

CHATIRON Thibault

DENG Fangzhou

SRT3

Automne 2013

TP n°2 :
Surveillance vibratoire d'un
roulement à billes

SY06

Sommaire

Introduction :.....	3
Déclaration des variables	4
Calcul du signal $s(t)$	4
Signal vibratoire lors d'un défaut extérieur	6
Signal vibratoire lors d'un défaut intérieur	8
Etude des exemples	11
Exemple 1	11
Exemple 2	12
Exemple 3	13
Conclusion	15

Introduction :

L'objectif de ce TP est de montrer comment on peut étudier un défaut présent sur une pièce, ici un roulement à billes, à l'aide de l'analyse des signaux.

Nous allons essayer de déterminer où se trouve le défaut en fonction de la représentation fréquentielle du signal émis par le roulement à billes.

Nous étudierons d'abord le signal émis, si le défaut se situe sur la bague externe du roulement à billes, puis si le défaut se situe sur la bague interne du roulement à billes. Finalement, on étudiera le cas où les deux défauts sont présents.

Déclaration des variables

On commence le code Matlab par déclarer les variables dont on aura besoin, notamment, la fréquence d'échantillonnage, la fréquence pour défaut de bague externe, la fréquence pour défaut sur bague interne...

Code Matlab

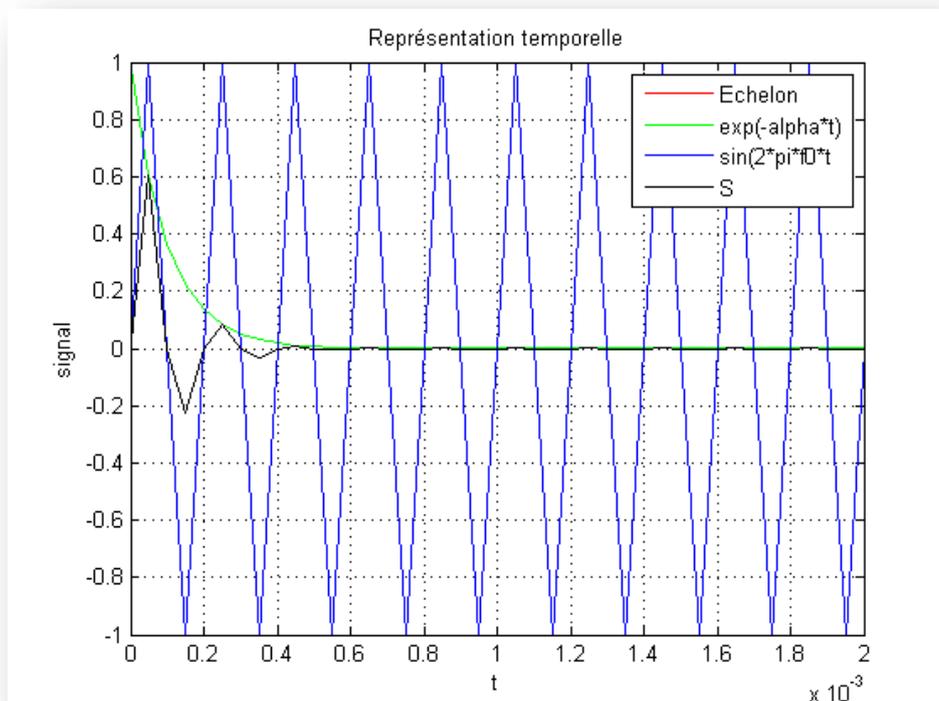
```
clc
clear
close all

Fe = 20000;
f0 = 5000;
fa = 100;
fdbe = 400;
fdbi = 500;
alpha = 10000;
```

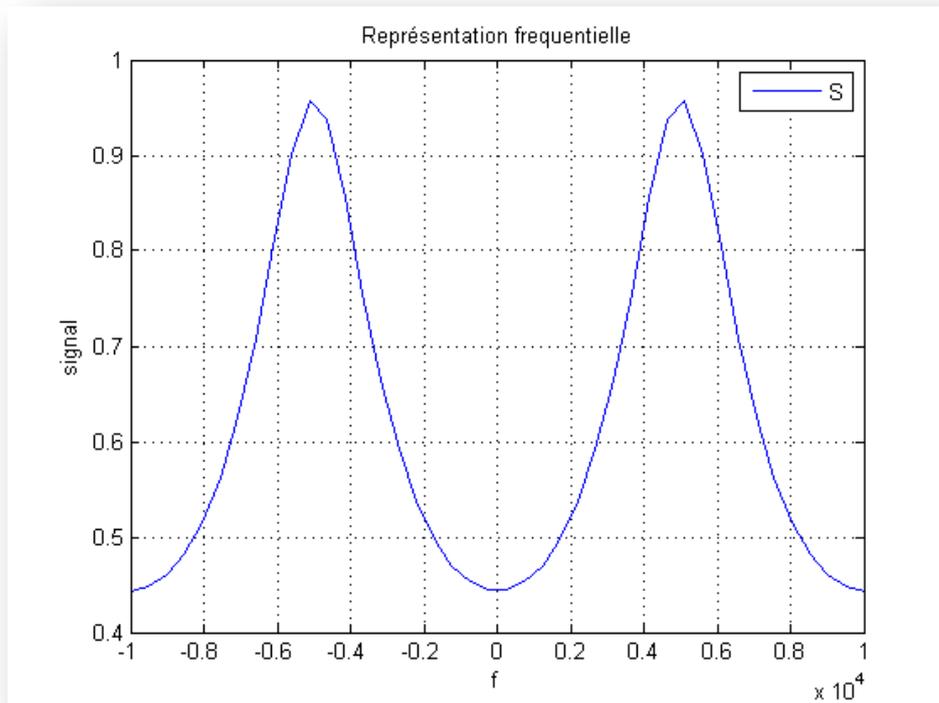
Calcul du signal s(t)

Etudions le signal $s(t) = \Gamma(t) * e^{-\alpha t} * \sin(2 * \pi * f_0 * t)$ avec Γ , un échelon.

Pour tracer le signal s(t), on va étudier chaque partie du signal. On a donc une fonction échelon (en rouge) qui est égale à 1 pour $t \geq 0$, une fonction sinusoïdale (en bleue), une exponentielle (en vert) qui correspond à l'enveloppe de notre signal s(t). En noir, nous avons notre signal s(t).



Voici la représentation fréquentielle de notre signal s :



Code Matlab

```

t = (0:1/Fe:0.002)';
G = (t>=0);
s1 = G;
s2 = exp(-alpha*t);
s3 = sin(2*pi*f0*t);
s = s1.*s2.*s3;

figure(1);
plot(t,s1,'r',t,s2,'g',t,s3,'b',t,s,'k');
xlabel('t');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Echelon','exp(-alpha*t)','sin(2*pi*f0*t)','S');
title('Représentation temporelle');

N = length(t);

k=0;

for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
S(k) = s' * exp(2*j*pi*f*t);
end

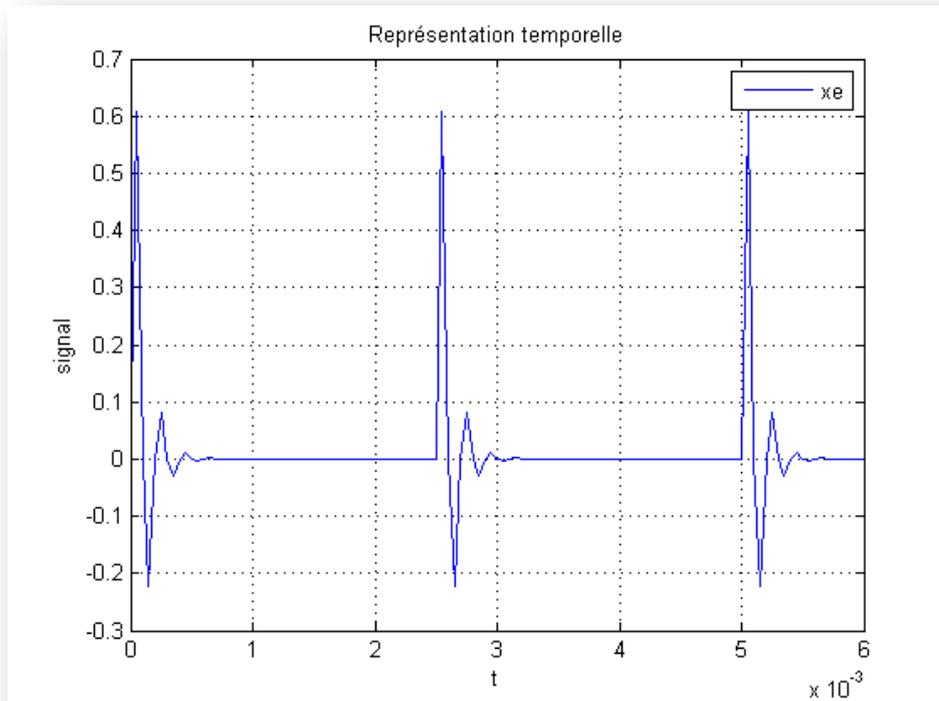
figure(2);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(S));
1
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('S');
title('Représentation fréquentielle');

```

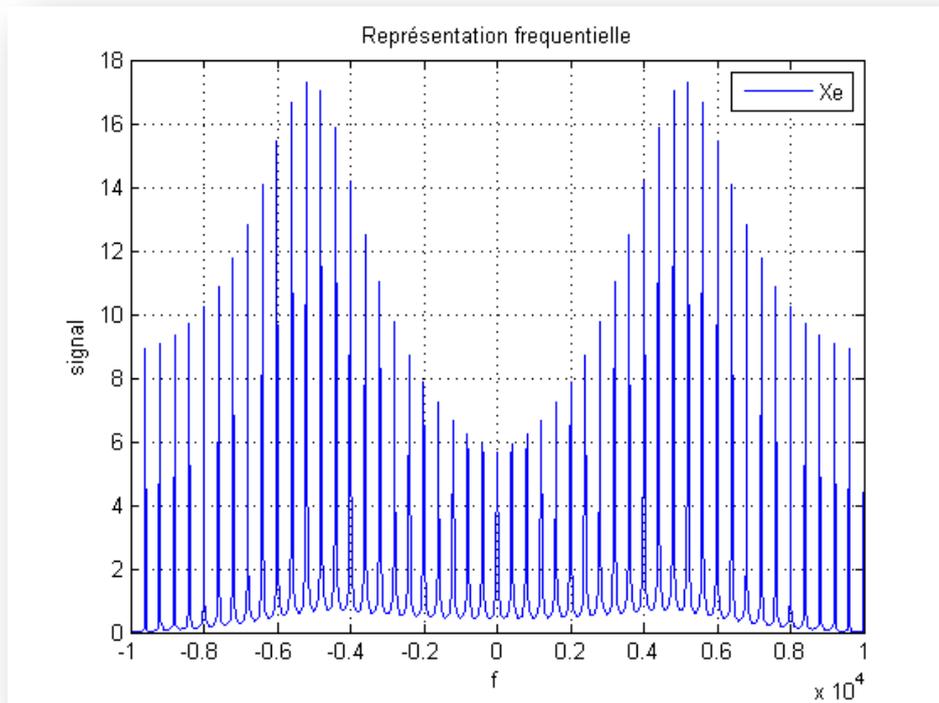
Signal vibratoire lors d'un défaut extérieur

Pour la suite du TP, nous allons analyser le signal reçu dans le cas où le défaut se présente sur la bague externe. Le signal émis par le défaut sera répété (on prend ici 20 répétitions) à chaque passage de bille sur ce défaut.

Voici la représentation temporelle du signal vibratoire lors d'un défaut externe pour seulement 3 itérations pour mieux visualiser ce signal :



Pour la représentation fréquentielle, nous repassons donc à ces fameuses 20 répétitions. L'écart entre deux échantillonnages correspond à la fréquence de contact entre une bille et le défaut (F_{dbe}).



Code Matlab

```

t = (0:1/Fe:0.006)'; %0.006 pur afficher suelement 3 "pics"

Tdbe=1/fdbe;

xe = 0;

for n=0:20
t2 = t-n*Tdbe;
G = (t2>=0);
s1 = G;
s2 = exp(-alpha*t2);
s3 = sin(2*pi*f0*t2);
s=s1.*s2.*s3;
xe = xe + s;
end

figure(3);
plot(t,xe);
xlabel('t');
ylabel('signal');
grid on;
legend('xe');
title('Représentation temporelle');

t = (0:1/Fe:0.05)'; %on met à 0.5 puor ouvrir afficher les 20 itérations

Tdbe=1/fdbe;

xe = 0;

for n=0:20
t2 = t-n*Tdbe;

```

```

G = (t2>=0);
s1 = G;
s2 = exp(-alpha*t2);
s3 = sin(2*pi*f0*t2);
s=s1.*s2.*s3;
xe = xe + s;
end

N = length(t);

k=0;

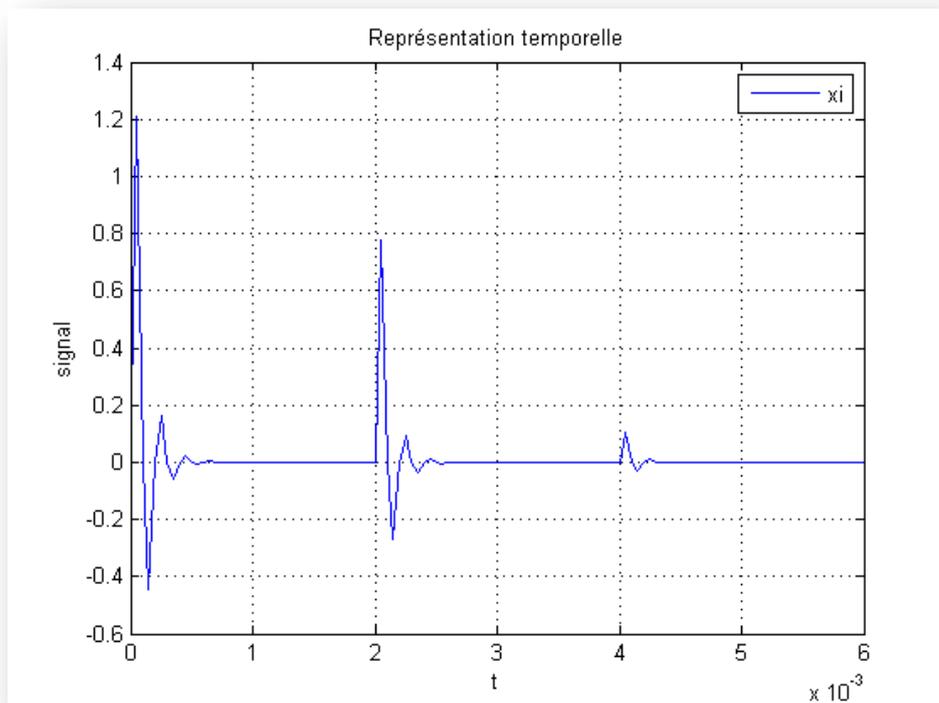
for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
Xe(k) = xe' * exp(2*j*pi*f*t);
end

figure(4);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(Xe));
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Xe');
title('Représentation fréquentielle');

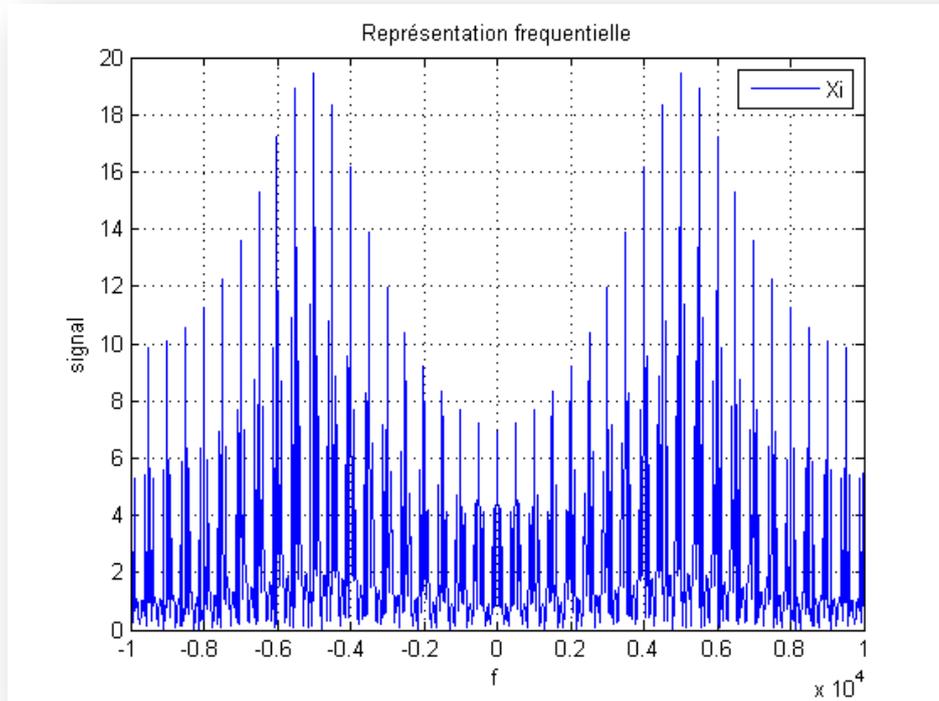
```

Signal vibratoire lors d'un défaut intérieur

Ensuite, nous analysons le signal reçu dans le cas où le défaut se présente sur la bague interne. Ainsi, le signal émis par le défaut sera répété de la même manière que précédemment. De plus la position relative du défaut dans le roulement à bille influe sur l'amplitude du signal du défaut. En effet, dû au poids, le défaut sera plus grand s'il se situe en bas.



Dans le domaine fréquentiel, on a la même allure qu'avant mais on observe l'apparition de spectres supplémentaires. En effet, on voit alors apparaître des raies supplémentaires de part et d'autre des raies des fréquences de contact des billes avec le défaut.



Code Matlab

```
t = (0:1/Fe:0.006)';
Tdbi=1/fdbi;
m = 1 + cos(2*pi*fa*t);
xi = 0;
for n=0:20
    t2 = t-n*Tdbi;
    G = (t2>=0);
    s1 = G;
    s2 = exp(-alpha*t2);
    s3 = sin(2*pi*f0*t2);
    s=s1.*s2.*s3;
    sm = s.*m;
    xi = xi + sm;
end
figure(5);
plot(t,xi);
xlabel('t');
ylabel('signal');
grid on;
legend('xi');
title('Représentation temporelle');
```

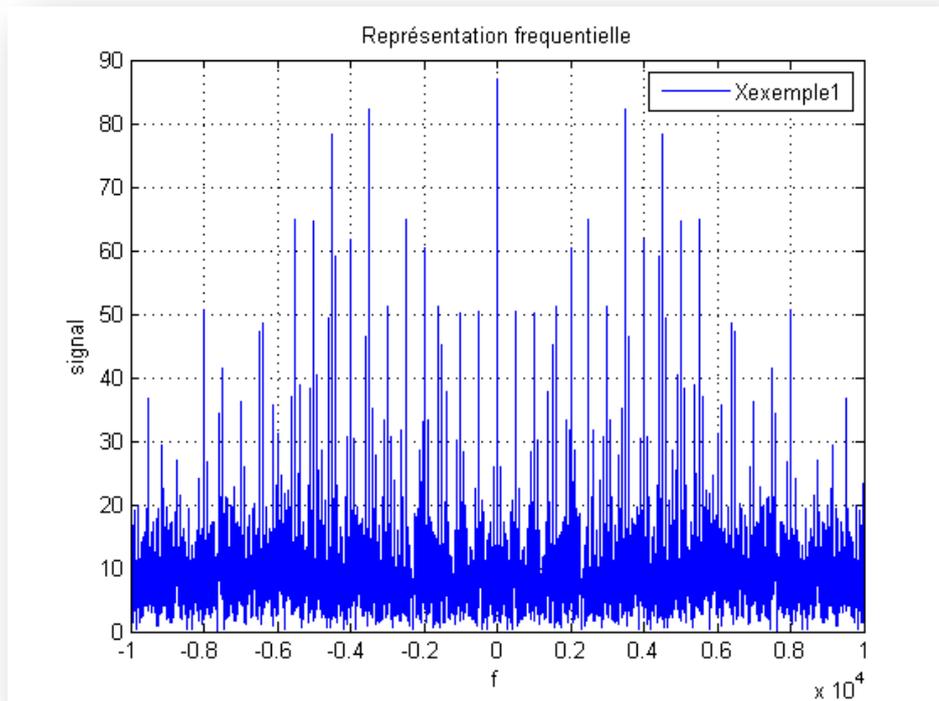
```
t = (0:1/Fe:0.05)';
Tdbi=1/fdbi;
m = 1 + cos(2*pi*fa*t);
xi = 0;
for n=0:20
t2 = t-n*Tdbi;
G = (t2>=0);
s1 = G;
s2 = exp(-alpha*t2);
s3 = sin(2*pi*f0*t2);
s=s1.*s2.*s3;
sm = s.*m;
xi = xi + sm;
end
N = length(t);
k=0;
for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
Xi(k) = xi' * exp(2*j*pi*f*t);
End
figure(6);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(Xi));
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Xi');
title('Représentation fréquentielle');
```

Etude des exemples

Le but de cet exercice est de déterminer à partir d'un signal fourni, où se trouve le défaut.

Exemple 1

Pour déterminer d'où vient le défaut, nous traçons la représentation fréquentielle du premier signal. En étudiant les spectres obtenus, nous pouvons conclure que le **défaut se trouve sur la bague interne**.

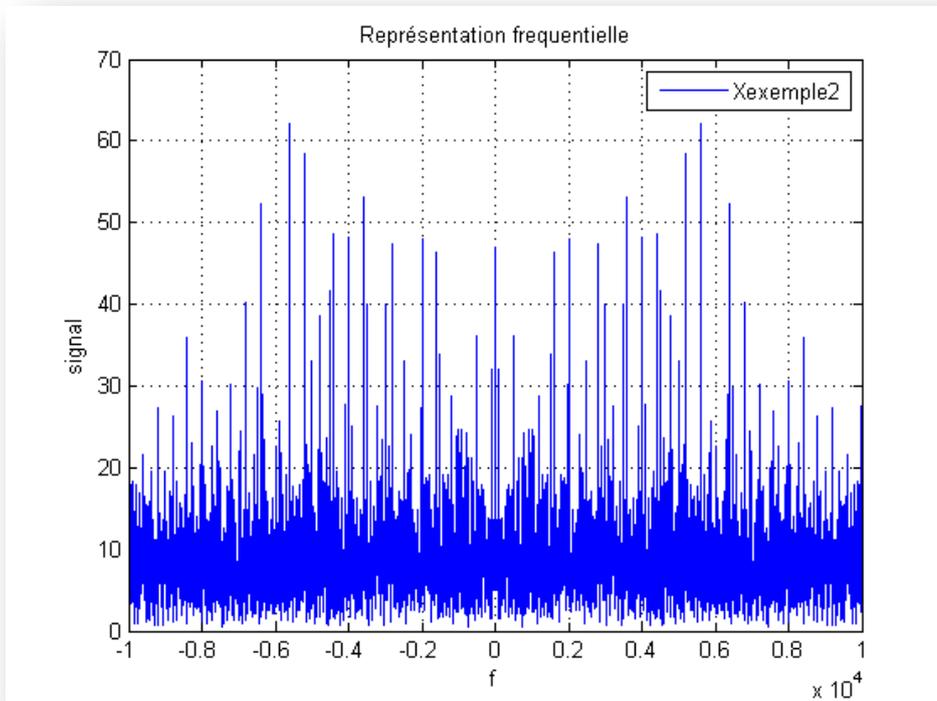


Code Matlab

```
load('TP2_Exemple1');
N = length(texemple1);
k=0;
for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
a(k) = xexemple1' * exp(2*j*pi*f*texemple1);
end
figure(7);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(a));
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Xexemple1');
title('Représentation fréquentielle');% défaut interne
```

Exemple 2

Nous faisons de même pour le deuxième signal. Nous étudions la représentation fréquentielle de ce signal mais il est ici plus compliqué de conclure immédiatement. C'est donc après réflexion que nous concluons qu'il n'y a pas un mais *plusieurs défauts sur la bague externe*.



Code Matlab

```
load('TP2_Exemple2');

N = length(texemple2);

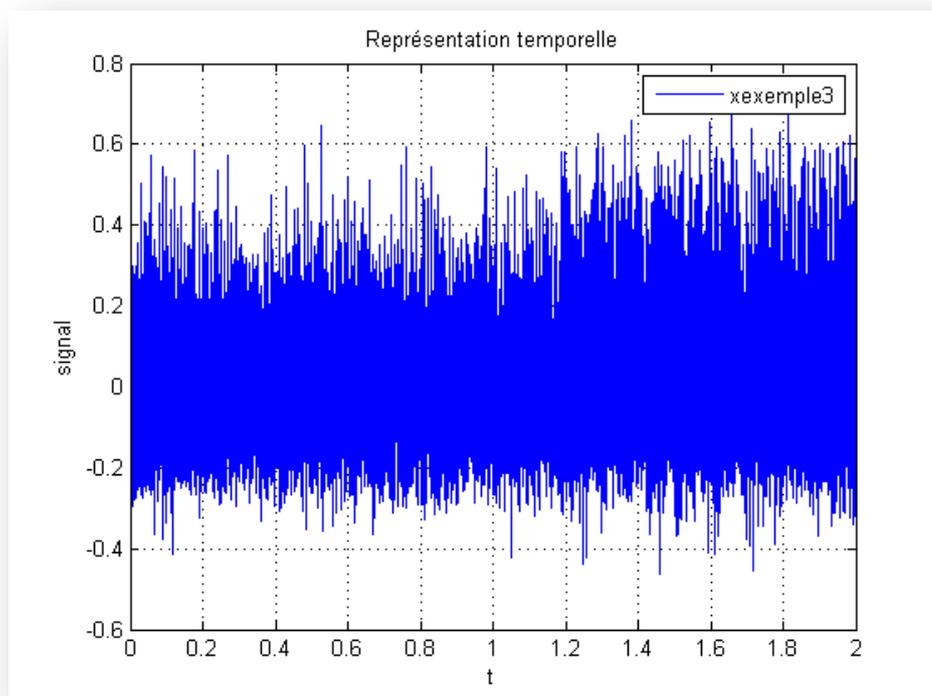
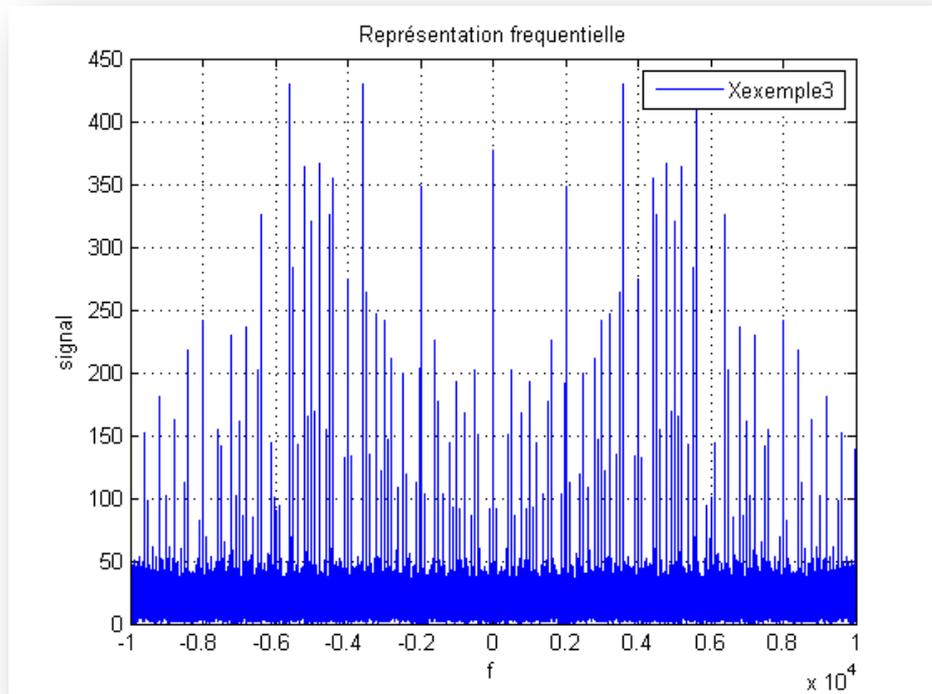
k=0;

for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
a2(k) = xexemple2' * exp(2*j*pi*f*texemple2);
end

figure(8);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(a2));
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Xexemple2');
title('Représentation fréquentielle'); %plusieurs défauts sur la bague
externe
```

Exemple 3

Le défaut de notre troisième signal ne peut pas être trouvé sur la représentation fréquentielle. Nous décidons donc d'étudier ce signal en représentation temporelle et nous constatons une **augmentation d'amplitude à partir de 1,2s**. On a donc un défaut qui s'est ajouté ou alors un défaut qui a empiré...



Code Matlab

```
load('TP2_Exemple3');

N = length(texemple3);

k=0;

for f = -Fe/2 : Fe/N : Fe/2
k = k+1;
a3(k) = xexemple3' * exp(2*j*pi*f*texemple3);
end

figure(9);
plot((-Fe/2 : Fe/N : Fe/2),abs(a3));
xlabel('f');
ylabel('signal');
grid on;
legend('Xexemple3');
title('Représentation fréquentielle'); %on ne peut pas définir dans le
domaine fréquentiel

figure(10);
plot(texemple3,xexemple3);

xlabel('t');
ylabel('signal');
grid on;
legend('xexemple3');
title('Représentation temporelle'); %augmentation de l'amplitude à partir
de 1.2s
```

Conclusion

Ce TP nous a permis de voir qu'à l'aide de l'analyse et traitement des signaux, nous pouvions conclure sur l'état d'une machine grâce à l'étude d'un roulement à billes. C'est donc grâce à l'étude des raies du signal que nous avons pu déterminer la nature et la position d'un éventuel ou plusieurs défauts.