

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

THEME

Détection De défaut d'une Pompe à Eau De Mer (CWP) a Cap-Djinet
en utilisant l'apprentissage automatique

Présenté par :

Lemou Aghilas

Abdellaoui Oussama

Promoteur :

M^r. Fawzi Gougam

Promotion 2021- 2022

Remerciement

Nous remercions avant tout « **ALLAH** » de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude. Nous remercions également **NOS FAMILLES** pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.

Nous remercions également notre promoteur **D^r GOUGAM Fawzi** pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils et sa disponibilité.

Nous tenons également à adresser nos remerciements à notre encadreur **M^R MALKI Mouhamed** qui nous a accordé son soutien, son aide indéfectible et surtout sa patience et sa gentillesse.

Ainsi, nous remercions **M^r Moussa Hammoudi** qui nous a aidé par son expérience et ses compétences, et à tous les ingénieurs et les techniciens de la centrale **CC Ras-Djinet**.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du personnel de la centrale de Cap djinet de Boumerdès et particulièrement les membres du département exploitation

Nous adressons de chaleureux remerciements à tous les enseignants et les travailleurs de l'UMBB.

Nous remercions également les membres de jurys pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions aussi tous nos amis pour leur aide, leur patience, leur compréhension et leur encouragement.

Nous tenons à remercier toute personne qui nous a encouragées de près ou de loin.

DÉDICACE

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie cet humble travail : à ceux qui je ne pourrais jamais à leur exprimer mon amour sincère, quelles que soient les conditions.

✦ *À mon cher père* ✦

Ma précieuse offre de Dieu, l'homme à qui je dois la vie, le succès et tout mon respect.

✦ *À mon adorable mère* ✦

La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit « non » à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux.

Mes Parents, mes deux perles précieuses, qui m'ont doté d'une éducation digne, qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard. Leur amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Dieu vous garde pour nous.

✦ *À mes chères sœurs* ✦

Qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Elles m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours. Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout beaucoup de réussite.

✦ *À mes grands-mères* ✦

✦ *À mes oncles et mes tantes* ✦

Que Dieu leurs donne une longue et joyeuse vie.

✦ *À tous les cousins, les voisins et les amis* ✦

Merci pour leurs amours, leurs encouragements et leurs aides et supports dans les moments difficiles.

✦ *À mon binôme* ✦

Pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet et je le souhaite plus de succès.

✦ *À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment* ✦

MERCI !

Aghilas LEMOU

Dédicace

Je dédie cet événement marquant de ma vie : à la mémoire de **mon père** disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

À ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

À mes frères, mes sœurs

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

À tous ceux que j'aime.

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

Son oublier mon binôme pour son entente et sa sympathie.

Merci !

Oussama ABDELLAOUI

Liste Des Tableaux

Chapitre I :

Tableau I .1 : Paramètres de fonctionnement

Tableau I .2 : Les paramètres de turbine à gaz type - SGT5-4000F

Tableau I .3 : Les conditions de référence de turbine à gaz type - SGT5-4000F

Tableau I .4 : Paramètre du Compresseur d'air

Tableau I .5 : Les paramètres de récepteur d'air principal.

Tableau I .6 : Les paramètres pompes d'eau d'alimentation de chaudière

Tableau I .7 : Les paramètres d'éjecteurs d'air de jet de vapeur.

Tableau I .8 : Les paramètres de chaudière.

Tableau I .9 : Paramètre échangeur de chaleur à eau de refroidissement fermé (Type de plaque).

Tableau I .10 : le paramètre de réservoir de stockage d'eau dessalée.

Tableau I .11 : Les paramètres de réservoirs de stockage de mazout

Tableau I .12 : Les paramètres de réservoir de stockage d'eau.

Chapitre II :

Tableau II.1 : Ce tableau signifie les nécessaires caractéristiques de la pompe CWP

Tableau II .2 : le tableau représente la performance de la pompe CWP

Tableau II .3 : les spécifications du moteur

Tableau II .4 : Données de performance du moteur

Liste Des Tableaux

Chapitre III :

Tableau III .1 : Techniques d'analyse de l'état d'une machine tournante.

Tableau III .2 : Jeu de conception de la pompe à eau en circulation

Tableau III .3 : Tableau de dépannage

Tableau III.4 : Le détail de "THREE BOND 1104".

Tableau III.5 : Couple de serrage (kgf-m) avec lubrifiants par apport à la Taille de Boulon (mm)

Tableau III.6 : Niveau de référence standard

Tableau III.7 : Choix des grandeurs de mesure de vibration

Tableau III.8 : Les unités de vibration

Tableau III.9 : Reconnaissance des principales anomalies

Chapitre IV :

Tableau IV.1 : Représentation des résultats du training et testing du modèle **Lever berg-Marquard** pour 5 essais.

Tableau IV.2 : Représentation des résultats du training et testing du modèle **Bayesian Regularization** pour 5 essais.

Tableau IV.3 : Représentation des résultats du training et testing du modèle **Scaled Conjugate Gradient** pour 5 essais.

Tableau IV.4 : la valeur de **STD** et **MEAN** pour le testing et le training de chaque modèle.

Liste Des Figures

Chapitre I :

Figure I.1 : Turbine à Vapeur

Figure I.2 : Turbine à Gaz

Figure I.3 : Centrale à Cycle Combiné

Figure I.4 : Le fonctionnement d'une centrale thermique à cycle combiné gaz

Figure I.5 : La centrale thermique de Ras-Djanet cycle combiné

Figure I.6 : La localisation de la centrale de Ras-Djanet sur « MAP »

Figure I.7 : Turbine à gaz type - SGT5-4000F

Figure I.8 : Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)

Figure I.9 : Turbine à vapeur.

Figure I.10 : L'embrayage

Figure I.11 : Déshumidification station de pompage et traitement d'eau

Figure I.12 : Système d'hypochlorite

Figure I.13 : Une station de dessalement

Chapitre II :

Figure II.1 : Station De Pompage RDJ2

Figure II.2 : Classification Des Pompes

Figure II.3 : La pompe CWP Avant Le Montage

Liste Des Figures

Figure II.4 : Cloche d'aspiration ASTM 890 CD4MCuN

Figure II.5 : Cuvette de décharge ASTM A890 CD4MCuN

Figure II.6 : Tuyaux de colonne ASTM A240 S31803

Figure II.7 : Colonne de support ASTM A240 S31803

Figure II.8 : Une Tête de décharge

Figure II.9 : Une Socle Du Moteur

Figure II.10 : La roue à type ouvert

Figure II.11 : Manchon D'accouplement

Figure II.12 : Un Palier de butée

Figure II.13 : Joint De Dilatation

Figure II.14 : L'Indicateur De Pression

Figure II.15 : Courbe de performance de la pompe CWP

Figure II.16 : Courbe de performance de la pompe CWP

Chapitre III :

Figure III.1 : Organigramme de la politique de maintenance

Figure III.2 : Schéma de la maintenance corrective

Figure III.3 : L'organigramme des Niveaux de la Maintenance

Figure III.4 : Pourcentage des déférents paramètres mesurés à la maintenance conditionnelle

Figure III.5 : Mesurage et enregistrement des diamètres extérieurs et diamètres intérieurs des pièces coulissantes

Figure III.6 : Le jeu diamétral

Liste Des Figures

Figure III.7.A : l'emballage du presse-étoupe

Figure III.7.B : l'insertion du presse-étoupe

Figure III.8 : Extraction de l'accouplement d'engrenage de l'arbre

Figure III.9 : Démontage d'accouplement du manchon à l'aide d'un outil spécial

Figure III.10 : L'état de précaution de démontage

Figure III.11 : L'anneau en caoutchouc

Figure III.12 : Dessin d'installation de centrage du moteur de la pompe CWP

Figure III.13 : Dessin explicatif du jeu axial lors de l'installation du CWP

Figure III.14 : l'explication schématique de la préservation du jeu axial dans leur conformement

Figure III.15 : Dessin explicatif de la méthode alternative

Figure III.16 : Alignement de l'accouplement

Figure III.17 : Schéma d'emplacement des boulons

Figure III.18 : L'élargissement du diamètre intérieur du manchon

Figure III.19 : L'anneau de roue

Figure III.20 : Bague d'enveloppement

Figure III.21 : Dessin explicatif de paragraphe ©

Figure III.22 : Analyse vibratoire

Figure III.23 : Vibration harmonique

Figure III.24 : Vibration Périodique

Figure III.25 : Vibrations Apériodiques

Figure III.26 : La classification des signaux

Figure III.27 : Signal sinusoïdal modulée (a) en amplitude ;(b) en fréquence

Figure III.28.A : Spectre d'amplitude

Figure III.28.B : Spectre de phase

Figure III.29 : Différence entre représentation spectrale linéaire et logarithmique (en amplitude)

Figure III.30 : Représentation vectorielle

Liste Des Figures

- Figure III.31** : Valeur de crête et valeur efficace d'un signal harmonique
- Figure III.32** : Mesure de la phase
- Figure III.33** : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) d'un signal harmonique
- Figure III.34** : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) de vitesse vibratoire
- Figure III.35** : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) de l'accélération
- Figure III.36** : Les grandeurs de mesure
- Figure III.37** : Mise en place des capteurs de déplacement sur le palier d'une Turbomachine
- Figure III.38** : Mesure les déplacements axiaux
- Figure III.39** : Capteur vibration [24]
- Figure III.40** : Principe du capteur inductif à courants de Foucault
- Figure III.41** : Capteur de déplacement [23]
- Figure III.42** : Schéma de principe d'une vélocimétrie
- Figure III.43** : Accéléromètre fonctionnant sur le principe piézo-électrique
- Figure III.44** : Comparaison des plages fréquences des trois types de capteur
- Figure III.45** : Emplacement des accéléromètres
- Figure III.46** : Emplacement des capteurs de proximité [20]
- Figure III.47** : Vibrations absolues de paliers et d'arbre, et relatives d'arbre
- Figure III.48** : Mauvais alignement angulaire
- Figure III.49** : Spectre résultant d'un désalignement angulaire
- Figure III.50** : Mauvais alignement parallèle
- Figure III.51** : Spectre résultant d'un désalignement parallèle
- Figure III.52** : Combinaison de mauvais alignement angulaire et parallèle
- Figure III.53** : Spectre résultant de désalignement angulaire et parallèle
- Figure III.54** : Défaut d'usure d'accouplement
- Figure III.55** : Paliers hydrodynamiques
- Figure III.56** : Phénomène Tourbillonnement d'huile
- Figure III.57** : Spectre de tourbillonnement d'huile
- Figure III.58** : Phénomène de Fouettement d'huile
- Figure III.59** : Image vibratoire du phénomène de turbulence
- Figure III.60** : Spectre vibratoire d'un palier en absence et en présence de cavitation
- Figure III.61** : Représentation du balourd
- Figure III.62** : Exemple de balourd

Liste Des Figures

Figure III.63 : Balourd statique

Figure III.64 : Balourd couple

Figure III.65 : Balourd dynamique

Figure III.66 : Evolution brutale de la vibration du balourd

Chapitre IV :

Figure IV.1 : Les différentes zones de cognitives.

Figure IV.2 : Les domaines de l'intelligence artificielle

Figure IV.3 : Différence entre l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle et Deep Learning

Figure IV.4 : Exemple d'une Machine Learning.

Figure IV.5 : Les grandes classes d'apprentissage automatique

Figure IV.6 : Dessin schématique représente les entrées et les sorties

Figure IV.7 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (1)

Figure IV.8 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (1)

Figure IV.9 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (2)

Figure IV.10 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (2)

Figure IV.11 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (3)

Figure IV.12 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (3)

Figure IV.13 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (4)

Figure IV.14 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (4)

Figure IV.15 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (5)

Figure IV.16 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (5)

Figure IV.17 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (1)

Liste Des Figures

Figure IV.18 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (1)

Figure IV.19 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (2)

Figure IV.20 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (2)

Figure IV.21 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (3)

Figure IV.22 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (3)

Figure IV.23 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (4)

Figure IV.24 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (4)

Figure IV.25 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (5)

Figure IV.26 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (5)

Figure IV.27 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (1)

Figure IV.28 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (1)

Figure IV.29 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (2)

Figure IV.30 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (2)

Figure IV.31 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (3)

Figure IV.32 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (3)

Figure IV.33 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (4)

Figure IV.34 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (4)

Figure IV.35 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (5)

Figure IV.36 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (5)

Liste des Abréviations :

Chapitre 1 :

Abréviation	Signification	Abréviation	Signification
Co	La Cogénération	LP SH	
CCGT	Une Centrale à Cycle Combiné	CT	Turbine à Combustion
TGV	Turbine Gaz-Vapeur	CCPP	La Centrale à Cycle Combiné
TG	Turbine à Gaz	AG	Chambre de Combustion Annulaire
TV	Turbine à Vapeur	NG	Gaz Naturel
CCG	Une Centrale Thermique à Cycle Combiné Gaz	LHV	Valeur de Chauffage Inférieure (kJ/kg)
GT	Gaz Turbine	ISO	Perte de Pression (hPa)
HRSG	Générateur de Vapeur	HRSG	Générateur de Vapeur
HP	Haute Pression	GTG	Générateur de Turbine Gaz
MP	Moyenne Pression	HRH	Réchauffage du Chaude
BP	Basse Pression	PRDS	Pression de Vapeur et de Désurchauffe (bar)
LP	Basse Pression	NGSS	La Station D'Approvisionnement en Gaz Naturel
IP	Pression Intermédiaire		
DM	L'eau d'issey		
STG			
SJAE	L'éjecteur d'air à vapeur		
GSC	Condensateur de Vapeur du Presse-étoupes		
ST	Turbine à Vapeur		
RH	Réchauffeur		
IP ST	Turbine à Vapeur à Moyenne Pression		
LP ST	Turbine à Vapeur à Basse Pression		

Chapitre 2 :

Abréviation	Signification
CWP	Les Pompes de Circulation D'Eau.
ACW	Eau de Refroidissement Auxiliaire
ASTM	American Society For Testing and Materials

Abréviation	Signification
PI	L'indicateur de pression
NPSHr	Net Positive Suction Head Available
NPSHa	Net Positive Suction Head Required
DCT	Discrete cosine transform

Chapitre 3 :

Abréviation	Signification
AFNOR X	Association Française de normalisation
PS	Les vannes du pressostat
LOCTITE	Marque de colle pour des usages industriels
HHI Index	Herfindahl-Hirschman
Xc	Valeur Crête
Xcc	Valeur Crête a crête
U	Valeur du Balourd

Abréviation	Signification
RMS	La Valeur Efficace
Hz	Nombre de cycle par second
CPM	Nombre de cycle par minute
RPM	Rotation par minute
GTA	Groupes Turbo-Alternateurs
ftb	Fréquence de Tourbillonnement

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste Des Tableaux

Liste Des Figures

Liste Des Abréviations

Résumé

Introduction Générale----- 1

CHAPITRE I : Présentation De La Centrale----- 2

I.1. Introduction----- 3

I.2. Les Centrales Thermiques----- 5

I.2.1. Définition----- 5

I.2.2. Centrales thermiques à flammes----- 5

I.2.3. Cogénération----- 6

I.2.4. Avantage----- 6

I.3. Centrale à cycle combiné----- 7

I.3.1. Description du cycle combiné----- 8

I.4. Présentation de la centrale thermique de Cap-Djinet----- 9

I.4.1. Description générale de l'usine----- 11

I.4.2. Conditions de référence----- 14

I.5. Principaux composants et leurs arrangements----- 14

I.5.1. Turbine à gaz----- 14

I.5.2. Générateur de vapeur de récupération de chaleur (HRSG)----- 17

Sommaire

I.5.3. Les principaux composants du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)-----	17
I.5.4. Turbine à vapeur-----	18
I.5.5. Compresseurs d'air-----	20
I.5.6. Récepteurs d'airs principaux-----	20
I.5.7. Sécheur d'air-----	21
I.5.8. Pompes d'eau d'alimentation de chaudière-----	22
I.5.9. Pompes d'extraction de condensat-----	23
I.5.10. Condenseur de vapeur du presse – étoupes-----	23
I.5.11. Éjecteur d'air a jet de vapeur-----	24
I.5.12. Chaudière auxiliaire-----	25
I.5.13. Pompes à circulation d'eau-----	26
I.5.14. Échangeur de chaleur-----	26
I.6. Les stations-----	27
I.6.1. Station de pompage-----	27
I.6.2. Station d'électro chloration-----	27
I.6.3. Station de dessalement-----	28
I.6.4. Station déminéralisation-----	29
I.6.5. Station d'Hydrogène H2-----	30
I.6.6. Station d'air comprimé-----	30
I.7. Les postes-----	30
I.7.1. Poste gaz-----	30
I.7.2. Poste fuel-----	31

Sommaire

I.7.3. Poste d'eau-----	32
I.7.4. Poste GIS 400 KV-----	32
I.8. Conclusion-----	33
CHAPITRE II : Fonctionnement Et Technologie De La Pompe CWP-----	34
II.1. Introduction-----	35
II.2. Le system d'admission d'eau de mer-----	35
II.3. Le system circulation d'eau mer-----	36
II.4. Classification Des Pompes-----	38
II.4.1. Les pompes volumétriques-----	38
II.4.2. Les Turbo-Pompes-----	39
II.5. La Pompe à Eau de Circulation CWP-----	39
II.6. Technologie de la pompe CWP-----	40
II.6.1. Caractéristiques techniques de la pompe-----	40
II.6.2. Courbe de performance de la pompe-----	48
II.6.3. Caractéristiques techniques du moteur d'entraînement de la pompe CWP-----	49
II.7. Conclusion-----	52
CHAPITRE III : Analyse Vibratoire Par Maintenance Conditionnel, Pompe CWP----	53
III.1. Introduction-----	54
III .2. Définition-----	54
III.3. Différents types de la maintenance-----	54
III.3.1 Maintenance préventive-----	55
III.3.2. Maintenance corrective-----	57
III.3.3. Les cinq niveaux de la maintenance-----	59
III.3.4. Les différents types de la maintenance conditionnelles-----	59
III.3.5. Choix de techniques d'analyse-----	61
III.4. L'opération de la pompe de refroidissement (CWP)-----	63
III.4.1 Introductions-----	63
III.4.2 Contrôles préalables au démarrage-----	63
III.4.3 Démarrage-----	66
III.4.4 Arrêt d'urgence-----	67

Sommaire

III.4.5 Arrêt normal-----	67
III.5. La Maintenance de La pompe De Refroidissement (CWP)-----	68
III.5.1 Entretien de routine-----	68
III.5.2. Précautions d'entretien-----	72
III.5.3. Démontage et remontage-----	73
III.5.4. Précautions pendant le fonctionnement au ralenti des pompes-----	88
III.5.5 Dépannage-----	89
III.6. Échange de pièces usées-----	90
III.6.1. Démontage des pièces usées-----	91
III.6.2. Assemblage de pièces neuves-----	93
III.7. Généralités sur analyse vibratoire-----	95
III.7.1. Introduction-----	95
III.7.2. Théorie de vibration-----	95
III.7.3. Conclusion-----	116
III.8. Les Défauts Des Machines Tournantes-----	116
III.8.1. Défaut de d'alignement-----	116
III.8.2. Défauts de serrage-----	119
III.8.3. Défaut de palie lisse-----	119
III.8.4. Tourbillonnement d'huile-----	121
III.8.5. Fouettement d'huile-----	121
III.8.6. Défauts spécifiques aux turbines-----	122
III.8.7. Défaut de balourd-----	124
III.9. Reconnaissance des principales anomalies-----	129

Sommaire

III.10. Conclusion-----	130
CHAPITRE IV : Etude Et Simulation De La pompe CWP-----	131
IV.1. Introduction-----	132
IV.2. L'intelligence artificielle-----	132
IV.2.1. Qu'est-ce que l'intelligence ? -----	132
IV.2.2. Définition de l'intelligence artificielle-----	133
IV.2.3. Les tendances de l'intelligence artificielle-----	134
IV.2.4. Principaux domaines de l'intelligence artificielle-----	135
IV.2.5. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle-----	136
IV.2.6. Apprentissage automatique et apprentissage en profondeur (Machine Learning & Deep Learning) -----	137
IV.2.7. Le Principe de notre programmation à partir de base des données CWP-----	138
IV.2.8. Les modèles utilisés dans notre programmation-----	142
IV.2.9. La programmation à partir de base des données de CWP-----	144
IV.2.10. La comparaison des résultats des modèles-----	162
IV.3. Conclusion-----	162
Conclusion Générale-----	163
Annexes-----	164
Bibliographié-----	176

Résumé :

Le projet que nous avons mis en œuvre dans la centrale thermique Cap Djinet située dans la wilaya de Boumerdes, qui a une capacité thermique de 1131,1 MW.

L'étude a permis de déterminer les vibrations de la pompe à eau de mer CWP, et aussi contrôler l'état de la pompe plus rapide avec l'intelligence artificielle par apport aux anciennes méthodes.

Ce qui nous a permis de connaître le fonctionnement et technologie de la pompe CWP, les principes d'analyse vibratoire par maintenance conditionnel et l'interprétation des graphes vibratoires.

Abstract:

The project we implemented in the Cap Djinet thermal power plant located in the wilaya of Boumerdes, which has a thermal capacity of 1131.1 MW.

The study made it possible to determine the vibrations of the CWP seawater pump, and also to control the state of the pump faster with artificial intelligence compared to the old methods.

This allowed us to know the operation and technology of the CWP pump, the principles of vibration analysis by conditional maintenance and the interpretation of vibration graphs.

ملخص

المشروع الذي قمنا بتنفيذه في محطة كاب جنات للطاقة الكهربائية الواقعة في ولاية بومرداس والتي تبلغ سعتها الحرارية 1131.1 ميغاوات .

مكننا الدراسة من تحديد اهتزازات مضخة مياه البحر وكذلك التحكم في حالة المضخة بشكل أسرع باستخدام الذكاء الاصطناعي مقارنة بالطرق القديمة.

هذا سمح لنا ان نعرف تشغيل وتكنولوجيا المضخة ومبادئ تحليل الاهتزاز عن طريق الصيانة الشرطية وتفسير الرسوم البيانية للاهتزازات.

INTRODUCTION GENERALE :

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable, il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

L'électricité est aujourd'hui la forme d'énergie la plus aisée à exploiter. Mais avant de la consommer il aura fallu la produire, en général dans des unités de production de grande puissance, la transporter, puis la distribuer vers chaque consommateur.

Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines (centrales électriques) capables de produire de l'électricité en grande quantité. Une fois le courant produit, il doit être amené jusque chez le consommateur.

Dans un pays, le transport et la distribution publique assurent le transit de l'énergie électrique entre les points de production et les points de consommation.

La situation géographique de l'Algérie favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie fossile et sa transformation en énergie électrique vu l'importance de la disponibilité du gaz et de pétrole.

Dans le cadre du projet de fin d'études d'ingénieur notre stage s'est passé à la centrale de Cap Djinet. Le travail demandé porte sur l'analyse vibratoire de la pompe à eau de mer CWP.

Dans ce cadre, nous avons organisé notre mémoire en quatre chapitres.

Le chapitre 1 présente la description de la Centrale de Cap –Djinet.

Le chapitre 2 est consacré à la présentation de fonctionnement et technologie de la pompe CWP.

Le chapitre 3 donne une étude d'Analyse vibratoire par maintenance conditionnel, Pompe CWP.

Le chapitre 4 présente l'étude et la Simulation De La pompe à eau de mer CWP et enfin une conclusion générale termine le travail.

CHAPITRE I :
Présentation De La Centrale

I.1.Introduction :

Une centrale (de production d'énergie) électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité. Les centrales électriques transforment différentes sources d'énergie naturelle en énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointains. Le réseau électrique permet de transporter puis de distribuer l'électricité jusqu'aux consommateurs.

Hormis dans les centrales photovoltaïques (encore peu répandues...), la génération d'électricité est assurée par un alternateur entraîné en rotation par une turbine (dans quelques cas rares par un moteur Diesel stationnaire). Le type de turbine définit alors le type de centrale.

- ✓ Une turbine à vapeur, dans une centrale thermique (à combustible fossile ou nucléaire).

Figure I.1

- ✓ Une turbine à combustion (communément, mais improprement appelée turbine à gaz), dans une centrale thermique.
- ✓ Une turbine hydraulique, dans une centrale hydroélectrique ou une centrale marémotrice.
- ✓ Une éolienne est aussi une sorte de turbine. Les centrales thermiques englobent :
 - Les centrales nucléaires.
 - Les centrales géothermiques.
 - Les centrales à flamme qui elles-mêmes comprennent :

1. Les centrales conventionnelles dans lesquelles un combustible fossile (charbon, fioul, gaz naturel, ...) est brûlé dans une chaudière pour produire la vapeur surchauffée alimentant la turbine.

**Figure I.1 : Turbine à Vapeur**

2. Les centrales à turbine à combustion, à simple cycle, brûlant généralement du gaz, parfois du fioul (léger). **Figure I.2**

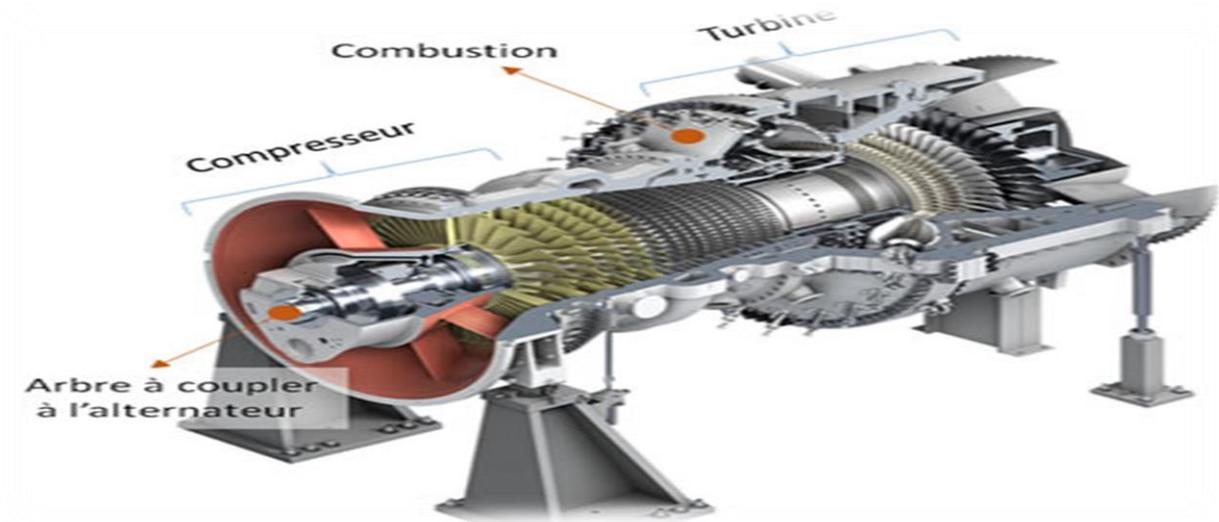


Figure I.2 : Turbine à Gaz

3. Les centrales à cycle combiné **Figure I.3**, brûlant les mêmes combustibles, mais avec un bien meilleur rendement grâce à l'adjonction d'une chaudière de récupération et d'une turbine à vapeur.

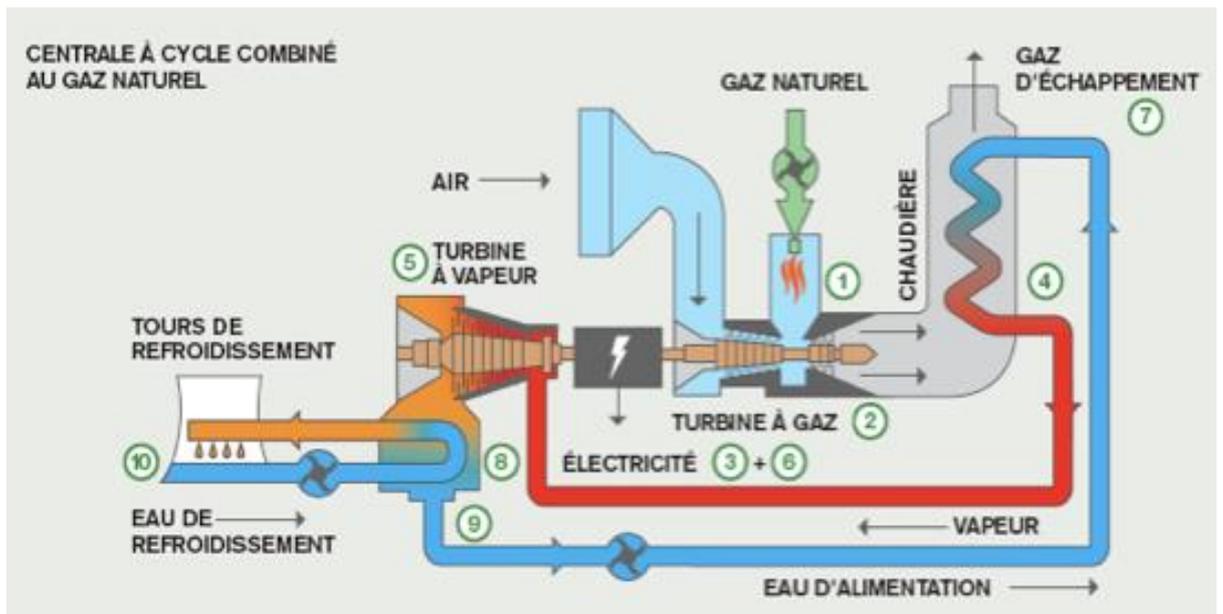


Figure I.3 : Centrale à Cycle Combiné

4. L'énergie électrique est obtenue par conversion de l'énergie mécanique produite par une turbine, moteur à gaz, ou turbine à vapeur. Cette conversion est obtenue en couplant une dynamo (courant continu) ou un alternateur (courant alternatif) à la turbine.

5. Le rendement de conversion mécanique/électrique est d'environ 98%. L'essentiel des pertes se fait donc sur la conversion thermique-mécanique. L'énergie électrique est obtenue par conversion de l'énergie mécanique produite par une turbine, moteur à gaz, ou turbine à vapeur. Cette conversion est obtenue en couplant une dynamo (courant continu) ou un alternateur (courant alternatif) à la turbine.

Le rendement de conversion mécanique/électrique est d'environ 98%. L'essentiel des pertes se fait donc sur la conversion thermique-mécanique.

I.2. Les Centrales Thermiques :

I.2.1. Définition :

La centrale thermique est une centrale électrique qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur (charbon, gaz, fioul, biomasse ou déchets municipaux). La source de chaleur chauffe un fluide (souvent de l'eau) qui passe de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur). Cette vapeur entraîne une turbine couplée à un alternateur qui transforme l'énergie cinétique contenue dans la vapeur en énergie mécanique de rotation, puis en énergie électrique grâce à une génératrice découvrant.

I.2.2. Centrales thermiques à flammes : [1]

a) Centrale conventionnelle à chaudières :

Les centrales les plus répandues sont constituées d'une chaudière et d'une turbine à vapeur (Cycle de Rankine). Leur carburant est le plus souvent du charbon mais on trouve aussi des chaudières utilisant de la biomasse, du gaz naturel, du pétrole, du fioul ou des déchets municipaux. La plupart des centrales à charbon sont de type à « charbon pulvérisé », où le charbon est réduit en poudre très fine dans des broyeurs et injecté dans le foyer de la chaudière. Les centrales les plus récentes possèdent un cycle vapeur supercritique, qui permet d'avoir un rendement qui dépasse 45%.

b) Centrale à turbine à gaz :

Les turbines à gaz en cycle simple sont peu coûteuses à construire, de plus elles ont l'avantage de démarrer très rapidement (contrairement aux centrales conventionnelles à vapeur qui ont une certaine inertie). Néanmoins, leur rendement faible (35% au mieux) empêche de les utiliser directement pour la production d'électricité sans valoriser leur chaleur résiduelle, sauf en appoint lors des pics de demande ou à toute petite échelle.

c) Centrale à cycle combiné :

Le cycle combiné consiste à récupérer l'énergie thermique des gaz très chauds (de l'ordre de 600 °C) à l'échappement de la turbine à combustion, pour produire dans une chaudière de récupération de la vapeur utilisée pour alimenter un groupe turbo-alternateur à vapeur. Le résultat permet donc une augmentation notable du rendement énergétique de la centrale. Ce type de centrale comprend deux alternateurs, l'un entraîné par la turbine à combustion, l'autre par la turbine à vapeur. Toutefois, certaines centrales n'ont qu'un seul alternateur, les deux turbines étant montées sur le même arbre.

I.2.3. Cogénération :

Au contraire, la cogénération (ou tri génération) n'augmente pas le rendement électrique, mais se contente d'envoyer les gaz chauds de la centrale vers un procédé industriel consommateur de chaleur. Le rendement atteint étant un rendement global : rendement électrique plus rendement de transfert thermique. Le but principal est souvent le procédé industriel, la production d'électricité étant soumise au besoin de chaleur.

I.2.4. Avantage :

La production d'énergie est indépendante des conditions météorologiques, la source d'énergie peut être (dans une certaine mesure) facilement stockée et la puissance unitaire des centrales peut être très élevée. Elles permettent de faire de la cogénération : lorsque l'on a besoin à un endroit déterminé (agglomérations, industries chimiques, serres...) de chaleur en grande quantité, il est intéressant de créer une centrale thermique qui produit de l'électricité et dont le circuit de refroidissement sert de source de chaleur pour l'application désirée. (Les centrales solaires, hydrauliques et les éoliennes le permettent aussi quand le soleil, l'eau ou le vent sont présents). C'est une manière de rentabiliser les inévitables pertes de ce type de centrales. La Co- et la tri-génération ne sont cependant pas encore systématiques.

I.3. Centrale à cycle combiné :

Une centrale à cycle combiné, généralement appelée CCGT, ou TGV (Turbine Gaz-Vapeur), est une centrale thermique qui associe deux types de turbines : la turbine à combustion et la turbine à vapeur. Chacune de ces turbines entraîne une génératrice qui produit de l'électricité ou les deux types de turbines sont couplés à la même génératrice. Les centrales à cycle combiné sont conçues pour un fonctionnement en semi-bas (entre 2 000 et 6 000 h/an).

Et constituent un moyen d'ajustement du parc de production, concourant ainsi au bon fonctionnement du réseau électrique.

Dans une centrale à cycle combiné, la turbine à combustion est actionnée par les gaz issus de la combustion à haute température (jusqu'à 1 500 °C). En sortie les fumées produites par la combustion sont encore suffisamment chaudes (entre 400 et 650 °C environ) pour permettre de générer de la vapeur dans une chaudière au moyen d'échangeurs de chaleur. La vapeur ainsi produite entraîne une turbine à vapeur. Il est enfin nécessaire de disposer d'une source froide (eau de rivière - eau de mer – aéro réfrigérant) pour évacuer la chaleur nécessairement produite par le cycle vapeur (second principe de la thermodynamique). La chaleur restante peut aussi être récupérée pour faire de la cogénération. Différentes configurations de centrale sont possibles car on peut par exemple avoir :

- ✓ Soit une turbine à combustion, une turbine à vapeur et un alternateur sur la même ligne d'arbre.
- ✓ Soit une turbine à combustion avec son alternateur et une turbine à vapeur avec son alternateur.
- ✓ Soit deux turbines à combustion avec chacune son alternateur et une turbine à vapeur avec son alternateur.

Les trois alternateurs peuvent alors être identiques de façon approximative, la turbine à vapeur à une puissance égale à 50 % de celle de la turbine à combustion à laquelle elle est associée. La configuration ou à l'avantage de permettre le démarrage et la montée en puissance rapides des turbines à combustion, la turbine à vapeur ayant généralement des temps de démarrage et de montée en puissance plus grands.

La configuration diminue le nombre de machines, donc l'encombrement, mais démarre plus lentement. La technologie des cycles combinés date de la fin des années 1970. Le premier exemple a été construit en 1980 dans une papeterie. Grâce à une turbine à combustion de 25 MW et une turbine à vapeur (à contre-pression) de 9 MW, l'installation fournissait la totalité de

l'électricité et de la vapeur "procès" nécessaire au fonctionnement de la papeterie. L'évolution favorable du prix du combustible gazeux ou liquide par rapport au prix du charbon et la mise sur le marché de turbines à combustion de beaucoup plus forte puissance a provoqué, Les dernières évolutions (2011) chez les grands constructeurs mondiaux sont faites pour améliorer le rendement à charge partielle des turbines à combustion ainsi que les prises et lâchers de charge rapides du cycle combiné : cela permet de garder le CCGT en service à charge partielle à un coût raisonnable lorsque l'énergie du réseau vient de centrales solaires ou éoliennes, mais de compenser très rapidement les variations de puissance en cas de disparition brutale du soleil (passage de nuages, ou éclipse partielle, voire totale) ou du vent, ou de forte demande ponctuelle du réseau (client). Il faut en effet noter que, si une éclipse totale est rare, les usagers, lorsqu'elle se produit, auront tout naturellement tendance à allumer la lumière, et seraient surpris d'un manque d'électricité.

I.3.1. Description du cycle combiné :

Le cycle combiné consiste à récupérer l'énergie thermique des gaz très chauds à l'échappement de la turbine à combustion, pour produire dans une chaudière de récupération de la vapeur utilisé pour alimenter un groupe turbo-alternateur à vapeur.

La transformation en cycle combiné, doit se faire dans des conditions plus au moins économiques, ce qui est assuré par la centrale avec :

- ❖ Le site de la centrale (l'approche de la mer ce qui donne une possibilité d'installer une unité de dessalement et de traitement d'eau).
- ❖ L'existence des zones libres sur le site de la centrale ce qui donne une possibilité d'installation des composants du cycle vapeur.
- ❖ L'emplacement de l'alternateur, placé sur le côté du compresseur, ce qui permet de récupérer la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz par l'intermédiaire d'une chaudière de récupération.

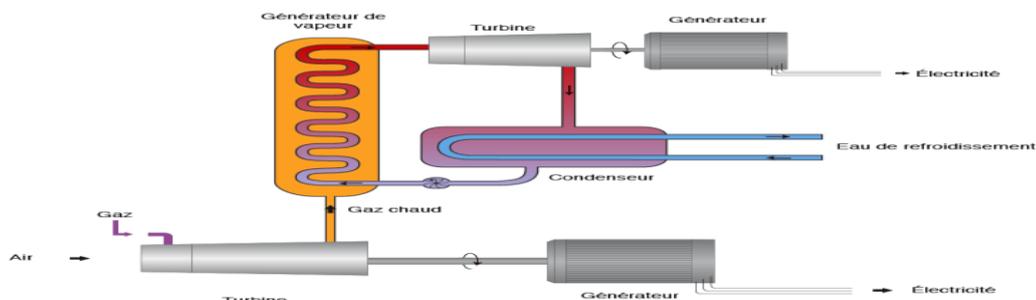


Figure I.4 : Le fonctionnement d'une centrale thermique à cycle combiné gaz

Une centrale thermique à Cycle Combiné Gaz (CCG) produit de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de gaz naturel **Figure I.4**. Ce type de centrale combine deux types de turbine : une turbine à combustion et une turbine à vapeur reliées à un alternateur. Avec le même volume de combustible, ces deux turbines permettent de produire une quantité plus importante d'électricité.

Grâce à l'utilisation du gaz naturel comme combustible, les émissions de CO₂ sont divisées par 2 par rapport à une centrale au charbon. Flexible et réactive, une centrale à cycle combiné à un rendement supérieur à celui des centrales thermiques classiques. Capable de monter à pleine puissance en moins d'une heure, elle répond aux fortes variations de consommation, notamment pendant les jours de grand froid.

Une centrale thermique à Cycle Combiné Gaz associe une turbine à combustion et une turbine à vapeur. Découvrez tout ce qu'il faut savoir sur son fonctionnement et sur ses avantages. La vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à très haute et haute tension.

I.4. Présentation de la centrale thermique de Cap-Djinet :

La centrale thermique de Ras-Djinet est l'une des plus grandes entreprises en Algérie, elle est située à l'Est de la capitale Alger, dans la Wilaya de Boumerdes. La Centrale de Cap Djinet (relevant de la Sone gaz) est formée de trois groupes fonctionnant en cycle combiné (30% vapeur et 70 % gaz), dotée chacune d'une capacité de production de 377 MW aux conditions de site, soit un total de 1131,1 MW pour les trois **Figure I.5**. [2]

La centrale comprend :

- ◆ Station de pompage d'eau de mer et une station d'électro chloration.
- ◆ Poste de détente gaz naturel.
- ◆ Poste fuel.
- ◆ Station de dessalement d'eau de mer.
- ◆ Station de déminéralisation.

Et pour chaque groupe :

- ◆ Générateur de vapeur.
- ◆ Turbine à vapeur.

- ◆ Turbine à gaz
- ◆ Alternateur.
- ◆ Salle de commande centralisée.
- ◆ Condenseur.

Les principaux organes de la centrale :

- ◆ Générateur de vapeur (chaudière).
- ◆ Turbine à vapeur.
- ◆ Turbine à gaz
- ◆ Condenseur.
- ◆ Pompe d'extraction.
- ◆ Pompe d'alimentation.
- ◆ Alternateur. [3]



Figure I.5 : La centrale thermique de Ras-Djanet cycle combiné

I.4.1. Description générale de l'usine :

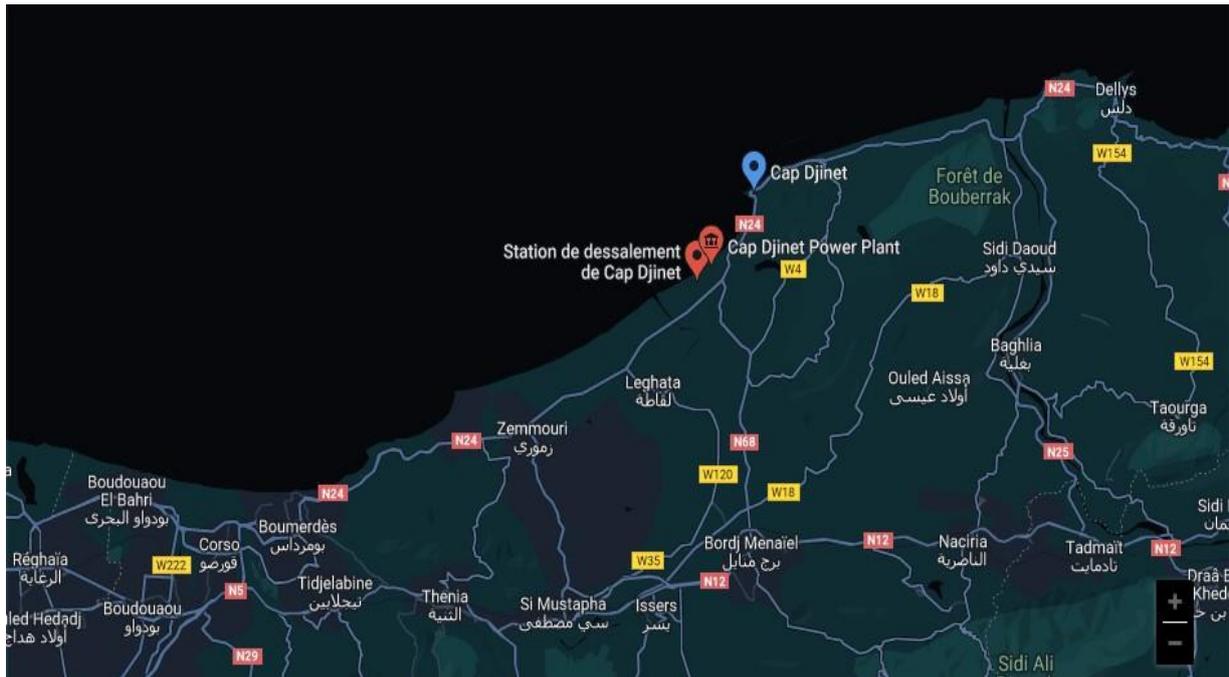


Figure I.6 : La localisation de la centrale de Ras-Djanet sur « MAP »

Ce chapitre couvre la « Description générale, des principaux composants et leurs dispositions, les paramètres de fonctionnement de la centrale à cycle combiné RAS-DJINET DE 1131,1 MW ».

- Le compresseur des turbines à gaz aspire l'air ambiant à travers un filtre à air d'admission, le comprime et l'alimente au système de combustion.
- Le gaz combustible est introduit dans le système de combustion est brûlé avec de l'air comprimé.
- Le gaz brûlé qui en résulte de la combustion s'écoule dans la turbine. Le gaz se dilate et entraîne la turbine à gaz.
- La puissance mécanique générée dans la turbine entraîne l'alternateur et le compresseur. La sortie du générateur est connectée par un transformateur élévateur du générateur et des jeux de barres au réseau.
- Le gaz combustible est chauffé dans un réchauffeur de bain-marie au moyen d'un contrôleur de température local pour maintenir la température au-dessus du point de rosée.

- Le gaz combustible est finalement préchauffé par le réchauffeur d'efficacité GT par l'alimentation en eau fournie par l'économiseur HRSG IP.
- L'eau d'alimentation quittant le préchauffeur de gaz combustible est mélangée avec le flux de condensat avant d'entrer dans le préchauffeur de condensat.
- Les gaz brûlés issues de la combustion qui sort de la turbine à gaz est à haute température et transporte beaucoup d'énergie thermique. Cette énergie thermique d'échappement GT est utilisée pour produire de la vapeur dans une chaudière de récupération HRSG horizontale à triple pression.
- La vapeur générée est alimentée à différentes étapes de la turbine à vapeur (HP / MP / BP).
- La vapeur d'échappement du corps BP de la turbine à vapeur d'étanchéité, les drains de turbine et / ou la vapeur de dérivation HP/LP sont condensés dans un condenseur à surface de vapeur. L'eau d'appoint DM est également apportée dans la cheminée du condenseur.
- Le condensat de la cheminée est évacué par des pompes d'extraction de condensat vers le système de préchauffage des condensats (économiseur LP) et vers plusieurs consommables STG via les échangeurs et refroidisseurs de l'éjecteur d'air à vapeur (SJAÉ) et du condenseur de vapeur du presse-étoupes (GSC).
- Le dégazeur est intégré au ballon de vapeur à basse pression (LP).
- Les pompes d'alimentation HRSG doivent aspirer depuis le ballon de vapeur LP et fournir l'eau d'alimentation au circuit haute pression (HP) et, par une purge intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP).
- La vapeur du tambour à vapeur HP circule à travers le surchauffeur et va vers la turbine à vapeur HP (ST). La vapeur prélevée de la décharge HP ST retourne au HRSG, où elle est mélangée avec la vapeur surchauffée IP ; puis, en passant par le réchauffeur (RH), retournera à l'IP ST.
- Enfin, la vapeur prélevée de la décharge IP ST va directement à LP ST ; La vapeur de LP SH provenant du HRSG est admise dans la décharge IP ST ou dans la transition. La vapeur déchargée de LP ST est envoyée au condenseur de surface de vapeur.
- L'eau de mer est amenée à l'intérieur de l'usine à travers quatre (4) tuyaux d'admission de diamètre 2 300mm. Le tuyau d'admission est relié à un puisard d'admission d'eau de mer commun.

-Il y a sept (7) numéros de chambres de pompe. Six (6) nos. Des chambres de pompe sont utilisées pour six (6) nos. Des pompes à eau en circulation et la septième chambre est utilisée pour installer deux (2) nos. Des pompes d'alimentation de l'usine de dessalement.

- La pompe à eau de circulation permettrait de pomper l'eau de mer vers le condenseur. Après avoir extrait la chaleur du condenseur, trois (3) collecteurs indépendants sont amenés du condenseur de chaque unité et connectés à un bassin de siphon unitaire. Depuis le bassin du siphon, l'eau est envoyée à la mer par un canal unitaire.

-Les pompes d'alimentation de l'usine de dessalement transfèrent l'eau brute à l'usine de dessalement. L'eau dessalée doit être stockée dans des réservoirs de stockage d'eau dessalée et doit être transférée vers divers consommateurs (eau potable, eau de service, alimentation d'usine DM, etc.) par l'intermédiaire de systèmes de pompage respectifs.

-L'usine de déminéralisation produit l'eau déminéralisée à partir de l'eau dessalée en utilisant des échangeurs d'ions à lit mélangé qui seront ensuite stockés dans des réservoirs de stockage d'eau DM et transférés vers divers consommateurs par des pompes de transfert DM.

-Le gaz naturel est reçu des conduites de gaz

-Le système d'alimentation et de conditionnement de gaz combustible (gaz naturel) fournit du gaz naturel à un certain niveau de propreté, de pression et de température pour répondre aux critères de fonctionnement et de conception du principal utilisateur de gaz naturel (Turbine à gaz / GT). Ce processus est nécessaire pour s'assurer que les aérosols, la condensation d'eau libre et les particules solides ne seront pas présents dans les systèmes de transmission ou de distribution de gaz aux principaux utilisateurs.

-Le combustible est reçu du camion-citerne par des pompes de déchargement de combustible et stocké dans le réservoir puis livré à chaque turbine à gaz au moyen de pompes d'acheminement de combustible. [4]

I.4.2. Conditions de référence :

Tableau I.1 : Paramètres de fonctionnement

Température ambiante	35 C
Humidité relative	76%
Pression barométrique	1.01
Fréquence	50 Hz
Valeur de chauffage inférieure du gaz combustible	45001.3 KJ/Kg
Valeur de chauffage inférieure du mazout	43100.0 KJ/Kg
Facteur de puissance du terminal de générateur	Isolant 0.9
Cycle de maquillage	0%
Soufflement vers le bas du HRSG	0%

I.5. Principaux composants et leurs arrangements : [5]

I.5.1. Turbine à gaz :

I.5.1.1. Fonctionnement :

-La turbine à gaz (GT), également appelée turbine à combustion (CT) est un moteur à combustion interne de type rotatif qui fonctionne sur cycle Baryton et peut être utilisée comme partie intégrante de nombreux cycles innovants dans lesquels la production d'arbres, d'énergie électrique ou les gaz résiduaire à température élevée peuvent être utilisés pour la production de vapeur.

-Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec une turbine à gaz (Siemens modèle SGT5-4000F) **Figure I.7** ainsi que tous les accessoires nécessaires.

-Les turbines à gaz à chambre de combustion annulaire Siemens AG sont des moteurs à arbre unique hermétique. Elles sont adaptées pour piloter les générateurs des centrales de charge de base, de charge partielle et de pointe à vitesse constante. Ces moteurs peuvent être utilisés dans l'une des nombreuses.

Variantes associées aux applications à cycle combiné. L'une des caractéristiques d'une turbine à gaz mono-arbre hermétique est le rotor commun utilisé par le compresseur et la turbine. Le rotor est supporté dans deux paliers qui se trouvent à l'extérieur de la zone sous pression. Une enveloppe extérieure commune retenant la pression est également partagée par le compresseur et la turbine. Elle comprend trois sections de carter entre le carter de palier du compresseur et le carter de palier de la turbine.

-La turbine à gaz est conçue pour le double allumage. Le gaz naturel (NG) doit être utilisé comme combustible primaire et le mazout distillé doit être utilisé comme combustible de secours. La turbine à gaz est conçue pour fonctionner à 100 % de charge en tirant du gaz.



Figure I.7 : Turbine à gaz type - SGT5-4000F

I.5.1.2. Paramètre :

Tableau I.2 : Les paramètres de turbine à gaz type - SGT5-4000F

Combustible	Gaz	Huile
Valeur de chauffage inférieure (LHV)	45001 kJ/kg	43100 kJ/kg
Sortie nominale aux terminaux du générateur MW	249.2 MW	210.5 MW
Efficacité nominale aux terminaux du générateur	38.4%	36.9%
Débit du gaz d'échappement	616.2 kg/s	610.9 kg/s
Température de gaz d'échappement	607.6°C	557.4°C
Consommation de combustible	14.3 kg/s	13.2 kg/s

I.5.1.3. Conditions de référence :

Tableau I.3 : Les conditions de référence de turbine à gaz type - SGT5-4000F

Vitesse	3000 tr / min
Température ambiante	35°C
Pression barométrique	1013 hPa
Humidité relative	76%
Perte de pression à l'entrée du compresseur (ISO)	8 hPa
Perte de pression à l'entrée de la turbine (ISO)	36,3 hPa
Facteur de puissance nominal	0.9
Pertes de puissance d'excitation nominale	0.8 MW

I.5.2. Générateur de vapeur de récupération de chaleur (HRSG) :**I.5.2.1. Fonctionnement :**

-La principale fonction du générateur de vapeur à récupération de chaleur est de générer la quantité et la qualité de vapeur requises en utilisant la chaleur perdue des gaz d'échappement du générateur de turbine à Gaz (GTG), qui est ainsi transportée vers la turbine à vapeur.

-Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec un générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) ainsi que tous les accessoires nécessaires.

-Le gaz d'échappement de la turbine à gaz (GT) est amené à un générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) qui est conçu comme une chaudière triple pression horizontale (c'est-à-dire trois pressions) avec réchauffage.

-HRSG est de type de circulation naturelle horizontale, entièrement viable, avec trois niveaux de pression à savoir. Haute pression (HP), pression intermédiaire (IP) et basse pression (LP), chacune dotée de son propre système de batterie et de réchauffage sur la section IP.

-La vapeur générée par le HRSG sera fournie à la turbine à vapeur de réchauffage, type à échappement axial.

I.5.3. Les principaux composants du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) Figure I.8 :

- ♣ Ballon vapeur haute pression (HP).
- ♣ Ballon vapeur pression intermédiaire (IP).
- ♣ Ballon vapeur basse pression (LP).
- ♣ Tambour à vapeur haute pression (HP).
- ♣ Tambour à vapeur à pression intermédiaire (IP).
- ♣ Tambour à vapeur basse pression (LP).
- ♣ Sections de l'économiseur (pour chaque niveau de pression).
- ♣ Sections de l'économiseur (pour chaque niveau de pression).

-Sections de surchauffeur (pour chaque niveau de pression) :

- ♣ Section de réchauffeur (pour la section IP).
- ♣ Dégazeur Intégral avec tambour LP.
- ♣ Cheminée HSRG avec cheminée.

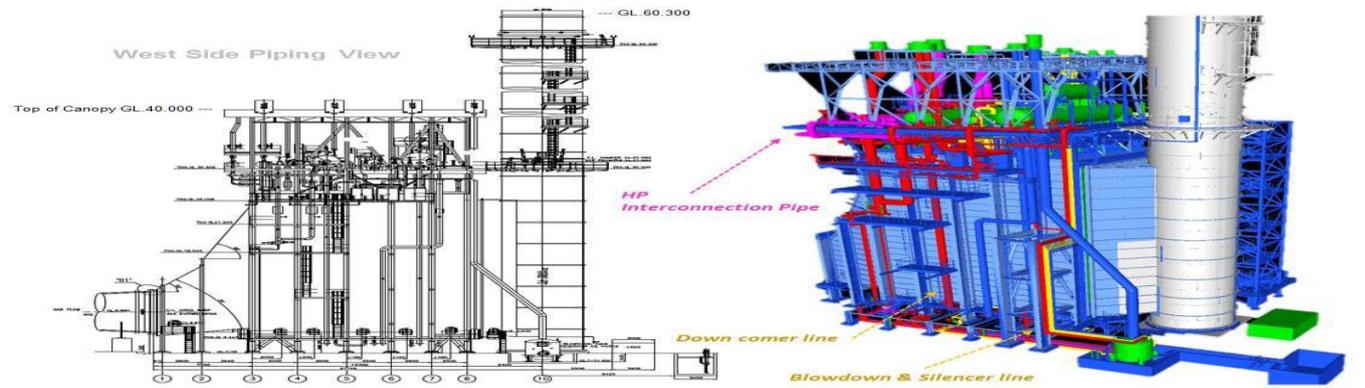


Figure I.8 : Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)

I.5.4. Turbine à vapeur :

I.5.4.1. Fonctionnement :

-Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec une turbine à vapeur (modèle Siemens SST5-3000) ainsi que tous les accessoires nécessaires.

-La turbine à vapeur se compose d'un cylindre HP de type cylindrique et d'un cylindre IP/LP à écoulement direct. La vapeur d'échappement sortant de la turbine à vapeur sera condensée dans le condenseur refroidi à l'eau.

-La turbine HP est de construction à simple et à double paroi avec un porte-lame stationnaire et un carter externe. Elle est munie d'une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur principale, soudée, soutenue par des supports supplémentaires. Le carter extérieure est de type baril.

-Le carter extérieur IP/LP est divisé en deux sections, la section du carter d'entrée moulé et la section du carter d'échappement soudé. Les deux sections sont divisées horizontalement. Les demi-carter sont boulonnés ensemble par des boulons d'assemblage. Les sections d'entrée et d'échappement sont également boulonnées ensemble.

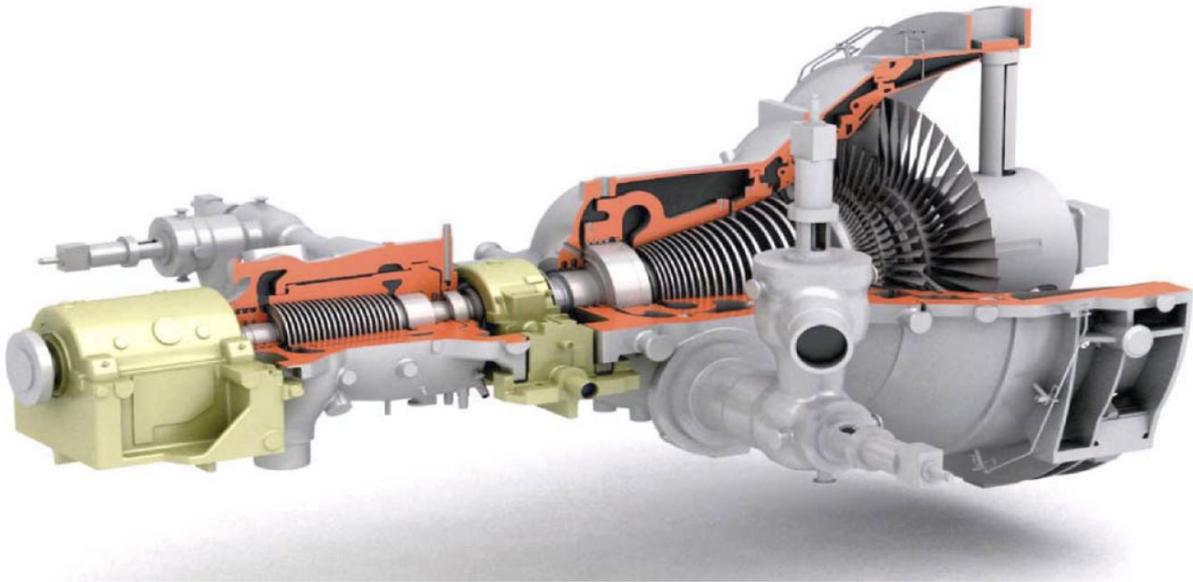


Figure I.9 : Turbine à vapeur.

I.5.4.2. L'embrayage : Figure I.10

L'embrayage permet de connecter la TV à l'alternateur, alors que celui-ci est déjà entraîné par la TG.

L'embrayage s'engage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient positif et se désengage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient négatif

Embrayage embrayé.

Embrayage débrayé

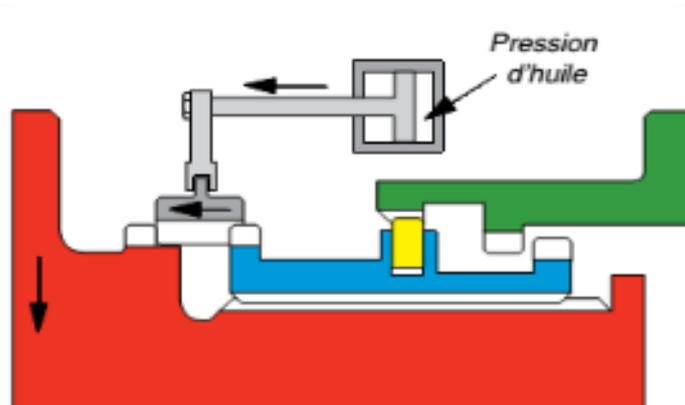


Figure I.10 : L'embrayage

I.5.5. Compresseurs d'air :I.5.5.1. Fonctionnement :

-Les compresseurs d'air sont du type à vis sans huile à entraînement par moteur, avec un filtre d'aspiration, des refroidisseurs d'air et les instruments nécessaires. Les compresseurs sont de construction robuste et conçus pour un fonctionnement continu et intermittent à pleine et basse capacité.

-Les compresseurs sont à deux étages de compression et l'air comprimé doit être refroidi après chaque étage au moyen d'échangeurs de chaleur de type refroidis à l'air.

-Deux (2) x 100% de service (1 travail + 1 veille), des compresseurs d'air à vis sans huile et à air sont fournis pour l'installation complète afin de répondre aux exigences de l'air de l'instrument et de l'air de l'usine.

I.5.5.2. Paramètre :Tableau I.4 : Paramètre du Compresseur d'air

Type	Vis sans huile, refroidi à l'air
Pression de décharge de fonctionnement	9.5~9.9 bars (g)
Température de décharge de fonctionnement	Max. 50°C
Débit de décharge	1160 Nm ³ /h

I.5.6. Récepteurs d'airs principaux :I.5.6.1. Fonctionnement :

-Les récepteurs d'air principaux sont prévus pour stocker une quantité suffisante d'air comprimé nécessaire pendant les pics de consommation d'air à court terme, pour réduire la fréquence du cycle du compresseur, pour réduire les pulsations et pour alimenter l'air comprimé pendant la commutation des compresseurs.

-Le récepteur d'air principal est de type vertical avec des extrémités bombées et une construction soudée. Ils sont situés en aval des compresseurs d'air.

-Deux (2) des récepteurs d'air principaux avec une capacité de 100 % sont fournis pour l'installation complète afin de répondre aux exigences de l'air de l'instrument et de l'air de l'usine.

I.5.6.2. Paramètre :

Tableau I.5 : Les paramètres de récepteur d'air principal.

Pression de conception	15 bar (g)
Pression de travail	9.95~9.45 bar (g)
Capacité	4 m ³

I.5.7. Sécheur d'air :

I.5.7.1. Fonctionnement :

-Le sécheur d'air est un type de régénération sans chaleur par dessiccation qui comprend deux récipients, de l'alumine activée comme agent de séchage, des soupapes de sûreté et les soupapes et instruments nécessaires.

-Le sécheur d'air est l'équipement principal des unités de traitement de l'air. Le sécheur d'air élimine l'humidité pour répondre aux exigences du point de rosée et fournit de l'air à l'instrument pour répondre aux exigences des consommateurs d'air de l'instrument.

-Deux sécheurs d'air d'une capacité 2x100% de type régénération sans chaleur desséchants sont fournis pour éliminer l'humidité de l'air comprimé pour répondre aux exigences de l'air de l'instrument.

-Chaque sécheur d'air d'instrument est muni d'un pré-filtre en amont pour éliminer l'humidité de l'huile ou l'eau libre et d'un filtre secondaire en aval pour empêcher le transport de particules dans le système de distribution en aval. Les filtres ont une capacité équivalente du sécheur d'air associé.

-Préfiltre ayant un rendement de 99,999% pour les particules supérieures à un centième (0,01) de micron. Après-filtre ayant un rendement de 99,999% pour les particules supérieures à un centième (0,01) micron.

I.5.8. Pompes d'eau d'alimentation de chaudière :

I.5.8.1. Fonctionnement :

- La fonction de la pompe d'eau d'alimentation de chaudière est de fournir l'eau d'alimentation du tambour LP à la section économiseur haute pression (HP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur et à travers une décharge de pompe intermédiaire à la section de l'économiseur du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).
- Les pompes d'eau d'alimentation de la chaudière fournissent également de l'eau de pulvérisation de désurchauffe pour le système de dérivation HP et de l'eau de pulvérisation de l'essayeur pour la surchauffeur HP.
- Deux pompes d'eau d'alimentation de chaudière d'une capacité de 100 % sont prévues pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).
- Les pompes sont conçues de telle sorte qu'une pompe couvre toutes les conditions de fonctionnement, y compris le boîtier de commande de dérivation. En fonctionnement normal, une pompe doit fonctionner, tandis que l'autre pompe est en mode veille. La pompe d'appoint doit démarrer automatiquement lorsque la pression de l'eau d'alimentation tombe en dessous d'un certain niveau prédéterminé ou de la défaillance électrique de la pompe en fonctionnement.

I.5.8.2. Paramètre :

Tableau I.6. : Les paramètres pompes d'eau d'alimentation de chaudière.

Service	Pompe d'eau d'alimentation de chaudière
Liquide pompé	Eau d'alimentation
Nombre de pompes	Deux (2x100%) pour chaque module
Type	Horizontal, multi-étage, centrifuge, type de baril, type de purge
Emplacement (pompe / moteur)	Intérieur
Température du liquide	156,7°C
Débit d'aspiration	455 m3/h
Débit de décharge	HP : 330 m3/h + IP : 125 m3/h

TDH : HP	1685 mlc
TDH : IP	575 mlc
Tête d'arrêt : HP	2022 mlc
Tête d'arrêt : IP	783 mlc
NPSHr	10 m à débit d'aspiration
Efficacité de la pompe	74%
Puissance de l'arbre	2104 kW

I.5.9. Pompes d'extraction de condensat :

I.5.9.1. Fonctionnement :

- La fonction de la pompe d'extraction de condensat est d'effectuer ce qui suit :
- Maintenir le niveau de la bache du condenseur à son niveau normal en extrayant les condensats de la bache du condenseur.
- Fournir de l'eau de condensation au dégazeur intégré après avoir traversé l'économiseur LP
- Fournir de l'eau pulvérisée de désurchauffe pour le système de dérivation de vapeur chaude de réchauffage (HRH), le système de dérivation de vapeur LP, la station auxiliaire de réduction de pression de vapeur et de désurchauffe (PRDS) et d'autres auxiliaires de turbine à vapeur.
- Fournir de l'eau d'étanchéité aux soupapes pour empêcher l'entrée d'air dans le système.
- Les pompes sont conçues de telle sorte qu'une pompe couvre toutes les conditions de fonctionnement, y compris le boîtier de commande de dérivation. En fonctionnement normal, une pompe doit fonctionner, tandis que l'autre pompe est en mode veille. La pompe d'appoint doit démarrer automatiquement lorsque la pression de l'eau d'alimentation tombe en dessous d'un certain niveau prédéterminé ou de la défaillance Électrique de la pompe en fonctionnement.
- Deux pompes d'extraction de condensat (c.à.d. 2X100%) sont fournies pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

I.5.10. Condenseur de vapeur du presse – étoupes :

I.5.10.1. Fonctionnement :

-Le condensateur de vapeur de presse-étoupe a pour fonction de condenser la vapeur évacuée par les joints d'étanchéité de l'arbre et de récupérer le condensat. Le condenseur de vapeur du presse-étoupe est refroidi avec du condensat provenant de la décharge de la pompe d'extraction du condensat.

- Le condenseur de vapeur de presse-étoupe est équipé de 2 x 100% ventilateurs d'extracteur de vapeur. L'un des deux extracteurs de condenseurs de vapeur de presse-étoupe sera en fonctionnement constant pour évacuer les gaz du condenseur de vapeur du presse-étoupe.

-Les purges automatiques sont utilisées pour envoyer les drains de vapeur du presse-étoupe au condenseur. Lors de la période d'entretien, la vapeur du presse-étoupe est évacuée dans l'atmosphère.

-L'un des deux extracteurs de condenseurs de vapeur du presse-étoupe sera en fonctionnement constant pour évacuer les gaz du condenseur de vapeur du presse-étoupe.

I.5.11. Éjecteur d'air a jet de vapeur :

I.5.11.1. Fonctionnement :

-La fonction de l'éjecteur d'air à jet de vapeur est d'évacuer l'air et les autres gaz non condensables dans le condenseur lors de la mise en marche (opération de nettoyage) Et du fonctionnement normal (opération d'entretien).

-Un éjecteur d'air à jet de vapeur monophasé d'une capacité de 100% et un 2 éjecteur d'air à jet de vapeur de maintien avec une capacité de 100 % avec condenseur inter et après sont fournis pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

-La source de vapeur motrice pour l'éjecteur d'air à jet de vapeur doit provenir du collecteur auxiliaire.

I.5.11.2. Paramètre :

Tableau I.7 : Les paramètres d'éjecteurs d'air de jet de vapeur.

Capacité de l'éjecteur Hogging	350 SCFM @ 10 " Hg
Capacité de l'éjecteur de maintien	15 SCFM @ 1 " Hg

Temps requis pour créer un vide complet pour éjecter un éjecteur lors du démarrage	30 min.
Limite sonore	85 dB(A)

I.5.12. Chaudière auxiliaire :

I.5.12.1. Fonctionnement :

La fonction de la chaudière auxiliaire est de fournir les besoins en vapeur auxiliaire lors du démarrage et le fonctionnement à faible charge de l'installation.

La chaudière auxiliaire doit fournir de la vapeur à la turbine du presse-étoupe et à l'usine de dessalement.

I.5.13.2. Paramètre :

Tableau I.8 : Les paramètres de chaudière.

Nombre de chaudières	Deux (2) Nos (c.-à-d. 2x100 %)
Type	Deux tambours, circulation naturelle, fond de tube d'eau soutenu
Carburant	Gaz naturel et fioul
Conditions de vapeur à la sortie S / H	Conception : 25 bar (g)
Fonctionnement	20,5 bar (g)
Température de sortie de la chaudière	225 ± 5°C
Débit de vapeur de chaudière	8 tph
Température de l'eau d'alimentation	105°C
Température de retour du condensat	Environ. 73,5 ° C
Débit de retour de condensat	8 tph

Eau d'appoint	Système de demi d'eau
Capacité quotidienne de réservoir de mazout	6 m ³
Projet de système	Projet forcé

I.5.13. Pompes à circulation d'eau :

I.5.13.1. Fonctionnement :

-La principale fonction de la pompe de circulation d'eau est d'alimenter en eau froide le condenseur de surface à vapeur pour absorber la chaleur du cycle. Chaque ligne de refoulement de la pompe à eau en circulation est équipée d'une soupape papillon à moteur.

Un nombre de filtres à débris est fourni dans chaque ligne avant d'entrer dans le condenseur.

-Deux (i.e. 2x50%) pompes de circulation d'eau sont prévues pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

I.5.14. Échangeur de chaleur :

I.5.14.1. Fonctionnement :

-La fonction de l'échangeur de chaleur à plaques d'eau de refroidissement fermé est de transférer la chaleur absorbée par le circuit d'eau de refroidissement fermé au système de refroidissement auxiliaire à l'eau de mer.

-L'eau DM est passée du côté primaire de l'échangeur de chaleur à plaques et l'eau de mer est passée du côté secondaire de l'échangeur de chaleur à plaques. Ceci est un échangeur de chaleur de type à contre-courant.

-Deux échangeurs de chaleur à plaques d'eau de refroidissement fermé sont prévus pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

I.5.14.2. Paramètre :

Échangeur de chaleur à eau de refroidissement fermé (Type de plaque) :

Tableau I.9 : Paramètre échangeur de chaleur à eau de refroidissement fermé (Type de plaque).

Pression de conception	9.8 bar (g)
------------------------	-------------

Code de conception	ASME VIII Div.1 + API 662
Fluide circulé	Fluide chaud : Eau de refroidissement à cycle fermé (Eau DM passivée)
Fluide froid	Eau de refroidissement auxiliaire (eau de refroidissement du condenseur)

I.6. Les stations :

I.6.1. Station de pompage :

L'eau de mer est amenée à l'intérieur de la centrale à travers 4 tuyaux de 2300mm diamètre. Le tuyau d'admission est relié au puisard d'admission commun d'eau de mer.

La pompe d'eau en circulation (de capacité de 2x50% par unité) injectera l'eau de mer au condenseur, et les pompes d'alimentation de la station de dessalement (de capacité 2x100%) injecteront l'eau à la station de dessalement. **Figure I.11**



Figure I.11 : Déshumidification station de pompage et traitement d'eau

I.6.2. Station d'électro chloration :

Le système d'électro chloration produit de l'hypochlorite de sodium NaClO par l'électrolyse d'eau de mer. **Figure I.12**

Le système comporte deux (2) x 100% générateurs d'hypochlorite et les équipements associés.

Le tout sera dimensionné pour une capacité de production de chlorure de 70 kg/h d'équivalent de l'hypochlorite de sodium. Le système sera dimensionné pour le dosage d'un débit d'eau de mer de 107150 m³/h à 0,5 mg/l en continu, avec les fonctionnalités de dosage de choc à 4 mg/l pendant une période de 10 minutes toutes les huit heures.

Ce système est géré par un système d'automatisation fiable et redondant à base d'un API modulaire ALLEN-BRADLEY.

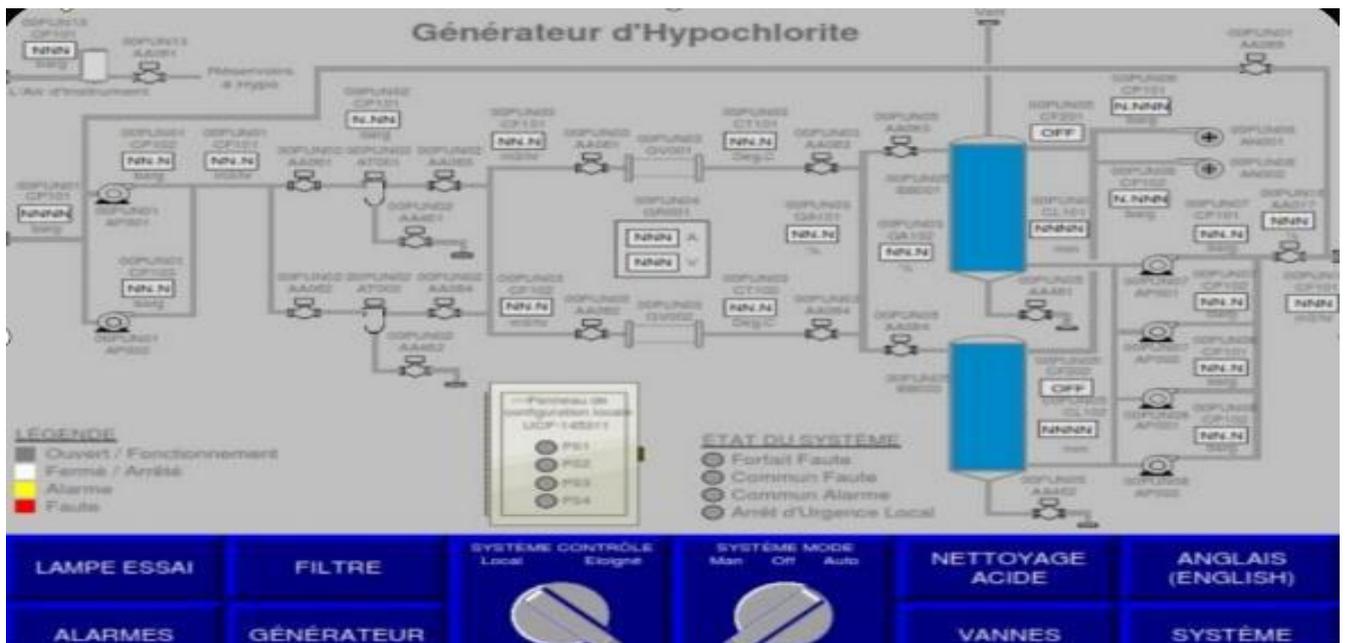


Figure I.12 : Système d hypochlorite

I.6.3. Station de dessalement :

La station de dessalement comprend deux unités qui peuvent être actionnées dans une seule configuration (une seule unité en fonctionnement). **Figure I.13**

Les unités sont disposées selon le "type à Effet Multiple avec compression thermique de vapeur, chaque unité comprend trois cellules (effets) disposées dans un corps évaporateur. Les unités de dessalement de RAS DJINET sont conçues pour une sortie de distillat nette de 1100 m³/jour chacune.

L'eau dessalée produite sera stockée dans deux réservoirs à la pression atmosphériques d'une capacité de 2800 m³ chacun.



Figure I.13 : Une station de dessalement

I.6.3.1. Réservoir de stockage d'eau dessalée :

a. Fonctionnement :

La principale fonction du réservoir de stockage d'eau dessalée est de stocker l'eau dessalée pour l'approvisionnement en eau de l'usine d'eau DM, du système d'eau de service et du système d'eau d'incendie.

b. Paramètre :

Tableau I.10. : le paramètre de réservoir de stockage d'eau dessalée.

Type	Cylindrique vertical
Capacité	2800 m3
Quantité	Deux (2)

I.6.4. Station déminéralisation :

L'eau dessalée provenant du système de dessalement passera au système de déminéralisation, pour produire de l'eau déminéralisée pour alimenter la chaudière.

La déminéralisation se fait au moyen de 2 ensembles d'échangeurs à lits mixtes, un en service et l'autre en réserve.

Les résines de l'échangeur sont régénérées en utilisant de HCl et NaOH.

La station de déminéralisation comprend aussi :

- ❖ Un système de reminéralisations (Eau potable).
- ❖ Un système de reminéralisations (Eau de service).

Le système est géré par un système d'automatisation fiable et redondant à base d'un automate programmable modulaire SIEMENS S7-400.

I.6.5. Station d'Hydrogène H2 :

La station H2 est un système tout-hydrogène composé de 2 lignes comprenant chacune : - Un électrolyseur d'eau d'une :

- ❖ Capacité de 11,25 Nm³/h d'H₂
- ❖ D'une pureté jusqu'à 99,998 %
- ❖ D'une pression de 10-20 bars (g).

I.6.6. Station d'air comprimé :

L'air comprimé requis par la centrale est produit dans une station d'air Comprimé centralisée, composée de 2 compresseurs à vis Kobelco Série KNW 2 x100% (1 en fonctionnement normal et 1 en de secours), à partir de laquelle l'air est distribué aux différents utilisateurs. Pression de sortie : 9,71 bars (g).

Débit de sortie : 1160 Nm³/h.

Température de sortie : 50 ° C.

La station d'air comprimé fournit : - l'air instrument (filtré, séché, et déshuilé) - l'air de service (filtré)

Le PLC standard utilisé dans le compresseur KNW série est ALLENBRADLEY MicroLogix 1500.

I.7. Les postes :

I.7.1. Poste gaz :

Fonctionnement :

La station d'approvisionnement en gaz naturel (NGSS) est le processus de conditionnement du gaz qui fournit du gaz naturel à un certain niveau de propreté, de pression et de température pour répondre aux critères d'exploitation et de conception du principal utilisateur de gaz naturel (Turbine à gaz/GT). Ce processus est nécessaire pour s'assurer que les aérosols, la condensation d'eau libre et les particules solides ne seront pas présents dans les systèmes de transmission ou de distribution de gaz aux principaux utilisateurs.

Les principaux composants du système d'alimentation en gaz combustible sont :

- Soupape d'arrêt d'urgence.
- Tambour d'élimination.
- Patin de mesure de gaz combustible.
- Filtres d'entrée de gaz combustible.
- Compresseurs de gaz combustible.
- Chauffe-gaz au point de rosée.
- Station de réduction de pression.
- Chauffe-eau à gaz combustible.
- Filtre final.

I.7.2. Poste fuel :

Fonctionnement :

La fonction du réservoir de stockage de mazout est de stocker du mazout pour (Turbine à gaz / GT). Le mazout est utilisé comme carburant alternatif pour les turbines à gaz.

Paramètre :

Tableau I.11 : Les paramètres de réservoirs de stockage de mazout

Type	Cylindrique vertical
Capacité	20000 m ³
Norme de conception	API 650
Quantité	Deux (2)

I.7.3. Poste d'eau :Fonctionnement :

La fonction principale du réservoir de stockage de l'eau déminéralisée est de stocker l'eau déminéralisée pour l'appoint du cycle de puissance, l'appoint de la chaudière auxiliaire, l'appoint DMCW, l'appoint de l'usine de génération d'hydrogène et le lavage du compresseur GT.

Paramètre :

Tableau I.12 : Les paramètres de réservoir de stockage d'eau.

Type	Cylindrique vertical
Capacité	800 m3
Quantité	Deux (2)

I.7.4. Poste GIS 400 KV :

Le GIS assure la liaison électrique de la centrale avec le réseau. Il combine des appareils de connexion tels que le disjoncteur 400KV, le sectionneur et le sectionneur de terre, etc., des dispositifs de détection des courants anormaux tels que le TC, TP, employé dans le système de protection, et les jeux de barres.

I.8. Conclusion :

Avec une puissance de 1131.1 MW la centrale à cycle combiné de Ras Djinet va jouer un rôle principal dans la stabilité de réseau national dans les années à venir.

Grâce à la combinaison des deux cycles, nous avons un bien meilleur rendement qui se rapproche des 60%, tandis que :

Le cycle eau/vapeur seul ne dépasse les 40%, la turbine à gaz plafonne aux alentours de 35%.

Donc les centrales CC en général et celle de Cap Djinet en particulier seront des solutions économiques pour la SPE.

En fin elle sera une école de formation ouverte pour les ingénieurs CC De SPE.

CHAPITRE II :

Fonctionnement Et Technologie De La Pompe CWP

II.1. Introduction :

Nous appelons pompe toute machine véhiculant un fluide qui échange de l'énergie avec un ensemble mécanique dans lequel le fluide s'écoule.

Une pompe est interposée entre deux enceintes, renfermant le même fluide à des pressions différentes ou encore à des niveaux géométriques différents. Ainsi le rôle principal de la machine, consiste à augmenter la pression du fluide qui se traduit par la transformation de l'énergie mécanique, fournie par un moteur en énergie hydraulique [2].

Les pompes de circulation d'eau de mer CWP sert à fournir :

- 1) L'eau froide au condenseur de surface de vapeur pour absorber la chaleur depuis le cycle de puissance, et ensuite pour rejeter l'eau chaude à la mer en se servant du système d'eau de refroidissement.
- 2) L'eau de mer froide aux échangeurs thermiques d'eau de refroidissement **en circuit fermé** à travers le système de tuyaux d'eau de refroidissement auxiliaire pour absorber la chaleur depuis les refroidisseurs auxiliaires.
- 3) L'eau à la station de dessalement, d'électrochloration et aux pompes de rétro-lavage du système d'admission d'eau de mer.

II.2. Le system d'admission d'eau de mer :

L'eau de mer est amenée à l'intérieur de la centrale (station de pompage) à travers 4 tuyaux d'admission de 2300mm diamètre. Le tuyau d'admission est relié au puisard d'admission commun d'eau de mer. L'eau est passée par 4 unités de **grilles à barreaux** (00PBB01/02/03/04AT001) et 4 **filtres à tamis rotatif** (00PBB01/02/03/04AT002) avant l'admission au bief commun. **Figure II.1**

Les grilles à barreaux auront une taille d'ouverture de 50 mm et les tamis rotatifs auront une taille d'ouverture de 5mm.

Pour permettre l'entretien, des poutrelles avec guides sont fournies :

- a) Les poutrelles pour les tuyaux d'admission (00PBB00AB001/002/003/004/005)
- b) La poutrelle à l'entrée de grille à barreaux (00PBB00AB006)

c) Les poutrelles à la sortie du tamis rotatif (00PBB00AB007)

d) La poutrelle à l'entrée de la chambre de pompage (00PBB00AB008/009)

Deux unités de pompes de rétro-lavages (de capacité 2x100%) sont fournies pour évacuer le débris à partir des tamis rotatifs et du dégrilleur.

Les débris recueillis des filtres à tamis rotatif et du dégrilleur sont acheminés vers un canal et mis dans une trémie qui doit être dégagé de façon manuelle.

Un branchement de la pompe de rétrolavage sera utilisé pour cette opération de rinçage. Quatre conteneurs sont fournis pour rassembler le débris.

L'eau de mer entrera dans le compartiment de cale commun à travers les grilles à barreaux et les filtres à tamis rotatif. Il y aura 7 unités de **chambres de pompage**, qui sont identiques en ce qui concerne les dimensions. De ces 7 chambres, 6 chambres sont utilisées pour 6 pompes d'eau en circulation, et la septième chambre pour installer les pompes d'alimentation de dessalement de capacité de 2x100%.

La pompe d'eau en circulation (de capacité de 2x50% par unité) injectera l'eau de mer au condenseur, et les pompes d'alimentation de la station de dessalement (de capacité 2x100%) injecteront l'eau à la station de dessalement.

Pour empêcher toute croissance des algues dans le canal d'admission d'eau de mer, on se sert de **chlore dosé** dans les tuyaux d'admission d'eau de mer, et à l'admission de grilles à barreaux. À cet effet, on se sert de **la station d'électrochloration** et l'eau de mer est ramenée à partir du collecteur de décharge des pompes d'eau en circulation.

II.3. Le system circulation d'eau mer : [6]

L'eau de refroidissement sera injectée par les pompes **d'eau en circulation** installées dans la chambre de pompage de la station des pompes d'admission d'eau de mer. Il y a six pompes fournies pour toutes les trois tranches.

Les pompes (de capacité 2x50%) sont fournies pour chaque unité. La pompe de secours n'est pas considérée dans cette conception.

Une **vanne papillon** de décharge à échappement rapide (actionnée par moteur), se situe au côté de décharge de chaque pompe d'eau en circulation.

Chaque pompe d'eau en circulation pourrait être isolée indépendamment à travers les **vannes de décharge** qui seront fermées à chaque arrêt d'une de ces pompes.

Lorsque la pompe d'eau en circulation est démarrée, les vannes de décharge respective s'ouvrent de manière automatique. Au cas où d'un déclanchement /arrêt ; les vannes de décharge

correspondantes se ferment de manière automatique. Le temps de parcours de vanne de décharge de la condition « entièrement ouverte » à la condition « fermée » est de **54 secondes**, cela réduit l'impact des pointes de pression engendrée par le phénomène de coups de bélier.

Les tuyaux de décharge de pompes d'eau en circulation (de capacité 2x50%) sont reliés pour former un collecteur commun. Trois **collecteurs communs** portent l'eau depuis la zone de la pompe d'eau en circulation au condenseur de chaque unité. Les condenseurs sont conçus en tant que « **axial exhaust single Shell type** » avec deux systèmes de passage d'eau. Le collecteur, près du bâtiment de turbine à gaz (salle des machines), est de nouveau divisé en deux avant d'entrer au **condenseur**. Chaque ligne d'alimentation est munie d'une **vanne papillon** actionnée par moteur. Une unité de **filtre à débris** est fournie dans chaque ligne avant l'entrée au condenseur.

Une fois passé le condenseur, les deux lignes sont reliées pour former un collecteur commun. Trois collecteurs indépendants sont amenés depuis chacune des condenseurs d'unité et reliés au **bassin de siphon** par unité et depuis l'eau est envoyée à la mer à travers les canaux par unité. Il y aura un branchement en aval du filtre de débris pour fournir l'eau de mer aux **échangeurs thermiques du type plaque** du système d'eau de refroidissement auxiliaire (ACW). L'eau est retournée à la ligne d'eau en circulation en aval de la vanne d'isolation de sortie de condenseur.



Figure II.1 : Station De Pompage RDJ2

II.4. Classification Des Pompes :

Les pompes sont des machines hydrauliques qui servent à déplacer le liquide, au point de vue physique. Toutes les pompes sont divisées en deux classes principales selon le mode de fonctionnement [32].

- ◆ Les pompes volumétriques
- ◆ Les turbo-pompes

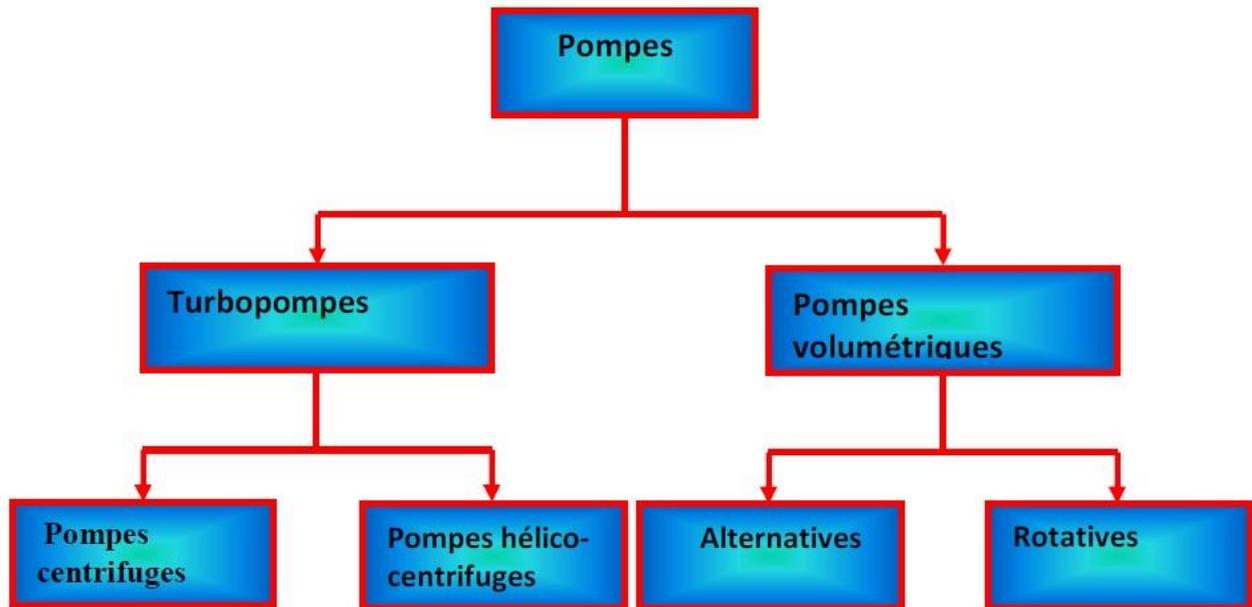


Figure II.2 : Classification Des Pompes

II.4.1. Les pompes volumétriques :

Elles utilisent la variation de volume pour déplacer le fluide. Le rendement volumétrique est le rapport entre le volume réellement aspiré et le volume engendré. Et les pompes volumétriques sont divisées en deux classes. Les pompes volumétriques rotatives et à piston [33].

II.4.1.1. Pompes volumétriques rotatives :

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement [34].

II.4.1.2. Pompes volumétriques alternatives :

Son principe est d'utiliser un piston qui effectue un mouvement rectiligne dans un cylindre, Ces déplacements alternatives dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Ces pompes sont à simple ou à double effet.

II.4.2. Les Turbo-Pompes :

Il existe en générale deux types de turbopompes :

- Les pompes centrifuges.
- Les pompes hélico centrifuges.

II.4.2.1. Les pompes centrifuges :

On appelle pompe centrifuge une machine entraînée par un moteur électrique est destiné à faire véhiculer un liquide, et a pour but de transformer l'énergie mécanique au l'énergie hydraulique. Les pompes centrifuges présentent de nombreux avantages par rapport à les pompes volumétriques [33].

II.4.2.2. Les hélico centrifuges :

La roue composée de plusieurs aubes à double courbure dont les deux arrêtes sont inclinées par rapport à l'axe de rotation.

II.5. La Pompe à Eau de Circulation CWP : [7]

Pompe à débit mixte, fosse humide verticale - type non extractible

Veillez-vous référer au "Plan de disposition de l'équipement" et au "Dessin en coupe" pour les formes, les dimensions et structures de cette pompe.

Cette pompe a été fabriquée avec un contrôle de qualité strict et a été conçue pour démontrer efficacité maximale pendant le fonctionnement.

En particulier, la roue qui est la partie la plus critique a été conçue sur la base des trois théories dimensionnelles de la lame pour obtenir un rendement élevé avec un minimum de perte. Une attention particulière a également été portée aux domaines d'exploitation et d'entretien. Les parties coulissantes du corps tournant qui sont soumises à l'usure sont remplaçables. Il n'y a pas de difficultés de fonctionnement, cependant, il faut veiller à ce que la pompe elle-même et le pipeline est toujours rempli d'eau.

Le conducteur est un moteur. Pour une compréhension complète du moteur, veuillez lire attentivement le moteur manuel d'instructions et se familiariser avec elle. Après avoir lu attentivement ce manuel d'instructions de la pompe, assurez-vous de toujours

faire fonctionner l'unité de pompe garder à l'esprit le fonctionnement de l'ensemble de l'installation plutôt que le seul fonctionnement de la pompe seule.

II.6. Technologie de la pompe CWP :[8]

II.6.1. Caractéristiques techniques de la pompe :

Tableau II.1 : Ce tableau signifie les nécessaires caractéristiques de la pompe CWP

<i>Nom de l'équipement</i>	<i>Pompe d'eau de circulation CIRCULATING WATER PUMP (CWP)</i>		
<i>Fluide de service</i>	<i>L'eau de mer SEA WATER</i>	<i>Capacité</i>	<i>18,000 m³/hr</i>
<i>Modèle</i>	<i>1350 VK</i>	<i>Hauteur totale</i>	<i>23 m</i>
<i>Type de pompe</i>	<i>Vertical VERTICAL</i>	<i>Vitesse</i>	<i>423 rpm</i>
<i>Equipement No</i>	<i>Se référer à la note REFER TO NOTE</i>	<i>Puissance</i>	<i>1600 Kw</i>
<i>No. Serie</i>	<i>Se référer à la note REFER TO NOTE</i>	<i>Flux minimum</i>	<i>12,500 m³/hr</i>
<i>Liquide SP. GR</i>	<i>1.03</i>	<i>Flux maximum</i>	<i>25,200 m³/hr</i>
<i>Poids de pompe</i>	<i>43.710 KG</i>	<i>Date de fabrication</i>	<i>2014.07</i>

II.6.1.1. Pièces de corps de la pompe CWP :

Cette pompe est à arbre vertical, pompe à débit mixte. Veuillez-vous référer au Dessin d'Arrangement Général (ou à la Disposition Dessin) et Dessin en coupe pour la forme, les dimensions et la structure de cette pompe. Cet ensemble de pompe (CWP) se compose du corps de pompe, des pièces rotatives, de la base de la pompe, du socle du moteur et autres parties.

Figure II.3

Le corps de la pompe est composé du bol de décharge, des tuyaux de colonne, de la colonne de support et de la décharge tête comme pièces contenant la pression. Et la cloche d'aspiration et

le piédestal du moteur qui soutiennent le moteur mais n'est pas une pièce contenant de la pression peut également être classé comme le corps de pompe.

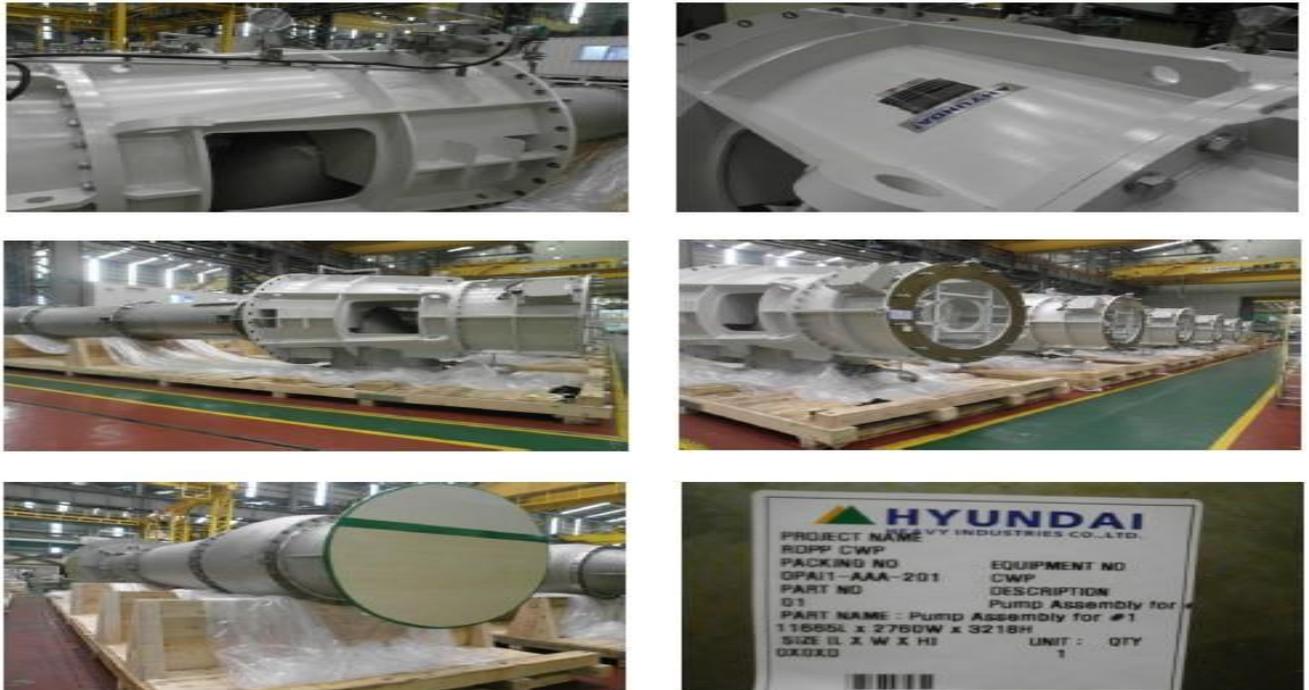


Figure II.3 : La pompe CWP Avant Le Montage

II.6.1.1.1. Cloche d'aspiration :

La cloche d'aspiration est moulée avec ASTM 890 CD4MCuN (Duplex S.S.) et situé au bas de la pompe. **Figure II.4**

Il est conçu pour guider le flux dans l'entrée de la roue à aubes afin d'obtenir un modèle d'écoulement lisse maximum.

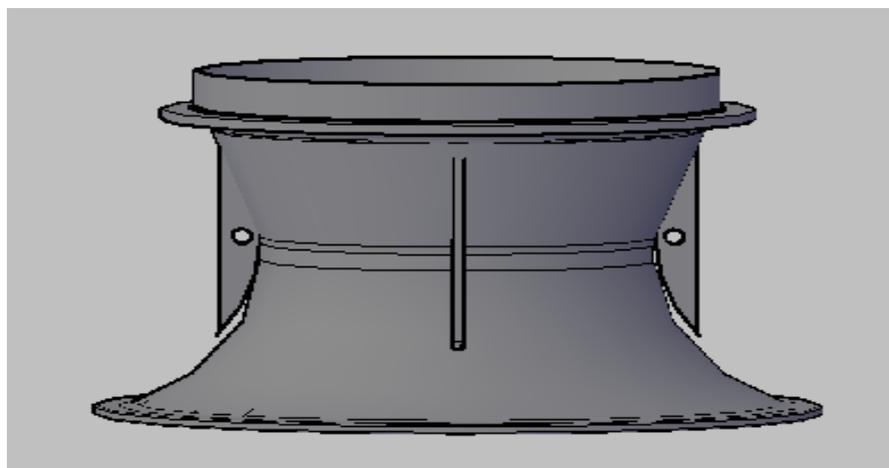


Figure II.4 : Cloche d'aspiration ASTM 890 CD4MCuN

II.6.1.1.2. Cuvette de décharge :

Le bol de décharge est moulé avec ASTM A890 CD4MCuN (Duplex S.S.) et situé entre la cloche d'aspiration et tuyau de colonne inférieur. **Figure II.5**

Il contient le roulement adapté au palier manchon / boîtier et le bagues d'enveloppe.

Le bol de décharge est conçu pour une conversion efficace de la pression et du changement de sens d'écoulement de la décharge d'eau de la roue.

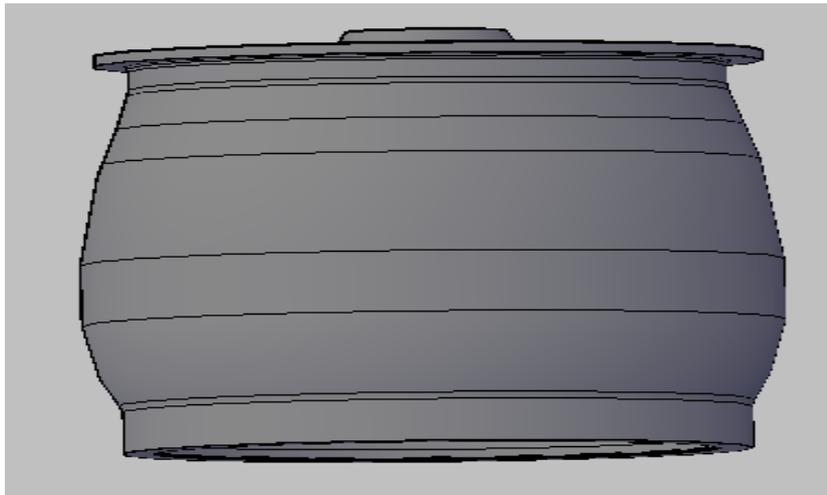


Figure II.5 : Cuvette de décharge ASTM A890 CD4MCuN

II.6.1.1.3. Tuyaux de colonne :

Les tuyaux de colonne sont fabriqués avec ASTM A240 S31803 (Duplex S.S) et situés entre les bols de décharge et colonne de support (ou tête de décharge). **Figure II.6**

Les tuyaux de colonne sont classés comme inférieurs et supérieurs.

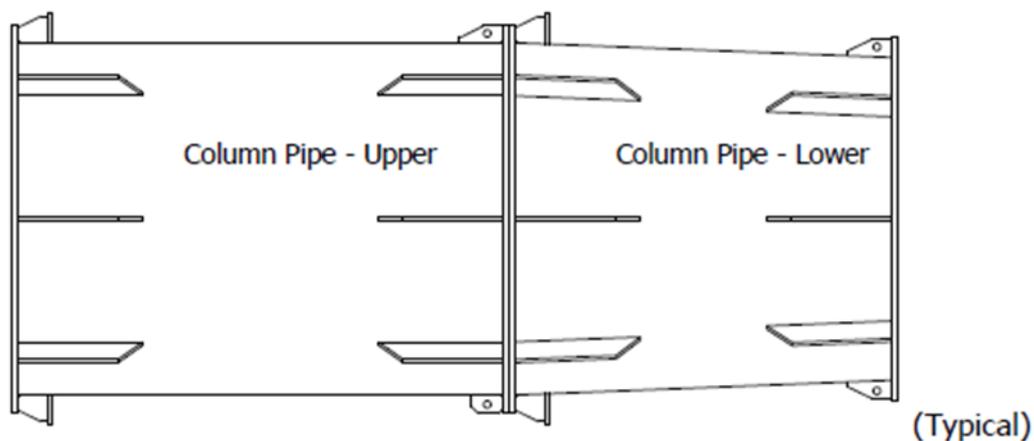


Figure II.6 : Tuyaux de colonne ASTM A240 S31803

II.6.1.1.4. Colonne de support :

La colonne de support est également fabriquée selon la norme ASTM A240 S31803 (Duplex S.s.) et située entre le tuyau de colonne supérieur et la tête de décharge. **Figure II.7**

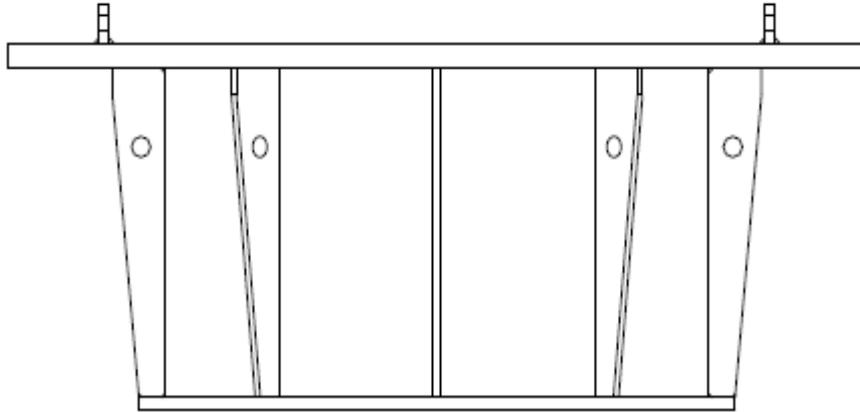


Figure II.7 : Colonne de support ASTM A240 S31803

II.6.1.1.5. Tête de décharge :

La tête de décharge est fabriquée avec ASTM A240S31803 (Duplex S.S) et ASTM A36 pour les nervures. Et il est situé sur la base de la pompe et la colonne de support (ou tuyau de colonne). **Figure II.8**

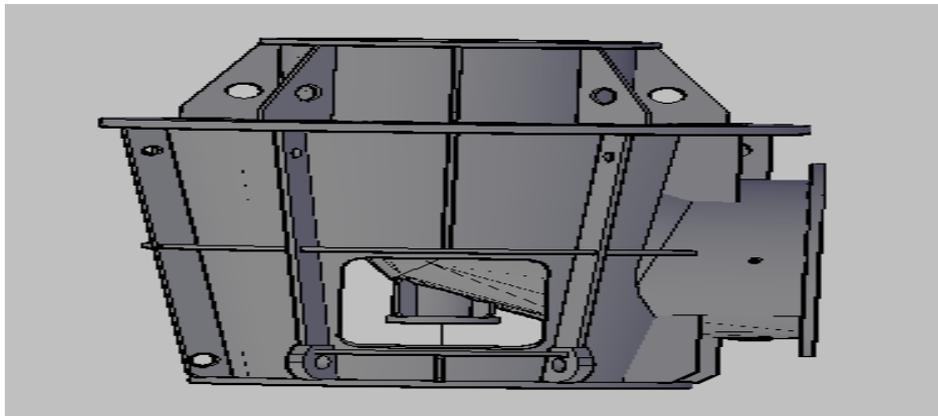


Figure II.8 : Une Tête de décharge

La tête de décharge est conçue comme section incurvée pour décharger l'eau au spécifié direction.

La buse de décharge est conçue comme le type de bride pour la connexion avec la tuyauterie et les brides du système sont scellés par un anneau en caoutchouc.

Le presse-étoupe est assemblé sur la tête de décharge et l'emballage du presse-étoupe est inséré dans le presse-étoupe pour éviter les fuites d'eau de pompage.

II.6.1.1.6. Socle Moteur : Figure II.9

Le piédestal du moteur est une structure en acier soudé rigide offrant une rigidité et une résistance suffisantes interface entre la pompe et le moteur. Le socle moteur est conçu pour un accès facile aux pièces critiques y compris l'accouplement flexible, palier de butée sans démontage du moteur.

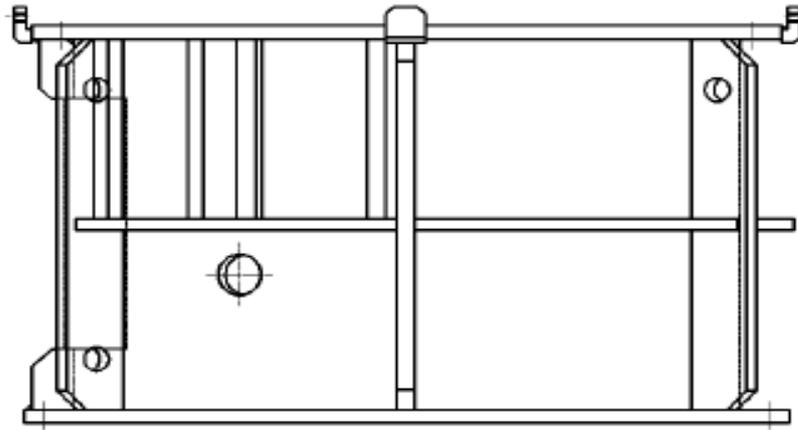


Figure II.9 : Une Socle Du Moteur

II.6.1.1.7. Pièces tournantes :**II.6.1.1.7.1. Arbre :**

Les arbres sont usinés avec ASTM A270 S31803 (Duplex SS) et utilisé pour transmettre la force motrice du moteur au roue de pompe. Les arbres sont situés au centre de la pompe, et sont supportés par les paliers inférieurs et supérieurs montés dans le bol de décharge, les tuyaux de colonne, la colonne de support et tête de décharge. Le palier de butée de type à coussinet inclinable prend également en charge l'arbre supérieur radialement et axialement.

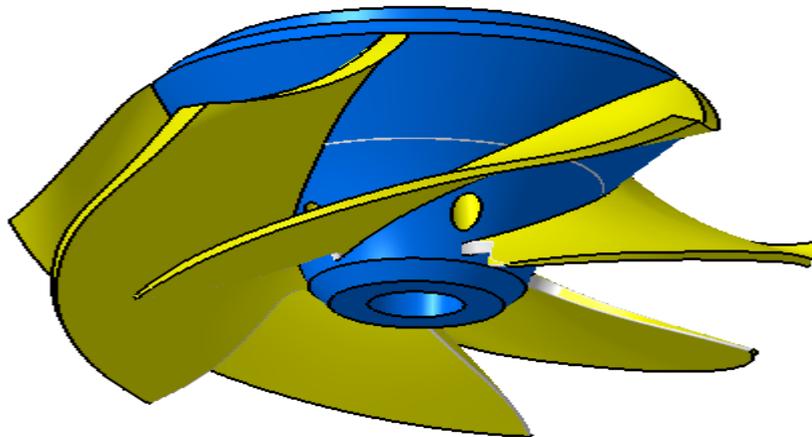


Figure II.10 : La roue à type ouvert

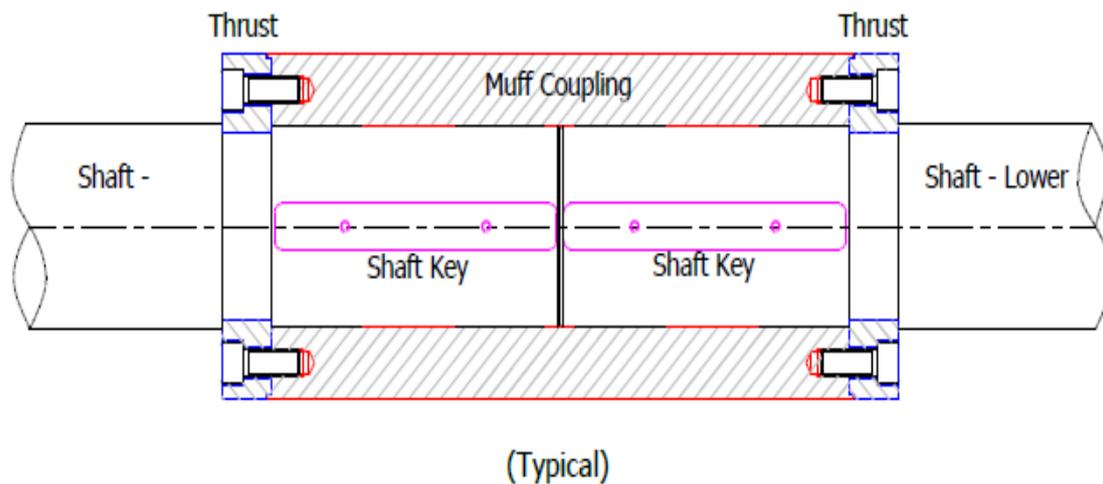
II.6.1.1.7.2. Roue :

La turbine à aspiration unique est moulée avec ASTM A890 CD4MCuN (Duplex SS) et assemblée avec anneaux de roue. Et la roue est fixée avec l'arbre inférieur à l'aide d'une clé et maintenue en position sur arbre par capuchon de roue.

La roue est de type ouvert, de construction monobloc et est équilibrée dynamiquement.

Figure II.10**II.6.1.1.7.3. Manchon d'accouplement :**

L'accouplement de manchon avec les colliers de poussée afin de connecter deux arbres est utilisé pour cette pompe. Ce type l'accouplement présente l'avantage d'une maintenance facile.

Figure II.11**Figure II.11 : Manchon D'accouplement****II.6.1.1.7.4. Accouplement à engrenages flexibles :**

L'arbre du moteur est relié à l'arbre supérieur par l'accouplement à engrenages flexible. Cette pompe est entraînée par le moteur via cet accouplement.

※ La poussée hydraulique de la pompe, y compris le poids des éléments rotatifs, est supportée par le palier de butée qui est installé sur la pompe.

II.6.1.1.8. Base de la pompe :

La base de la pompe est fixée rigidement par des boulons de fondation et sa face inférieure doit être jointoyée.

II.6.1.1.9. Autres parties :

II.6.1.1.9.1. Palier manchon :

Les rainures à l'intérieur de ce roulement aident à la lubrification et empêchent le colmatage. Ils sont installés avec les boîtiers de roulement au bol de décharge, aux tuyaux de colonne, à la colonne de support et au presse-étoupe.

Les paliers à manchon sont renouvelables et lubrifiés par le liquide pompé et sont fournis avec Type ACM L7/G.

II.6.1.1.9.2 Manchon d'arbre :

Les manchons d'arbre sont du type remplaçable et maintenus en position sur l'arbre de la pompe à l'aide de la clé de douille et vis de réglage.

II.6.1.1.9.3 Palier de butée :

Des patins basculants pour pousser (support axial) et des patins basculants pour guidage (support radial) sont utilisés pour la poussée porteur de ce projet. En d'autres termes, nous pouvons également appeler ce type "pad inclinable combiné vertical roulement". L'eau de pompage de la décharge de la pompe est utilisée pour le refroidissement du palier de butée **Figure II.12** en tant que fluide de refroidissement.

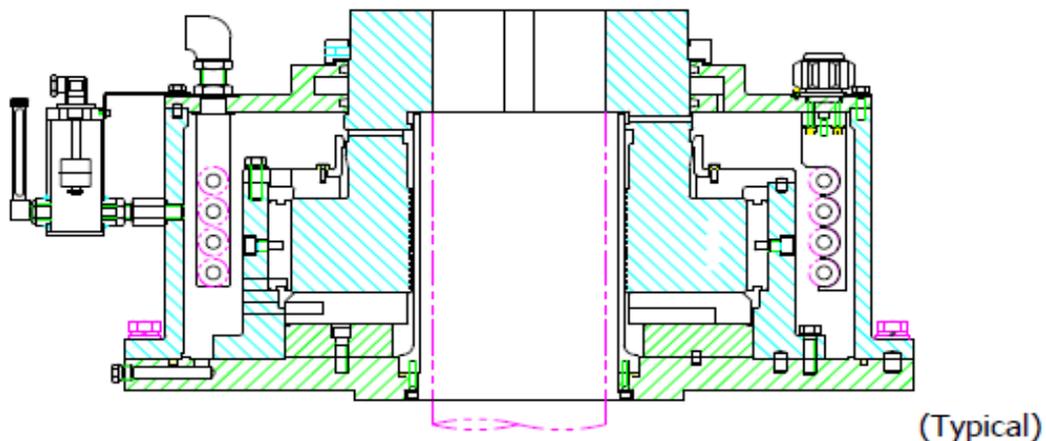


Figure II.12 : Un Palier de butée

II.6.1.1.9.4. Soupape d'aération :

La soupape d'aération est située en haut du coude dans la tête de décharge afin d'évacuer l'air de la pompe pendant le démarrage et remplisse l'air dans le système de tuyauterie à l'état de vide lorsque la pompe est arrêtée pour certaines raisons.

II.6.1.1.9.5. Joint de dilatation (le cas échéant) :

Le joint de dilatation est un type à soufflet unique et un ensemble de joint de dilatation sera installé entre chaque bride de décharge de la pompe à eau de refroidissement et la tuyauterie de l'usine. **Figure II.13**

Le joint de dilatation est conçu comme un type à vide complet et a une bride à face plate. Pour le fonctionnement et l'entretien, veuillez-vous référer au manuel ci-joint.

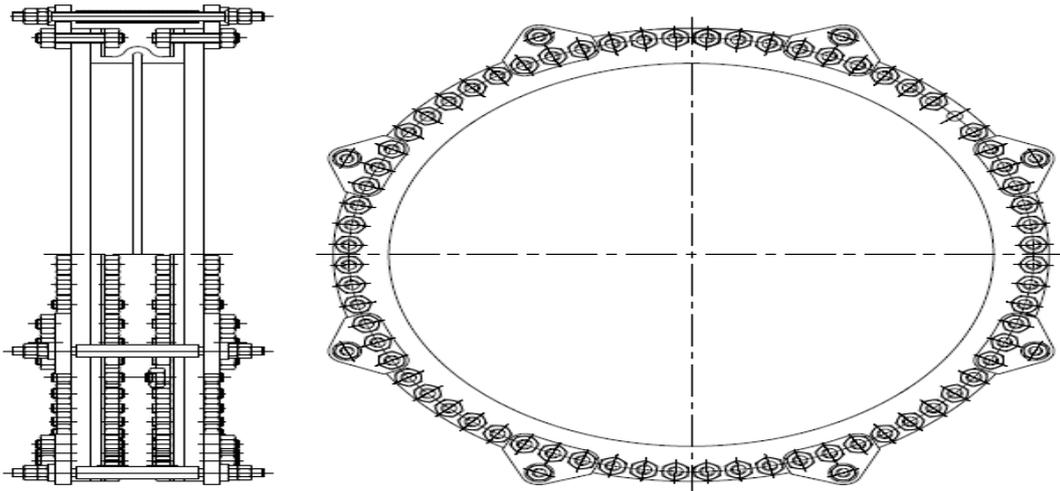


Figure II.13 : Joint De Dilatation

II.6.1.1.9.6. Indicateur de pression (PI) (le cas échéant) :

L'indicateur de pression (PI) est situé au niveau de la bride de refoulement de la pompe et il est utilisé pour la surveillance de la pompe pression de décharge au démarrage et au fonctionnement. **Figure II.14**

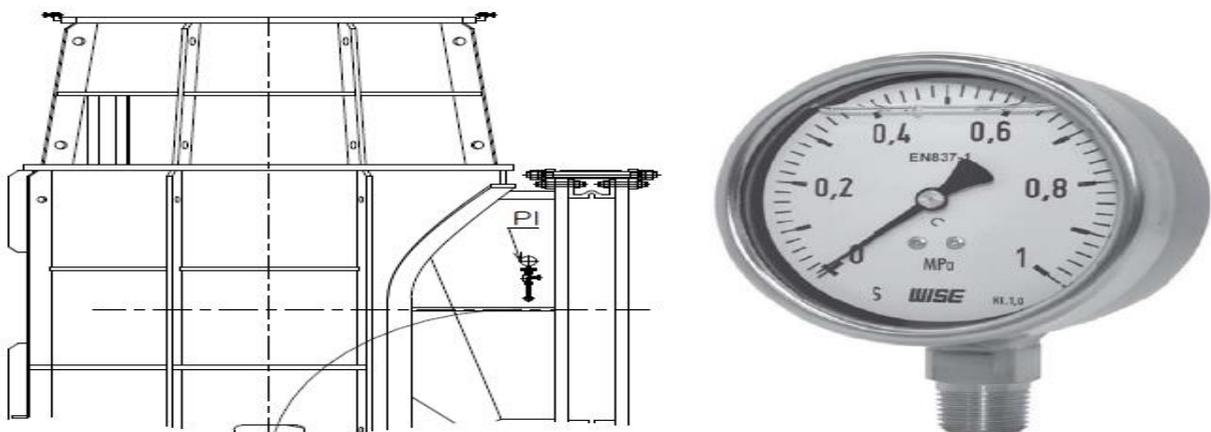


Figure II.14 : L'Indicateur De Pression

II.6.2. Courbe de performance de la pompe : [9]

Tableau II.2 : le tableau represente la performance de la pompe CWP

PROJET	CENTRALE À CYCLE COMBINÉ RAS DJINET				ITEM	50/60/70PAC11/12 AP001			
					Non.				
SERVICE	POMPE À EAU DE CIRCULATION				LIQUIDE	EAU DE MER	VIS C.	Cp	
					SP. GR.	1.03			TEMP.
POMPE	1350VK				Q (m ³ /hr)	H (m)	RPM	BHP (kW)	P.EFF (%)
MODÈLE					18,000	23.0	423	1365	85
NPSHa (m)	14.0 (at Imp. Datum)	TYPE DE CONDUCTEUR	MOTEUR	TENSION	Hz	PHASE	PÔLE	(KW) 1,600	
NPSHr (m)	8.8 (at Imp. Datum)								
				6,000	50	3	14		

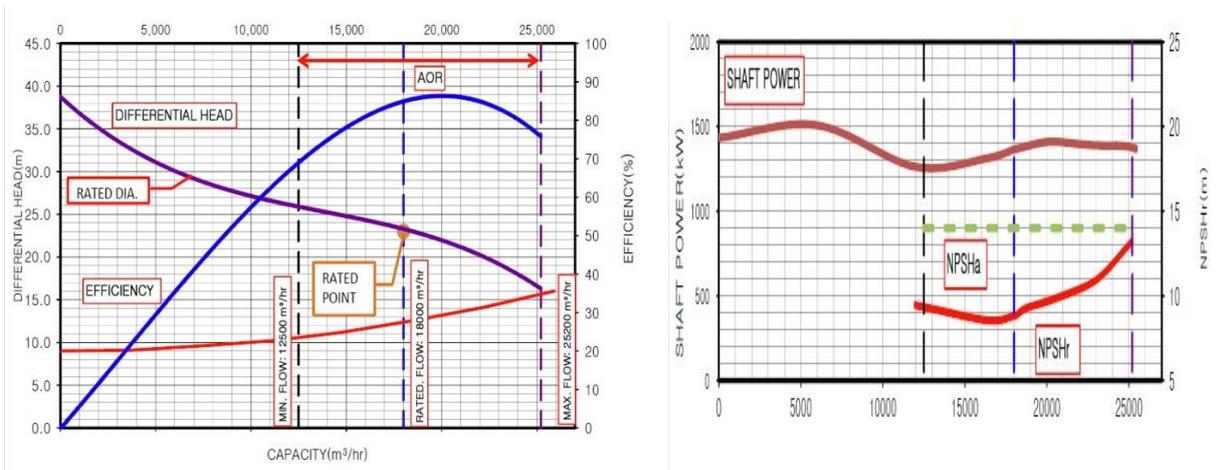


Figure II.15 : Courbe de performance de la pompe CWP

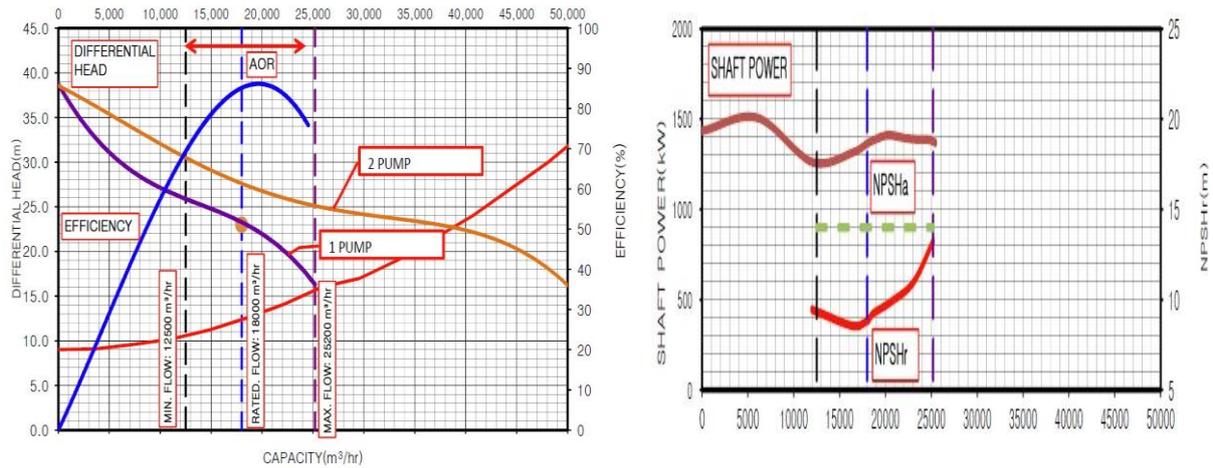


Figure II.16 : Courbe de performance de la pompe CWP

II.6.3. Caractéristiques techniques du moteur d'entrainement de la pompe CWP :[10]

II.6.3.1. Spécification Générale :

Tableau II.3 : les spécifications du moteur

Taille de Cadre	630
Type	HRQ3 639-58Y
Enceinte (Protection)	TEAAC (IP 55)
Méthode de Refroidissement	IC611
Fréquence Nominale	50 Hz
Nombre de Phases	3
Classe d'isolation	■ F ■ B ■ H
Hausse de Température à pleine charge (par méthode de résistance)	
À 1.0 S.F	75 deg.C
Emplacement du Moteur	■ Intérieur ■ Extérieur
Altitude	Moins que 1000 mètres
Humidité Relative	Moins que 100 %
Temp. Ambiante	45 deg.C (Max)
Type de Service	Continu (S1)
Facteur de Service	1.0
Montage	■ B3 ■ B5 ■ V1 ■ V10
Type	ContreI-Friction

<i>Roulement</i>	<i>DE/N-DE</i>	<i>6048C3 / 7338B</i>
	<i>Lubrifiant</i>	<i>GRASA</i>
<i>Poussée Externe</i>		<i>Not applicable</i>
<i>Méthode d'Accouplement</i>		■ <i>Direct</i> ■ <i>Courroie trapézoïdale</i>
<i>Bout d'Arbre</i>		■ <i>Simple</i> ■ <i>Double</i>
<i>Boîte à Bornes</i>	<i>Principale</i>	■ <i>Acier</i> ■ <i>Fonte</i>
	<i>Aux.</i>	■ <i>Oui</i> ■ <i>Non</i>
<i>Rotation (Vue à partir de DE)</i>		■ <i>CW</i> ■ <i>CCW</i> ■ <i>BI-Direction</i>
<i>Application</i>		<i>CWP</i>
<i>Classification de zone</i>		<i>Non Dangereux</i>
<i>Type d'Ex-Protection</i>		<i>N/A</i>
<i>Norme Applicable</i>		<i>IEC, NEMA, IEEE, ANSI</i>

II.6.3.2. Données De Performance :

Tableau II.4 : Données de performance du moteur

<i>Puissance Nominale</i>		<i>1600 kW</i>
<i>Nombre de Pole</i>		<i>14</i>
<i>Type de Rotor</i>		<i>Squirrel Cage</i>
<i>Méthode de Démarrage*</i>		<i>D.O.L</i>
<i>Tension Nominale</i>		<i>6000 V</i>
<i>Courant</i>	<i>Pleine Charge</i>	<i>219.0 A</i>
	<i>Rotor bloqué**</i>	<i>550 %</i>
<i>Efficacité</i>	<i>Charge de 25%</i>	<i>89.0 %</i>
	<i>Charge de 50%</i>	<i>94.0 %</i>
	<i>Charge de 75%</i>	<i>94.7 %</i>
	<i>Charge de 100%</i>	<i>95.0 %</i>

<i>Facteur de Puissance (p.u)</i>	<i>Charge de 25%</i>	<i>0.32 %</i>
	<i>Charge de 50%</i>	<i>0.53 %</i>
	<i>Charge de 75%</i>	<i>0.66 %</i>
	<i>Charge de 100%</i>	<i>0.74 %</i>
<i>Vitesse à Pleine Charge</i>		<i>425 Tr/min</i>
<i>Couple</i>		
<i>Pleine Charge</i>		<i>3,666.8 kg·m</i>
<i>Rotor bloqué**</i>		<i>70 %</i>
<i>Claquage**</i>		<i>210 %</i>
<i>Moment d'Inertie (J)</i>		
<i>Charge</i>		<i>470.75 kg·m²</i>
<i>Moteur</i>		<i>512 kg·m²</i>
<i>Niveau de Pression du Son (A vide et valeur moyenne à 1m de moteur)</i>		
		<i>82 dB(A)</i>
<i>Vibration</i>		<i>3 mm/s(peak)</i>
<i>Nombre permis de démarrages consécutifs</i>		<i>Froid 3 times</i>
		<i>Chaud 2 times</i>
<i>Peinture</i>	<i>No. de RAL</i>	<i>7032</i>

II.6.3.3. Les Accessoires :

- 1) Détecteur de Temp. D'enroulement (Pt 100 Ω, Double) : 6ea/Moteur
- 2) Détecteur de Temp. D'enroulement (Pt 100 Ω, Double) : 1ea/Roulement
- 3) Indicateur de Temp. D'enroulement (Type de cadran - Type sans contact) : 1ea/Roulement
- 4) Indicateur de Temp. D'Air (Type de cadran-Type avec contact) : 2ea/Moteur
- 5) Appareil de chauffage : 1Phase, 230V, 800W

- 6) DCT (1000/1A, 25VA, 5P20, 50kA/1sec, $R_{ct} \leq 14.5\Omega$) : 3ea/Moteur
- 7) Capteur de Vibration (Bently Nevada, 330525, Velomitor, X-Y P) : 2ea/roulement
- 8) Phase Clé (Bently Nevada, 3300 XL) : 1ea/Moteur
- 9) Vis de Montage : 1set/Moteur
- 10) Capteur d'inverser la rotation : 1set/Moteur

II.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu le principe de fonctionnement, la courbe de performance les différents éléments et les caractéristiques techniques de la pompe d'eau de mer CWP.

Et Nous avons vu aussi les Caractéristiques techniques, données de performances et accessoires du moteur d'entraînement de la pompe d'eau de mer CWP

CHAPITRE III

Analyse Vibratoire Par Maintenance Conditionnel, Pompe CWP

III-MAINTENANCE DE LA POMPE :

III.1. Introduction :

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d’assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l’incessant développement technologique, à l’apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n’a plus aujourd’hui comme seul objectif de réparer l’outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l’activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

III .2. Définition : [11]

La maintenance est définie comme étant :<< l’ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans état spécifié ou en mesure d’assurer un service déterminé>>.

Maintenir, c’est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, etc.) qui permettant de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. Bien maintenir, c’est assurer ces opérations au cout global minimum.

III.3. Différents types de la maintenance : [11]

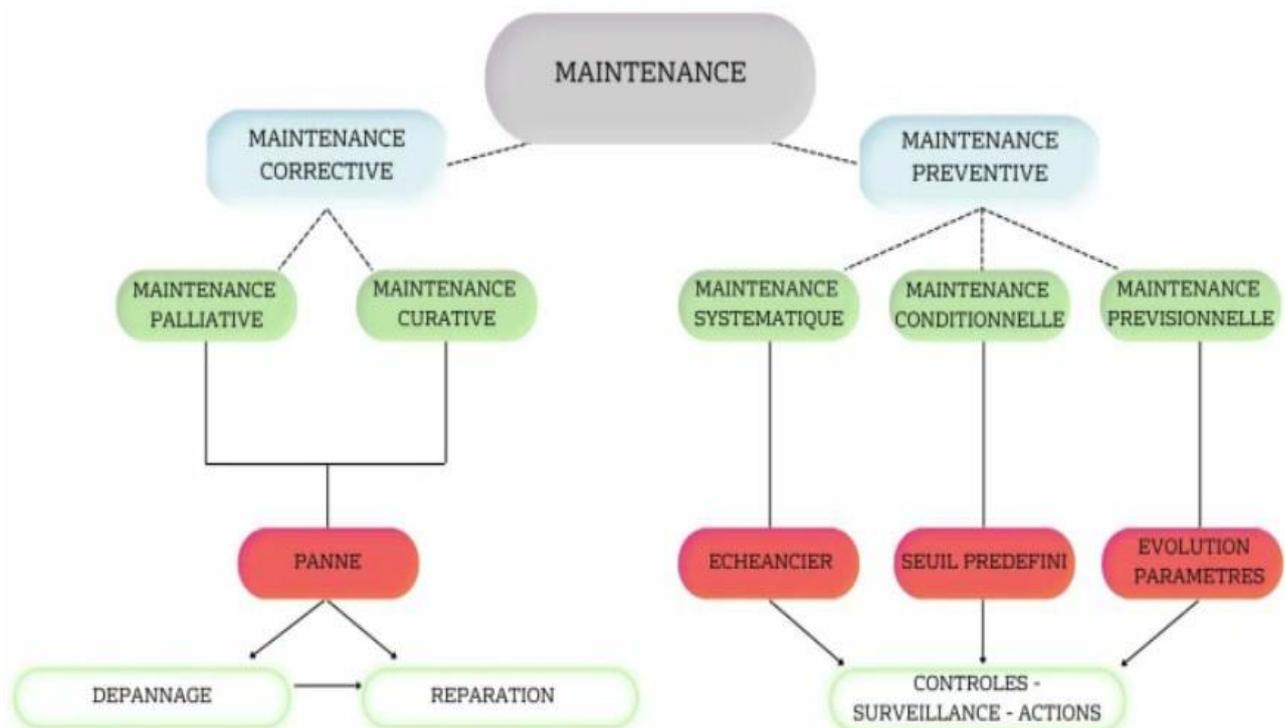


Figure III.1 : Organigramme de la politique de maintenance

III.3.1 Maintenance préventive :

La maintenance préventive (d'après la norme AFNOR X 60-010) :

« Maintenance effectuées dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu ».

C'est une intervention de maintenance prévue, préparé et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

III.3.1.1. But de la maintenance préventive :

Les but de la maintenance préventive sont :

- Augmenter la durée de vie matérielle.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêts en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et prévoir les interventions de maintenance corrective coûteuse.
- Eviter les consommations anormales d'énergie du lubrifiant.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Faciliter les coûts de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

A- Les opérations de la maintenance préventive :

1)-Inspection : Activité de surveillance consistant à relever périodiquement les anomalies et à exécuter les réglages simples.

2)-Contrôle : Il correspond à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivi d'un jugement.

Remarque : Le contrôle peut :

- ✚ Comporter une activité d'information
- ✚ Inclure une décision (acceptation, rejet).
- ✚ Déboucher sur des actions correctives.

3)-Visite : Consiste en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite général) ou partie (visite limité) des différents éléments d'un bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance de ce niveau 4.

B- Avantages et inconvénients :

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénient</i>
-Bonne préparation de la maintenance. -Durée d'immobilisation du matériel minimisée. -Coûts directe et indirecte acceptable. -Bonne révision des besoins (pièces, personnel...).	-Frais de gestion de stocks important. -Préparation et planification nécessite un budget important.

III.3.1.2. La maintenance préventive systématique :

D'après "AFNOR" : "maintenance préventive effectuer selon un échéancier, établie suivent le temps ou le nombre d'unité d'usage".

But :

- ❖ Inspection périodique.
- ❖ Les interventions planifiées.
- ❖ Révisions partielles.
- ❖ Révisions générales.

Cas d'application : Elle peut être applique dans les cas suivants :

- ❖ Les équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves.
- ❖ Les équipements dont l'arrêt peut durer longtemps.

III.3.1.3. La maintenance préventive conditionnelle :

D'après "AFNOR" : " maintenance subordonnée à un type d'événement près détermine au diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure".

C'est une maintenance conditionne par des appareils de mesures, elle permet d'assurer le suivi continue du matériel en service et de prévenir les défaillances attendues.

Cas d'application :

- Centrale de surveillance des stations nucléaire.
- Le niveau et la qualité d'huile.
- Les paramètres physiques.
- Tension et intensité des matériels électrique.

III.3.2. Maintenance corrective :

D'après "AFNOR" :

"Opération de maintenance effectué après détection d'une défaillance"

C'est une maintenance qui s'effectue après une défaillance. La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaire à son utilisation les défauts, pannes ou défaillance diverses exigeant une maintenance corrective entraînant une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés. Ou/et une dépréciation en quantité ou/et en qualité des services rendus.

But :

- ❖ Minimiser les coûts indirects
- ❖ Contrebuter à assurer la production prévue et améliorer la qualité des opérations.
- ❖ Optimiser le temps de l'immobilisation du matériel.
- ❖ Maintenir le potentielle du matériel.
- ❖ Assurer la continuité de la fabrication.
- ❖ Maintenir de stock des pièces de rechange pour répondre à ces besoins de telle

Façon et éviter tout stock mort et toute rupture de stock.

III.3.2.1. Les opérations de la maintenance corrective :

a) -Détection : Action de déceler au moyen d'une surveillance accrue - continu ou non l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant.

b) -Localisation : Action conduisant à rechercher précisément l'élément ou les éléments par lequel ou pour lesquelles la défaillance se manifeste.

c) -Diagnostic : Identification de la cause de la ou des défaillances à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

d)-Dépannage : Action sur un bien en panne, en vue de le remettre provisoirement en état de fonctionnement.

Remarque : Compte tenu de l’objectif, une action de dépannage peut s’accommoder du résultat provisoire, dans le cas, il sera suivi d’une réparation.

e) -Réparation : Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance.

Remarque : Cette réparation correspond à une remise à l’état définitive de l’équipement.

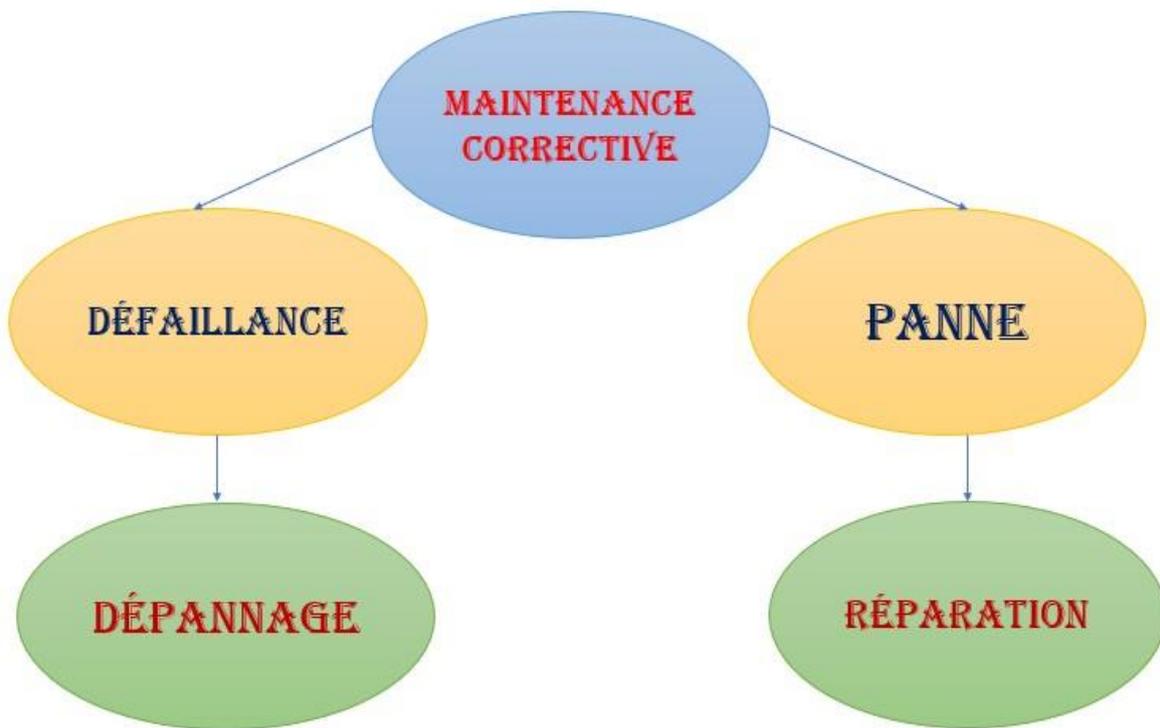


Figure III.2 : Schéma de la maintenance corrective

➤ Avantages et inconvénients :

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénient</i>
<ul style="list-style-type: none"> - budget de maintenance moyen. - Minimise les coûts directs. - Les frais de gestion de stock moins important. 	<ul style="list-style-type: none"> - les temps d'arrêts et d'interventions sont relativement longs. - Coût indirect élevé. - Achat de pièces de rechange a prix élevé.

III.3.2.2. Cas d'application de la maintenance corrective :

Cette maintenance est appliquée quand les conséquences ne sont pas graves.

III.3.3. Les cinq niveaux de la maintenance : [12]

(D'après la norme AFNOR X 60 011).

Les cinq niveaux normalisés sont donnés à titre indicatif pour servir de guide et leur utilisation pratique est recommandée les partenaires selon le type de bien à maintenir.

Une politique de maintenance bien définie, doit clairement identifier les niveaux de maintenance réalisés à l'intérieure de l'entreprise et ceux confiés à des entreprises de sous-traitante ou à des constructeurs. Ils permettent en outre d'identifier le niveau de diagnostique auquel on s'intéresse.

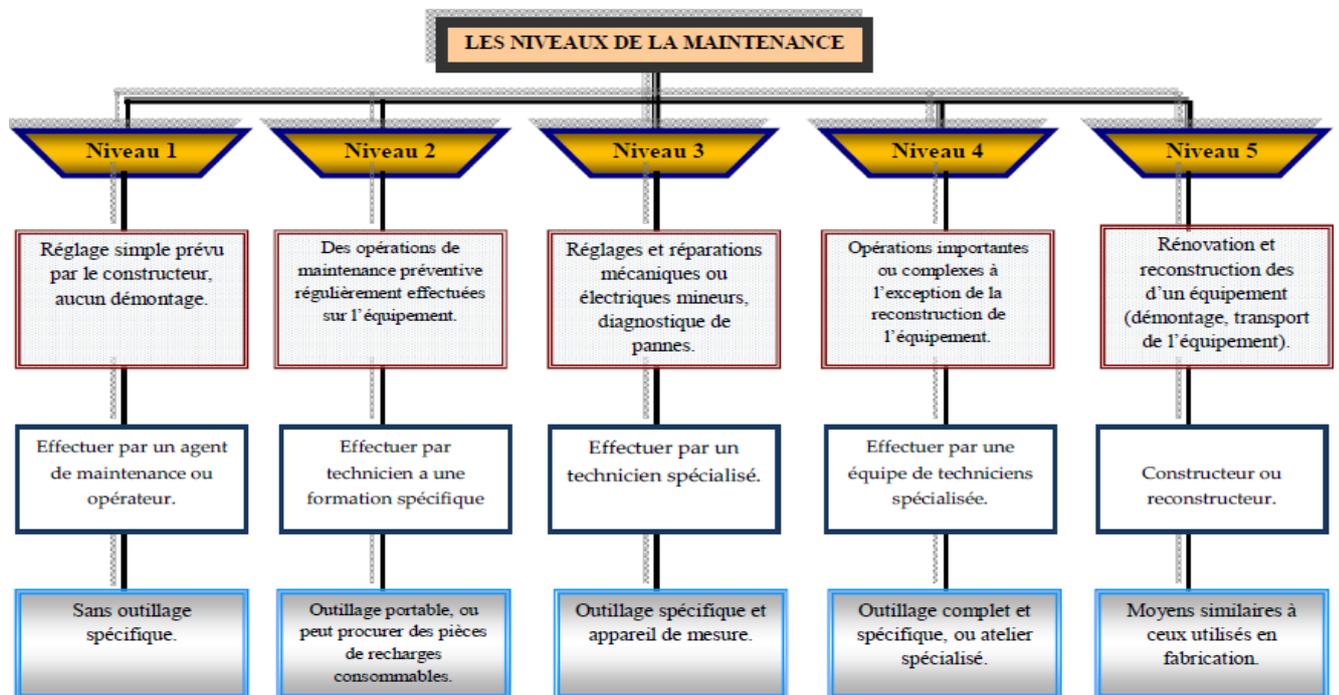


Figure III.3 : L'organigramme des Niveaux de la Maintenance

III.3.4. Les différents types de la maintenance conditionnelles :

La surveillance d'un système est assurée en relevant périodiquement un indicateur d'état de dégradation (ou de performance). Il existe plusieurs techniques d'analyse telle que l'analyse vibratoire, l'émission acoustique, la thermographie et l'analyse des huiles et des lubrifiants et la **Figure III.4** montre le pourcentage d'utilisation de ces techniques.

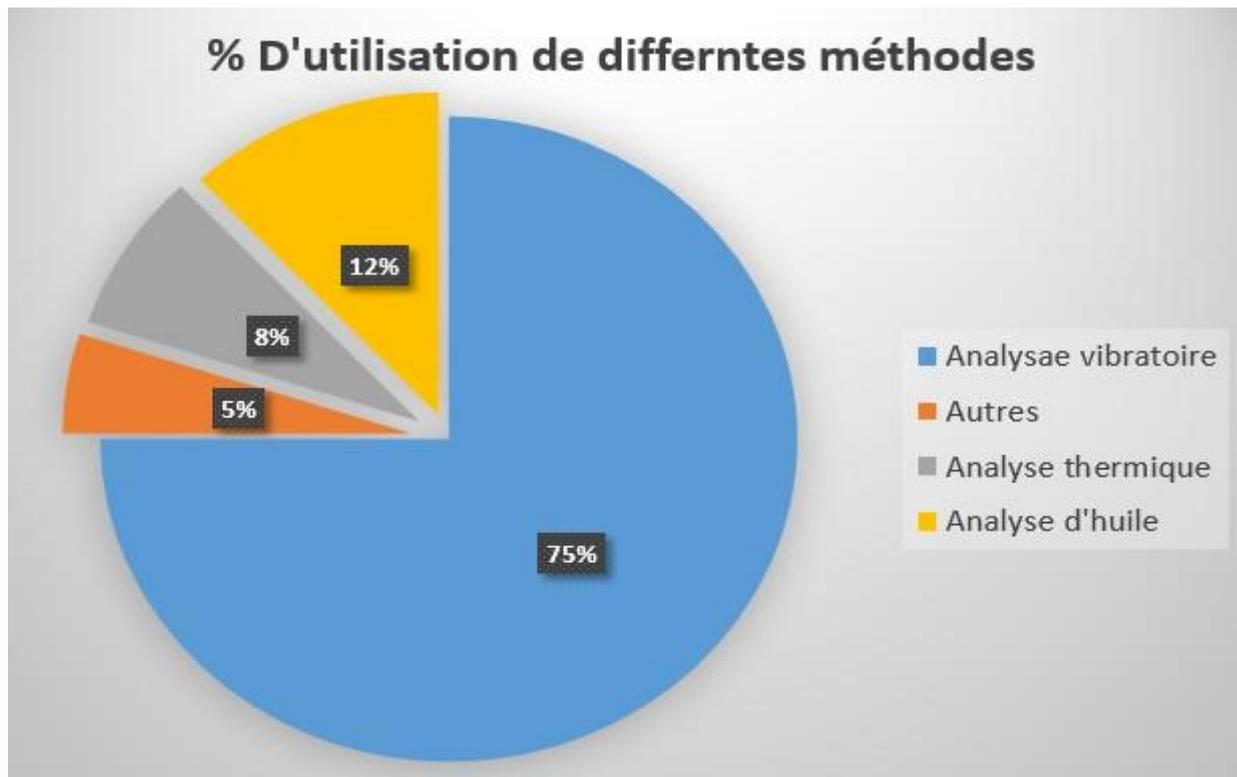


Figure III.4 : Pourcentage des différents paramètres mesurés à la maintenance conditionnelle

Le choix de l'indicateur dépend du type de machine à étudier et du type de défaillance que l'on souhaite détecter. Pour les machines tournantes, un indicateur de type vibratoire permet de détecter la plupart des défauts. On établit une courbe d'évolution de l'indicateur au cours du temps. Sur cette courbe, on définit différents seuils correspondant à un niveau d'alerte, à une alarme, à un niveau de défaillance. Ces niveaux sont établis soit par expérience soit en appliquant une norme.

Dans la suite, on expliquera les techniques de la maintenance conditionnelle [13]

❖ **L'analyse vibratoire :**

Elle est la plus connue et la plus largement utilisée car adaptée aux des composants mécaniques et aux machines industrielles en fonctionnement. Elle permet de détecter la majorité des défauts susceptibles d'apparaître dans les machines tournantes.

❖ **L'analyse d'huile :**

Elle est appliquée à toutes les machines contenant des fluides de lubrification (réducteurs, motoréducteurs, moteurs thermiques...). Elle consiste à prélever un échantillon d'huile et de l'analyser (particules d'usure) pour déduire l'état de l'équipement.

❖ **La thermographie infrarouge :**

Elle suscite un intérêt encore récent dans le domaine de la maintenance jusqu'alors réservée au contrôle d'installations électriques. Elle est peu utilisée pour la surveillance des machines tournantes notamment pour la détection de défauts qui se manifestent par un échauffement anormal à la surface de l'équipement. La thermographie permet de réaliser des mesures à distances et d'obtenir instantanément une image thermique de la zone inspectée.

❖ **L'analyse acoustique :**

Elle permet de détecter tout bruit anormal à l'aide de microphones placés à distance de l'équipement.

❖ **Le contrôle par ultrasons :**

Il permet de détecter des défauts de faibles amplitudes à hautes fréquences tels que l'initiation de la dégradation d'un roulement.

III.3.5. Choix de techniques d'analyse :

Tableau III.1 : Techniques d'analyse de l'état d'une machine tournante.

	Principaux avantages	Principales limitations	Champ d'applications privilégié
Analyser Vibratoire	<ul style="list-style-type: none"> -Détection de défauts à un stade précoce. - Possibilité de réaliser un diagnostic approfondi. -Autorise une surveillance continue. Permet de surveiller L'équipement à distance (Télémaintenance) 	<ul style="list-style-type: none"> -Spectres parfois difficiles à interpréter - Dans le cas de la surveillance continue, installations relativement coûteuses 	<ul style="list-style-type: none"> -Détection des défauts de tous les organes cinématiques de la machine (balourd, défauts d'alignement, jeux, etc.) et de sa structure

<p>Analyse D'huile</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Détection d'une pollution anormale du lubrifiant, avant que celle-ci n'entraîne une usure ou un échauffement. - Possibilité de connaître l'origine de l'anomalie par analyse des particules 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne permet pas de localiser précisément le défaut. - Nécessite de prendre de nombreuses précautions dans le prélèvement de l'échantillon 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle des propriétés Physico-chimiques du lubrifiant, détection d'un manque de lubrification, analyse des éléments d'usure
<p>Thermographie IR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de réaliser un contrôle rapide de l'installation. Interprétation souvent immédiate des résultats. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de défauts à un stade moins précoce que l'analyse vibratoire. - Contrôle limité à ce que "voit" la caméra (échauffements desurface). - Ne permet pas de réaliser un diagnostic approfondi 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de tous les défauts d'engendrant un échauffement (manque de lubrification en particulier).
<p>Analyse acoustique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de détecter l'apparition de défauts audibles. - Autorise une surveillance continue. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilité au bruitambiant. - Diagnostic souventdifficile à réaliser. -Problèmes de répétabilité des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection d'un bruit inhabituel pouvant ensuite être analysé par analyse vibratoire

Il n'existe pas de méthode universelle permettant de détecter, de manière assez précoce tous les types de défauts que l'on est susceptible de rencontrer sur une machine tournante mais la combinaison et l'association de plusieurs méthodes permet un diagnostic plus fiable et plus rapide.

La surveillance des machines ne se limite pas juste à détecter la présence d'un défaut, mais il est aussi nécessaire de pouvoir réaliser un diagnostic approfondi pour le localiser précisément et quantifier sa sévérité. L'analyse vibratoire est une technique qui permet de réaliser ce diagnostic. Pour plus de précision, le diagnostic par analyse vibratoire nécessite d'étudier :

- ❖ Les valeurs du niveau global des vibrations.
- ❖ Les contenus fréquentiels des signaux à l'aide d'outils sophistiqués du traitement de signal.

III.4. L'opération de la pompe de refroidissement (CWP) : [7]

III.4.1 Introductions :

Les pompes Verticales à Eau de Mer (CWP) font partie intégrante du système dans lequel elles sont installées et ils doivent effectuer leurs travaux fonctionnels pour le système. Par conséquent, les instructions suivantes doivent être lues conjointement avec le mode d'emploi du système.

III.4.2 Contrôles préalables au démarrage :

III.4.2.1 Assurez-vous que toutes les connexions électriques telles que l'alimentation du moteur est correctement effectuées et que toutes les fonctions sont satisfaisantes.

III.4.2.2 Vérifier que tous les instruments sont correctement installés et que tout le câblage et la tuyauterie associés sont sécurisés.

Reportez-vous à Aux. Dessin de tuyauterie et schéma de câblage du moteur.

III.4.2.3 Il est particulièrement nécessaire de confirmer l'ouverture ou la fermeture des vannes dans la disposition de la tuyauterie de la pompe unité : Toutes les vannes doivent être en position d'ouverture, sauf la ligne de dérivation.

Reportez-vous au dessin d'approbation (diagramme P&I, etc.) fourni à l'entrepreneur.

III.4.2.4 Les manchons peuvent être endommagés ou l'emballage peut être surchauffé si l'emballage du presse-étoupe est serré excessivement ou déséquilibré par la glande, serrez la glande assez lâchement au début.

III.4.2.5 Vérifier le niveau d'eau de la fosse d'aspiration de la pompe. La pompe n'est pas autorisée à fonctionner lorsque le niveau d'eau de la fosse d'aspiration est inférieur à la submersion minimale proposée.

Reportez-vous au DESSIN D'AGENCEMENT GÉNÉRAL (ou au dessin d'agencement).

III.4.2.6 Vérifier la disposition d'admission du pompage de l'eau de refroidissement.

III.4.2.7 Vérifiez le niveau d'huile du palier de butée de la pompe ; Remplissez l'huile spécifiée et assurez-vous que la partie supérieure le palier du moteur (CWP) et le palier de butée de la pompe sont remplis d'huile et le palier inférieur du moteur est rempli de graisse.

III.4.2.8 Effectuer le contrôle de prédémarrage du moteur d'entraînement de la pompe comme indiqué dans les instructions du fabricant.

(Veuillez garder à l'esprit que l'accouplement d'engrenage du côté moteur doit être fixé pendant l'essai en solo du moteur.)

III.4.2.9 Lorsque l'accouplement pompe/moteur est déconnecté, mettre sous tension l'alimentation électrique du moteur d'entraînement et démarrez-le momentanément pour vérifier que le sens de rotation est correct.

Une fois terminé, isolez l'alimentation électrique du moteur.

Il doit être vu dans le sens horaire depuis le haut du moteur.

III.4.2.10 Raccorder le raccord de la pompe.

III.4.2.11 Avant de démarrer la pompe pour la première fois après l'installation ou la révision, tournez la pompe à la main (par méthodes appropriées), au niveau de l'accouplement, pour assurer la liberté de rotation.

III.4.2.12 Le rapport de fermeture de la soupape de décharge doit être suivi conformément au schéma logique correspondant dessin.

III.4.2.13 Vérifier le serrage des tiges de commande et des boulons du joint de dilatation avant l'essai de charge et/ou mise en service.

AVERTISSEMENT :

N'essayez pas de mettre en service CWP sans serrer les tiges de commande et les boulons selon le dessin du joint de dilatation. Sinon, cela pourrait entraîner des dommages sur la pompe.

III.4.2.14 Rétablir l'alimentation électrique des moteurs d'entraînement (moteur principal CWP).

III.4.2.15 La soupape de décharge principale doit être en parfait état de fermeture. En fait, le démarrage de CWP doit être effectué après que la soupape de décharge soit ouverte correctement (à environ 15% d'ouverture, qui doit être ajustée en fait en fonction de la résistance du système au moment de la mise en service).

Emplacement de la Vanne	Ouvert ou Fermé
<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Les vannes du pressostat (PS) du système de refroidissement / lubrification (si, applicable)</i> ○ <i>Les valves d'une crépine de deux crépines</i> ○ <i>Les valves de l'autre crépine (stanby) de deux crépines</i> ○ <i>Valve de l'indicateur de pression CWP dischare (gauge)</i> 	<p><i>Ouvrir</i> <i>Ouvrir</i> <i>Fermé</i> <i>Ouvrir</i></p>

* Reportez-vous au diagramme P & I pour les positions des vannes (“ouvert” ou “fermé”).

AVERTISSEMENT :

La rotation du conducteur doit être vérifiée avant de constituer l'accouplement. Assurez-vous que la rotation de la pompe et du conducteur coïncident avant le démarrage ; dommages réels à l'équipement et une blessure au personnel pourrait résulter du mauvais fonctionnement de l'unité dans la mauvaise direction.

PRÉCAUTION :

Les presse-étoupes ne doivent pas se serrer au point où la fuite de l'emballage est arrêtée. Une petite quantité de fuite est nécessaire pour la lubrification de l'emballage. La fermeture des fuites de l'emballage entraîne la combustion de l'emballage et d'un manchon d'emballage. Mouillez l'emballage de la glande par de l'eau avant le démarrage de la pompe pour éviter les brûlures dues au chauffage causé par sec.

III.4.3 Démarrage :

III.4.3.1 S'assurer que toutes les vérifications préalables au démarrage énumérées à la section 4.2 ont été effectuées.

III.4.3.2 Assurez-vous que l'accouplement d'engrenage est correctement rempli de la graisse spécifiée conformément à l'engrenage le dessin d'accouplement et l'alignement de l'accouplement d'engrenage entre le côté de la pompe et du moteur doivent être vérifié dans sa tolérance.

PRÉCAUTION :

Assurez-vous que les joints toriques sont correctement assemblés conformément au manuel d'accouplement et dessin.

III.4.3.3 Ouvrir quelque peu la soupape de décharge (ouverture d'environ 15%, cependant, la valeur exacte doit être vérifié et confirmé par les opérateurs ou les ingénieurs de l'usine). Si la rotation inverse de CWP se produit après s'ouvrant légèrement, l'ouverture de la soupape de décharge doit être réduite et ajustée correctement de sorte que la roue ne tourne pas en sens inverse.

(Après avoir confirmé que le système est rempli, ouvrez la soupape de décharge.)

III.4.3.4 Puis démarrez le moteur d'entraînement de la pompe.

III.4.3.5 Ouvrir la vanne de décharge pour une pompe à 100% ouverture de la vanne en douceur. La vanne doit être mise en marche pour s'ouvrir simultanément avec le démarrage du moteur pour plus d'ouverture.

III.4.3.6 Vérifier que les réchauffeurs anti-condensation du moteur d'entraînement se sont automatiquement éteints pour chaque pompe.

AVERTISSEMENT :

L'opération d'arrêt par intension ne doit pas être acceptée, car l'opération d'arrêt fait augmenter les vibrations plus élevées de la pompe / du moteur et la pompe / le moteur peut en souffrir gravement des dommages.

III.4.3.7 Vérifier le suivi pendant le fonctionnement :

(1) Laissez la pompe atteindre sa pleine vitesse, puis effectuez un contrôle visuel de tous les joints, etc. pour les fuites.

(2) Vérifiez le débit d'eau dans le verre à vue du palier de butée de la pompe et / ou du palier submergé.

(3) L'emballage de presse-étoupe ne doit pas être trop serré ou inégalement. L'emballage doit être serré correctement de sorte qu'une petite quantité d'eau s'échappe de la glande.

(4) Vérifiez s'il n'y a pas de bruit et/ou de vibrations excessives.

Si de l'air ou des corps étrangers pénètrent dans la pompe, ou s'il y a un changement du point de fonctionnement ou un mauvais fonctionnement et le défaut des vannes dans la conduite de refoulement, tout bruit et / ou vibration indue se produira et la pompe la pression de décharge variera considérablement ou le compteur de courant du moteur variera soudainement pendant opération. Dans de tels cas, vérifiez immédiatement ces problèmes et trouvez la cause.

Reportez-vous au paragraphe Exploitation et maintenance concernant la section Dépannage.

(5) Si nécessaire, une fois que les pressions et les températures de réglage de la pompe se sont stabilisées, mesurez et enregistrez la pression et le débit de refoulement de la pompe, les températures des roulements du moteur / de la pompe et l'enroulement de la motrice température. Comparer les lectures obtenues avec celles enregistrées lors du test précédent, et étudier toute variation majeure.

III.4.3.8 Pour plus d'informations, reportez-vous à “Schéma de démarrage et d'arrêt” après “4.5 ARRÊT NORMAL”.

AVERTISSEMENT :

L'appareil ne doit pas être utilisé à moins que le protecteur d'accouplement ne soit boulonné en place.

Aucun dispositif de protection d'attelage ne pourrait causer de blessures au personnel d'exploitation.

AVERTISSEMENT :

Ne tentez aucun entretien, réparation d'inspection ou nettoyage à proximité de la rotation d'équipement. Une telle action entraîne des blessures corporelles au personnel d'exploitation.

III.4.4 Arrêt d'urgence :

En cas de suivi, la pompe doit être verrouillée pour être arrêtée automatiquement.

Et faites attention aux conditions anormales suivantes pendant le fonctionnement.

À l'état d'arrêt d'urgence pour certaines raisons, assurez-vous que la pompe n'était pas poussée par une force hydraulique anormale. Si c'est fait, le dispositif de protection tel que le bloc de pied, etc. doit être considéré sur le système de tuyauterie de décharge.

III.4.5 Arrêt normal :

III.4.5.1 Fermer la soupape de décharge d'une pompe à 85% de fermeture.

III.4.5.2 Arrêter le moteur d'entraînement de la pompe (CWP).

III.4.5.3 Fermer complètement la soupape de décharge d'une pompe (jusqu'à une fermeture à 100 %).

III.4.5.4 Fermer la soupape de décharge de l'autre pompe à 85% de fermeture.

III.4.5.5 Arrêter le moteur d'entraînement de la pompe (moteur principal CWP) de l'autre pompe (CWP).

III.4.5.6 Fermer complètement la soupape de décharge de l'autre pompe (jusqu'à une fermeture à 100%).

III.4.5.7 Vérifier que les réchauffeurs anti-condensation du moteur ont été allumés, le cas échéant.

III.4.5.8 Isoler électriquement et hydrauliquement l'ensemble de pompes.

III.4.5.9 Reportez-vous au "Schéma de démarrage et d'arrêt" suivant ce paragraphe pour plus d'informations

* En général, nous fournissons les informations de base aux ingénieurs des systèmes d'usine, puis ils doivent concevoir et préparer le diagramme logique réel en utilisant enfin les équipements donnés et les informations de base.

III.5. La Maintenance de La pompe De Refroidissement (CWP) : [7]

Bien que la pompe à débit mixte verticale ait été conçue pour un service prolongé et sans problème, certaines mesures préventives des mesures d'entretien doivent être effectuées régulièrement pour assurer des performances optimales.

Un programme bien planifié d'entretien de routine est la meilleure garantie d'un fonctionnement fiable.

Les inspections de maintenance préventive suivantes sont suggérées au minimum et peuvent être complétées par l'expérience du personnel d'exploitation.

PRÉCAUTION :

Marquer sur la face latérale de chaque bride pour un réassemblage facile.

III.5.1 Entretien de routine :

III.5.1.1 Vérification quotidienne :

Effectuer des inspections quotidiennes et tenir des registres du fonctionnement de la pompe aident les opérateurs à trouver les anomalies et pour éviter les problèmes futurs des pompes, et enregistrer les suivants quotidiennement.

- a) Pression de décharge
- b) Niveau d'eau de la fosse d'aspiration
- c) Courant électrique
- d) Tension électrique
- e) Puissance du moteur
- f) Température du moteur, du palier de pompe et de l'huile de palier de butée de la pompe
- g) Température ambiante
- h) Temps de fonctionnement
- i) Fuite de presse-étoupe
- j) Vibrations et bruits anormaux
- k) Pression différentielle à travers la crépine sur le système d'eau de refroidissement
- l) Pression d'alimentation en eau de refroidissement sur le système d'eau de refroidissement

III.5.1.2. CONTRÔLE SEMESTRIEL :

- a) Vérifiez l'état de l'emballage du presse-étoupe et remplacez l'emballage si nécessaire. Renouveler tout emballage utilisé depuis environ six (6) mois.
- b) Vérifiez l'état de la crépine et nettoyez le filtre pour la crépine obstruée si nécessaire.

III.5.1.3 VÉRIFICATION DE RÉVISION :

- a) Il pourrait être recommandé que les pompes soient révisées une fois par an ou tous les deux ans.

Lors de la révision d'une pompe, vérifiez l'usure, l'érosion et la corrosion de chaque pièce. Mesurez et enregistrez également les diamètres extérieurs (bagues de roue, manchons d'emballage et manchons d'arbre) et diamètres intérieurs (bagues de carter et paliers à manchon) des pièces coulissantes, et leurs jeux qui peuvent être calculé à partir des dimensions mesurées (entre les diamètres intérieurs des paliers à manchon et diamètres extérieurs des manchons d'arbre et des manchons d'emballage, et entre les diamètres intérieurs du boîtier et les diamètres extérieurs des anneaux de roue) dans la direction X et Y au point A et B de la Fig.5-1 parce que les jeux ne peuvent pas être vérifiés et mesurés avec précision dans les conditions assemblées.

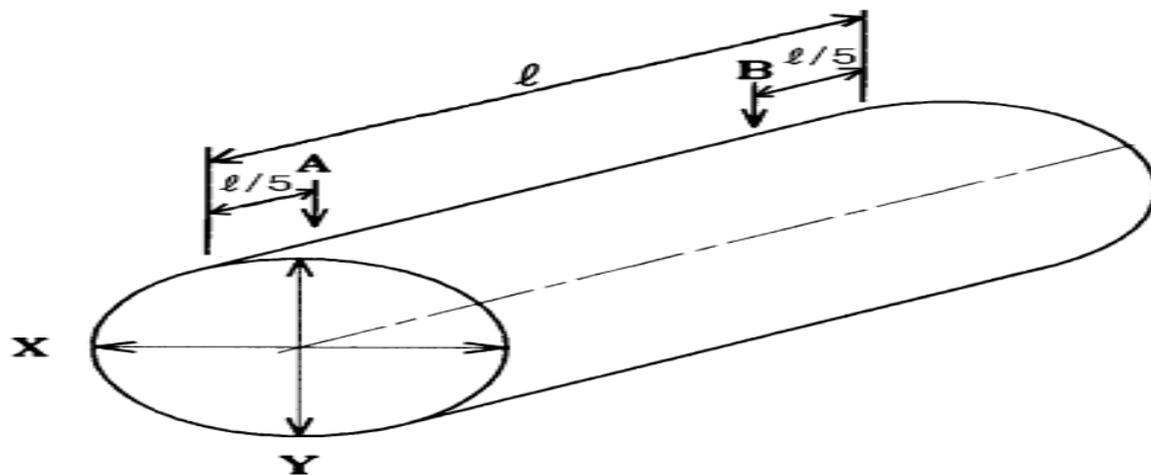


Figure III.5 : Mesurage et enregistrement des diamètres extérieurs et diamètres intérieurs des pièces coulissantes

Le jeu diamétral de conception qui peut être calculé à partir des dimensions de la nouvelle les pièces produites est représenté sur la Figure III.6 et Tableau III .2 ainsi que le jeu diamétral maximal admissible à l'état sec est indiqué sur le Tableau III .2.

Si l'usure dépasse la valeur autorisée ou l'atteint presque, remplacez toute pièce usée par une nouvelle. Et chaque fois que la pompe est démontée, l'anneau en caoutchouc, le joint torique et le joint doivent être remplacés par de nouveaux.

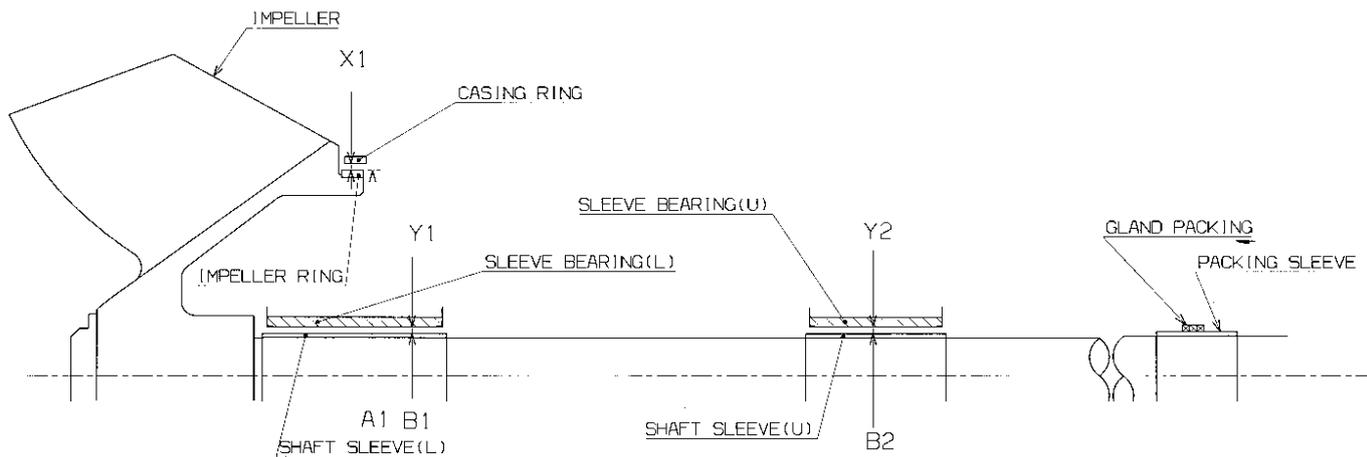


Figure III.6 : Le jeu diamétral

Tableau III.2 : Jeu de conception de la pompe à eau en circulation

<i>VALEUR DE CONCEPTION</i>				<i>MAX. ADMISSIBLE DÉGAGEMENT (DIAMÈTRE)</i>
<i>DIAMÈTRE</i>		<i>DÉGAGEMENT (DIAMÈTRE)</i>		
<i>A1</i>	<i>740</i>	<i>X1</i>	<i>1.5~1.83</i>	<i>3.7</i>
<i>B1</i>	<i>190</i>	<i>Y1</i>	<i>0.33~0.57</i>	<i>1.1</i>
<i>B2</i>	<i>190</i>	<i>Y2</i>	<i>0.33~0.57</i>	<i>1.1</i>
<i>B3</i>	<i>190</i>	<i>Y3</i>	<i>0.33~0.57</i>	<i>1.1</i>

Note) Se référer à la **Figure III.6** pour la notation (B1, B2... etc.)

b) Accouplement et clés :

Examinez toutes les clés pour détecter l'usure et les dommages. Assurez-vous qu'ils sont plats, parallèles et exempts de bavures, et avoir un bon ajustement dans la fente de la clé. Remplacer, si nécessaire.

c) Vérifiez la fonction de la petite vanne et de la vanne de dégagement d'air dans la tuyauterie interne.

d) Vérifier le centrage et l'écoulement de l'arbre.

e) Vérifier l'état de l'huile de lubrification. Si nécessaire, l'huile de graissage doit être remplacée par de l'huile neuve.

PRÉCAUTION :

Prenez soin que les vêtements ou les doigts, etc. ne vous laissez pas attraper par les pièces en rotation de la pompe pendant entretien et contrôles. Avant de commencer la maintenance, l'interrupteur principal doit être éteint afin que la pompe ne démarrage automatique.

III.5.2. Précautions d'entretien :

III.5.2.1 Précautions pour la manipulation de l'emballage de presse-étoupe :

- a) Si la quantité de fuite d'eau de la glande est excessive même si la glande est serrée, le l'emballage de presse-étoupe doit être remplacé.
 - b) Lorsque l'emballage du presse-étoupe est sorti du presse-étoupe, utilisez l'outil approprié pour l'emballage du presse-étoupe comme représenté **Figure III.7.A**.
 - c) Lors de l'insertion du presse-étoupe dans le presse-étoupe, tournez-le (ou tournez) sur l'arbre pour éviter déformation. Si les extrémités des anneaux d'emballage de la glande sont placées les unes dans les autres, le liquide peut fuir. Placez donc chaque extrémité de l'emballage de la glande à un angle de 120 degrés par rapport à celui ci-dessous, comme indiqué dans **Figure III.7.B**.
 - d) Fixez les boulons du presse-étoupe alternativement et symétriquement afin que l'emballage ne soit pas serré inégalement.
- Au début, l'emballage du presse-étoupe doit être légèrement serré de manière à ce que l'emballage ou le manchon ne pas être endommagé par un serrage trop important de la glande.
- e) Lorsque l'emballage du presse-étoupe est installé, une quantité suffisante de graisse doit y être appliquée.

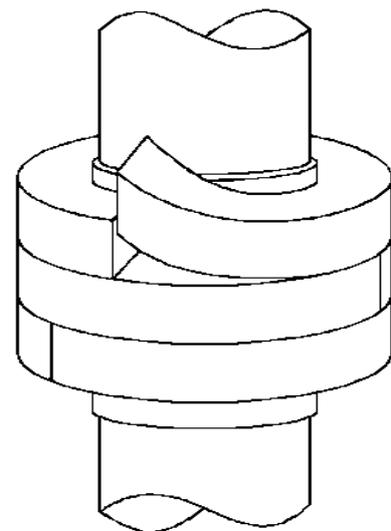
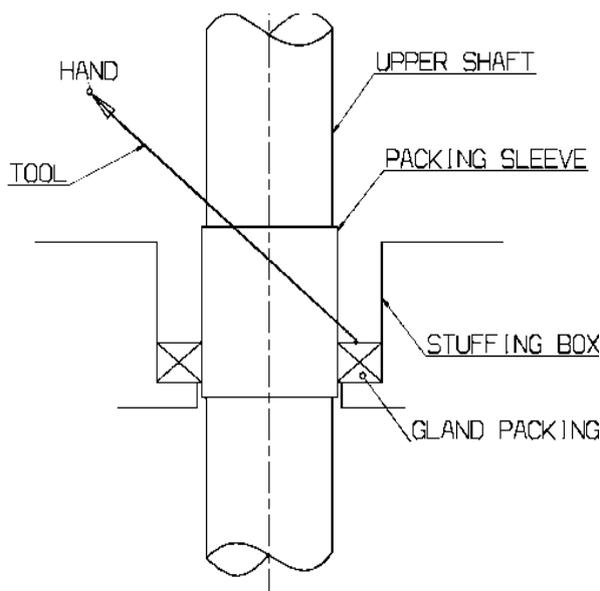


Figure III.7.A : l'emballage du presse-étoupe **Figure III.7.B :** l'insertion du presse-étoupe

III.5.3. Démontage et remontage :

Reportez-vous au dessin en coupe et au dessin associé (Dessin de la procédure de démontage). Marquer sur la face latérale de chaque bride pour un réassemblage facile. Les procédures de réassemblage sont exactement identiques à l'ordre inverse de la procédure de démontage.

AVIS :

Insérez la feuille ou le tissu en caoutchouc entre l'arbre et le tuyau de colonne pour protéger les dommages et les chocs lorsque vous posez les parties intérieures.

PRÉCAUTION :

Les travaux de démontage et de remontage doivent être effectués avec un soin extrême et avec une minutie compréhension du contenu des dessins et documents précédemment soumis.

AVERTISSEMENT :

Bloquer l'alimentation du moteur chaque fois que quelqu'un travaille sur la pompe. Avant de tenter une inspection ou une réparation sur le conducteur de la pompe, les commandes du conducteur doivent être en position "off". Verrouillé et étiqueté pour éviter les blessures au personnel effectuant un service sur pompe.

Ne tentez aucun entretien, inspection, réparation ou nettoyage à proximité de la rotation équipement.

Le démontage et le remontage de l'équipement par une personne inexpérimentée peut causer un danger. Hyundai décline toute responsabilité pour tout dommage résultant d'une non-conformité avec des détails donnés dans ce manuel.

III.5.3.1 Démontage :

1) Préparation :

La procédure de démontage doit être effectuée dans l'ordre suivant.

Avant de commencer le démontage, lire et étudier le paragraphe 5.3.2. Précautions pour le démontage.

Confirmer que la zone de travail est suffisamment grande et que le sol est suffisamment plat pour qu'une grue puisse être utilisé commodément.

Préparer des outils spéciaux, des outils réguliers, du fil de levage, une élingue ronde (élingue de ceinture nette), de la rouille temporaire préventive, etc.

Retirez l'eau de la pompe et de la tuyauterie connexe. Débranchez le câblage du moteur et la tuyauterie auxiliaire autour de la pompe et du moteur.

2) Débranchez la tuyauterie de la conduite de refoulement de la pompe telle que le détecteur de température, le verre de vue, etc. sur le système de refroidissement.

3) Retirez les boulons et les écrous pour l'accouplement à engrenages flexibles, puis déconnectez le moteur.

4) Soulevez et retirez le moteur à l'aide des pattes de levage du moteur.

(Attention au capteur de vibration du moteur et au détecteur de température)

5) Soulevez et retirez le socle du moteur.

6) Retirez la plaque centrale de l'accouplement à engrenages (côté pompe).

7) Retirez l'accouplement d'engrenage côté pompe à l'aide de l'extracteur (outil spécial) pour l'accouplement comme indiqué dessous. Ensuite, retirez la clé d'accouplement de l'arbre supérieur de la pompe.

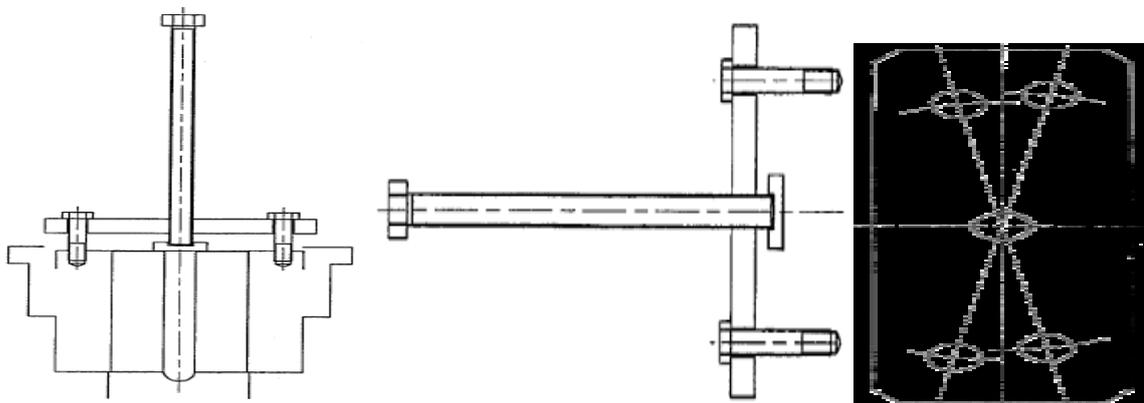


Figure III.8 : Extraction de l'accouplement d'engrenage de l'arbre

8) Dévissez le boulon hexagonal et retirez l'écrou de tourillon de l'arbre de la pompe.

9) Démontez l'ensemble de palier de butée (type à coussinet basculant) conformément au "Manuel du palier de butée".

10) Soulevez soigneusement et posez lentement les pièces de l'ensemble de la pompe sur des supports en bois temporaires, (N'utilisez pas les grandes pattes de la cloche d'aspiration pour le roulement et l'expédition de l'assemblage CWP)

- 11) Et démontez ensuite le flinguer, la glande, l'emballage de la glande et la boîte à garniture.
- 12) Démontez la tête de refoulement de l'ensemble de la pompe.
- 13) Démontez l'accouplement du manchon à l'aide d'un outil spécial (Extracteur pour manchon Couplage).

Étape 1) Sortez l'arbre supérieur.

Étape 2) Desserrez le Sortilège. Boulons de chapeau de tête de prise qui relient le manchon bagues d'accouplement et de poussée (ou collier de poussée). Et puis, la poussée les anneaux (ou collier de poussée) sont divisés en deux pièces.

Étape 3) Installez des outils spéciaux (Extracteur pour l'accouplement du manchon) comme indiqué.

Étape 4) Faites pivoter l'hexadécimal. Boulon long pour retirer le manchon d'accouplement de l'arbre.

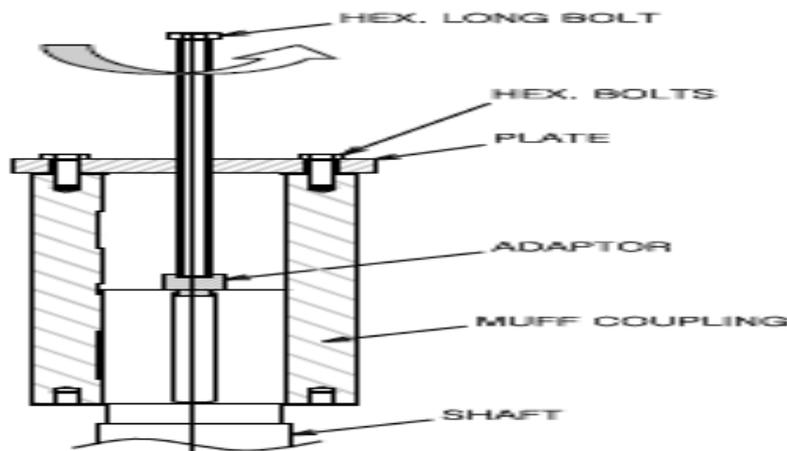


Figure III.9 : Démontage d'accouplement du manchon à l'aide d'un outil spécial

- 14) Dévissez le boulon hexagonal et l'écrou entre le bol de décharge et la cloche d'aspiration. Et puis démanteler la cloche d'aspiration du bol de décharge.
- 15) Retirez la bague du boîtier, si nécessaire.
- 16) Retirez le capuchon de la roue de la roue et de l'arbre (inférieur). Retirez ensuite le collier de la roue.
- 17) Retirez la roue de l'arbre à l'aide de l'outil spécial.
- 18) Retirez l'arbre (inférieur) du bol de décharge.

- 19) Retirer le bouchon du bol de décharge, si nécessaire.
- 20) Après le démontage, nettoyez toutes les pièces, y compris la tuyauterie auxiliaire, et appliquez des dispositifs de prévention de la rouille temporaires.
- 21) Et ensuite, inspectez toutes les pièces et déterminez si la réparation ou le remplacement de la pièce est nécessaire.

III.5.3.2 Précautions pour le démontage :

1) Précautions pour le déchargement des produits :

a) Lors du levage de pièces lourdes telles que la pompe proprement dite, portez une attention particulière à la fixation du câble métallique de sorte que la charge soit centrée et que le câble ne glisse pas.

b) Lors du levage de pièces lourdes, utilisez un rembourrage doux sous le fil pour protéger les pièces revêtues et usinées surface du fil.

Ne pas soulever ou abaisser les pièces trop rapidement avec la grue.

c) Lors du montage des pièces au sol, utilisez des blocs de protection entre les pièces et le terrain. En outre, lors de l'assemblage horizontal des pièces de la pompe, utilisez des blocs de protection sous le corps de pompe comme indiqué ci-dessous pour protéger la surface revêtue et empêcher le roulement.

2) N'endommagez pas les surfaces des brides d'accouplement.

3) Collez les fils de l'arbre pour les protéger après le démontage.

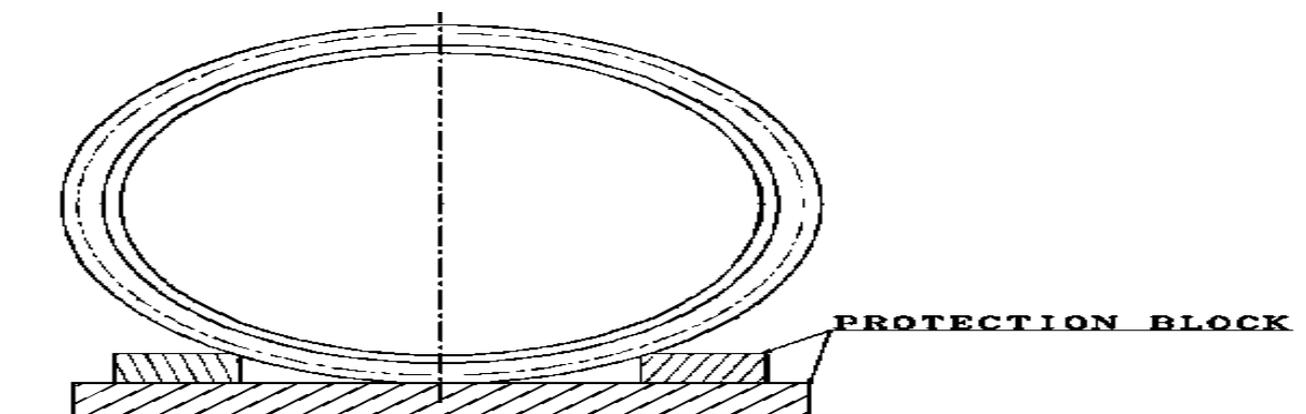


Figure III.10 : L'état de précaution de démontage

4) Après démontage, appliquez une prévention temporaire de la rouille sur les surfaces usinées du socle du moteur et les surfaces extérieures de couplage.

5) Lors de la pose des arbres sur le sol, soutenez-les plus correctement quatre points par arbre en évitant les manchons et les positions d'usinage fines.

L'arbre doit être posé aussi horizontalement que possible et traité pour ne pas être plié.

6) Veillez à ne pas laisser tomber les outils et les petites pièces dans la fosse d'aspiration. Si ceux-ci sont aspirés dans la pompe, l'élément rotatif, le boîtier et la roue seront endommagés.

7) Pour éviter les pièces manquantes et la confusion des pièces avec celles d'une autre machine, prévoir des étuis pour pièces démontées et pièces mises dans les caisses.

8) Mettez les boulons dans des sacs en tant qu'ensemble, si nécessaire.

9) Les manchons d'arbre, le manchon d'emballage et les roulements immergés ne doivent être retirés que lorsqu'ils sont portés.

10) Pour le retrait de la garniture de presse-étoupe, Voir le paragraphe No 5.2.

11) Pendant et après le démontage, ne marchez pas sur la tuyauterie auxiliaire et ne laissez rien tomber dessus, car la tuyauterie auxiliaire sera endommagée.

III.5.3.3 Remontage :

La procédure de remontage doit être effectuée dans l'ordre inverse de l'ordre de démontage décrit au paragraphe 5.3.1.

Avant de commencer le remontage, lire et étudier le paragraphe 5.3.4. PRÉCAUTIONS POUR LE REMONTAGE.

Pour le montage de la base de la pompe et pour le centrage de la pompe et du moteur, faites attention aux points suivants.

Et vérifiez le lubrifiant pour le roulement du moteur et le palier de butée de la pompe.

1) Vérifiez le niveau de la surface supérieure de la base de la pompe.

Il doit être inférieur à 0,05 mm ou égal à 0,05 mm.

2) Faites le centre de la tête de décharge avec la ligne de décharge.

3) Préparez le bloc de bois ou le support en acier afin d'assembler la pompe verticale et doit être pris l'attention ne pas endommager ou plier pendant le montage.

Gardez à l'esprit que la procédure de remontage doit être effectuée dans l'ordre opposé à celui de l'ordre de démontage.

4) L'anneau en caoutchouc connecté doit être inséré sur la rainure du joint torique de la base de la pompe. Reportez-vous au dessin d'approbation (dessin en coupe) montrant la liste des pièces. L'anneau en caoutchouc doit être connecté par adhésif comme la LOCTITE.

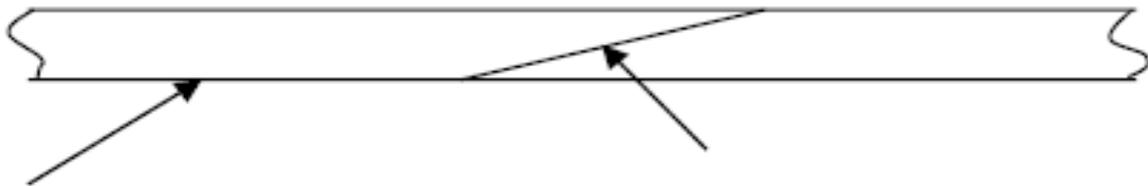


Figure III.11 : L'anneau en caoutchouc

Ligne de coupe d'anneau en caoutchouc à incliner.

Ces surfaces doivent être fixées les unes aux autres à l'aide de LOCTITE.

5) Après avoir vérifié l'état complet assemblé de la pompe, installez soigneusement les pompes sur la pompe base (Confirmer les lignes de marquage pour la bride de la tête de décharge et la base de la pompe).

6) Assurez-vous que la tête de décharge est correctement positionnée compte tenu de la direction de décharge.

7) Installez l'emballage du presse-étoupe à l'intérieur du presse-étoupe, puis insérez le presse-étoupe.

8) Installez le flinger (caoutchouc néoprène), le cas échéant.

9) Installez l'ensemble de palier de butée sur la tête de décharge en tenant compte de la ligne de marquage et vérifiez le statut du palier de butée conformément au manuel du palier de butée inclus (type à coussinet basculant).

10) Assurez-vous que les pièces consommables telles que le joint torique, les joints doivent être remplacées par des pièces neuves pendant installation du palier de butée.

Assemblez le palier de butée pour CWP comme indiqué dans la procédure ci-dessous en fonction du palier de butée manuel. L'assemblage correct de celui-ci pourrait augmenter la durée de vie de la machine.

Reportez-vous au manuel ci-joint pour tous les détails de l'installation du palier de butée.

PRECAUTION :

Des précautions doivent être prises lors de la manipulation des composants pour éviter le risque de piéger les mains lorsque assemblage.

PRECAUTION :

Vérifiez l'alignement.

Vérifiez qu'aucun coussinet de poussée n'est desserré (c'est-à-dire que tous les coussinets sont fermement serrés par le collier).

Vérifiez que les coussinets sont placés dans la rotation correcte. Vérifiez que le dégagement entre les tampons sont corrects... Le jeu est donné sur le dessin d'arrangement.

Assurez-vous que l'instrument du palier de butée n'est pas endommagé et fonctionne correctement avant de l'installer conformément au dessin connexe. Et assurez-vous que tous les bouchons, joints de travail de tuyauterie et instruments sont sécurisés et scellés.

11) Installer la clé d'accouplement de la pompe et de l'accouplement.

La plaque centrale de l'accouplement à engrenages doit être installée sur l'arbre supérieur et l'accouplement à engrenages de la pompe comme représenté sur le dessin de l'accouplement à engrenages flexibles.

12) Confirmez que le lubrifiant est rempli sur le palier de butée de la pompe.

13) Monter le socle moteur sur la colonne de support (ou la tête de décharge) de sorte que la distance entre ligne centrale de l'arbre de la pompe et ligne centrale basée sur la "surface supérieure usinée" du socle du moteur doit être à $\pm 0,09$ mm. Puis vérifiez le niveau de "surface supérieure usinée" du moteur piédestal sur lequel le moteur doit être monté. Il doit être inférieur à 0,05 mm ou égal à 0,05 mm.

14) Installation et centrage du moteur

a) Démontez l'emballage du presse-étoupe et insérez l'outil de centrage.

Si la poussée de la pompe est absorbée par la pompe, l'outil de centrage peut ne pas être nécessaire.

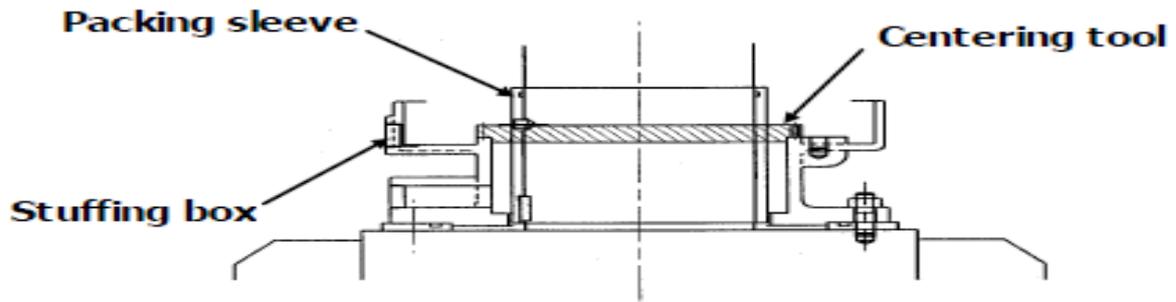


Figure III.12 : Dessin d'installation de centrage du moteur de la pompe CWP

b) Vérifiez et ajustez le jeu axial (roue) de la pompe verticale comme suit. (Important)

Les jeux axiaux de ces pompes n'ont PAS ÉTÉ AJUSTÉS dans l'atelier du fournisseur auparavant envoi.

Le jeu axial ($4,9 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$) doit être ajusté entre une roue et une cloche d'aspiration sur le site lors de l'installation du CWP.

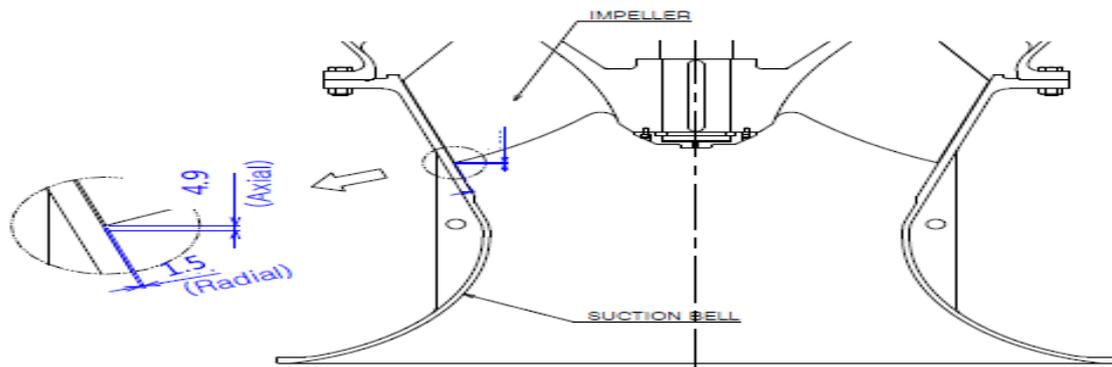


Figure III.13 : Dessin explicatif du jeu axial lors de l'installation du CWP

Afin de confirmer le fonctionnement de sécurité de la pompe verticale, le jeu axial doit être maintenu conformément à son autorisation de conception.

a] Démonter la plaque centrale de l'accouplement à engrenages de la pompe.

b] Assemblez le boulon à œil dans l'arbre de la pompe. et puis démontez les boulons entre le journal écrou et collier de palier de butée.

c] Tournez l'écrou de tourillon vers la gauche afin de l'augmenter lorsque les pièces tournantes sont soulevées par bloc de chaîne. Si c'est le cas, l'écrou de journal sera levé.

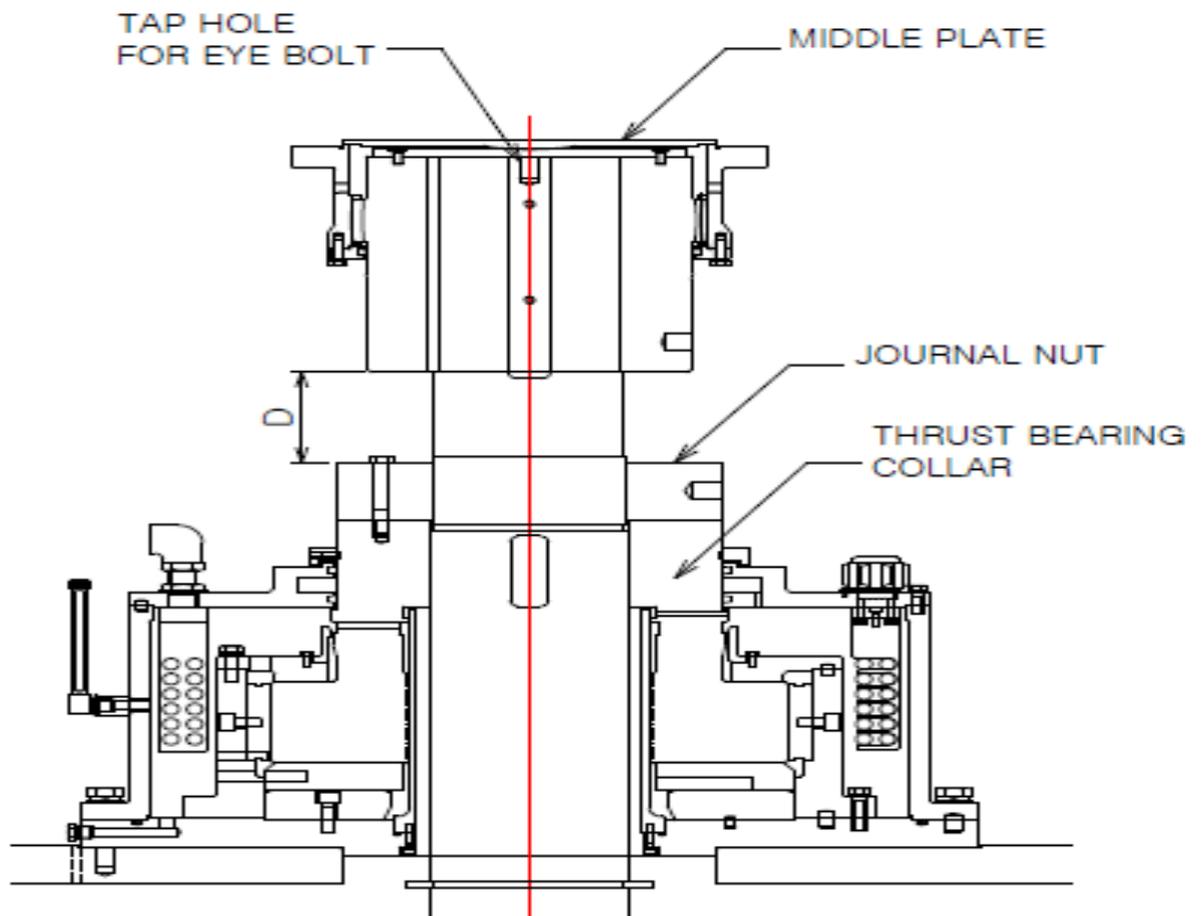


Figure III.14 : l'explication schématique de la préservation du jeu axial dans leur conformément

d]Après que l'écrou de tourillon monte suffisamment, abaissez complètement les pièces rotatives à l'aide du bloc de chaîne de sorte que la roue est en contact avec la cloche d'aspiration. Et puis tournez complètement l'écrou de tourillon vers la droite afin de le contacter avec le collier de palier de butée.

Après cela, la dimension "D" doit être mesurée entre la surface supérieure de l'écrou de tourillon et surface inférieure du moyeu d'accouplement de la pompe. Cette dimension " D " sera utilisée pour la vérification de mouvement d'écrou de journal.

e]La valeur de conception du jeu axial (roue) est de $4,9 \pm 0,8$ mm lorsque la roue est située à ligne centrale. Il existe deux méthodes de positionnement de la nutrition du journal.

i) La première méthode est la suivante. (Recommandé) :

Après avoir soulevé les pièces en rotation à l'aide d'un boulon à œil suffisant (levage d'environ 15 mm par exemple), tournez l'écrou de tourillon vers la droite afin de l'abaisser.

Et puis abaissez les pièces rotatives de sorte que l'écrou de tourillon soit en contact avec le palier de butée collier. Récemment, mesurez la dimension "D" ci-dessus. Assurez-vous que l'incrément de "D" est $4,9 \pm 0,8$ mm.

ii) La méthode alternative est la suivante :

Installez la mesure de cadran à côté du logement de palier de butée afin de mesurer l'axial dégageement de la pompe verticale.

Soulevez les pièces rotatives de $4,9 \pm 0,8$ mm à l'aide d'un bloc de chaîne. Assurez-vous que la distance entre l'écrou de tourillon et le collier de palier de butée est de $4,9 \pm 0,8$ mm. Et puis faites pivoter le tourillon écrou vers la droite vers le bas afin de le contacter avec le collier de palier de butée.

Récemment, mesurez la dimension "D" ci-dessus. Assurez-vous que l'incrément de "D" est de $4,9 \pm 0,8$ mm.

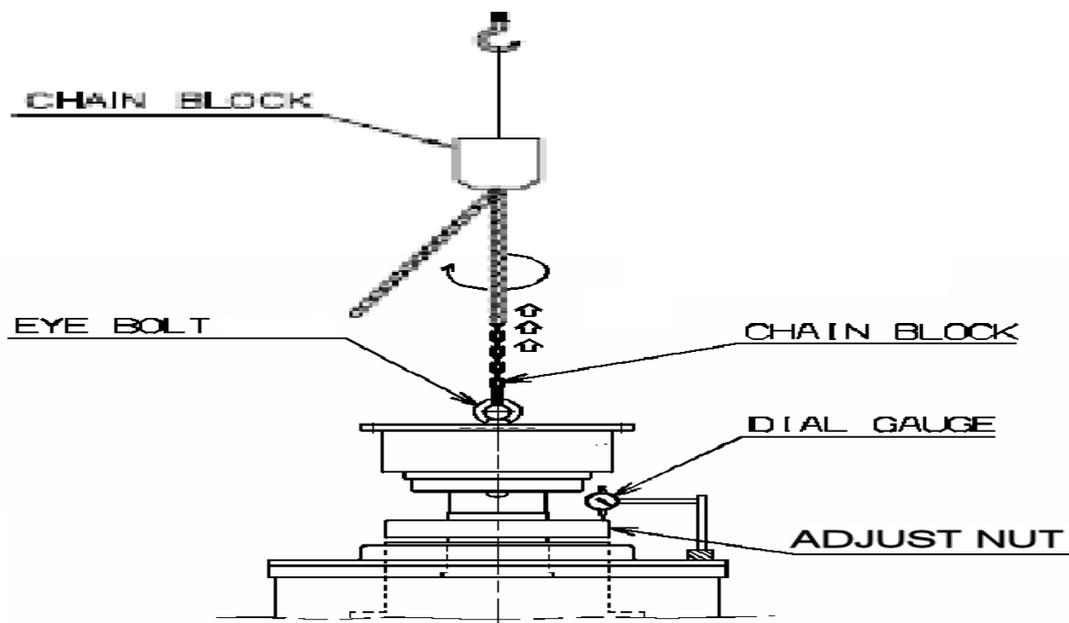


Figure III.15 : Dessin explicatif de la méthode alternative

F] Assemblage des boulons hexagonaux entre l'écrou de tourillon et le collier de palier de butée.

G] Assemblage de la plaque centrale de l'accouplement à engrenages.

Assurez-vous que le tournage manuel est disponible sans aucun problème lorsque le rotor est levage d'environ 0,1 ~ 0,3 mm par bloc de chaîne.

Les étapes de (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) ci-dessus sont nécessaires en ce qui concerne le jeu axial lors de l'installation sur le site, la rotation manuelle du rotor doit être vérifiée avant montage du moteur. Il est également nécessaire que le palier de butée soit rempli de l'huile appropriée avant de tourner à la main.

c) Installez le moteur de CWP.

d) Confirmez que le lubrifiant est rempli sur le palier du moteur, tournez l'arbre du moteur jusqu'à ce que le moteur soit en douceur transformer.

e) Le moteur doit être combiné avec la pompe sur la base du code de l'équipement conformément à documents connexes tels que le dessin P & ID.

f) Ajustez la position du moteur à l'aide des boulons poussoirs.

g) Fixez deux indicateurs de cadran au moyeu d'accouplement du côté du moteur comme indiqué ci-dessous et tournez le moteur arbre par des méthodes appropriées telles que l'outil de tournage.

■ Le désalignement parallèle doit être réglé en déplaçant le moteur horizontalement avec la poussée boulons qui sont montés sur le dessus du socle du moteur.

Le désalignement parallèle correspond à la moitié de la lecture totale de l'indication sur l'indicateur à cadran.

■ Le désalignement angulaire doit être ajusté en insérant ou en retirant la plaque de cale entre côté inférieur de la bride du moteur et de la surface supérieure du piédestal du moteur, assurez-vous de ne pas toucher l'arbre ou accouplement lors de la lecture de l'indicateur à cadran. Le centrage de l'arbre (alignement axial et radial) doit être inférieur à 0,05 mm ou égal à 0,05 mm pour "A" et "B" ci-dessous.

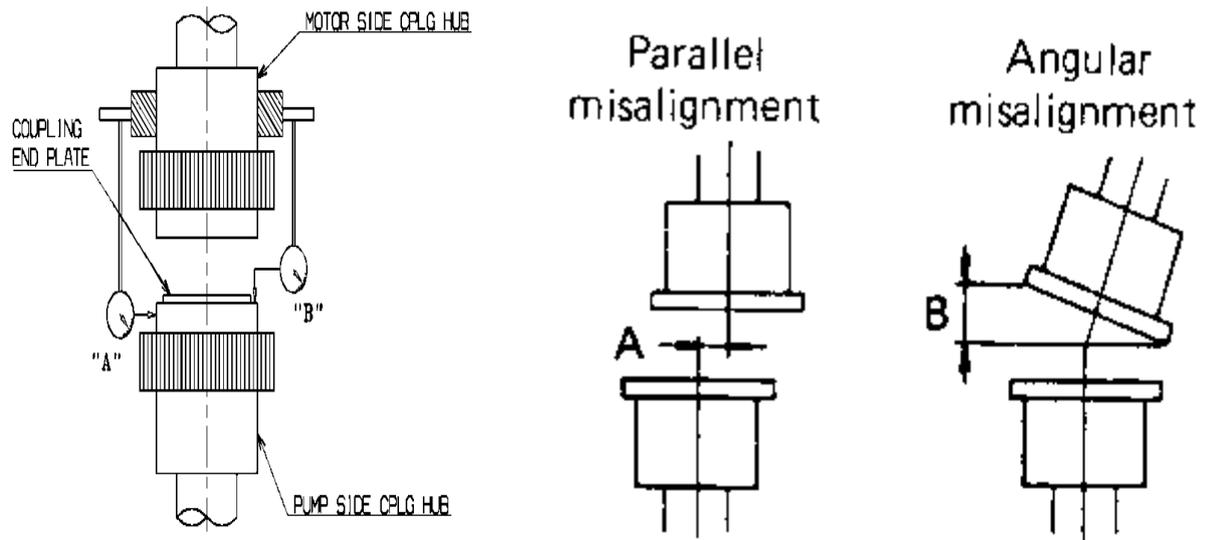


Figure III.16 : Alignement de l'accouplement

Entre moteur et pompe

A(mm)	B(mm)
≤ 0.05	≤ 0.05

h) Fixez enfin les boulons hexagonaux entre le moteur et le socle du moteur.

i) Retirez l'outil de centrage et assemblez la garniture de presse-étoupe.

(Cette étape ne peut pas être des travaux nécessaires car le paquet de pompe a été livré comme terminé ensembles comprenant l'assemblage d'emballage.)

j) Vérifiez le sens de rotation du moteur (CW, vu du haut du moteur).

Reportez-vous à "Dessin d'Arrangement Général (ou Dessin de Disposition)".

k) Aligner l'arbre intermédiaire et l'accouplement du côté pompe et du côté moteur avec l'alésoir boulon.

Avant le serrage des boulons d'alésoir, Alignez les marques d'allumettes sur l'accouplement d'engrenage et remplissez les lubrifiants. Veuillez-vous référer au dessin d'accouplement d'engrenage.

15) Raccordement du tuyau d'évacuation et Aux. Raccordement de tuyauterie

Cette étape est très importante pour que la pompe fonctionne sans problème pendant une longue période.

À ce moment, veillez à ce que l'élévation de la ligne centrale du tuyau d'évacuation soit maintenue.

AVERTISSEMENT :

Ne jamais aspirer la tuyauterie à l'endroit en forçant au niveau des raccords de bride de la pompe. Déformation du tuyau aura un effet négatif sur le fonctionnement de la pompe, entraînant des blessures physiques et des dommages à équipement. Serrer les tiges de commande et les boulons pour le joint de dilatation. N'essayez pas de mettre en service la pompe sans serrer les tiges de commande et les boulons selon le dessin du joint de dilatation.

a) Toute la tuyauterie doit être supportée indépendamment de la bride de la pompe et s'aligner naturellement avec celle-ci.

b) **NE RACCORDEZ PAS** la tuyauterie à la pompe tant que le coulis n'a pas été durci et maintenez les boulons de la pompe ont été resserrés.

c) Il est suggéré que les boucles d'expansion ou les joints, s'ils sont utilisés, soient correctement installés dans la conduite de décharge lors de la manipulation de liquides à des températures élevées, l'expansion linéaire de la tuyauterie ne dessinera pas pompe hors d'alignement.

d) Nettoyez soigneusement toutes les pièces de tuyauterie, les vannes et les raccords, ainsi que les branches de la pompe avant l'assemblage.

e) L'isolement et les clapets anti-retour doivent être installés dans la conduite de décharge. (Le cas échéant)

Localisez le clapet anti-retour entre la vanne d'isolement et la pompe, cela permettra d'inspecter le clapet anti-retour.

La vanne d'isolement est nécessaire pour la régulation du débit et pour l'inspection et l'entretien de pompe. Le clapet anti-retour empêche la pompe ou l'endommagement du joint en raison du flux inverse à travers la pompe lorsque le conducteur est éteint.

Lorsque le clapet anti-retour n'est pas disponible séparément, le type de clapet NRV (clapet anti-retour peut être disponible, qui a une fonction de contrôle et de vanne de régulation de débit.

f) Les augmentations, si elles sont utilisées, doivent être placées entre la pompe et les clapets anti-retour.

g) Des dispositifs d'amortissement doivent être utilisés pour protéger la pompe contre les surtensions et les coups de bélier si des vannes à fermeture rapide sont installées dans le système.

Installer les manomètres, verre de niveau d'huile, détecteurs de température à résistance, interrupteur de niveau, autre tuyau d'accessoires et etc. conformément aux. Dessin de tuyauterie et dessin de dérapage de pompe de surpression.

Veillez à ne pas piétiner la tuyauterie auxiliaire sous le pied et à ne pas endommager cette tuyauterie en tombant objets, etc., car les tuyauteries auxiliaires sont fragiles.

Reportez-vous au Dessin de la tuyauterie auxiliaire pour le CWP.

16) Vérifiez le sens de rotation du moteur (CW vu du haut du moteur. Reportez-vous à "test de course en solo" dans manuel d'instructions du moteur).

17) Connectez l'arbre intermédiaire avec une plaque d'extrémité, l'accouplement du côté de la pompe et du moteur avec le boulon d'alésoir et une plaque centrale. (Reportez-vous au dessin d'accouplement à engrenages flexibles et au manuel inclus pour remplissage de lubrifiant (graisse), joints toriques et alignement.)

NOTE :

Veillez lire et suivre les instructions du fabricant du moteur avant de lubrifier le moteur roulement. Une trop grande quantité de lubrifiant peut provoquer une surchauffe des roulements et une défaillance prématurée.

AVERTISSEMENT :

L'essai de sens de rotation du moteur principal du CWP ne doit pas être effectué lorsqu'il est couplé à la pompe.

Si la pompe tourne dans le mauvais sens, la pompe et le moteur seraient gravement endommagés de là. Il pourrait également en résulter des blessures graves pour le personnel.

18) Installez le protecteur d'accouplement.

NOTE :

Voir “ Données de couple ” au paragraphe 6.2 du chapitre 6 pour la fixation des boulons.

III.5.3.4 Précautions pour le remontage :

- 1) Se référer au paragraphe 5.4, point 1) pour le déchargement.
- 2) Nettoyez et rincez l'intérieur de la tuyauterie auxiliaire juste avant le remontage.
- 3) Nettoyez l'intérieur de la fosse d'aspiration.
- 4) Lors du remontage de chaque pièce, retirez les corps étrangers dans les trous de taraudage avec de l'air comprimé et vérifiez qu'il n'y a pas de protubérance ou de poussière sur les surfaces des brides et des surfaces de montage.
- 5) Veillez à ne pas laisser tomber les outils et les petites pièces dans la fosse d'aspiration.

Si ceux-ci sont aspirés dans la pompe, l'élément rotatif, le carter et la roue seront endommagés.

- 6) Avant de remonter, nettoyez la rouille temporaire préventive des surfaces usinées du moteur piédestal, base et surfaces extérieures de l'accouplement.

Après avoir terminé le centrage de la pompe et du moteur, enduisez un peu de rouille à l'extérieur surfaces de l'accouplement.

- 7) Si l'usure des pièces coulissantes dépasse la valeur admissible ou atteint presque la valeur, remplacez tout élément usé partie avec un nouveau.

- 8) Généralement, remplacez les consommables (tels que les joints toriques, les anneaux en caoutchouc, l'emballage de presse-étoupe, etc.) avec de nouvelle partie.

- 9) Tout remontage doit être effectué selon les marques de joint, qui ont été mises sur chaque pièce en magasin (par exemple, sur le rebord de la bride)

- 10) Lors de l'assemblage de l'accouplement flexible à l'arbre et du serrage des boulons de fixation, pulvériser ou enduire l'antigallage composé (Marque : "NEVER SEEZ", Type : Aérosol et type standard, Fabricant : NEVER-SEEZ

Compound Corp) sur la surface de montage, le filetage et la surface de l'alésoir pour éviter le grippage.

11) Les bagues en caoutchouc ou les joints toriques doivent être insérés dans les rainures entre les surfaces de contact des parties suivantes. Veuillez-vous référer aux dessins connexes pour les bagues en caoutchouc ou les joints toriques du palier de butée et accouplement de vitesse.

12) Se référer au paragraphe "5.2 1)" pour l'insertion de la garniture de presse-étoupe dans le presse-étoupe.

13) Pour éviter un serrage inégal, serrez les boulons de bride en un motif entrecroisé.

14) Après le remontage, vérifiez à plusieurs reprises que tous les boulons de chaque bride et d'autres pièces sont serrés complètement et uniformément.

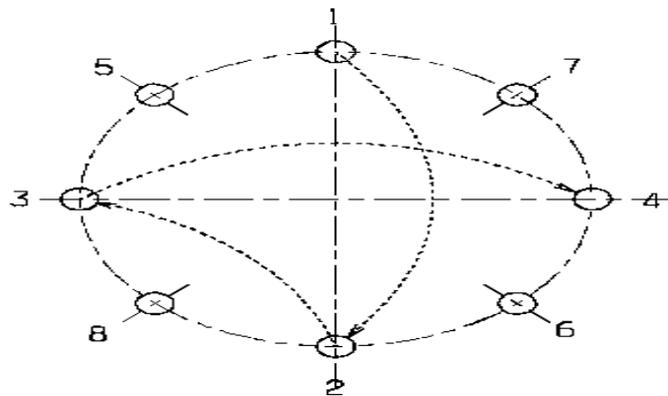


Figure III.17 : schéma d'emplacement des boulons

15) Retouchez la surface revêtue avec de la peinture qui a été endommagée lors du remontage.

Après avoir terminé le centrage de la pompe et du moteur et la pré-mise en service du moteur, enrober certaines préventions de la rouille sur les surfaces extérieures de l'accouplement non peintes.

16) Pendant et après le remontage, ne marchez pas sur la tuyauterie auxiliaire et ne déposez rien sur celle-ci, car la tuyauterie auxiliaire sera endommagée.

III.5.4. Précautions pendant le fonctionnement au ralenti des pompes :

III.5.4.1 Si les pompes sont au ralenti pendant une longue période, elles doivent être traitées comme suit.

a) Il est souhaitable de retirer l'eau dans la fosse d'aspiration pour protéger le corps de la pompe de la corrosion causée par l'eau stagnante.

b) Enlevez l'humidité de l'emballage du presse-étoupe, emballez-le à nouveau avec de la graisse pour éviter la rouille du presse-étoupe et desserrez les boulons du presse-étoupe pour éviter la solidification de l'emballage du presse-étoupe.

III.5.4.2 Les pompes doivent être traitées de manière adéquate pour prévenir la rouille. S'il y a de la rouille, elle doit être enlevée traitement immédiatement et antirouille appliqué. En outre, il convient de prêter attention aux périodes d'effet des mesures préventives contre la rouille.

III.5.4.3 Les appareils de chauffage anti-condensation du moteur (appareils de chauffage des locaux) doivent être allumés, s'ils sont disponibles, pour ne pas réduire la résistance d'isolation du moteur (se référer au manuel d'instructions du moteur).

III.5.5 Dépannage :

Veillez-vous référer au "TABLEAU DE DÉPANNAGE ".

Cela couvre les problèmes communs et les mesures à prendre.

Il convient de noter que deux ou plusieurs des causes suivantes peuvent survenir en même temps. Au cas où en cas de problème, les détails du problème doivent être clarifiés et renvoyés à HHI.

Tableau III .3 : Tableau de dépannage

DIFFICULTÉ	CAUSE	RECOURS
<i>Insuffisant Capacité et/ou Pression</i>	Vitesse trop basse	Vérifiez l'alimentation du moteur pour la tension correcte.
	Sens de rotation incorrecte	Commutez les fils du moteur.
	Matière étrangère dans la roue	Démonter la pompe et enlever tout étranger Matériel.
	Matière étrangère dans la conduite d'aspiration	Vérifiez la fosse d'aspiration et retirez les corps étrangers.
	Défauts Mécaniques - Roue endommagée - Clé(s) de roue cisailée(s)	Démonter la pompe et la corriger.
<i>Pompe Pas de départ</i>	Problème de circuit électrique	Vérifier le circuit électrique
	Problème moteur	Vérifiez le moteur
<i>Pompe</i>	Montage ou accouplement desserrés boulon.	Serrez les boulons.
	Accouplement cassé ou endommagé	Inspecter et remplacer.
	Niveau d'eau bas	Arrêtez la pompe et reportez-vous au dessin de contour
	Problème moteur	Vérifiez le moteur

<i>Anormal Vibration</i>	Désalignement	Vérifiez l'alignement et corrigez. Voir paragraphe "5.3.3 REMONTAGE, 14) Moteur installation et centrage, g)"
	Matière étrangère dans la roue provoquer un déséquilibre	Démonter la pompe et enlever tout étranger matériel.
	Défauts Mécaniques ; - Arbre plié. - Roulements usés.	Démonter la pompe et remplacer les pièces provoquant vibration.

DIFFICULTÉ	CAUSE	RECOURS
<i>Moteur Surcharge</i>	Vitesse trop élevée.	Vérifiez l'alimentation correcte fréquence.
	Serrez plus l'emballage de la glande	Vérifiez l'emballage de la glande et desserrez la glande boulon.
	Paliers de pompe à saisir ou élément rotatif à lier	Démonter et remplacer les pièces provoquant une saisie, ou contraignant.
<i>Excessif Fuite de Joint</i>	Emballage non assis	Boulons de presse-étoupe desserrés et serrés presse-étoupe uniformément.
	Emballage usé	Remplacer l'emballage
<i>Pompe Anormal Bruit</i>	Cavitation	Vérifiez le niveau d'eau et gardez la plage de fonctionnement.
	Pièces détachées	Serrez ou remplacez la pièce défectueuse.
	Bruit dans le conducteur	Vérifiez le moteur avec un stéthoscope.

III.6. Échange de pièces usées : [7]

Si l'usure des pièces coulissantes dépasse les critères admissibles ou atteint presque les critères, remplacez toute pièce usée avec un nouveau. Dans ce chapitre, les procédures détaillées pour l'échange des pièces usées, non décrites dans le chapitre précédent, sont présentés.

III.6.1. Démontage des pièces usées :

III.6.1.1 Manchon d'arbre et manchon d'emballage :

- a) La taille des vis de réglage initiales est M10x14L (vis de réglage à fente avec pointe conique).
- b) Broyer le bord de calage avec une meuleuse pour bébé et retirer les vis de réglage du côté du manchon.
- c) Afin d'élargir le diamètre intérieur du manchon comme indiqué sur la figure ci-dessous, martelez le manchon légèrement pour ne pas endommager l'arbre. Retirez ensuite le manchon.
- d) S'il ne peut pas être retiré, coupez-le par usinage.

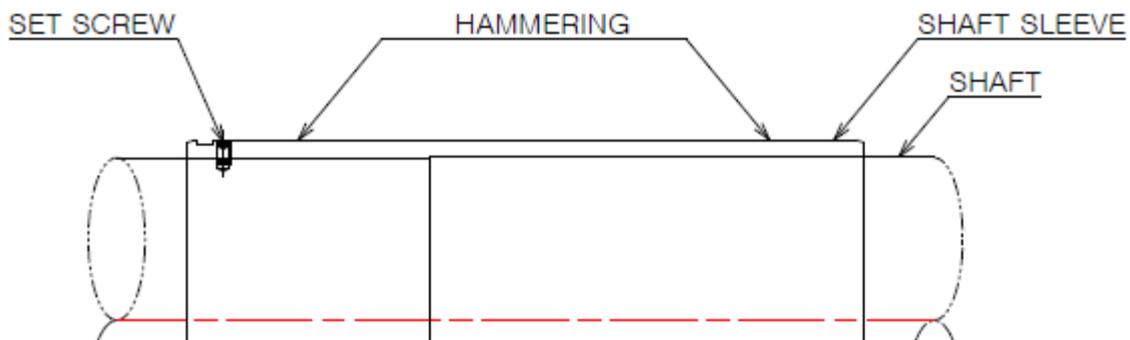


Figure III.18 : L'élargissement du diamètre intérieur du manchon

III.6.1.2 Palier submergé :

- a) Le palier submergé est composé d'un type à cartouche.
- b) Le roulement doit être remplacé par un nouveau lorsqu'il est usé au-delà du jeu acceptable.

III.6.1.3 Anneau de roue :

- a) Retirez les vis de réglage de la bague et de la roue.
- b) Martelez légèrement l'anneau de la roue afin de ne pas l'endommager comme indiqué sur la figure ci-dessous.

Retirez ensuite l'anneau de la roue.

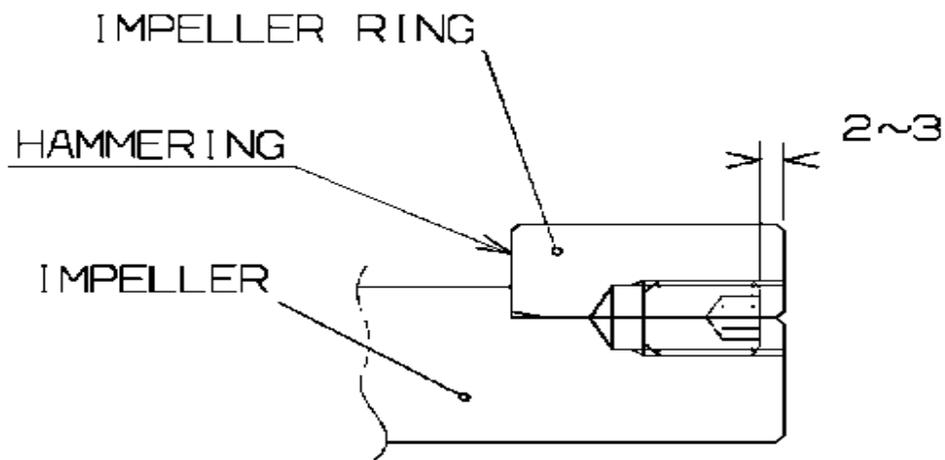


Figure III.19 : L'anneau de roue

c) S'il ne peut pas être retiré de la méthode ci-dessus, retirez l'anneau de la roue après qu'il doit être élargi par roue chauffante à l'extérieur ou coupée par usinage.

III.6.1.4 Bague d'enveloppe :

- a) Retirez les vis de réglage de l'anneau de carter et videz le bol.
- b) Insérez le burin entre la bague de tubage et le bol de décharge afin de les séparer comme indiqué dans la figure ci-dessous. Retirez ensuite la bague d'enveloppe.
- c) S'il ne peut pas être enlevé au-dessus de la méthode, coupez-le par usinage.

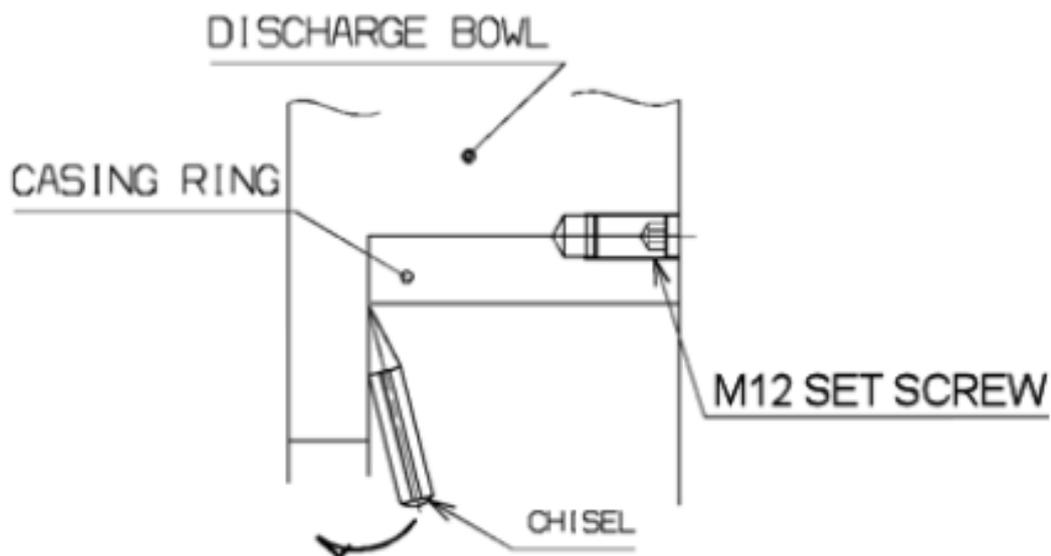


Figure III.20 : Bague d'enveloppement

III.6.2. Assemblage de pièces neuves : [8]

III.6.2.1 Manchon d'arbre et manchon d'emballage :

- a) La spécification de la vis de réglage pour les manchons est M10x14L (vis de réglage à fente avec pointe conique).
- b) Monter les manchons sur l'arbre.

À ce moment, enduisez le joint liquide ("THREE BOND 1104" ou équivalent) sur la surface intérieure de seulement le manchon d'emballage de sorte que l'eau sous pression ne fuie pas de l'extrémité supérieure de l'emballage manche.

Et enduisez la mastic anti-corrosion par crevasse ("PÂTE KINORUSTER Z750") sur la surface intérieure du manchon d'arbre (inférieur, supérieur).

Tableau III.4 : Le détail de "THREE BOND 1104".

Nom de marque et Type	Matériel	Décideur	Prévention
<i>TROIS OBLIGATIONS 1104</i> <i>(type semi-séchant et visqueux-élastique)</i> <i>LA PEAU</i> <i>PÂTE Z-750</i>	<i>SYNTHÉTIQUE</i> <i>CAOUTCHOUC</i>	<i>Jeune Jin MoolSan</i> <i>(Trois Bond Co., Ltd.)</i>	<i>Fuite</i> <i>Anti-Crevasse</i> <i>Corrosion</i>

- c) Taraudez le trou de vis au point approprié autre que le trou de taraud existant dans l'arbre, à l'aide d'une vis femelle vissez le trou du manchon comme guide comme indiqué sur la figure ci-dessous.

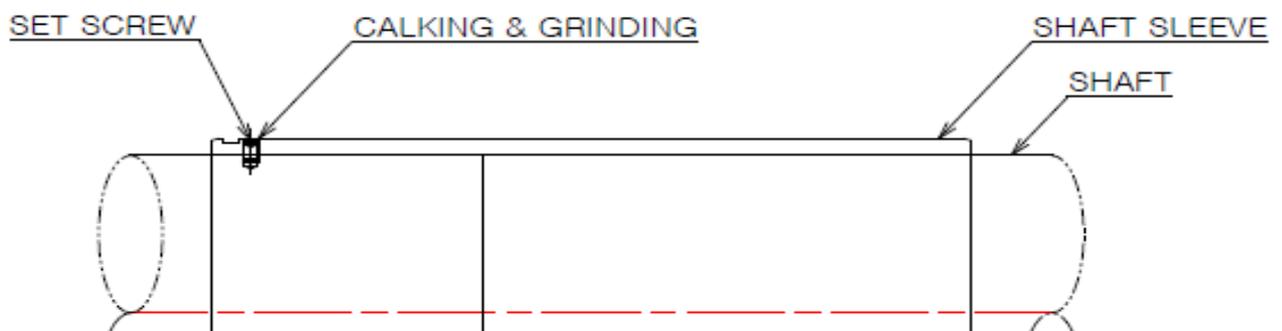


Figure III.21 : Dessin explicatif de paragraphe ©

- d) La profondeur du trou de vis du côté de l'arbre doit être d'environ 6 mm.
- e) Réglez les vis de réglage.
- f) Calk l'extrémité des vis de réglage en trois points ou plus de trois points pour bloquer le desserrage.
- g) Limez la partie calquée du manchon pour rendre la surface lisse et remplissez la silicone dans son trou.

Données de Couple

Tableau III.5 : Couple de serrage (kgf-m) avec lubrifiants par apport à la Taille de Boulon (mm)

Taille de Boulon (mm)	Couple de serrage (kgf-m) avec lubrifiants		
	A276 S31603	A276 S31803 (Boulon mouillé, Duplex)	A36
<i>M6</i>	<i>0.3</i>	<i>0.6</i>	<i>0.3</i>
<i>M8</i>	<i>0.6</i>	<i>1.5</i>	<i>0.8</i>
<i>M10</i>	<i>1.3</i>	<i>3.0</i>	<i>1.5</i>
<i>M12</i>	<i>2.2</i>	<i>5.3</i>	<i>2.5</i>
<i>M16</i>	<i>5.4</i>	<i>12.9</i>	<i>6.4</i>
<i>M20</i>	<i>10.5</i>	<i>25.1</i>	<i>12.5</i>
<i>M24</i>	<i>18.1</i>	<i>43.4</i>	<i>21.7</i>
<i>M30</i>	<i>35.6</i>	<i>85.5</i>	<i>42.8</i>
<i>M36</i>	<i>62</i>	<i>149</i>	<i>74.3</i>
<i>M42</i>	<i>98.8</i>	<i>237</i>	<i>119.0</i>
<i>M45</i>	<i>124</i>	<i>296</i>	<i>148</i>
<i>M48</i>	<i>148</i>	<i>355</i>	<i>177</i>
En ce qui concerne les boulons d'alésoir pour l'accouplement à engrenages flexibles, reportez-vous au Dessin de l'accouplement à engrenages.			

Ces valeurs de couple sont disponibles lors de la fixation avec des lubrifiants.

III.7. Généralités sur analyse vibratoire :

III.7.1. Introduction :

Toutes les machines en fonctionnement produisent des vibrations, images des efforts dynamiques engendrent par les pièces en mouvement, ainsi, une machine neuve en excellent état de fonctionnement produit très peu de vibrations.

La détérioration du fonctionnement conduit le plus souvent à un accroissement du niveau des vibrations, en observant l'évolution de ce niveau, il est par conséquent possible d'obtenir des informations très utiles sur l'état de la machine.

Ces vibrations occupent une place privilégiée parmi les paramètres à prendre en considération pour effectuer un diagnostic, la modification de la vibration d'une machine constitue souvent la première manifestation physique d'une anomalie, cause potentielle de dégradations, voire de pannes.

Ces caractéristiques font de la surveillance par analyse des vibrations, un outil indispensable pour une maintenance moderne, puisqu'elle permet, par un dépistage ou un diagnostic approprié des défauts, d'éviter la casse et de n'intervenir sur une machine qu'au bon moment et pendant des arrêts programmés de production. [14]

III.7.2. Théorie de vibration :

III.7.2.1. Objectif d'analyse vibratoire :

L'analyse vibratoire poursuit vibratoire :

- ✓ La détection des défauts.
- ✓ L'analyse détaillée des défauts.

On utilise à cet effet des paramètres calculés :

- ✓ Soit dans le domaine temporel.
- ✓ Soit dans le domaine fréquentiel.
- ✓ Soit dans les deux à la fois. [15]

III.7.2.2. Définition d'une vibration :

Un système mécanique est dit en vibration lorsqu'il est animé d'un mouvement de « va » et « vient » autour d'une position moyenne, dite position d'équilibre, si l'on observe le mouvement d'une masse suspendue à un ressort on constate qu'il se traduit par :

- Un déplacement : la position de la masse varie de part et d'autre du point d'équilibre.
- Une vitesse de déplacement : variation du déplacement par rapport au temps.
- Une accélération : variation de la vitesse par rapport au temps. [15]

Le contrôle d'état des machines rotatives sur une base de l'analyse vibratoire peut être résumé en 5 étapes : [16]

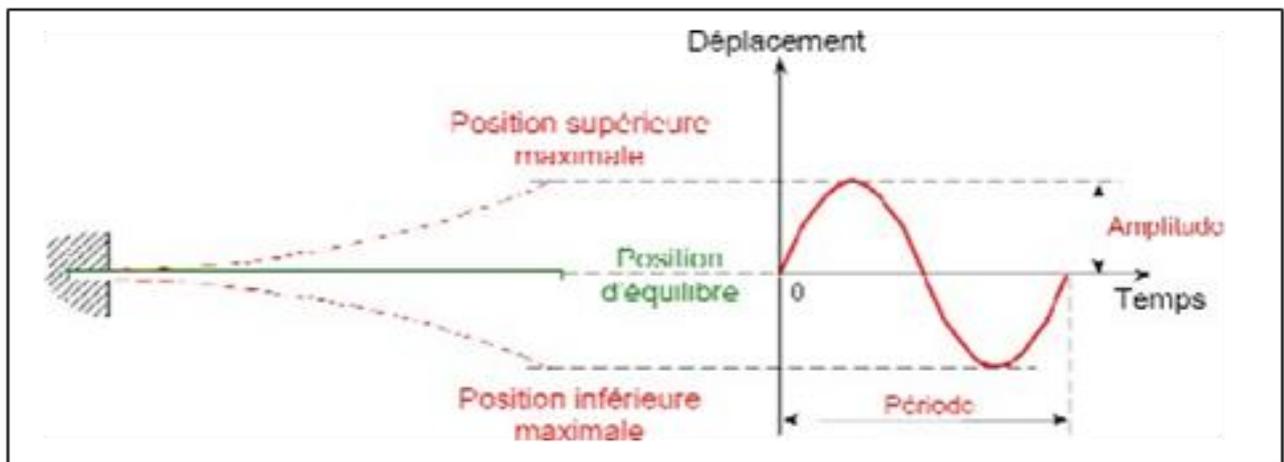


Figure III.22 : Analyse vibratoire

III.7.2.2.1. Origine des vibrations :

Les vibrations dans les machines tournantes sont essentiellement dues à un déséquilibre du rotor, ou à une excentricité d'un élément de masse quelconque par rapport à l'axe de révolution. Les vibrations d'une machine tournante se transmettent du rotor à la structure à travers les paliers. [17]

III.7.2.2.2. Nature des vibrations :

Les vibrations mécaniques sont des mouvements oscillant autour d'une position moyenne d'équilibre. Ces mouvements oscillants caractéristiques de l'effort qui les génère, peuvent être, soit périodiques, soit apériodiques (transitoires ou aléatoires) selon qu'ils se répètent ou non, identiquement à eux-mêmes après une durée déterminée. [17]

III.7.2.3. Avantages et Inconvénients des vibrations :

<i>Avantage</i>	<i>Inconvénient</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Réduite les frottements. • Apprécier l'état mécanique d'un système (surveillance et diagnostic). • Transmission des flux d'information. [73] • Détection de défaut à un stade précoce. • Possibilité de réaliser un diagnostic approfondi. • Autorise une surveillance continue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provoquent la fatigue des matériaux qui peut conduire à leur destruction prématurée. • Les vibrations d'un élément de machine par apport à un autre provoquer leur contact. • Les vibrations existence par voie mécanique et par voie aérienne les corps vivants, ceux des hommes, leurs systèmes nerveux. [18]

III.7.2.4. Différent forme de vibration :

Les vibrations sont classées d'après l'évolution de la variable considérée dans le temps (périodicité).

On distingue les vibrations suivantes :

III.7.2.4.1. Vibration harmonique :

Une vibration harmonique est une vibration dont le diagramme amplitude _temps est représenté par une sinusoïde (Figure II.4), exemple le balourd d'un rotor en mouvement).

La période d'une vibration harmonique est le temps nécessaire pour effectuer un cycle (revenir à la même situation de départ). [19]

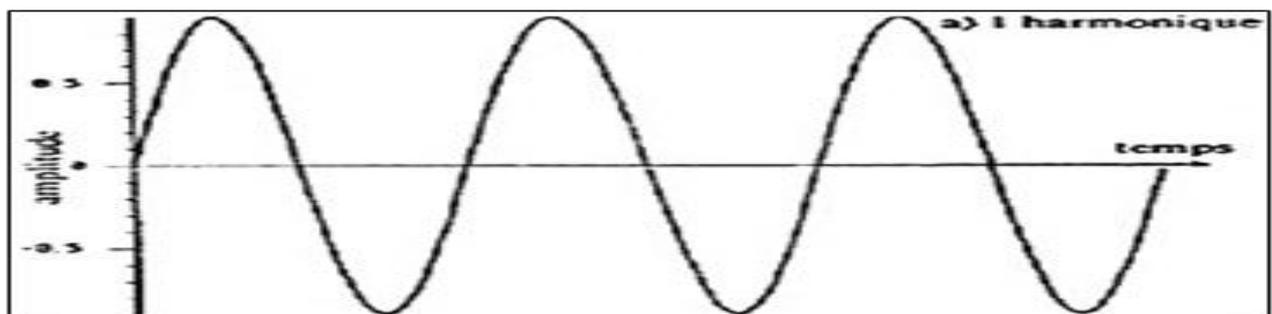


Figure III.23 : Vibration harmonique

Elle est décrite par l'équation suivante :

$$X(t) = X \sin(\omega t + \phi) \dots\dots\dots \text{II.1}$$

ω : vitesse angulaire ou pulsation du mouvement ($2\pi f$) (rad/s),

f : fréquence du mouvement (Hz, Tour/s, RPM, tours/minutes),

Φ : phase de mouvement par rapport à un repère dans le temps (rad).

$X(t)$: C'est la valeur instantanée de la grandeur considérée.

X : représente l'amplitude, c'est la valeur maximale de la fonction harmonique.

III.7.2.4.2. Vibration Périodique :

Une vibration périodique est telle qu'elle se reproduit exactement après un certain temps appelée période **Figure III.24**.

Une telle vibration est créée par excitation elle-même périodique. C'est le cas le plus fréquemment rencontré sur les machines.

Une vibration périodique est la composée de plusieurs vibrations harmoniques. [20]

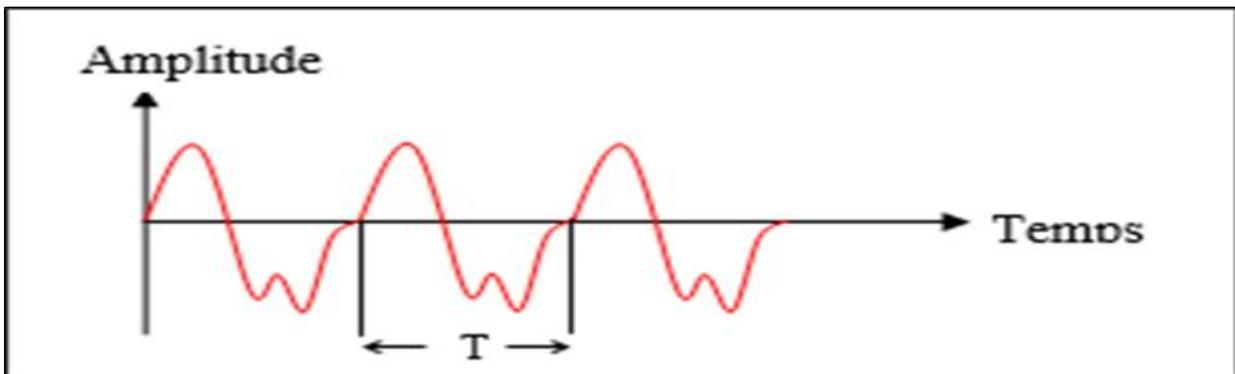


Figure III.24 : Vibration Périodique

- ✓ Une vibration périodique est la composante de plusieurs vibrations harmoniques.
- ✓ Une fonction périodique est définie par $f(t) = f(t+T)$; où T :
est la période.
Elle est décrite par l'équation :

$$X(t) = \sum_{i=1}^n [X_i \sin(\omega_i t + \phi_i)] \dots\dots\dots \text{II.2}$$

III.7.2.4.3. Vibration Apériodiques :

Une vibration apériodique est telle que son comportement temporel est quelconque, c'est à dire que l'on n'observe jamais de reproductibilité dans le temps.[20]

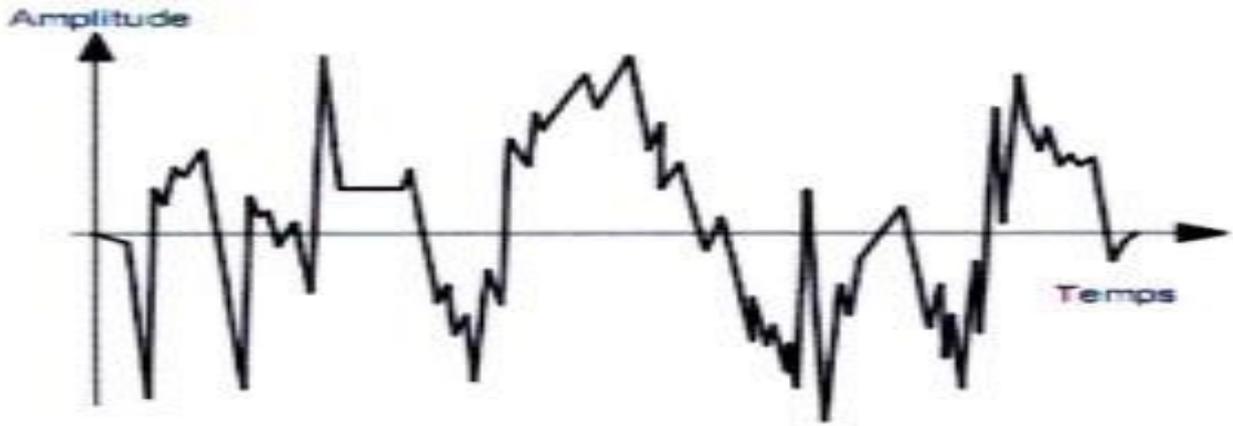


Figure III.25 : Vibrations Apériodiques

Elle décrite par l'équation :

$$X(t) = \sum_{i=1}^{\infty} [X_i \sin(\omega_i t + \phi_i) \dots \dots \dots \text{II.3}]$$

III.7.2.5 Les différentes représentations de signal :

III.7.2.5.1. La classification des signaux :

Ils peuvent s'inscrire dans deux grandes familles ; elle-même subdivisées

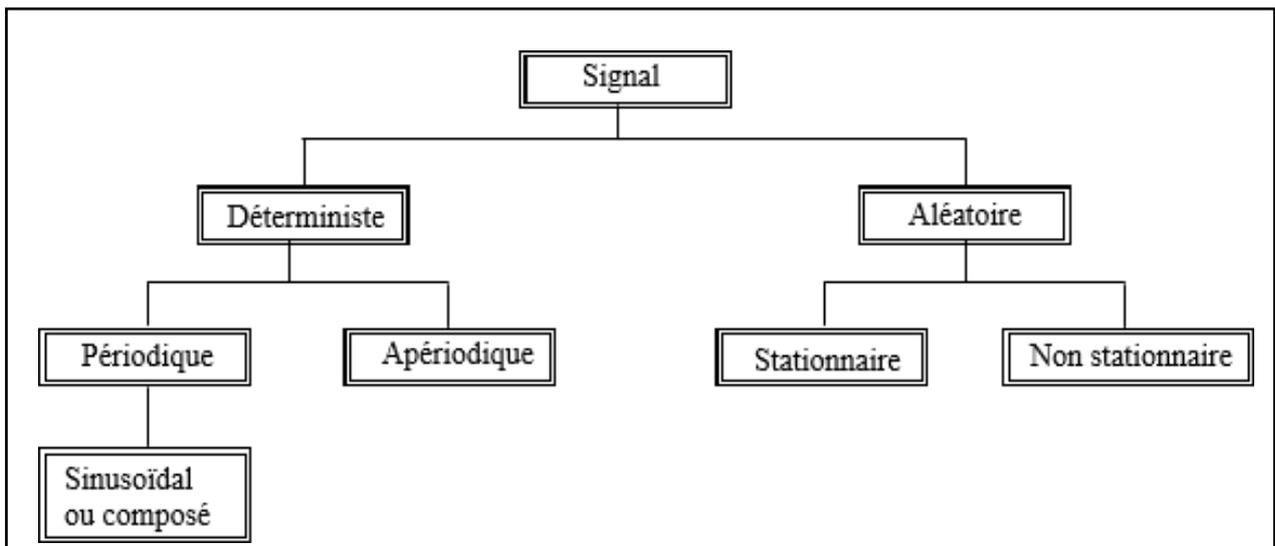


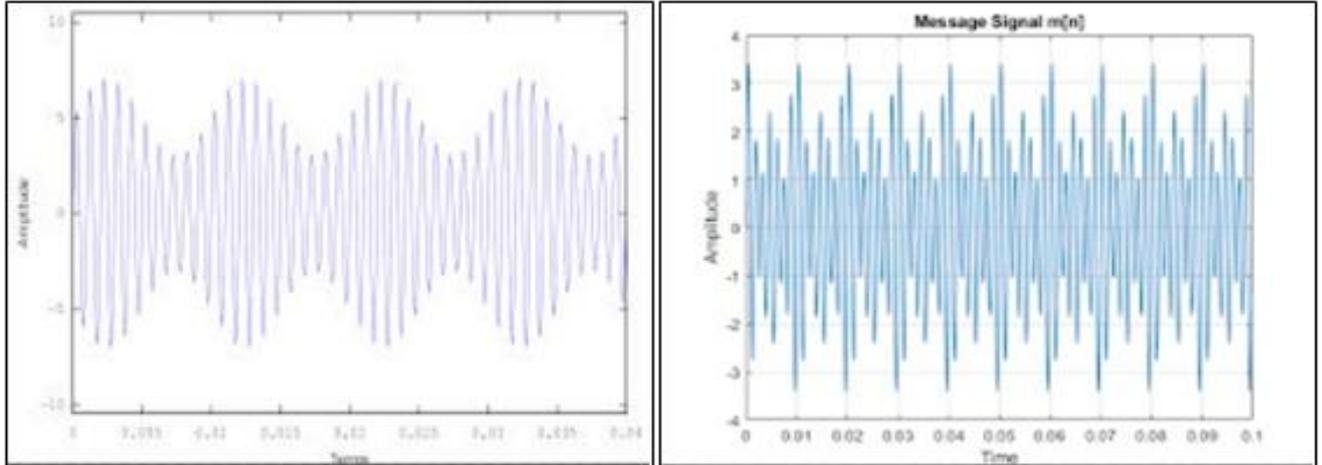
Figure III.26 : La classification des signaux

III.7.2.5.2. Représentation Temporelle :

Si on décrit mathématiquement un signal sinusoïdal, nous obtenons :

$$X(t) = X \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \dots\dots\dots \text{II.4}$$

- Un signal sinusoïdal de fréquence « f » dont l’amplitude modulée
- Un signal sinusoïdal de fréquence « f » dont phase est modulée



(a)

(b)

Figure III.27 : Signal sinusoïdal modulée (a) en amplitude ;(b) en fréquence

III.7.2.5.3. Représentation Fréquentielle (spectrale) :

Dans un domaine temporel, l’évolution du signal vibratoire au cours du temps tandis – qu’à travers une représentation fréquentielle (dite spectre de fréquence), on illustre la contribution des différents signaux relatives aux fréquences mises en jeu lors du mouvement, utilisant des fréquences positives et négatives appelée « Spectre de phase » **Figure III.28.B**, et tissant des fréquences positive appelée « Spectre d’amplitude » **Figure III.28.A**. [21]

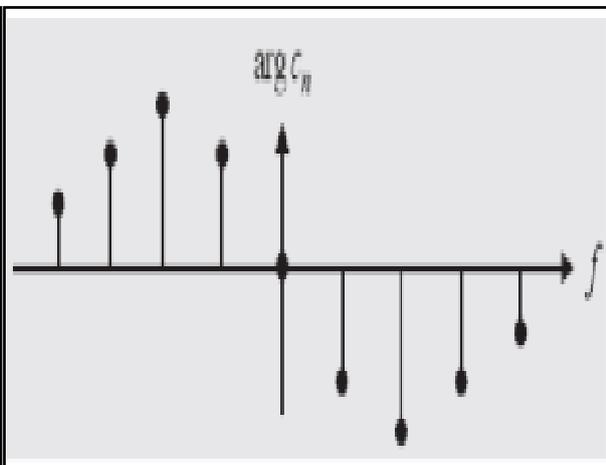
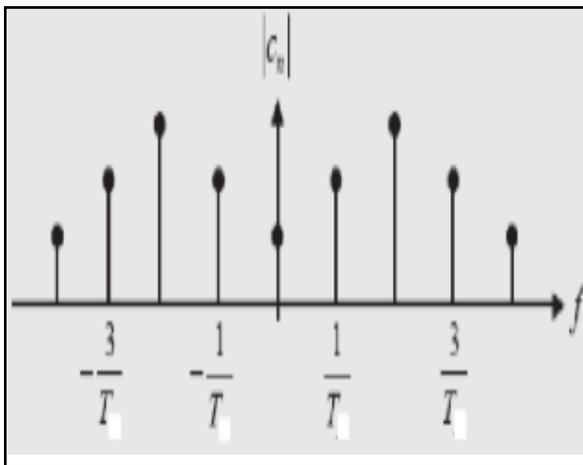


Figure III.28.A : Spectre d’amplitude

Figure III.28.B : Spectre de phase

C'est une représentation en amplitude fonction fréquence soit en :

- Échelle linéaire.
- Échelle logarithmique.

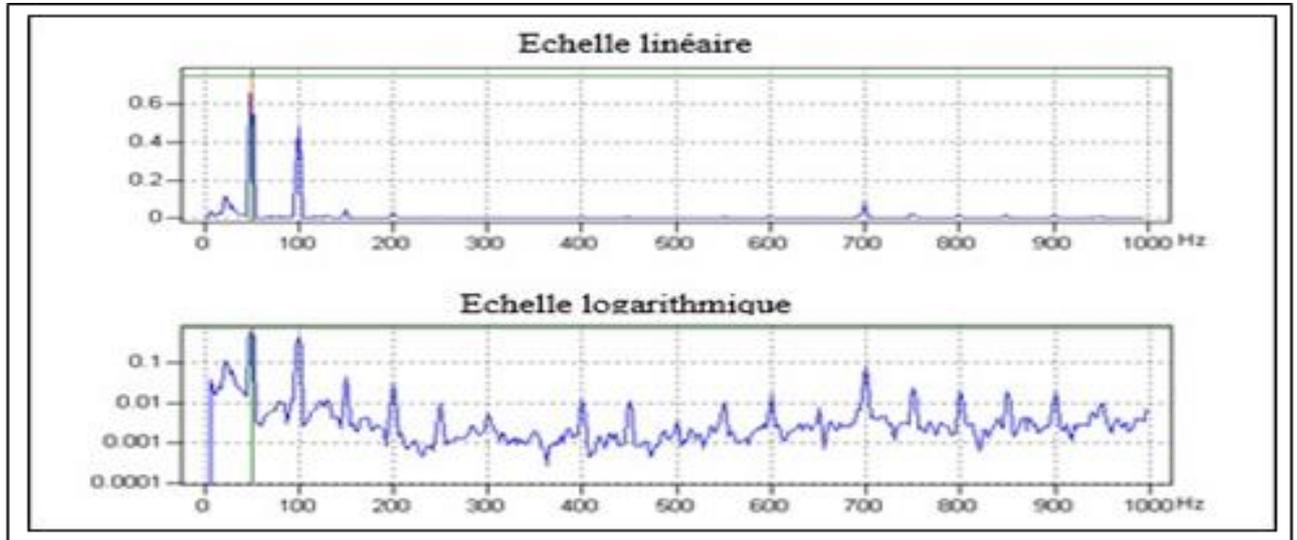


Figure III.29 : Différence entre représentation spectrale linéaire et logarithmique (en amplitude)

III.7.2.5.4. Représentation vectorielle :

Le signal est la somme vectorielle de deux vecteurs imaginaires tournant en sens inverse à la fréquence f_0 et d'amplitude $X/2$.

A chaque instant t ; les parties imaginaires des deux vecteurs s'annulent. Les parties réelles s'additionnent et valent ensemble : $2X/2 \cos(\omega_0 t + \phi_0)$.

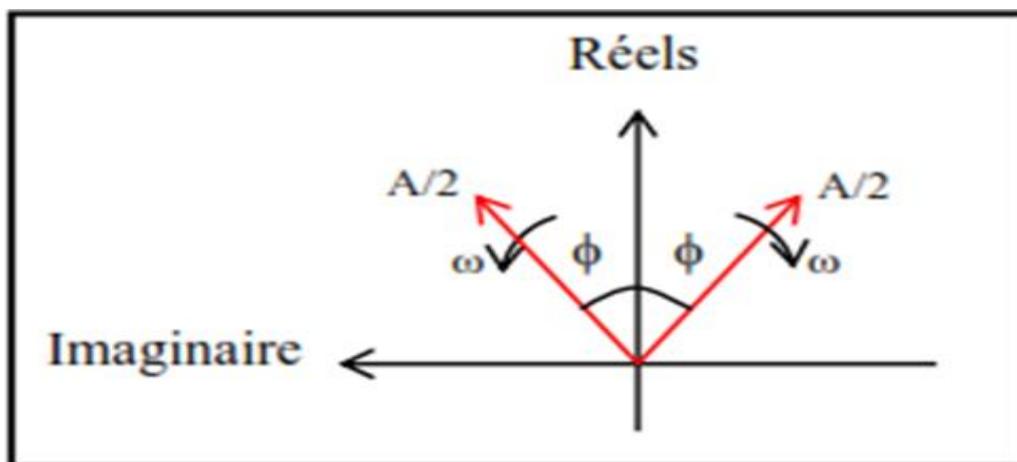


Figure III.30 : Représentation vectorielle

III.7.2.6. Etude Des Caractéristiques Vectorielles :

En mesure de vibration utiliser plusieurs modes de direction, et amplitude de vibration qui les paramètres décrivant l'importance de la vibration, peut être évaluée de de différentes façons [22] :

- Amplitude
- Fréquence
- Phase

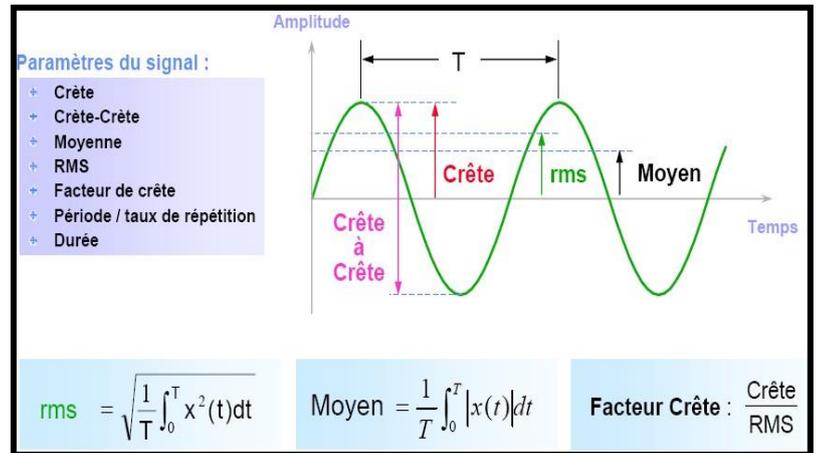


Figure III.31 : Valeur de crête et valeur efficace d'un signal harmonique

III.7.2.6.1. Amplitude :

III.7.2.6.1.1. Valeur Efficace X_{eff} :

La valeur efficaces (ou RMS : Root Mean Square) est la racine carrée de la moyenne du carré du signal : [20]

$$X_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \dots \dots \dots \text{II.5}$$

$$X_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (X_{1eff}^2 + X_{2eff}^2 + \dots + X_{neff}^2)} \dots \dots \dots \text{II.6}$$

III.7.2.6.1.2. Valeur Crête (Pic) X_c :

La valeur de crête est la valeur maximale du signal temporel $x(t)$ dans l'intervalle de temps considéré. Les mesures de vitesse et d'accélération sont généralement prises en valeur de crête ou valeur efficace. [20]

III.7.2.6.1.3. Valeur Crête a crête (Pic a Pic) X_{cc} :

La valeur crête à crête est l'écart maximal entre la valeur de crête négative et la valeur de crête positive du signal $x(t)$ dans l'intervalle de temps considère. En vibration de machines, le déplacement vibration est souvent mesuré en valeur de crête à crête. [22]

III.7.2.6.1.4. Valeur moyen X_{moy} :

C'est la valeur constante qui correspond à la moyenne du signal sur une période T.

$$X_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \dots \dots \dots \quad II.7$$

X_{moy} est inférieure à la valeur crête.

♦ **Relation entre Les Différents modes De Détection :**

Pour une vibration harmonique, à l'exclusion de toute autre vibration périodique, les relations suivantes sont vérifiées :

$$X_{eff} = \frac{X_c}{\sqrt{2}} = \frac{X_{cc}}{2\sqrt{2}} \dots \dots \dots \quad II.7$$

III.7.2.6.1.5. Décibel : [20]

Le décibel est une unité adimensionnelle d'amplification souvent utilisée en acoustique et parfois en vibration de machines.

Voici la définition :

$$X_{dB} = 10 \log_{10}(X^2/X_{2ref}^2) = 20 \log_{10}(X/X_{ref}) \dots \dots \dots II.9$$

Pour obtenir un niveau absolu, on doit connaître le niveau de référence X_{ref} certains capteurs utilisent des niveaux de références standard alors que d'autres utilisent des références spécifiques (**Tableau III.4**).

Tableau III.6 : Niveau de référence standard

Type de mesure	Niveau de référence standard
Pression	$2 \cdot 10^{-5}$ Pa
Accélération	10^{-5} m/s ²
Vitesse	10^{-8} m/s
Déplacement	10^{-11} m
Force	10^{-6} N

III.7.2.6.2. Fréquence :

La fréquence correspond au nombre de cycles effectuée pendant une période déterminer (typiquement la seconde) et est donc calculée par l'inverse de la période : $f = \frac{1}{T}$ [18].

La fréquence en mesurées en :

- Hz : nombre de cycle par second.
- CPM : nombre de cycle par minute.
- RPM : Rotation par minute.
- Ordre : nombre de cycle par révolution.

$$1\text{Hz} = \frac{\text{CPM}}{60} = \frac{\text{RPM}}{60}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} = \frac{60}{\text{RPM}}$$

Période T : c'est l'intervalle du temps au bout duquel la variable x(t) reprend la même valeur dans la même direction (T [s]).

Pulsation $\bar{\omega}$: ou appelée vitesse angulaire ; sa formule est :

$$\omega = 2\pi \times f \text{ (Rad/s)}$$

III.7.2.6.3. Phase :

Elle permet déterminer la position d'un corps à un instant donné

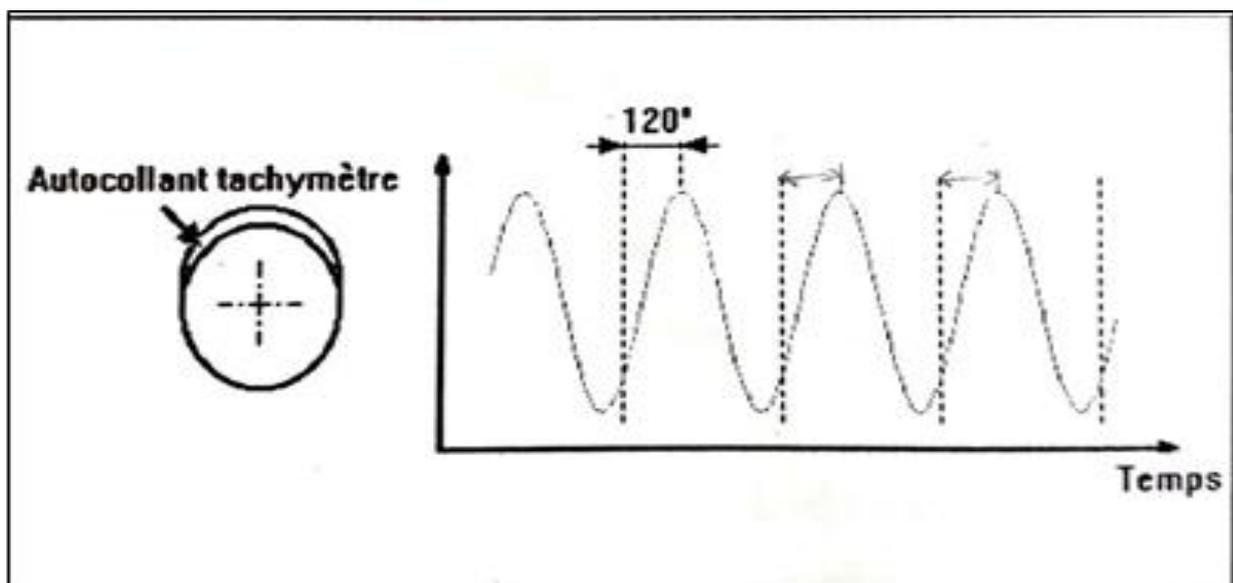


Figure III.32 : Mesure de la phase

III.7.2.7. Les Grandeurs De mesure D'une Vibration Mécanique :

Les choix des variables (amplitude de déplacement, vitesse, accélération) pour une mesure de vibration déterminée le succès ou l'échec de l'étude, puisque ces variables seront à détecter les défauts des machines. [22]

III.7.2.7.1. Déplacement Vibratoire X(t) :

Le déplacement x (t) d'une vibration est décrit par l'équation :

$$X(t) = X \sin(\omega t + \varphi) [\mu\text{m}] \dots\dots\dots \text{II.10}$$

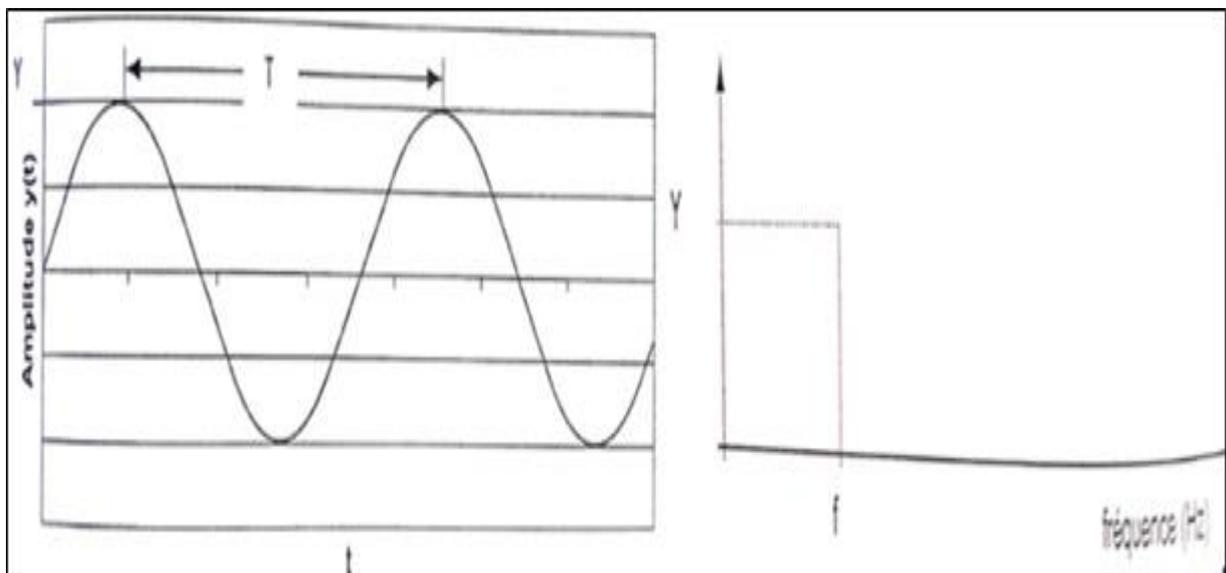


Figure III.33 : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) d'un signal harmonique

L'amplitude de signal est X et sa fréquence est $f = \omega/2\pi$. La forme temporelle de cette fonction est montrée à la figure... Dans le domaine fréquentielle, le même signal se représente lus simplement tel que montré à la **Figure III.33**.

III.7.2.7.2. Vitesse Vibratoire V(t) :

La vitesse v (t) de cette vibration s'obtient par dérivation du déplacement :

$$V(t) = \frac{d(x)}{dt} = x \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi) = V \cdot \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \left[\frac{mm}{s}\right] \dots\dots\dots \text{II. 11}$$

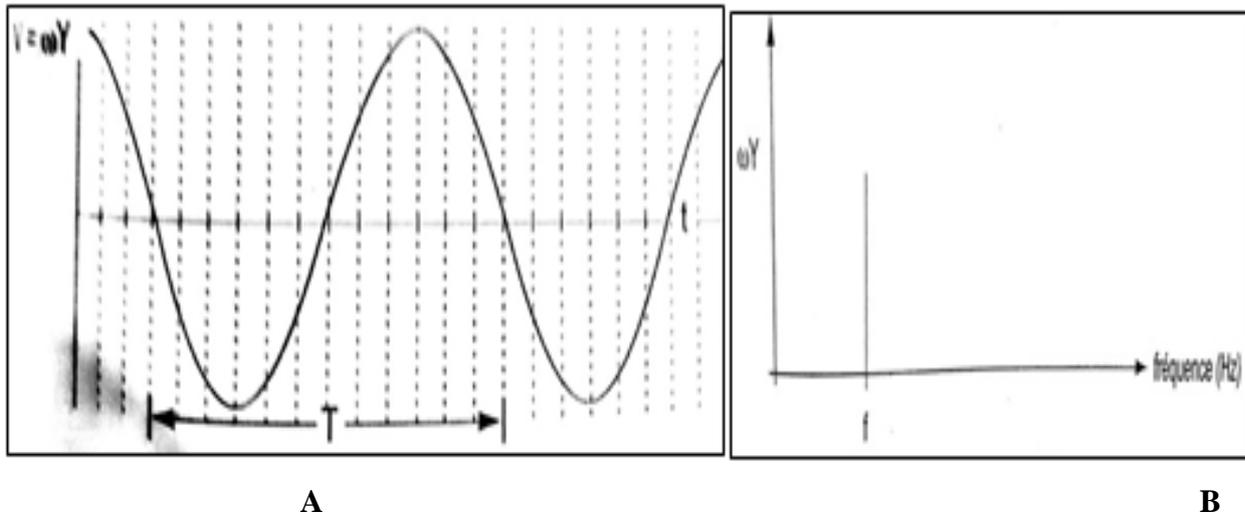


Figure III.34 : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) de vitesse vibratoire

La vitesse vibratoire est donc un signal harmonique déphasé de 90 degré par rapport au déplacement avec la même fréquence, mais amplitude V égale à X. ω **Figure III.34.**[22]

III.7.2.7.3. Accélération Vibratoire a(t) :

L'accélération a (t) de cette vibration s'obtient par dérivation de la vitesse :

$$a(t) = \frac{d(v)}{dt} = V \cdot \omega \cdot \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi + \pi) \left[\frac{m}{s^2}\right] \dots \dots \dots II. 12$$

L'unité d'accélération de la pesanteur [g] (1g=9.81 m/s²).

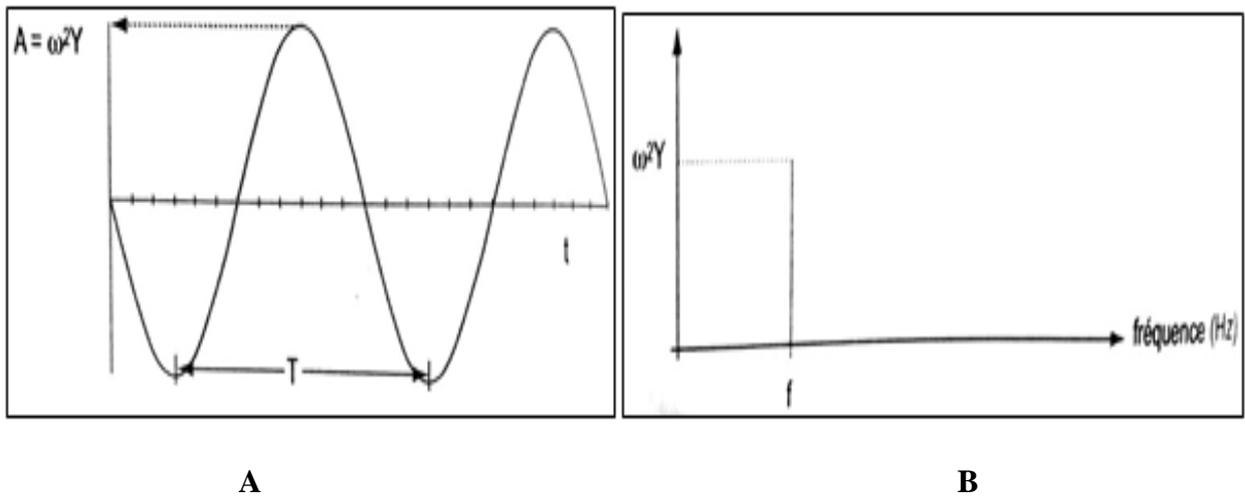


Figure III.35 : Représentation temporelle (a) et fréquentielle (b) de l'accélération

L'accélération est donc un signal harmonique, déphasage 90° dégréé avec la vitesse et de 180degréé avec l'accélération A égal X ω2 et de fréquence ω [22].

III.7.2.7.4. Choix Entre déplacement, Vitesse et Accélération :

On constate qu'il existe une relation très simple entre l'amplitude de déplacement X, de vitesse V, d'accélération A et la pulsation ω [22].

$$A = V \cdot \omega = X \cdot \omega^2 \dots \dots \dots \text{II.13}$$

L'équation (II.13) montre que l'on choisira préférentiellement :

- La grandeur déplacement pour détecter des phénomènes à basse fréquence (ω = 2πf petite)
- La grandeur accélération pour détecter des phénomènes à haute fréquence (ω = 2πf grande)
- La grandeur vitesse pour détecter des phénomènes se situant dans une large gamme de fréquence (ω = 2πf moyen).

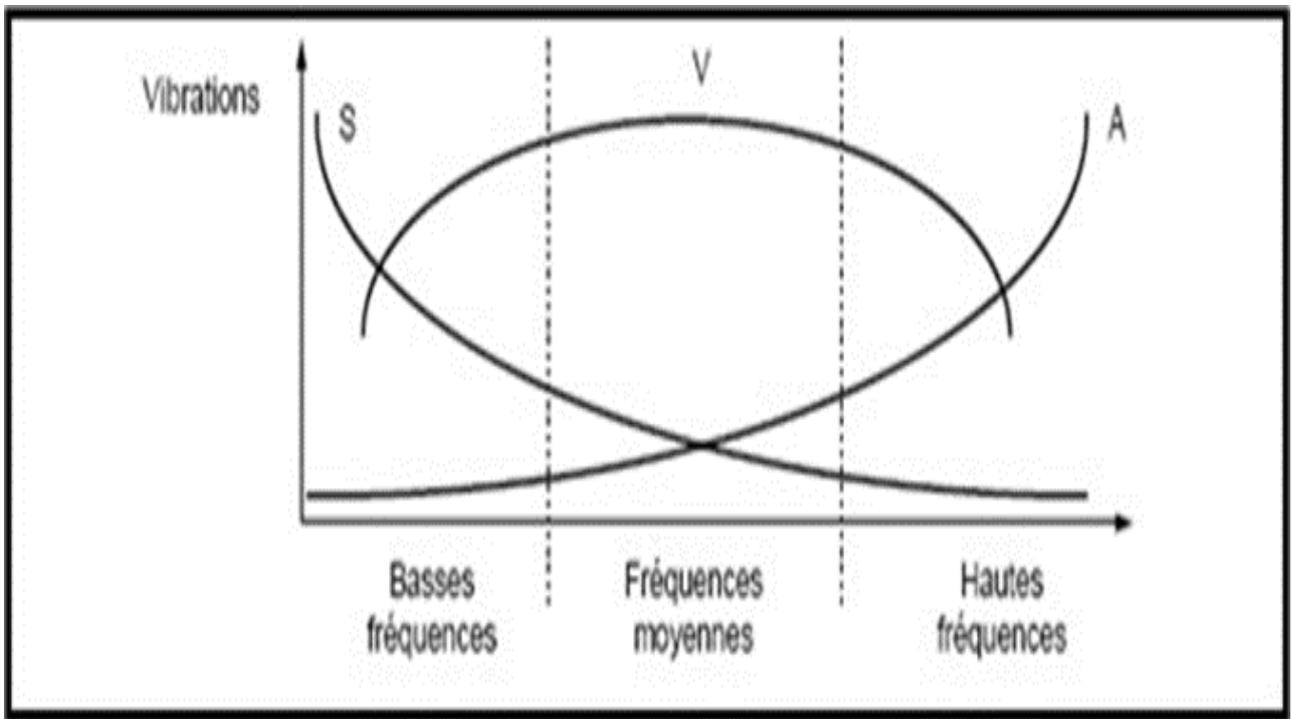


Figure III.36 : Les grandeurs de mesure

Tableau III.7 : Choix des grandeurs de mesure de vibration [22]

Les Grandeurs mesure	Exemples d'utilisation
Déplacement	Mesure de vibration de toile dans les pales et papiers, jeux, dilatations.
Vitesse	La plupart des normes considèrent la valeur efficace de la vitesse de vibration comme le meilleur paramètre pour représente des vibrations mécaniques, balourd.
Accélération	Surveillienne des engrenages, des roulements, turbulences, fuites.

III.7.2.7.5. Les Unités De Vibration :

Le **tableau III.8** récapitule les unités utilisées pour A, V, X dans le système internationale (SI) et dans le système impérial et les unités utiliser le plus couramment dans la mesure vibratoire.

Tableau III.8 : Les unités de vibration [22]

Grandeur de Mesure	Unités S. I	Unités Vibratoires	Correspondances	Système Impérial
Déplacement X	M	Mm	1 μm = 10^{-6} m	1 pouce = 25.4 mm 1 mil = 25.4 μm
Vitesse V	m/s	Mm/s	1 mm/s = 10^{-3} m/s	1 pouce/s = 25.4 mm/s 1 mil/s = 0.025 mm/s
Accélération A	m/s ²	G	1 g = 9.81 m/s ²	1 g = 386 pouces / s ²

III.7.2.8. Les différents Types De Mesure :

III.7.2.8.1. Mesure De Déplacement Radiaux :

La prise des mesures de vibrations radiales s'effectue à l'aide de deux capteurs fixés à demeure au travers du palier et disposés sur sa périphérie, suivant un angle voisin de 90° et placé par paire, il sera bon de vérifier que la distance entre la sonde (élément actif du capteur) et sa cible (le rotor) est dans les limites de préconisation tout en permettant les mouvements de l'arbre **Figure III.37**. [23]

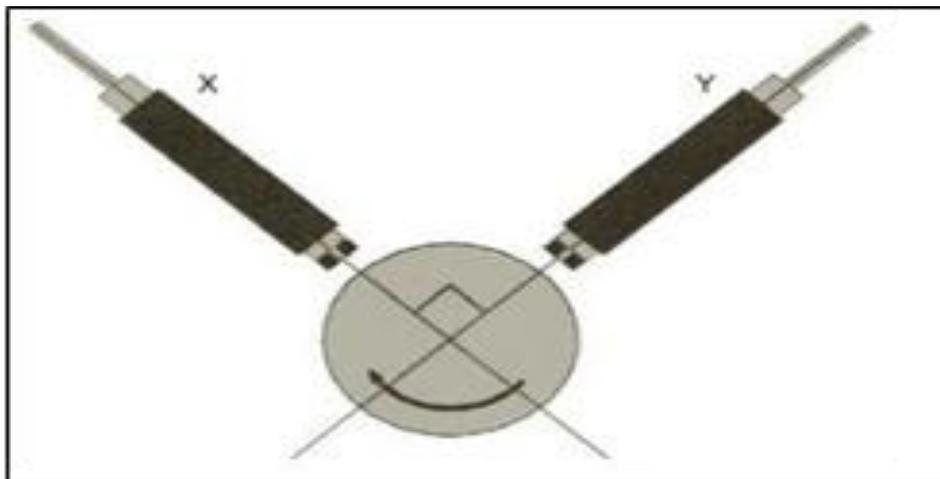


Figure III.37 : Mise en place des capteurs de déplacement sur le palier d'une Turbomachine

III.7.2.8.2. Mesure De Déplacement Axiaux :

Pour obtenir ces mesures, la sonde sera placée en un point fixe parallèlement à l'axe du rotor et visera soit l'extrémité de l'arbre soit un épaulement [20].

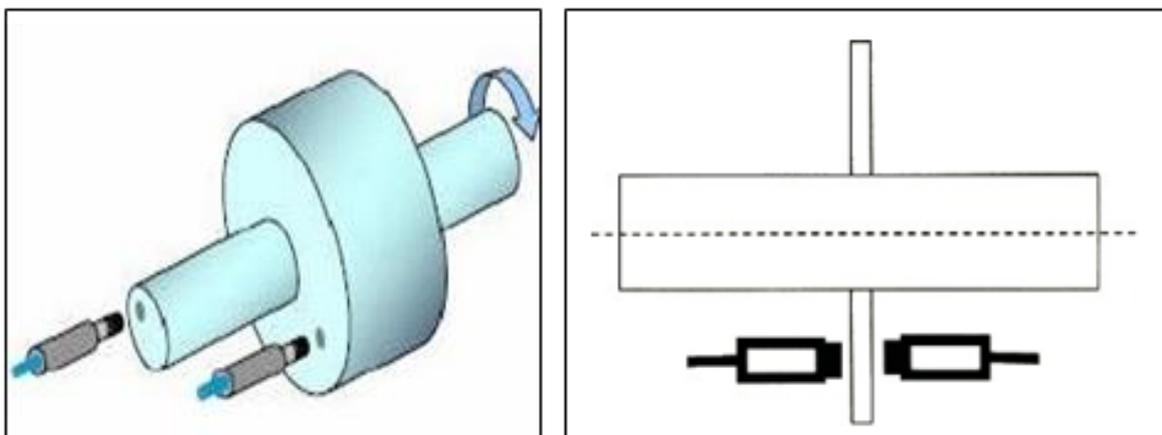


Figure III.38 : Mesure les déplacements axiaux

III.7.2.9 Les capteurs de vibration mécanique :

Les trois types des capteurs de vibration utilisée actuellement en industrie pour la maintenance prédictive sont :

- ☞ Les capteurs de déplacement (principe du courant de Foucault).
- ☞ Les capteurs inductifs de vitesse (vélocimétrie).
- ☞ Les capteurs d'accélération (accéléromètres).

A côté de ces capteurs classiques, il existe aussi des capteurs :

- ☞ Capacitifs.
- ☞ Lasers. [19]

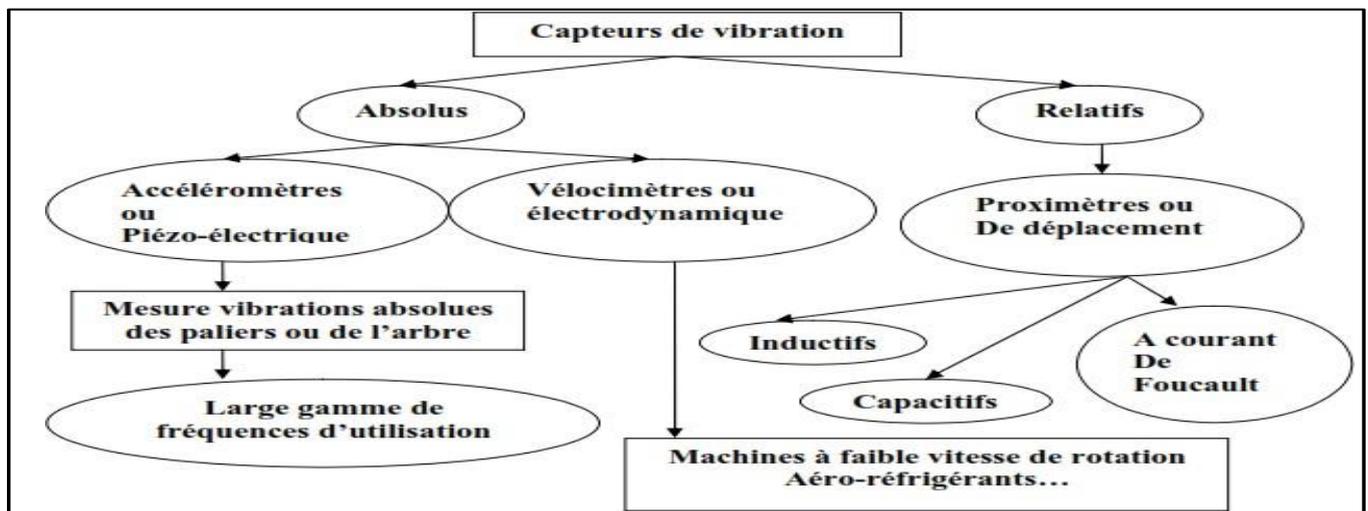


Figure III.39 : Capteur vibration [24]

III.7.2.9.1. Les capteurs de déplacement (principe du courant de Foucault) :

Aujourd’hui, les capteurs le plus utilisé pour surveillance est le capteur inductif à courant de Foucault. Ce capteur, représenté en **Figure III.40** est relié à un émetteur-démodulateur-conditionneur. Il est constitué d’une bobine parcourue par un courant électrique « haute fréquence ».

Il existe des capteurs de déplacement :

- Inductifs
- Capacitifs

- A courant de Foucault

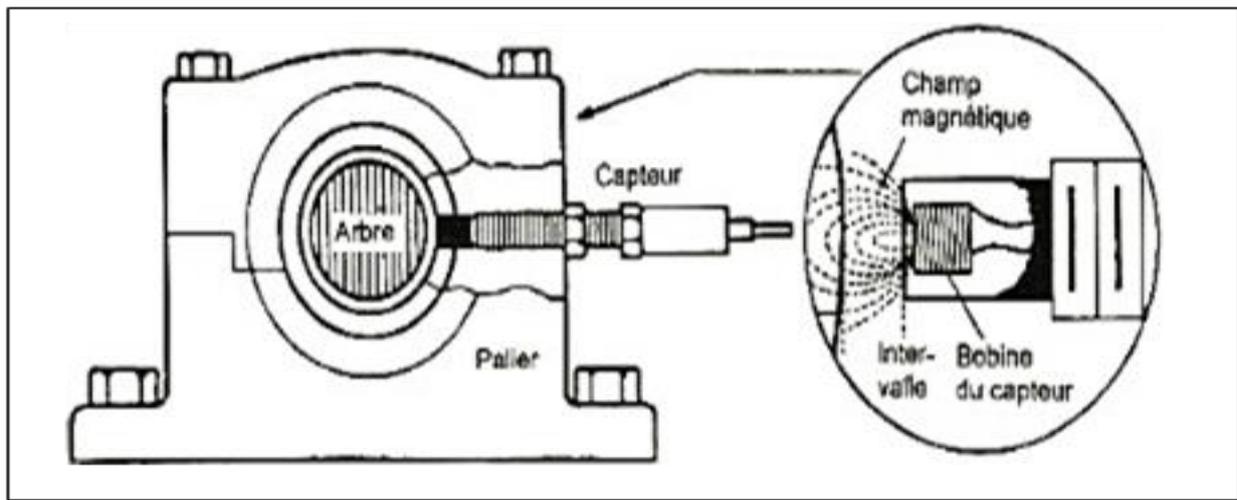


Figure III.40 : Principe du capteur inductif à courants de Foucault

Le champ magnétique ainsi créé induit, à la surface de l'arbre, des courants appelés courants de Foucault qui modifient l'impédance de la bobine Figure III.41.

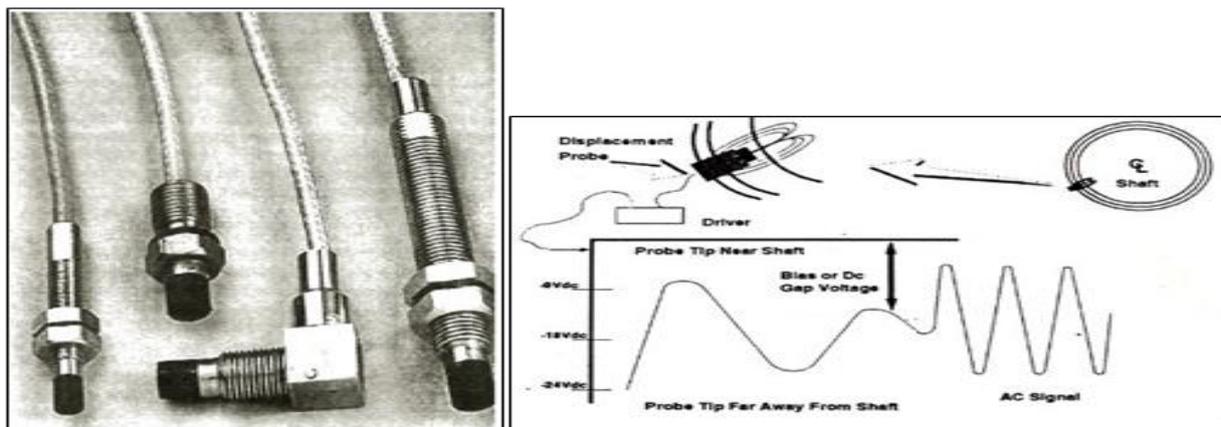


Figure III.41 : Capteur de déplacement [23]

III.7.2.9.2. Les capteurs inductifs de vitesse (vélocimétrie) :

- **Principe électrodynamique : [20]**

Le principe électrodynamique est le plus robuste et facile à mettre en œuvre. Par contre, il est adapté aux machines à faible vitesse. Un aimant permanent (1) génère une induction magnétique constante B . Les lignes de champs se referment par l'intermédiaire du boîtier (3).

Une bobine (4) suspendue par des membranes (5) et (6) peut se déplacer dans la direction des lignes de champs. Une force électromotrice (f_{em}) d'induction e est générée. Cette force est le

produit de la vitesse de vibration, de l'induction magnétique B et de la longueur l de l'enroulement. : $e = B.I. v$ et pour B et I constante ($B. I = K.V$).

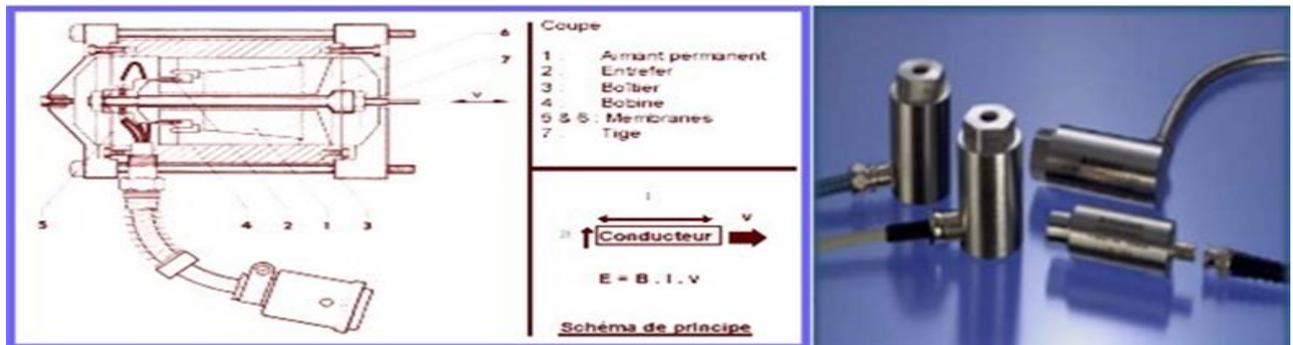


Figure III.42 : Schéma de principe d'une vélocimétrie

III.7.2.9.3. Les capteurs d'accélération (accéléromètres) : [10]

Dans la pratique, les capteurs d'accélération les plus répandus sont les capteurs piézo-électriques. Il en existe des exécutions très variées d'un point de vue tant mécanique qu'électrique. Le capteur d'accélération doit être choisi en fonction de son utilisation.

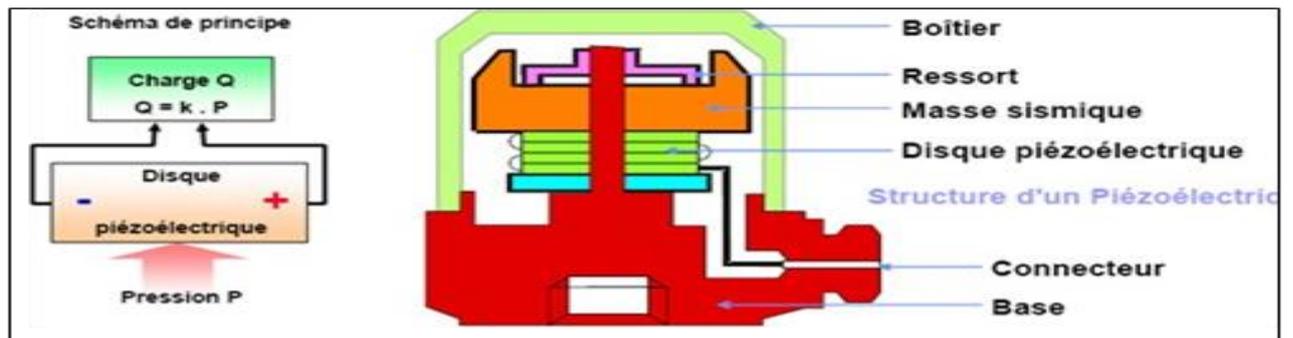


Figure III.43 : Accéléromètre fonctionnant sur le principe piézo-électrique

Les éléments actifs de ce type de capteur **Figure III.43** sont des disques de cristal piézo-électrique présentant la propriété de transformer une sollicitation mécanique (pression ou cisaillement) en charge électrique.

Lorsque le capteur est soumis à une vibration, la masse exerce une pression alternative sur les disques qui, grâce à leur effet piézo-électrique, créent une vibration de charge électrique proportionnelle à la force appliquée et donc à l'accélération de la masse.

$$Q = k . P$$

Effet piézo-électrique : $P = \frac{F}{S} \gg Q = K . a$

$$F = M.a$$

Q : charge électrique générée par l'effet piézo-électrique [pC].

P : pression exercée sur la céramique [N/m²]

F : force exercée sur la céramique [N].

S : surface de contact entre la masse sismique et la céramique [m²]. **M** : masse sismique [Kg].

a : accélération du capteur [m/s²]. **K** : constante [pC m²/ N].

K : facteur de transmission [pC s²/ m]

III.7.2.9.4. Comparaison des plages fréquences des trois types de capteur : [23]

■ **Plage de fréquence de déplacement :**

Le principe de mesure à courant de Foucault présente généralement une plage de réponse en fréquence allant de 0 à 1 000 Hz.

■ **Plage de fréquence d'une vélocimétrie :**

La fréquence de résonance de ce type de capteur se situe généralement entre 8 et 15 Hz et la gamme dynamique s'étend de 10-20 Hz à 2000 Hz environ, bien qu'il soit cependant possible d'abaisser à 1 Hz la fréquence de coupure inférieure du capteur.

■ **Plage de fréquence d'accéléromètre :**

La plage de fréquence utilisable linéairement est égale à environ un tiers de la fréquence de résonance du capteur. En général, la plage de linéarité typique est : 0 à 13000 Hz.

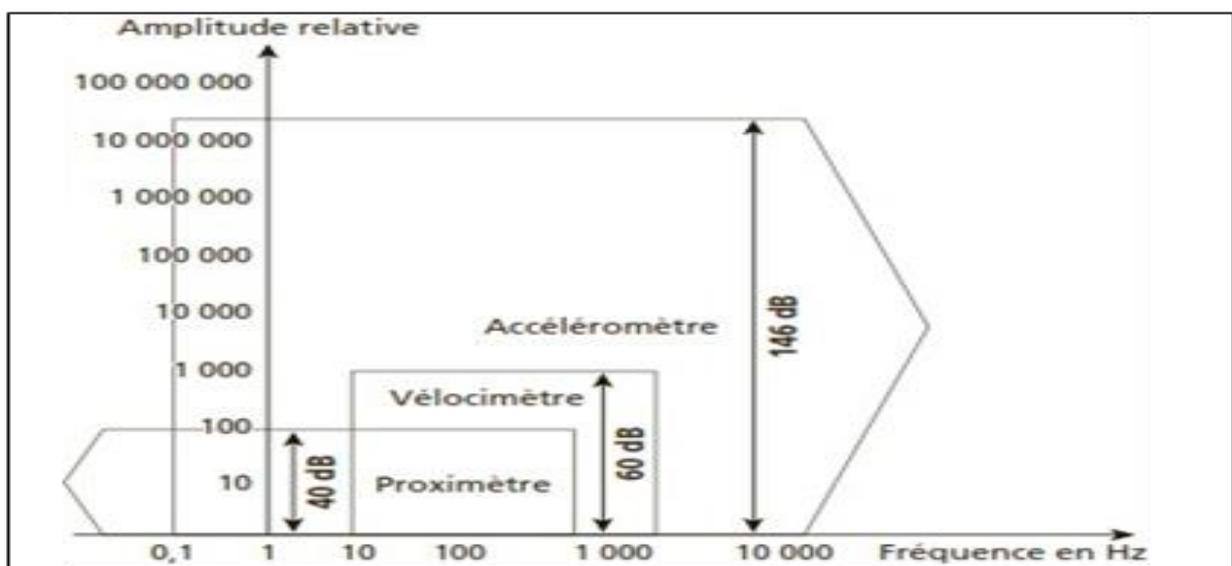


Figure III.44 : Comparaison des plages fréquences des trois types de capteur

III.7.2.10. Les différents types de vibration de machines :

Pour mesurer les vibrations du rotor et de palier, deux types de mesure de vibration sont possibles, soit la vibration absolue du palier ou vibration relative de l'arbre par rapport au palier.

III.7.2.10.1. Vibration absolue de palier [22], [20] :

La mesure de vibration absolue du palier est obtenue en fixant un accéléromètre sur le palier. On peut obtenir la vitesse vibratoire ou déplacement par intégration de signal d'accélération. On emploie ce type de mesure lorsque la rigidité du palier est plus faible que celle du film d'huile.

On illustre dans ce qui suit les méthodes et techniques de mesure utilisés :

*** Mesure des vibrations absolues :**

La mesure s'effectue au moyen des capteurs sismiques appelés accéléromètre ou vélocimétrie qu'a un axe de sensibilité pour avoir la mesure des vibrations de rotor.

*** Emplacement des capteurs :**

Se fait sur chaque palier de la machine en axiale et radiale afin de pouvoir déceler le niveau maximal de vibration.

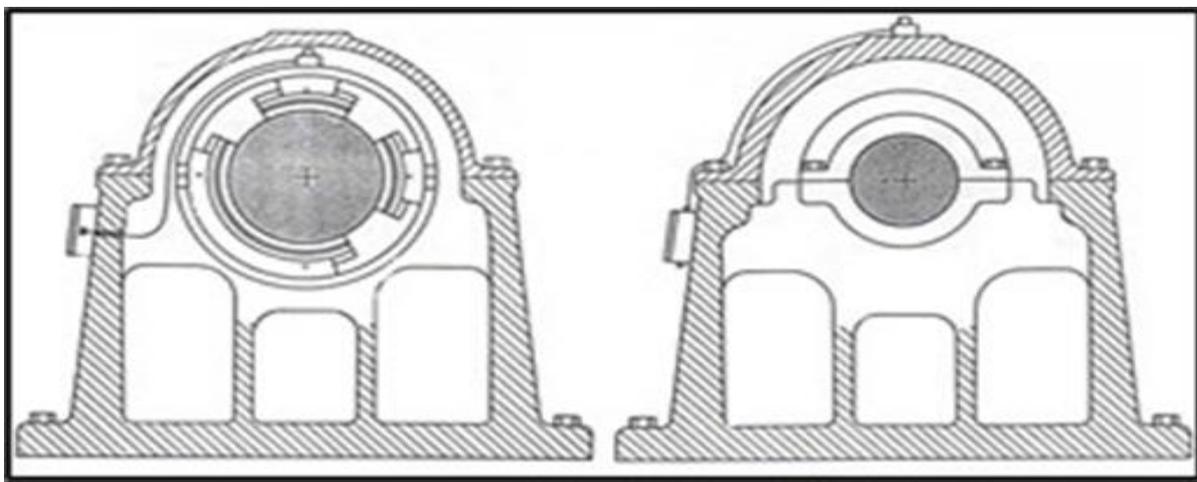


Figure III.45 : Emplacement des accéléromètres

III.7.2.10.2. Vibration relative du rotor par rapport au palier [22], [20] :

La méthode de mesure de la vibration relative du rotor est intrusive. La mesure du déplacement relatif du rotor est obtenue en vissant dans palier un capteur de déplacement sans contact à courant de Facult. Ce capteur à courant de Facult donne une tension proportionnelle

à la distance entre l'arbre et le capteur. Il est recommandé de prendre ce type de mesure dans au moins deux directions. Cette mesure peut être employée sur les turbines à vapeur, les pompes d'alimentation, les compresseurs, etc. Elle donne une information limitée aux basses fréquences et permet de détecter un problème de balourd, d'alignement et de tourbillonnement de l'arbre. Cette méthode doit être appliquée lorsque la rigidité du palier est supérieure à celle du film d'huile.

*** Mesure de vibration relative :**

Se fait principalement perpendiculairement à l'axe de rotation de l'arbre (vibration radiale) et accessoirement dans le sens de l'axe de rotation (vibration axiale) deux capteurs sont placés à proximité de chaque palier selon deux axes perpendiculaires afin de pouvoir détecter le niveau maximal de vibration.

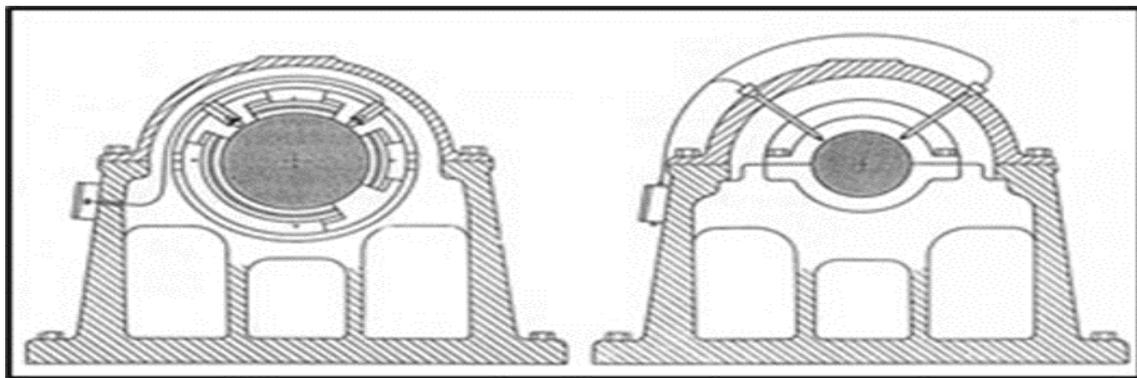


Figure III.46 : Emplacement des capteurs de proximité [20]

III.7.2.10.3. Vibration absolue du rotor :

En combinant les deux types de mesure (vibration absolue du palier et vibration relative de rotor), on peut obtenir le déplacement absolu du rotor. Cette mesure est préférablement employée pour les gros turbo-générateur de forte puissance. [22]

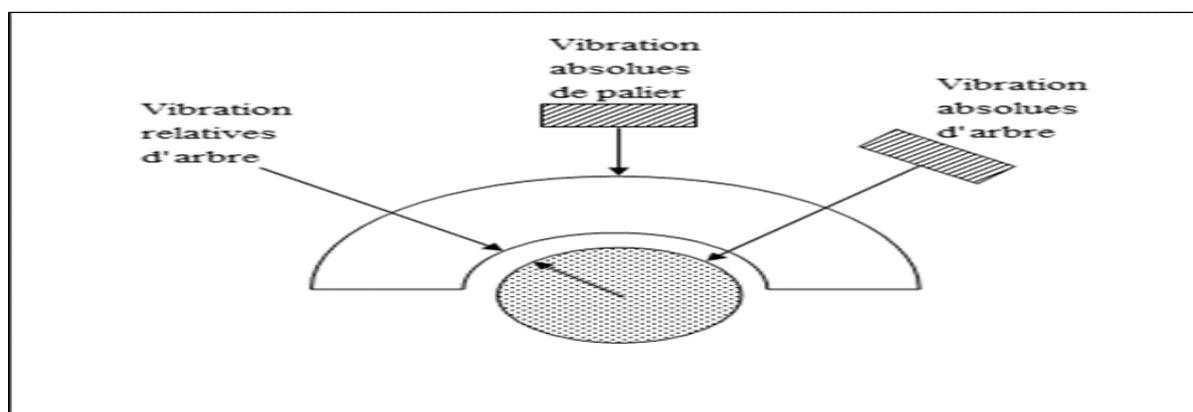


Figure III.47 : Vibrations absolues de paliers et d'arbre, et relatives d'arbre

III.7.3. Conclusion :

L'analyse vibratoire est la méthode la plus puissante pour éviter les défauts mécaniques des machines tournantes, elle détecte quasiment l'ensemble des défauts mécaniques, et les détecte d'une manière plus précoce et plus précise.

La connaissance de l'état vibratoire de la machine permet d'apprécier sa tranquillité de marche et l'état des différents organes la constituant, et pour cela, il faudrait d'avoir une bonne mesure.

III.8. Les Défauts Des Machines Tournantes :

III.8.1. Défaut de d'alignement : [22]

◆ Définition :

Le défaut d'alignement est l'une des principales causes de réduction de la durée de vie des équipements, considéré comme un problème aussi commun que le déséquilibre, car il est difficile d'aligner deux arbres ainsi que leurs paliers à la perfection.

◆ Les causes de mauvais alignement :

- Mauvais montages (arbre dans son palier, poulies à courroies, etc.)
- Des déformations des systèmes mécaniques sous l'effet de la dilatation thermique ou d'un échauffement non uniforme
- Des forces de cisaillements trop importants qui forcent le palier à se déformer

On peut classer les problèmes d'alignement en deux grandes catégories, soit le mauvais alignement angulaire et le mauvais alignement parallèle

◆ Problème d'alignement angulaire :

Lorsque les axes de rotation des deux rotors dans la même plane, mais ne sont pas parallèle les axes des deux arbres se croisent un désalignement angulaire en résulte. La **Figure III.48** montre qu'un mauvais alignement angulaire agit comme un arbre courbé en générant des vibrations radiales et axiales.

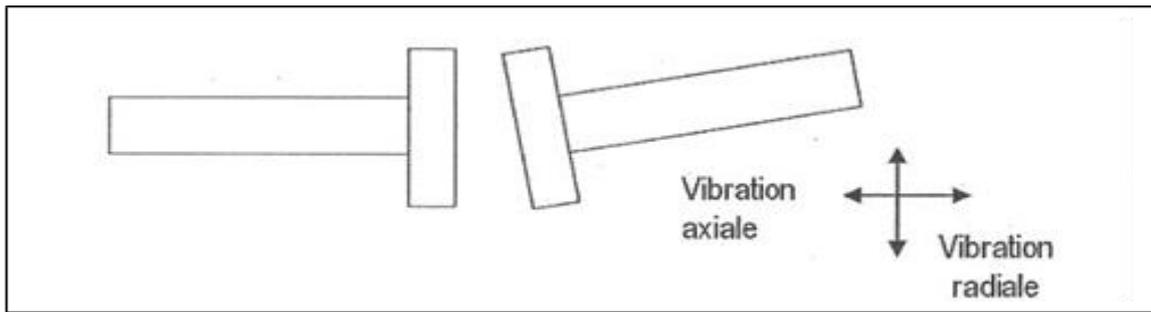


Figure III.48 : Mauvais alignement angulaire

La Figure III.49 montre comment se manifestent les composants spectraux dans les directions axiales et radiales caractéristique d'un mauvais alignement angulaire.

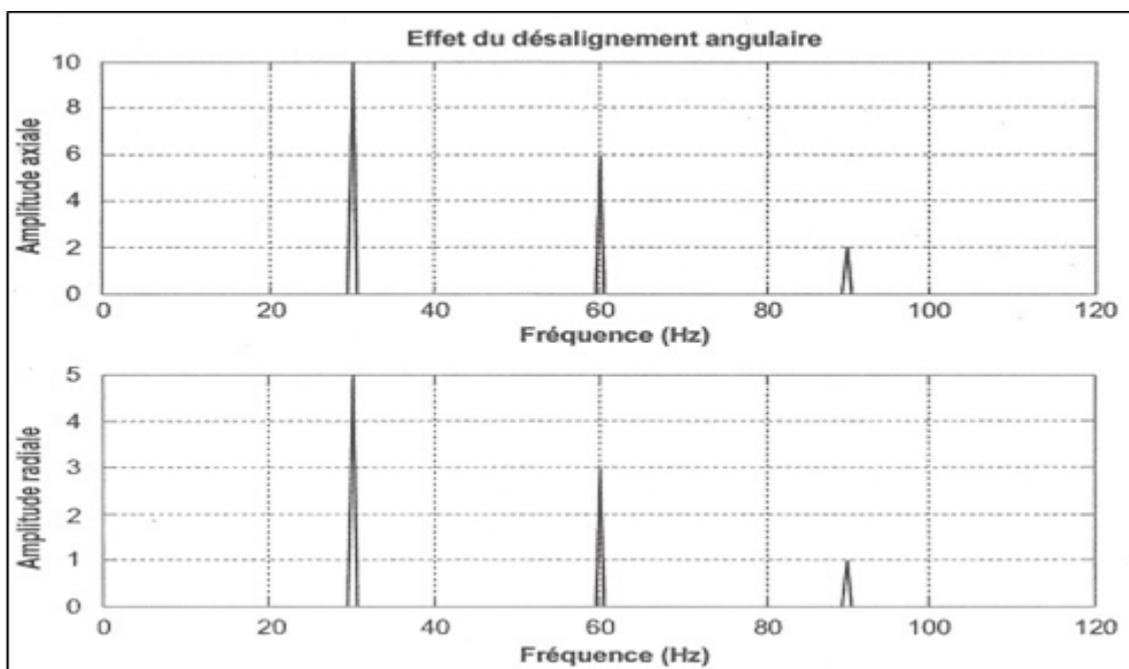


Figure III.49 : Spectre résultant d'un désalignement angulaire

◆ **Problème d'alignement parallèle :**

On rencontre le désalignement parallèle, lorsque les lignes médianes des arbres sont parallèles mais ne se rencontrent pas.

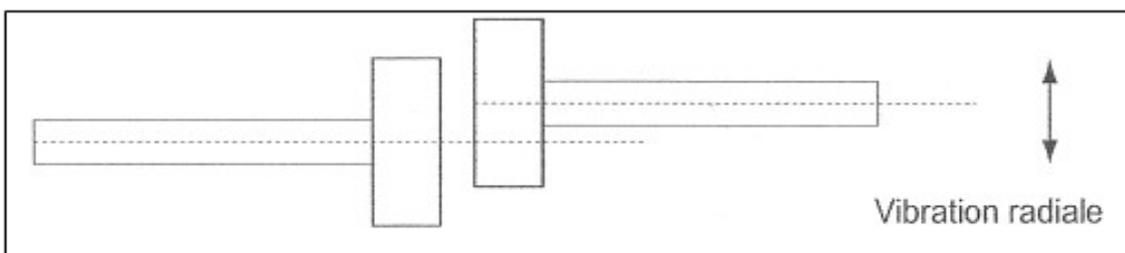


Figure III.50 : Mauvais alignement parallèle

La **Figure III.51** montre comment se manifeste un désalignement parallèle à partir d'une mesure de vitesse (mm/s) dans la direction radiale sur un rotor tournant.

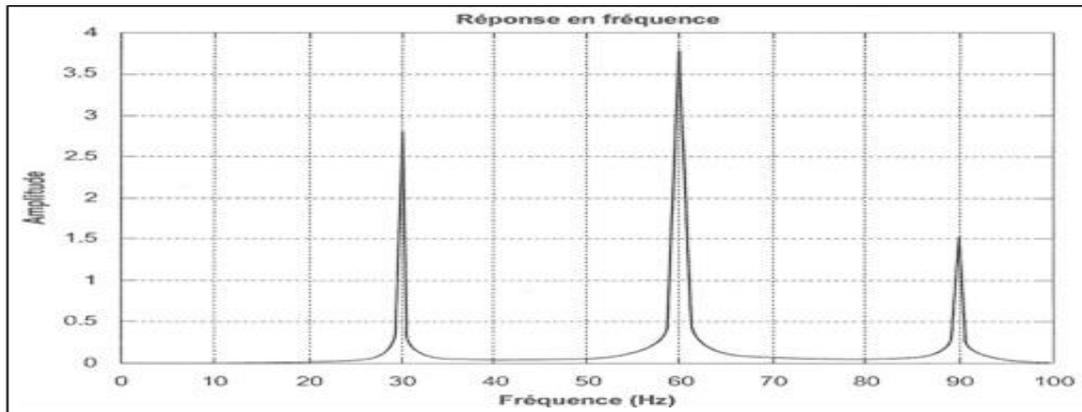


Figure III.51 : Spectre résultant d'un désalignement parallèle

◆ **Problème d'alignement angulaire et parallèle :**

On trouvera à la fois des Problèmes de mauvais alignement angulaire et parallèle, plus ou moins prononcés (Figure III.5). Aussi les deux problèmes mentionnés précédemment se manifesteront simultanément et la vibration pourra à la forme montrée à la figure.

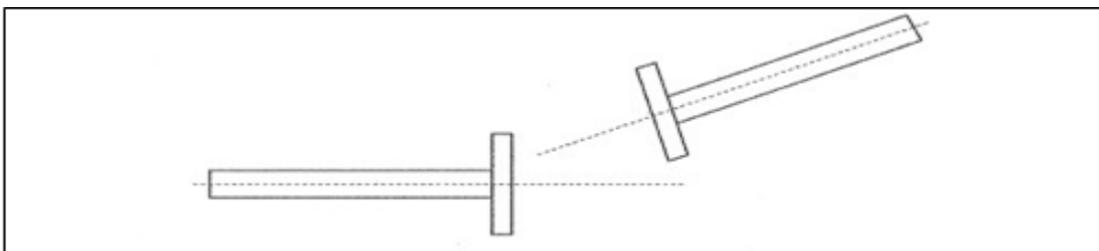


Figure III.52 : Combinaison de mauvais alignement angulaire et parallèle

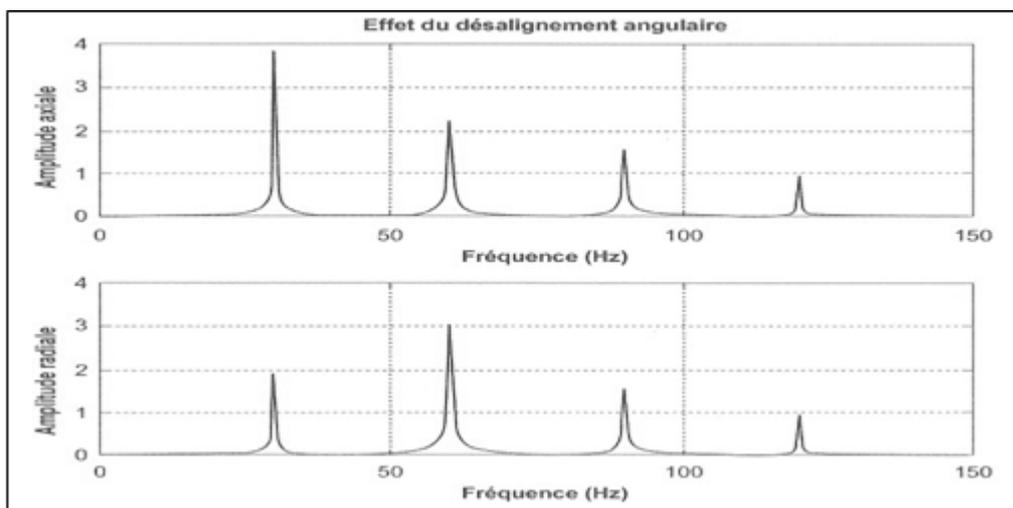


Figure III.53 : Spectre résultant de désalignement angulaire et parallèle

III.8.2. Défauts de serrage : [25]

◆ Définition :

Le mauvais serrage de la structure de la machine génère des vibrations et un certain bruit. Le spectre typique mesuré sur une machine, dans laquelle il existe un jeu contient un grand nombre de pic à des fréquences multiples de la fréquence de rotation.

Il est également parfois possible de retrouver des pics à l'harmonique $\frac{1}{2}$ ($\frac{1}{2} \times$ la fréquence de rotation de l'arbre) et ses multiples. Les causes d'un jeu sont principalement l'usure ou un mauvais montage. Comme exemples de jeu, on peut entre autre citer : accouplement dont le caoutchouc est usé, paliers montés avec un jeu excessif, ou boulons cassés (plus de jonction mécanique).

Une roue à aubes dont les aubes touchent la carcasse nous donne un défaut semblable au jeu, amplifié. La (Figure III.7) montre un exemple spectre sur une machine dont le joint de l'accouplement est usé. La fréquence de rotation est de 24,25 Hz.

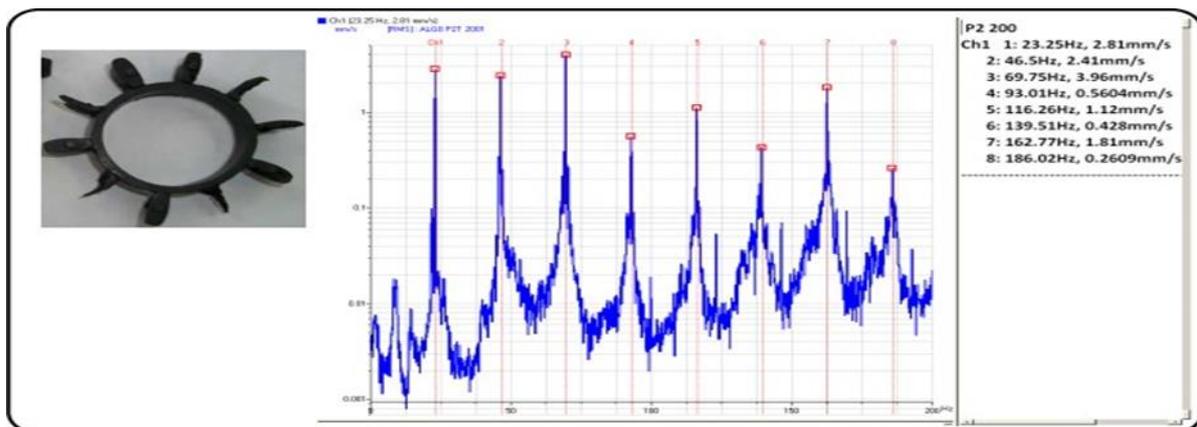


Figure III.54 : Défaut d'usure d'accouplement

III.8.3. Défaut de palie lisse :

◆ Généralité : [26]

Les paliers hydrodynamiques sont des éléments mécaniques essentiels des groupes turbo-alternateurs (GTA). Sur une ligne d'arbres de GTA, plusieurs paliers sont utilisés pour le guidage en rotation du rotor.

◆ Le rôle de ces paliers : [27]

Supporter les charges appliquées à un arbre et assurer la rotation de l'arbre autour d'un axe fixe. On admet généralement qu'il est difficile de rechercher un défaut sur un palier lisse (enlèvement de matière) à l'aide d'un accéléromètre.

Le meilleur moyen pour la surveillance des paliers lisses est l'utilisation de capteur de déplacement qui permet de mesurer les déplacements de l'axe de rotation. En utilisant un collecteur brivois, il est possible d'utiliser l'analyse orbitale.

Un problème spécifique aux paliers lisses est l'instabilité du film d'huile à l'intérieur du palier.

Des turbulences se produisent dans l'huile et provoquent l'excentricité de l'arbre. Cette excentricité peut aussi être provoquée par un Balourd. La fréquence résultant de l'instabilité du film d'huile se situe aux alentours de 0.35 à 0.49 fois la vitesse de rotation.

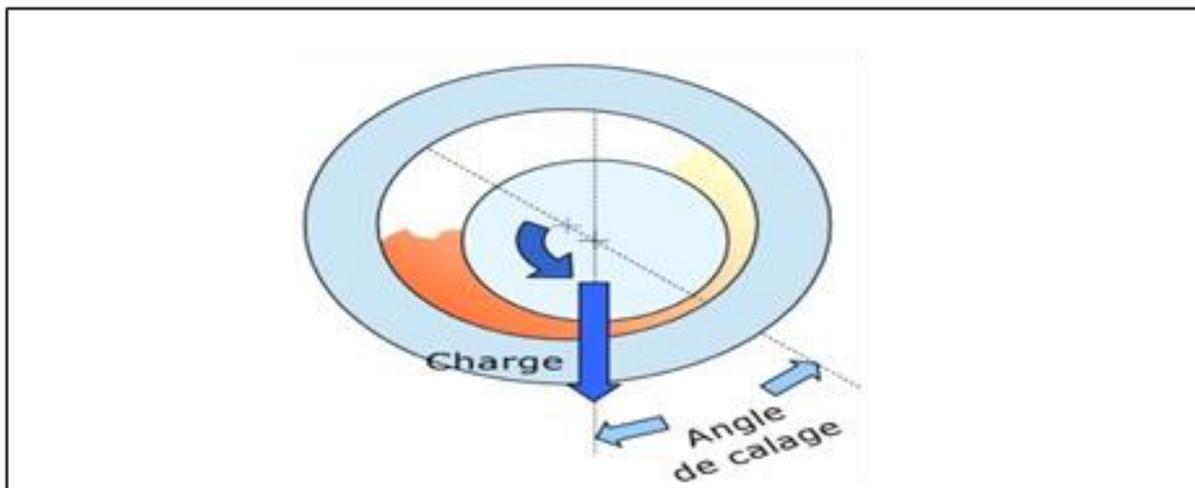


Figure III.55 : Paliers hydrodynamiques

♦ **Instabilités de paliers :**

Des instabilités de l'arbre dans le palier peuvent apparaître sous l'effet de variations de certains paramètres tels que :

- Charge appliquée au rotor
- Vitesse de rotation
- Viscosité de l'huile

L'instabilité se manifeste par une vibration auto-entretenu qui entraîne une précession du rotor, avec une période différente de la période de rotation, dont la fréquence est : $0.23F_0 < F_{\text{instabilité}} < 0.63F_0$ selon la technologie du palier.

III.8.4. Tourbillonnement d’huile :

Selon le type de palier lisse, un problème qui peut survenir est le tourbillonnement d’huile. Le phénomène de tourbillonnement d’huile se produit lorsque le rotor, qui tourne sur lui-même autour de son axe O à la vitesse de rotation f_0 , se met à tourner dans le palier à une vitesse ftb autour de l’axe du palier O' . [28]

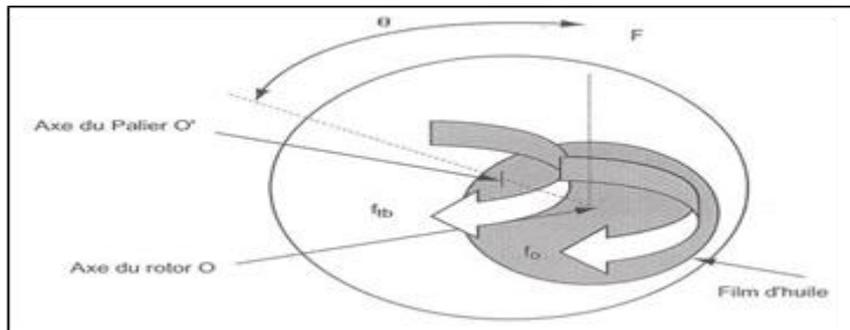


Figure III.56 : Phénomène Tourbillonnement d’huile

Le problème de tourbillonnement d’huile est facilement identifiable puisqu’il paraît à la fréquence de tourbillonnement ftb qui est inférieure à la fréquence de rotation du rotor. La fréquence théorique de tourbillonnement est la moitié de la vitesse de rotation du rotor f_0 . En pratique varie entre en raison des frottements.

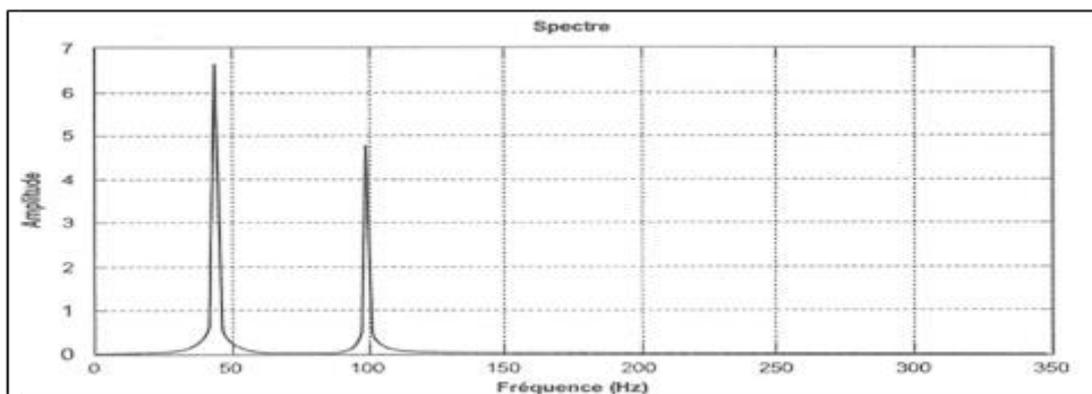


Figure III.57 : Spectre de tourbillonnement d’huile

III.8.5. Fouettement d’huile : [22]

Un autre problème encouru sur des machines équipées de paliers est nommé le Fouettement d’huile. La vibration du fouettement d’huile ressemble beaucoup au tourbillonnement d’huile, à l’exception que la vibration se produira sur des rotors fonctionnant à au-delà de deux fois leur première vitesse critique. Déplus la vibration se manifestera à la fréquence de la vitesse critique de rotor.

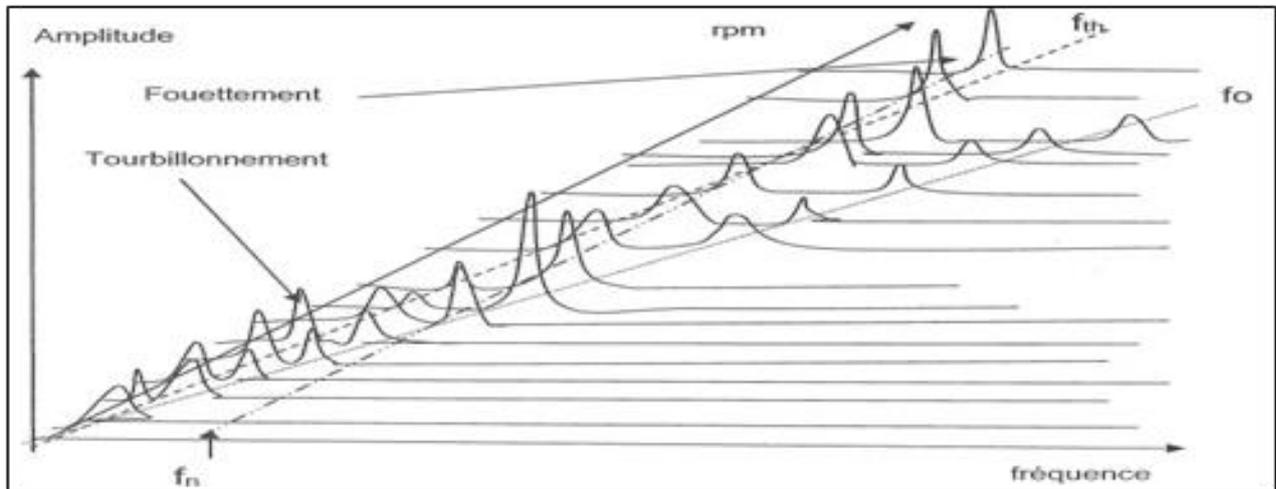


Figure III.58 : Phénomène de Fouettement d'huile

III.8.6. Défauts spécifiques aux turbines :

III.8.6.1. Défaut lié à la fréquence de passages des aubes :

◆ Description : [23]

La fréquence de passage des aubes d'une pompe, d'un compresseur ou d'une turbine correspond au produit de la fréquence de rotation par le nombre d'aubes. La présence dans le spectre vibratoire de composantes, dont les fréquences correspondent à la fréquence de pales ou d'aubage dont leurs harmoniques est liée au fonctionnement de la machine et ne constitue donc pas nécessairement une anomalie. Cependant, des composantes vibratoires d'amplitudes élevées à ces fréquences ou à leurs harmoniques qui peuvent apparaître si l'entrefer entre redresseur et aubes n'est pas constant, si les fréquences induites coïncident avec des résonances de structure, si l'anneau d'usure de l'impulser grippe sur l'arbre et si les attaches des aubages diffuseurs se dessoudent.

Il en est de même en présence d'une courbure brutale de canalisation ou de tuyauterie, d'obstacles qui perturbent l'écoulement, d'une excentration du rotor d'une pompe ou d'un ventilateur à l'intérieur de son logement.

Un défaut de centrage du rotor par rapport à la volute ou un jeu au niveau du clavetage de la turbine sur l'arbre se manifeste par la présence de bandes latérales de modulation espacées de la fréquence de rotation de la turbine et centrées autour de la fréquence de passage et de ses harmoniques.

Il en est de même pour les modulations de la fréquence de passage des encoches sur les moteurs qui peuvent révéler la présence de défauts électromagnétiques.

III.8.6.2. Défaut lié au phénomène de turbulence :

♦ **Description :**

Des structures apparaissent lorsqu’il y a de pression ou de vitesse du gaz ou de l’air passant à travers une turbine. Ces turbulences génèrent une vibration de type aléatoire de fréquence comprise entre 1 et 50 HZ. [29]

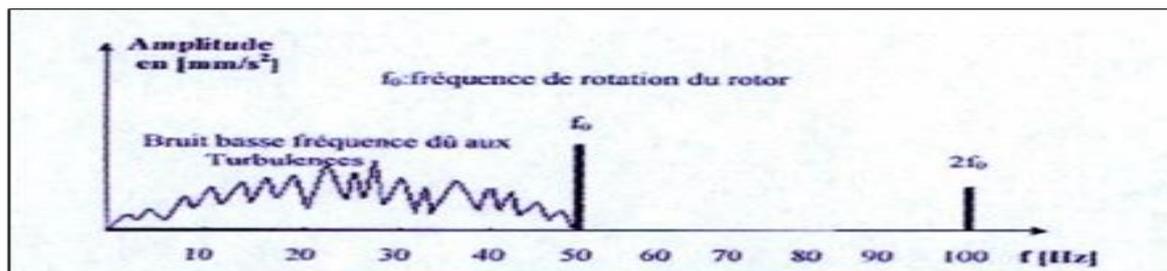


Figure III.59 : Image vibratoire du phénomène de turbulence

III.8.6.3. Défaut lié au phénomène de cavitation :

♦ **Description :**

La cavitation est un phénomène physique affectant les liquides. Il s’agit d’une ébullition locale de liquide en raison d’une baisse de la pression statique. Généralement, cette faible pression est la conséquence d’une augmentation locale de la vitesse d’écoulement, ce que montre le théorème de Bernoulli qui, selon son expression la plus simple, supposant un fluide parfait, un écoulement stationnaire, irrotationnel et en l’absence de transferts de chaleur, s’écrit :

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho \cdot g} = \text{constant} \dots \dots \dots \text{III. 1}$$

Donc, contrairement à ce que l’on connaît classiquement du phénomène d’ébullition, la cavitation n’est pas due à une augmentation de la température qui dépasserait la température de vaporisation mais à une baisse de la pression qui devient inférieure à la pression de vapeur pour les conditions de température locale.

D’une manière générale, la vaporisation du liquide reste instable et la vapeur créée se condense dans les zones de plus haute pression dans l’écoulement aval. On observe un phénomène pulsatoire de création puis collapse de bulles ou de poches de vapeur. Ce qui est dit ci-dessus suppose que le liquide soit en mouvement. On peut créer de la cavitation par d’autres moyens.

$$p(t) = p_0 + a \cdot \sin(\omega t) \dots \dots \dots \text{III.2}$$

En effet, si $p_0 - a$ est inférieur à la pression de vapeur, à chaque alternance, il y aura apparition de la cavitation. [30]

La cavitation induit des vibrations aléatoires à spectre étendu et dont l'énergie se concentre souvent autour de la fréquence de passage des aubes et de ses harmoniques et des fréquences des principaux modes de structure **Figure III.60** . [30,23]

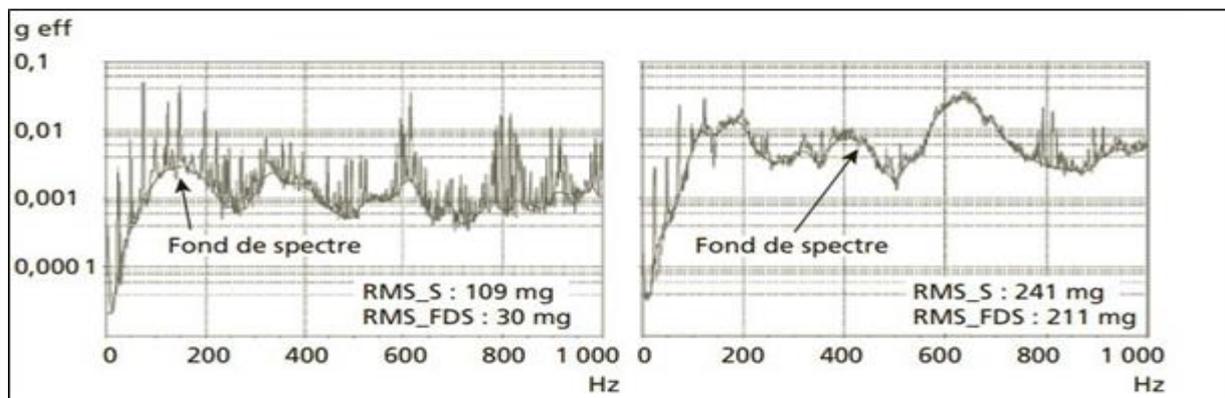


Figure III.60 : Spectre vibratoire d'un palier en absence et en présence de cavitation

Les principales causes à l'origine de l'apparition de la cavitation sont :

- * La dépression due à une survitesses locale de l'écoulement provoquée par exemple par des réductions géométriques.

- * Les fluctuations turbulentes de la pression, le cisaillement élevé et les vortex provoquées par des instabilités de l'écoulement.

- * La rugosité de paroi et la présence de germes de cavitation.

III.8.7. Défaut de balourd : [22]

Le problème de balourd est probablement la cause la plus commune de vibration. Un balourd se définit comme une masse excentrée en rotation. Quel que soit le soin apporté à la fabrication des pièces, il est en effet très difficile de faire coïncider l'axe de rotation du rotor avec un centre de gravité.

Un balourd peut être représenté comme une masse m en rotation à une pulsation ω et excentrée d'une distance e du centre de rotation **Figure III.61**.

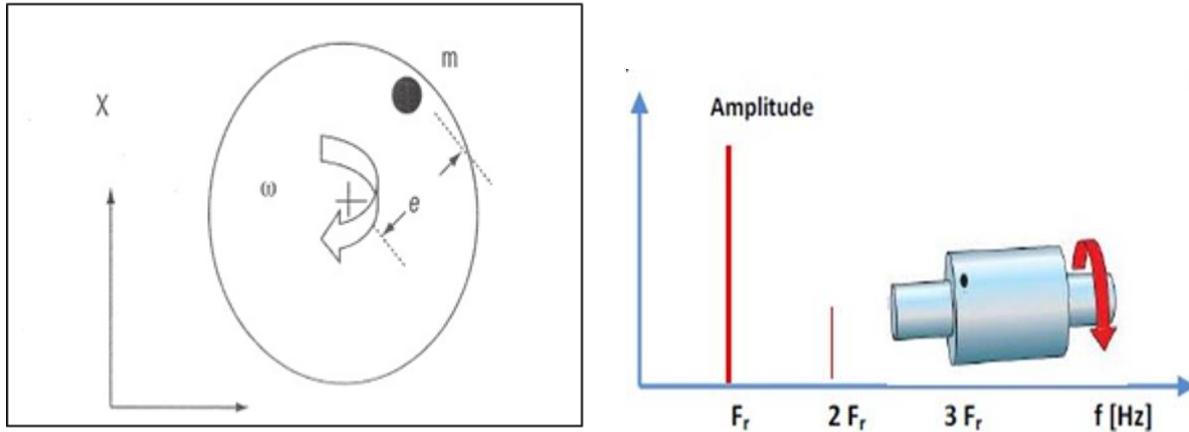


Figure III.61 : Représentation du balourd

◆ **Valeur du balourd :**

La mesure quantitative du balourd d'un rotor est obtenue en faisant le produit de la masse de déséquilibre m par la distance r , qui la sépare de l'axe de l'arbre (dans le cas de paliers rigides, l'axe de rotation est l'axe de l'arbre). La valeur ainsi calculée et appelée valeur du balourd U où $U = m r$. Les unités de valeur du balourd sont les grammes millimètres ($g \cdot mm$) et les onces pouces.

Une valeur du balourd de $200 g \cdot mm$ indique que la "partie lourde" du rotor est équivalente, par exemple, à une masse de 10 grammes à un rayon de 20 millimètres de l'axe de l'arbre ou à une masse de 20 grammes à un rayon de 10 millimètres, comme il est montré à la (Figure III.62) suivante. De même, la valeur du balourd produit par une masse donnée varie en fonction de sa distance par rapport à l'axe de l'arbre.

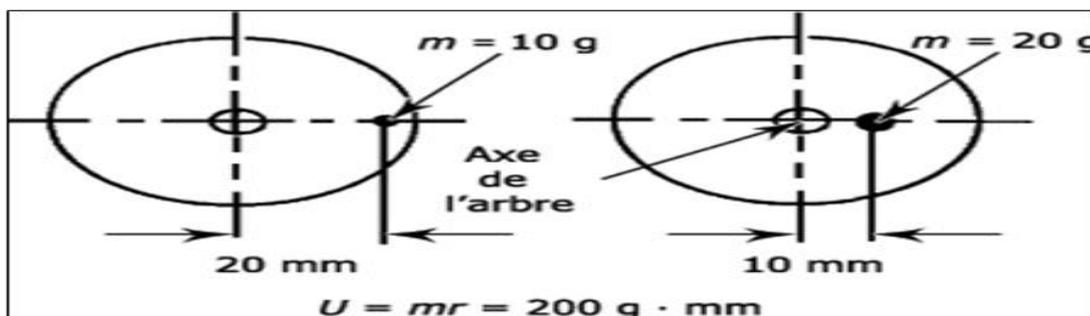


Figure III.62 : Exemple de balourd

◆ Les type de Balourd : [31]

Il existe trois types de balourd :

☞ Balourd statique :

Le cas le plus simple de balourd devrait maintenant vous être familier. En effet, il s'applique à un disque mince d'épaisseur uniforme et de masse M (kg) parfaitement équilibré auquel on fixe une petite masse m (g) à une distance r (mm) de son axe de rotation dans le but de créer un balourd $U = m r$ (g · mm).

Vous pouvez constater à la figure ci-après que ce balourd a pour effet de déplacer le centre de gravité C_g d'une distance e par rapport à l'axe de l'arbre. Le déséquilibre statique est justement défini comme étant la condition dans laquelle, se trouve un rotor dont l'axe principal d'inertie est déplacé parallèlement à l'axe de l'arbre.

Lorsque le disque de la figure tourne à une vitesse ω , la force centrifuge F (N) produite par la rotation de la masse de déséquilibre m est donnée par l'équation $F = m r \omega^2$. Cette force centrifuge équivaut à la force produite par le déplacement e du centre de gravité du disque par rapport à l'axe de rotation.

Elle est donnée par l'équation $F = M e \omega^2$. Il découle de ces deux équations que $e = m \cdot r / M$ et, comme $U = m \cdot r$, on obtient finalement l'expression $e = U / M$, où le déplacement e du centre de gravité représente aussi le balourd spécifique, soit le balourd par unité de masse du rotor (g · mm/kg ou μm).

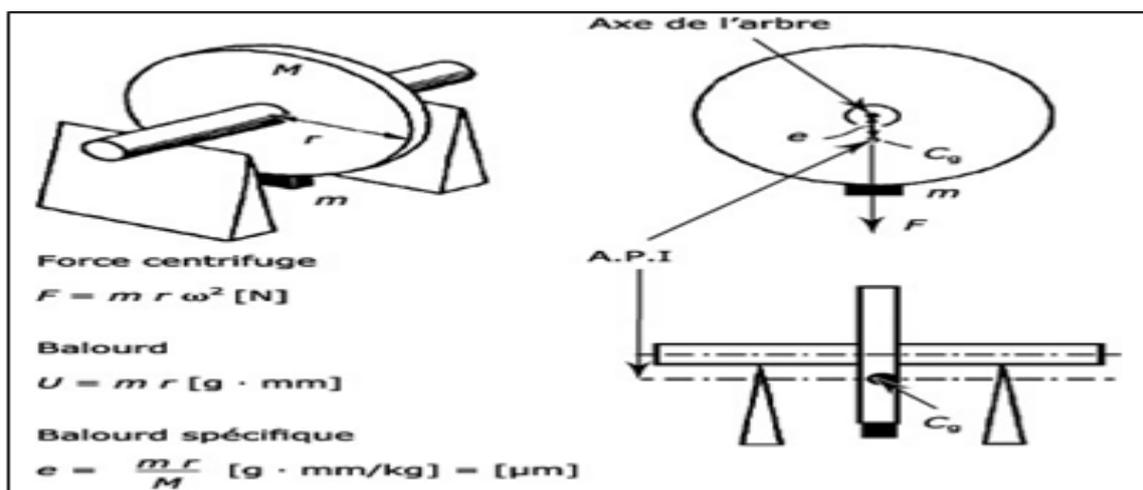


Figure III.63 : Balourd statique

☼ Balourd couple :

Le rotor cylindrique montré à la figure suivante possède un balourd causé par deux masses m_1 et m_2 de valeur égale, placées de façon symétrique par rapport au centre de gravité, mais dans des positions diamétralement opposées l'une de l'autre. Le rotor est en équilibre statique, c'est-à-dire que le centre de gravité se trouve sur l'axe de l'arbre.

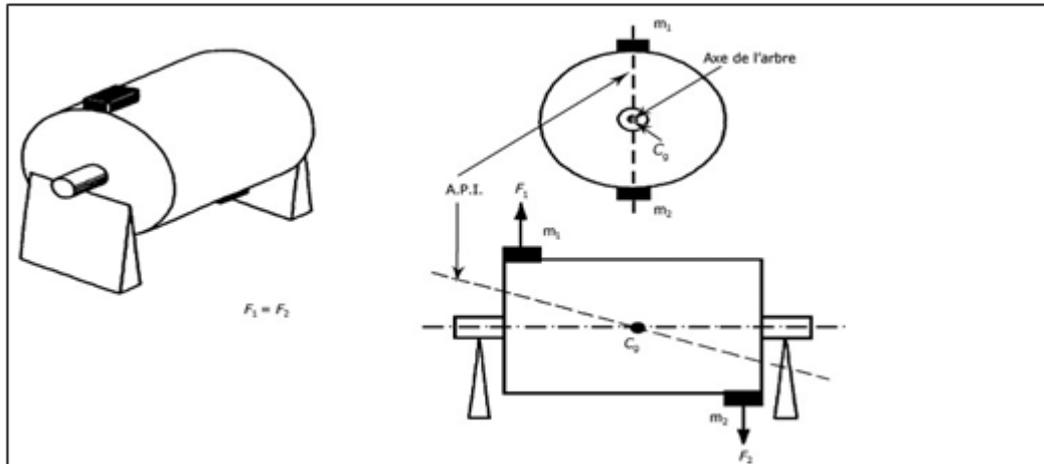


Figure III.64 : Balourd couple

Toutefois, quand le rotor tourne, les forces F_1 et F_2 produites par les deux masses m_1 et m_2 en rotation font pivoter l'axe principal d'inertie (API) qui se retrouve alors désaxé par rapport à l'axe de l'arbre. Le déséquilibre de couple caractérise la condition d'un rotor dont l'axe principal d'inertie coupe l'axe de l'arbre au centre de gravité.

Le déséquilibre de couple génère de fortes vibrations sur les deux plans où les forces sont exercées. Vous ne pouvez corriger ce type de déséquilibre qu'en faisant des mesures pendant que le rotor tourne et en apportant les corrections dans les deux plans.

☼ Balourd dynamique :

Le déséquilibre dynamique est la condition dans laquelle se trouve un rotor dont l'axe principal d'inertie n'est ni parallèle ni ne coupe l'axe de l'arbre. La figure suivante vous montre le déséquilibre dynamique comme une combinaison d'un déséquilibre statique et d'un déséquilibre de couple ; c'est le type de déséquilibre le plus courant dans les rotors.

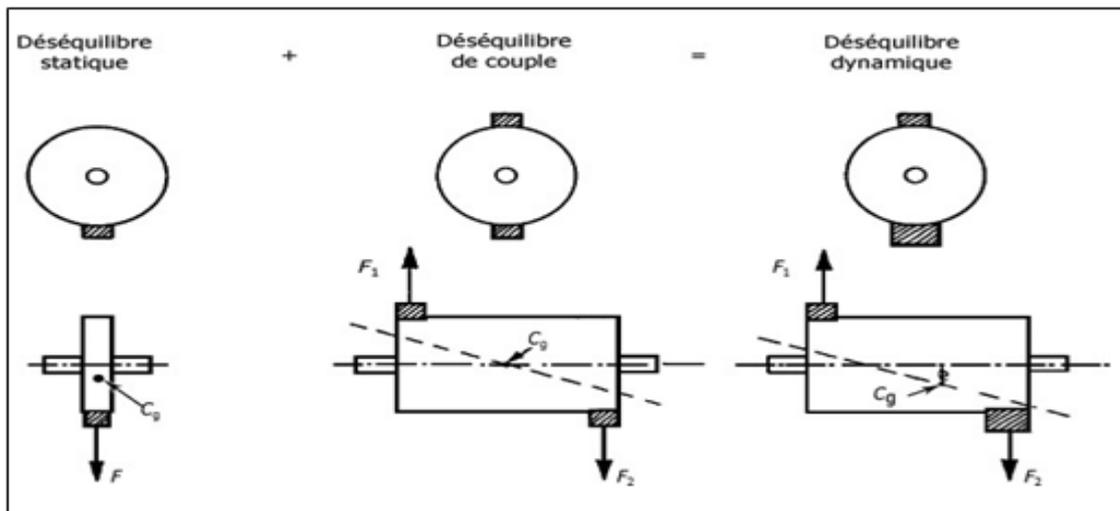


Figure III.65 : Balourd dynamique

◆ Origine des différents types de balourd : [15]

⊗ Balourd d'origine mécanique :

Lorsqu'il a une masse de matière qui se du rotor ou vient de déposer sur ce dernier (perte d'ailette ou rupture d'une aube, érosion ou dépôt de matière, fluage du rotor), on observe généralement une évolution instantanée des vibrations.

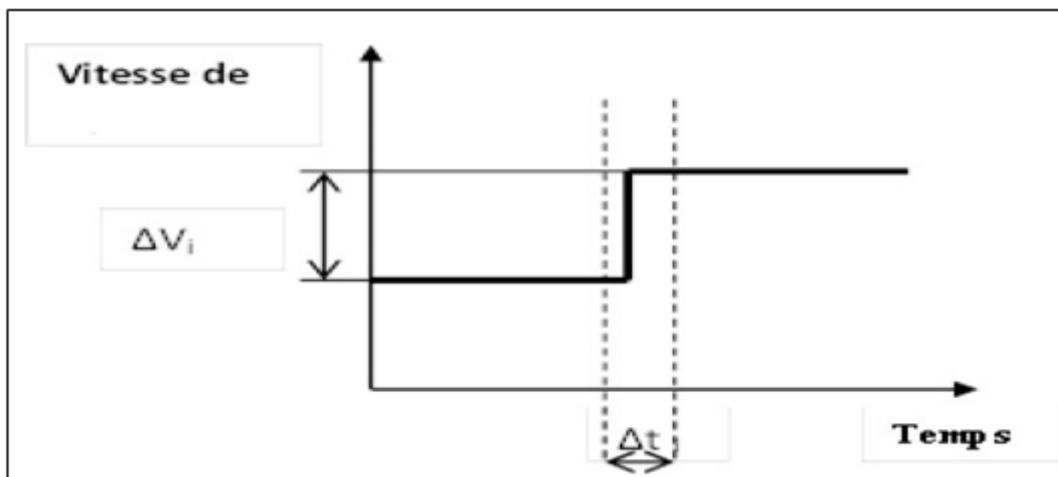


Figure III.66 : Evolution brutale de la vibration du balourd

⊗ Balourd d'origine thermique :

Lorsque les rotors ne sont pas homogènes ou la température n'est pas répartie de façon uniforme, les rotors se déforment sous l'effet de contraintes thermique :

- ∴ Déformation des rotors de turbines,
- ∴ Déformation des rotors d'alternateur ou de moteurs électriques.

☼ Balourd évolutif :

Est dû aux frottements de l'arbre avec un des paliers de la machine et provoquant un échauffement dissymétrique.

III.9. Reconnaissance des principales anomalies [22] :

Tableau III.9 : Reconnaissance des principales anomalies

<i>Type d'anomalie</i>	<i>Fréquence</i>	<i>Direction</i>	<i>Remarque</i>
<i>Tourbillon d'huile (palier lisse)</i>	De 0.45 à 0.49 × F_{rot}	Radiale	Uniquement dans le cas de paliers hydrodynamiques à grande vitesse
<i>Balourd</i>	$1 \times F_{rot}$	Radiale	Déphasage voisin de 90° entre deux mesures effectuées synchrones sur le même palier selon deux directions radiales orthogonales
<i>Défaut d'alignement</i>	$2 \times F_{rot}$	Axiale et Radiale	Vibration axiale en général plus importante si le défaut d'alignement. Comporte un écart angulaire
<i>Défaut de fixation</i>	$0.5.1.2.3 \times F_{rot}$	Radiale	Déphasage quasi nul entre deux mesures ou sur deux mesures effectuées synchrones sur le même palier selon 2 directions radiales orthogonales

III.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini la maintenance et ses méthodes ensuite nous avons exposé les opérations de la maintenance curative et la maintenance préventive systématique d'une part et les techniques de maintenance préventive conditionnelle en générale, et en particulier nous avons vu aussi les différents types et méthodes de la maintenance de la pompe à eau de mer CWP. A la fin, nous avons vus les différentes taches de la maintenance.

CHAPITRE IV :

Etude Et Simulation De La pompe CWP

IV.1. Introduction :

La capacité des managers à résoudre des problèmes et à prendre des décisions de manière rationnelle a longtemps été considérée comme le fruit de l'expérience du métier. La décision est une réponse à différentes questions tactiques et/ou stratégiques qui peuvent se poser dans le cadre d'un système de production durable. Parmi les outils d'aide à la prise de décision on cite l'intelligence artificielle. Cette dernière s'intéresse à tous les cas où le traitement de l'information ne peut être ramené à une méthode simple, précise, algorithmique. Par définition, un algorithme est une suite d'opérations ordonnées, bien définies, exécutables sur un ordinateur actuel, et qui permet d'arriver à la solution en un temps raisonnable (minutes, heures, ou plus, ... mais pas des siècles !). Les raisons qui nous amènent à considérer l'intelligence artificielle comme un sujet digne d'intérêt et où l'on essaie de cerner sa nature exacte, question qu'il importe de trancher avant d'aller plus avant. Ce chapitre expose de manière générale la décision et la prise de décision et aussi les étapes à suivre afin que la décision prise soit juste et aura de la valeur pour le problème. Nous allons parler par la suite sur l'intelligence artificielle, Ces applications dans la vie quotidienne, ces tendances et aussi ces avantages et inconvénients.

IV.2. L'intelligence artificielle :**IV.2.1. Qu'est-ce que l'intelligence ?**

Le mot « intelligence » est du latin « intelligentia » signifiant « la faculté de comprendre » et plus précisément la capacité à lier les éléments entre eux. Elle est l'ensemble des capacités mental nous permettant de comprendre ce qui nous entoure, de découvrir des relations nous permettant d'aboutir à une connaissance conceptuelle et rationnelle celle-ci étant en opposition avec les sensations et émotion. La compréhension est l'aboutissement d'un système codification diversifié qui, par maîtrise du langage permet un raisonnement complexe qui nous aide à établir des relations entre éléments. C'est également la définition de la faculté d'adaptation, nous laissant gérer de nouvelles situations et aussi gérer notre capacité à traiter les informations pour atteindre un objectif. Afin d'atteindre ces l'objectifs, l'intelligence fera intervenir plusieurs facultés cognitives que nous allons maintenant détailler pour comprendre par la suite les différentes intelligences artificielles existantes, celles-ci basées sur notre connaissance du cerveau humain, et inspirées de ces processus cognitifs.

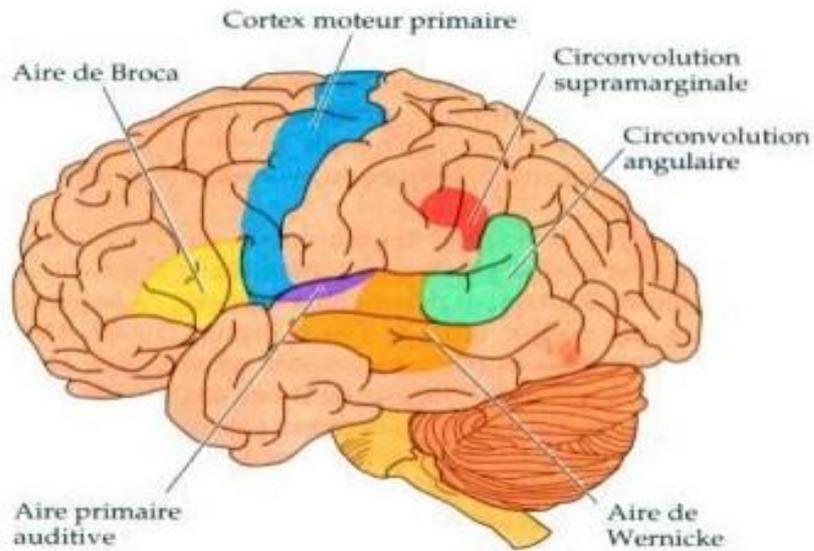


Figure IV.1 : Les différentes zones de cognitives.

➤ **Les processus cognitifs :**

Un processus cognitif est « un cheminement par lequel un système traite une information en y répandant par une action ». Ce traitement est le processus par lequel une information est analysée et intégrée dans la base de connaissance du système, ceci dépendant du mode de traitement et du niveau d’élaboration de l’information. En peut regrouper les processus de cognitifs comme suis :

- ✓ Perception, Sensation, Attention.
- ✓ Catégorisation, Reconnaissance, Raisonnement et Prise de Décision.
- ✓ Représentation, langue et mémoire.
- ✓ Oubli, Emotions et Apprentissage.

IV.2.2. Définition de l’intelligence artificielle :

C’est une discipline scientifique relative au traitement des connaissances et au raisonnement dans le but de permettre à une machine d’exécuter des fonctions normalement associées à l’être humain. L’intelligence artificielle tente de reproduire les processus cognitifs humains dans le but de réaliser des actions « intelligente ». Elle est comme « la construction des programmes informatique qui s’adonnent à des taches qui sont pour l’instant accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que :

- ❖ L'apprentissage perceptuel.
- ❖ L'organisation de la mémoire et le raisonnement critique.

La norme ISO 2382-28 définit l'intelligence artificielle comme la « capacité d'une unité fonctionnelle à exécuter des fonctions généralement associées à l'intelligence humaine, telles que le raisonnement et l'apprentissage ». Qualifiée de prochaine révolution informatique, l'intelligence artificielle est au cœur de tous les sujets d'actualités, il semble indispensable de définir cette technologie de rupture et de clarifier son régime juridique, mais aussi d'identifier les applications en cours ou en développement dans les entreprises et les bénéfices qu'elles en tirent.

Voici quelques applications de l'intelligence artificielle :

- ✚ Jeu d'échecs (bien qu'il n'y ait qu'un nombre fini de situations).
- ✚ Résumer un texte ou le traduire.
- ✚ Reconnaître des lettres manuscrites, par exemple TAON ou THON.
- ✚ Faire des mathématiques.
- ✚ Faire un diagnostic (médical, de panne, ...).

IV.2.3. Les tendances de l'intelligence artificielle :

On assiste depuis 1990 à un foisonnement de travaux dans des domaines de plus en plus divers. Les principales tendances sont les suivantes :

- ♠ Par l'augmentation de la puissance des ordinateurs, des méthodes inutilisables avant le deviennent.
- ♠ Nécessité de disposer, en plus de méthodes générales, de connaissances et méthodes spécifiques pour des domaines de plus en plus spécialisés.
- ♠ Possibilité d'intégrer plusieurs techniques dans un même système.
- ♠ Des applications à grande échelle, en dehors de l'IA, utilisent des techniques de l'IA. (Par exemple, la transcription du génome humain).
- ♠ L'IA théorique cherche à établir des fondements scientifiques, formalisme des modes de raisonnement et de représentation des connaissances, clarifie les concepts.
- ♠ L'IA expérimentale teste les idées nouvelles par la réalisation de systèmes. L'examen des problèmes rencontrés conduit alors aux améliorations des méthodes.
- ♠ L'IA appliquée est une utilisation en situation réelle dans l'industrie, les services, ... [35]

IV.2.4. Principaux domaines de l'intelligence artificielle :

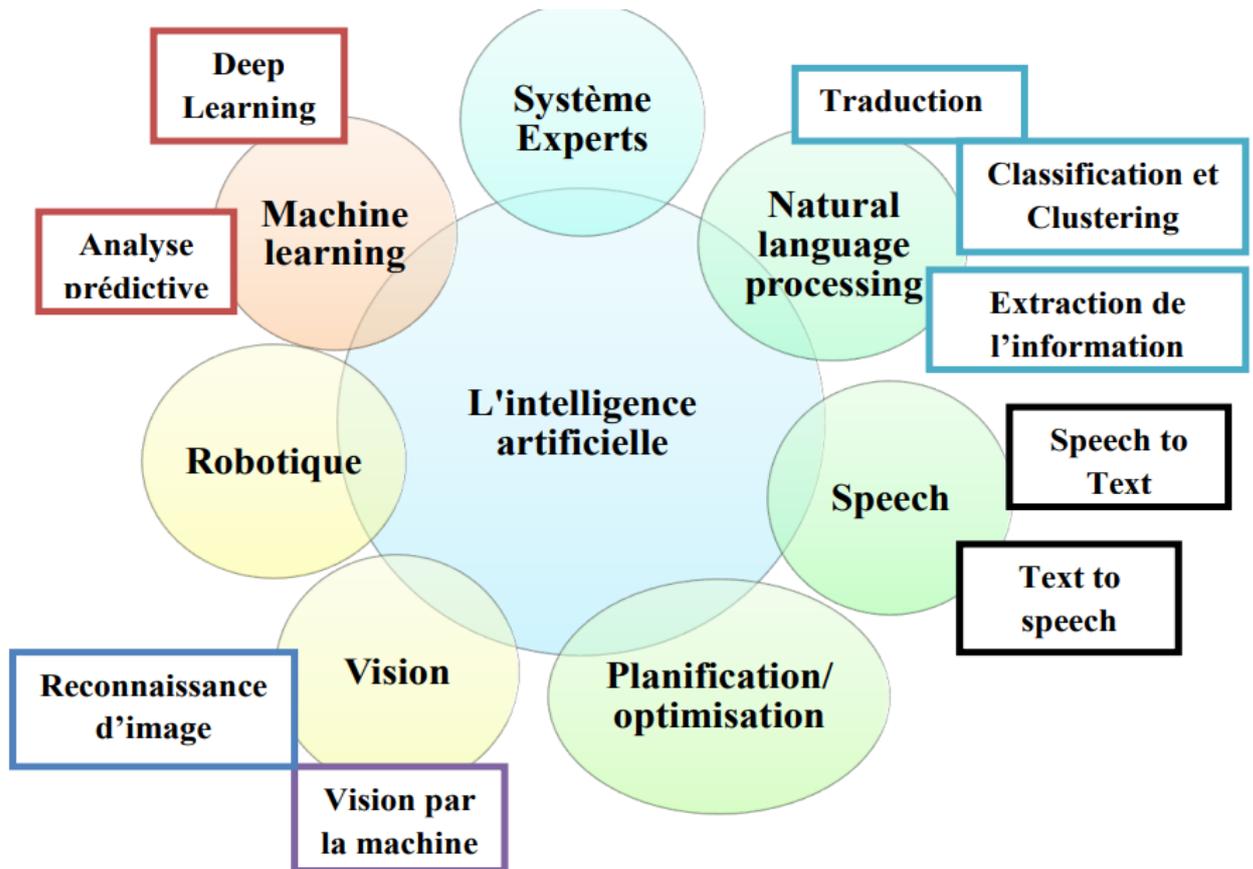


Figure IV.2 : Les domaines de l'intelligence artificielle

Les principaux domaines fonctionnels de l'IA témoignent de son immense potentiel, des innombrables réalisations auxquelles elle est susceptible de donner lieu. Il s'agit d'approfondir des domaines fonctionnels déjà connus, à l'instar des systèmes experts, de la Planification/optimisation ou de la robotique, mais aussi de développer de nouveaux domaines tels que le machine Learning, le **Natural Language Processing**, la vision (capacité pour une machine d'appréhender son environnement) ou encore le speech (texte vers parole ou parole Vers texte).[36]

IV.2.5. Avantages et inconvénients de l'intelligence artificielle :

L'utilisation de l'intelligence artificielle comporte des avantages et des inconvénients sur lesquels la plupart s'accordent :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'intelligence artificielle limite le risque d'erreurs humaines, elle serait donc capable de corrigé voir même de remplacer l'homme, Le remplacer dans des métiers à risques comme pompier ou militaires pourrait s'avérer bénéfiques, lui évité ainsi les travaux trop durs et pénibles. ➤ L'IA pourrait aussi être un gain de temps et d'argent dans les entreprises ou elle remplacerait les employés qui ont des travaux à répétition. ➤ Elle peut apporter une grande précision lors d'interventions médicales, par exemple ou lors de déminages. ➤ L'apprentissage pourrait aussi être bien plus rapide. ➤ L'intelligence artificielle permet aussi une analyse plus objective et critique des données. [35] 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'inconvénient le plus envisageable est la présence d'une erreur dans la programmation d'un robot, ce qui pourrait être fatal au bon fonctionnement de celui-ci. Cet inconvénient est présent dans tous les domaines sans exceptions, les ordinateurs (ou autres robots, bras mécaniques, robots domestiques, véhicules intelligents...), ne savent pas déceler les erreurs de programmation. Les conséquences d'une telle erreur pourraient être catastrophiques à grande échelle, néanmoins le risque que cela se produise reste très faible. ➤ Dans les entreprises notamment, l'IA et les nouveaux robots mécanisés entraînent des suppressions de poste. En effet l'homme est de plus en plus remplacé par la machine, car celle-ci ne se fatigue pas et n'a pas de besoins essentiels si ce n'est qu'une maintenance de temps en temps, ainsi cela fait augmenter le taux de chômage déjà élevé. Les entreprises possédant ces nouveaux robots, en deviennent principalement dépendantes, elles font en sorte que les machines répondent aux besoins de l'entreprise et donc ils ne font plus rien par eux-mêmes. ➤ Le prix des recherches pour l'IA est très élevé, si l'on veut fabriquer des robots capables d'être autonomes dans la vie quotidienne, cela coûterait extrêmement cher, ce qui pour le moment limiterait les recherches. ➤ En résumé, l'IA ne présente pas beaucoup d'inconvénients face aux nombreux avantages mais il faut savoir rester vigilant car aujourd'hui, les progrès militaires s'étendent dans de nombreux domaines, ce qui pourrait entraîner un scénario catastrophique où les robots pourraient prendre le contrôle du monde. [35]

IV.2.6. Apprentissage automatique et apprentissage en profondeur (Machine Learning & Deep Learning) :

L'intelligence artificielle est composée de deux sous-domaines qui se sont développés au fur et à mesure que l'usage de cette technologie s'est accru.

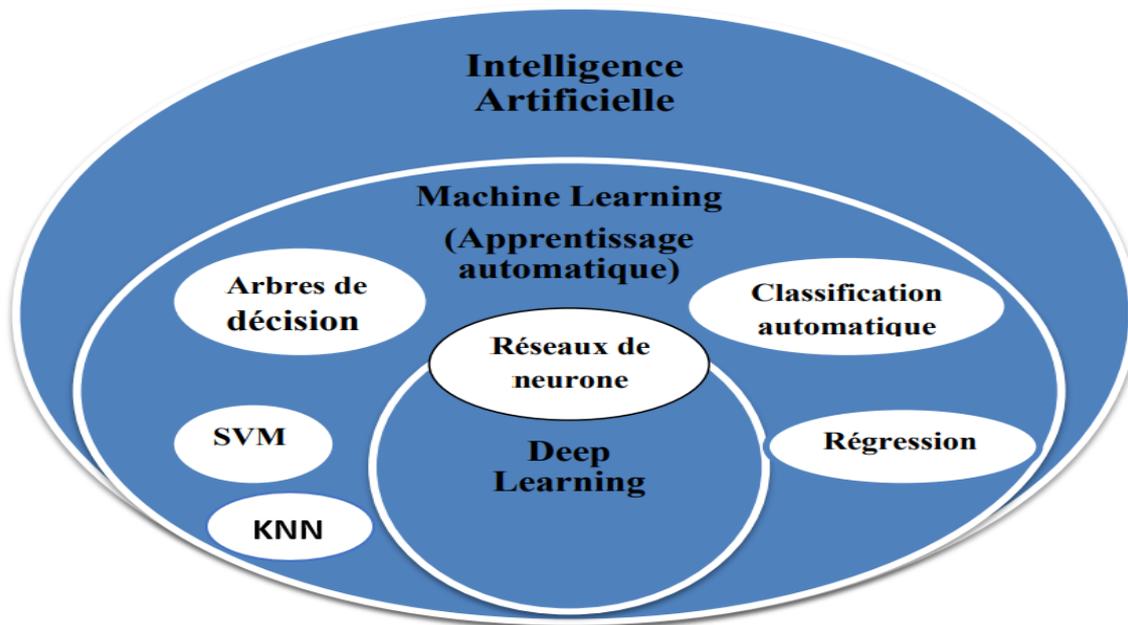


Figure IV.3 : Différence entre l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle et Deep Learning

IV.2.6.1. Apprentissage automatique :

(Machine Learning) L'apprentissage automatique est une tentative de comprendre et reproduire cette notion d'apprentissage dans des systèmes artificiels. Il s'agit, très schématiquement, de concevoir des algorithmes capables, à partir d'un nombre important d'exemples (les données correspondant à "l'expérience passée"), d'en assimiler la nature afin de pouvoir appliquer ce qu'ils ont ainsi appris aux cas futurs. [36]

Les données utilisées par l'apprentissage automatique donne le processus de modélisation sont appelées données de (formation), en anglais Training Data.

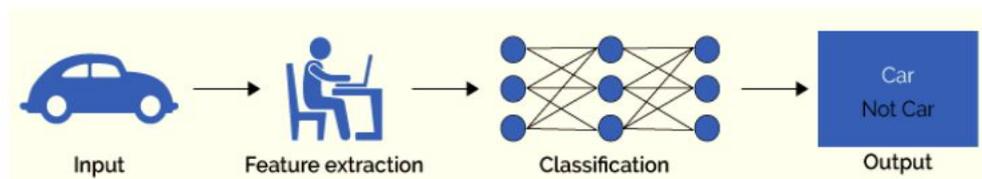


Figure IV.4 : Exemple d'une Machine Learning.

- **Input** : Les nouvelles entrées après le processus d'apprentissage et la préparation du système intelligent pour le travail (district de base donné).
- **Training data** : donnée de l'apprentissage.
- **Testing data** : Une fois que votre modèle d'apprentissage automatique est construit (avec vos données d'entraînement), vous avez besoin de données invisibles pour tester votre modèle. Ces données sont appelées données de test, et vous pouvez les utiliser pour évaluer les performances et les progrès de l'entraînement de vos algorithmes et les ajuster ou les optimiser pour de meilleurs résultats.
- **Machine Learning** : algorithme capable d'analyser les données.
- **Output** : les sorties obtenues après l'injecte de nouvelles entrées (input).

IV.2.6.1.1. Les types d'apprentissage automatique :

- ✓ **Supervise** : on dispose d'un ensemble d'objets et pour chaque objet une valeur cible associée ; il faut apprendre un modèle capable de prédire la bonne valeur cible d'un objet nouveau.
- ✓ **Non supervise** : on dispose d'un ensemble d'objets sans aucune valeur cible associée ; il faut apprendre un modèle capable d'extraire les régularités présentes au sein des objets pour mieux visualiser ou appréhender la structure de l'ensemble des données.
- ✓ **Par renforcement** : on dispose d'un ensemble de séquences de décisions (politiques ou stratégiques) dans un environnement dynamique, et pour chaque action de chaque séquence une valeur de récompense (la valeur de récompense de la séquence est alors la somme des valeurs des récompenses des actions qu'elle met en œuvre) ; il faut apprendre un modèle capable de prédire la meilleure décision à prendre étant donné un état de l'environnement. [37].

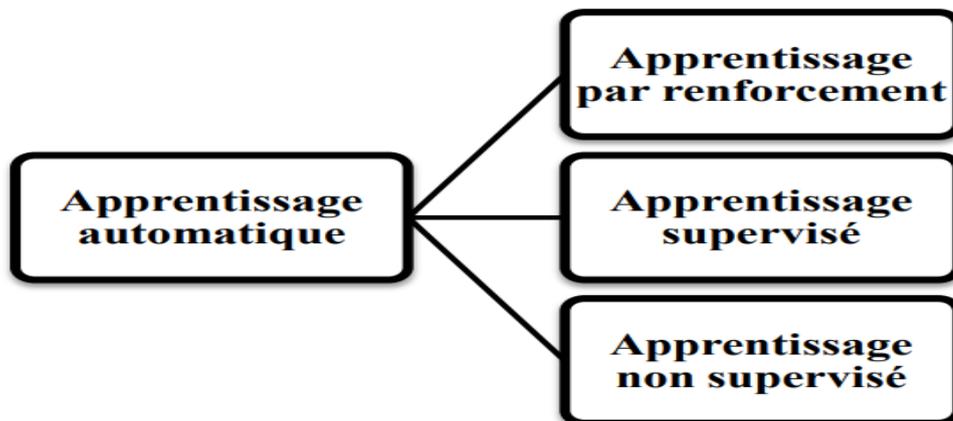


Figure IV.5 : Les grandes classes d'apprentissage automatique

IV.2.6.2. Apprentissage supervisé :

L'algorithme est entraîné en utilisant une base de données d'apprentissage contenant des exemples de cas réels traités et validés. L'objectif est de trouver des corrélations entre les données d'entrée (variables explicatives) et les données de sorties (variables à prédire), pour ensuite inférer la connaissance extraite sur des entrées avec des sorties inconnues.

Chaque exemple, appelé aussi instance, est un couple d'entrée-sortie (x_n, y_n)

$1 \leq n \leq N$, avec $x_n \in X$ et $y_n \in Y$ et Où :

X est l'ensemble d'attributs (discrets ou continus),

Y est l'ensemble des valeurs de sortie (la variable cible ou dépendante), Y peut être discrète ou continue.

En apprentissage supervisé, On distingue entre deux types de tâches (régression, classification).[38]

IV.2.6.2.1. Classification supervisée :

La classification supervisée est une technique largement utilisée avec différentes applications dans la vie réelle. Elle permet de générer des règles de classification (modèle) à partir d'un jeu de données classées à priori et d'un algorithme d'apprentissage automatique adéquat. Ces règles seront utilisées pour classer les nouvelles instances.

Soit D un ensemble de n exemples et de m attributs ($n \times m$). $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ est l'attribut classe avec p valeurs classes possibles. Chaque instance $x_i \in D$ est caractérisée par m attributs

Et par sa classe $y_i \in Y$.

L'objectif est, en s'appuyant sur l'ensemble d'exemples étiqueté X et un classificateur CL , de prédire la classe des nouvelles instances.

$Cl(x)=y$, x est une nouvelle instance non étiquetée $y \in Y$;

Une classification est dite binaire, si le nombre de classes $|Y|$ est égale à 2. Le classificateur doit prédire l'une des deux classes pour les nouvelles instances. Une classification est dite multi classes si le nombre de classes $|Y| > 2$. [39]

IV.2.7. Le Principe de notre programmation à partir de base des données CWP :IV.2.7.1. Les Facteurs D'extraction :(Indicateurs)

On a travaillé avec 7 indicateurs dans chaque capture parmi les 7 captures existents :

Les indicateurs sont :

- ✓ **Std** : (Écart type) Stander attente est un nombre qui décrit l'étalement des valeurs.

Un faible écart de stander signifie que la plupart des nombres sont proches de la moyenne (moyenne).

Un écart-type élevé signifie que les valeurs sont réparties sur une plage plus large.

- ✓ **Kurtosis** : Le kurtosis est une mesure statistique qui détermine le degré de concentration que les valeurs d'une variable présentent autour de la zone centrale de la distribution de fréquence. Il est également connu comme une mesure de ciblage.
- ✓ **Max** : La valeur maximale.
- ✓ **Mean** : La valeur moyenne.
- ✓ **Min** : La valeur minimale.
- ✓ **Rms**
- ✓ **Peak2Peak**

IV.2.7.2. Les Captures :

Les 7 indicateurs qu'on a travaillés avec eux dans ses 7 captures de la pompe CWP, et chaque capture parmi les 7 contient 6 états.

Les captures sont :

- ✓ XNDE
- ✓ YNDE
- ✓ XDE
- ✓ YDE
- ✓ XPT
- ✓ YPT
- ✓ ZPT

IV.2.7.3. Les états :

Il existe 6 états dans l'ensemble de chaque capture, qui sont divisées en 2 catégories :

- **Catégorie 1** : 3 en états normales(3N).
- **Catégorie 2** : 3 en états défailantes(3D).

IV.2.7.4. La matrice de préparation :

La matrice de préparation contient 6 états (3N et 3D) dans chaque indicateur parmi les 7, qui sont dans chaque capture parmi les 7 captures aussi.

La matrice de préparation :

1. M_XNDE
2. M_XDE
3. M_YDE
4. M_YNDE
5. M_YPT
6. M_XPT
7. M_ZPT

IV.2.7.5. La matrice totale :

La matrice totale est l'ensemble des matrices de préparation :

La matrice totale : $M_{totale} = [M_{XNDE} \ M_{XDE} \ M_{YDE} \ M_{YNDE} \ M_{XPT} \ M_{YPT} \ M_{ZPT}]$;

IV.2.7.6. La description de notre travaille :

Les 7 indicateurs qui nous avons travaillé avec eux dans ces 7 captures, et chacun parmi ces 7 contient 6 états.

Et puis dans chaque capture on sélectionne 2 états : 1D(1) et 1N(0) pour le testing, et les 4 états restante 2D et 2N pour le training.

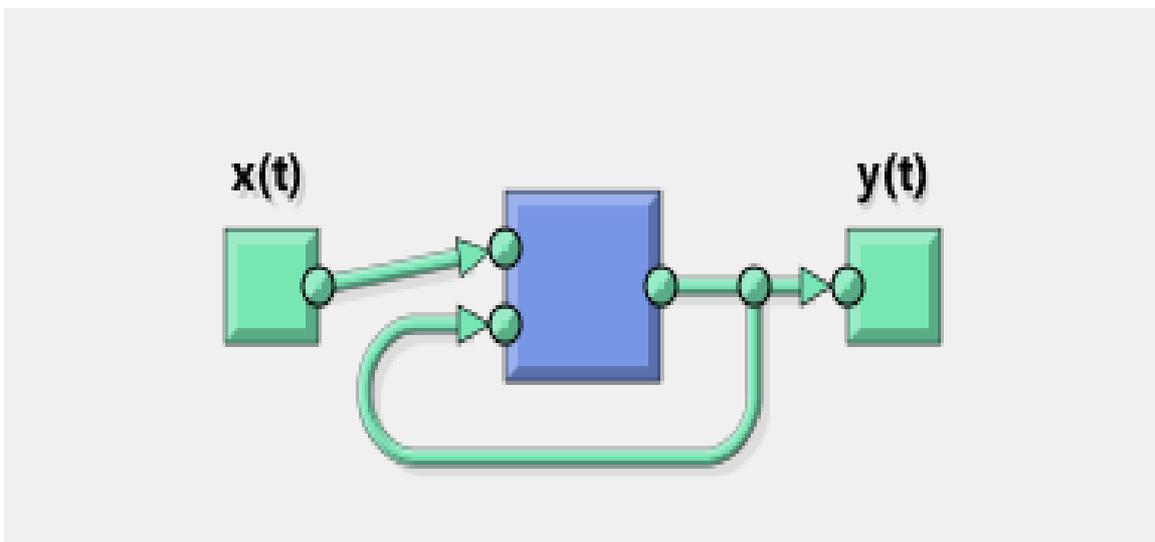


Figure IV.6 : Dessin schématique représente les entrées et les sorties

X(t) : L'entrée (Les indicateurs)

Y(t) : La Sortie {Soit (0) pour état normale, et soit '1) pour l'état défaillante}

Et ensuite à partir de ce principe, on va appliquer cette opération sur notre 3 modèles.

IV.2.8. Les modèles utilisés dans notre programmation :IV.2.8.1. *Levenberg-marquardt:*

En mathématiques et en informatique, l'algorithme de Levenberg-Marquardt (LMA ou simplement LM), également connu sous le nom de méthode des moindres carrés amortis (DLS), est utilisé pour résoudre des problèmes de moindres carrés non linéaires. Ces problèmes de minimisation se posent notamment lors de l'ajustement de la courbe des moindres carrés. Le LMA interpole entre l'algorithme de Gauss-Newton (GNA) et la méthode de descente de gradient. Le LMA est plus robuste que le GNA, ce qui signifie que dans de nombreux cas, il trouve une solution même s'il commence très loin du minimum final. Pour des fonctions bien comportées et des paramètres de départ raisonnables, la LMA a tendance à être plus lente que la GNA. La LMA peut également être considérée comme Gauss-Newton en utilisant une approche par région de confiance.

L'algorithme a été publié pour la première fois en 1944 par Kenneth Levenberg, alors qu'il travaillait à l'arsenal de l'armée de Frankford. Il a été redécouvert en 1963 par Donald Marquardt, qui a travaillé comme statisticien chez DuPont, et indépendamment par Girard, Wynne et Morrison.

Le LMA est utilisé dans de nombreuses applications logicielles pour résoudre des problèmes génériques d'ajustement des courbes. En utilisant l'algorithme de Gauss-Newton, il converge souvent plus rapidement que les méthodes du premier ordre. Cependant, comme d'autres algorithmes d'optimisation itératifs, le LMA ne trouve qu'un minimum local, qui n'est pas nécessairement le minimum global.

IV.2.8.2. *bayesian regularization:*

Les réseaux de neurones artificiels régularisés bayésiens (BRANN) sont plus robustes que les réseaux de rétro-propagation standard et peuvent réduire ou éliminer le besoin de longues validations croisées. La régularisation bayésienne est un processus mathématique qui convertit une régression non linéaire en un problème statistique "bien posé" à la manière d'une régression de crête. L'avantage de BRANNs est que les modèles sont robustes et que le processus de validation, qui s'échelonne en $O(N^2)$ dans les méthodes de régression normales, telles que la propagation inverse, est inutile. Ces réseaux fournissent des solutions à un certain nombre de problèmes qui se posent dans la modélisation QSAR, tels que le choix du modèle, la robustesse du modèle, le choix de l'ensemble de validation, la taille de l'effort de validation et l'optimisation

de l'architecture du réseau. Ils sont difficiles à surentraîner, car les procédures de preuve fournissent un critère bayésien objectif pour arrêter l'entraînement. Ils sont également difficiles à surajuster, car le BRANN calcule et s'entraîne sur un certain nombre de paramètres ou de poids de réseau efficaces, désactivant ainsi ceux qui ne sont pas pertinents. Ce nombre effectif est généralement considérablement inférieur au nombre de poids dans un réseau de neurones à rétropropagation standard entièrement connecté. La détermination automatique de la pertinence (ARD) des variables d'entrée peut être utilisée avec BRANNs, ce qui permet au réseau d' "estimer" l'importance de chaque entrée. La méthode ARD garantit que les indices non pertinents ou fortement corrélés utilisés dans la modélisation sont négligés et montre quelles sont les variables les plus importantes pour la modélisation des données d'activité.

Ce chapitre décrit les équations qui définissent la méthode de BRANN ainsi qu'un organigramme pour la production d'un modèle BRANN-QSAR. Certains résultats de l'utilisation de BRANNs sur un certain nombre d'ensembles de données sont illustrés et comparés à d'autres modèles linéaires et non linéaires.

IV.2.8.3. scaled conjugate gradient :

En mathématiques, la méthode du gradient conjugué est un algorithme pour la solution numérique de systèmes particuliers d'équations linéaires, à savoir ceux dont la matrice est définie positivement. La méthode du gradient conjugué est souvent implémentée comme un algorithme itératif, applicable à des systèmes clairsemés trop volumineux pour être traités par une implémentation directe ou d'autres méthodes directes telles que la décomposition de Cholesky. De grands systèmes clairsemés apparaissent souvent lors de la résolution numérique d'équations aux dérivées partielles ou de problèmes d'optimisation.

La méthode du gradient conjugué peut également être utilisée pour résoudre des problèmes d'optimisation sans contrainte tels que la minimisation de l'énergie. Il est généralement attribué à Magnus Hestenes et Eduard Stiefel, qui l'ont programmé sur le Z4, et a fait l'objet de recherches approfondies.

La méthode du gradient biconjugué fournit une généralisation aux matrices non symétriques. Diverses méthodes de gradient conjugué non linéaire recherchent des minima de problèmes d'optimisation non linéaires.

IV.2.9. La programmation à partir de base des données de CWP :

IV.2.9.1. Modèle Lever berg-marquard :

Tableau IV.1: représentation des résultats du training et testing du modèle **Lever berg-Marquard** pour 5 essais.

	Nom du Modèle	N U m	Train		Test	
	Lever berg-Marquard	1	B E S T	0,046217	M S E	$1,17837.10^{-2}$
		2		0,012429		$4,08042.10^{-2}$
		3		0,12966		$3,24446.10^{-2}$
		4		0,018576		$9,20292.10^{-3}$
		5		0,16507		$2,76599.10^{-2}$
MEAN			0,0744		0,256	
STD			0,0690		0,124	

❖ Essai (1) :

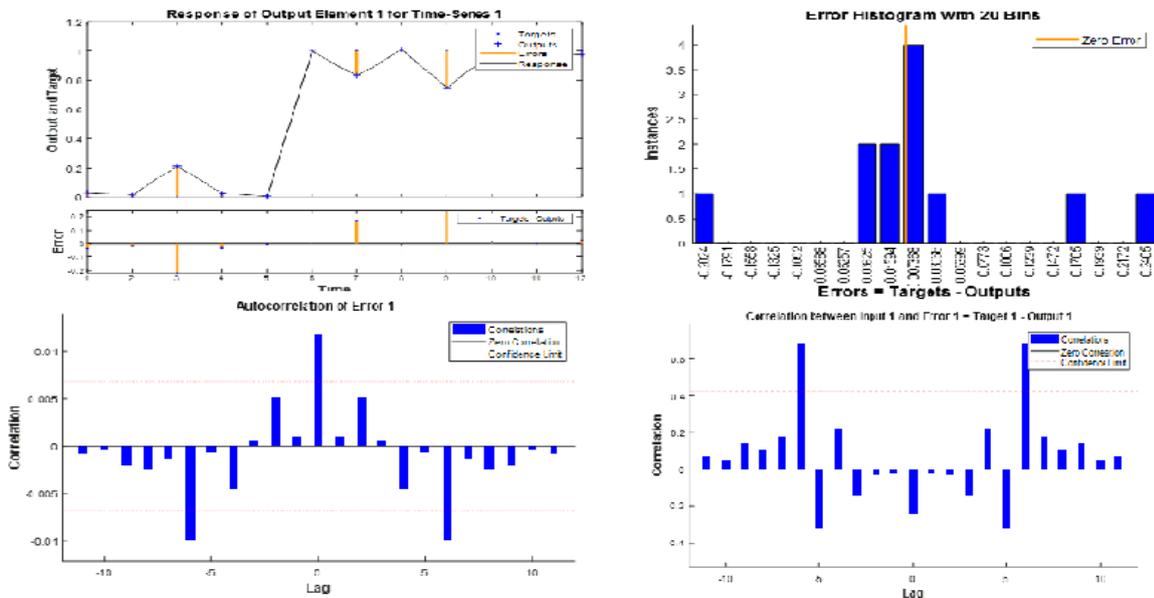


Figure IV.7 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l’essai (1)

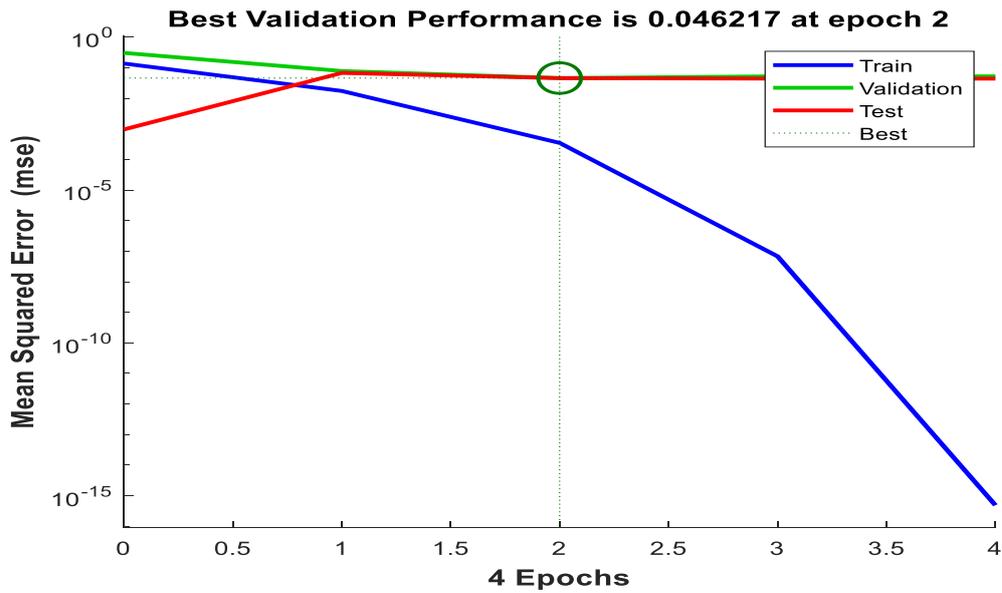


Figure IV.8 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (1)

❖ Essai (2) :

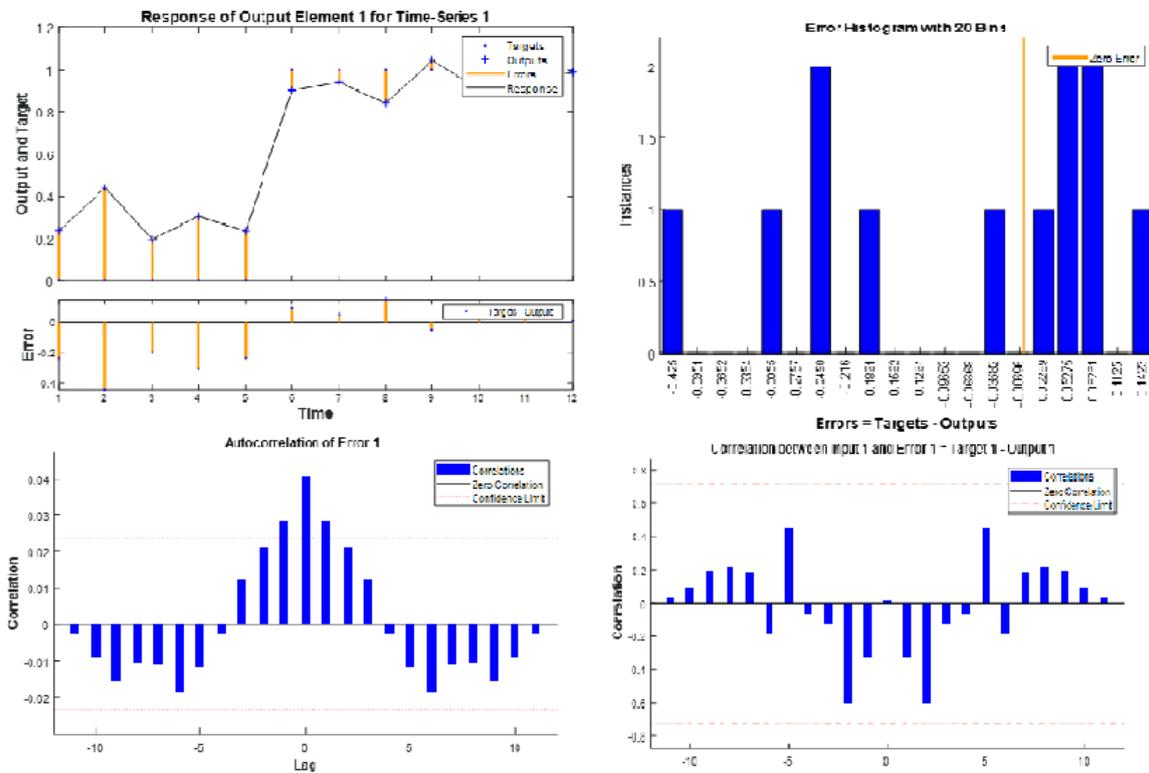


Figure IV.9 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (2)

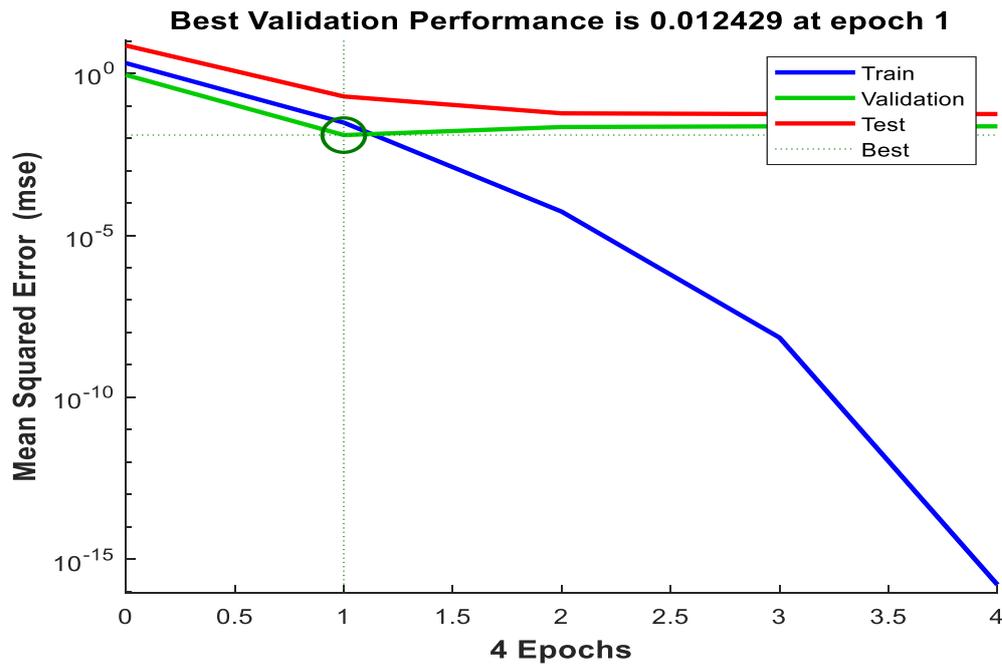


Figure IV.10 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (2)

❖ Essai (3) :

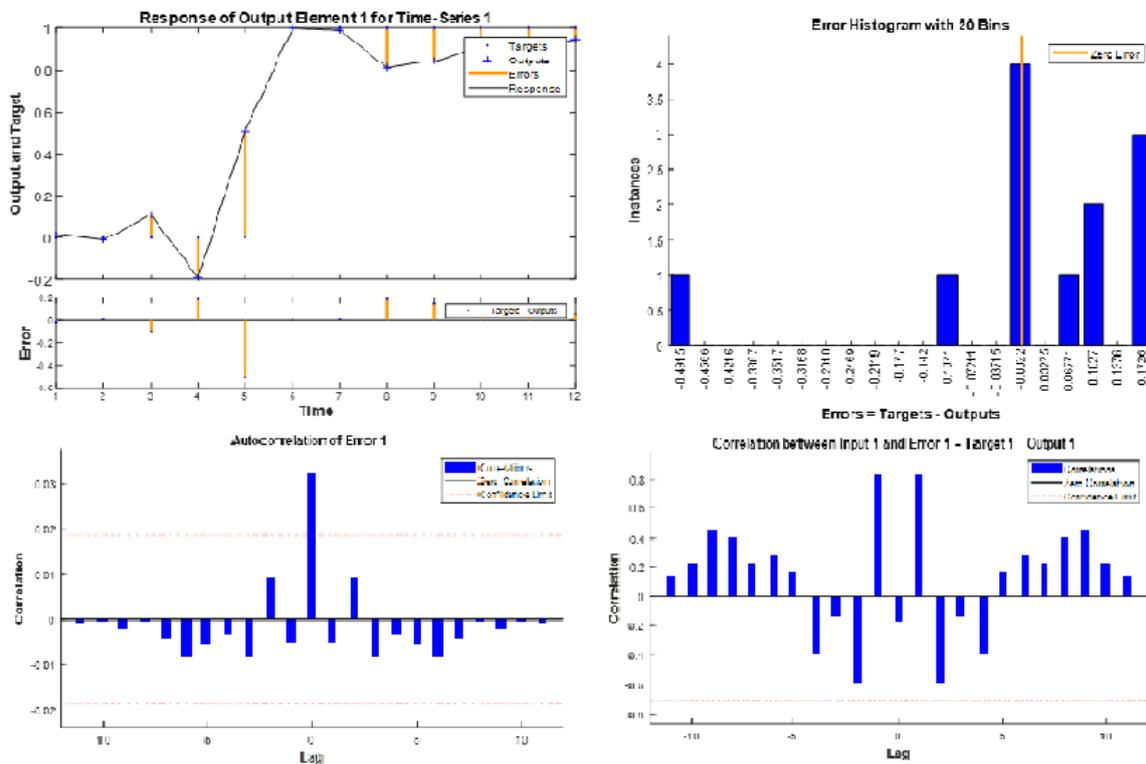


Figure IV.11 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (3)

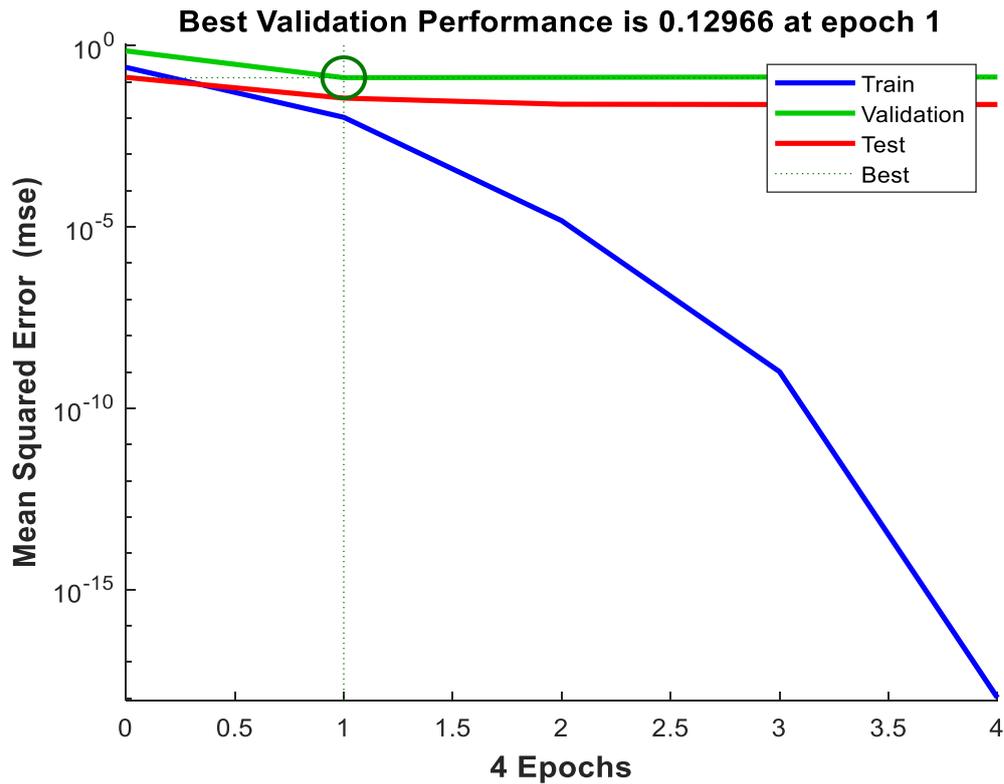


Figure IV.12 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (3)

❖ Essai (4) :

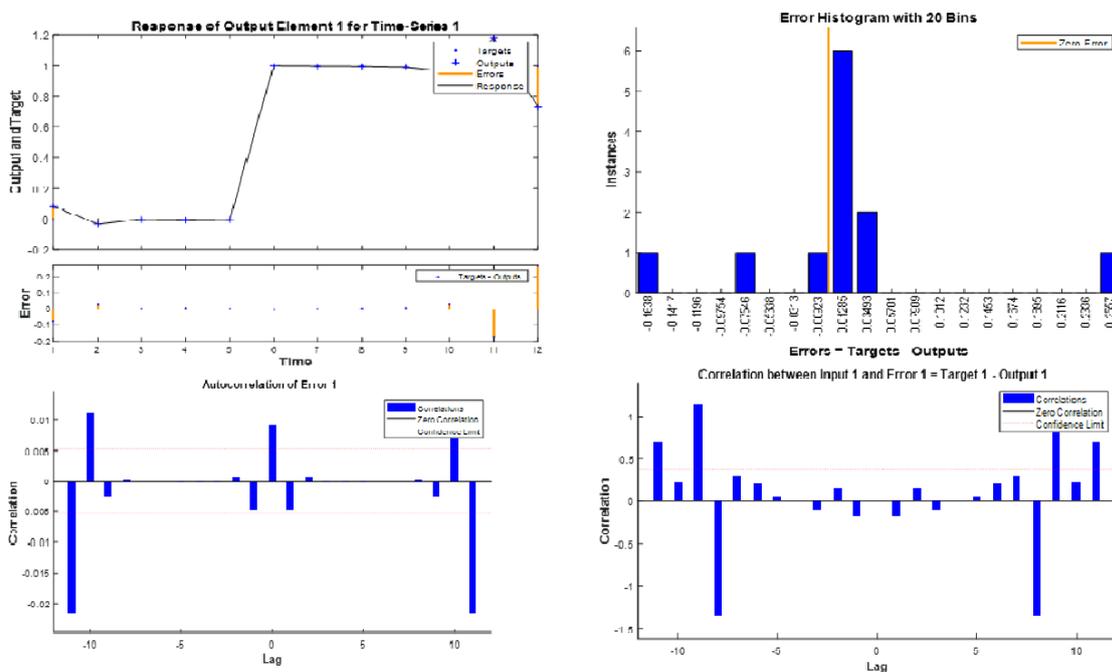


Figure IV.13 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (4)

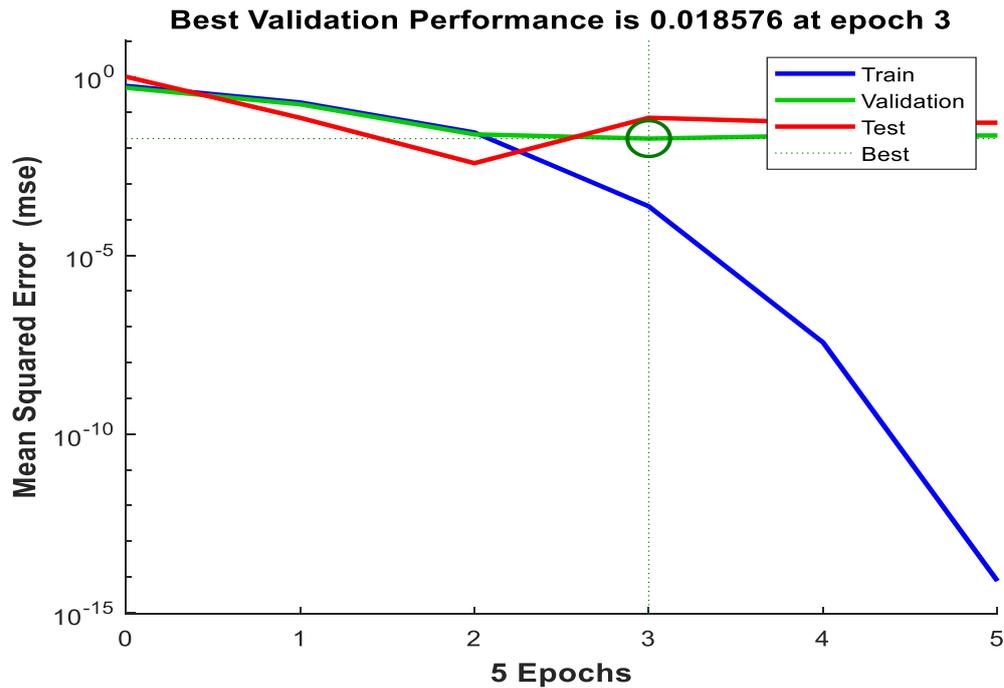


Figure IV.14 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (4)

❖ Essai (5) :

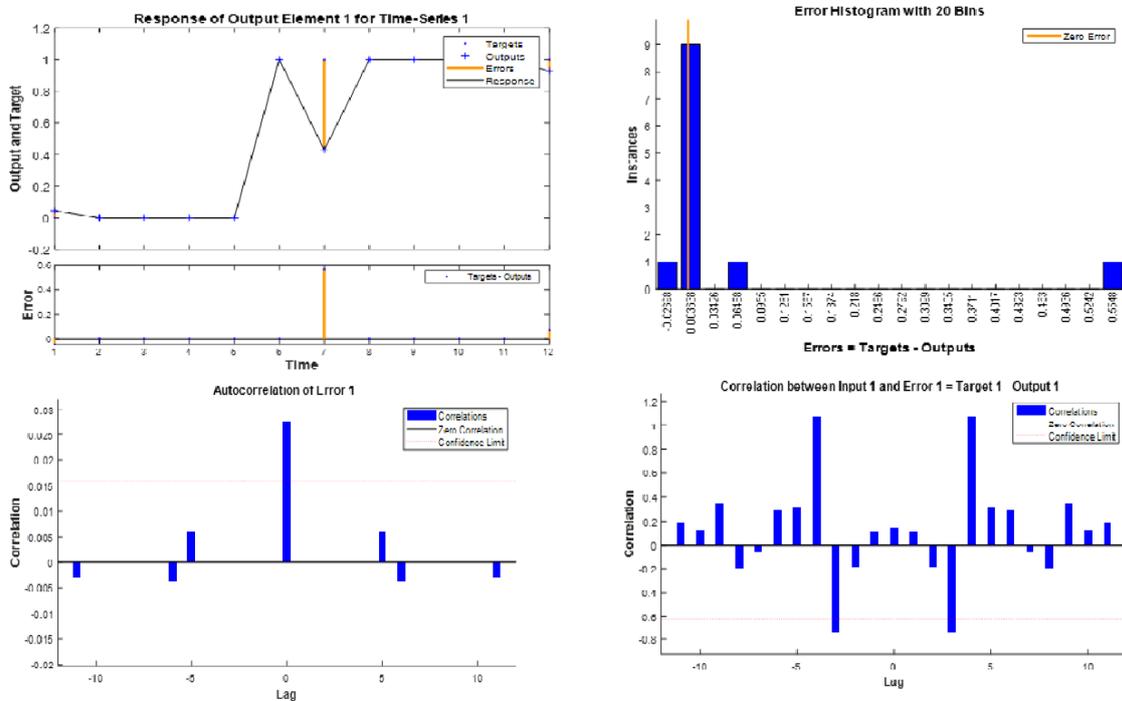


Figure IV.15 : évaluation de la sortie du modèle Lever berg-marquard pour l'essai (5)

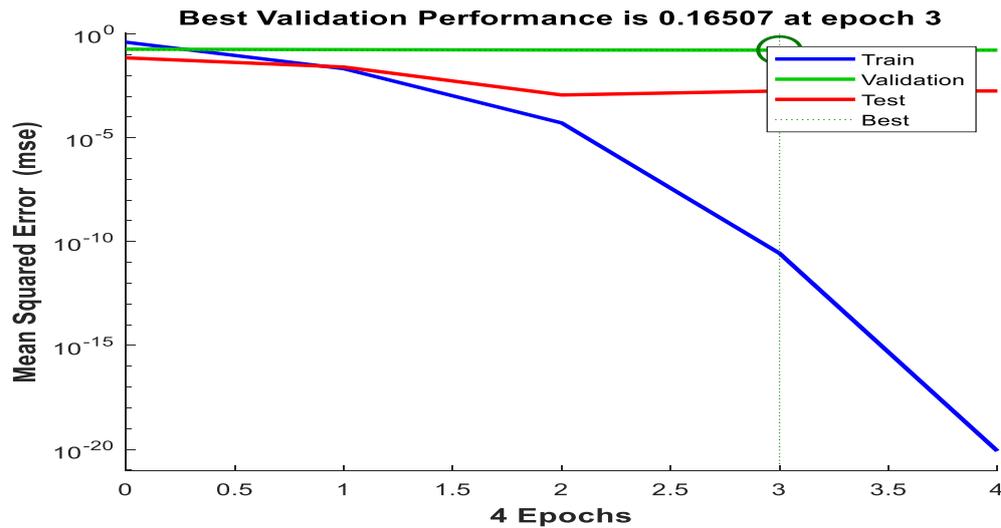


Figure IV.16 : Performance d'apprentissage du Modèle Lever berg-marquard pour l'essai (5)

L'interprétation des graphes :

D'après les 5 essais qu'on a traitent dans le premier modèle (**Lever berg-marquard**), nous avons réalisé 2 types de graphe.

Le premier type est le graphe de performance d'apprentissage qui nous a donner la meilleure performance de validation (Best validation performance). Et pour le second type c'est le graphe d'évaluation de la sortie qui consiste dans l'ensemble 4 graphes :

- 1^{ère} graphe représente Targets, Outputs, Errors et Reponse par apport au temps.
- 2^{ème} graphe représente l'histogramme d'instance par apport à l'erreurs.
- 3^{ème} graphe exprime autocorrelation of error 1.
- 4^{ème} graphe représente correlation between input 1 and errors 1.

Et à partir de ces graphes nous avons mentionner les valeurs de **Best perf** et de **MSE** dans le Tableau 1 qui nous ont permis de comparer leurs valeurs avec les autres modèles.

IV.2.9.2. *Modèle bayesian regularization:*

Tableau IV.2 : Représentation des résultats du training et testing du modèle **Bayesian Regularization** pour 5 essais.

	Nom du Modèle	N U m	Train		Test	
	Bayesian Regularization	1	BEST Perf	0,24025	MSE	$2,38387.10^{-1}$
		2		$1,1345.10^{-13}$		$4,04513.10^{-3}$
		3		$1,2307.10^{-13}$		$4,78098.10^{-3}$
		4		$1,4602.10^{-13}$		$4,66281.10^{-5}$
		5		0,248		$2,46070.10^{-1}$
MEAN				0,0977		0,0988
STD				0,1337		0,1310

❖ **Essaie (1) :**

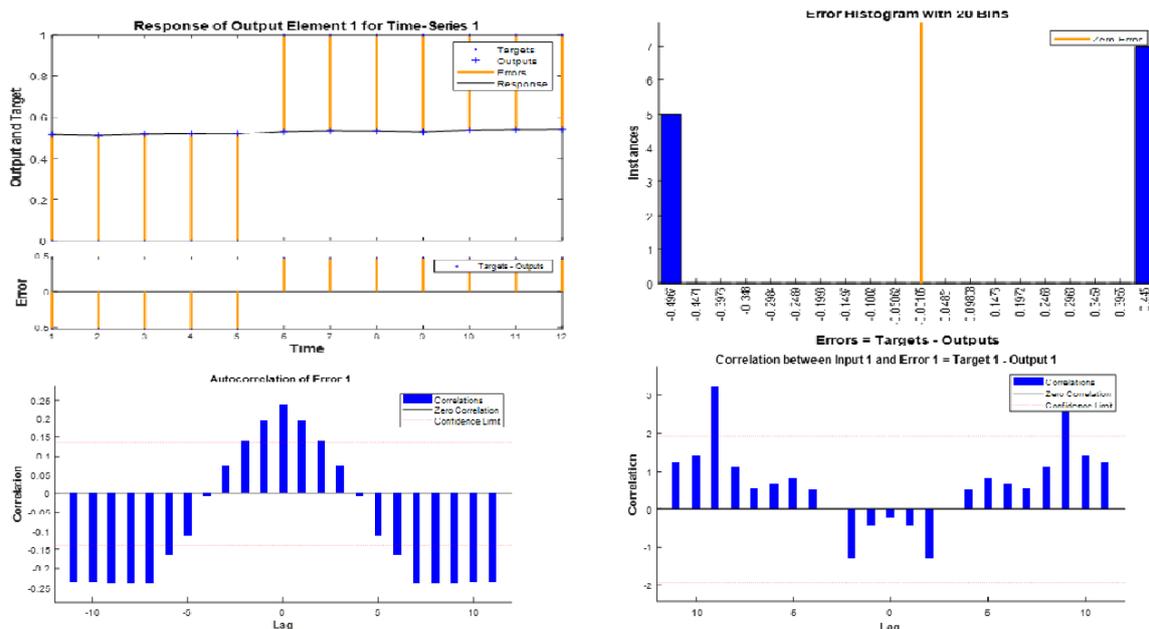


Figure IV.17 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l’essai (1)

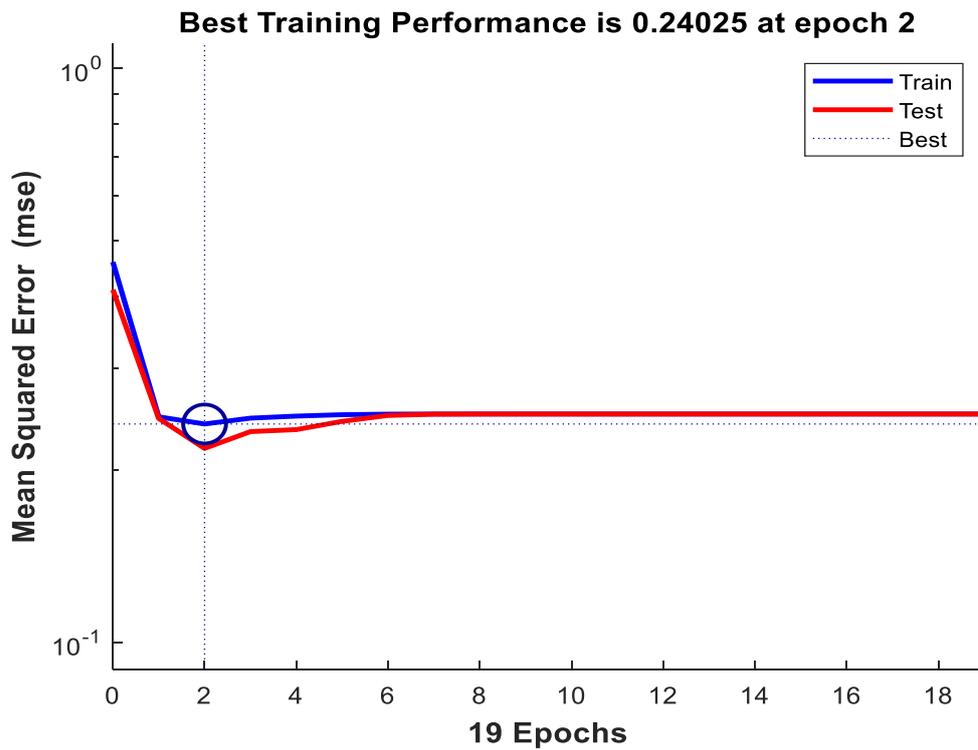


Figure IV.18 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (1)

❖ Essai (2) :

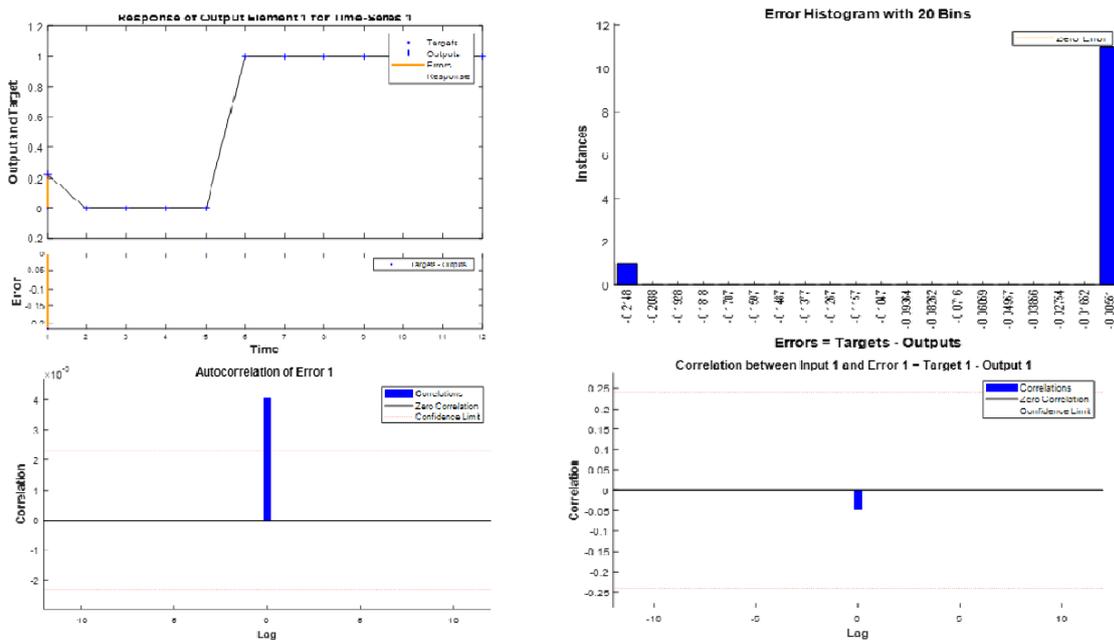


Figure IV.19 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (2)

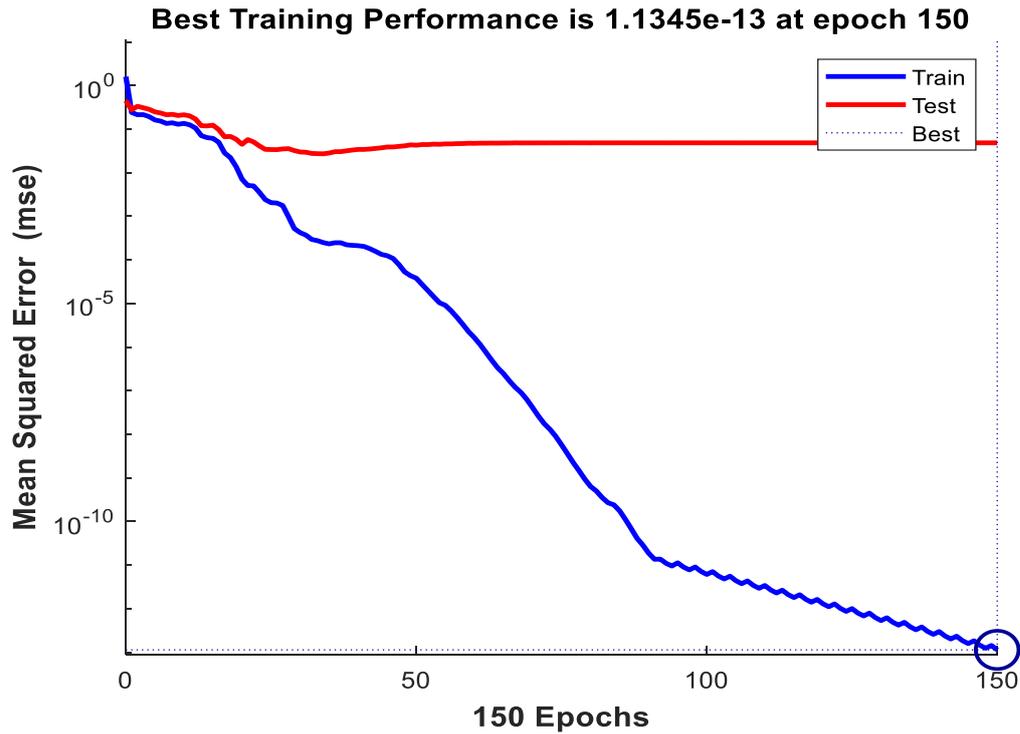


Figure IV.20: Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (2)

❖ Essai (3) :

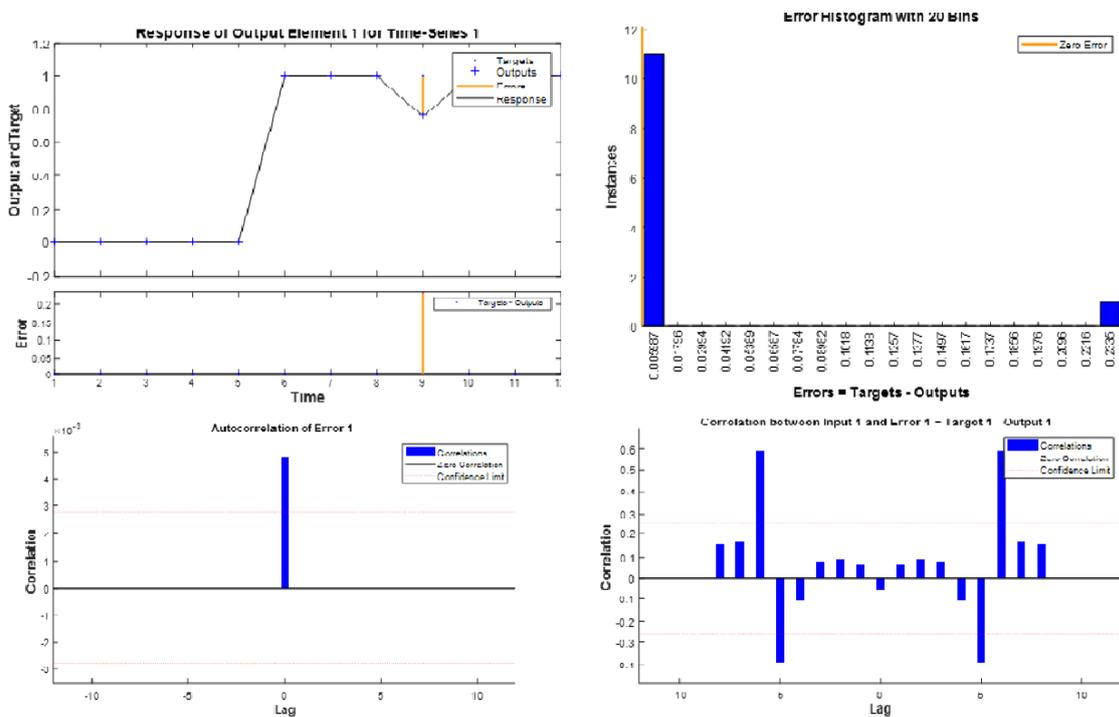


Figure IV.21 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (3)



Figure IV.22 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (3)

❖ Essai (4) :

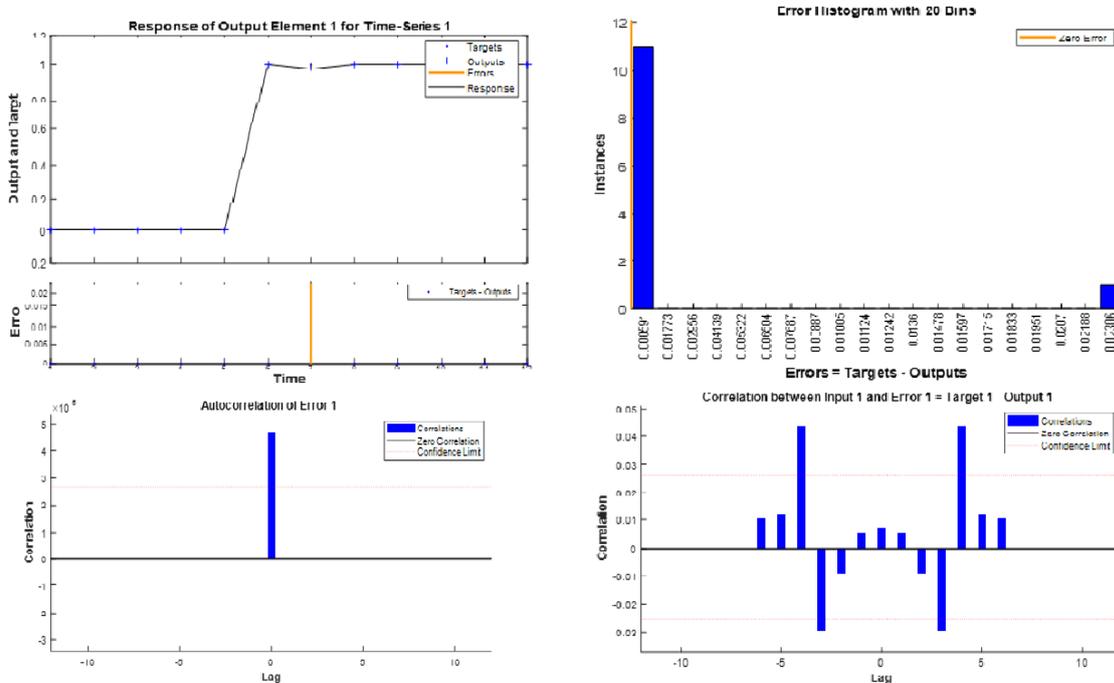


Figure IV.23 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (4)

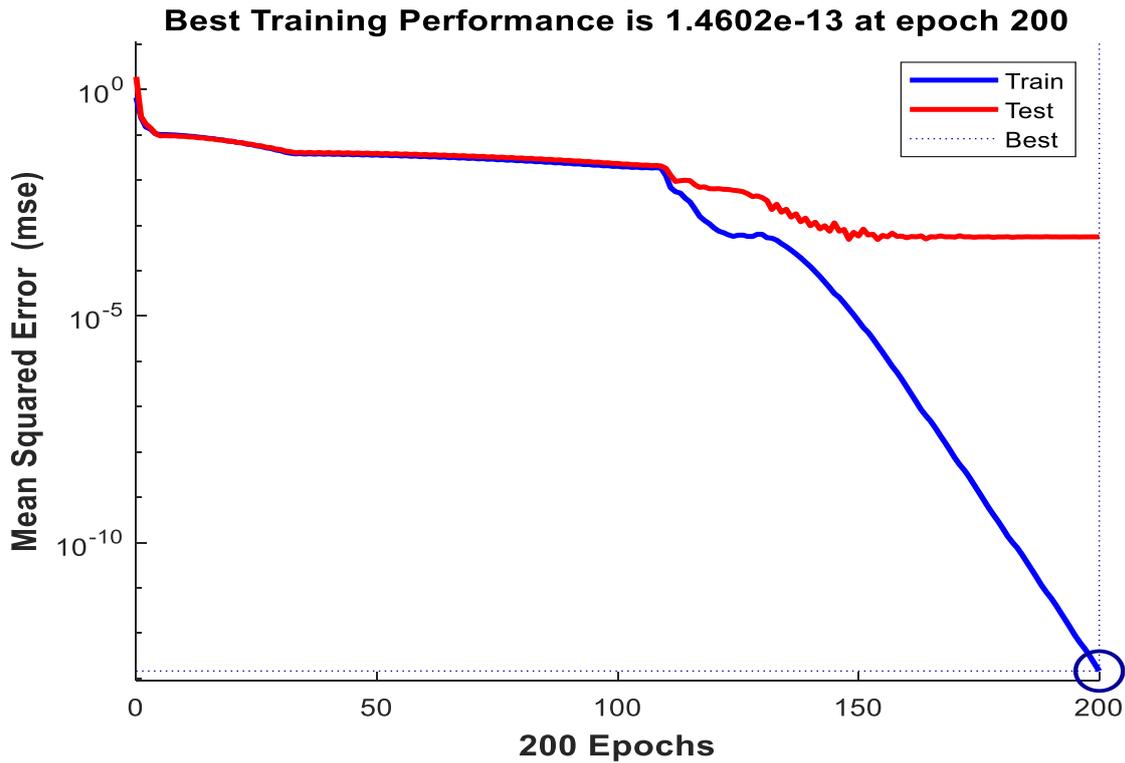


Figure IV.24 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (4)

❖ Essai (5) :

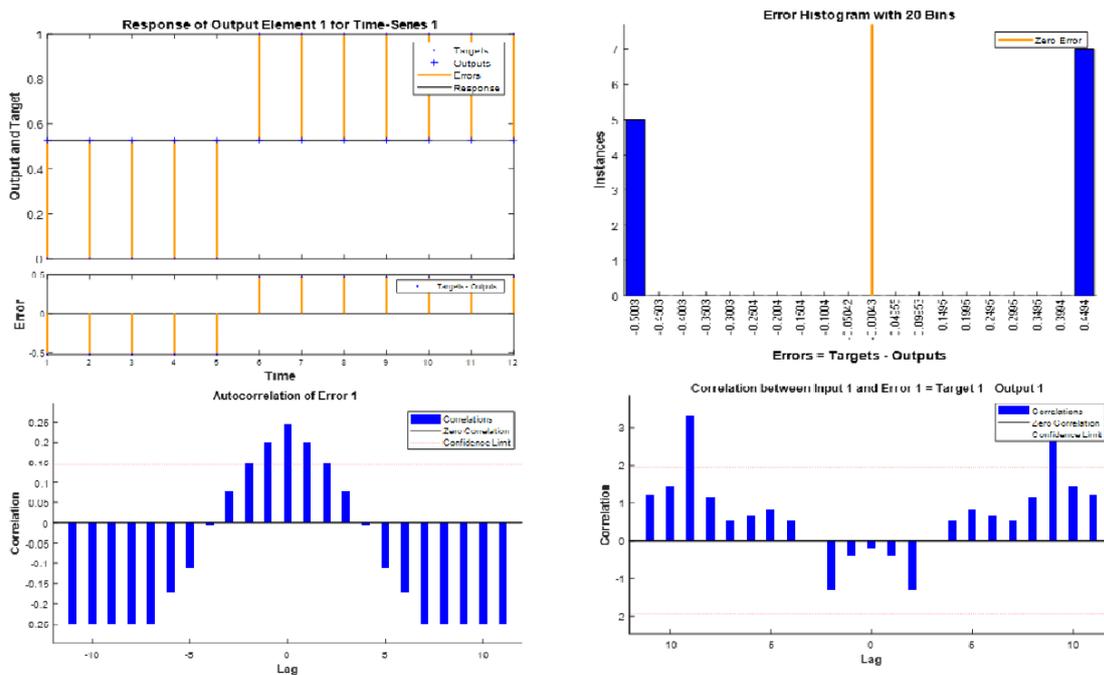


Figure IV.25 : évaluation de la sortie du modèle bayesian regularization pour l'essai (5)



Figure IV.26 : Performance d'apprentissage du Modèle bayesian regularization pour l'essai (5)

L'interprétation des graphes :

D'après les 5 essais qu'on a traitent dans le deuxième modèle (**bayesian regularization**), nous avons réalisé 2 types de graphe.

Le premier type est le graphe de performance d'apprentissage qui nous a donner la meilleure performance de validation (Best validation performance). Et pour le second type c'est le graphe d'évaluation de la sortie qui consiste dans l'ensemble 4 graphes :

- 1^{ère} graphe représente Targets, Outputs, Errors et Reponse par apport au temps.
- 2^{ème} graphe représente l'histogramme d'instance par apport à l'erreurs.
- 3^{ème} graphe exprime autocorrelation of error 1.
- 4^{ème} graphe représente correlation between input 1 and errors 1.

Et à partir de ces graphes nous avons mentionner les valeurs de **Best perf** et de **MSE** dans le **Tableau 2** qui nous ont permis de comparer leurs valeurs avec les autres modèles.

IV.2.9.3. Modèle scaled conjugate gradient :

Tableau IV.3 : Représentation des résultats du training et testing du modèle Scaled Conjugate Gradient pour 5 essais.

	Nom du Modèle	N U m	Train		Test	
		Scaled Conjugate Gradient	1	B E S T Perf	0,026295	M S E
	2		0,072996		$2,76817.10^{-2}$	
	3		0,012668		$4,16125.10^{-2}$	
	4		0,06958		$9,21699.10^{-2}$	
	5		0,0049777		$1,83038.10^{-1}$	
MEAN				0,0373		0,0824
STD				0,0320		0,0614

❖ **Essai (1) :**

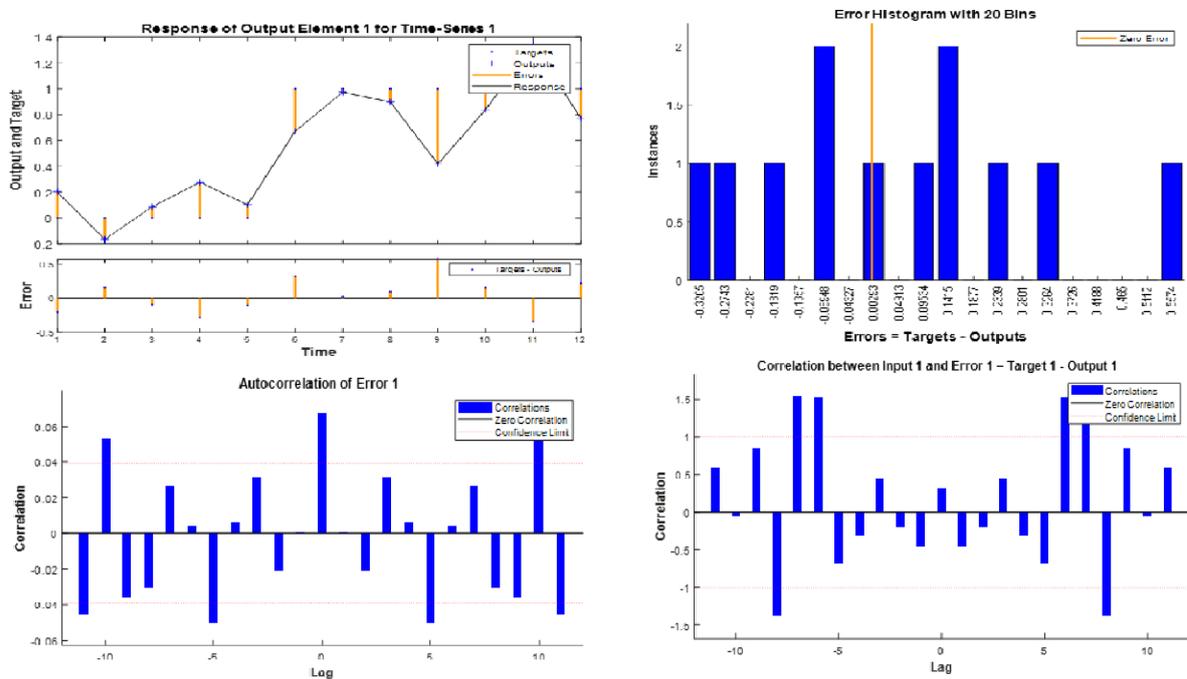


Figure IV.27 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l’essai (1)

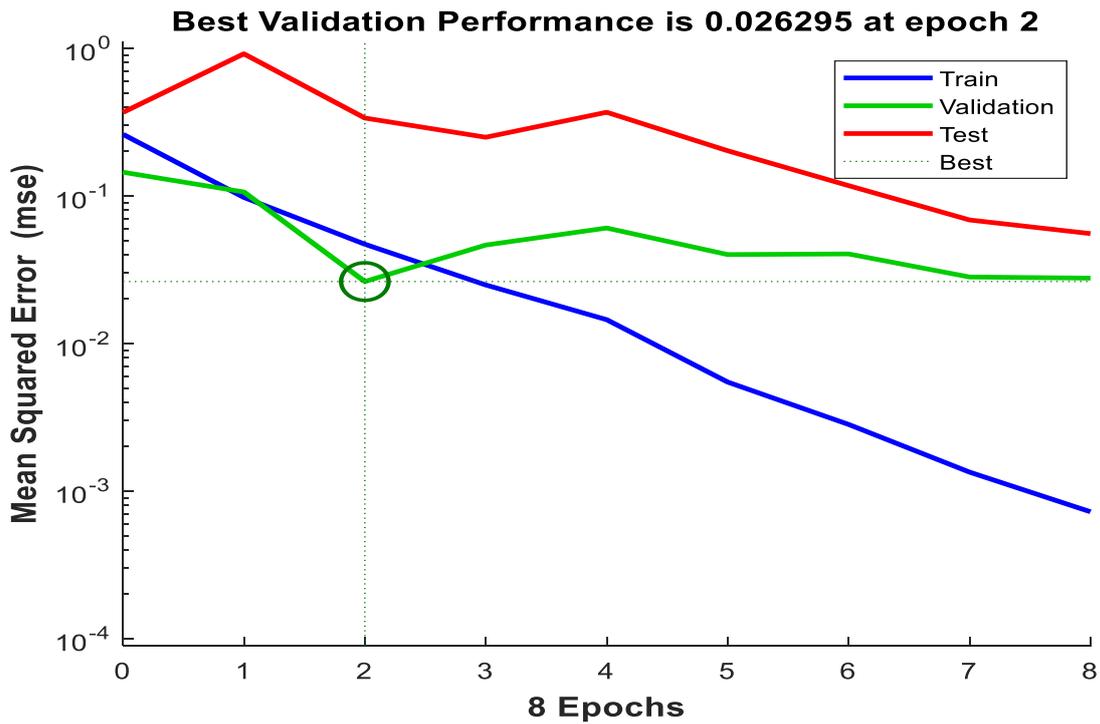


Figure IV.28 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (1)

❖ Essai (2) :

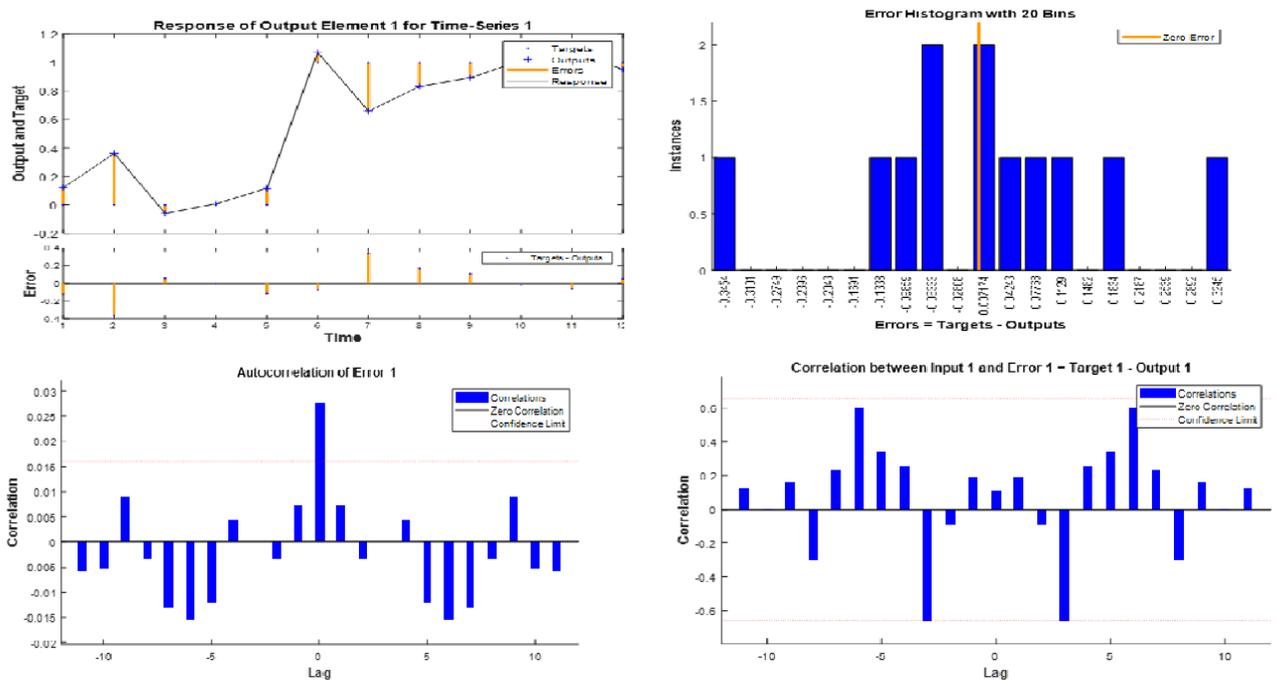


Figure IV.29 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (2)

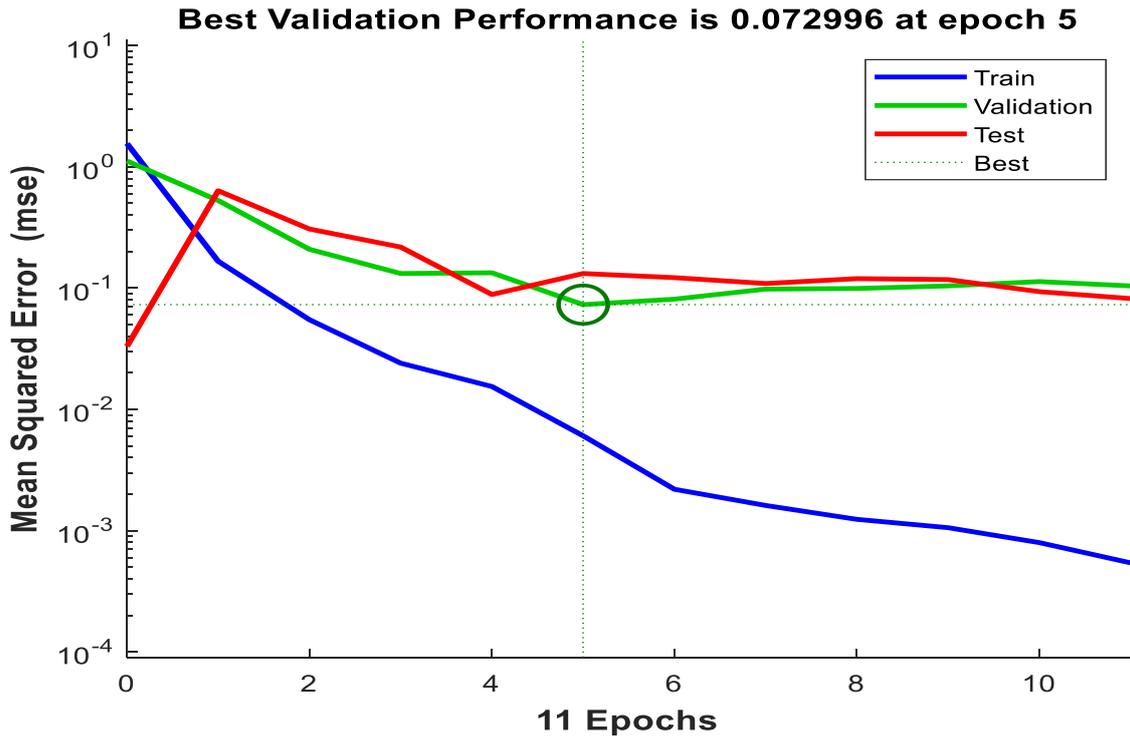


Figure IV.30 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (2)

❖ Essai (3) :

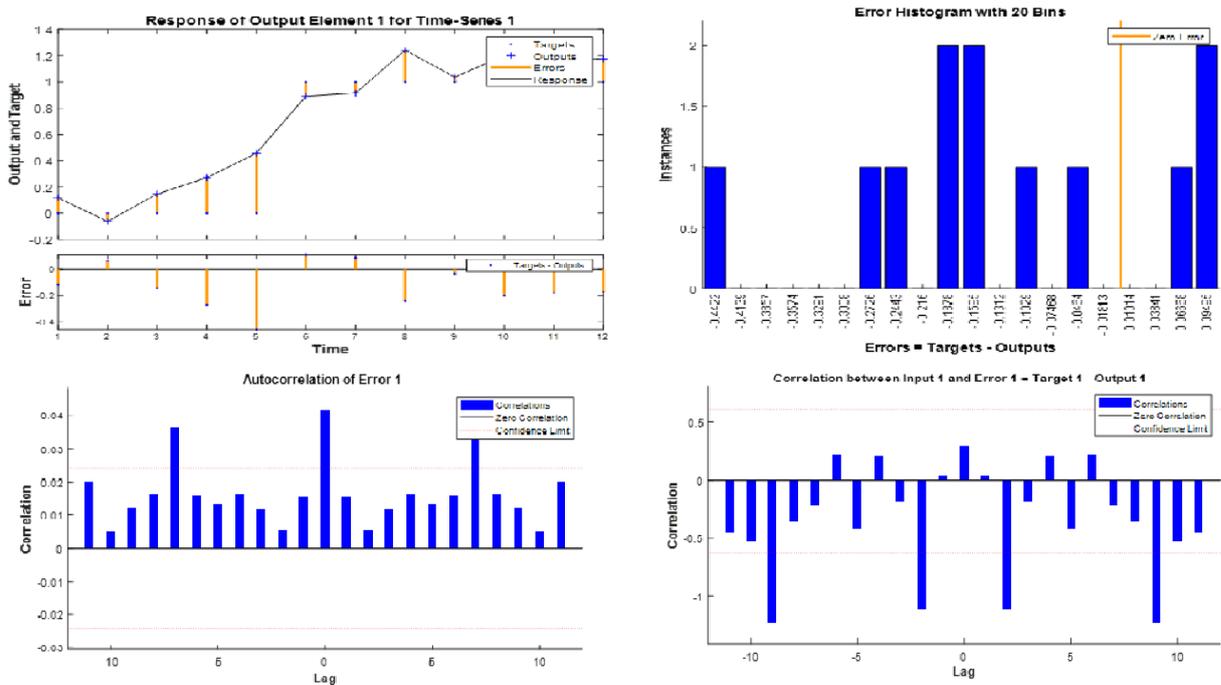


Figure IV.31 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (3)

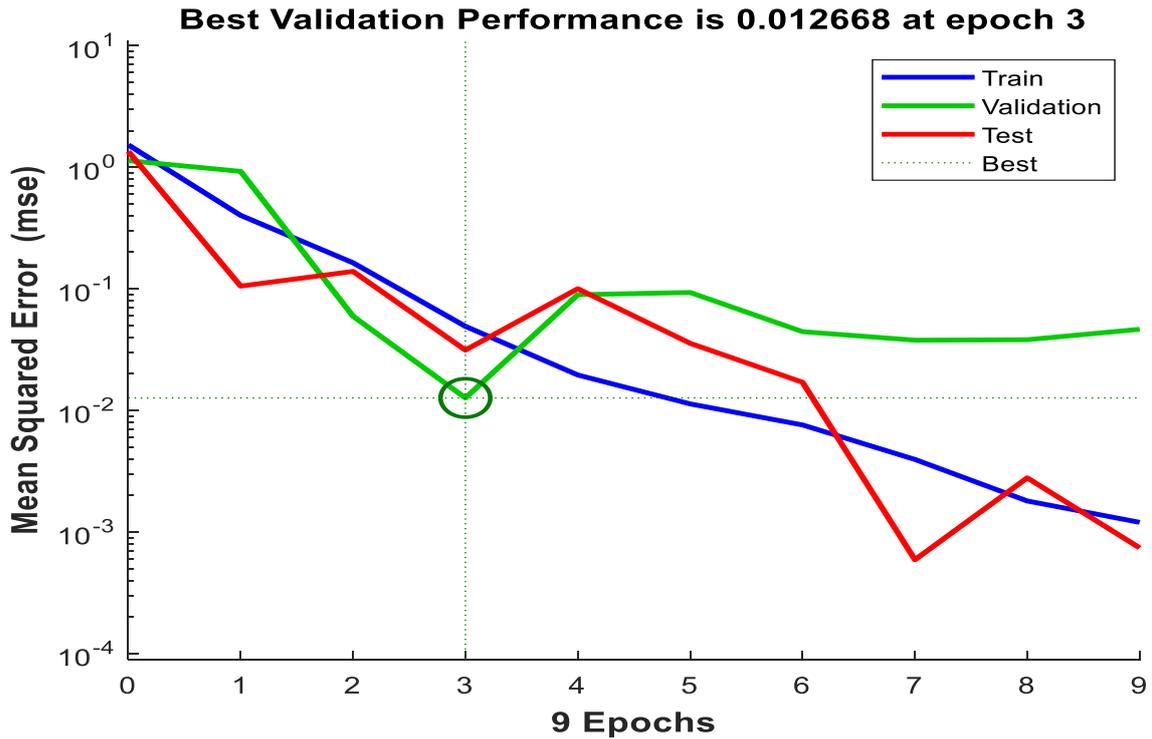


Figure IV.32 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (3)

❖ Essai (4) :

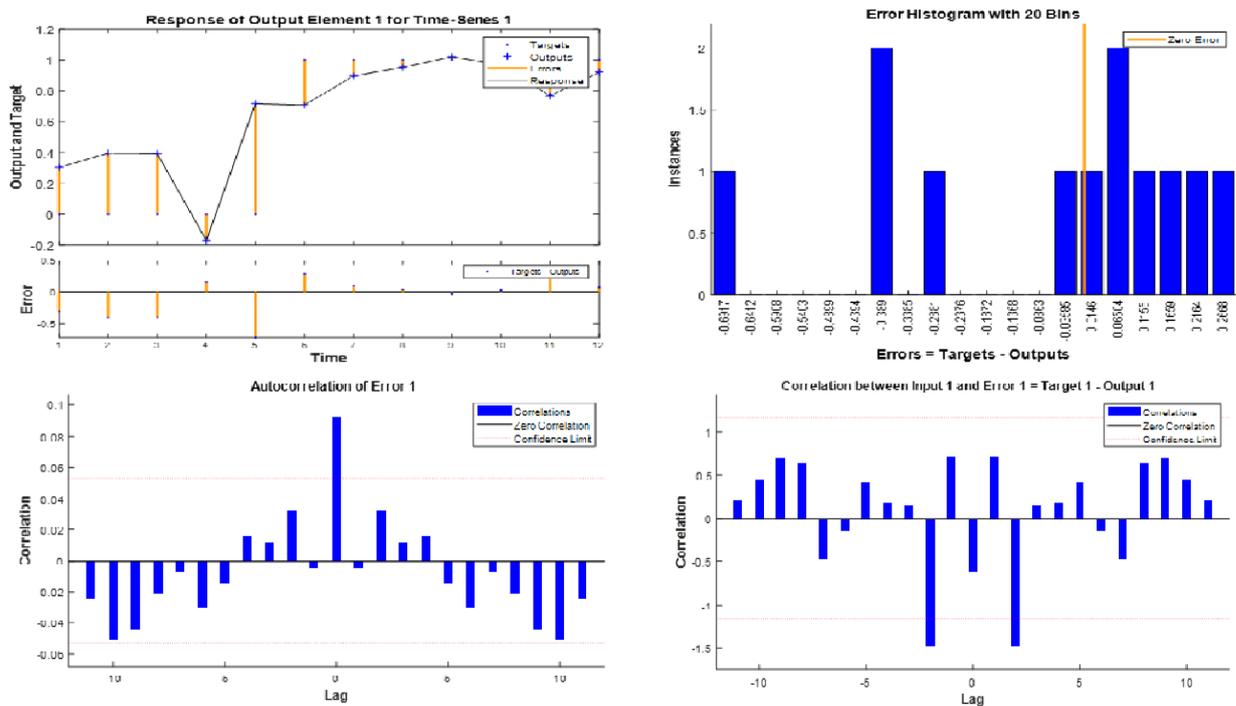


Figure IV.33 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (4)

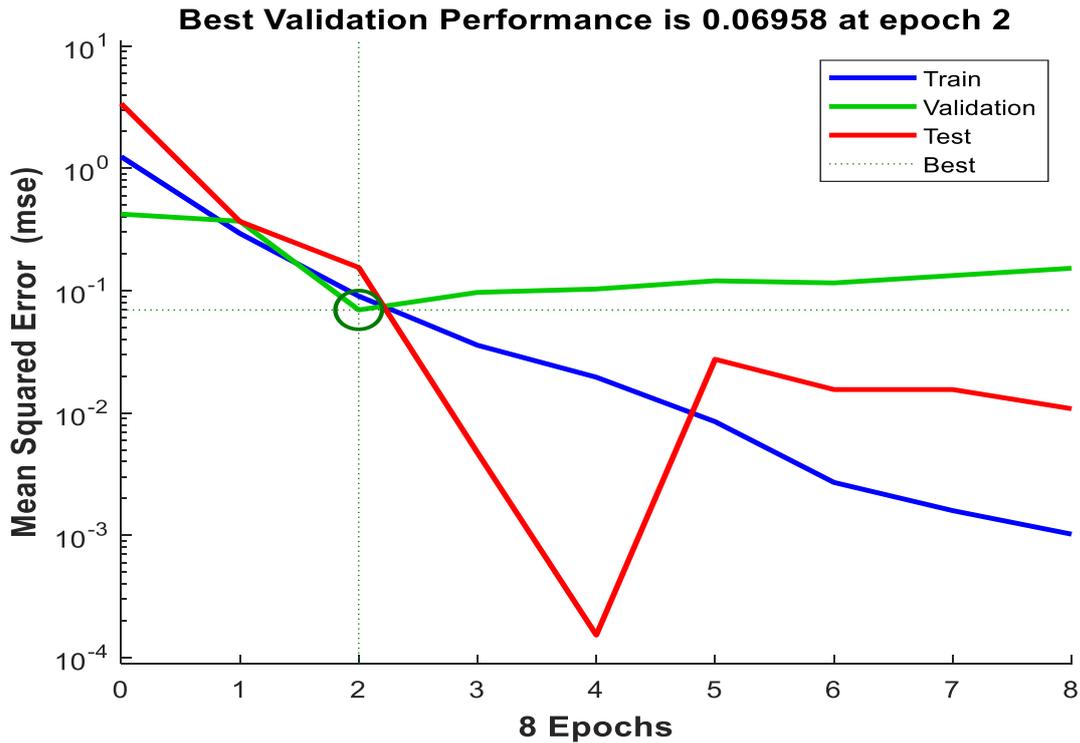


Figure IV.34 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (4)

❖ Essai (5) :

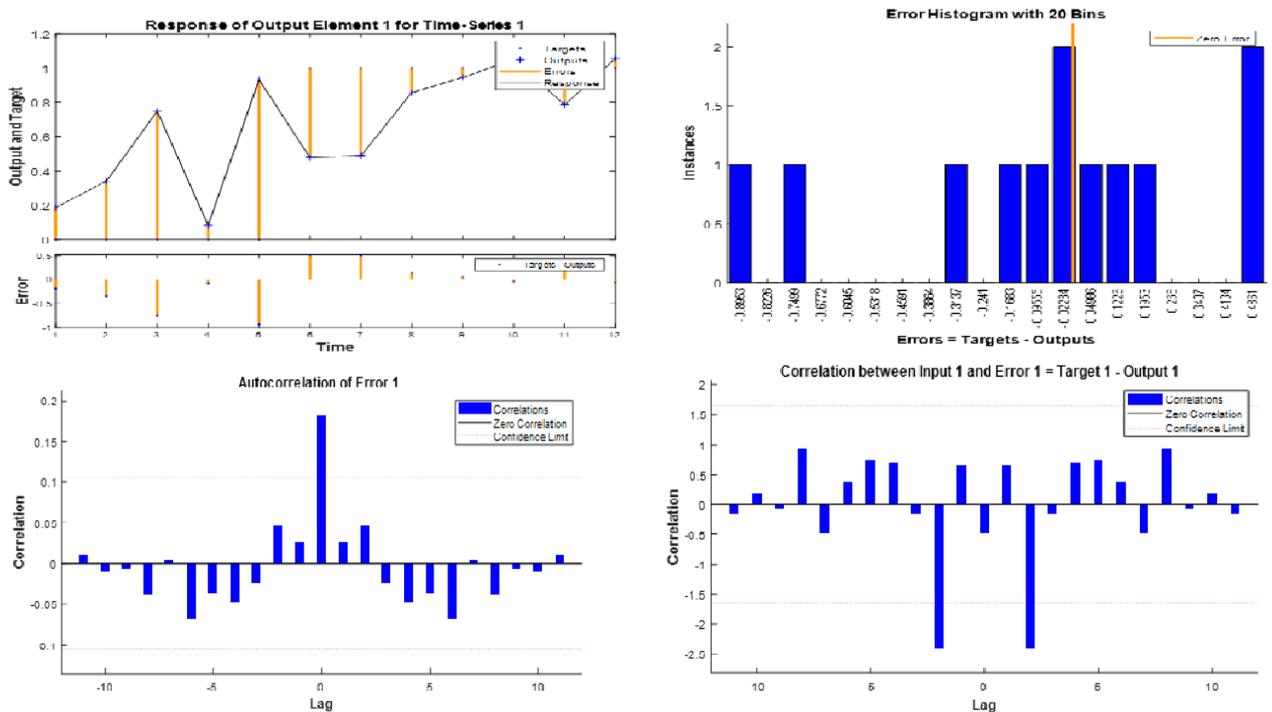


Figure IV.35 : évaluation de la sortie du modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (5)

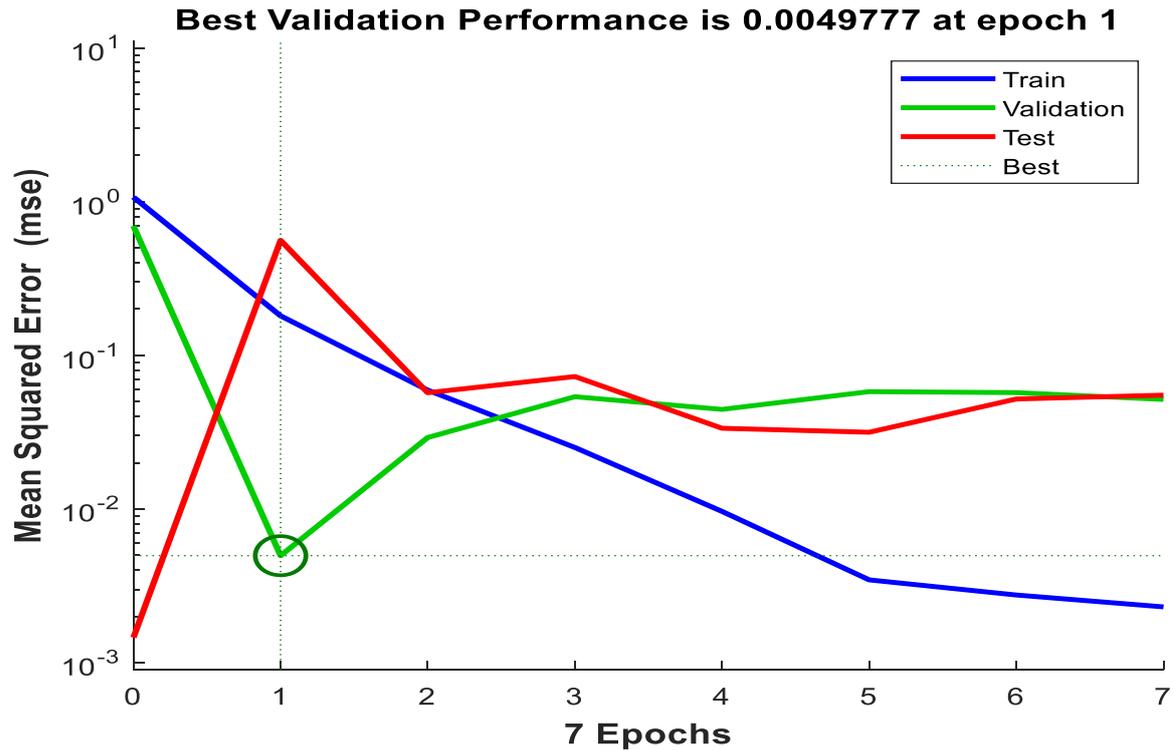


Figure IV.36 : Performance d'apprentissage du Modèle scaled conjugate gradient pour l'essai (5)

L'interprétation des graphes :

D'après les 5 essais qu'on a traités dans le troisième modèle (**scaled conjugate gradient**), nous avons réalisé 2 types de graphes.

Le premier type est le graphe de performance d'apprentissage qui nous a donné la meilleure performance de validation (Best validation performance). Et pour le second type c'est le graphe d'évaluation de la sortie qui consiste dans l'ensemble 4 graphes :

- 1^{ère} graphe représente Targets, Outputs, Errors et Réponse par rapport au temps.
- 2^{ème} graphe représente l'histogramme d'instance par rapport à l'erreurs.
- 3^{ème} graphe exprime autocorrelation of error 1.
- 4^{ème} graphe représente correlation between input 1 and errors 1.

Et à partir de ces graphes nous avons mentionné les valeurs de **Best perf** et de **MSE** dans le **Tableau 3** qui nous ont permis de comparer leurs valeurs avec les autres modèles.

IV.2.10. La comparaison des résultats des modèles :

On va comparer la valeur de **STD** et **MEAN** pour le testing et le training de chaque modèle de ces 3 qui sont dans le tableau sous-dessous.

Tableau IV.4 : la valeur de **STD** et **MEAN** pour le testing et le training de chaque modèle.

Nom de Datta Nom De Modèle	Testing		Training	
	STD	MEAN	STD	MEAN
Lever berg-marquard	0,124	0,256	0,0690	0,0744
bayesian regularization	0,1310	0,0988	0 ,1337	0,0977
scaled conjugate gradient	0,0614	0,0824	0,0320	0,0373

D’après les résultats **Tableau IV.4** des 3 modèles, On a calculé **STD** et **MEAN** de chaque modèle pour le testing et training.

On a choisi le modèle **scaled conjugate gradient** paracerque il est plus stable et précise par apport aux autres modèles.

IV.3. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons utilisé les modèles d’intelligence artificiel pour détecter l’état de la pompe en mode marche.

Les résultats obtenus montrent l’efficacité du modèle scaled conjugate gradient dans notre étude.

Conclusion Générale :

L'analyse des défaillances regroupe plusieurs méthodes et techniques, parmi lesquelles la méthode vibratoire, qui consiste une technique d'analyse très importante dans le développement fonctionnel des machines tournantes, pour ceci nous avons effectué un stage au niveau de SONALGAZ ce qui nous a permis d'approfondir et d'évaluer nos connaissances théoriques dans le domaine pratique et d'avoir surtout les idées sur les problèmes concrets de l'industrie algérienne. Ainsi, il nous a donné l'opportunité de :

- Savoir réellement ce que veut dire la structuration du service entretien.
- Apprendre à chercher dans la documentation du constructeur et constituer d'un dossier technique.
- Savoir l'importance de service maintenance dans une entreprise de production.

La maintenance conditionnelle appliquée aux pompes à eau de mer CWP repose essentiellement sur l'analyse vibratoire, cadre dans lequel s'est axée notre étude et plus exactement sur les pompes à refroidissement, les plus importantes de la centrale électrique de Cap-Djinet, du fait de l'importance de cet équipement dans le cycle de production.

Les progrès réalisés dans la conception et la fabrication des machines ont donné jour à des machines de plus en plus performantes. Leur puissance massique étant en constante augmentation, elles doivent traverser plusieurs vitesses critiques en montée en vitesse et en ralentissement.

Les inévitables défauts d'usinage et de montage provoquent alors des problèmes vibratoires importants. Les industriels constructeurs et exploitants cherchent à les éliminer pour augmenter la durée de vie des équipements de la pompe pour optimiser leurs rendements et pour assurer leur régularité de fonctionnement.

Des problèmes vibration les plus importants est dû aux Balourds qui provoquent des vibrations généralement synchrones. Un Balourd correspond à un déséquilibre du rotor du fait de la non-coïncidence de l'axe principale d'inertie et du centre d'inertie avec l'axe de rotation.

Le choix de l'analyse vibratoire pour la détection et l'équilibrage de système de machines tournantes a connu un grand succès le plus répandu comparativement à d'autres techniques, concernant sa grande précision, qui dispose de plusieurs logiciels de détection et traitement dans notre étude expérimentale, qu'on confirme théoriquement par la suite.

Annexes

Annexe A

1. La surveillance :

1.1. Définition :

Le but de la surveillance est de suivre l'évolution d'une machine par comparaison des relevés successifs de ses vibrations. Une tendance à la hausse de certains indicateurs par rapport à des valeurs de référence, constituant la signature, alerte généralement le technicien sur un dysfonctionnement probable. Idéalement, la signature est établie à partir d'une première campagne de mesures sur la machine neuve ou révisée.

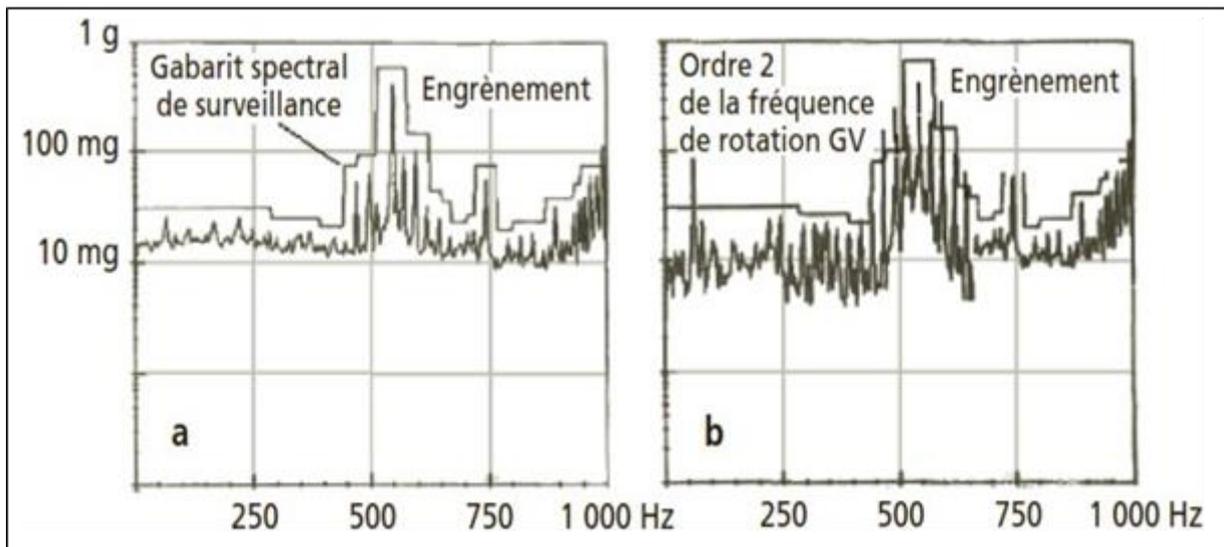


Figure : Surveillance par suivi d'évolution spectrale avec déclenchement d'alarme par dépassement de gabarit

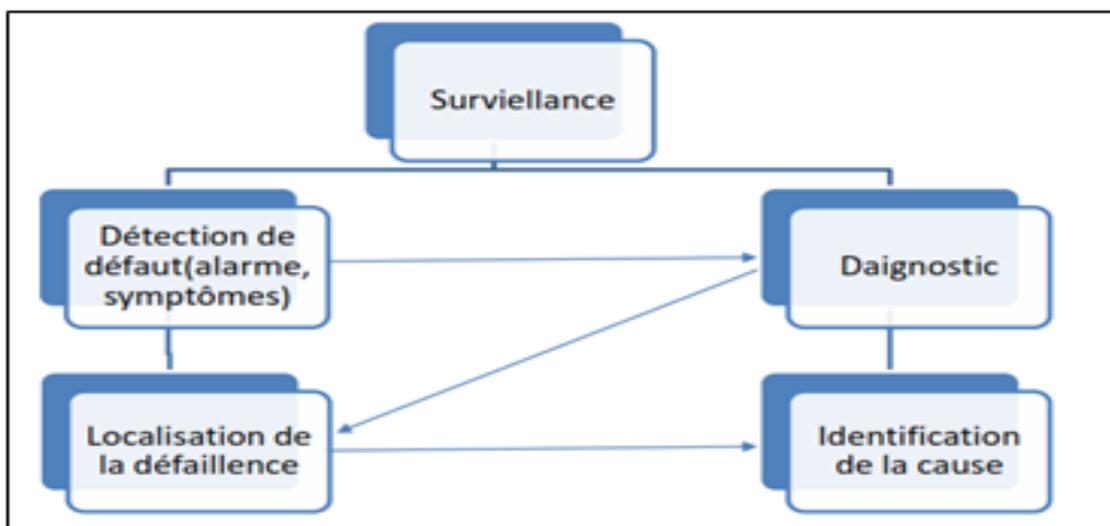


Figure : Fonctionnement de surveillance

1.2. Choix du type surveillance :

Ce choix peut être facilité par l'utilisation de l'algorithme présente en **Figure sous-dessous**. Une fois la fréquence des contrôles définis, les machines ayant la même périodicité de mesures sont généralement regroupées dans une « route de collecte » et placées dans l'ordre logique du parcours de la visite.

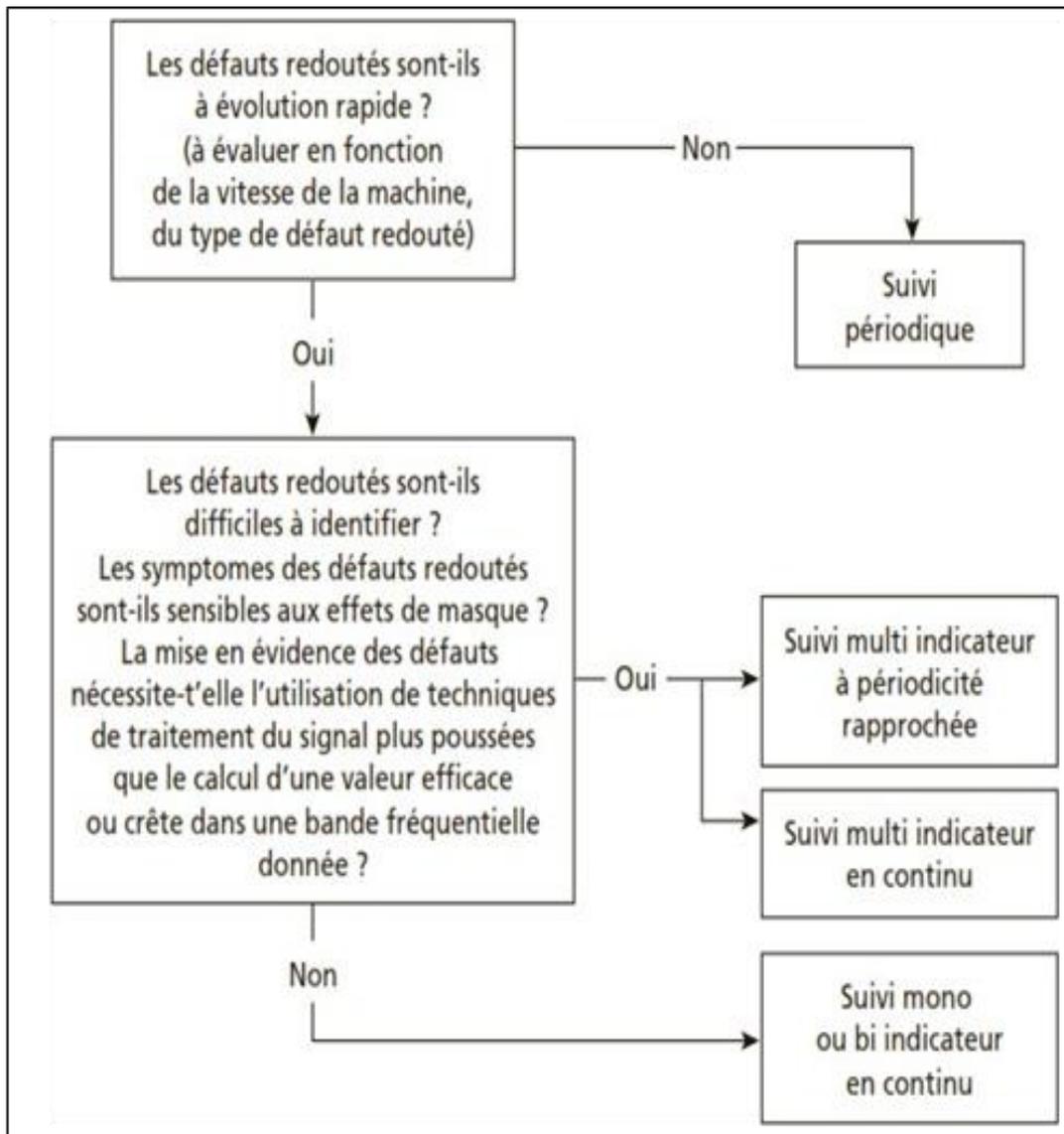


Figure : Algorithme décisionnel du choix du mode de la surveillance

1.3. Type de surveillance vibratoire :

Il existe deux types de surveillance vibratoire, ON-LINE donc les capteurs sont installés sur la machine et OFF-LINE dans ce cas le mesure se fait manuellement avec les collecteurs (analyseurs).

1.3.1. La surveillance en continu « ON LINE » :

Le système de surveillance ON-LINE est l'ensemble des capteurs qui installé à demeure sur la machine à survie, en générale les résultat obtenu par capteurs établer dans en salle de control, cette méthode n'analyse pas l'évolution on la tendance de défaut considéré, mais alerte si le défaut dépasse le seuil prédéterminé.

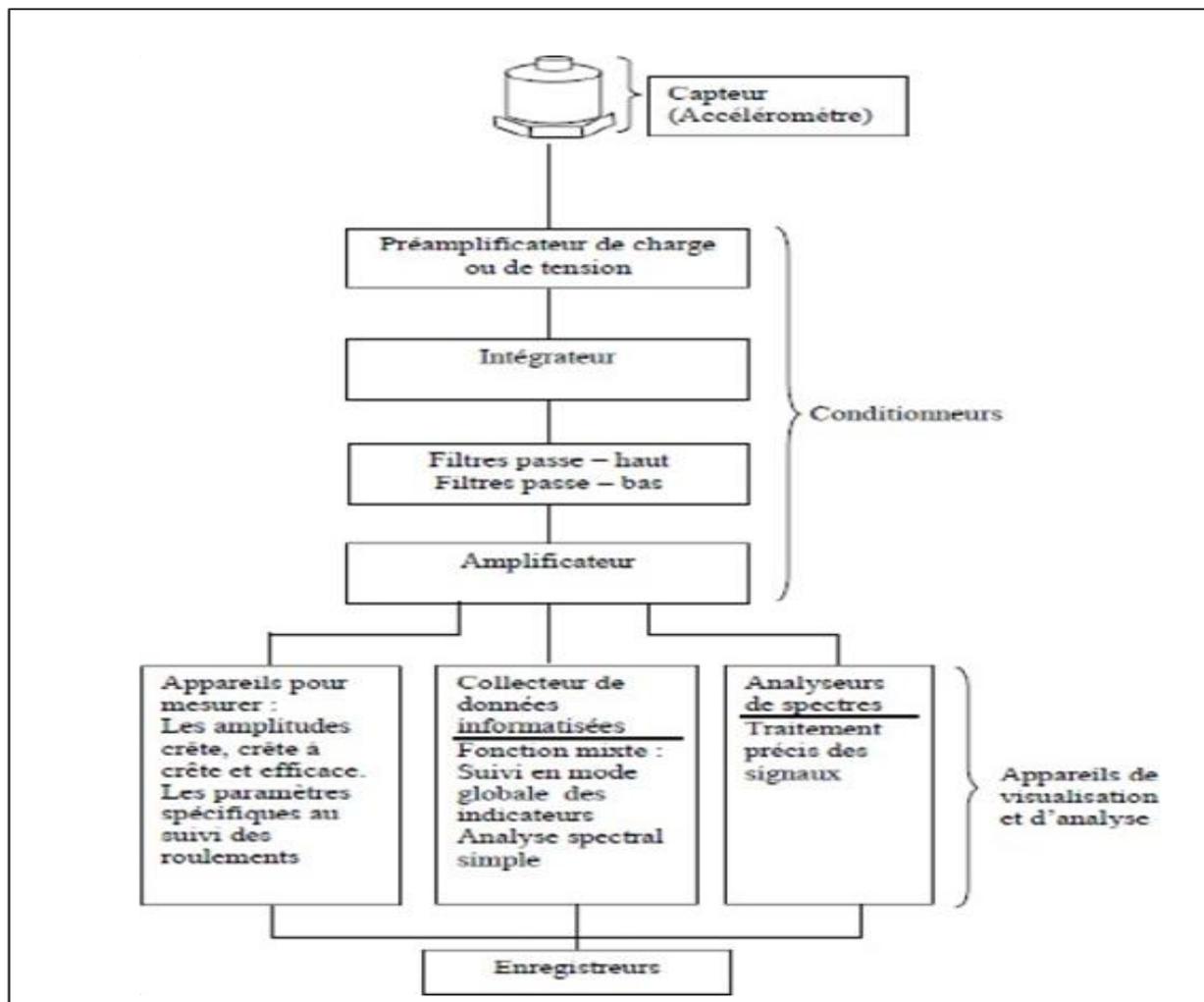


Figure : La chaîne de mesure vibratoire ON- LINE

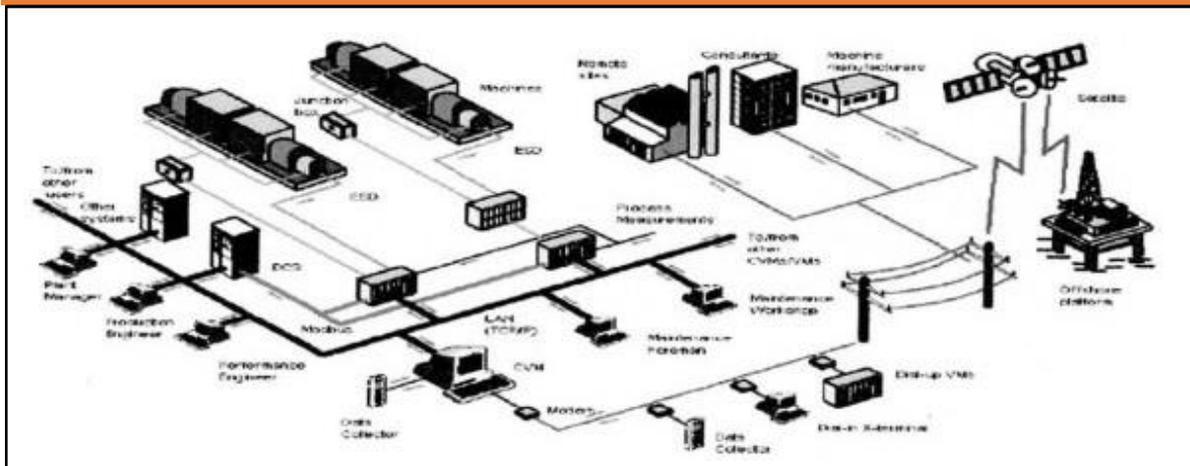


Figure : La surveillance Online

1.3.2. La surveillance périodique « OFF-LINE » :

Les résultats obtenus à partir des mesures effectuées à des intervalles de temps régulier (périodiquement) par des gens qui maîtrise le système portable de plus en plus fréquemment informatisée, dans ce système de surveillance un seul technicien capable d'enregistré précisément les paramètres désirés pour un grand nombre des machines. Cette méthode donne un avantage dans l'aspect économique (minimum de temps et faible coût), par ce qu'un seul capteur placé sur l'outil de mesure est suffi.

Au début, on charge l'outil de mesure (ONE PROD XPR-300) par tous les donner que n'a besoin de faire après en vas partir au site (machine concerné) on fait les mesures après on va retourner à la salle pour décharger les données et transférer à un microordinateur permettant au responsable de maintenance de les stocker et analyser. La périodicité des contrôles est déterminée en fonction :

- Du nombre de machines à contrôler
- Du nombre de point de mesure nécessaires
- De la durée d'utilisation de l'installation
- D e s moyens matériels dont dispose le service

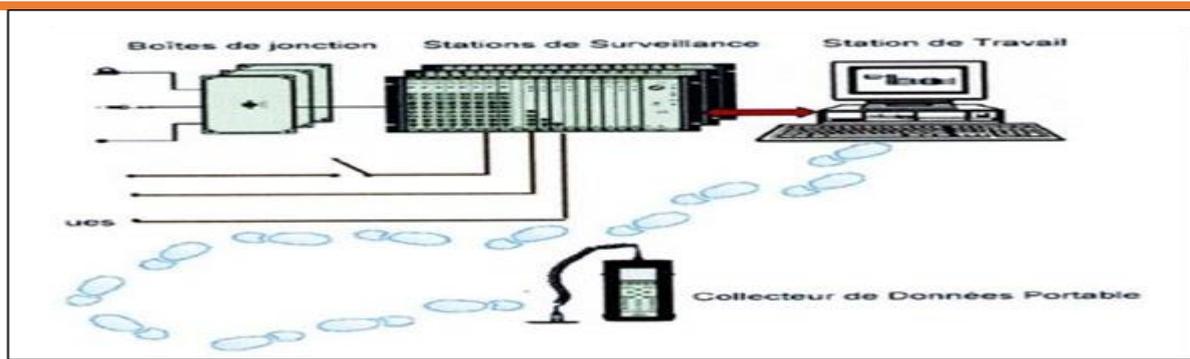


Figure : La surveillance OF-LINE

Annexe B

2. Etude Expérimentale :

2.1. Logiciel de « ON-LINE » VM-773B infiSYS SHINKAWA :

2.1.1. Lanceur de programmes :

Un lanceur de programmes active ou arrête les programmes fournis par le système infiSYS RV-200 pour afficher, configurer et collecter des données. Il gère également la base de données et les informations du système.

En activant infiSYS View Station, le lanceur de programmes est automatiquement exécuté.

En actionnant les boutons d'activation des programmes dans le lanceur, vous pouvez activer ou arrêter chaque programme.

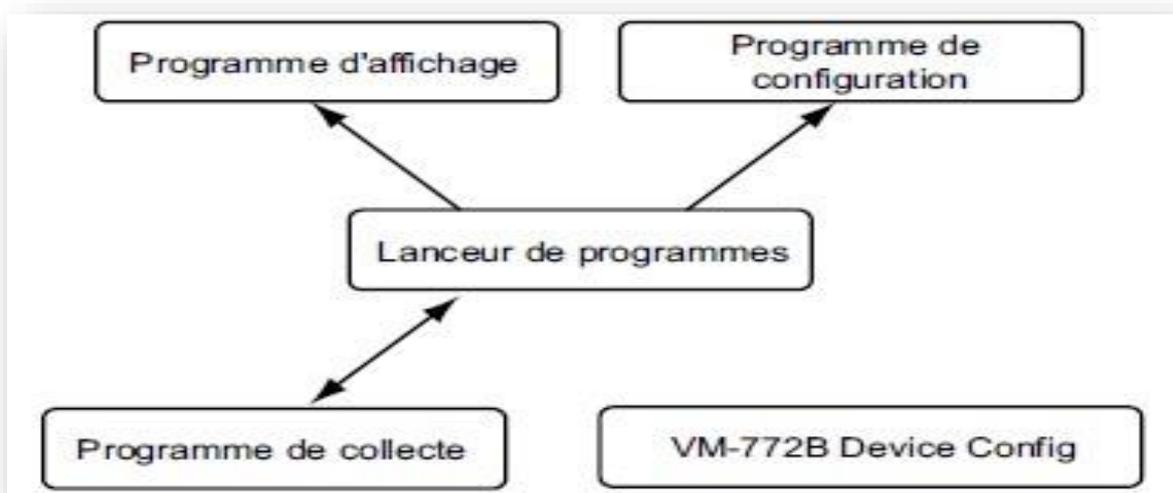


Figure : schéma explicatif de lancement de programme

2.1.2. Programme de collecte :

Le programme de collecte est activé à partir du lanceur de programmes.

Ce programme communique avec les dispositifs de surveillance et analyseurs connectés à infiSYS View Station selon les informations concernant le périphérique, enregistré dans le programme d'installation. Il recueille également des données sur les tendances et les formes d'ondes, et les enregistre dans la base de données.

2.1.3. Programme d'affichage :

Le programme d'affichage est activé à partir du lanceur de programmes.

Ce programme affiche les données en temps réel, ainsi que les données de tendance et de formes d'ondes, stockées dans la base de données sous forme de liste, d'un train de machine ou de différents graphiques d'analyse. Des exemples de graphiques et tableaux, pouvant être affichés, sont montrés ci-dessous.

Exemples de graphiques

- Tracé de tendance
- Histogramme
- Tracé de forme d'onde, Tracé du spectre, Tracé d'orbite & de forme d'onde
- Courbe polaire, Diagramme de Bode, Tracé du centre de l'axe

Exemples de listes

- Liste des valeurs actuelles
- Historique des événements

Pour plus de renseignements sur chaque type de listes et graphiques, ainsi que leur utilisation, voir « Manuel d'utilisation : Guide d'analyse ».

2.1.4. Programme de configuration :

Le programme de configuration est activé à partir du lanceur de programmes.

Ce programme définit les informations fournies par les périphériques (dispositifs de surveillance et analyseurs de SHINKAWA Sensor Technology), ainsi que des machines tournantes à surveiller. Il gère plusieurs périphériques en important un fichier de paramètres créé avec Device Config, comme décrit plus loin dans ce chapitre.

Il crée également des images en 3D de turbines et d'alternateurs, ce qui permet une excellente visibilité.

Pour plus de renseignements sur le programme de configuration et son utilisation, voir « Manuel d'utilisation : Guide des paramètres ».

2.1.5. VM-772B Device Config :

Device Config VM-772B gère et ajuste les paramètres de périphériques (dispositifs de surveillance et analyseurs de SHINKAWA Sensor Technology).

infiSYS Analysis View VM-773B et Device Config VM-772B sont des logiciels différents. Toutefois, vous pouvez les installer dans infiSYS View Station.

Pour plus de renseignements sur Device Config VM-772B et son utilisation, voir « Manuel d'utilisation de Device Config ».

Seuil limite :

Nous transmettons ci-joint les valeurs limites actuelles de tous les paramètres mesurés par le système ON-LINE.

Tableau : Les seuils limites

DESIGNATION	ALARME	DECLENCHEMENT
Vibrations absolues paliers turbines	35µm	45µm
Vibrations absolues paliers alternateur et excitatrice	50µm	70µm
Vibrations absolues arbre (relative arbre + absolue palier)	120µm	200µm

✚ Montage des capteurs :

Pour les capteurs sans contact pour la mesure des vibrations relatives d'arbres :

- ❖ Direction de visée du côté d'entraînement vers le côté de sortie.
- ❖ Les capteurs sans contact de déplacement sont à installer de préférence de moins de 45° du centre.
- ❖ Le capteur pour la direction de mesure "X" se trouvant à droite du centre.
- ❖ Le capteur pour la direction de mesure Y se trouvant à gauche du centre.
- ❖ Le sens de rotation de l'arbre n'est pas considéré.

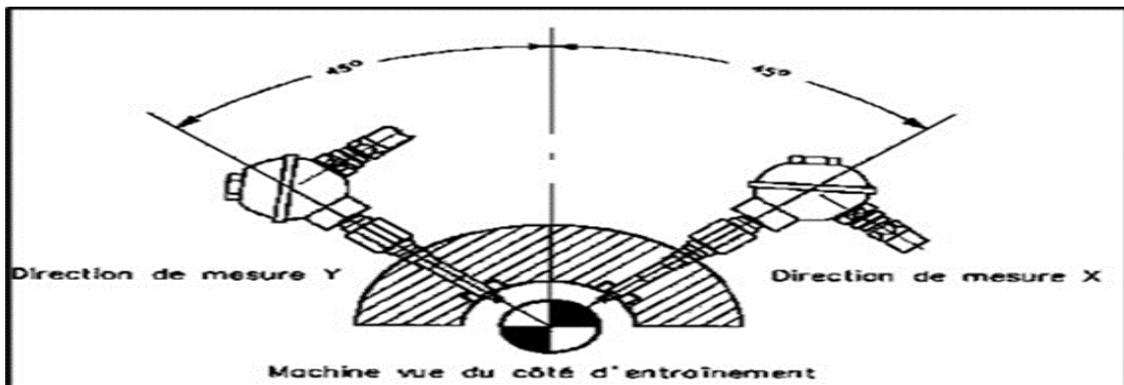


Figure : Montage des sondes de proximités

2.2. Logiciel de « OFF-LINE » OneprodXPR -300 :

➤ Fonctionnement « OFF-LINE » :

Le service DIAGNOSTIC MACHINES de la centrale thermique de Cap- Djinet utilise un système appelé « OneprodXPR -300 » pour la maintenance prédictive et d'analyse vibratoire (détections des défauts des machines tournantes à traverses les vibrations). Ces systèmes sont composés d'un collecteur de données appelé « Movibac EX », qui permet de faire l'acquisition du signal vibratoire généré par les vibrations d'une machine. Les données acquises stockées dans la carte PCMCIA seront transmises, ver le logiciel « OneprodXPR - 300 » qui fait le traitement du signal et l'analyse des tendances.

2.2.1. Capteurs utilisés :

Les capteurs sont du type de proximité pour la mesure :

- ❖ Des vibrations relatives.
- ❖ De la référence de phase.
- ❖ De position axiale.

La mesure de la vibration relative sera assurée à l'aide de deux capteurs disposés dans un plan de 90° l'un par rapport à l'autre, suivant la norme ISO 7919, sur le couver du palier. Les supports existent et sont disposées dans un plan de 90° l'un par rapport à l'autre.



Figure : Accéléromètre

Pour le système « OFF-LINE » les mesures de vibration sont effectuées sur chaque points de trois direction (axiale, horizontales et radiale).

➤ **Consignes pour la fixation des capteurs :**

L'emplacement des points de mesure doit être propre (pas de traces de graisse ou dépeinture) et les surfaces de contact avec les capteurs lisses, planes et perpendiculaires à la direction de mesure **Figure sous-dessous**.

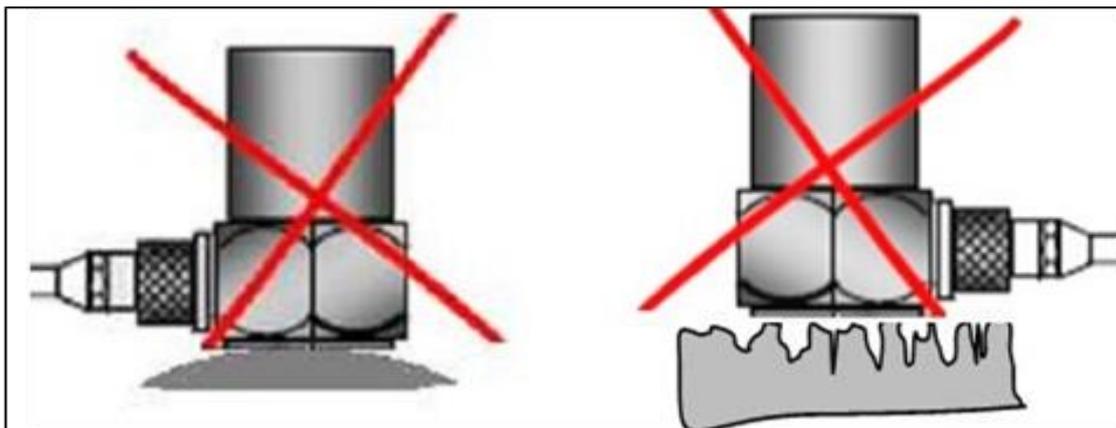


Figure : Les surfaces de contact avec les capteurs doivent être lisses et planes

Les capteurs doivent être places en liaison aussi directe que possible avec les paliers, en limitant au strict minimum le nombre de pièces assurant l'interface entre l'élément mobile et le capteur **Figure sous-dessous**.

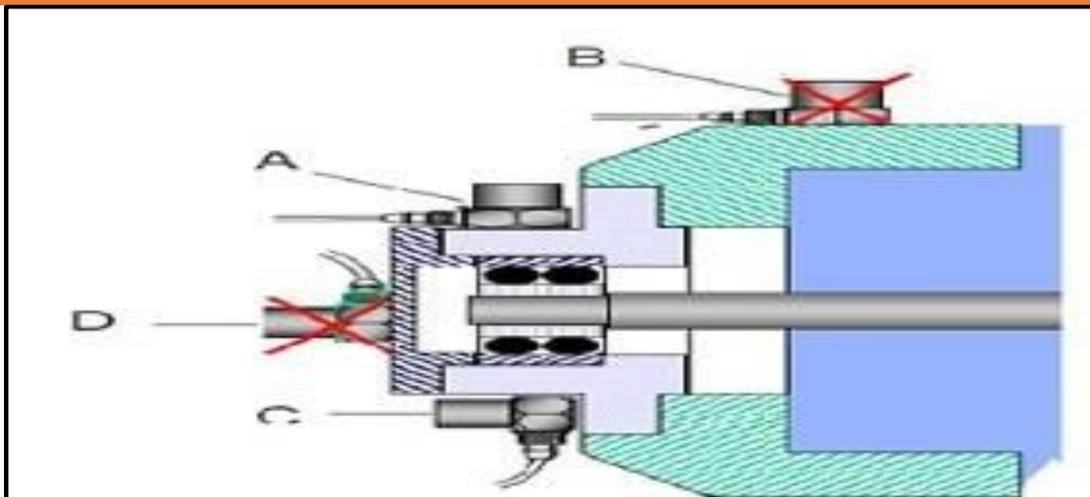


Figure : Choix de l'emplacement du capteur

2.3. Logiciel de « ON-LINE » VIBROCAM 5000 :

Le VIBROCAM 5000 se compose de 3 parties principales :

- L'unité d'acquisition de données VIBRODAU 5000
- Le progiciel VIBROEXPERT CM-500
- Le calculateur de diagnostic, un PC standard et une imprimante couleur

Le système de base peut être complété par une horloge radio commandée, un modem ou une carte réseau avec les softs concernés. Un nombre quelconque de VIBROCAM 5000 peut être mis en réseau avec une salle de contrôle ou être utilisé à partir d'un lieu décentralisé.

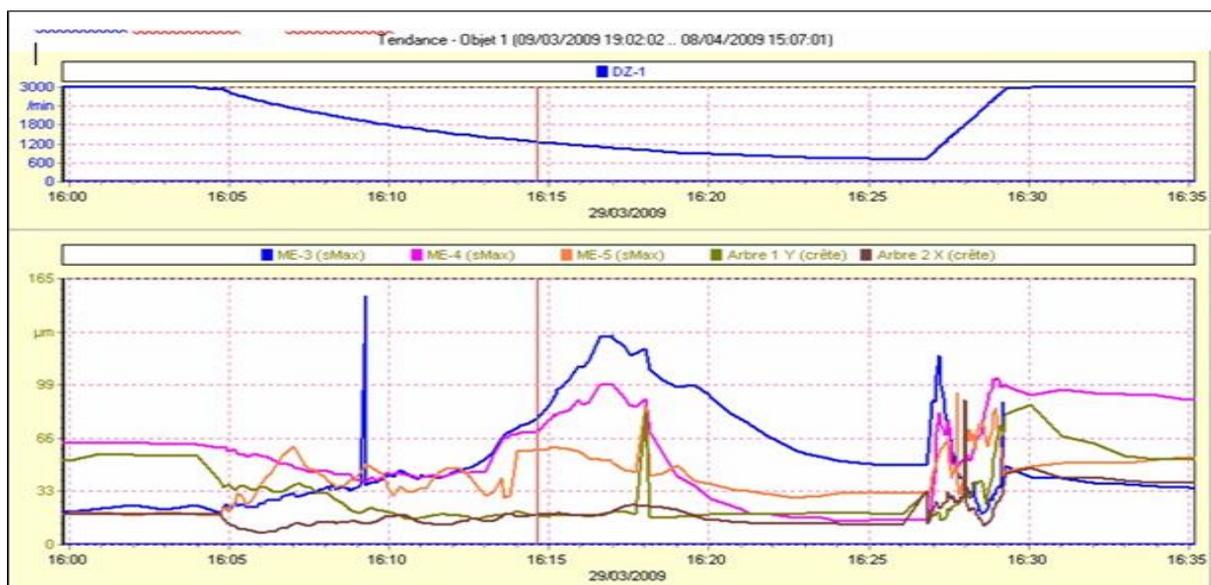
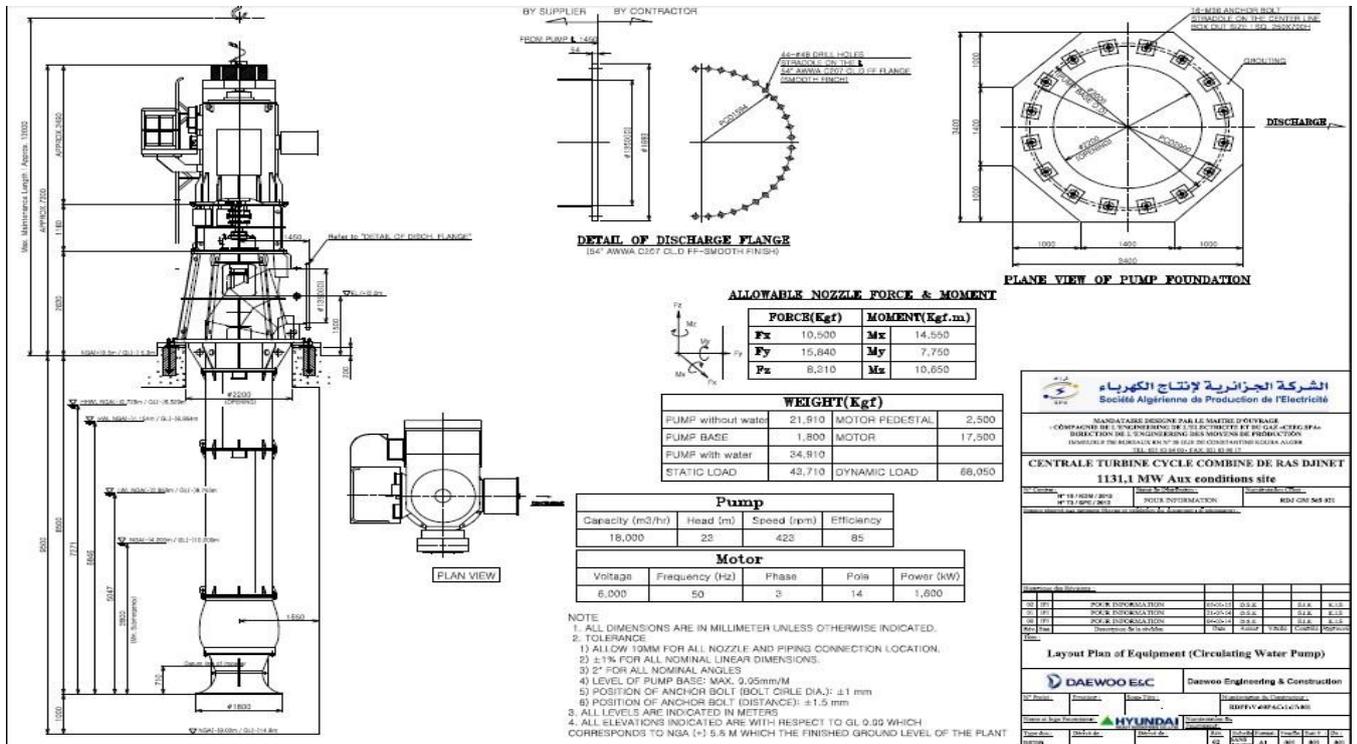


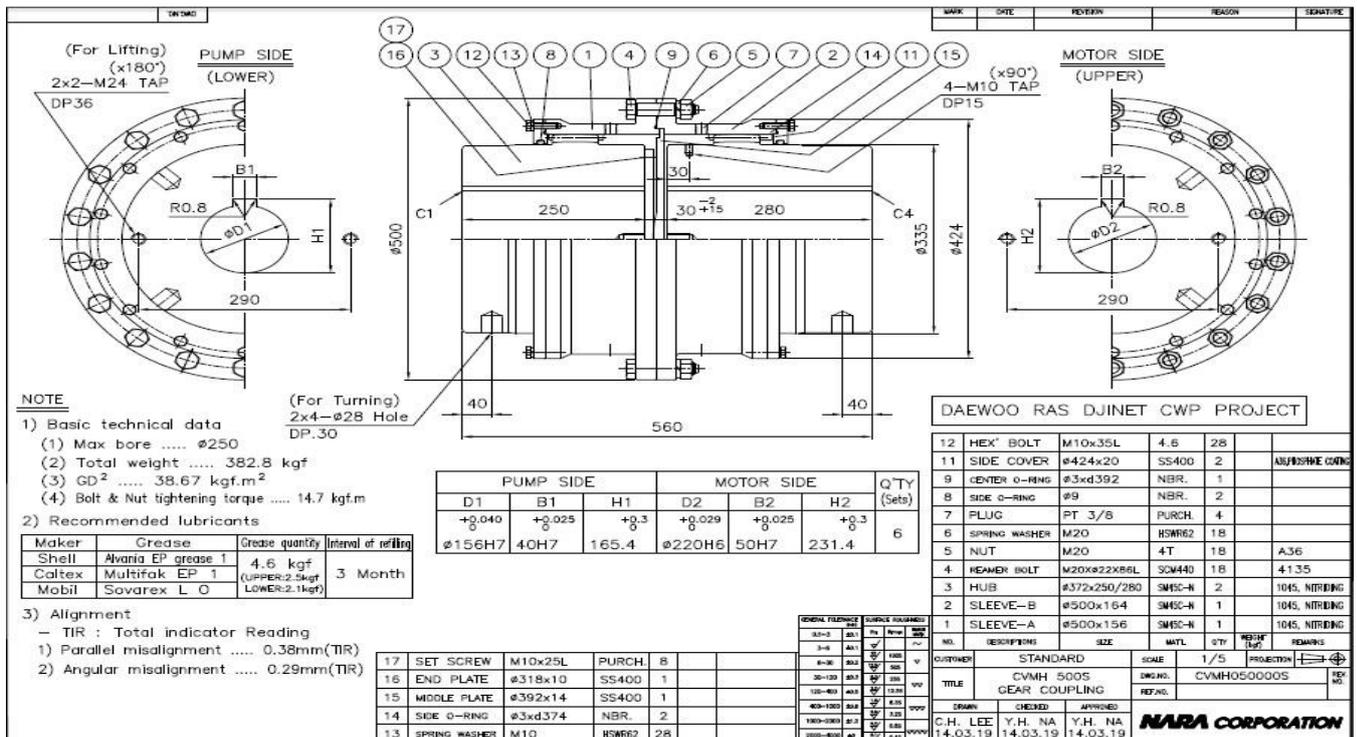
Figure : Tendance vibratoire du GTA par surveillance ONLINE

Annexe C

3. Plan d'aménagement de l'Équipement (Pompe à Eau de mer) CWP :



4. Dessin d'accouplement d'engrenage pour CWP :



Bibliographie

- [1] : www.techno-science.net
- [2] : documentation SONELGAZ
- [3] : KWU. Service de formation professionnelle (Manuels technique Cap-DJENIT)
- [4] : documentation, CYCLE COMBINE A RAS DJINET, Aspects généraux de la centrale électrique, description générale de l'usine CCPP.
- [5] : documentation, CYCLE COMBINE A RAS DJINET, Aspects généraux de la centrale électrique, composants mécaniques majeurs.
- [6] : RDJ GM 550 039 _Rev.04_ Spécification technique - Système d'eau de refroidissement
- [7] : RDPP-V-00PAC-1-92-001_IFI_01_Operation and Maintenance Manual for CWP - DP_Vendor Revision (E)_1
- [8] : RDPP-V-00PAC-1-92-001_IFI_01_Operation and Maintenance Manual for CWP - DP_Vendor Revision (E)_1
- [9] : RDPP-V-00PAC-1-75-005_IFI_00_Performance Curve for CWP_English Revision_2_01
- [10] : RDPP-V-00PAC-1-30-001_IFI_00c_Specification and Drawing for Motor for CWP - DP_Vendor Revision (E)_1_01
- [11] : Fiche Internet. Cyber net (centre culturel de boumerdes et Wifi de la fac)
- [12] : Association Française de Normalisation (AFNOR), “Norme X 60-010 : Maintenance industrielle”, 2002
- [13] : DJEBILI Omar, “Contribution à la maintenance prédictive par analyse vibratoire des composants mécaniques tournants. Application aux butées à billes soumises à la fatigue de contact de roulement.”, thèse de doctorat en génie mécanique, Université de Reims champagne Ardenne, septembre 2013.
- [14] : Cours A. BELHOMME, “stratégie de maintenance”, 2010/2011.
- [15] : DJEBILI Omar, “Contribution à la maintenance prédictive par analyse vibratoire des composants mécaniques tournants. Application aux butées à billes soumises à la fatigue de contact de roulement.”, thèse de doctorat en génie mécanique, Université de Reims champagne Ardenne, septembre 2013.
- [16] : Documentation de Centrale CAP-DJINET equipment principal “alternateur”.
- [17] : Cours “Analyse vibratoire”, Scribd, <https://fr.scribd.com/doc/47362245/1-3> 12.30 h ,20/03/2019.
- [18] : RECHEDI Omar et DJELOUABI Amar, “Analyse Vibratoire de comportement dynamique du groupe turbo alternateur ”, université M’hamed Bougara De Boumerdes.

Bibliographie

- [19] : Livre, DATA ANALYSIS PRODUCTS, Maintenance basée sur la fiabilité (introduction à l'Analyse vibratoire, 1994. Révision en 1997.
- [20] : Mr. CHELLIL-Sadet et Mr. HAMZAOUI Salah, "Surveillance d'un système tournant Application au Groupe Turboalternateur" de la Centrale de Cap Djinet, Université M'hamed Bougara De Boumerdes, document centrale Cap -Djinet.
- [21] : Introduction aux Vibrations Mécaniques - ouargla.dz -
(<https://elearn.univ-ouargla.dz/.../courses/.../Introductions%20aux%20Vibrations%20M>).
- [22] : Livre Marc Thomas, "Fiabilité, maintenance prédictive et vibration des machines (détection de défaillance de machine par surveillance vibratoire)".
- [23] : Livre BOULENGER Alain et, CHRISTIAN Pachaud, "surveillance des machines par analyse des vibration)", paris,2009.
- [24] : BELKHIR et BEN-SACI, "La maintenance des équipements par l'analyse vibratoire, Université KASDI Marbah OURGLA", 2015 / 2016.
- [25] : Documentation de Centrale CAP-DJINET Equipment principal " générateur de vapeur " et logiciel de maintenance prédictive et d'analyse vibratoire "OneprodXPR - 300".
- [26] : Documentation de Centrale CAP-DJINET equipment principal "poste d'eau".
- [27] : Documentation de Centrale CAP-DJINET equipment principal "turbine".
- [28] : Documentation de Centrale CAP-DJINET equipment principal "alternateur".
- [29] : RAHMI Fahim et HAMAD Makhelouf, "Suivi et analyse vibratoire du groupe turbo-alternateur par le système ON-LINE", (2006/2007).
- [30] : CERG, Cours de formation en hydraulique. Le CERG est une société (SAS) maintenant indépendante mais qui a longtemps fait partie d'Alstom Power.
- [31] : <http://www.maxicours.com/se/fiche/7/6/129776.html>,13/04/2019 à 23h30 min.
- [32] : Référence internet : http://www.wontu.fr/COURS/CHAP-5_POMPES.pdf
- [33] : ABED, les pompes, cours de techno-spécialité 3eme année mécanique automatisme, Faculté des sciences de l'ingénieur, département génie mécanique Boumerdes 2008.
- [34] : BOUDJATIT. A, BOURKEB. A, les pompes centrifuges, mini projet, institut algérienne de pétrole, Boumerdes 2004.
- [35] : Intelligence artificielle : définition, généralités, historiques, domaines.pdf
- [36] : Boris Barraud. L'intelligence de l'intelligence artificielle. Boris Barraud. L'intelligence artificielle – Dans toutes ses dimensions, L'Harmattan, 2019.
- [37] : .J. Ah-Pine (Univ-Lyon 2) Apprentissage automatique M2 DM 2019/2020 8 / 359

Bibliographie

[38] : Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (2002). A non-random walk down Wall Street. Princeton University Press.

[39]: Boudheb Tarik. 2018/2019.privacy Preserving Classification of Biomedical Data. Université Djillali Liabes faculté des sciences exactes Sidi Bel Abbes. Page 32