n_min)+1)=1;
y=conv(dirac,filtre);
stem(y);
my_title('Reponse impulsionnelle du filtre',25);
axis([n_min,n_max]);
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx2/repImpulsionnelle.eps"

input('Figure suivante ?');
%Signal en sortie de filtre. On utilise le produit de convolution.
y=conv(signal,filtre);
stem(y);
my_title('Sortie du filtre',25);
axis([n_min,n_max]);
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx2/sortieFiltre.eps"
```

Listing 1– Code source pour l'exercice 2

3 Exercice3

3.1 Fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

```
clear
clf
%Coefficient du filtre etudie
A = [2 0] ;
B = [1 -1] ;

fe = 1 ;                              % Frequence d'echantillonnage
[H, w] = freqz(B,A) ;                 % w : pulsation entre 0 et pi
nu = w/(2*pi) ;                       % Frequence reduite
f = nu*fe ;                           % Frequence

%On trace le diagramme de gain pour determiner la nature du filtre
plot(nu,20*log10(abs(H))) ;
my_title('Diagramme de gain en frequence reduite en db',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f1Gain.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Diagramme de phase
plot(nu,angle(H)) ;
my_title('Diagramme de phase en frequence reduite',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f1Phase.eps"

input ('Figure suivante ? ') ;
%Zeros et poles
zplane(B, A) ;
my_title('Zeros et poles',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f1ZP.eps"

%Reponse impulsionnelle
%Definition de l'intervalle de visualisation
N = 64 ;
n0 = N/2 ;
```

```
n_min = 1-n0 ;
n_max = N-n0 ;
n = n_min:1:n_max ;

%Definition du dirac
dirac = zeros(1,N);
dirac(n0) = 1;
y = filter(B,A,dirac);
input ('Figure suivante ?') ;
stem (n,y) ;
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f1Impulsion.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Reponse indicielle
%Definition de l'echelon
u = zeros(1,N) ;
for i=n0:N
  u(i)=1;
endfor
i = filter(B,A,u) ;
h_obj = stem (n,i) ;
my_title('Reponse indicielle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f1Indice.eps"
```

Listing 2– Code source pour l'exercice 3 fonction $\frac{1-z^{-1}}{2}$

3.2 Fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

```
clear
clf
%Coefficient du filtre etudie
A = [2 0] ;
B = [1 1] ;

fe = 1 ;                                % Frequence d'echantillonnage
[H, w] = freqz(B,A) ;                   % w : pulsation entre 0 et pi
nu = w/(2*pi) ;                         % Frequence reduite
f = nu*fe ;                             % Frequence

%On trace le diagramme de gain pour determiner la nature du filtre
plot(nu,20*log10(abs(H))) ;
my_title('Diagramme de gain en frequence reduite en db',25) ;

%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f2Gain.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Diagramme de phase
plot(nu,angle(H)) ;
my_title('Diagramme de phase en frequence reduite',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f2Phase.eps"

input ('Figure suivante ? ') ;
%Zeros et poles
zplane(B, A) ;
my_title('Zeros et poles',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f2ZP.eps"

%Reponse impulsionnelle
%Definition de l'intervalle de visualisation
N = 64 ;
```

```
n0 = N/2 ;
n_min = 1-n0 ;
n_max = N-n0 ;
n = n_min:1:n_max ;

%Definition du dirac
dirac = zeros(1,N);
dirac(n0) = 1;
y = filter(B,A,dirac);
input ('Figure suivante ?') ;
stem (n,y) ;
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f2Impulsion.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Reponse indicielle
%Definition de l'echelon
u = zeros(1,N) ;
for i=n0:N
  u(i)=1;
endfor
i = filter(B,A,u) ;
h_obj = stem (n,i) ;
my_title('Reponse indicielle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f2Indice.eps"
```

Listing 3– Code source pour l'exercice 3 fonction $\frac{1+z^{-1}}{2}$

3.3 Fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

```
clear
clf
%Coefficient du filtre etudie
A = [2 0 0] ;
B = [1 0 -1] ;

fe = 1 ;                         % Frequence d'echantillonnage
[H, w] = freqz(B,A) ;            % w : pulsation entre 0 et pi
nu = w/(2*pi) ;                  % Frequence reduite
f = nu*fe ;                      % Frequence

%On trace le diagramme de gain pour determiner la nature du filtre
plot(nu,20*log10(abs(H))) ;
my_title('Diagramme de gain en frequence reduite en db',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f3Gain.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Diagramme de phase
plot(nu,angle(H)) ;
my_title('Diagramme de phase en frequence reduite',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f3Phase.eps"

input ('Figure suivante ? ') ;
%Zeros et poles
zplane(B, A) ;
my_title('Zeros et poles',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f3ZP.eps"

%Reponse impulsionnelle
%Definition de l'intervalle de visualisation
N = 64 ;
```

```
n0 = N/2 ;
n_min = 1-n0 ;
n_max = N-n0 ;
n = n_min:1:n_max ;

%Definition du dirac
dirac = zeros(1,N);
dirac(n0) = 1;
y = filter(B,A,dirac);
input ('Figure suivante ?') ;
stem (n,y) ;
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f3Impulsion.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Reponse indicielle
%Definition de l'echelon
u = zeros(1,N) ;
for i=n0:N
  u(i)=1;
endfor
i = filter(B,A,u) ;
h_obj = stem (n,i) ;
my_title('Reponse indicielle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f3Indice.eps"
```

Listing 4– Code source pour l'exercice 3 fonction $\frac{1-z^{-2}}{2}$

3.4 Fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

```
clear
clf
%Coefficient du filtre etudie
A = [2 -1] ;
B = [0 2] ;

fe = 1 ;                              % Frequence d'echantillonnage
[H, w] = freqz(B,A) ;                 % w : pulsation entre 0 et pi
nu = w/(2*pi) ;                       % Frequence reduite
f = nu*fe ;                           % Frequence

%On trace le diagramme de gain pour determiner la nature du filtre
plot(nu,20*log10(abs(H))) ;
my_title('Diagramme de gain en frequence reduite en db',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f4Gain.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Diagramme de phase
plot(nu,angle(H)) ;
my_title('Diagramme de phase en frequence reduite',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f4Phase.eps"

input ('Figure suivante ? ') ;
%Zeros et poles
zplane(B, A) ;
my_title('Zeros et poles',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f4ZP.eps"

%Reponse impulsionnelle
%Definition de l'intervalle de visualisation
N = 64 ;
```

```
n0 = N/2 ;
n_min = 1-n0 ;
n_max = N-n0 ;
n = n_min:1:n_max ;

%Definition du dirac
dirac = zeros(1,N);
dirac(n0) = 1;
y = filter(B,A,dirac);
input ('Figure suivante ?') ;
stem (n,y) ;
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f4Impulsion.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Reponse indicielle
%Definition de l'echelon
u = zeros(1,N) ;
for i=n0:N
  u(i)=1;
endfor
i = filter(B,A,u) ;
h_obj = stem (n,i) ;
my_title('Reponse indicielle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f4Indice.eps"
```

Listing 5– Code source pour l'exercice 3 fonction $\frac{2z^{-1}}{2-z^{-1}}$

3.5 Fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

```
clear
clf
%Coefficient du filtre etudie
A = [2 -1 0 0 0 0] ;
B = [0 2 0 0 0 -1] ;

fe = 1 ;                        % Frequence d'echantillonnage
[H, w] = freqz(B,A) ;           % w : pulsation entre 0 et pi
nu = w/(2*pi) ;                 % Frequence reduite
f = nu*fe ;                     % Frequence

%On trace le diagramme de gain pour determiner la nature du filtre
plot(nu,20*log10(abs(H))) ;
my_title('Diagramme de gain en frequence reduite en db',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f5Gain.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Diagramme de phase
plot(nu,angle(H)) ;
my_title('Diagramme de phase en frequence reduite',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f5Phase.eps"

input ('Figure suivante ? ') ;
%Zeros et poles
zplane(B, A) ;
my_title('Zeros et poles',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f5ZP.eps"

%Reponse impulsionnelle
%Definition de l'intervalle de visualisation
N = 64 ;
```

```
n0 = N/2 ;
n_min = 1-n0 ;
n_max = N-n0 ;
n = n_min:1:n_max ;

%Definition du dirac
dirac = zeros(1,N);
dirac(n0) = 1;
y = filter(B,A,dirac);
input ('Figure suivante ?') ;
stem (n,y) ;
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f5Impulsion.eps"

input ('Figure suivante ?') ;
%Reponse indicielle
%Definition de l'echelon
u = zeros(1,N) ;
for i=n0:N
  u(i)=1;
endfor
i = filter(B,A,u) ;
h_obj = stem (n,i) ;
my_title('Reponse indicielle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx3/f5Indice.eps"
```

Listing 6– Code source pour l'exercice 3 fonction $\frac{2z^{-1}-z^{-5}}{2-z^{-1}}$

4 Exercice 4

```
clear;
clf;

fe=8000;%frequence d'echantillonnage
fcut = 1000;%frequence de coupure
largeur = 200;%largeur de transition
N=1024;%Nombre de point qu'on veut calculer
n0=N/2;

Wp=(2*fcut)/fe;% borne inferieur de la bande passante
Ws=2*(fcut+largeur)/fe;% borne superieur de la bande passante
[n Wn]=buttord(Wp,Ws,1,40);%calcul l'ordre du filtre Butterworth, ici nous faisons un
    filtre passe bas car Wp<Ws
[B A]= butter(n, Wn);%Genere le filtre butterworth
x = zeros(1,N) ;%on initialise les 1024 point de la courbe x a zeros
x(1) = 1 ;
y=filter(B,A,x);%on applique le filtre genere precedemment a la courbe

%Trace de la reponse impulsionnel
stem (y) ;
xlim([0,150]);
my_title('Reponse impulsionnelle',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/repImpulsion.eps"

%Pole/zero
input ("Figure suivante ? ") ;
zplane(B, A) ;%on trace les poles et zeros
my_title('Zeros (o) et poles (x)',25);
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/ZP.eps"

% Fonctions de transfert avec freqz
```

```
input ('Figure suivante ? ') ;
[H f] = freqz (B,A) ;
plot (f,20*abs(H),'b');
xlim([0,1]);
my_title ('Fonction de transfert', 25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/fctTransfert.eps"

% Signal constitue par la somme de deux sinusoides
input ('Figure suivante ? ') ;
Te = 1/fe;%Periode d'echantionnalle
fe1=800;%Frequence de la premiere sinusoide
fe2 = 1400;%Frequence de la seconde sinusoide
t=(0:N-1)*Te;
x1=sin(2*pi*fe1*t);% Definition de la premiere sinusoide
x2=sin(2*pi*fe2*t);% Definition de la seconde sinusoide
X=x1.+x2;%On ajoute chaque valeur de chaque sinusoide une a une
plot(X);% On trace la somme des deux sinusoide
xlim([0,1000]);
my_title ('Somme de deux sinusoides') ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/2sin.eps"

%Spectre du signal
input ('Figure suivante ? ') ;
fX=fft(X);%Calcul du spectre du signal via la tranforme rapide du signal
plot(abs(fX));
xlim([0,1100]);
my_title ('Spectre du signal',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/spectreEntre.eps"

%Spectre du signal filtre
input ('Figure suivante ? ') ;
FX=filter(B,A,X);%On applique le filtre au  signal
fFX = fft(FX);%on recupere son spectre
plot(abs(fFX));
xlim([0,1100]);
my_title ('Spectre du signal filtre',25) ;
%print -deps "/home/kewin/octave/td_matLab/rapport/fig/resEx4/spectreSortie.eps"
```

Listing 7– Code source pour l'exercice 4

5 Exercice 5

```
clear ;
clf ;

fsig = 1000;  % frequence du signal
fe = 10000 ;  % frequence d echantillonnage

T0 = 1/fsig ;
dt_plot = 1/fe ;
N=4096;   %Nombre d echantillon

tmin = 0 ;    %borne min de l intervalle de visualisation
tmax = (N-1)*dt_plot ;  %borne max de l intervalle de visualisation

t = tmin:dt_plot:tmax ;


x = sin(2*pi*fsig*t) ;
%X = fft (x) ;
plot (t, x) ;
```

```
axis([0 2*T0]);
my_title('Signal Sinus',25) ;
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx5/fig_1_sinus.eps"

input('Afficher la sinusoide en appliquant le bruit');

% caracteristique du bruit gaussien
moy = 0; % moyenne
ampl = 0.4; % amplitude du bruit

xB = x.+(moy+ampl*randn(1,N));
plot(t,xB);
axis([0 2*T0]);
my_title('Signal Sinus bruite',25) ;
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx5/fig_2_sinusb.eps"


input('Creation du filtre passe bande');

Wp = [980 1020]/(fe/2); % borne inferieur de la bande passante
Ws = [50 1450]/(fe/2); % borne superieur de la bande passante
Rp = 3;
Rs = 40;
[n,Wn] = buttord(Wp,Ws,Rp,Rs); % calcule l'ordre du filtre Butterworth, ici nous faisons
    un filtre passe bande car Ws(1) < Wp(1) < Wp(2) < Ws(2)
[b,a] = butter(n,Wn);
%freqz(b,a,N,fe);
[H f] = freqz(b,a,N,fe); % Genere le filtre butterworth
plot(f,abs(H));
my_title('Filtre passe-bande',25) ;
xlim([900,1100]); %intervalle de visualisation
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx5/fig_3_passbande.eps"


input('Afficher la transforme de fourier de la sinusoide bruite');

clf;
hold on;
%xBF = fft(xB);
[xBF f] = TFD(xB, fe, N);
plot(f,abs(xBF));
my_title('Transforme de fourier du Signal Sinus bruite',25) ;
xlim([900,1100]); %intervalle de visualisation
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx5/fig_4_fftsinusb.eps"
hold off;


input('Application du filtre passe bande');
y=filter(b,a,xB); % on applique le filtre genere precedemment a la courbe
[yF f] = TFD(y, fe, N);
plot(f,abs(yF));
my_title('Signal Sinus bruite puis filtre',25) ;
xlim([900,1100]); %intervalle de visualisation
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx5/fig_5_sinus-b.eps"
```

Listing 8– Code source pour l'exercice 5

6 Exercice 6

```
% Exercice 6
```

```
clear
clf

load "TD_ESIL.mat"; % Dans le fichier matLab on recupere la var fe, et les tableaux A,B,x,y

%Recuperation de la longueure des tableau x,y
x_max = length(x); %taille de x
y_max = length(y);

%Allure temporelle de X
h = stem (1:1:x_max, x);% affichage de l'allure temporelle de x
xlim([0 x_max]);%intervalle de visualisation
set_ylim(x) ;
my_title ('Allure temporelle de x',25) ;
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_1.eps"

input("Figure suivante ?");
%Spectre de X
spectreX = fft(x) ;%on recupere le spectre de l'echantillon x par la transformee rapide de fourrier
h = stem (1:1:x_max, abs(spectreX));%on trace
xlim([0 x_max]);%intervalle de visualisation
set_ylim(abs(spectreX)) ;
my_title ('Spectre de x',25) ;
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_2.eps"

input("Figure suivante ?");
%Allure temporelle de Y // on fait pareil qu'avec y
h = stem (1:1:y_max, y);% affichage de l'allure temporelle de y
xlim([0 y_max]);
set_ylim(y) ;
my_title ('Allure temporelle de y',25) ;
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_3.eps"

input("Figure suivante ?");
%Spectre de Y // On fait pareil qu'avec x
spectreY = fft(y) ;
h = stem (1:1:y_max, abs(spectreY)); % fft de y
xlim([0 y_max]);
set_ylim(abs(spectreY)) ;
my_title ('Spectre de y',25) ;
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_4.eps"

input("Afficher caracteristique de x ?");
% Caracteristique du signal x
moye = mean(x) ;%calcul de la moyenne du signal
ecarT = std(x) ;%calcul de l'ecart type
vari = var(x) ;%calcul de la variance
printf ('Moyenne = %.2f\n',moye) ;
printf ('Ecart type = %.2f\n',ecarT) ;
printf ('Variance = %.2f\n',vari) ;

input ('Figure suivante ? ',25) ;
% Densite spectrale de puissance
psd = spectral_xdf (x, "rectangle", 1/sqrt(x_max)) ;%on recupere la densite spectrale par la fonction spectral_xdf du paquet signal
[psdX fX] = psd_shift (psd, fe) ;%la densite spectrale ete definie sur 0 1 on la definie sur le fe qu'on a recupere dans le fihcier matlab charge
plot(fX, abs(psdX)) ;
hold on
plot([min(fX) max(fX)], [1/fe 1/fe]) ;
my_title ('Densite spectrale du signal x',25) ;
```

```
set_ylim(psdX) ;
xlim([min(fX) max(fX)]);
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_5.eps"
hold off

input ('Figure suivante ? ');
% Densite spectrale de puissance
psd = spectral_xdf (y, "rectangle", 1/sqrt(y_max)) ;%on recupere la densite spectrale de y dans une fenetre rectangle
[psdY fY] = psd_shift (psd, fe) ;%la densite spectrale ete definie sur 0 1 on la definie sur le fe qu'on a recupere dans le fihcier matlab charge
plot(fY, abs(psdY)) ;
hold on
plot([min(fY) max(fY)], [1/fe 1/fe]) ;
my_title ('Densite spectrale du signal y',25) ;
set_ylim(abs(psdY)) ;
xlim([min(fY) max(fY)]);
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_6.eps"
hold off

input ('Figure suivante ? ');
%Allure de fonction de transfert en harmonique compare a la fonction de tranfert definie par A et B
clf
tXY = sqrt(psdY ./ psdX);%fonction de transfert en harmonque du filtre : densite spectral en sortie / densite spectrale en entree
[tAB f]= freqz(B, A);% fonction de transfert definie par A et B
hold on
plot(fX, tXY, C="g");
plot((f/(2*pi))*fe, abs(tAB));
legend('Fonction de transfert harmonique du filtre', 'Fonction de transfert definie par A et B', 'location', 'west');
xlim([0 500]);
set_ylim(tXY) ;
my_title ('Fonctions de transfert',25) ;
print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx6/fig_7.eps"
hold off
```

Listing 9– Code source pour l'exercice 6

7 Exercice 7

```
% Exercice 7

clear
clf

fe = 44100 ; % Frequence d echantillonnage

dt_plot = 1/fe ;

N=10240; %Nombre d echantillon

t_max=(N-1)*dt_plot;    %borne max de l'intervalle de visualisation
t_min=0;    %borne min de l'intervalle de visualisation

t=t_min:dt_plot:t_max;

%SON AUDIBLE
s1=2*sin(2*pi*1000*t) .+ 5*sin(2*pi*3000*t);
wavwrite(s1',fe,16,"sound_ex7_audible.wav");
```

```
%SON INAUDIBLE
s2=5*sin(2*pi*43100*t);
wavwrite(s2',fe,16,"sound_ex7_inaudible.wav");

%Spectre de s1 ( son audible )
[S f]=TFD(s1,fe,N);
plot(f,abs(S));
my_title('Spectre S1 : Signal audible',25) ;
xlim([-4000,4000]); %intervalle de visualisation
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx7/s1_audible.eps"

input("Spectre de s2 ( son inaudible ) ?");

%Spectre de s2 ( son inaudible )
[S f]=TFD(s2,fe,N);
plot(f,abs(S));
my_title('Spectre S2 : Signal audible',25) ;
xlim([-4000,4000]); %intervalle de visualisation
%print -deps "/home/rabgs/TPFINAL/td_matLab/rapport/fig/resEx7/s2_inaudible.eps"
```

Listing 10– Code source pour l'exercice 7

8 Fonction échelon

```
% Fonction qui cree un echelon
% ============================================================
% n = ensemble des points sur lesquels on veut tracer l'echelon
% dec = decalage qu'on souhaite appliquer a l'echelon unite
% E(n) = u(n+dec)
% E(-dec) = u(0) = 1
% E(n) = 0 ssi n < -dec
% E(n) = 1 ssi n >= dec
function [E] = echelon(n,dec)
N = length(n);
E = zeros(1,N);
for i=(1-dec)+abs(min(n)):N
  E(i)=1;
endfor
endfunction
```

Listing 11– Fonction pour créer un echelon