

IV.1 INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à la présentation du dispositif d'une expérience contenant des simulations pratique des défauts de roulements dans un moteur asynchrone. Ce plan d'expérience est réalisé pour différentes vitesses de rotations et d'une bande fréquentielles de [0 – 400Hz].

IV.2 PLAN EXPERIMENTALE ET MATERIEL UTILISE

IV.2.1 Banc d'essais et matériel de mesure

Le banc d'essais permet de simuler plusieurs défaillances sur le moteur asynchrone tels que les cassures de barres rotoriques, les défauts dans les roulements qui portent l'arbre moteur et autres. Ce banc d'essais est d'une conception très simple permettant le montage et le démontage rapide des rotors à testés. Les mesures ont été collectées sur le palier par un accéléromètre triaxial. Il est essentiellement composé d'un moteur asynchrone, un accouplement élastique, une transmission par courroie et un frein électromagnétique pour provoquer des charges sur le système mécanique, (voir Figure IV.1):

Moteur asynchrone Accouplement élastique Frein électromagnétique



Figure IV.1 : banc d'essai

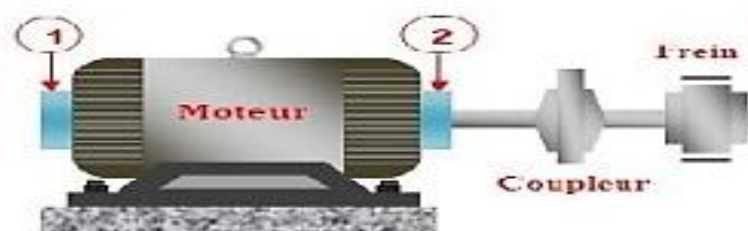


Figure IV.2 : schéma cinématique

1. Moteur asynchrone à cage
2. Frein électromagnétique
3. Accouplement élastique
4. Un accéléromètre triaxial piézo-électrique de type «4524-B-001» (Figure IV.3), dont la fixation se fait par la cire d'abeilles sur les paliers de roulements.



Figure IV.3 : accéléromètre triaxial

5. multi-analyses de PULSE, qui permet d'analyser et d'enregistrer en temps réel le bruit et les vibrations.



Figure IV.4 : multi-analyses de PULSE

IV.2.2 Caractéristiques du moteur asynchrone:

La machine asynchrone à cage d'écureuil utilisée pour les différents essais expérimentaux est une machine de 1,5KW accouplée à une charge (frein électromagnétique). Nous présentons dans les figures IV.5 et IV.6 respectivement le roulement avec défaut et le rotor sain.

Type moteur	Moteur asynchrone à cage
Puissance (KW)	1.5
Vitesse de rotation (tr/min)	1420
Type de palier	Roulement
Roulement coté accouplement	roulement rigide à billes
Roulement coté arrière	roulement rigide à billes
Type huile	lubrification par graisse
Nombre de pair de pole	2
Fréquence d'alimentation	50 Hz
COS φ	0.78
Courant In (A)	3.75
tension Un (v)	380

Tableau IV.1 : caractéristiques du moteur étudié (moteur asynchrone)



Figure IV.5 : défauts sur la bague extérieure



Figure IV.6: rotor sain.

IV.2.2.1 Caractéristique géométrique des roulements

Palier 01 roulement 6004 C3 (roulement rigide à bille) :

- diamètre extérieur du roulement : $D_{\text{ext}} = 35 \text{ mm}$
- diamètre intérieur du roulement : $D_{\text{int}} = 17 \text{ mm}$
- diamètre moyen du roulement : $D = 26 \text{ mm}$
- diamètre d'éléments roulants : $d = 4.76 \text{ mm}$
- nombre d'éléments roulants : $n = 10$
- nombre de rangées $\text{nbr} = 1$
- l'angle de contact $\alpha = 0^\circ$

Palier 02 roulement 6205 C3 (roulement rigide à billes) :

- diamètre extérieur du roulement : $D_{\text{ext}} = 52 \text{ mm}$
- diamètre intérieur du roulement : $D_{\text{int}} = 25 \text{ mm}$
- diamètre moyen du roulement : $D = 38,5 \text{ mm}$
- diamètre d'éléments roulants : $d = 7.94 \text{ mm}$
- nombre d'éléments roulants : $n = 9$
- nombre de rangées $\text{nbr} = 1$
- l'angle de contact $\alpha = 0^\circ$

IV.2.2.2 Technique de création des défauts

Afin de cerner la majorité des défauts de roulements qui induisent des chocs, différentes gravités ont été réalisées sur la bague extérieure du roulement du palier 02 type 6205 C3. Les défauts ont été provoqués sur la largeur du roulement (chemin de roulement) par des outils en diamant tournant à très grande vitesse pouvant atteindre 50000 tr/min. L'épaisseur très faible de certains outils permet d'accéder aux pistes extérieures sans abîmer la cage. La figure IV.7 montre une photo du matériel utilisé pour la création des défauts.



Figure IV 7: matériel utilisé pour la création des défauts

III.2.2.3 Calcule cinématique

a. Palier 01

La fréquence de courant	La fréquence de rotation	Les fréquences des défauts de roulement
$F_{crt}=25 \text{ HZ}$	$F_{rot} =$ $F_{crt}/2=12.5 \text{ HZ}$	Fréquence défaut bague intérieure : $BPFI = 73.94 \text{ HZ}$ Fréquence défaut bague extérieur : $BPFO = 51.06 \text{ HZ}$ Fréquence défaut d'élément roulant : $BPF = 32.99 \text{ HZ}$
$F_{crt}=35 \text{ HZ}$	$F_{rot} =$ $F_{crt}/2=17.5 \text{ HZ}$	Fréquence défaut bague intérieure : $BPFI = 103.52 \text{ HZ}$ Fréquence défaut bague extérieur : $BPFO = 71.48 \text{ HZ}$ Fréquence défaut d'élément roulants : $BPF = 46.19 \text{ HZ}$

Tableau IV.2 : Les fréquences des défauts du roulement du palier 01

b. Palier 02

La fréquence de courant	La fréquence de rotation	Les fréquences des défauts de roulement
$F_{crt}=25 \text{ HZ}$	$F_{rot} =$ $F_{crt}/2=12.5 \text{ HZ}$	Fréquence défaut bague intérieure : $BPFI = 67.85 \text{ HZ}$ Fréquence défaut bague extérieur : $BPFO = 44.65 \text{ HZ}$ Fréquence défaut élément roulants : $BPF = 29.02 \text{ HZ}$
$F_{crt}=35 \text{ HZ}$	$F_{rot} =$ $F_{crt}/2=17.5 \text{ HZ}$	Fréquence défaut bague intérieure : $BPFI = 94.99 \text{ HZ}$ Fréquence défaut bague extérieur : $BPFO = 62.51 \text{ HZ}$ Fréquence défaut élément roulants : $BPF = 40.62 \text{ HZ}$

Tableau IV. 3 : les fréquences des défauts de roulement du palier 02

IV.3 ANALYSE DES RESULTATS

IV.3.1 Pour le cas d'un moteur sain

IV.3.1.1 Moteur sain (sans défaut)

Sur les figures IV.8 à IV.11, sont présentés les signaux et les spectres de vibrations d'un moteur sain mesurés dans la bande de fréquence [0 – 400Hz], pour deux fréquences de rotation du moteur $f_r = 12.5\text{Hz}$ et $f_r = 17.5\text{Hz}$.

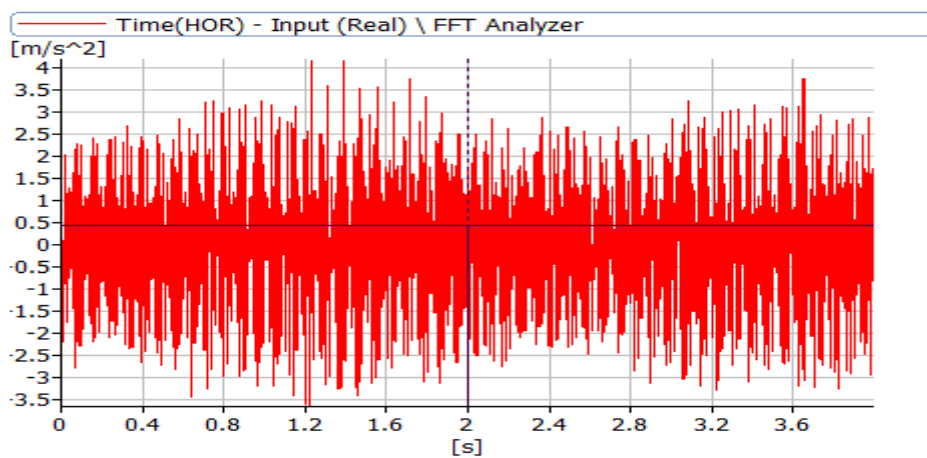


Figure IV.8: Signal sans défaut $f_r = 12.5\text{ Hz}$, Bande de fréquence [0-400Hz]

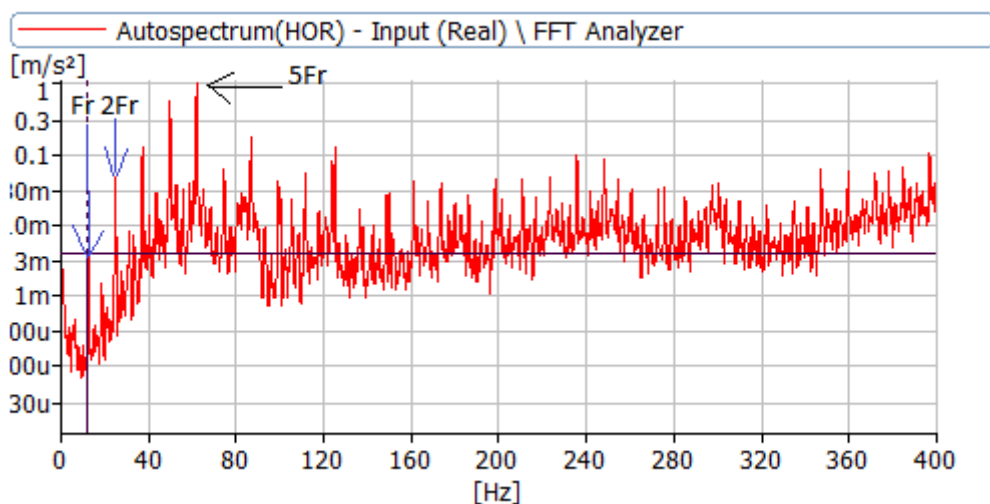


Figure IV .9: Spectre sans défaut pour $f_r = 12.5\text{ Hz}$, bande de fréquence [0-400 Hz]

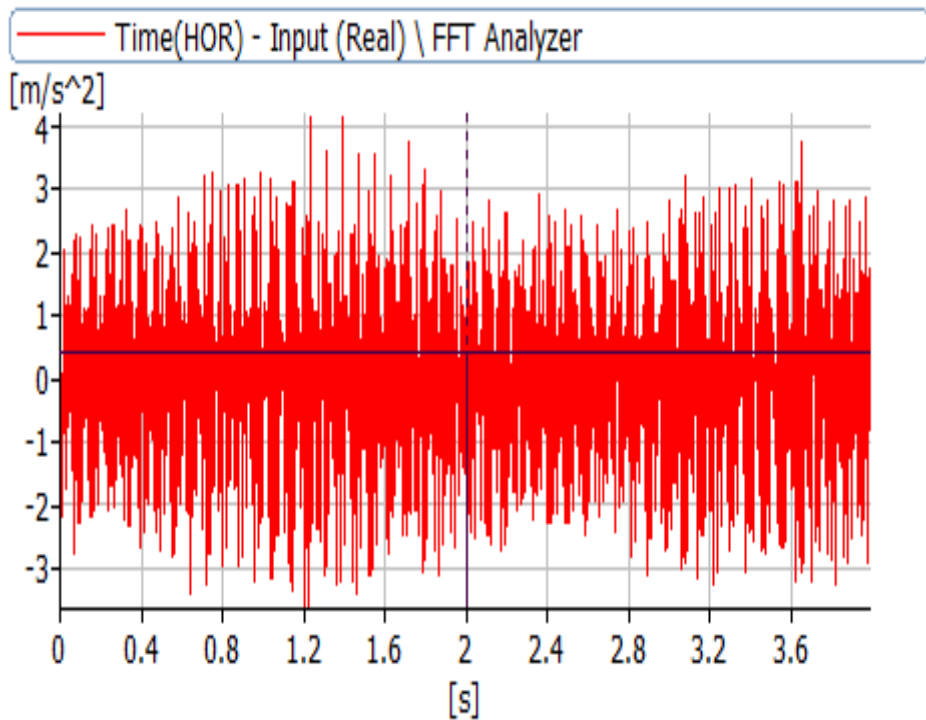


Figure IV.10: Signal sans défaut $Fr = 17.5$ Hz, Bande $[0-400Hz]$

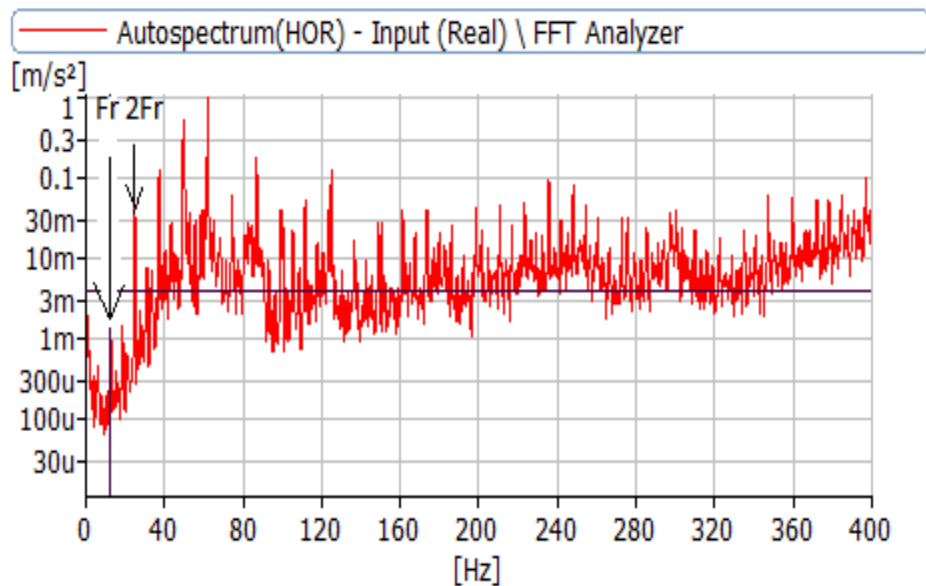


Figure IV.11: Spectre sans défaut $Fr=17.5Hz$, bande $[0-400$ Hz]

IV.3.1.2 Spectres et signaux mesurés sans présence de défaut de roulement (12.5 Hz)

Le spectre de la figure IV.9, montre l'apparition uniquement du pic de la fréquence de rotation à 12.5 Hz et ces harmoniques. On constate que les harmoniques ont des amplitudes supérieures à celle de la fréquence de rotation, ce qui s'explique par la présence d'un balourd. Une autre constatation sur le spectre c'est l'apparition des demi-harmoniques qui s'explique par la présence d'un défaut magnétique.

IV.3.1.3 Spectres et signaux mesurés sans présence de défaut de roulement (17.5 Hz)

De la même façon, le spectre de la figure IV.11, montre l'apparition uniquement du pic de la fréquence de rotation à 17.5 Hz et ces harmoniques. On constate que les harmoniques ont des amplitudes supérieures à celle de la fréquence de rotation, ce qui s'explique par la présence d'un balourd. Une autre constatation sur le spectre c'est l'apparition des demi-harmoniques qui s'explique par la présence d'un défaut magnétique.

IV.3.2 Pour le cas d'un moteur défectueux

Sur les figures suivant sont présentés les signaux, les spectres et le cepstre de vibrations d'un moteur endommagé la bande de fréquences [0-400HZ], sur lequel, on a percé volontairement la bague extérieure du roulement du palier 02. On constate l'apparition de pics de défaut de roulement, ces pics correspondent aux fréquences du défaut dans la bague extérieur de roulement donné par la relation mathématique

$$BPFO = 0.5 F_r n \left[1 - \left(\frac{d}{D} \cos \alpha \right) \right]$$

BPFO = 44.65 HZ pour fr = 12, 5 HZ

BPFO = 62.51 HZ pour fr = 17, 5 Hz

IV.3.2.1 Pour une fréquence de rotation fr = 12.5 Hz

Le spectre de la figure IV.13 montre l'apparition du pic de la fréquence de rotation à 12.5 Hz et ces harmoniques et l'apparition du pic de la fréquence de défaut du roulement BPFO = 44.65 HZ et ces harmonique.

Le cepstre de la figure IV.14 montre l'apparition du pic de la quefrencce de défaut du roulement à 1/BPFO = 0.022 s et ces harmoniques, ce qui s'explique par la présence d'un défaut dans la bague extérieur de roulement du palier 02.

Une autre constatation sur le spectre c'est l'apparition des demi-harmoniques qui s'explique par la présence d'un défaut magnétique.

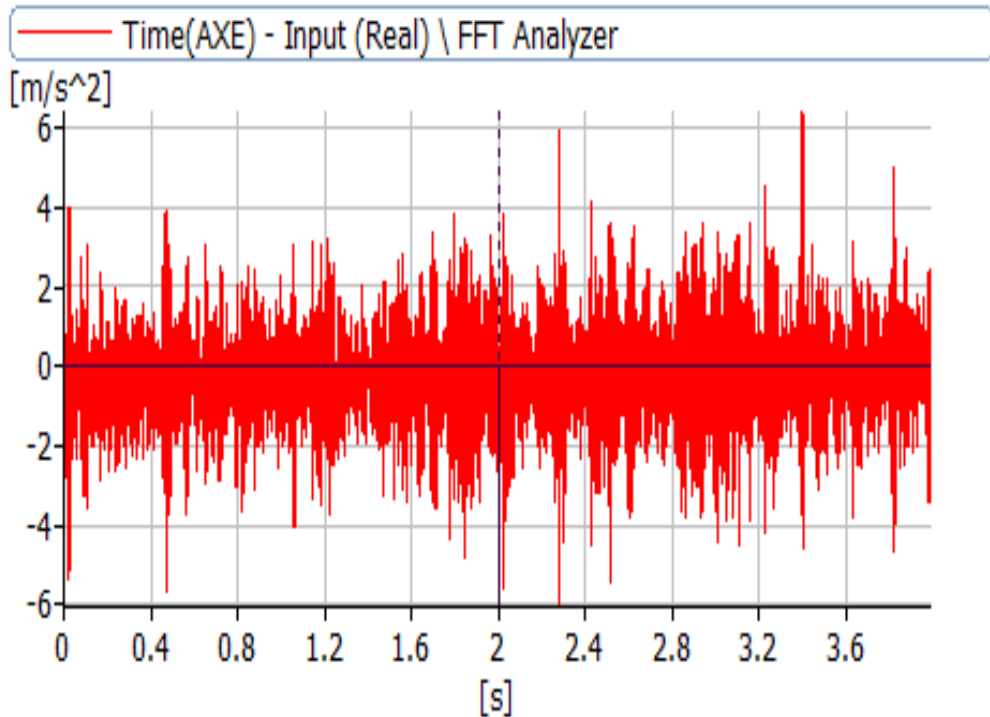


Figure IV. 12: Signal d'un défaut de BPFO pour $F_r = 12.5$ Hz, Bande [0-400Hz]

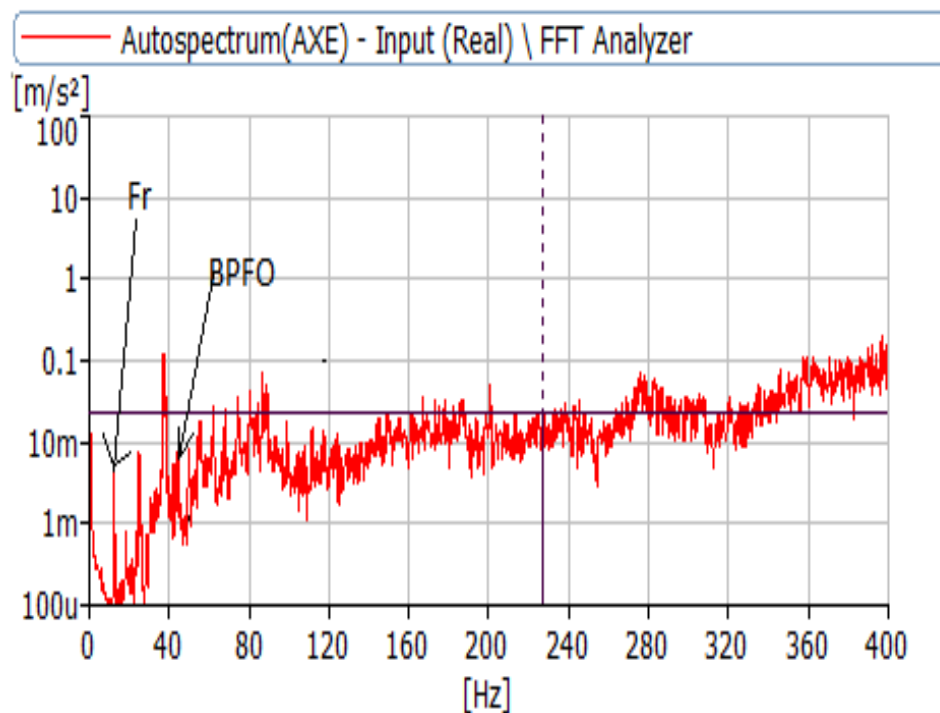


Figure IV.13 : Spectre d'un défaut de BPFO pour $F_r = 12.5$ Hz, Bande [0-400Hz]

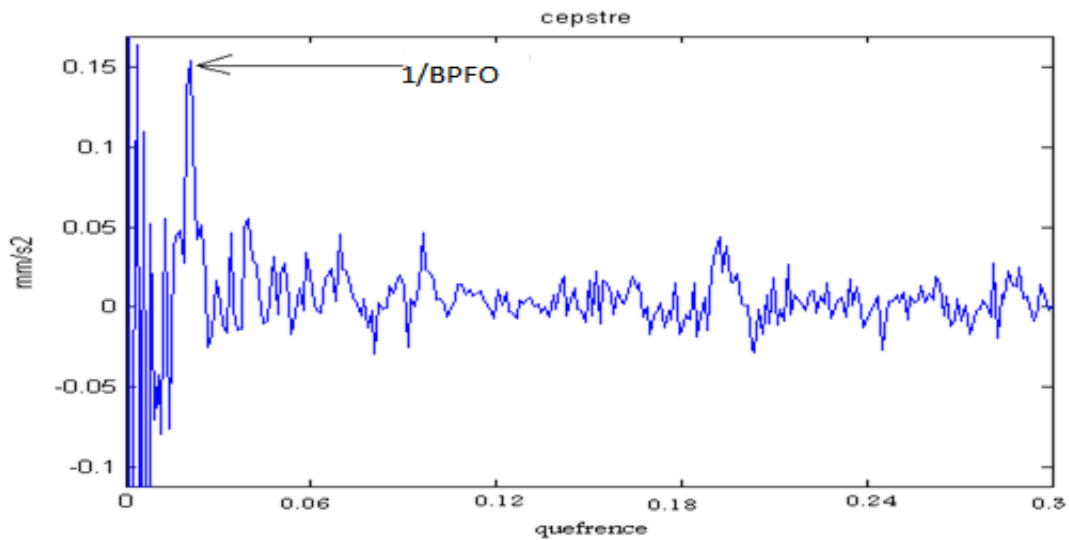


Figure IV.14 : cepstre d'un défaut de BPFO pour $Fr = 12.5$ Hz, Bande [0-400Hz]

IV.3.2.1 Pour une fréquence de rotation $fr = 17.5$ Hz

De la même façon, le spectre de la figure IV.16 montre l'apparition du pic de la fréquence de rotation à 17.5 Hz et ces harmoniques et l'apparition du pic de la fréquence de défaut du roulement BPFO=62.51 et ces harmonique.

Une autre constatation sur le spectre c'est l'apparition des demi-harmoniques qui s'explique par la présence d'un défaut magnétique.

Le cepstre de la figure IV.17 montre l'apparition du pic de la quefrency de défaut du roulement à $1/BPFO = 0.016$ s et ces harmoniques, ce qui s'explique par la présence d'un défaut dans la bague extérieure de roulement du palier 02.

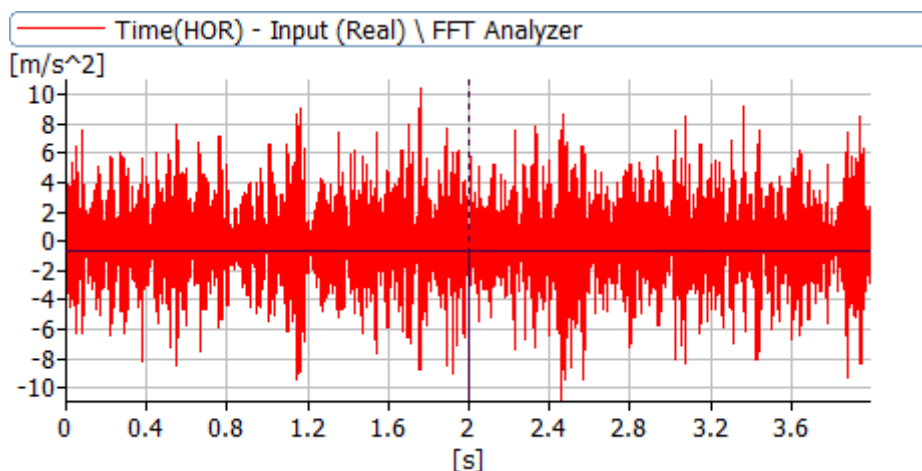


Figure IV.15 : signal d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz]

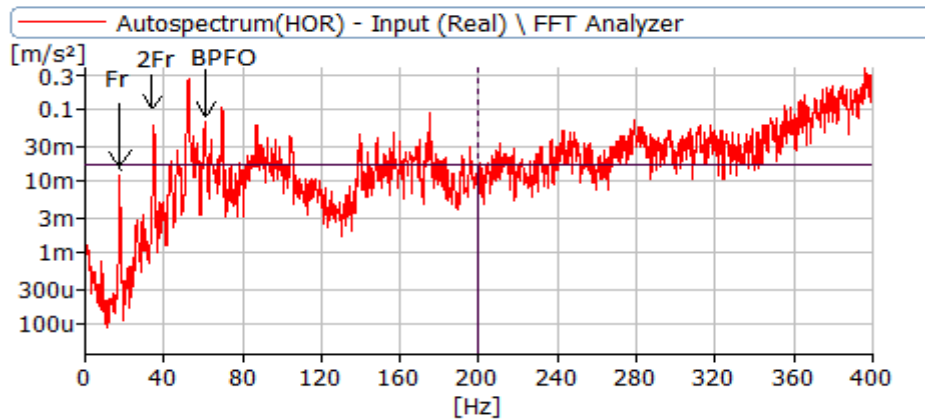


Figure IV.16 : spectre d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz]

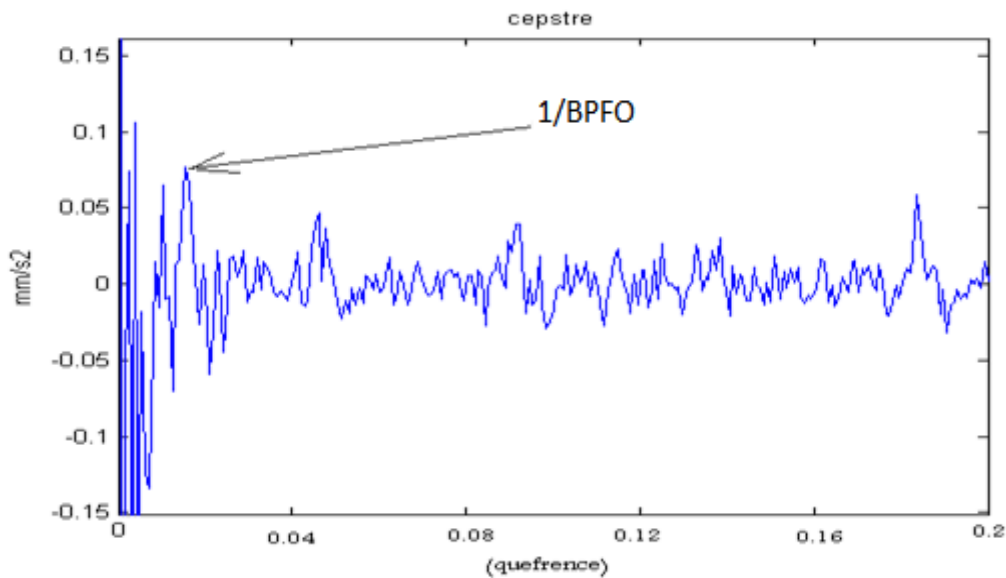


Figure IV.17 : cepstre d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz]

IV.4 CONCLUSION

Ce chapitre était destiné à la présentation des résultats expérimentaux réalisés sur des roulements sains et endommagés montés sur un banc d'essais adéquat. La première partie de ce chapitre concerne la présentation des détails de la campagne de mesures : caractéristiques des roulements utilisés, paramètres étudiés, montage conçu, ...etc.

La deuxième partie concerne la présentation des résultats expérimentaux. Pour le cas d'un roulement sans défaut, et avec défaut, les résultats confirment les seuils de détection définis par l'étude théorique dans le chapitre III.