

Travaux pratiques

Surveillance vibratoire d'un roulement à billes

Table des matières

1. Etude vibratoire d'un roulement à billes.....	2
1.1. Code.....	2
1.1.1. Code général.....	2
1.1.2. Code de la fonction SommeSignal.....	2
2. Signal vibratoire du passage d'une bille sur un écaillage.....	3
2.1. Équation du signal.....	3
2.2. Représentation temporelle et fréquentielle du signal.....	3
3. Etude d'un défaut sur la bague externe	4
3.1. Périodisation.....	4
3.2. Représentation fréquentielle de ce signal	4
4. Etude d'un défaut sur la bague interne	5
4.1. Périodisation et considération du poids	5
4.2. Représentation fréquentielle de ce signal	5
5. Modification des paramètres.....	6
5.1. Modification de lambda.....	6
5.1.1. $\lambda = 0$	6
5.1.2. λ négatif.....	7
5.2. Modification de f_0	7
5.3. Modification de F_a	8
6. Analyse de signaux inconnus	9
1.1. Signal 1	9
1.2. Signal 2	9
1.3. Signal 3	10
Conclusion.....	11

1. Etude vibratoire d'un roulement à billes

1.1. Code

1.1.1. Code général

```
clear ; clc ; close all

Fe = 30000;
t = (0:(1/Fe):0.1-(1/Fe));
l = 5000;

%----- SIGNAL DEFAULT -----
f0 = 5000;
s = exp(-l*t).*sin(2*pi*f0*t).*(t>0);
figure
plot(t,s);
title('signal default')

FFT = transformee_fourier(s,Fe,t);
title('TF signal default')

%----- DEFAULT BAGUE EXTERNE -----
Fdbe = 480;
xe = SommeSignal(l,f0,t,Fdbe,Fe);
title('signal default bague externe')

FFT = transformee_fourier(xe,Fe,t);
title('TF signal default bague externe')
hold on
plot(f,Ss,'r');

%----- DEFAULT BAGUE INTERNE -----
Fdbi = 520;
Fa = 100;
xi = SommeSignal(l,f0,t,Fdbi,Fe).*(1+cos(2*pi*Fa*t));
title('signal default bague interne')
figure
plot(t,xi);
title('signal default bague interne modulé')

FFT = transformee_fourier(xe,Fe,t);
title('TF signal default bague interne')
hold on
plot(f,Ss,'r');
```

1.1.2. Code de la fonction SommeSignal

```
function y = SommeSignal(l,f0,t,Fdbe,Fe)
    nb_clac=numel(t)/Fe*(Fdbe-1);
    array = zeros(size(t));

    for i =0:nb_clac-1
        array = array + exp(-l*(t-(i/Fdbe))).*sin(2*pi*f0*(t-(i/Fdbe))).*((t-(i/Fdbe))>0);
    end

    y=array/nb_clac;%on divise par le nombre de clac pour normaliser l'energie à un clac
    figure
    plot(t,y);
end
```

Cette fonction permet de répéter dans le temps le signal vibratoire du passage d'une bille sur un écaillage du roulement à billes.

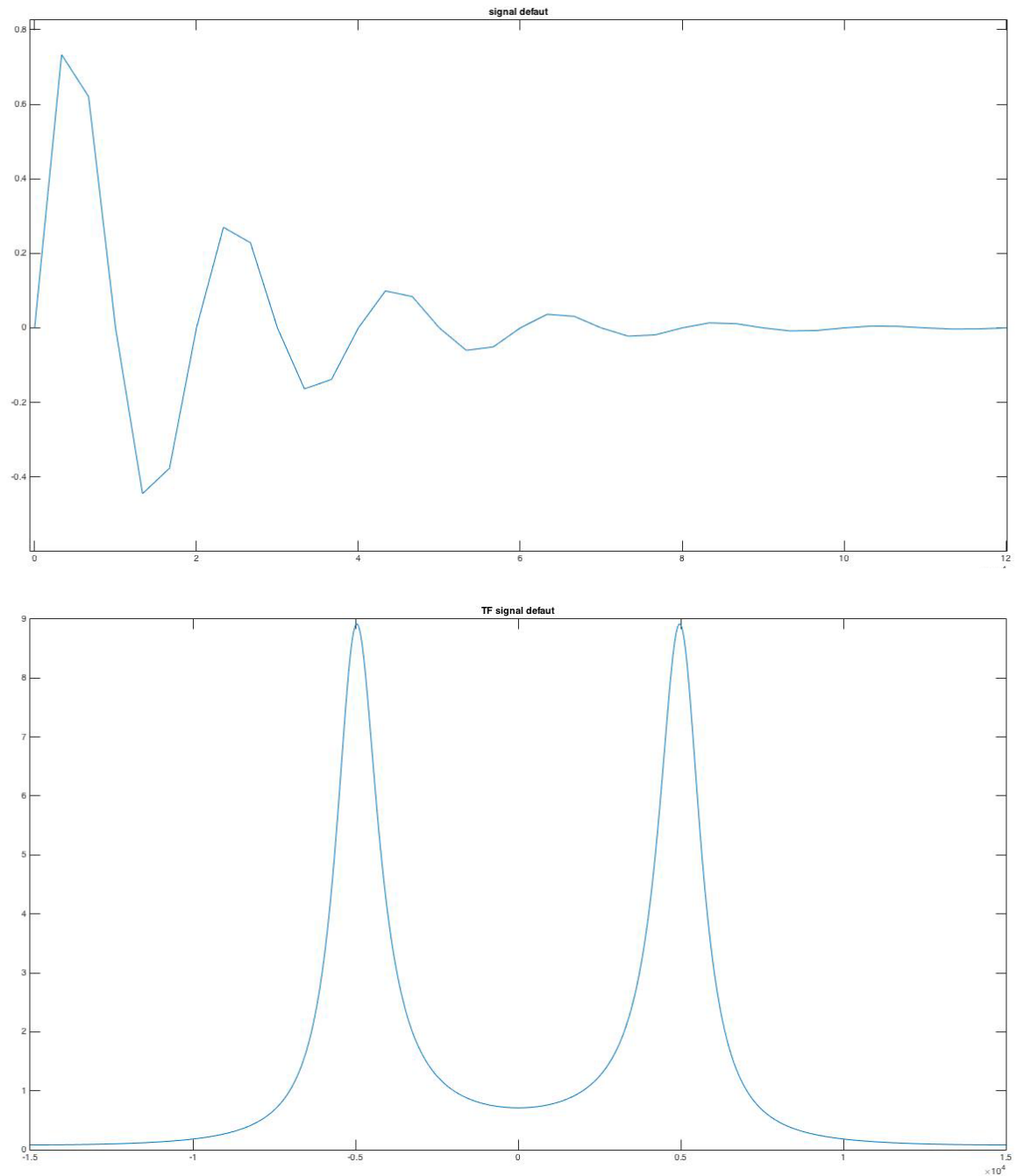
2. Signal vibratoire du passage d'une bille sur un écaillage

2.1. Équation du signal

Le signal du passage de la bille sur un écaillage se traduit par un signal vibratoire :

$$s(t) = e^{-\lambda \cdot t} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) \cdot U(T). \text{ Où } U(t) \text{ est la fonction échelon.}$$

2.2. Représentation temporelle et fréquentielle du signal



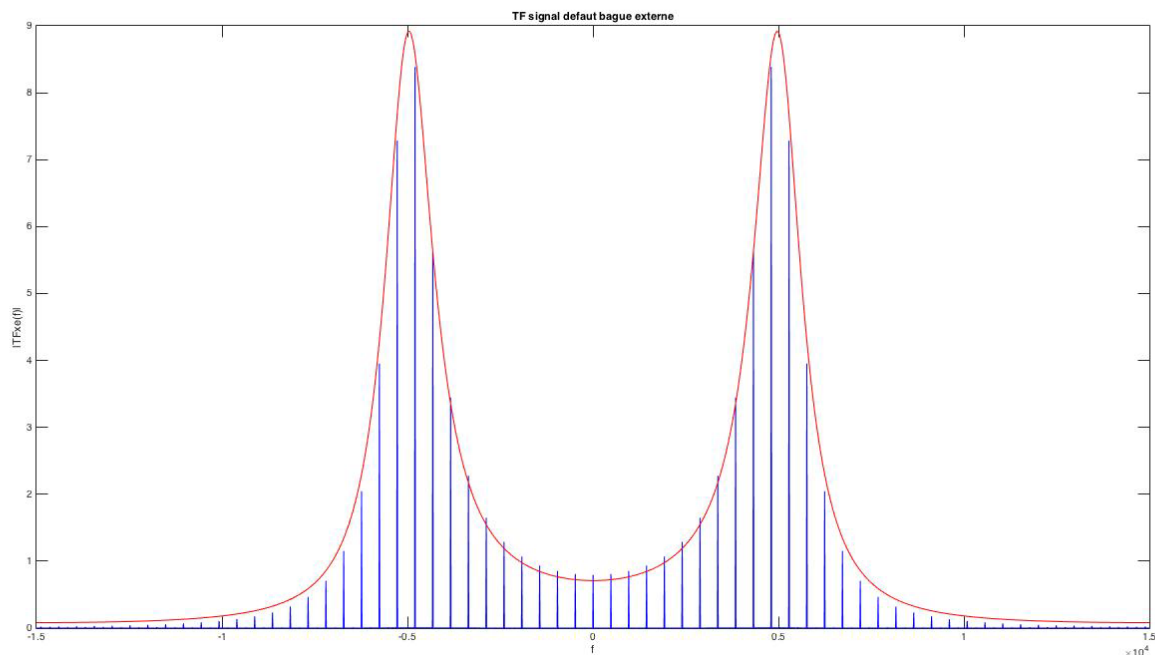
Pour cette simulation, nous avons généré le signal $s(t)$ avec une fréquence $f_0 = 5$ kHz et un λ égale à 5000. En effet, on remarque que les deux maximums se situent en $\pm f_0$ sur la représentation fréquentielle.

3. Etude d'un défaut sur la bague externe

3.1. Périodisation

Dans cette partie, on suppose que la bague externe est fixe et que la bague interne tourne. Le défaut sur la bague externe est donc à position constante et le signal $s(t)$ va se répéter à la fréquence F_{dbe} pour une fréquence de rotation de l'arbre constante (F_a). On aura alors : $X_e(f) = S(f) \cdot F_{dbe} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \delta(f - i \cdot F_{dbe})$ et nous pourrons donc observer un peigne de Dirac. La somme est réalisée par la fonction « SommeSignal » décrite à la page 2.

3.2. Représentation fréquentielle de ce signal



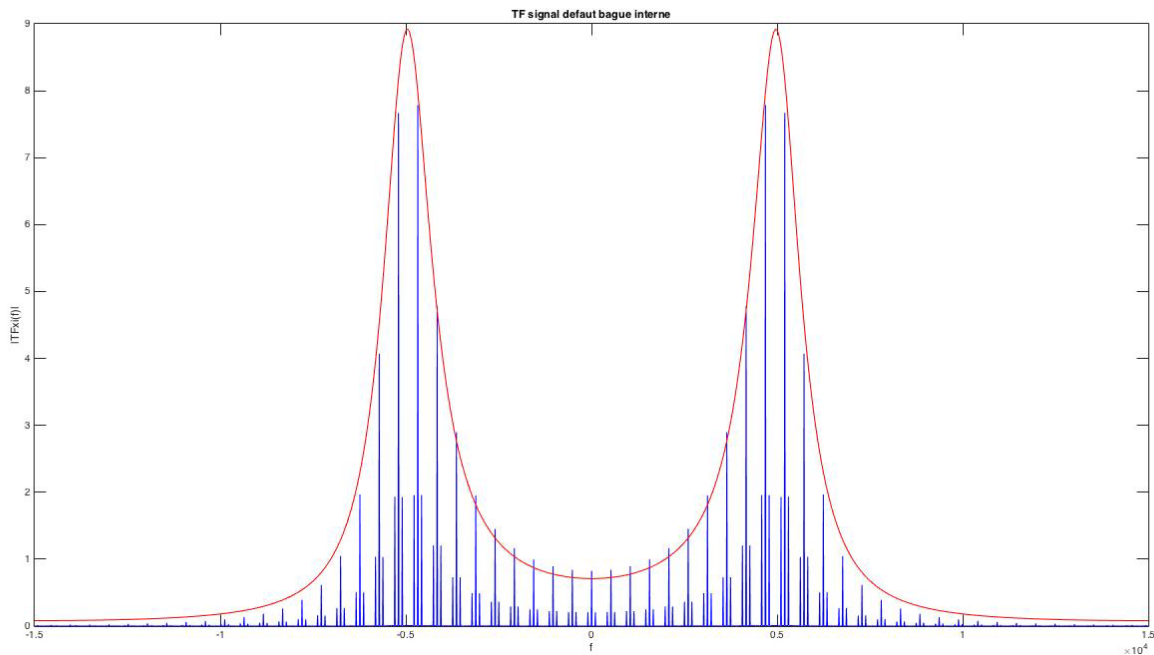
On observe un peigne de Dirac en bleu qui correspond à la transformée de Fourier du signal vibratoire précédent avec un défaut sur la bague externe et la transformée de Fourier du signal vibratoire d'une bille passant sur un écaillage en rouge.

4. Etude d'un défaut sur la bague interne

4.1. Périodisation et considération du poids

On suppose maintenant que le défaut est sur la bague interne qui est en mouvement. Lorsque le défaut est situé vers le bas, les billes passent sur lui en étant chargées par le poids de l'arbre. Le signal de défaut sera donc d'amplitude plus importante. En revanche, lorsque le défaut est situé vers le haut, le contact bille/défaut se fait sous une charge quasi nulle. Le signal $s(t)$ va donc se répéter à la fréquence F_{dbi} et son amplitude sera modulée par un terme périodique de fréquence fondamentale égale à la fréquence de rotation (F_a). On aura alors : $x_i(t) = \sum_{i=0}^{\infty} s\left(t - \frac{i}{F_{dbi}}\right) \cdot (1 \mp \cos(2 \cdot \pi \cdot F_a \cdot t))$

4.2. Représentation fréquentielle de ce signal



On observe à nouveau un peigne de Dirac en bleu avec des raies situées aux fréquences $k \cdot F_{dbi} \pm F_a$ qui correspond à la transformé de Fourier du signal vibratoire précédent avec un défaut sur la bague interne et la transformé de Fourier du signal vibratoire d'une bille passant sur un écaillage en rouge.

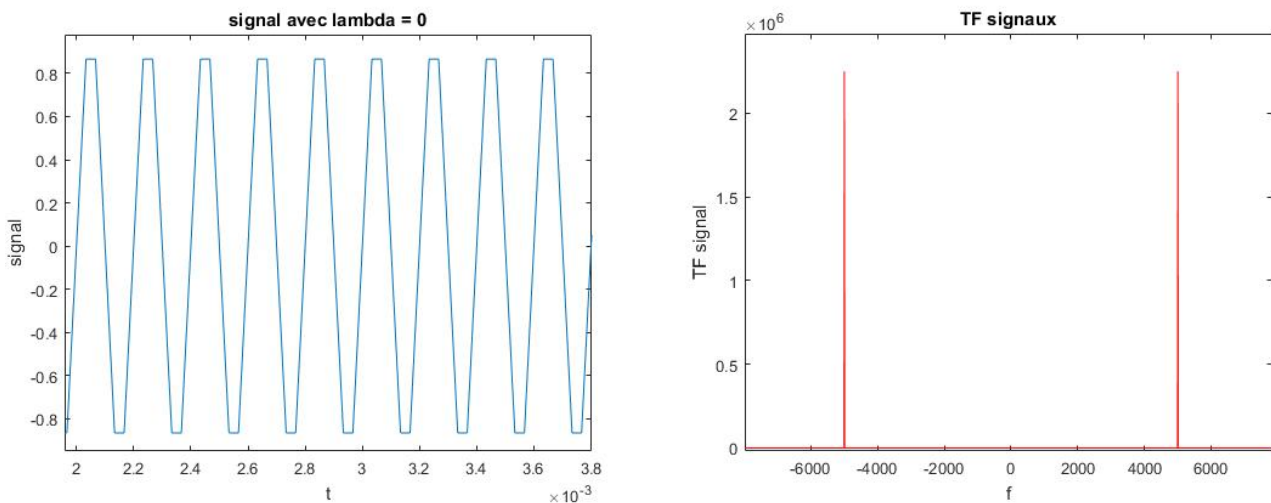
5. Modification des paramètres

Dans cette partie nous allons chercher à vérifier les conditions nécessaires sur les valeurs des paramètres. En td nous avons supposé une valeur strictement positive pour λ et $f_0 \gg F_d > F_a$, où f_0 est issu du signal vibratoire : $s(t) = e^{-\lambda \cdot t} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) \cdot U(T)$, F_d représente la fréquence du défaut et F_a la fréquence de rotation de l'arbre.

5.1. Modification de λ

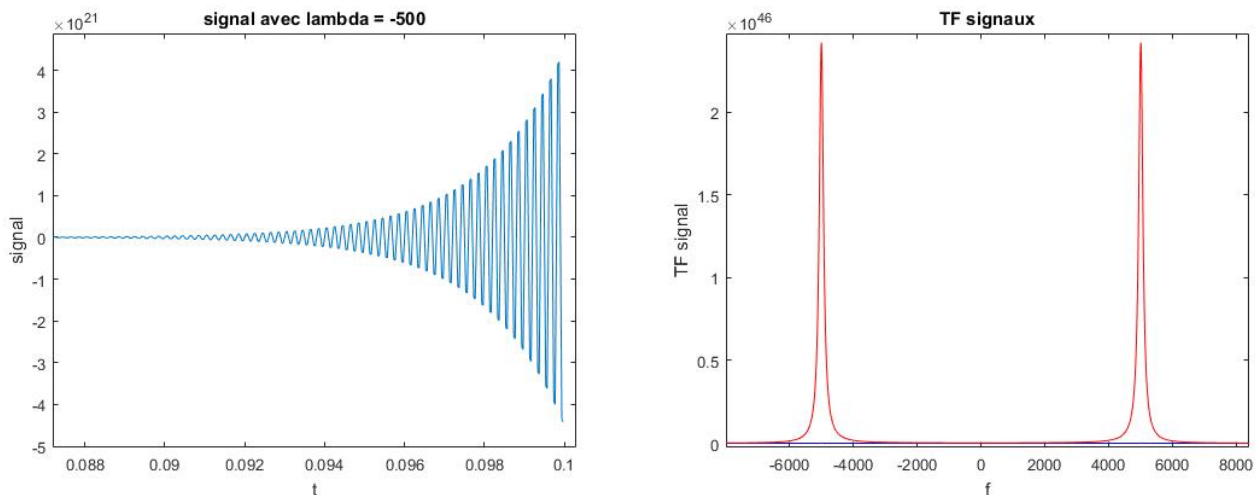
Nous avons donc modifié la valeur de λ afin de comprendre son influence sur les résultats obtenus.

5.1.1. $\lambda = 0$



Lorsque λ égal 0, le signal vibratoire $s(t) = \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) \cdot U(T)$, il est donc périodique. On constate deux impulsions de Dirac sur la représentation fréquentielle du signal (rouge), cependant la représentation fréquentielle du signal avec un défaut sur la bague externe n'est pas visible, ce qui rend le graphe inexploitable.

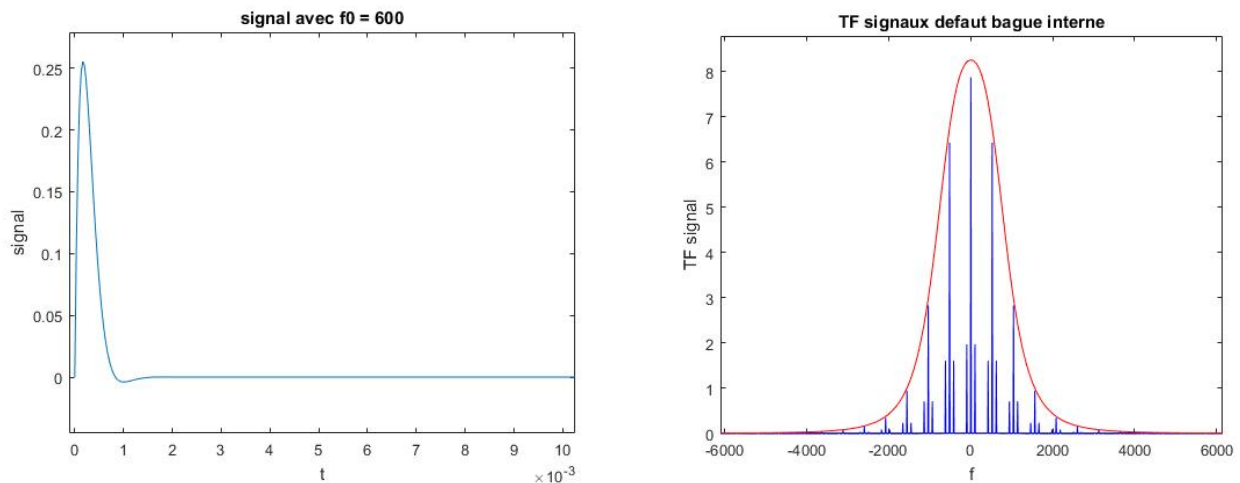
5.1.2. Lambda négatif



Lorsque λ est négatif, le signal $s(t)$ est croissant et tend vers l'infini, ses valeurs deviennent rapidement très grandes. On constate deux impulsions de Dirac sur la représentation fréquentielle du signal (rouge), cependant la représentation fréquentielle du signal avec un défaut sur la bague externe à une amplitude beaucoup plus faible, ce qui rend le graphe inexploitable.

5.2. Modification de f_0

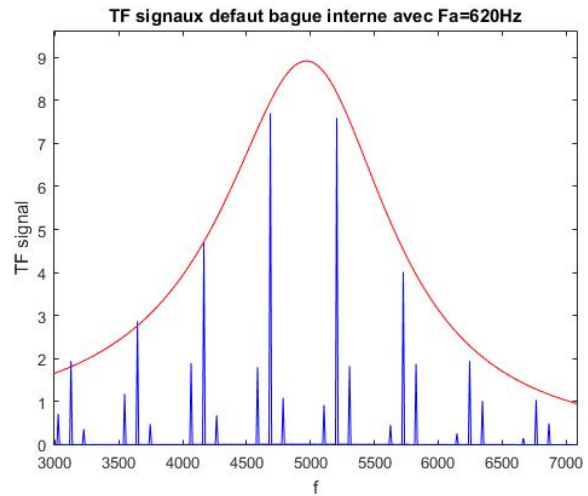
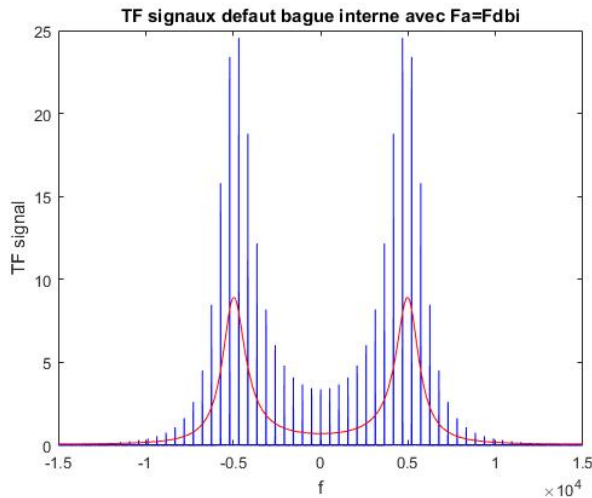
Nous avons modifié la valeur de f_0 pour comprendre l'importance de la relation $f_0 \gg F_d > F_a$. Nous avons choisi ici $f_0 = 600\text{Hz}$, nous obtenons la relation $f_0 > F_d > F_a$, avec f_0 , F_d , et F_a du même ordre de grandeur.



Nous obtenons un signal $s(t)$ avec un seul pic, ce qui entraîne donc une transformée de Fourier (courbe rouge) avec une seule impulsion de Dirac centrée en 0. Le graphe représentant les transformées de Fourier du signal $s(t)$ et du signal avec un défaut sur la bague externe ne permet pas de déterminer la fréquence f_0 , mais il permet de conclure quant au défaut, en effet on observe bien un peigne de Dirac en bleu avec des raies situées aux fréquences $k.F_{dbi} \pm F_a$, caractéristiques d'un défaut sur la bague interne.

5.3. Modification de F_a

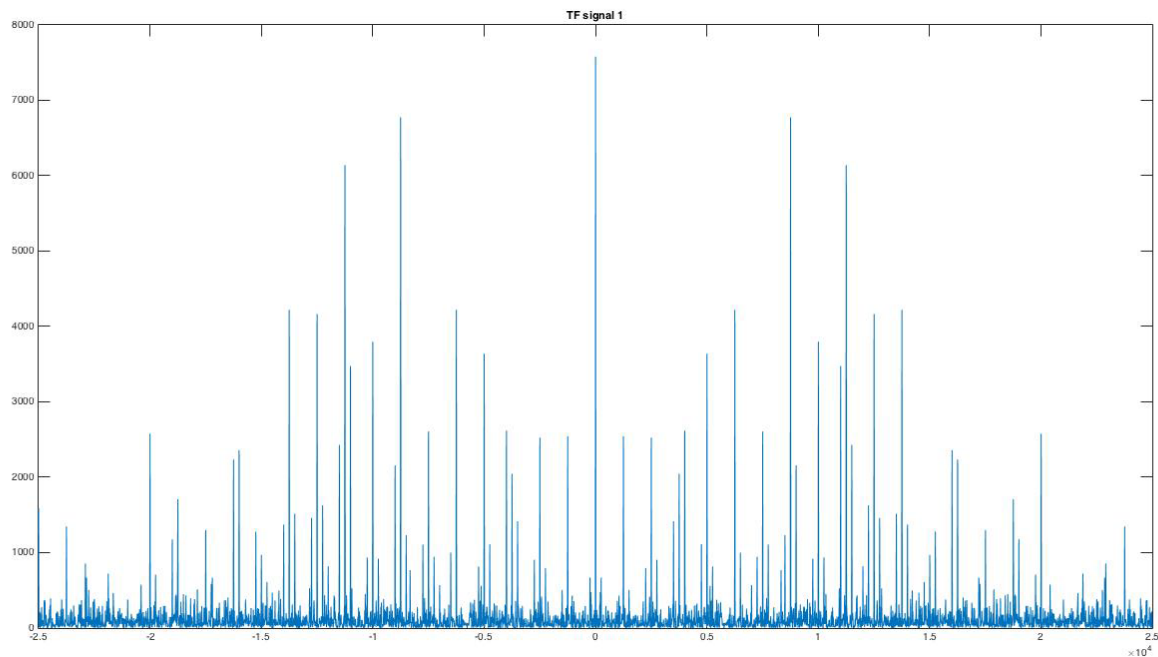
Nous avons également modifié la valeur de F_a pour comprendre l'importance de la relation $f_0 \gg F_d > F_a$. Nous avons choisi $F_a = F_{dbi}$ et $F_a = 620\text{Hz}$.



Nous pouvons donc observer que la fréquence F_a vérifie ce que nous avons observé auparavant, c'est-à-dire des raies situées aux fréquences $k.F_{dbi} \pm F_a$, caractéristiques d'un défaut sur la bague interne. Lorsque $F_a = F_{dbi}$, les raies se superposent avec celles issues de la fréquence de contact entre une bille et le défaut bague interne. Cette représentation graphique se rapproche de celle du défaut bague externe, ce qui rend l'interprétation difficile pour un signal inconnu. Lorsque $F_a = 620\text{Hz} > F_{dbi}$, nous constatons que les raies situées aux fréquences $k.F_{dbi} \pm F_a$ sont plus proches de $(k-1).F_{dbi}$ et $(k+1).F_{dbi}$ que de $k.F_{dbi}$, ce qui peut là aussi perturber l'interprétation d'un signal inconnu.

6. Analyse de signaux inconnus

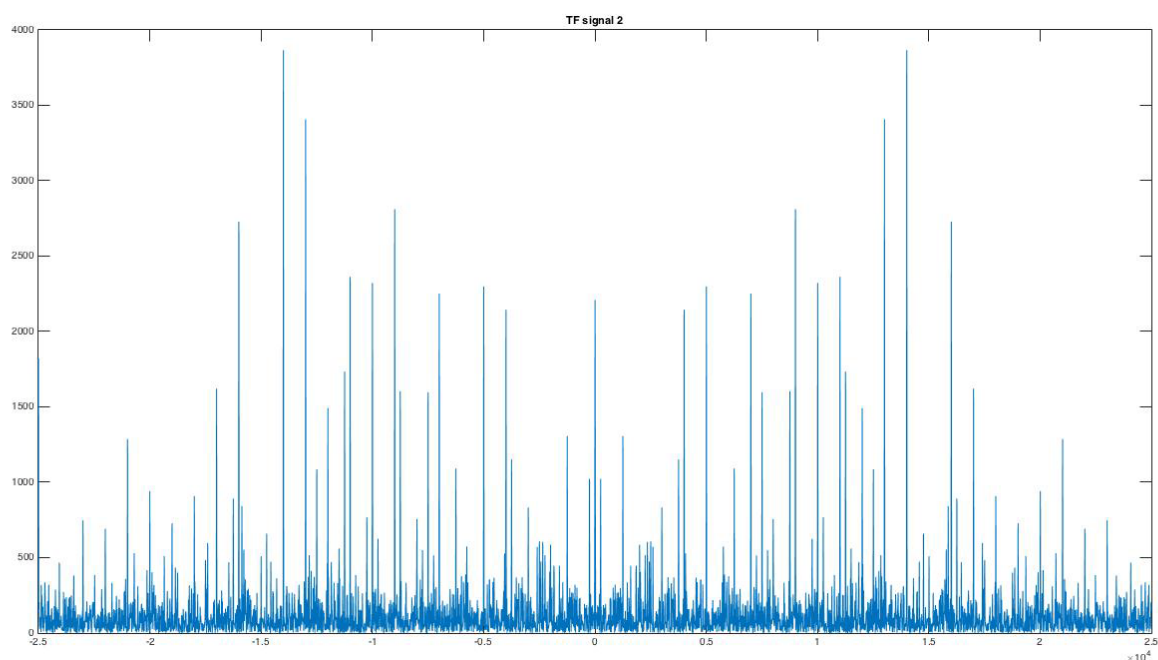
1.1. Signal 1



Sur le graphe de la transformée de Fourier du signal 1, nous constatons des impulsions de Dirac à intervalles réguliers ainsi que des raies d'amplitudes plus petites de chaque côté de ces impulsions, cela nous laisse penser que le signal représente un défaut sur la bague interne d'un roulement à bille.

On constate également une impulsion de Dirac de forte amplitude en $f=0$, nous pouvons donc penser que le signal est perturbé par un bruit ou que la relation $f_0 \gg F_d > F_a$ n'a pas été respecté et que f_0 est du même ordre de grandeur que la fréquence de contact entre une bille et le défaut (F_d).

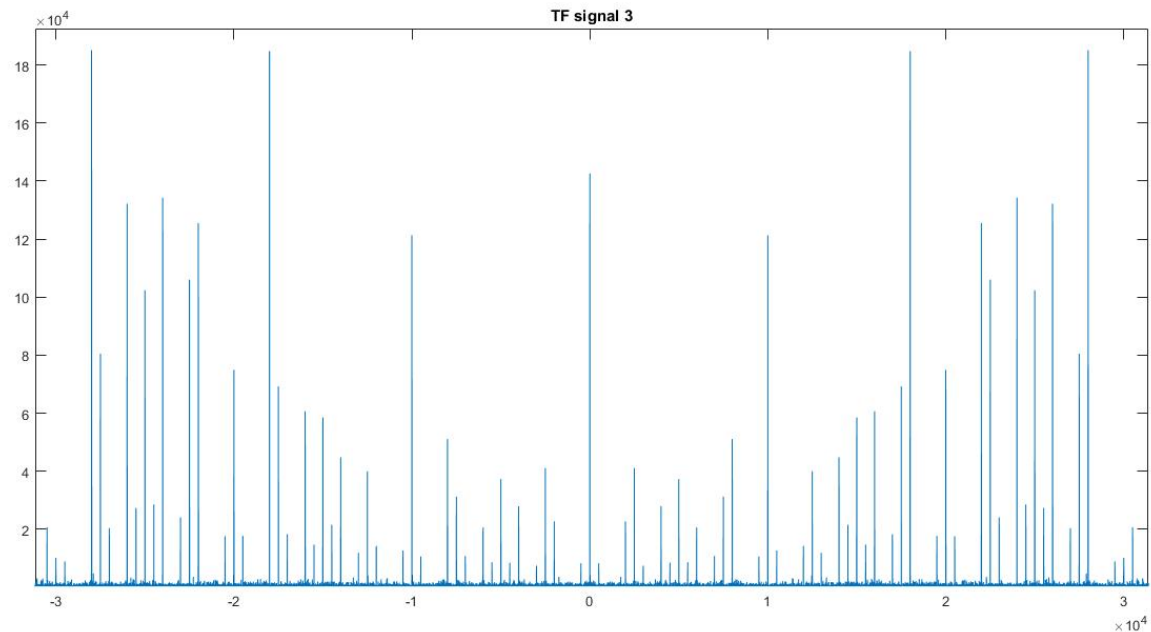
1.2. Signal 2



Sur le graphe de la transformée du signal 2, nous constatons des impulsions de Dirac à intervalles irréguliers. Il est donc difficile de savoir si le signal représente un signal vibratoire sans défaut ou un signal représentant un défaut perturbé par du bruit.

Nous remarquons que les deux plus importantes impulsions de Dirac se situent à -28 000 et 28 000, ce qui nous amène à dire que la fréquence d'un signal vaut 28 000 Hz dans cet exemple.

1.3. Signal 3



Sur le graphe de la transformée du signal 3, nous constatons des impulsions de Dirac à intervalles réguliers tous les 10 000 Hz, ainsi que des raies d'amplitudes plus petites de chaque côté de ces impulsions à plus et moins 500 Hz, ce qui nous laisse penser que le signal représente un défaut sur la bague interne d'un roulement à bille. Les perturbations engendrées par le bruit sont représentées par les autres impulsions de Dirac.

Nous constatons que le pic le plus important du signal représentant le défaut se situe à 0Hz, nous pouvons donc en déduire que f_0 est du même ordre de grandeur que la fréquence de contact entre une bille et le défaut.

Nous remarquons également une différence d'amplitude entre les raies autour de -30 000Hz et 30 000Hz, cela peut s'expliquer par la superposition de plusieurs raies à -30 500 et 30 500 Hz.

Conclusion

Après simulation pour des défauts interne et externe, nous avons constaté qu'il était possible de déterminer l'origine du défaut par observation de la représentation fréquentielle du signal vibratoire émit par le roulement à billes. En effet, pour un défaut sur la bague externe nous avons observé que la représentation fréquentielle était un peigne de Dirac simple, alors que pour un défaut sur la bague interne, nous observons un peigne de Dirac ainsi que des raies situées aux fréquences $k.F_{dbi} \pm F_a$. Lors de l'étude des signaux inconnus nous avons néanmoins rencontré des difficultés à déterminer le type de défaut du fait des perturbations engendrées par d'autres signaux diverses.