

Liste des figures

Figure I.1 : représentation synthétique de la maintenance.....	5
Figure I.2 : organisation de la maintenance conditionnelle	6
Figure I.3 : exemple de la thermographie infrarouge.....	9
Figure I.4 : la chaine de mesure analogique.....	11
Figure I.5 : la chaine de mesure numérique.....	12
Figure II.1 : mouvement d'une masse suspendue à un ressort.....	14
Figure II.2 : nature d'une vibration.....	17
Figure II.3 : Importance des vibrations.....	17
Figure II.4 : capteurs de vibration.....	18
Figure II.5 : proximètres et leur driver.....	20
Figure II.6 : proximètre monté sur un palier.....	20
Figure II.7 : schéma de principe d'un vélocimètre.....	21
Figure II.8 : schéma de principe d'un accéléromètre.....	22
Figure II.9 : courbe de réponse d'un accéléromètre.....	22
Figure II.10 : fixation du capteur.....	23
Figure II.11 : choix directionnel pour la prise de mesure.....	23
Figure II.12 : direction pour poulies courroies.....	23
Figure II.13 : choix de l'emplacement du capteur.....	24
Figure II.14 : les surfaces de contact avec les capteurs doivent être lisses et planes.....	25
Figure II.15 : emplacement du capteur sur un palier inaccessible directement.....	25
Figure II.16 : réponse d'un accéléromètre en fonction de la fréquence.....	25
Figure II.17 : signaux vibratoires en mode déplacement, vitesse et accélération.....	28
Figure II.18 : exemple d'appareil de mesure.....	28
Figure II.19 : courbe de tendance.....	30
Figure II.20 : A tendance. B extrapolée.....	30
Figure II.21 : exemple de limites vibratoires proposées par les normes AFNOR E 90-300....	31
Figure II.22 : moto-soufflante.....	33
Figure II.23 : signal vibratoire sinusoïdal	35
Figure II.24 : signal vibratoire complexe.....	35
Figure II.25 : signal périodique complexe.....	35
Figure II.26 : Décomposition en série de Fourier de la fonction $F(t)$	35
Figure II.27 : Spectre correspondant à la fonction $F(t)$	36
Figure II.28 : Signal temporel et transformation.....	36

Figure II.29 : Exemple de spectre.....	37
Figure II.30 : Représentation en échelle linéaire et en échelle logarithmique de l'amplitude d'un signal vibratoire.....	38
Figure II.31 : Signal sinusoïdal pur et spectre correspondant.....	39
Figure II.32 : Signal de type choc et spectre correspondant.....	39
Figure II.33 : Spectre correspondant à une modulation d'amplitude.....	40
Figure II.34 : spectre d'un choc du à une usure d'accouplement et le cepstre correspondant...	41
Figure III.1 : Exemples de défauts induisant un balourd.....	42
Figure III.2 : points de mesure pour un défaut de balourd.....	43
Figure III.3 : points de mesure pour un défaut de balourd sur rotor en porte-à-faux.....	43
Figure III.4 : signal généré par un balourd.....	43
Figure III.5 : spectre d'un défaut de balourd.....	43
Figure III.6 : balourd statique.....	44
Figure III.7 : balourd dynamique.....	44
Figure III.8 : défauts d'alignement d'arbres.....	45
Figure III.9 : signal temporel d'un défaut d'alignement.....	45
Figure III.10 : image vibratoire d'un défaut d'alignement radial.....	45
Figure III.11 : images vibratoires d'un défaut d'alignement angulaire.....	46
Figure III.12 : désalignement de paliers se traduisant par une flexion de l'arbre.....	46
Figure III.13 : défaut d'usure d'accouplement.....	47
Figure III.14 : défaut de courroie.....	48
Figure III.15 : direction de mesure favorisée pour transmission par poulies courroies.....	48
Figure III.16 : spectre réel d'un défaut de transmission par courroies.....	49
Figure III.17 : différents types d'engrenage.....	50
Figure III.18 : efforts sur les dents d'engrenage selon le type de denture.....	51
Figure III.19 : image vibratoire d'un engrenage sain.....	51
Figure III.20 : image vibratoire théorique d'un engrenage présentant une dent détériorée.....	52
Figure III.21 : image vibratoire théorique d'une denture.....	53
Figure III.22 : image théorique et spectre réel d'un engrènement en fond de denture sur un réducteur (La fréquence d'engrènement calculée est $F_e = 249,48$ Hz).....	53
Figure III.23 : image vibratoire théorique d'un engrenage présentant une dent détériorée.....	54
Figure III.24 : exemples de défauts d'engrènement.....	55
Figure III.25 : image théorique de la modulation d'amplitude de F_e par F_r	55
Figure III.26 : caractéristiques géométriques d'un roulement.....	55
Figure III.27 : exemple de bases de données de défauts de roulements.....	57

Figure III.28 : image vibratoire théorique d'un défaut de type écaillage sur bague extérieure.	58
Figure III.29 : image vibratoire théorique d'un défaut de type écaillage sur bague intérieure.	58
Figure III.30 : image vibratoires d'un défaut de type écaillage sur un élément roulant.....	59
Figure III.31 : défaut de déversement des bagues d'un roulement.....	59
Figure III.32 : image vibratoires théorique d'un défaut de type déversement de bague.....	59
Figure III.33 : evolution du facteur de crête aux différents stades de dégradation du roulement..	61
Figure III.34 : evolution du Kurtosis aux différents stades de dégradation du roulement.....	62
Figure IV.1 : banc d'essai.....	63
Figure IV.2 : schéma cinématique.....	63
Figure IV.3 : accéléromètre triaxial.....	64
Figure IV.4 : multi-analyses de PULSE.....	64
Figure IV.5 : défauts sur la bague extérieure.....	65
Figure IV.6 : rotor sain.....	67
Figure IV.7 : matériel utilisé pour la création des défauts.....	67
Figure IV.8 : signal sans défaut $F_r=12.5$ Hz, Bande de fréquence [0-400Hz].....	68
Figure IV.9 : spectre sans défaut pour $F_r=12.5$ Hz, bande de fréquence [0-400 Hz].....	68
Figure IV.10 : signal sans défaut $F_r = 17.5$ Hz, Bande [0-400Hz].....	69
Figure IV.11 : spectre sans défaut $F_r=17.5$ Hz, bande [0-400 Hz].....	69
Figure IV.12 : signal d'un défaut de BPFO pour $F_r = 12.25$ Hz, Bande [0-400Hz].....	71
Figure IV.13 : spectre d'un défaut de BPFO pour $F_r = 12.25$ Hz, Bande [0-400Hz].....	71
Figure IV.14 : cepstre d'un défaut de BPFO pour $F_r = 12.5$ Hz, Bande [0-400Hz].....	72
Figure IV.15 : signal d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz].....	72
Figure IV.16 : spectre d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz].....	73
Figure IV. 17 : cepstre d'un défaut de BPFO, Bande de fréquence [0-400Hz].....	73

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Domaine de surveillance des indicateurs vibratoires.....	27
Tableau II.2 : Seuils d'accélération.....	32
Tableau IV.1 : Caractéristiques du moteur étudié (moteur asynchrone).....	65
Tableau IV.2 : les fréquences des défauts du roulement du palier 01.....	67
Tableau IV. 3 : les fréquences des défauts de roulement du palier 02.....	67