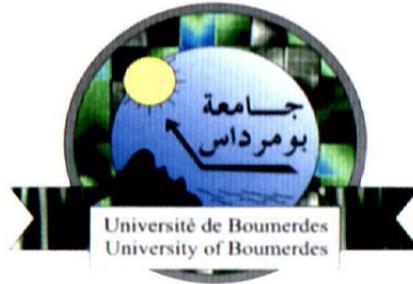


RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

MEMOIRE DE MASTER

Filière : ELECTROMECANIQUE
Spécialité : ELECTROMECANIQUE

THEME

*Analyse vibratoire d'une pompe d'eau de mer VC
(Centrale thermique de RAS-DJINET)*

Présenté par :

Abdelkarim Rahmouni

Promoteur :

Mme. Bahloul Hassiba

Encadreur :

M^r. Khelifa laimeche

Promotion 2021 – 2022

Remerciement

Mes remerciements vont tout premièrement à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donnée durant toutes ces longues années.

*A mon Enseignant
Madame. BAHLOUL H.*

J'ai eu l'honneur d'être parmi vos élèves et de bénéficier de votre riche enseignement. Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour moi un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité mon admiration. Veuillez bien Madame recevoir mes remerciements pour le grand honneur que vous m'avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

*A Mon Encadreur
Monsieur. KHELIFA LAIMECHE*

Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité mon profond respect. Je vous remercie pour votre accueil et vos conseils. Veuillez trouver ici, l'expression de mes gratitude et de ma grande estime.

Dédicace

Je dédie cette thèse à :

A ma très chères mère et grand-mère

Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte.

Je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de longs mois de distance de votre amour de votre tendresse, de longs jours d'apprentissage.

Loinne de vous, votre soutien et votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie.

Et j'ai toujours pensé faire ou offrir quelque chose à parentes en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti des efforts rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et la reconnaissance.

A ma très chère mère et grand-mère

A Mon frère a ma sœur

A toutes mes familles

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Remerciement.....	2
Dédicace	3
LISTE DES TABLEAUX	10
LISTE DES FIGURES	10
Introduction générale.....	I
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA CENTRE THERMIQUE CAP DJINET	3
I. Introduction	3
I.1 Présentation du lieu de stage	3
I.1.1 Historique de la centrale de CAP-DJINET	3
I.1.2 Position de site de la centrale de CAP-DJINET	3
I.1.3 Présentation de la centrale de CAP-DJINET.....	4
I.2 Réalisation de la centrale de CAP-DJINET	4
I.2.1 Les étapes de création de la centrale	4
I.2.2 Réalisation de la centrale.....	4
I.2.3 Mise en service de la centrale.....	5
I.3 Taux de production de la centrale de CAP-DJINET.....	5
I.4 Rôle de la centrale thermique de CAP-DJINET	5
I.5 Les équipements principaux dans la centrale.....	6
I.5.1 Poste d'eau	6
I.5.1.1 Un condenseur (source froide).....	6
I.5.1.2 La bêche alimentaire	7
I.5.1.3 Les pompes alimentaires.....	7
I.5.1.4 Les pompes d'extraction.....	8
I.5.1.5 Les réchauffeurs bas pression (BP) et haute Pression (HP).....	8
I.5.2 La chaudière (générateur de vapeur, source chaude).....	9
I.5.3 La turbine à vapeur	11
I.5.3.1 Définition	11
I.5.3.2 Description des corps HP, MP, BP	11
I.5.4 L'alternateur	14
I.5.5 Transformateur	15
I.6 Les auxiliaires (accessoires commun).....	16
I.6.1 Station de pompage	16
I.6.2 Station de dessalement de l'eau mer	16

I.6.3 Station de déminéralisation	16
I.6.4 Une station de production d'hydrogène	16
I.6.5 Un poste de détente de gaz et transfert fuel.....	16
I.6.6 Salle de commande centralisée.....	16
I.7 Principe de fonctionnement de la centrale thermique de CAP-DJINET.....	17
I.8 Évacuation de l'énergie	19
Conclusion.....	20
CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES POMPRE	21
II.1. Introduction :.....	21
II.2. La pompe :	21
II.3. Classification des pompes [4]	22
II.4. Les différents types des pompes	23
II.4.1. Typologies des pompes	23
II.4.2. Les types des pompes.....	23
II.4.3. Pompes volumétriques	23
II.4.3.1. Pompe rotative – volumétrique :	23
II.4.3.2 Pompe alternative – volumétrique :.....	28
II.4.4 Turbopompe	32
II.4.4.1 Pompe rotative – axiale :	32
II.4.4.2 Pompe rotative – centrifuge :.....	33
II.4.4.3. Pompe Hélico-centrifuge :.....	35
II.4.4.4. Le principe de fonctionnement des turbopompes.....	35
II.4.4.5. Avantages et inconvénients des turbopompes :.....	35
II.4.5. La pompe alimentaire.....	36
II.4.5.1. Rôle de la pompe alimentaire.....	37
II.4.5.2. Constitution de la pompe alimentaire	37
II.4.5.3. Principe de fonctionnement d'une pompe alimentaire	38
II.4.6. La pompe nourricière	38
II.4.6.1. Principe de fonctionnement.....	39
II.5. Conclusion :	40
III.1. Introduction	41
III.2. Définition de la maintenance conditionnelle :.....	42
III.3 Différentes méthodes de diagnostic comme utile de maintenance.....	43
III.3.1 Diagnostic vibratoire.....	43
Introduction :.....	43

III.3.1.1 Définition d'une vibration.....	43
III.3.1.1.1 Approche intuitive.....	44
III.3.1.2 Les vibrations	45
III.3.1.3 Définition théorique d'une vibration.....	45
III.3.1.4 Descriptions des vibrations	47
III.3.1.5 Amplitude et fréquence	48
III.3.2 Diagnostic des huiles	49
Conclusion :.....	53
III.3.3 Diagnostic par l'analyse thermique	53
Introduction	53
III.3.3.1 Mesure de température par contact	53
III.3.3.2 Mesure de température sans contact.....	54
III.4 Les principaux défauts des machines tournants :	54
III.4.1 Introduction :.....	54
III.4.2 Reconnaissance des principales anomalies [17]	54
III.4.3. Principaux défauts dans les machines tournantes :	55
III.4.3.1 Déséquilibre - Défaut de balourd [18] :	55
III.4.3.2 Défaut d'alignement-flexion du rotor :	57
III.4.3.3 Défaut de paliers lisses [19] :	58
III.4.3.4 Défauts spécifiques aux turbines :	59
III.4.3.5 Défauts de transmission par courroies :	61
III.4.3.6 Défauts des roulements :	62
III.5 Introduction au partie expérimentale :.....	65
III.5.1. Les normes de surveillance :.....	65
III.5.1.1 Vibration relative selon la Norme ISO 7919-4 :	66
III.5.1.2. Vibrations Absolues selon la Norme ISO10816-4 :	66
III.6. Conclusion :.....	67
IV. CHAPITRE IV : ETUDE TECHNOLOGIQUE DE LA POMPE DE CIRCULATION D'EAU DE MER (VC)	68
IV.1. Introduction	68
IV.2. But de la pompe de circulation d'eau de mer.....	68
IV.3. Caractéristiques de la pompe de circulation d'eau de mer.....	68
IV.4. Constitution de la pompe de circulation d'eau de mer.....	71
IV.4.1. Corps de la pompe	71
IV.4.2. Corps du redresseur	72

IV.4.3. Siège de la couronne	73
IV.4.4. Couronne	73
IV.4.5. Arbre de la pompe	73
IV.4.6. Palier de guide inférieur.....	75
IV.4.7. Palier de guide supérieur	75
IV.4.8. Vanne à papillon	76
IV.4.9. Joint de compensation	77
IV.4.10. Poste de lubrification à eau du palier de guide inférieur	78
IV.4.11. Poste de lubrification à huile du palier de guide supérieur.....	79
IV.5. Partie mécanique	79
IV.5.1. Introduction	79
IV.5.2. Les composent principaux de la pompe de circulation.....	79
IV.6. Parte électrique	83
IV.6.1. Introduction :	83
IV.6.2. Les circuits électriques	83
IV.6.2.1. Nomenclature de circuit électrique	83
IV.6.2.2. Principe de fonctionnement	85
IV.6.2.3. L'arrêt de moteur par protection	85
IV.6.3. Moteur de pompe de circulation (6,3 KV)	86
IV.6.3.1. Plaque signalétique de moteur	87
IV.6.3.2. Description	87
IV.6.3.3. Démarrage du moteur de la pompe	88
IV.6.4. Vanne papillon.....	89
IV.6.4.1. Mise en marche d'un groupe électropompe pour l'ouverture de la vanne papillon	89
IV.6.4.2. Mise en marche d'un groupe électropompe pour le rétablissement de la position	89
IV.6.4.3. Échange automatique des groupes électropompes.....	89
IV.6.5. Quelques organes électriques :	90
IV.6.5.1. Introduction	90
IV.6.5.2. Etude des composants électriques :	90
IV.6.5.3. Type démarrage des moteurs électrique.....	96
IV.7. Parte hydraulique.....	99
IV.7.1. Poste de lubrification du palier combinée supérieur et butée	100
IV.7.1.1. Description	100

IV.7.1.2. Composent du circuit hydraulique	100
IV.7.1.3. Contrôle.....	100
IV.7.2. Poste de lubrification a eau pour support de guide inferieur	103
IV.7.2.1. Le système de lubrification se compose de :.....	103
IV.7.3. Circuit hydraulique	107
IV.7.4. Commande du vérin.....	107
IV.7.4.1. Monte du vérin	107
IV.7.4.2. Descente du vérin.....	108
IV.7.5. Noms et symbole hydraulique	108
IV.7.6. Composent de circuit de commande hydraulique de la Vanne papillon	109
IV.8. Conclusion :.....	111
V. CHAPITRE V : ANALYSE VIBRATOIRE DE LA POMPE VC	112
V.1. But de travail :	112
V.2. Matériel utilisé :.....	112
V.2.1. Analyseur MVP-2C [21] :.....	112
V.2.2 Logiciel de diagnostic et d'analyse XPR-300 [21] :.....	113
V.2.3. Capteur des vibrations :.....	115
V.3. Les point de mesure :.....	116
V.4. Limites vibratoires propose par les normes AFNOR E90-300 :.....	116
V.5. Classification de l'état vibratoire de la pompe de circulation d'eau de mer	117
V.6. Les positions de capteur dans le système « Off ligne » :.....	117
V.7. Défauts et fréquence spécifique de la pompe	118
V.7.1. Mesure de la fréquence	118
V.8. Tendence de mesure	119
V.9. Étude des défauts	121
V.9.1 Comportement avec défaut et sans défauts	121
V.10. Conclusion :.....	124
Conclusion générale	125
BIBLIOGRAPHIQUES	127
Résumé	130

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II- 1: Avantages et inconvénients des différentes pompes. [5].....	27
Tableau II- 2: Les avantages et les inconvénients des pompes à membranes. [8]	29
Tableau II- 3: Les avantages et les inconvénients des pompes à piston. [8]	31
Tableau II- 4 : Avantages et inconvénient des pompes immergées.	32
Tableau II- 5: Avantages et inconvénients des turbopompes.	35
Tableau III- 1: Reconnaissance des défauts.	54
Tableau III- 2: Défauts des roulements.	62
Tableau III- 3: Les fréquences de différents défauts des roulements.	64
Tableau III- 4: Les zones d'évaluation selon des zones.	65
Tableau III- 5: Classement des vibrations selon le danger d'après la Norme ISO 7919-4	66
Tableau III- 6: Classement des vibrations selon le danger d'après la norme ISO 10816-4	66
Tableau IV- 1: nomenclature du schéma d'emplacement de la pompe	69
Tableau IV- 2: nomenclature du chène cinématique	70
Tableau IV- 3: corps de la pompe	72
Tableau IV- 4: symbole de circuit électrique	83
Tableau IV- 5: symbole hydraulique	108
Tableau V- 1: gamme de pompe pour chaque groupe	117
Tableau V- 2: limites vibratoires de la pompe de circulation.....	117
Tableau V- 3: défaut et fréquence spécifique de la pompe	119

LISTE DES FIGURES

Figure II- 1: Typologie des pompes	23
Figure II- 2: Schéma d'une pompe volumétrique rotative	24
Figure II- 3: Pompes à palettes libres. [5]	24
Figure II- 4: Pompes à palettes flexibles. [5].....	25
Figure II- 5: Pompes à engrenages extérieurs	26
Figure II- 6: Pompes péristaltiques. [8]	26
Figure II- 7: Pompe alternative – volumétrique	28
Figure II- 8: Pompes à membranes. [5]	29
Figure II- 9: Principe pompe à piston. [8]	30
Figure II- 10: Pompe à piston à double effet. [8]	31
Figure II- 11: une pompe immergée.	32

Figure II- 12: pompes rotative axiale	33
Figure II- 13: pompes centrifuge	34
Figure II- 14: pompes hélico centrifuge	35
Figure II- 15: pompe alimentaire sur site	37
Figure II- 16: Les composants d'une pompe alimentaire	38
Figure II- 17: la pompe nourricière [6].....	39
Figure III - 1: différente technique de la surveillance des machines tournantes	41
Figure III - 2: Origine du bruit.	44
Figure III - 3: Vibrations périodiques.....	45
Figure III - 4Vibrations d'un système "masse-ressort".....	46
Figure III - 5: Vibration sinusoïdale.....	47
Figure III - 6: Logarithme des vibrations.	48
Figure III - 7: Balourd statique.....	56
Figure III - 8: Balourd De couple.	56
Figure III - 9: image vibratoire d'un défaut de balourd.....	57
Figure III - 10: Désalignement angulaire.	57
Figure III - 11: Désalignement axial (radial).....	58
Figure III - 12: image vibratoire d'un défaut de balourd.....	58
Figure III - 13: les contraintes sur un plan lisse.	59
Figure III - 14: image vibratoire d'un fouettement d'huile Fig. III.16. : image vibratoire d'un tourbillon d'huile	59
Figure III - 15: Image vibratoire du phénomène de turbulence.....	60
Figure III - 16: Défaut et image vibratoire du phénomène de cavitation	61
Figure III - 17: Transmission par courroies.....	62
Figure III - 18: l'image vibratoire d'un défaut d'alignement d'une courroie.....	62
Figure III - 19: Éléments composant un roulement à billes	63
Figure III - 20: Géométrie de roulement.	63
Figure III - 21: Déversement de bague externe.	64
Figure III - 22: Déversement de bague interne.....	64
Figure IV- 1: schéma d'emplacement de la pompe	69
Figure IV- 2Chaîne cinématique de la pompe de circulation.....	70
Figure IV- 3: Arbre de la pompe	74
Figure IV- 4: joint d'accouplement et contre arbre	75
Figure IV- 5: palier de guide inferieur.....	75

Figure IV- 6: palier de guide supérieur	76
Figure IV- 7: vanne papillon	77
Figure IV- 8: joint de compensation.....	78
Figure IV- 9: poste de lubrification a eau.....	78
Figure IV- 10: poste de lubrification à huile	79
Figure IV- 11: moteur de la pompe de circulation	86
Figure IV- 12: coupe de moteur de la pompe de circulation principale	87
Figure IV- 13: Schéma hydraulique de fonctionnement de la vanne papillon	106
Figure IV- 14: Circuit de commande hydraulique de la vanne papillon	107
Figure IV- 15: vérin de la vanne papillon.....	107
Figure V- 1: Analyseur MVP-2C	113
Figure V- 2: Image de l'interface du programme.....	114
Figure V- 3: Accéléromètre ASH201-A.....	115
Figure V- 4: norme de surveillance d'analysé vibratoire AFNOR E90-300 [23]	116
Figure V- 5: Les trois positions de mesures	117
Figure V- 6: directions axiales	Figure V- 7: direction horizontale b.....
Figure V- 8: la direction horizontale a.....	118
Figure V- 9: mesure vibration d'une fausse mesure.....	119
Figure V- 10: spectre d'un bruit dans le palier n°4	120
Figure V- 11: deux spectres représentent les messires vibratoires sans défaut sur le palier N°2	121
Figure V- 12: deux spectres représentent les messires vibratoires sans défaut sur le palie N°1	122
Figure V- 13: spectre représentant défaut vibratoire ou basse fréquence.....	123
Figure V- 14: spectre représentant défaut vibratoire ou haute fréquence.....	123

INTRODUCTION GENERAL

Introduction générale

Le principe de la maintenance conditionnelle consiste, à partir de différentes techniques basées sur la mesure de paramètres physique, tels que : Analyse Vibratoire, Analyse d'huile Analyse thermique, Analyse des particules.

L'analyse vibratoire est la méthode la plus connue et largement employée. Il faut dire qu'elle permet de détecter pratiquement tous les défauts susceptibles d'apparaître dans les machines tournantes. Un Balourd, un jeu, un défaut d'alignement, un roulement...qui engendrent des vibrations. Celles-ci donnent des signaux vibratoires très compliqués. Pour l'analyse des signaux captés par des accéléromètres piézoélectriques qui sont placés sur les paliers de la machine, le plus proche possible de la source du défaut. Ils subissent une série de traitements tels que des analyses spectrales, temporelles et temps fréquence ou temps-échelle, qui nous permettent d'identifier et de localiser le défaut.

Le but de notre travail est d'étudier les comportements vibratoires des machines tournantes et faire le diagnostic de leurs états mécaniques. Dans notre étude pratique, nous disposons de méthode d'acquisition non permanente « off line » des indicateurs d'états les plus importants avec un collecteur de données portable ou un analyseur.

Cette étude a été réaliser selon cinq chapitres :

- Dans le chapitre 1 nous avons présenté la société de CAP DJINAT
- Le deuxième chapitre nous avons parle sue les défèrent types des pompes hydrauliques
- Le troisième chapitre sera consacré à des généralités sur les types de diagnostic de la maintenance
- Le quatrième chapitre est destiné à une étude technique de la pompe de circulation VC
- Ainsi le cinquième chapitre est consacré à l'analyse vibratoire de la pompe VC

CHAPITRE I
PRESENTATION DE LA
CENTRE THERMIQUE
CAP DJINET

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA CENTRE THERMIQUE CAP DJINET

I. Introduction

La production de l'énergie électrique occupe un intérêt primordial dans tous les pays, et il existe plusieurs sources de production, parmi celle-ci les centrales thermiques, nous intéressons de ce chapitre à décrire la centrale thermique de CAP DJINET en ALGERIE.

On début de années quatre-vingt, l'Algérie avais besoin d'énergie électrique pour cela l'état a décidé de construire des centrales électriques et comme l'Algérie à 1200 Km de cote, soit une très grande source d'énergie aquatique l'état opte pour la construction une centrale thermique à gaz site choisie est CAP-DJINET.

I.1 Présentation du lieu de stage

I.1.1 Historique de la centrale de CAP-DJINET

La centrale est construite par une société Allemande (SIEMENS) en 1985 avec un budget de 25 milliards de centimes. Elle offre 300 postes de travail de toutes les catégories.

Les principales entreprises algériennes qui ont participé à la réalisation de la centrale sont : « ENCC, ETTERKIB, BATIMETAL, GENISIDER, INERGA, SNLB, SNLB, PROSIDER, ENATUB, SNIC, GTP, SONATRAM, SOGEP ».

I.1.2 Position de site de la centrale de CAP-DJINET

La centrale implantée sur une surface de 35 hectare spécialement sélectionnée sur le littoral de CAP-DJINET (25 km à l'est de Boumerdes) pour ça conformité avec les critères nécessités par ce genre d'installation, dont la proximité avec les RN 24 et 12, ainsi que la voie ferrée.



Figure I.: Position du site de la centrale

I.1.3 Présentation de la centrale de CAP-DJINET

La centrale thermique de CAP-DJINET est située au bord de mer dans la wilaya de BOUMERDES, sa construction a été entamée en 1981, dans le cadre du contrat n° 80/103 KDM conclue avec le consortium AUSTRO-ALLEMAND SIEMENS-KWU-SGP pour un montant de 12.5 millions de dinars. L'unité de CAP-DJINET est une station de production d'électricité à partir du gaz naturel ou du fioul (en cas de problème d'alimentation avec le gaz), donc cette station transforme l'énergie chimique en électrique avec l'utilisation de l'eau comme intermédiaire.



Figure I.1 : centrale de CAP-DJINET

I.2 Réalisation de la centrale de CAP-DJINET

I.2.1 Les étapes de création de la centrale

La centrale a été construite par des entreprises étrangères et Algérienne. Les entreprises étrangères ont été chargées des études, révision des montages et contrôle de l'ouvrage, telle que SIEMENS-KWU-SGP (société Austro-allemand) et la réalisation de la prise d'eau de mer telle que DRAGADOS (société Espagnole).

KWU : KRAFTWERK-AG (RFA)

SGP : SIMMERING GRAZ PAUKER (Autriche)

SIEMENS (Autriche)

I.2.2 Réalisation de la centrale

La réalisation de la centrale et le couplage en réseau de trois groupes ayant été fait au cours de l'année 1986, le montage de toutes les structures de l'installation sont effectuées suivant un plan bien déterminé qui se présente comme suit :

- Travaux de génie-civil début : Juin 1981 jusqu'à fin Mars 1985.
- Montage mécanique début mars 1984 A jusqu'à fin septembre 1986.

- Montage électrique début mars 1984 jusqu'à fin septembre. 1986.

I.2.3 Mise en service de la centrale

Le projet a été réalisé en cinq ans (juillet 1981 au septembre 1986) la mise en service des quatre groupes est les suivants :

- Groupe 10, couplage sur réseau le 17/06 /89
- Groupe 20, couplage sur réseau le 17/09/89
- Groupe 30, couplage sur réseau le 29/11/86
- Groupe 40, couplage sur réseau le 21/02/87

I.3 Taux de production de la centrale de CAP-DJINET

La centrale se compose de quatre groupes monobloc d'une puissance de 176 mégawatts (MW) par tranche aux bornes alternateur. Totalisent une capacité installée de 704 mégawatts (MW). La puissance fournie au réseau est de 672 MW borne usinée.

La consommation totale des auxiliaires des quatre (04) tranches et des auxiliaires communs est d'environ 32 MW.

I.4 Rôle de la centrale thermique de CAP-DJINET

Le rôle d'une centrale thermique est de transformer l'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique en passant par l'intermédiaire de l'énergie thermique et mécanique. Cette transformation s'opère dans divers appareils en utilisant les propriétés physiques de l'eau sous ses diverses formes liquides et vapeur.

Ces transformations sont données par le schéma suivant :

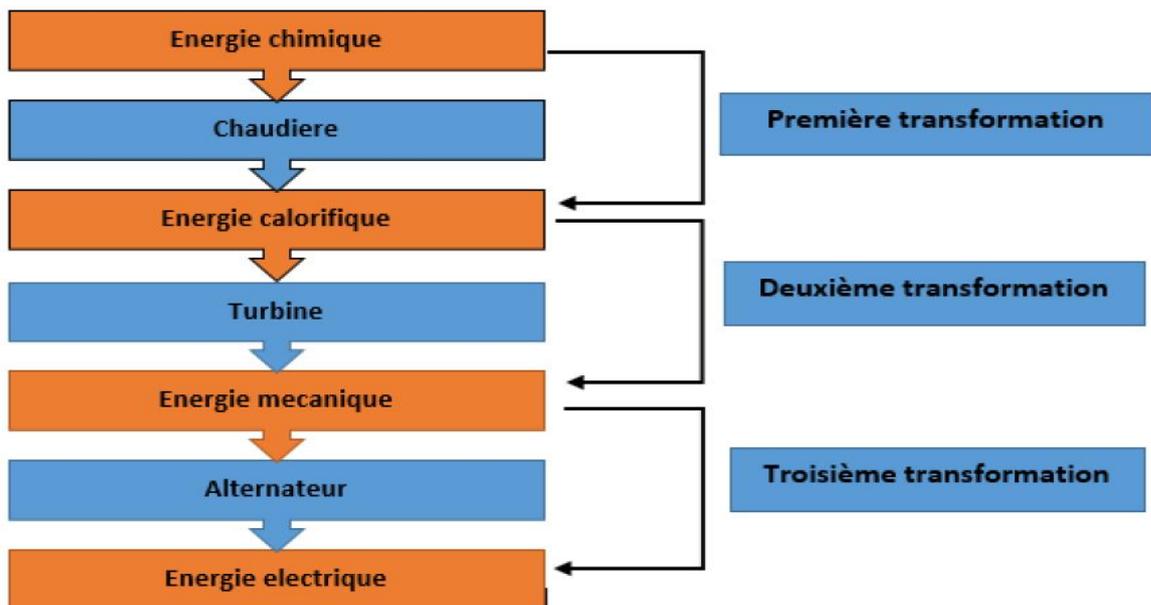


Figure I 2: Schéma de la transformation d'énergie

I.5 Les équipements principaux dans la centrale

I.5.1 Poste d'eau

Le rôle de poste d'eau a transformé la vapeur sortant de la turbine à l'état liquide, se liquide est ensuite réchauffer et dégaze fier, il se constitue de :

Un condenseur ; La bêche alimentaire ; Les pompes alimentaires ; Les pompes d'extraction ; Les réchauffeurs bas pression (BP) et haute Pression (HP).

I.5.1.1 Un condenseur (source froide)

C'est un condenseur de type à échange par surface, assure la condensation de la vapeur évacuée du corps BP de la turbine par la circulation de l'eau de mer refroidissement (débit de $2 \times 1200 \text{ m}^3/\text{h}$), dans les 14850 tubes en titane contenu dans le condenseur.



Figure I. 3: Un condenseur

- ▶ En ajoutant que :
 - La pression dans le condenseur est maintenue à 0.04 bars.
 - Niveau d'eau condensée maintenue à 900 mm
- ▶ De plus le condenseur nous a permet :
 - D'assurer la condensation de la vapeur d'eau évacué du corps BP de la turbine Par la circulation de l'eau de refroidissement (eau de mer) en dans des tubes titane.
 - D'augmenter la chute d'enthalpie de le vapeur détendue en établissant que dépression atmosphérique, afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.
 - Recevoir également le condensat des réchauffeurs BP, HP

I.5.1.2 La bache alimentaire

C'est un réservoir cylindrique combiné avec dégazeur, il reçoit de l'eau en provenance de la pompe d'extraction eau qui traverse trois réchauffeurs de basse pression, Il reçoit donc une quantité d'énergie thermique (température) provenance du soutirage de la turbine avant être stocké dans la bache alimentaire.



Figure I 4: La bache alimentaire

► Les caractéristiques de la bache alimentaire :

- Longueur : 16,5 m.
- Diamètre de l'enveloppe : 152
- Volume total : 163 m.
- Température nominale : 152
- Pression nominale : 4,5

I.5.1.3 Les pompes alimentaires

Elles ont pour rôle d'aspirer de l'eau de la bache alimentaire pour refouler dans le réservoir de la chaudière en traversant les réchauffeurs haute pression (HP) et l'économiseur du générateur de vapeur.

On distingue deux types des pompes :

- Pompes nourricières : Ce sont de type centrifuge à un étage, elles servent à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4,9 bars jusqu'à 11 bars avec un débit de 261,6 th.

- Pompes principales : Ce sont de type centrifuge radial à 06 étages, elles sont placées en aval des pompes nourricières servant à augmenter la pression de l'eau de 11 bars jusqu'à 177 bars. Pour chaque groupe, on trouve trois (03) pompes nourricières liées à trois (03) principales, seulement deux d'entre elles sont suffisantes pour un fonctionnement normal. Chaque groupe de pompes d'eau d'alimentation est commandé par un moteur commun d'une tension de 6,3 KV et une puissance de 300 KW.

I.5.1.4 Les pompes d'extraction

Ce sont des pompes centrifuges à quatre (04) étages, leur rôle est d'acheminer l'eau condensée (condensat) jusqu'à la bache alimentaire en traversant les trois (03) réchauffeurs basses pression (BP), les réfrigérants d'été, le condenseur de buées ainsi que les éjecteurs de service.

On trouve deux (02) pompes par groupe, l'une en marche et l'autre en réserve en cas de panne, avec une tension de 63 KV et une puissance de 300 KW.

► Les Caractéristiques des pompes d'extraction :

- Pression de service (hauteur totale) : 16,8 bars.
- Pression (hauteur à débit nul) : 19,7 bars.
- Débit nominal : 414 m³/h.
- Température de sortie : 33 °C.

I.5.1.5 Les réchauffeurs bas pression (BP) et haute Pression (HP)

- Les réchauffeurs basses pression (BP) :

Le rôle de ces trois (03) réchauffeurs est de réchauffer le condensât lors de son transfert vers la bache alimentaire. Ils sont alimentés par les trois (03) sous tirages (S1), (S2) et (S3) qui viennent du corps (BP) de la turbine. Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleurs à échange par surface. Ils sont positionnés horizontalement en tube (en forme U), et l'écoulement de condensât se fait en cascade, dans le côté tube circule le condensât principal et dans le côté enveloppe circule la vapeur, et la température dépasse les 100 °C.

- Les réchauffeurs haute pression (HP) :

Ils sont de nombre de deux (02), leurs rôles sont de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par les deux soutirages (S5) et (S6)

provenant respectivement du corps moyen pression (MP) et basse pression (HP) de la turbine. Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleurs à échange par surface. Ils sont positionnés verticalement avec tubes courbés en forme de serpent, dans le coté enveloppe circule la vapeur, et dans le coté tube circule l'eau d'alimentation (condensât) avec une pression de 160 bars et une température de 145 °C.

I.5.2 La chaudière (générateur de vapeur, source chaude)

Son rôle est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état vapeur surchauffée à haute température et à haute pression, et pour but d'alimenter le groupe turboalternateur (GTA), elle est typiquement à circulation naturelle.



Figure I 5: La chaudière

L'alimentation en combustible se fait par huit (08) brûleurs en quatre étages (niveaux)

► Les Caractéristiques de la chaudière avec son ballon chaudière :

- Capacité de vaporisation : 540 t /h.
- Température dans le foyer : 900 °C.
- Température de vapeur surchauffée : 540 °C.
- Pression à la sortie des surchauffeurs : 147 bars.
- Température du vapeur resurchauffé : 535 °C.
- Température de l'eau d'alimentation : 246 °C.
- Ballon chaudière contient 50 eaux d'alimentation et 50 vapeurs

La chaudière livrée pour CAP-DJINET et le type circulation naturelle, la chaudière c'est un générateur de vapeur qui transforme l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le groupe turbine et l'altérateur, elle se décompose de plusieurs organes :

- Un économiseur

C'est un échangeur de chaleur ; constitué d'un serpentin en fin de parcours des gaz de combustion, l'eau en provenance du poste de réchauffage, alimente les soutirages de la turbine, se réchauffe dans l'économiseur avant son introduction dans le ballon, à une température inférieure à celle d'ébullition.

► **Les Caractéristiques :**

- Surface d'échange : 2080²m.
- Volume d'eau : 10.5m³.
- Pression de service : 164.3 bars.

- Un ballon

C'est un réservoir placé au-dessus de la chambre de la combustion, qui renferme de l'eau à l'état liquide provenant de l'économiseur alimentant les tubes écrans vaporisateurs et de l'eau à l'état vapeur provenant des tubes écrans pour l'alimentation des surchauffeurs.

► **Les Caractéristiques :**

- Pression de service : 160 bars.
- Volume d'eau : 26.9 m³.

- Les colonnes de descente et des tubes écrans

Les tubes écrans constituant les parois de la chambre de combustion, sont alimentés à leur partie inférieure par quatre colonnes dites de descente. La chaleur reçue par ces tubes, essentiellement par rayonnements, est transmise à l'eau en vue de sa vaporisation.

- **Les surchauffeurs**

Les surchauffeurs, au nombre de trois (primaire, secondaire et tertiaire), permettant grâce à la récupération de la chaleur sensible des fumées provenant du foyer, d'élever la température de la vapeur au-delà du point de saturation pour atteindre la valeur de 540°C, et ce, afin d'éliminer l'humidité contenue dans cette vapeur et donc d'améliorer le rendement de la turbine et ainsi diminuer la consommation du combustible.

- Les désurchauffeurs

Une partie de l'eau d'alimentation est déviée avant son entrée dans l'économiseur dans un circuit annexe et injectée dans la vapeur surchauffée à un étage intermédiaire de surchauffe. Elle sert au réglage de la température de vapeur à la sortie de la dernière surchauffeur. L'injection de cette eau de désurchauffe dans la vapeur se fait par pulvérisation dans un mélange appelé désurchauffeur.

- Les brûleurs

Le générateur de vapeur est équipé de huit brûleurs fonctionnent au gaz naturel ou fuel léger. Ils sont disposés sur quatre étages de la face avant la chaudière.

- Ventilateurs de soufflage

Les ventilateurs de soufflage ont pour rôle d'acheminer au générateur de vapeur l'air nécessaire à la combustion (gaz naturel ou fuel). Ils aspirent l'air de l'extérieur et le font parvenir aux brûleurs à travers pré chauffeur à vapeur et le réchauffeur rotatif. Chaque tranche est équipée de deux ventilateurs, chacun peut assurer 60% du débit nominal.

- Ventilateurs de recyclage
Chaque tranche est équipée de deux ventilateurs de recyclage (ou de recirculation) des fumées. Ils aspirent une partie des gaz de combustion à la sortie de la chaudière (avant le réchauffeur d'air) et l'injectent dans la partie basse de la chambre de combustion. Ce système permet un gain de rendement, surtout à basse charge.

I.5.3 La turbine à vapeur

I.5.3.1 Définition

La turbine à vapeur c'est une machine thermique qui transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur (température, pression) provenant de la chaudière en énergie mécanique (un mouvement de rotation de son arbre), le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

Elle est une machine composée de corps HP, MP, BP qui servent à convertir l'énergie calorifique d'un courant de vapeur en énergie mécanique, ces corps sont by- passés et permettent un conditionnement de la vapeur.

► Les Caractéristique principale de la turbine :

- Longueur : 16,125 m.
- Largeur : 13 m
- Poids : 500.10^3 kg.
- Température vapeur : 540C
- Pression de rotation : 140 bars.
- Régime de rotation : 3000 tr/mn.
- Fréquence : 50 Hz
- Puissance : 176 MW.

► Description :

- L'installation comprendre (04) turbines identiques à condensation.
- Chaque turbine est composée de trois (03) corps : Haute pression (HP) à simple flux, moyenne pression (MP) et basse pression (BP) qui double le flux.
- La turbine contient six (06) soutirages, alimentant trois (03) réchauffeurs BP, deux (02) réchauffeurs HP et de le bâche alimentaire.

I.5.3.2 Description des corps HP, MP, BP

- Le corps HP : Il est une construction en tonneau il est équipé d'un étage de réglage

Pour régulation par groupe de tuyères. Quatre ensembles combinés vannes d'arrêt/soupape régulatrice sont associées à autant de groupe de tuyères, ils sont disposés de chaque côté du corps.

La vapeur conduite à la turbine par l'intermédiaire de tuyauteries parvient aux soupapes régulatrices après avoir traversé les vannes d'arrêt. A partir de ces soupapes la vapeur s'écoule dans l'enveloppe.

Des clapets anti-retours sont montés sur la tuyauterie de resurchauffe entre le corps HP et resurchauffeur pour empêcher le reflux chaud du resurchauffeur vers le corps HP.

► Les caractéristiques :

- Simple flux à double enveloppe.
- La pression d'admission = 138 bars.
- La température de vapeur = 535°C.
- Nombre d'étage à réaction : 23 étages.
- Nombre d'étage action : 1 étage.



Figure I 6: Corps HP

- Corps MP

Le corps MP est équipé de deux vannes d'interception et de deux soupapes modératrices disposées symétriquement de part et d'autre du corps. La vapeur resurchauffée véhiculée par les tuyauteries parvient aux soupapes modératrices après avoir traversé les vannes d'interceptions.

A partir des soupapes modératrices la vapeur s'écroule dans le corps de la turbine vers les demi corps supérieurs et inférieurs. Elle pénètre dans l'enveloppe interne par les pipes d'admission bridées au centre de l'enveloppe externe. Cette disposition qui se traduit par des directions d'écoulement opposées dans les deux flux. Permet d'équilibrer

L'admission de vapeur au milieu du corps soustrait les pattes d'appui et les paliers à l'influence de la température d'admission de la vapeur.

► Les Caractéristiques :

- Double flux à double enveloppe
- La pression d'admission = 36 bars.
- Le débit de vapeur = 408t/h.
- La température de vapeur = 535°C.
- Nombre d'étage à réaction = 2x20 étages.



Figure I 7: Corps MP

• Corps BP

Le corps BP est du type double flux. Il s'agit d'une construction mécano soudée comprenant une carcasse et une double enveloppe.

La vapeur provenant du corps MP pénètre dans le corps interne de l'enveloppe double en amont des aubages BP par les pipes d'admission disposées de part et d'autre du corps BP.

Des compensateurs sont montés sur les gaines de vapeur pour éviter la déformation des enveloppes sous l'effet des dilatations thermiques.

► Les Caractéristiques :

- La pression d'admission = 5.5 bars.
- Le débit de vapeur = 406t/h.
- La température de vapeur = 282°C.

- Nombre d'étage à réaction = 2×8 étages.



Figure I 8: Corps BP

I.5.4 L'alternateur

L'alternateur est un générateur qui transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique, est une machine tournante destinée à produire un courant alternatif sinusoïdal. Son fonctionnement est proche de celui d'une génératrice de bicyclette à cette différence près qu'il pèse plusieurs dizaines de tonnes, l'alternateur est couplé avec la turbine.

L'hydrogène étant lui-même refroidi par l'eau d'extraction. [1]

► Les caractéristiques principales des alternateurs :

- Tension nominale : 15,5 KV.
- Puissance nominale : 220 MVA.
- Puissance active : 176 MW.
- $\cos\phi = 0.8$.
- Excitation : à diodes tournantes.
- Poids du stator complet : 198 tonnes.
- Poids du rotor seul : 36,7 tonnes,
- La longueur : 7,340m.



Figure I 9: Alternateur

I.5.5 Transformateur

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Vu que la tension au niveau de l'alternateur est faible, le courant électrique est très important, il est nécessaire de réduire les pertes par effet Joule en passant par un transformateur de tension. Dans le cas présent on utilise un transformateur de 15,5 KV à 220 KV, et une puissance de 220 MW à travers un disjoncteur coupleur. Le refroidissement du transformateur se fait par une circulation forcée d'huile en circuit fermé qui est lui-même refroidie par l'air.

► Les Caractéristiques :

- Tension primaire : 15,5KV.
- Tension secondaire : 220KV.
- Puissance nominale HT et BT/ 220MW.
- Poids : 140 tonnes.



Figure I 10: Transformateur

I.6 Les auxiliaires (accessoires commun)

I.6.1 Station de pompage

L'eau est pompée dans trois tuyaux de biton de 3.7 m à 900 m de la station de pompage, cette dernière se compose pour tranche :

- Une (01) grille filtrante à grosses mailles et dé grilleurs.
- Un (01) tambour filtrant, à maille fine muni d'un dispositif automatique de lavage.
- Deux (02) pompes de circulation de 12000 m³/h, qui refoulent l'eau de mer jusqu'au condenseur à travers des tuyaux bonne.

I.6.2 Station de dessalement de l'eau mer

Son rôle est de dessaler l'eau de mer avant être mise au circuit (l'eau-vapeur)

Quatre (04) unités de dessalement produisant 500m³ /j chacune assure la production en eau dessalée, stockée dans deux (02) bâches (2700 m³) pour chacune.

I.6.3 Station de déminéralisation

La centrale contient deux chaînes de déminéralisation de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau-vapeur, les lits mélangés sont un mélange de résines cationique (Duo lite A 101 et C20 MB). Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs de 1500 m³ pour chacun.

I.6.4 Une station de production d'hydrogène

Sert à produire l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale le refroidissement de l'alternateur ce fait à l'aide des quatre réfrigérant d'hydrogène H2 (4 x 25%), qui se sont des échangeurs par surface qui refroidissent l'H2 chaud par la méthode des courants croisés. L'échange de chaleur entre H2 et l'eau de refroidissement s'effectue par l'intermédiaire de tubes ailettes parcourus par l'eau.

I.6.5 Un poste de détente de gaz et transfert fuel

La centrale utilise deux combustibles comme source d'énergie thermique :

- Gaz naturel comme combustible principale, acheminé par gazoduc de Hassi-R 'mel avec un débit de 160.000 N³/h et une pression de soixante (60) bars, et la régulation ramenée à six (06) bars pour assurer la pleine charge des quatre tranches.
- Fuel léger utiliser en cas au l'indisponible des gaz, stocké dans deux bâches de stockage de capacité : 2x10⁴m³.

I.6.6 Salle de commande centralisée

Chaque paire de tranches et contrôlée et régler depuis une salle de commande

La salle de commande pour chaque paire de tranche prend :

- Des HMI pour les tranches 10 et 20 dotés de système de régulation T3000

- Deux (2) pupitres de conduite.
- Deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes des commandes et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres. Un tableau synoptique schématise les auxiliaires électriques.

I.7 Principe de fonctionnement de la centrale thermique de CAP-DJINET

Avant d'écrire le fonctionnement du central, il sera bon de rappeler les différentes transformations énergétiques qui ont servi à la production de l'énergie électrique, dans une tranchée suivant le cycle de Rankine (deux sources énergétiques l'une chaude (chaudière) et l'autre froide (condenseur) + un groupe turboalternateur).

On a trois transformations :

- Transformation de l'énergie contenue à l'état latent dans le combustible (énergie chimique) en énergie calorifique (vapeur) dans la chaudière.
- Transformation énergie calorifique (vapeur) en énergie mécanique (vitesse de rotation) la transformation se fait dans la turbine.
- Transformation énergie mécanique (vitesse de rotation) en énergie électrique la transformation se fait dans l'alternateur.

Le circuit eau vapeur est un circuit fermé dont le point de départ est le condenseur. On a deux pompes d'extraction qui sont en plein débit (chaque pompe assure 100% de la charge), ces pompes aspirent le condensat de condenseur à une pression de 0.04 bars et une température de 33°C, vers la bache alimentaire à travers les réchauffeurs elle refoule l'eau vers les réchauffeurs de basse pression BP1, BP2 et BP3, où l'augmentation de la température se fait comme suit :

- 520 c à la sortie de réchauffeur BP1.
- 840 c à la sortie de réchauffeur BP2.
- 1130 c à la sortie de réchauffeur BP3.

L'eau arrivée à la bache alimentaire à une température de 152°C et sa pression de 4,5 bars grâce au soutirage S6, au-dessous de la bache se trouvent trois pompes alimentaires qui assurent chacune d'elles un demi débit (50% de la charge). Ces pompes travaillent en paires, elles aspirent l'eau à 11 bars et la refoulent à un niveau de ballon chaudière à 177 bars à travers les réchauffeurs haute pression HP5 et HP6, et on constate que la température augmente comme suit :

- 2000 c à la sortie de réchauffeur HP5.
- 2460 c à la sortie de réchauffeur HP6.

L'eau chaude comprimé arrive au ballon chaudière, elle traverse les parois tubulaires qui tapissent la chambre de combustion ou elle se ramène jusqu'à la température d'ébullition et même jusqu'à la température de vaporisation, la moitié supérieure du ballon chaudière contient de la vapeur saturée celle-ci est dirigée sur les trois surchauffeurs, ou elle va augmenter en température jusqu'à 540°C, et la pression reste presque à 140 bars, la vapeur sur, arrive au corps haute pression HP de la turbine, ou elle détente jusqu'à 40 bars, et sa température diminue jusqu'à 357°C, puis elle renvoyer à la chaudière ou se trouvent les resurchauffeurs, ou elle réchauffe pour atteindre les 540°C, et par la suit envoyer à la turbine pour attaquer le cors moyenne (MP).

Ces derniers sont en double flux, pour but de faire détendre le maximum possible la pression de vapeur.

Le passage de la vapeur dans ces trois favorise la formation du travail moteur, qui définit l'énergie mécanique produit par la turbine,

Dans le corps HP la vapeur se détente le maximum possible et sa s'écouler dans le condenseur qui se trouve à 0.04 bars de pression grâce aux quatre éjecteurs qui aspirent l'air pour créer le vide dans le condenseur.

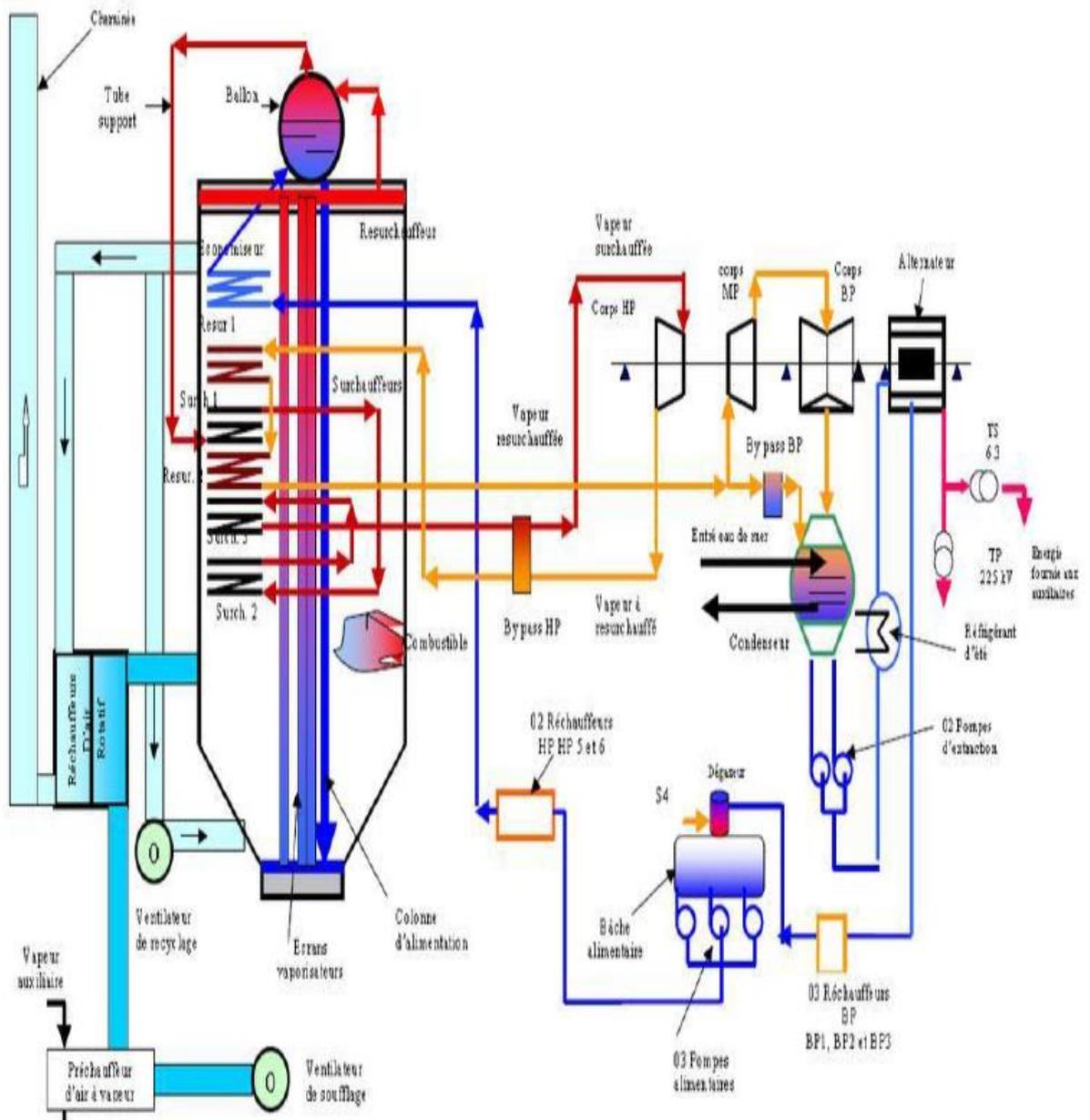


Figure I 11: Schéma d'une tranche du central thermique

I.8 Évacuation de l'énergie

L'énergie est évacuée vers deux postes situés à Boudouaou (l'énergie produit par TR10 et TR20) et si-Mustapha (l'énergie produit par TR30 et TR40). L'évacuation se fait par des lignes de 220 KV chaque tranche est équipée d'un transformateur de séchage pour alimenter les auxiliaires de la centrale il génère puissance de 220 Mv.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons effectué une présentation succincte et générale sur la centrale thermique de CAP-DJINET et son principe de fonctionnement et en passant par des détails de ses auxiliaires principaux. Dans le chapitre suivant on va représenter des généralités sur les systèmes pompes.

CHAPITRE II
GENERALITE SUR LES
POMPES

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES POMPE

II.1. Introduction :

Les machines hydrauliques sont indispensables dans le domaine industriel, surtout Les turbomachines, elles sont très importantes et constituent l'une des types de ces machines parmi eu les pompes, qui ont connu un développement technologique très conséquent dont leur rôle le plus important est d'assurer un échange énergétique entre un débit permanent de fluide et rotor tournant à vitesse constante autour d'un axe.

Selon le sens de l'échange d'énergie, la turbomachine est classée selon deux types :

- **Génératrice** : lorsqu'elle communique de l'énergie au fluide (Ex : pompe centrifuge), donc elle doit être nécessairement accouplée à une autre machine jouant un rôle de moteur (moteur électrique, moteur diesel, turbomachine réceptrice).
- **Motrice** : lorsqu'elle en reçoit de l'énergie du fluide (Ex : turbine à vapeur) pour entraîner une machine génératrice (alternateur ou turbomachine génératrice).

Les turbomachines se subdivisent en : pompes, compresseurs, ventilateurs ou soufflantes, selon la nature liquide ou gazeuse du fluide véhiculé et sa compressibilité. Dans le cas des pompes et des ventilateurs, la variation de son volume massique est nulle ou négligeable au cours de la traversée de la machine et l'on dit alors que le fluide se comporte de manière incompressible ; il n'en est pas de même dans le cas des soufflantes, où sa compressibilité intervient [2].

Les pompes sont, après les moteurs électriques, les machines le plus banalement utilisées aussi bien sur le plan industriel que dans le domaine domestique. Dans la plupart des cas, il s'agit de pompes de construction courante pour lesquelles l'utilisateur peut trouver les renseignements et les indications concernant ce matériel dans les catalogues de constructeurs [2].

Pendant l'utilisation doit avoir une connaissance générale du fonctionnement des pompes afin d'effectuer le bon choix de la machine.

Ce présent chapitre sera consacré au donner une idée générale sur les pompes, leurs fonctionnements ainsi que leur domaine d'application.

II.2. La pompe :

C'est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires, etc...) d'un point à un endroit voulu [3]. La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé. La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergie :

- Energie cinétique.
- Energie potentielle.
- Energie de pression.

C'est donc un appareil génère une différence de pression entre l'entrée et la sortie de la machine. L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend :

- Des propriétés du fluide : la masse volumique, la viscosité dynamique,
- Des caractéristiques de l'écoulement : la pression, la vitesse, le débit volume, la hauteur,
- Des caractéristiques de l'installation : la longueur des conduites, le diamètre et la rugosité absolue [3].

II.3. Classification des pompes [4]

On peut classer les pompes de plusieurs façons. Les mouvements retransmis aux organes des pompes sont comme tous les mouvements mécaniques de deux grands types :

- Rotatif
- Rectiligne (alternatif)

Le mode de déplacement du fluide à travers des pièces en mouvement de la pompe et leur fonction permet de classer les pompes en plusieurs familles :

- Pompes de dosage :
 1. Pompe rotative - volumétrique.
 2. Pompe alternative - volumétrique.
- Pompes de transfert (turbopompe) :
 1. Pompe rotative - axiale.
 2. Pompe rotative - centrifuge.
 3. Pompe Hélico-centrifuge.

II.4. Les différents types des pompes

II.4.1. Typologies des pompes

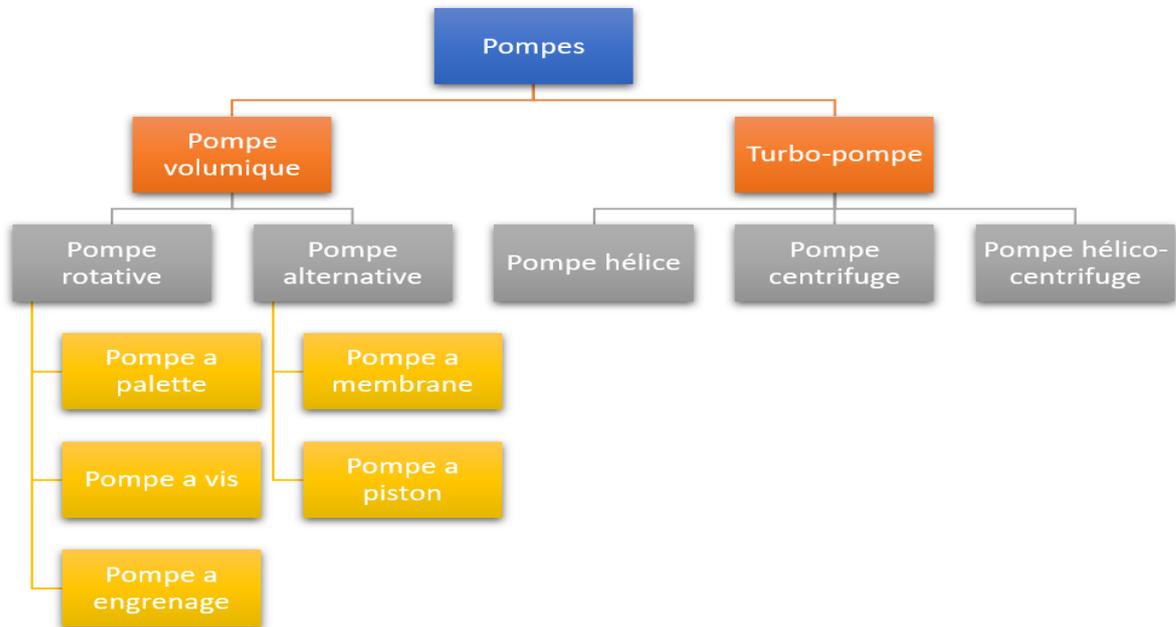


Figure II- 1: Typologie des pompes

II.4.2. Les types des pompes

II.4.3. Pompes volumétriques

Elles utilisent la variation de volume pour déplacer le fluide. Le rendement volumétrique est le rapport entre le volume engendré.

II.4.31. Pompe rotative – volumétrique :

Les pompes volumétriques à engrainage sont munies de deux roues dentées. L'une des roues, entraînées par le moteur de commande, transmet le mouvement à l'autre : l'écoulement est intermittent dans les pompes à vis ou à engrenages hélicoïdaux, l'écoulement est plus régulier.

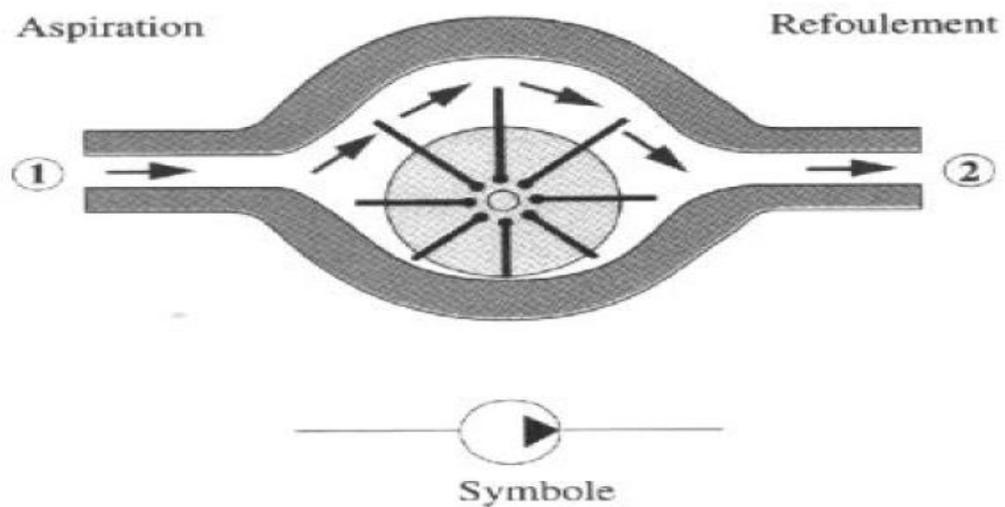


Figure II- 2: Schéma d'une pompe volumétrique rotative

➤ **Pompes à palettes :**

• **Pompes à palettes libres :**

Un corps cylindrique fixe communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du corps. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi capacitée comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre (**Figure 5**).



Figure II- 3: Pompes à palettes libres. [5]

• **Pompes à palettes flexibles :**

L'ensemble rotor-palettes est en élastomère. Il entraîne le liquide jusqu'au refoulement où les palettes sont fléchies par la plaque de compression et permettent l'expulsion du liquide (**Figure 6**). Comme toutes les pompes à palettes, ces pompes n'entraînent ni brassage, ni laminage, ni émulsion du produit. Elles peuvent également pomper des particules solides. Les caractéristiques, débit, vitesse, pression sont sensiblement identiques aux précédentes. [6]

Dans la figure suivante, nous avons les différentes étapes de transfert du liquide à l'intérieur des pompes à palettes flexibles :



Figure II- 4: Pompes à palettes flexibles. [5]

➤ **Pompes à vis :**

Elles sont formées de deux à trois vis suivant les modèles. Dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première. Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs. Ces pompes ont une grande vitesse (3000 tr/min) et permettent d'atteindre des pressions assez élevées (100 bars) [7].

➤ **Pompes à engrenages extérieurs :**

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elles soit par la disposition, soit par la forme des engrenages. Dans tous les cas, le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement (**Figure I.7**). Les pompes à engrenages peuvent avoir une denture droite, hélicoïdale, ou encore à chevrons. Cette dernière solution présente l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme.

Ces pompes peuvent tourner vite (2000 à 3000 tr/min), elles sont relativement silencieuses et permettent d'atteindre des pressions moyennes au refoulement de l'ordre de 20 à 50 bars. [5]

Dans ce qui suit, nous avons une figure représentative du mode de fonctionnement des Pompes à engrenages extérieurs

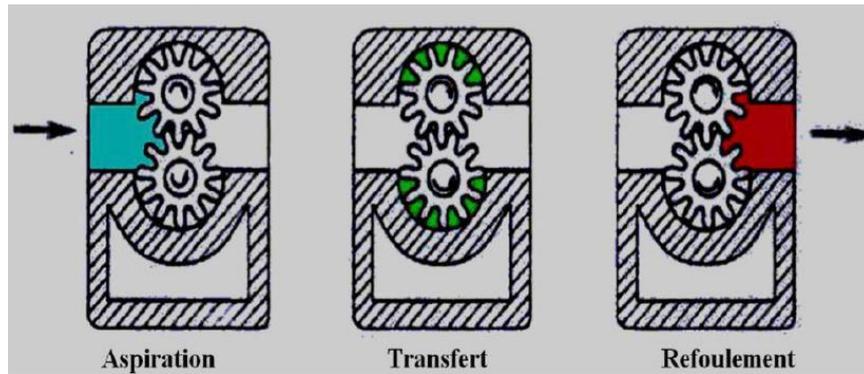


Figure II- 5: Pompes à engrenages extérieurs

➤ **Pompes à lobes**

Le principe reste le même que celui d'une pompe à engrenages externes classique à ceci près que les dents ont une forme bien spécifique et qu'il n'y a que deux ou trois dents (lobes) par engrenage. Les rotors ne sont jamais en contact et, pour ce faire, sont entraînés par des engrenages externes. De ce fait, le pouvoir d'aspiration reste faible. [8]

➤ **Pompes péristaltiques :**

Son principe de fonctionnement est plutôt simple : un tuyau souple est écrasé par des galets, le fluide est alors repoussé sans turbulence, ni cisaillement (**Figure 8**). Il n'y a pas non plus de contact entre le fluide et les pompes mécaniques. Son débit est limité à des Valeurs de l'ordre de 60 à 80 m³/h. Par contre, le rendement est de 100 % et elle est la pompe doseuse par excellence.

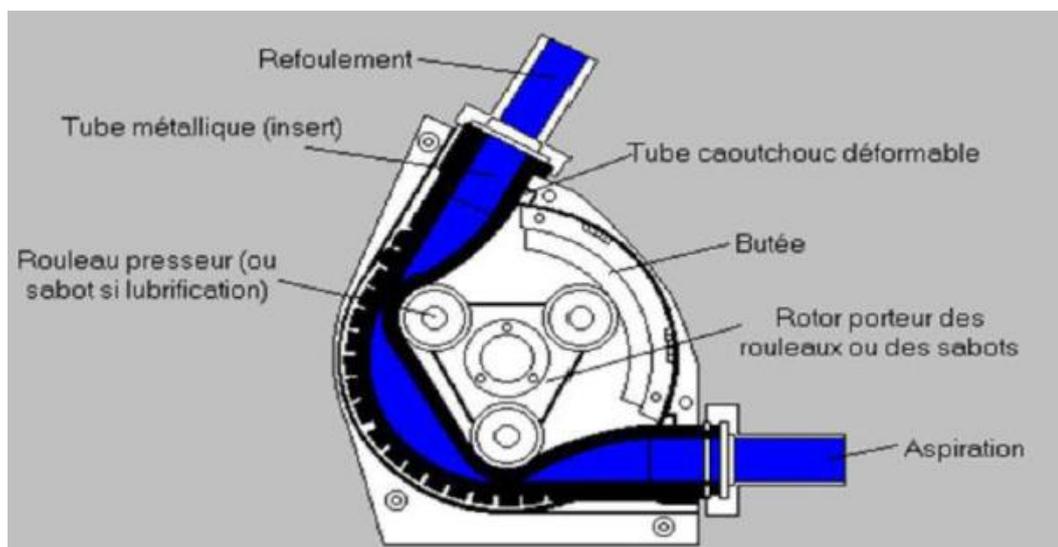


Figure II- 6: Pompes péristaltiques. [8]

• **Avantages et inconvénients des pompes volumétriques :**

Le tableau suivant nous donne les avantages et inconvénients de quelques différentes pompes volumétriques :

Tableau II- 1: Avantages et inconvénients des différentes pompes. [5]

Type de pompé	Avantages	Inconvénient
Pompés à engrenages extérieurs	Silencieuse. Les quatre paliers Permettent une bonne tenue mécanique. Pompe réversible si les pignons sont droits. Meilleure répartition des efforts si pignons à chevrons. Étanchéité par tresse ou garniture mécanique. Débit régulier.	Souvent plusieurs boîtiers d'étanchéité. Surtout pas de particules solides dans cette pompe. Pas de produits abrasifs. Nombreuses pièces
Pompes à lobes	Pas de contact entre les lobes. Pompe réversible. Facile à nettoyer. Possibilité d'adjoindre un by-pass. Pompage de produits chargés	Nécessite des engrenages d'entraînement extérieurs. Encombrement assez important. Nécessite deux boîtiers d'étanchéité. Impose
Pompes péristaltiques	Pompage de produits chargés et abrasifs. Silencieuse. Entretien facile. Pompe doseuse. Pas de boîtier d'étanchéité ni de garnitures. Fonctionnement à sec.	Pulsations importantes au refoulement. Débit limité. Températures d'utilisation assez faibles.
Pompes à palettes libres ou Plaquées	Possibilité d'une enveloppe de réchauffage. Pas de brassage, ni de laminage, ni d'émulsion. Débit régulier. Marche de la pompe réversible. Rattrapage	Fuites internes avec produits très liquides. Légères pulsations suivant la vitesse. Pression d'utilisation limitée

	<p>automatique du jeu par l'avancée des palettes.</p> <p>Possibilité d'adjoindre un by-pass simple. Étanchéité par garniture mécanique.</p>	
Pompes à palettes flexible	<p>Pompage de produits moyennement abrasifs ainsi que de particules solides molles. Pas de brassage, ni d'émulsion, ni de laminage.</p> <p>Pompe réversible. Débit régulier. Silencieuse.</p> <p>Étanchéité par garniture mécanique. Maintenance simple.</p>	<p>Petits débits. Pressions de refoulement faibles. Ne doit pas tourner à sec. Le liquide doit être compatible avec le matériau impulsé.</p>
Pompes à vis	<p>Le débit est régulier</p> <p>La pompe est réversible</p> <p>La pompe est silencieuse.</p> <p>Pas de contamination du fluide.</p>	<p>Jeu très fin</p> <p>Pas de fluides de refroidissement (température élevées).</p> <p>Elles n'admettent pas le passage de particules solides.</p>

II.4.3.2 Pompe alternative – volumétrique :

Son principe de fonctionnement est le déplacement du m mouvement d'un piston qui glisse dedans, l'aspiration de fluide se fait dans le tuyau immergé.

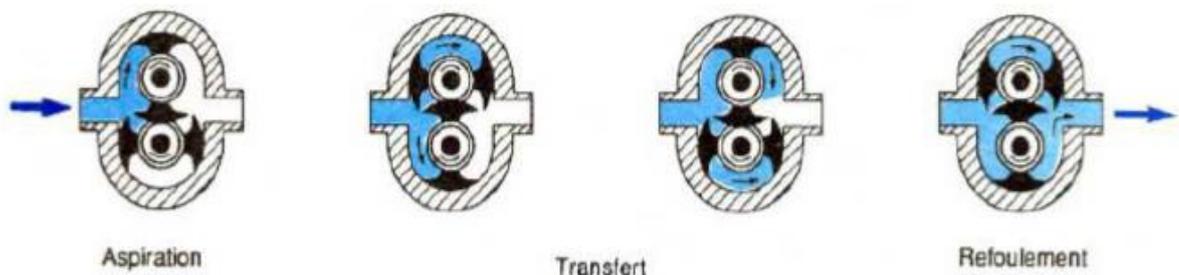


Figure II- 7: Pompe alternative – volumétrique

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Ses principaux types sont les suivants :

- A membrane
- A piston. [5]

➤ **Pompes à membranes :**

Le déplacement du piston est remplacé par les déformations alternatives d'une membrane en matériau élastique (caoutchouc, élastomère, etc.). Ces déformations produisent les phases d'aspiration et de refoulement que l'on retrouve dans toute pompe alternative.

Actuellement, les pompes à membranes sont constituées de deux membranes, ce qui permet d'avoir des pompes à double effet. Elles ont l'avantage de pouvoir pomper à peu près n'importe quel liquide.

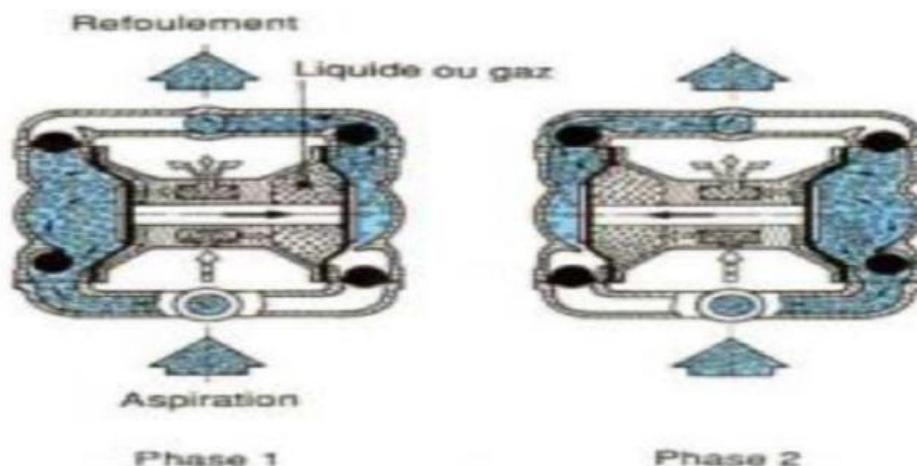


Figure II- 8: Pompes à membranes. [5]

• **Avantages et inconvénients des pompes à membranes :**

Le tableau suivant nous donne les avantages et les inconvénients des pompes membranes :

Tableau II- 2: Les avantages et les inconvénients des pompes à membranes. [8]

Les avantages :	L'inconvénient :
<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement à sec sans dommage. • Propreté absolue du liquide pompé (Chargé, abrasif, acide, visqueux ou non). • Bon rendement (90 %). 	<ul style="list-style-type: none"> • Débit limité. • Viscosités assez faibles. • Pompage de particules solides impossible. • Bon fonctionnement que si l'étanchéité est parfaite entre le cylindre et le piston. • Pulsations importantes au refoulement (système amortisseur indispensable).

➤ **Pompes à piston :**

Ces machines ont un fonctionnement alternatif et nécessitent un jeu de soupapes ou de clapets pour obtenir tantôt l'aspiration du fluide, tantôt le refoulement.

Elles peuvent être à simple effet et, dans ce cas, le piston n'a qu'une seule phase active (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement) sur les deux que comporte le cycle. Elles peuvent être à double effet et, dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases, celle-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. Cela permet un débit deux fois plus important et une régularité plus grande dans le débit.

On peut également associer plusieurs pompes à simple ou à double effet en les calant de manière à ce que leurs mouvements respectifs s'accordent harmonieusement. On arrive dans ce cas à augmenter nettement le débit et surtout sa régularité. Ces pompes ont généralement un fort pouvoir d'aspiration, et surtout permettent d'obtenir des pressions élevées.

Les pompes à piston sont robustes et ont de bons rendements au-dessus d'une certaine taille. Elles peuvent être utilisées comme pompes doseuses, on les trouve d'ailleurs assez souvent avec des pistons à course réglables. L'étanchéité de ce type de pompes ne leur permet pas de travailler avec des fluides possédant des particules solides.

Les figures suivantes illustrent les deux phases respectivement des pompes à piston à simple effet et double effet :

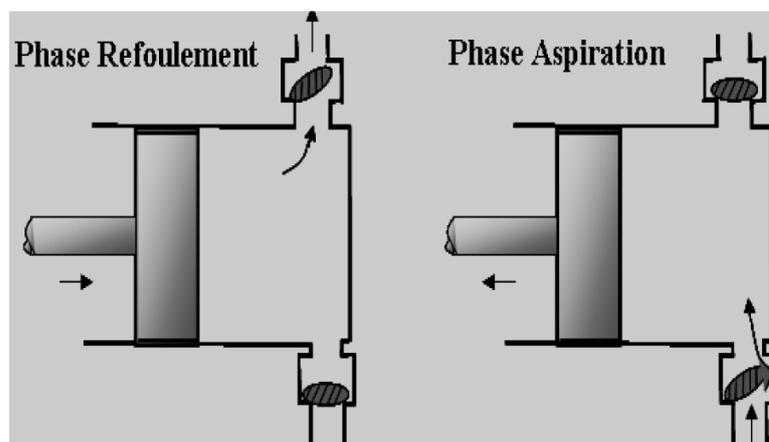


Figure II- 9: Principe pompe à piston. [8]

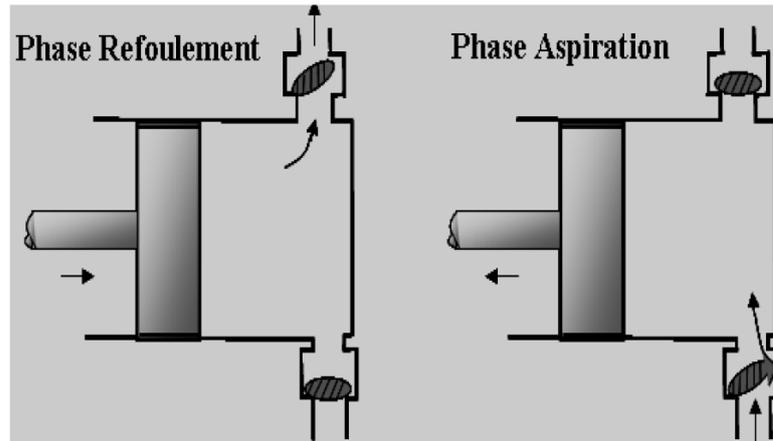


Figure II- 10: Pompe à piston à double effet. [8]

- **Avantages et inconvénients des pompes à piston :**

Tableau II- 3: Les avantages et les inconvénients des pompes à piston. [8]

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement à sec sans dommage. • Bon rendement (> 90 %). • Pression au refoulement très importante. • Débit réglable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Débit limité. • Viscosités assez faibles. • Pompage de particules solides impossible. • Bon fonctionnement que si étanchéité parfaite entre le cylindre et le piston. • Pulsations importantes au refoulement.

- **Pompes immergées :**

Une pompe immergée c'est une pompe verticale mono ou multicellulaire centrifuge avec roues radiales ou semi-axiales. Les roulements de guidage et les bagues d'usure garantissent la résistance à l'usure en assurant la constance et la fiabilité des caractéristiques hydrauliques dans le temps. Sur demande, les pompes sont disponibles en bronze ou en acier inoxydable pour les applications en eau de mer ou avec des liquides agressifs.

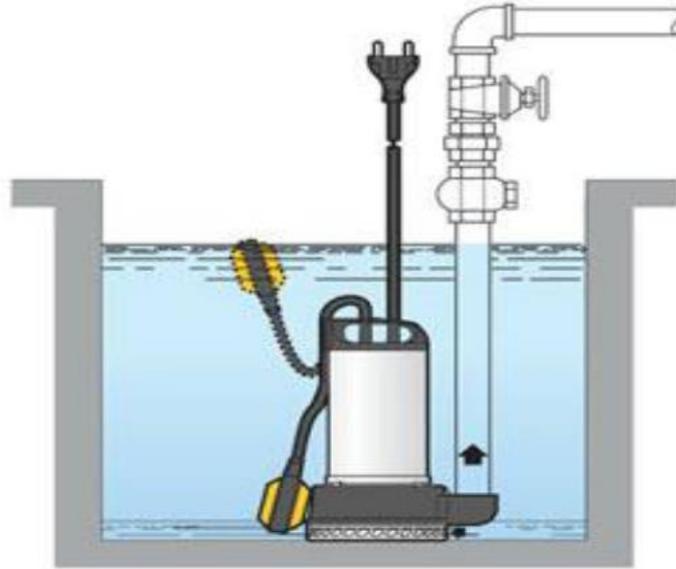


Figure II- 11: une pompe immergée.

- **Domaines d'applications :**

Les pompes submersibles sont utilisées dans les systèmes de lutte contre l'incendie et les stations de pompage ainsi que pour élever l'eau primaire des puits. Ils peuvent être utilisés pour transporter de l'eau pure et dans les usines de purification d'eau, les pompes sont utilisées pour alimenter les systèmes d'irrigation et les systèmes d'eau utilisés dans les activités agricoles.

- **Avantages et inconvénients des pompes :**

Tableau II- 4 : Avantages et inconvénient des pompes immergées.

Avantages	Inconvénients
<p>Très efficace, écoulement régulier,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacité constante. • Offre une vaste gamme de capacités et de pressions. • Silencieuse. • Bonne durabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prématurée des pièces. • Couteuse et parfois difficile à réparer.

II.4.4 Turbopompe

II.4.4.1 Pompe rotative – axiale :

Le principe est proche de celui de l'hélice de bateau. Le déplacement du fluide est parallèle à l'axe de rotation.

Elle trouve son application pour de grands débits sur de faibles dénivelés (faible différence de pression, plusieurs milliers des m³/h) dans le domaine de l'eau (captage de l'eau

potable), de l'industrie nucléaire (système de refroidissement des centrales nucléaires) ou accélérateurs gravitaires.

Un exemple industriel fut inventé en 1939 par l'ingénieur français RENE MOINEAU.



Figure II- 12: pompes rotative axiale

II.4.4.2 Pompe rotative – centrifuge :

Il s'agit d'une application concrète de la force centrifuge. Le principe utilisé est celui de la roue à aubes courbe. La roue est placée dans une enceinte (le corps de pompe) possédant deux ou plusieurs orifices, le premier dans l'axe de rotation (aspiration), la seconde perpendiculaire à l'axe de rotation (refoulement). Le liquide pris entre deux aubes se trouve contraint de tourner avec celle-ci, la force centrifuge repousse alors la masse du liquide vers l'extérieur de la roue où la seule sortie possible sera l'orifice de refoulement. L'énergie de fluide est donc celle provenant de la force centrifuge.

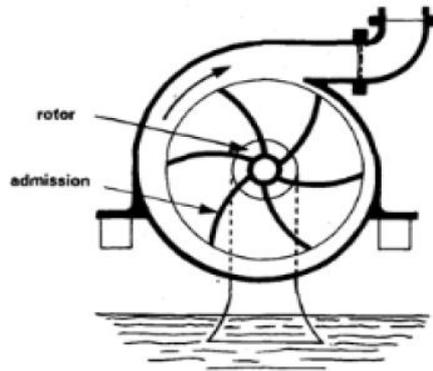
Pour une même pompe, le débit varie :

- Proportionnellement à la vitesse de rotation.
- Avec la différence de pression entre l'entrée et la sortie : plus celle-ci est élevée, plus le débit est faible.
- En fonction des caractéristiques du fluide, telle que la viscosité, la température, la densité.

Cette variation de débit est donnée par la courbe de fonctionnement de la pompe, indiquée par le fournisseur de celle-ci. La courbe indique le débit de la pompe centrifuge, qui est en fonction de la hauteur totale qu'elle engendre pour une vitesse de rotation donnée. Cette courbe est d'allure parabolique.

Figure II- 13: pompes

Dans les pompes l'augmentation de recours à la force fluide par une roue ou l'intérieur d'un corps de fluide, de l'entrée à la sortie [9].

**centrifuge**

centrifuges pression résulte du centrifuge imprimée au propulseur qui se meut à pompe, qui oriente le

- **Principe d'une pompe centrifuge**

Le principe d'une pompe centrifuge est basé sur la force centrifuge qui s'exerce sur un liquide en mouvement circulaire et à tendance à faire sortir le liquide de son orbite circulaire.

Donc le liquide aspiré pénètre dans l'entrée de l'impulser, ce dernier à l'aide de sa rotation fait tourner le liquide en lui créant une force centrifuge, les particules du liquide éjectées seront collectées dans la volute collectrice et refoulées dans la conduite de refoulement. [10]

- **Les avantages des pompes centrifuges**

- C'est une machine, qui a une construction simple,
- Son utilisation est facile et ne demande pas beaucoup d'entretien,
- En conséquence, leur prix d'achat est modéré et leur coût de maintenance est faible,
- A caractéristique égales, les pompes centrifuge sont plus compactes et donc moins encombrantes que les pompes volumétriques Pour des valeurs adéquates du débit, les Pompes centrifuges ont de bons rendements, de l'ordre de 70 à 80%.
- Pouvant être construites à partir de nombreux matériaux- métaux, matières plastiques, Caoutchouc ... ,
- Elles sont adaptées à toutes sortes de liquide –clairs, chargés, corrosifs,
- Le débit est continu - ou régulier – par opposition au débit pulsé des pompes alternatives par exemple, le fonctionnement est silencieux.

- **Les inconvénients des pompes centrifuges**

- Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux : la roue tourne dans le fluide sans l'entraîner.
- Production d'une pression différentielle peu élevée, dont la valeur maximale est généralement comprise entre 0.5 et 10 bars, bien qu'elle puisse atteindre 30 bars sur

certaines modèles branchés en série ; mais leur prix croit plus vite que le nombre de cellules.

- En l'absence de liquide, la roue tourne dans l'air sans produire d'aspiration, donc de refoulement. Les pompes hydrodynamiques ne "s'amorcent " pas d'elles-mêmes, Si la pompe est située au-dessus du liquide à pomper.

II.4.4.3. Pompe Hélico-centrifuge :

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



Figure II- 14: pompes hélico centrifuge

II.4.4.4. Le principe de fonctionnement des turbopompes

- **Aspiration** : la pompe étant amorcée (c'est à dire pleine de liquide), la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente, et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue, engendrant ainsi une aspiration et le maintien de l'amorçage
- **Accélération** : la rotation augmente la vitesse du fluide tandis que la force centrifuge qui le comprime sur la périphérie augmente sa pression. Les aubes sont le plus souvent incurvées et inclinées vers l'arrière par rapport au sens de rotation, mais ce n'est pas une obligation. Dans un même corps de pompe on peut monter des roues différentes en fonction des caractéristiques du fluide.
- **Refoulement** : dans l'élargissement en sortie, qui se comporte comme un divergent, le liquide perd de la vitesse au profit de l'accroissement de pression :

L'énergie cinétique est convertie en énergie de pression.[11]

II.4.4.5. Avantages et inconvénients des turbopompes :

Tableau II- 5: Avantages et inconvénients des turbopompes.

Les avantages :	Les inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> • A caractéristiques égales, elles sont plus compactes que les machines volumétriques ; • Leur rendement est souvent meilleur que celui des volumétrique ; • Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides ; • Leur débit est régulier et le fonctionnement silencieux ; • En cas de colmatage partiel ou d'obstruction de la conduite de refoulement, la pompe centrifuge ne subit aucun dommage et l'installation ne risque pas d'éclater. • La pompe se comporte alors comme un agitateur... 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux ; • Production d'une pression différentielle peu élevée ; • Elles ne sont pas auto-amorçages ;

II.4.5. La pompe alimentaire

La pompe alimentaire est une pompe centrifuge multicellulaire, sert à refouler l'eau d'alimentation de la bêche alimentaire vers la chaudière.

Chaque unité de production est équipée de trois pompes alimentaires identiques.

Chacune de ces pompes assure une alimentation d'eau de « 50% » du débit maximal nécessaire. Au cours de fonctionnement normal deux pompes en service assurent 100% du débit d'eau nécessaire, la troisième pompe est en secours (présélectionnée) (en stand-by). [12]

La nomenclature normalisée (N° de série) de ces pompes est : 10RL 12/22/32

Où 10 signifie la tranche ou le compartiment, RL est la nomenclature de circuit eau d'alimentation, 12/22/32 est l'ordonnancement de ces pompes sur le site.



Figure II- 15: pompe alimentaire sur site

II.4.5.1. Rôle de la pompe alimentaire

La pompe alimentaire a un rôle très important dans la centrale, son rôle principal c'est d'alimenter la chaudière (ballon chaudière) et d'augmenter la quantité (débit) de fluide (eau) et on plus véhiculer un liquide d'un réservoir situé à un certain niveau à un autre niveau plus haut.

Le rôle de cette pompe est de transformer l'énergie mécanique fournie par le moteur, en énergie cinétique transmet à l'eau, ce qui lui permet de vaincre la hauteur manométrique et la pression dans le ballon chaudière pour alimenter ce dernier. Elle a aussi un rôle secondaire, celui de refroidir les surchauffeurs et les resurchauffeurs en cas de surchauffe.

II.4.5.2. Constitution de la pompe alimentaire

Les pompes alimentaires sont composées selon l'ordre de placement sur le site d'une pompe nourricière, moteur asynchrone triphasé, un coupleur hydraulique et une pompe principale.

L'ensemble a une longueur de 8513mm, et un poids de 2 tonnes.

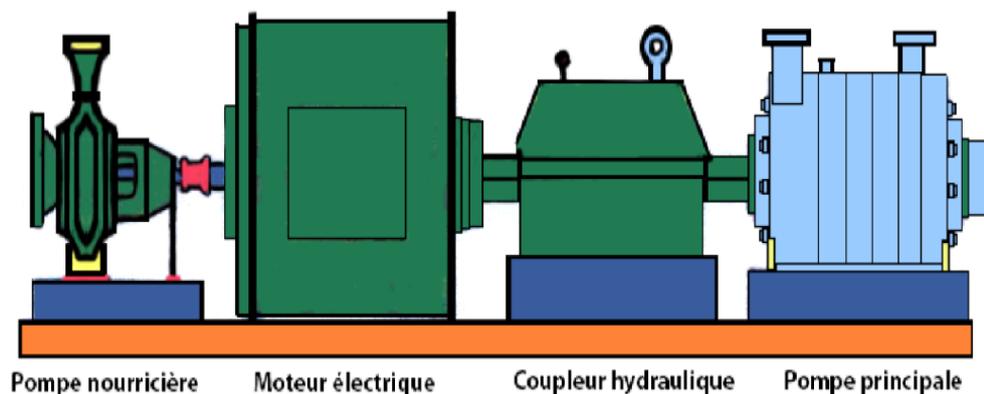


Figure II- 16: Les composants d'une pompe alimentaire

La pompe alimentaire est équipée de deux filtres, dont l'un installé dans la pompe nourricière et l'autre est installé entre la pompe nourricière et la pompe principale. Pour atteindre une vitesse très élevée de la circulation d'eau, on ajoute un multiplicateur, ce dernier est installé sur l'arbre de la pompe. Le multiplicateur est monté à côté du moteur. Le capteur hydraulique assure la transmission du couple à la pompe d'alimentation (en introduisant une variation de vitesse en fonction du débit nécessaire au refoulement de la pompe) et le coupleur est à grande vitesse.

II.4.5.3. Principe de fonctionnement d'une pompe alimentaire

La pompe nourricière aspire l'eau de la bache alimentaire et le refoule vers la pompe principale, cette dernière refoule l'eau vers la chaudière avec une augmentation de pression.

► Les conditions de fonctionnements des pompes alimentaires :

- Aspirent de l'eau chaude de température 150 c°.
- Refoulent l'eau à une pression élevée 170 bars à la sortie de pompe.
- Assurent un débit d'eau important 261,6 Tonne/ heure.
- Doivent avoir une grande sécurité de marche pour éviter les très graves conséquences de manque d'eau dans le générateur de vapeur.

II.4.6. La pompe nourricière

► Définition :

C'est une pompe centrifuge, son rôle est d'aspirer l'eau de la bache alimentaire à 5 bars est d'alimenter la pompe principale à 10 bars. Elle est entraînée par un moteur électrique avec une vitesse constante.



Figure II- 17: la pompe nourricière [6]

II.4.6.1. Principe de fonctionnement

Les pompes centrifuges fonctionnaient suivant le principe d'une mise en rotation du fluide pompé dans une roue tournante à grande vitesse (600-3500tr/min).

A la sortie de la roue, le fluide est canalisé dans un diffuseur puis ralenti dans une volute, et la pression dynamique acquise au niveau de la roue (énergie de vitesse ou cinétique) est transformée en pression statique (énergie de pression).

L'énergie du fluide et donc celle provenant de la force centrifuge le débit pompé dépend essentiellement des :

- Déférence de pression entre aspiration et refoulement
- Vitesse de rotation (t/mn) de la roue (régime périphérique).
- Diamètre de la roue (vitesse périphérique).
- Caractéristique du fluide telle que la viscosité la température la densité.

Conclusion :

On a pu illustrer dans ce chapitre les pompes, leur principe de fonctionnement ainsi leur différent type, et leur composante.

II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre on a vu différents types de pompes, telles que les pompes volumétriques et les turbopompes. On a étudié leurs technologies, fait un point sur différentes parties : description, avantages, inconvénients, principe de fonctionnement, constituants...etc.

CHAPITRE III
DIAGNOSTIQUE
VIBRATOIRE

III.1. Introduction

Ce présent chapitre nous allons donner une vue générale sur les différentes trois parties essentielles : l'analyse vibratoire, l'analyse d'huile et l'analyse thermique infrarouge.

Avant de traiter ces trois parties il est intéressant de commencer par une initiation concernant le principe, le rôle, les taches et les processus de la maintenance conditionnelle pour mieux connaître la relation entre les règles de la maintenance conditionnelle et les paramètres de cette dernière (analyse vibratoire, analyse d'huile, etc...). Le principe de la maintenance conditionnel consiste, à partir de différentes techniques basées sur la mesure de paramètres physique, tels que :

- Analyse Vibratoire 75 %
- Analyse d'huile 12 %
- Analyse thermique 08 %
- Analyse des particules 05 %

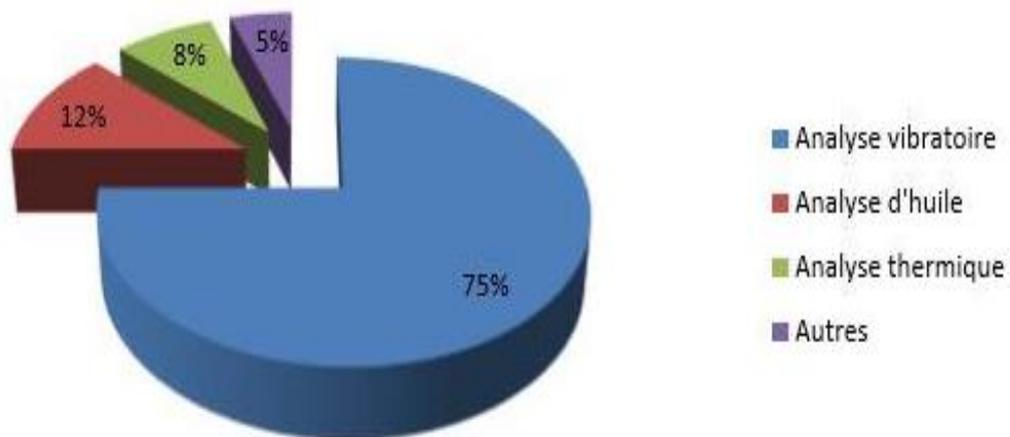


Figure III - 1: différente technique de la surveillance des machines tournantes

Le rôle de la maintenance conditionnelle, c'est tendre vers le ZERO PANNE ce qui implique la minimisation des quatre pertes suivantes :

- Diminution de la disponibilité
- Diminution du volume de production
- Diminution de la sécurité
- Augmentation des coûts

Les processus et les étapes à suivre pour assurer la bonne maintenance (conditionnelle) sont :

1. Surveillance : Dépassement de seuil de variables significatives
2. Diagnostic : Recherche de la cause de la défaillance
3. Pronostic : Recherche de l'effet de la défaillance
4. Décision : Trouver une décision par rapport à la gravité de la défaillance

III.2. Définition de la maintenance conditionnelle :

D'après la Norme NF X 60010, la maintenance préventive conditionnelle définit comme « une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, révélateur de l'état de dégradation du bien) » [13]

- **Remarque :**

La maintenance conditionnelle est une maintenance dépendante de l'expérience et fait intervenir des informations recueillies en temps réel.

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé).

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité des matériels électriques
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

Certaines méthodes comme l'analyse vibratoire, l'analyse d'huile, ... sont très riches quant aux informations recueillies. Leur compréhension autorise la prise à bon escient, de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle.

La surveillance est soit périodique, soit continue

- **Avantage :**

La connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale. Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement. Cette méthode de maintenance, pour être efficace, doit dans tous cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel. [14]

III.3 Différentes méthodes de diagnostic comme utile de maintenance

III.3.1 Diagnostic vibratoire

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, puis qu'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 programmes de production.

Dans ce chapitre on présente une étude théorique sur l'analyse vibratoires, les différentes méthodes et technique utilisée et celle toujours en voie de développement.

III.3.1.1 Définition d'une vibration

Une vibration est un mouvement d'oscillation mécanique autour d'une position d'équilibre stable ou d'une trajectoire moyenne. La vibration d'un système peut être libre ou forcée.

III.3.1.1.1 Approche intuitive

a) Perception subjective des phénomènes

A proximité d'une machine :

- On peut entendre le bruit et sentir les vibrations de la machine.
- Ces deux indicateurs peuvent fournir des indications sur un changement de comportement de la machine.

La quantification et la qualification des vibrations sont des moyens privilégiés pour la maintenance conditionnelle.

b) Le bruit :

- Le bruit rayonné dans l'air par une machine résulte de l'action de plusieurs sources.

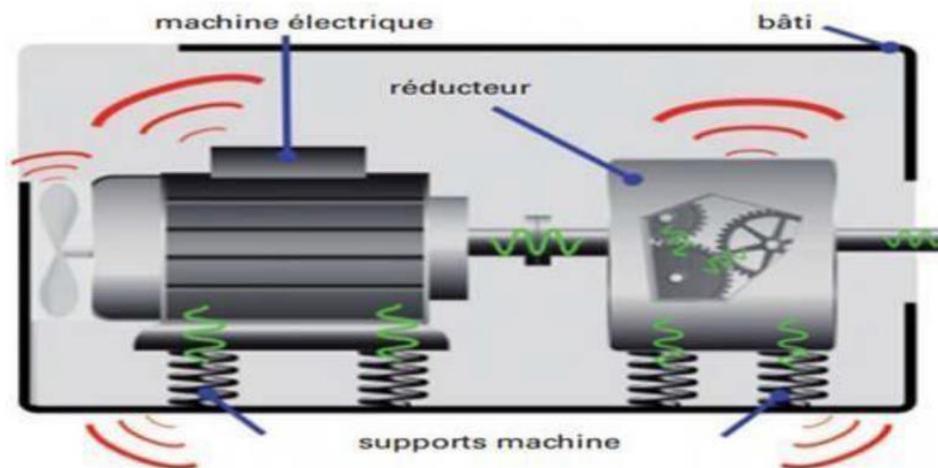


Figure III - 2: Origine du bruit.

c) origine du bruit rayonné par une machine

Le bruit rayonné dans l'air par une machine résulte de l'action de plusieurs sources que l'on peut répartir en deux groupes :

- Celui des machines ou parties de machines comportant des parties en vibration dont l'énergie est transmise à l'enveloppe extérieure par des liaisons rigides ou par un fluide.
- Celui des machines ou parties de machines agissant sans intermédiaire sur le milieu environnant en lui transférant de l'énergie directement sous forme de rayonnement acoustique.

III.3.1.2 Les vibrations

a) Vibrations d'une machine

Les vibrations d'une machine sont souvent perceptibles par simple contact de la main sur la structure, les vibrations ressenties proviennent des forces internes à la machine. [15]

b) Origine des phénomènes

Il est rarement possible de faire la distinction entre les différentes origines des vibrations perçues.

III.3.1.3 Définition théorique d'une vibration

III.3.1.3.1. Vibrations périodiques

Le motif d'une vibration périodique consiste en la superposition, c'est-à-dire l'addition algébrique d'une vibration pure fondamentale et de vibrations pures harmoniques. Les fréquences des harmoniques sont des multiples entiers de celle du fondamental. Par exemple, le mouvement d'un piston d'un moteur à combustion interne génère des oscillations harmoniques

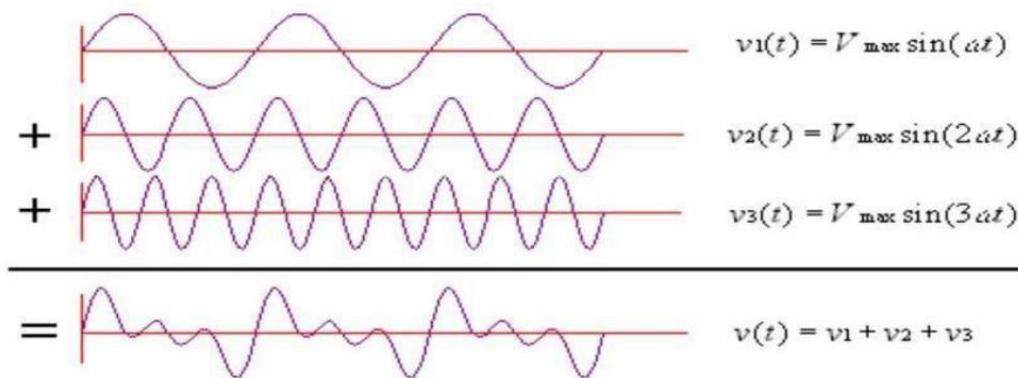


Figure III - 3: Vibrations périodiques.

III.3.1.3.2 Vibrations aléatoires

La forme d'onde des vibrations n'a pas toujours une structure aussi simple que celle des vibrations pures et des vibrations harmoniques. Très souvent, on ne peut plus y distinguer la répétition d'un motif. La forme du signal vibratoire évolue au contraire constamment de manière anarchique. Ce sont les vibrations aléatoires.

III.3.1.3.3 Vibrations d'un système "masse-ressort"

Tout système mécanique, incluant les machines industrielles les plus complexes, peut être représenté par un ou plusieurs systèmes composés d'un ressort, d'un amortisseur et d'une masse. Le corps humain, souvent qualifié de "belle mécanique", est décomposé à la figure

suivante en plusieurs sous-systèmes "masse-ressort-amortisseur" représentant la tête, les épaules, la cage thoracique, etc.

Système mécanique complexe :

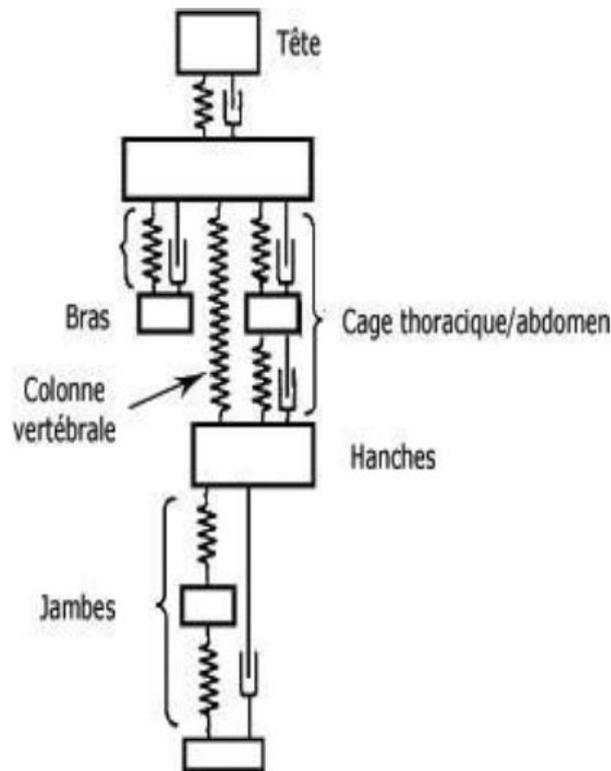


Figure III - 4 Vibrations d'un système "masse-ressort".

La vibration appliquée à l'homme sort du cadre de ce guide. Par contre, comprendre le phénomène vibratoire associé au système "masse-ressort" constitue une excellente entrée en matière. Pourquoi ? Parce que celui-ci représente le système mécanique le plus simple qui existe. Vous allez apprendre à le décrire en termes d'amplitude, de fréquence et de phase.

III.3.1.3.4 Vibration sinusoïdale

La sinusoïde : C'est la forme d'onde la plus simple à caractériser. Cette forme d'onde particulière, peut se visualiser comme le mouvement de la projection verticale de l'extrémité d'une aiguille d'une horloge, ou le mouvement de translation d'un système masse – ressort non amorti. La période T correspond à un tour complet de l'aiguille ou au temps que met la masse pour faire un aller-retour. Une sinusoïde est une courbe alternative, de valeur moyenne nulle, représentée par une fonction mathématique simple.

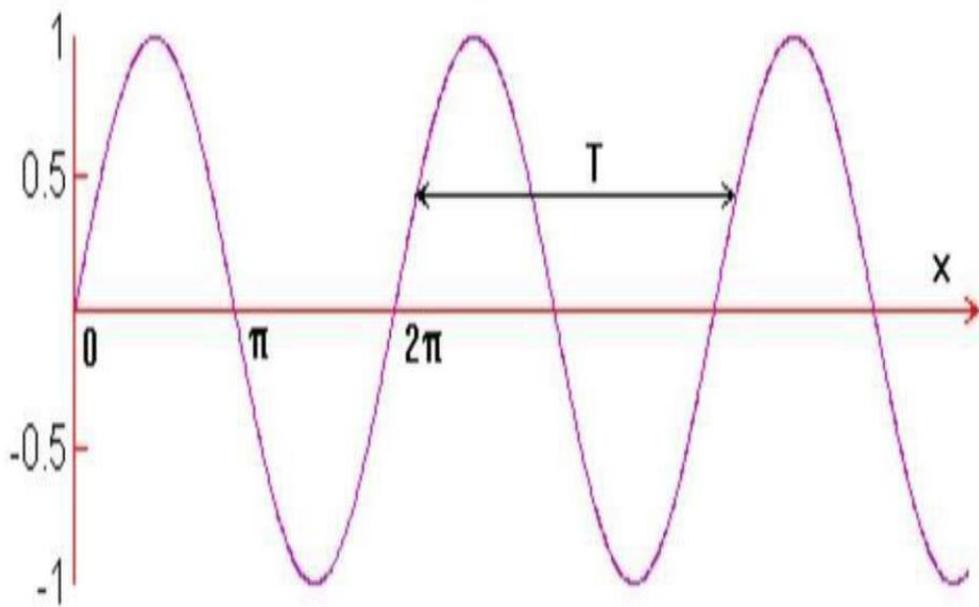


Figure III - 5: Vibration sinusoïdale.

III.3.1.4 Descriptions des vibrations

Décrire les vibrations, c'est donner les valeurs d'un certain nombre de paramètres caractéristiques amplitude, fréquence, ...etc. L'important domaine de valeurs que peuvent prendre les grandeurs vibratoires justifie l'utilisation d'échelles et de grandeurs logarithmiques. Ces grandeurs logarithmiques correspondent au logarithme du rapport des valeurs de deux grandeurs de même espèce.

III.3.1.4.1 Logarithme

L'échelle logarithmique permet de compresser une gamme de valeurs souvent trop large pour que ces valeurs soient discernées entre elles ; ainsi elle peut être assimilée à une balance capable de peser avec la même échelle une mouche et un dinosaure ! Parmi les propriétés de la fonction logarithme, on peut noter que :

- Le logarithme d'une valeur positive peut être négatif ; le logarithme de la somme n'est pas égal à la somme des logarithmes.
- La fonction logarithme transforme l'ECHELLE LINEAIRE en ECHELLE LOGARITHMIQUE, souvent plus pratique.

L'opérateur « logarithme » transforme une multiplication en addition et permet de représenter sur un même graphe de très fortes valeurs et de très faibles. [16]

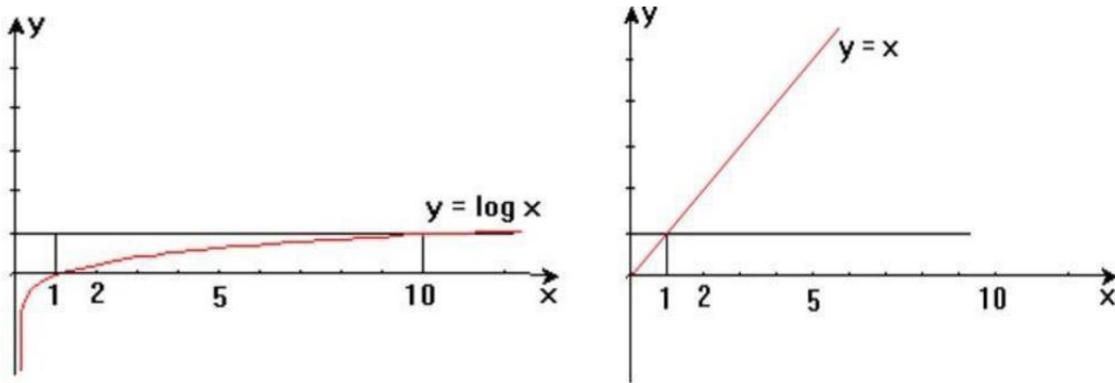


Figure III - 6: Logarithme des vibrations.

III.3.1.4.2 Niveau en décibel – dB

De manière générale, le niveau L en décibels (noté dB, dixième du Bel,) d'une vibration V , est par définition dix fois le logarithme décimal du rapport de V à une valeur de référence V_{ref} $L_v = 10 \log_{10} V / V_{\text{ref}}$. [16]

Cette définition s'applique à toutes les grandeurs physiques proportionnelles à la puissance. La notation L , le plus souvent utilisée pour désigner un niveau, provient de l'anglais " level", traduction du mot "niveau". En France, on utilise aussi quelquefois la notation N .

III.3.1.4.3 Niveau d'accélération

Le niveau d'accélération en log se définit par :

$$L_a = 10 \log_{10} A / A_{\text{ref}}. [16]$$

Où A_{ref} est une accélération de référence qui vaut $1 \mu\text{m/s}^2 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$.

III.3.1.4.4 Niveau de vitesse

Le niveau de vitesse en log se définit par :

$$L_v = 10 \log_{10} V / V_{\text{ref}} [16]$$

Où V_{ref} est une vitesse de référence qui vaut $1 \text{ nm/s} = 10^{-9} \text{ m/s}$.

III.3.1.4.5 Niveau de déplacement

Le niveau déplacement en log se définit par :

$$L_d = 10 \log_{10} D / D_{\text{ref}} [16]$$

Où D_{ref} est un déplacement de référence qui vaut $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \mu$.

III.3.1.5 Amplitude et fréquence

En vous reportant à la **figure (III -7)** : suivante, remarquez l'axe t (temps) qui représente la droite que la plume tracerait si la masse était immobile. L'axe d (déplacement) représente, quant à lui, la position de la masse en un temps donné.

III.3.1.5.1 Intensité et fréquence

Selon le type et la nature de vibration, et selon le moyen de mesure, elle peut être mesurée en amplitude (distance linéaire ou angulaire), puissance ou valeur efficace par rapport à une référence (décibel), fréquence (Hertz), etc.

III.3.1.5.2 Définition de l'amplitude, de la période, de la fréquence

Maintenant, à partir d'une même courbe, définir l'amplitude d'un signal, puis sa période et enfin en déduire sa fréquence.

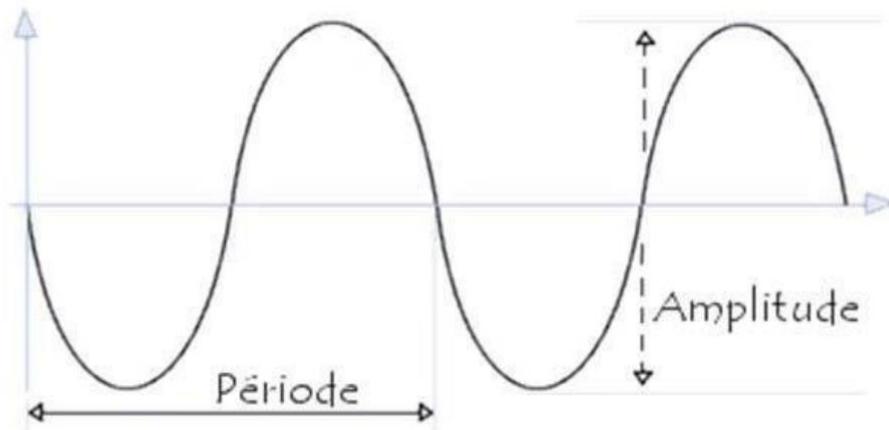


Figure III.7 l'amplitude, de la période, de la fréquence.

III.3.1.5.3 Amplitude et période

Un phénomène est dit périodique s'il se reproduit avec les mêmes caractéristiques. La fréquence est le nombre de fois où un phénomène va être observé durant une unité de temps fixée. La période est l'inverse de la fréquence. On note : $T = 1/f$. [16]

Si l'unité de temps choisie est la seconde, la fréquence sera mesurée en hertz (Hz).

III.3.2 Diagnostic des huiles

Introduction

Les lubrifiants en service dans les installations industrielles et les moteurs sont soumis à des phénomènes de dégradation et de contamination qui évoluent dans le temps et les rendent inaptes à leur emploi.

Il est également possible de surveiller régulièrement les lubrifiants en service, afin de ne les remplacer que lorsqu'ils présentent des niveaux de dégradation et de contamination trop importants. Dans ce cas, les analyses mises en œuvre pour suivre les caractéristiques de l'huile fournissent aussi des informations utiles sur le fonctionnement des machines et leur usure.

III.3.2.1 Fonctions des lubrifiants

- Diminuer les frottements et les résistances passives dans les machines.

- Protéger les organes lubrifiés contre les diverses formes de corrosion et d'usure.
- Évacuer la chaleur produite dans les moteurs ou lors de l'usinage, favoriser l'équilibre thermique des machines.
- Améliorer l'étanchéité vis-à-vis des gaz, des liquides ou des poussières.
- Éliminer les impuretés et les débris d'usure.
- Transmettre de l'énergie ou de la chaleur.
- Assurer l'isolation électrique.
- Améliorer l'état de surface des pièces usinées.....

III.3.2.2 Classification des huiles

III.3.2.2.1 Classification des huiles industrielles

a) Les huiles machines

Selon la taille de la machine, on utilise des huiles différentes, par exemple les huiles spinales utilisées pour les mécanismes de précision (horlogerie, machine à coudre...)

b) Les huiles isolantes

Elles sont utilisées dans les domaines électriques pour certains condensateurs ainsi que pour les interrupteurs ou les disjoncteurs et les transformateurs. Ce sont en générale des huiles de type SPINDLE, avec un indice de viscosité très faible.

c) Les huiles de coupe

Utilisée pour les travaux des métaux.

d) Autres huiles industrielles

Il existe d'autres huiles industrielles telles que les huiles hydrauliques, les huiles turbines, l'huile caloporteur, les huiles pour compresseur à air et les huiles de rinçage.

III.3.2.2.2 Classification des huiles finies selon leurs viscosités

Pour mesurer les caractéristiques et performances des normes. Les performances d'une huile sont testées puis homologuées par des organismes internationaux :

➤ Classification ISO

Elle classe les huiles à partir de leur viscosité. La désignation normalisée est la suivante : **ISO VG (Viscosité Grade)** suivi d'un nombre précisant la viscosité cinématique exprimée en Centistoke à **40° C**.

➤ Classification SAE

La SAE classe les huiles motrices en fonction de leur viscosité.

On distingue deux catégories, c'est à dire les "huiles d'été" indiquées par les chiffres SAE 20,30,40,50 et les huiles dites "d'hiver" indiquées par SAE 0W,5W,10W,20W et 25W ces derniers (huiles d'hiver") se réfèrent surtout au pouvoir pour procurer des résultats satisfaisants au démarrage à froid. Les huiles d'été toujours à 100° C, et les huiles d'hiver à des températures plus basses.

➤ **Classification AGMA**

L'AGMA établit divers tableaux de classification et spécifications de lubrifiants pour engrenages industriels tels que la catégorie FODDA fabriquée par la raffinerie d'ARZEW.

III.3.2.3 Surveillance et maintenance des lubrifiants

Les opérations de surveillance des lubrifiants consistent à effectuer des prélèvements représentatifs de la charge de lubrifiant en service dans le circuit, et à les faire analyser afin de déterminer les niveaux de dégradation et de contamination. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus lors de l'analyse des prélèvements antérieurs (fluide neuf et en service), afin d'en suivre l'évolution. Si ces niveaux demeurent dans des limites acceptables, le lubrifiant est maintenu en service. Si au contraire, ces niveaux s'écartent des limites admises, il faut, après vérification éventuelle, procéder au remplacement de la charge d'huile, à moins qu'il soit possible d'intervenir pour corriger les anomalies observées par des actions de maintenance adaptées).

III.3.2.4 Les méthodes d'analyse des lubrifiants

Les lubrifiants en service peuvent subir deux types d'altérations, des altérations par des corps étrangers (contamination des lubrifiants) et des altérations produites dans le lubrifiant lui-même (dégradation des lubrifiants). De là on peut déduire deux types d'analyses des lubrifiants

III.3.2.4.1 Analyse de la contamination des lubrifiants

La contamination du lubrifiant provient de particules d'usures des pièces internes mais aussi de l'eau et de particules solides en provenance de l'extérieur du système lubrifié. Ces particules solides ou ces fluides étrangers sont souvent à l'origine d'usures anormales.

➤ **Analyse de la contamination par les solides**

Parmi les méthodes de la contamination solide les plus utilisées l'analyse de comptage des particules solides

Cette analyse permet de surveiller les dimensions et les quantités de particules contaminants solides dans les huiles hydrauliques. L'analyse procure des informations essentielles pour utiliser un fluide dans les circuits exigeants des produits exempts de polluants solides.

Les particules contaminantes sont établies selon le code **ISO 4406**. Si l'échantillon contient plus de 300 ppm d'eau (c'est-à-dire l'équivalent de 0,3 % d'eau présent dans l'échantillon), ce test ne peut être effectué. Les méthodes employées (en laboratoire) sont des comptages au microscope et automatique.

III.3.2.4.2 Analyse de la dégradation des lubrifiants (analyse physico-chimique)

L'analyse de la dégradation de l'huile s'intéresse aux propriétés des caractéristiques physico-chimique et moléculaires du lubrifiant.

Les principes caractéristiques physico-chimiques d'un lubrifiant

➤ **Aspect visuel (ou limpidité)**

C'est un teste visuel effectuer sur l'huile pour détecter la présence de corps en suspension, poussière, humidité (trouble), l'huile doit toujours être limpide.

➤ **Masse volumique**

La densité ne peut être considérée comme une caractéristique d'identification du lubrifiant. Un important changement de densité dans sens décroissant indique une dilution et par contre un accroissement indique une pollution par l'eau. La masse volumique des huiles minérale varie de 0.85 à 0.95 kg/m³.

➤ **Viscosité**

La viscosité c'est la mesure de frottement interne du fluide, elle diminue lorsque la température augmente.

➤ **Indice de viscosité**

Il caractérise le comportement de la viscosité en fonction de la température. Les huiles dont l'indice de viscosité est élevé ont de faibles variations de viscosité.

➤ **Point éclair**

C'est la température à laquelle un mélange de vapeur d'huile et d'air prend feu au contact d'une flamme, c'est le point d'inflammabilité. Pour une huile neuve, il varie de 180 °C à 250 °C.

➤ **Desemulsibilite**

Capacité de séparation des composants d'une émulsion (par exemple : l'eau et l'huile).

➤ **Indice d'acide Total (TAN)**

L'indice d'acide total est utilisé pour des lubrifiants dont le temps de service est élevé et permet de vérifier le niveau d'acidité du lubrifiant, de déterminer l'oxydation de l'huile, la présence de contaminants et la dépréciation des additifs. Il est mesuré suivant les normes NF T 60-112 et **ASTM D664**. Dans le cas où l'acidité deviendrait très importante et donc corrosive, l'indice d'acidité total devient un déclencheur de vidange.

➤ **Indice de base Total (TBN)**

Permet de vérifier la réserve d'alcalinité de l'huile selon norme **ASTMD 2896**. Ce contrôle permet d'apprécier la faculté du produit à rester en service et de vérifier l'aptitude du lubrifiant à neutraliser l'acidité continue dans l'huile devenant corrosif pour les éléments métalliques de l'organe lubrifié.

Conclusion :

L'analyse d'huile permet de connaître l'état de l'huile mais surtout l'état de la machine. Et les données de l'analyse d'huile peuvent être une source inestimable d'information complémentaire à l'analyse vibratoire.

III.3.3 Diagnostic par l'analyse thermique

Introduction

Tous les objets placés à une température supérieure au degré absolu ($0^{\circ}\text{k}-273^{\circ}\text{C}$) émettent de l'énergie sous forme de rayonnements électromagnétiques dont les longueurs d'onde sont dans la majorité des cas en dehors du spectre visible.

La plus grande partie de la puissance rayonnée se situe dans le domaine infrarouge dans une gamme de longueurs d'onde $1\ \mu\text{m} < \lambda < 100\ \mu\text{m}$. L'intensité et la longueur d'onde dépendent de la température et de l'état de surface du corps considéré.

La puissance rayonnée par un corps à une température T se transmet à un autre corps qui absorbe, transmet et réfléchit tout ou une partie du flux émis par le corps émetteur. Deux types de signature des températures sont utilisées en diagnostic industriel : les mesures de température par contact et sans contact.

III.3.3.1 Mesure de température par contact

Les signatures thermiques sont fournies par des capteurs qui peuvent être des thermocouples et des sondes à résistances, fixés directement sur les parties des matériels à

surveiller. Ces signatures temporelles contiennent des informations fréquentielles qui dépassent rarement quelques Hz. Les gammes de température ainsi mesurées dépassent rarement 1000°C.

III.3.3.2 Mesure de température sans contact

Les signatures thermiques sans contact sont basées principalement sur la détection du flux infrarouge émis par la partie du matériel à surveiller. Le principe des détections infrarouge repose sur la conversion du flux infrarouge en un signal électrique à l'aide des détecteurs thermiques ou quantiques. Les mesures de température peuvent être ponctuelles ou globales sous la forme d'image infrarouge. Parmi les très nombreuses technologies disponibles, les plus utilisées sont les suivantes :

- Les pyromètres et radiomètres qui donnent des mesures ponctuelles.
- Les scanners de ligne qui donnent une ligne de mesure d'environ 100 points.
- Les caméras infrarouges qui fournissent une image bidimensionnelle traitée ensuite par la technique dite 'fausses couleurs'.

III.4 Les principaux défauts des machines tournants :

III.4.1 Introduction :

Les défauts vibratoires des machines tournantes sont tellement complexes, qu'il est très difficile de faire un diagnostic sans connaître les symptômes vibratoires associés à chaque défaut (images vibratoires induites par ces défauts). Ainsi, pour maîtriser les pannes, il faut savoir les identifier et mesurer leur incidence. IL convient ensuite de les analyser et rechercher sur un effet constate, la cause d'une défaillance.

III.4.2 Reconnaissance des principales anomalies [17]

Tableau III- 1: Reconnaissance des défauts.

Type d'anomalie	Vibration		Remarques
	Fréquence	Direction	
Tourbillon d'huile	De 0.42 à $0.48 \times f_{rot}$	Radiale	Uniquement sur paliers lisses Hydrodynamique à grande vitesse
Balourd	$1 \times f_{rot}$	Radiale	Amplitude proportionnelle à la vitesse de rotation. Déphasage de 90° sur 2 mesures orthogonales
Défaut de fixation	$1, 2, 3, 4 \times f_{rot}$	Radiale	Aucun déphasage sur 2 mesures orthogonales
Défaut d'alignement	$2 \times f_{rot}$	Axiale et radiale	Vibration axiale est en général plus importante si le défaut d'alignement comporte un écart angulaire
Excitation électrique	$1, 2, 3, 4 \times 50 \text{ Hz}$	Axiale et radiale	Vibration disparaît dès coupure de l'alimentation
Vitesse critique de rotation	Fréquence critique du rotor	Radiale	Vibration apparaît en régime transitoire et s'atténue ensuite
Courroie en mauvais état	$1, 2, 3, 4 \times f_p$	Radiale	
Excitation hydrodynamique	Fréquence de passage des aubes	Radiale et axiale	
Détérioration de roulement	Hautes fréquences	Radiale et axiale	Ondes de choc dues aux écaillages. Aide possible par «détection d'enveloppe »

f_{rot} = fréquence de rotation.

f_p = fréquence de passage de la courroie.

III.4.3. Principaux défauts dans les machines tournantes :

III.4.3.1 Déséquilibre - Défaut de balourd [18] :

Le problème le plus souvent rencontré dans le domaine de fabrication des rotors des machines tournantes, est qu'on ne peut obtenir une concentricité parfaite des centres de gravité de chaque élément constitutif du rotor. Car des erreurs inévitables peuvent se produire lors de l'usinage, l'assemblage et du montage de ce dernier.

La conséquence de ce phénomène, est l'apparition de forces centrifuges qui déforment le rotor. Ainsi qui induit une altération mécanique et thermique.

III.4.3.1.1. Différents types de balourd :

➤ **Balourd statique :**

Dans le cas de balourd statique les deux paliers supportant le rotor vont subir en même temps l'effort centrifuge du haut des équilibres. Il n'y aura donc aucun déphasage entre les mesures prises au même point, sur les deux paliers.

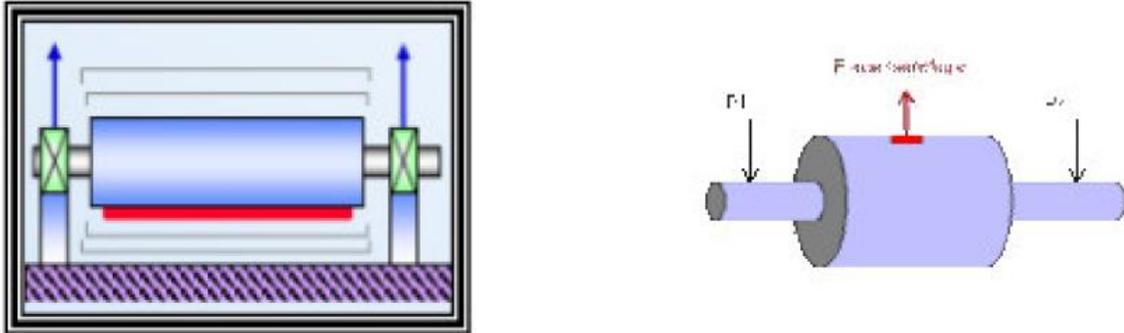


Figure III - 7: Balourd statique.

➤ **Balourd de couple :**

Dans le cas de balourd de couple les deux paliers supportant le rotor vont subir les efforts centrifuges de façon alternée.

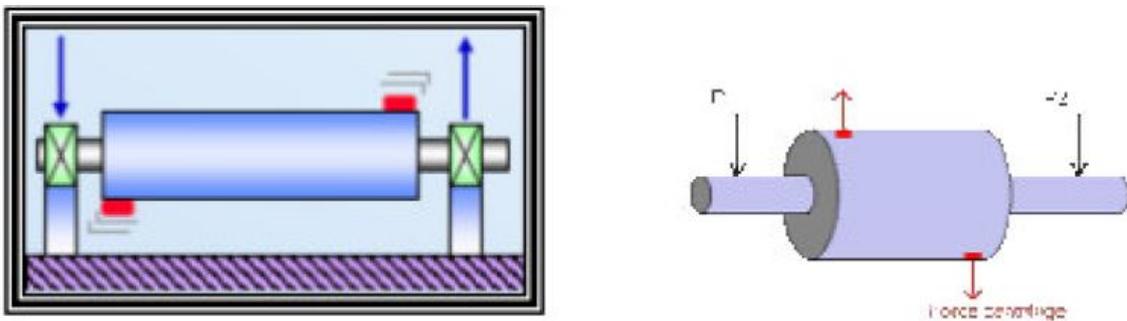


Figure III - 8: Balourd De couple.

➤ **Balourd dynamique :**

C'est une combinaison des premiers, il correspond au cas réel le plus fréquent.

III.4.3.1.2. Représentation spectrale d'un balourd :

Pour toute machine, il existe donc un déséquilibre résiduel (normal ou anormal) qui va se traduire sur le spectre vibratoire par la présence d'une composante d'amplitude prépondérante à la fréquence de rotation de rotor.

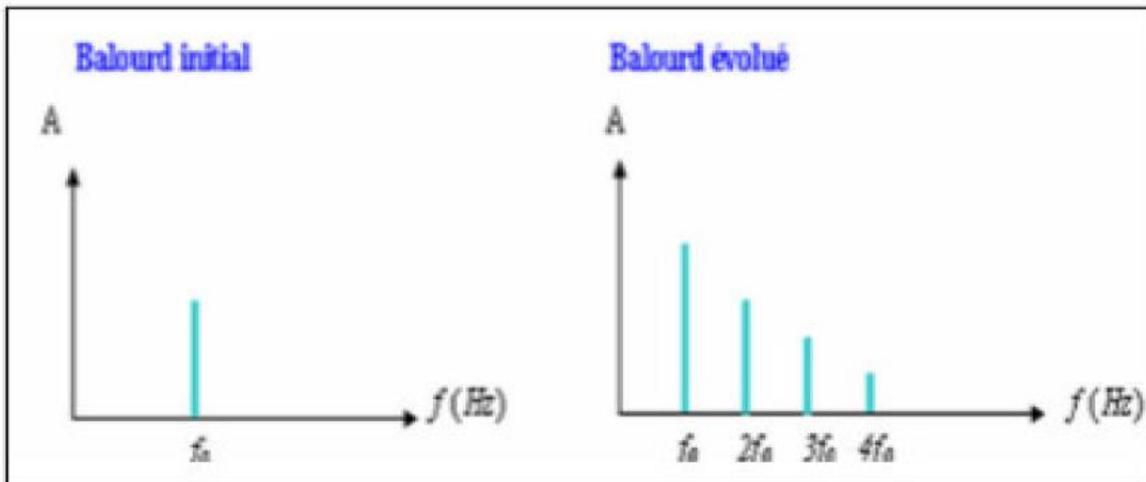


Figure III - 9: image vibratoire d'un défaut de balourd

III.4.3.2 Défaut d'alignement-flexion du rotor :

Parmi les principales causes de détérioration des machines on peut citer le défaut d'alignement, car il engendre des efforts importants au niveau des paliers et des accouplements.

III.4.3.2.1. Les types de défauts d'alignement :

➤ Défaut de désalignement angulaire :

Désalignement angulaire est observé lorsque les axes des arbres sont dans le même plan mais non parallèles [18].

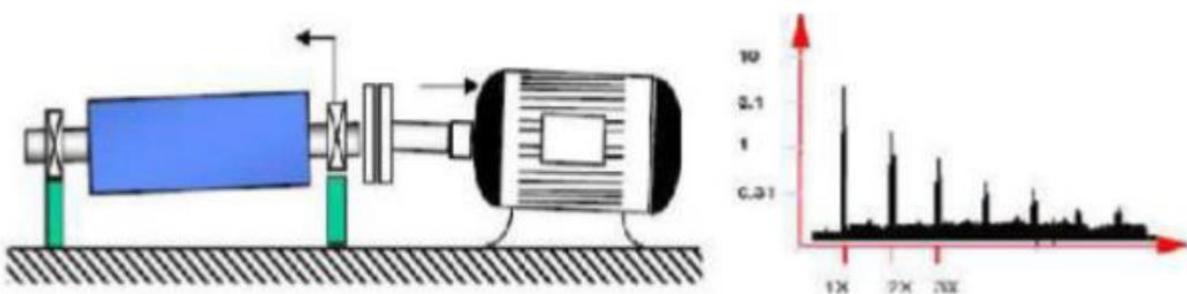


Figure III - 10: Désalignement angulaire.

➤ Défaut de désalignement axial :

Désalignement axial : il se produit lorsque les axes des arbres sont parallèles mais ne Coïncident pas.

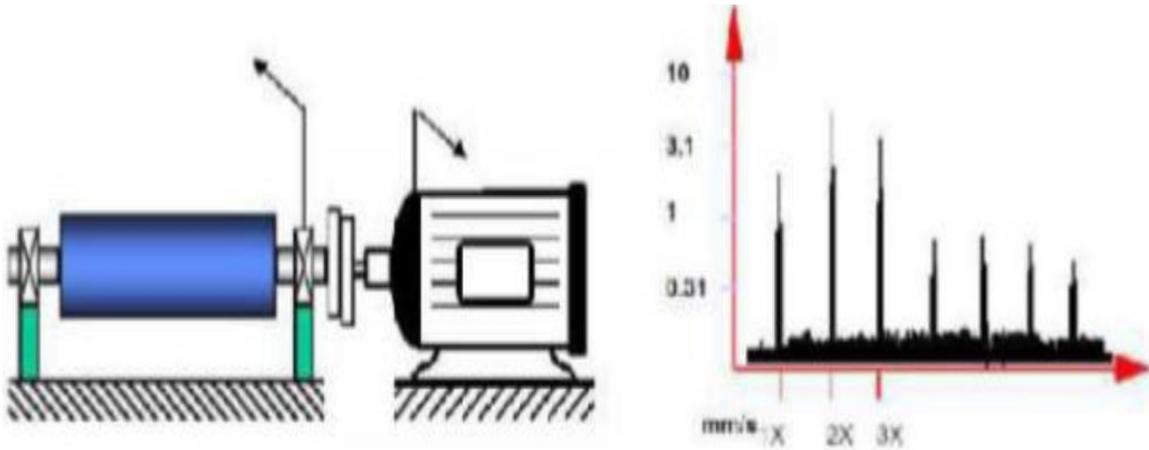


Figure III - 11: Désalignement axial (radial).

III.4.3.2.2. Représentation spectrale :

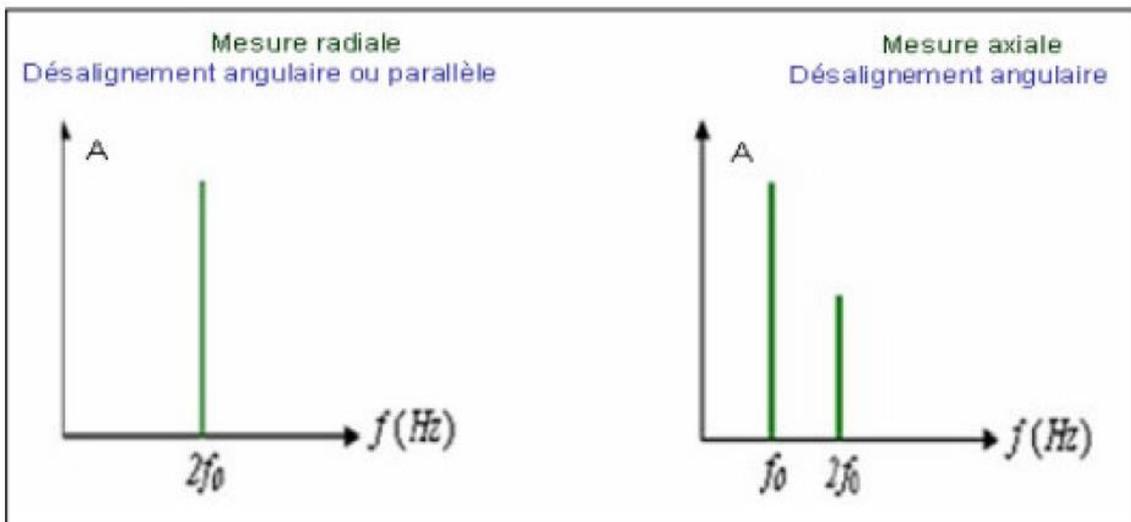


Figure III - 12: image vibratoire d'un défaut de balourd

III.4.3.3 Défaut de paliers lisses [19] :

Dans un palier hydraulique, l'arbre est porté par un film d'huile sous pression. Sous l'effet de la rotation, l'axe de l'arbre a une position d'équilibre. Par rapport à l'axe de palier ; cette position est définie d'une part ; par la distance entre les axes (de l'arbre de palier) et d'autre part, par l'angle d'attitude (angle forme par la droite qui relie les centres et pas la direction de la charge). La position d'équilibre est donnée par

- Le poids du rotor
- La force liée à la pression et des caractéristiques de l'huile.
- La charge de la machine.
- La vitesse de rotation.

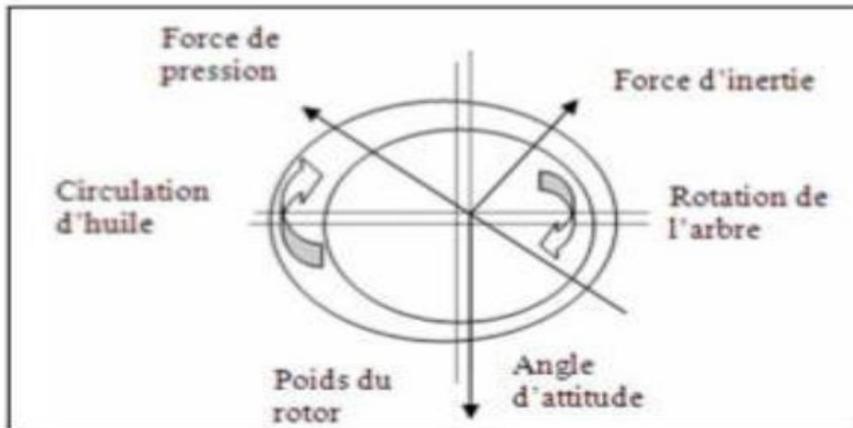


Figure III - 13: les contraintes sur un plan lisse.

Il s'agit des défauts de type :

➤ **Tourbillon d'huile**

Se produisant à une fréquence dépendante de la vitesse de l'huile dans le palier ; de 0.42 à 0.48 fois la fréquence de rotation de l'arbre.

➤ **Fouettement d'huile :**

Lorsque la fréquence de précession dépendante de la vitesse de l'huile (0.42 à 0.38 fois la fréquence de rotation) coïncide ou est supérieure à la fréquence de l'arbre. Ce dernier défaut, extrêmement grave peut entraîner des dégradations rapides et catastrophiques pour la machine.

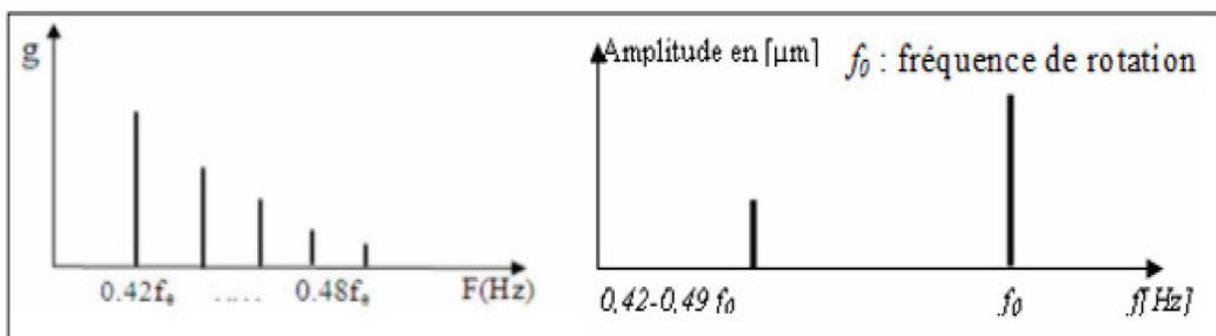


Figure III - 14: image vibratoire d'un fouettement d'huile Fig. III.16. : image vibratoire d'un tourbillon d'huile

III.4.3.4 Défauts spécifiques aux turbines :

Ces défauts sont de trois types :

- Défaut lié à la fréquence de passage des aubes ;
- Défauts liés au phénomène de turbulence ;
- Défauts liés au phénomène de cavitation.

III.4.3.4.1. Défaut lié à la fréquence de passage des aubes : [20]

La fréquence de passage des aubes est définie par : $F_a = N_a f_0$

Avec : f_0 : fréquence de rotation du rotor ;

N_a : nombre de la machine

On observe une amplitude trop importante à la fréquence de passage des aubes et de ses harmoniques si : l'entrefer entre les aubes en rotation et les aubes du diffuseur n'est pas constant ;

- F_a coïncide avec une fréquence propre de la structure ;
- Des aubes se sont légèrement décalées sur leur support ou si elles n'ont pas l'orientation voulue ;
- Des aubes de la turbine ou du diffuseur sont corrodées ou fissurées ;
- Le flux est perturbé par une déformation ou obstruction de conduite

III.4.3.4.2. Défaut lié au phénomène de turbulence :

Des structures apparaissent lorsqu'il y a de la pression ou de la 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.

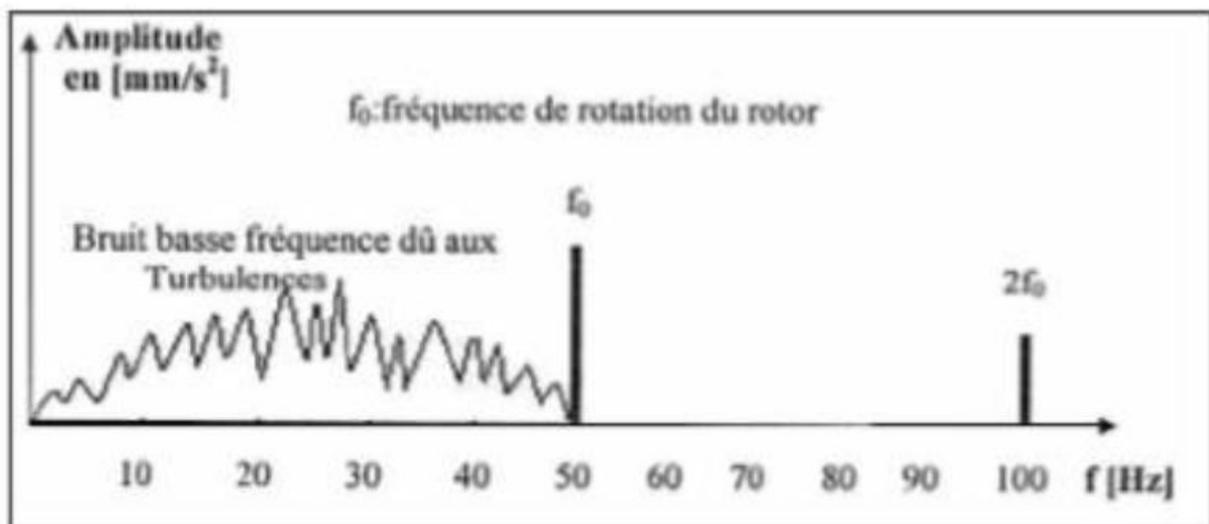


Figure III - 15: Image vibratoire du phénomène de turbulence.

III.4.3.4.3. Défaut lié au phénomène de cavitation :

Le phénomène de la cavitation présente dans les écoulements de liquide par la formation de petites bulles d'air dues à une baisse de pression trop brusque. La cavitation a un bruit caractéristique : on entend une série de chocs comme si des pierres passaient à travers la turbine, la cavitation provoque à long terme une érosion sur les aubes des turbines

Sur le spectre la cavitation présente un bruit de large bande parfois superposée un la fréquence de passage des aubes pouvant s'étaler de 2 000 HZ à 10 000 HZ.

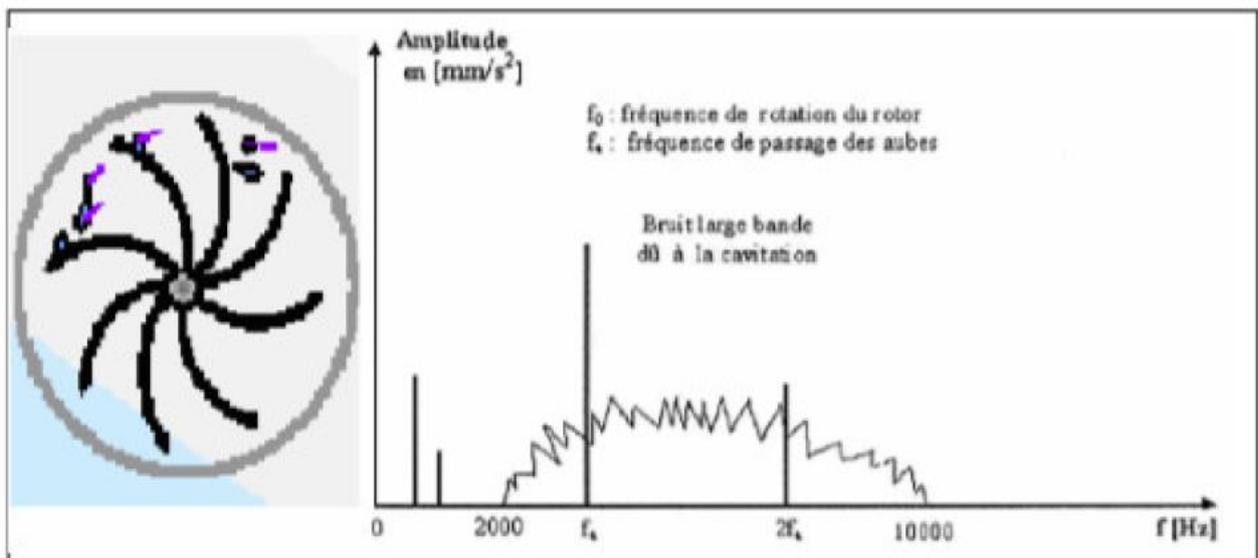


Figure III - 16: Défaut et image vibratoire du phénomène de cavitation

III.4.3.5 Défauts de transmission par courroies :

Le principal défaut rencontré sur ce type de transmission est lié à une détérioration localisée d'une courroie (partie arrachée, défaut de jointure, ...) impliquant un effort ou un choc particulier à la fréquence de passage de ce défaut (f_c), telle que :

$$f_c = \left(\frac{\pi d}{L}\right) \times f_{rot}$$

Avec :

L : la longueur de la courroie.

fort : la fréquence de rotation de la poulie de diamètre d.

f_c : la fréquence de passage de la courroie (au glissement près).

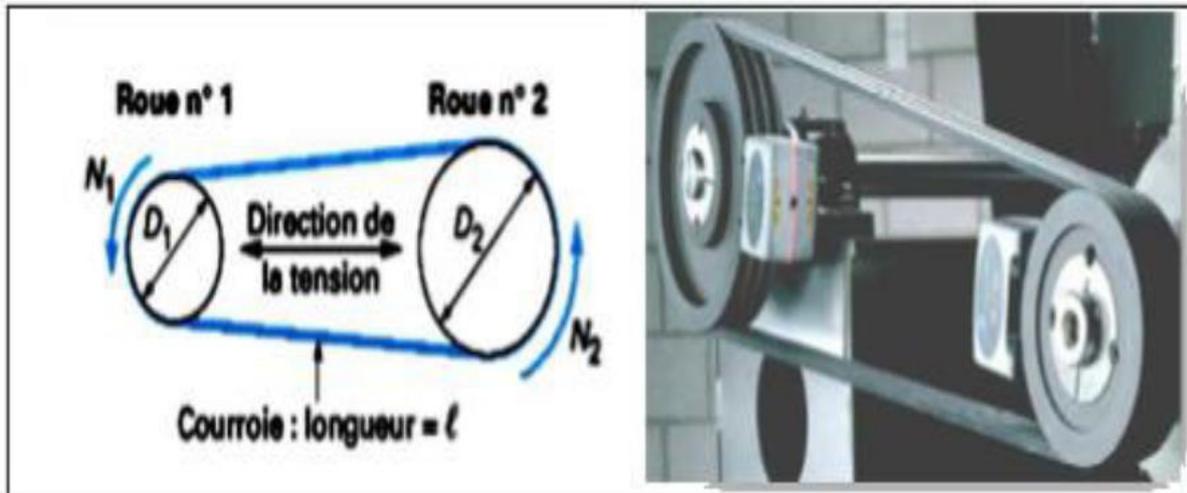


Figure III - 17: Transmission par courroies.

III.4.3.5.1 Représentation spectrale :

L’image vibratoire donne donc un pic d’amplitude importante a la fréquence de passage des courroies, ou ses harmoniques.

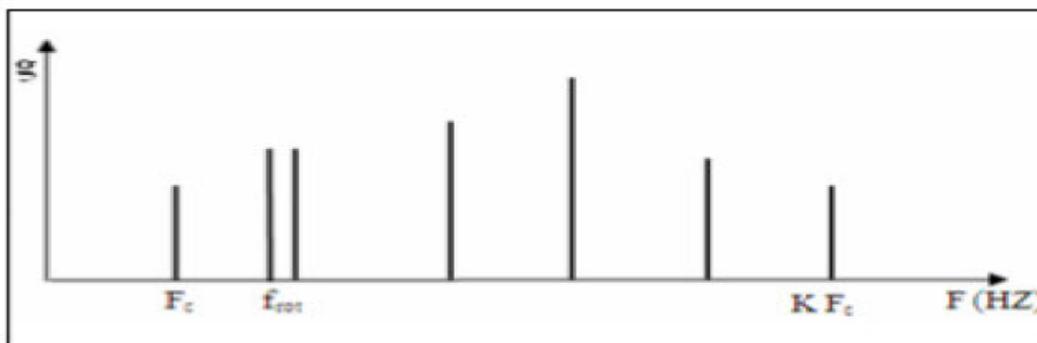


Figure III - 18: l’image vibratoire d’un défaut d’alignement d’une courroie.

III.4.3.6 Défauts des roulements :

Les roulements sont une des parties les plus sollicitées des machines et une cause de panne fréquente. Le tableau suivant représente les défauts des roulements.

Tableau III- 2: Défauts des roulements.

Les causes	Les conséquences
Défauts de lubrification	Usure adhésive grippage
Chocs et sur charges	Déformations rupture
Phénomènes de corrosion	Corrosion de contact
Pinètrations des particules dures	abrasion

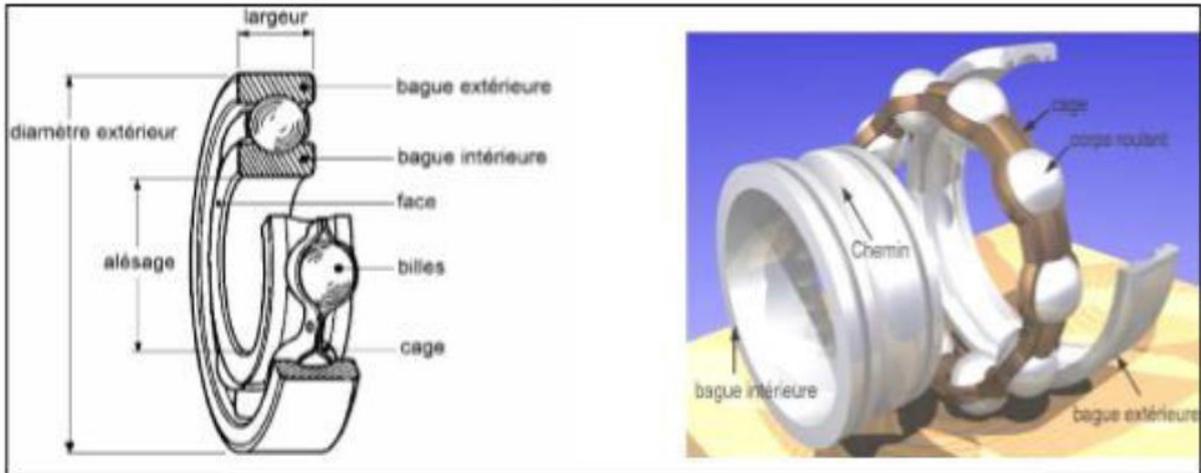


Figure III - 19: Éléments composant un roulement à billes

III.4.3.6.1. Cinématique :

La géométrie des roulements permet de déterminer leurs fréquences caractéristiques de défauts ; Les données de base sont :

- d_b : diamètre des éléments roulants.
- D_i : Diamètre du chemin de roulement de la bague interne.
- D_e : Diamètre du chemin de roulement de la bague externe.
- B : L'angle de contact des éléments roulants (en degrés)
- n : nombre de billes (ou de rouleaux).
- N : vitesse de rotation de l'arbre.
- D_m : Diamètre moyen du roulement, avec

$$D_m = \frac{D_i + D_e}{2}$$

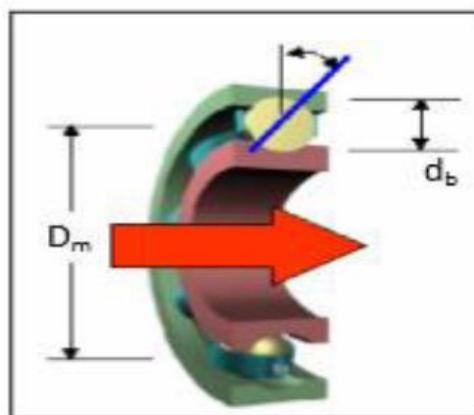


Figure III - 20: Géométrie de roulement.

III.4.3.6.2. Ces éléments permettent d'établir :

Tableau III- 3: Les fréquences de différents défauts des roulements.

✗ Fréquence caractérise un défaut sur bague externe :	$f_e = \frac{n \cdot N}{2 \cdot 60} \cdot \left(1 - \frac{d_b}{D_m} \cdot \cos \beta\right)$
✗ Fréquence caractérise un défaut sur bague interne :	$f_i = \frac{n \cdot N}{2 \cdot 60} \cdot \left(1 + \frac{d_b}{D_m} \cdot \cos \beta\right)$
✗ Fréquence caractérise un défaut sur bille :	$f_b = \frac{D_m \cdot N}{d \cdot 60} \cdot \left(1 - \frac{d_b^2}{D_m^2} \cdot \cos^2 \beta\right)$
✗ Fréquence caractérise un défaut sur cage :	$f_c = \frac{N}{2 \cdot 60} \cdot \left(1 - \frac{d_b}{D_m} \cdot \cos \beta\right)$

III.4.3.6.3. Représentation du spectre temporel de défaut de roulement :

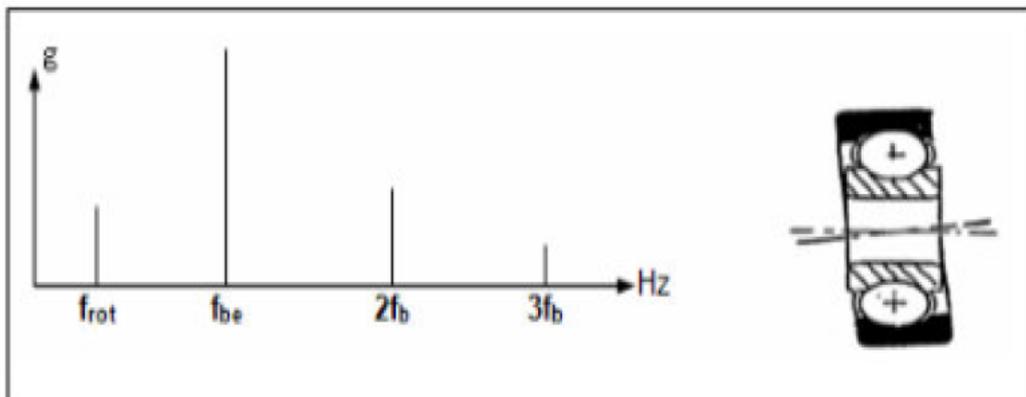


Figure III - 21: Déversement de bague externe.

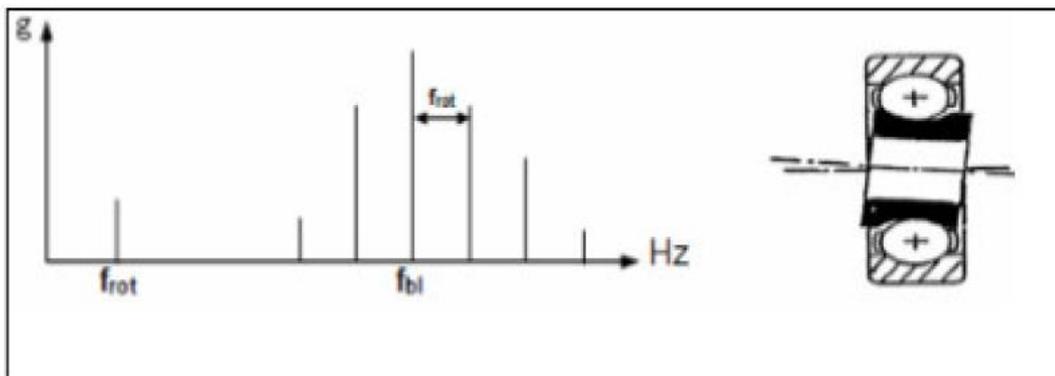


Figure III - 22: Déversement de bague interne.

- Résumé :

Les compétences d'un expert en surbrillance et diagnostic de machines sont essentielles pour définir les techniques de traitement du signal spécifiques adoptées à chaque type d'installation. Ainsi, la fiabilité du diagnostic repose essentiellement sur une bonne connaissance des défauts. C'est pourquoi la première démarche d'une action de surveillance est de rechercher quels sont les incidents les plus fréquemment rencontrés sur la machine à surveiller, comment ils se manifestent et quelle est leur signature.

III.5 Introduction au partie expérimentale :

La turbine est une machine stratégique de la centrale de Cap-Djinet. Tous les problèmes l'affectant entraîne une perturbation de la production, pour cette raison, il est obligé du mettre cette dernier dans des conditions appropriées pour un maximum de disponibilité pour l'intérêt de production de l'électricité.

Il faut faire des révisions systématiques, ces révisions sont périodiques faites par des systèmes de surveillance qui permet de maintenir le groupe en bonne état de fonctionnement avec une plateforme bien organisée pour les interventions et les révisions.

III.5.1. Les normes de surveillance :

Dans la surveillance il y'a des normes à suivre :

Les zones d'évaluation suivantes permettent de juger les vibrations d'une machine tournante à vitesse nominale dans des conditions usuelles de fonctionnement permanent et de déterminer les éventuelles mesures requises.

Tableau III- 4: Les zones d'évaluation selon des zones.

Zone A	Les vibrations des machines nouvellement en service se placement normalement dans cette zone.
Zone B	Les machines dont les vibrations se situent dans cette zone sont normalement considérées comme acceptables pour un service de longue durée sans la moindre restriction
Zone C	Les machines dont les vibrations se situent dans cette zone sont normalement considérées comme ne convenant pas pour un service de longue durée. En général, la machine peut fonctionner dans ces conditions pendant une durée limitée, jusqu'à ce que l'occasion se présente pour

	prendre les mesures correctives qui s'imposent.
Zone D	Les valeurs de vibrations constatées dans cette zone sont normalement considérées comme suffisamment importantes pour endommager la machine.

III.5.1.1 Vibration relative selon la Norme ISO 7919-4 :

Tableau III- 5: Classement des vibrations selon le danger d'après la Norme ISO 7919-4

Limites des zones Pour n = 3000 tr/min	Valeurs de crête des vibrations relatives D'arbre en um selon DIN ISO 7919-4
Zone A	< 90
Zone B	> 90 < 165
Zone C	> 165 < 240
Zone D	> 240

III.5.1.2. Vibrations Absolues selon la Norme ISO10816-4 :

Tableau III- 6: Classement des vibrations selon le danger d'après la norme ISO 10816-4

Limites des zones Pour n = 3000 tr/min	Valeurs efficaces des vibrations absolues de corps de palier en mm/s selon DIN 10816-4	Valeur pour la turbine à gaz [mm/seff]
Zone A / B	3.8	4.5
Zone B/C	7.5	9.3
Zone C/D	11.80	14.7

III.6. Conclusion :

Ce présent chapitre nous avons effectué une présentation globale des différents types d'analyse des endommagements mécaniques des machines tournantes qui sont : l'analyse vibratoire qui est largement utilisée, l'analyse d'huile et en fin l'analyse thermique infrarouge. De même nous avons fait brèves définitions sur le fonctionnement ainsi que les différents types de la maintenance existants

CHAPITRE IV
ETUDE TECHNOLOGIQUE
DE LA POMPE DE
CIRCULATION D'EAU DE
MER (VC)

IV. CHAPITRE IV : ETUDE TECHNOLOGIQUE DE LA POMPE DE CIRCULATION D'EAU DE MER (VC)

IV.1. Introduction

La pompe de circulation d'eau de mer de refroidissement et une pompe semi – axial, elle est entreposée verticalement. Elle sert à aspirer l'eau de mer par coudes d'aspiration en béton armé pour le refroidissement des condenseurs.

Il existe 8 pompes principales de circulation dans la station de pompage, chacune des pompes assure un débit de 3,6 m³/ sec. L'eau de mer passe par une station de filtrage, il est filtré en deux étapes (grille à grappin et un tambour filtrant)

IV.2. But de la pompe de circulation d'eau de mer

- aspire l'eau de mer.
- Refoule l'eau à une pression moyenne.
- Assure un débit d'eau 3.6 m³ / sec

IV.3. Caractéristiques de la pompe de circulation d'eau de mer

- Fabricant : RIVA CALZONI, S.P.A.- MILAN.
- Type : semi - axial.
- Débit : 3.6 m³ / s.
- Vitesse de rotation : 423 R.P.M (tr / min).
- Pression de service : 3.2 Kg / cm². Puissance 576.6 KW.
- Poids : 10000 Kg.
- Hauteur : 13.8 m.
- Nombre des étages : 1.
- Fluide : eau de mer.
- Température : 25°C.
- Débit d'eau de circulation (50%) : 13000 m/h.

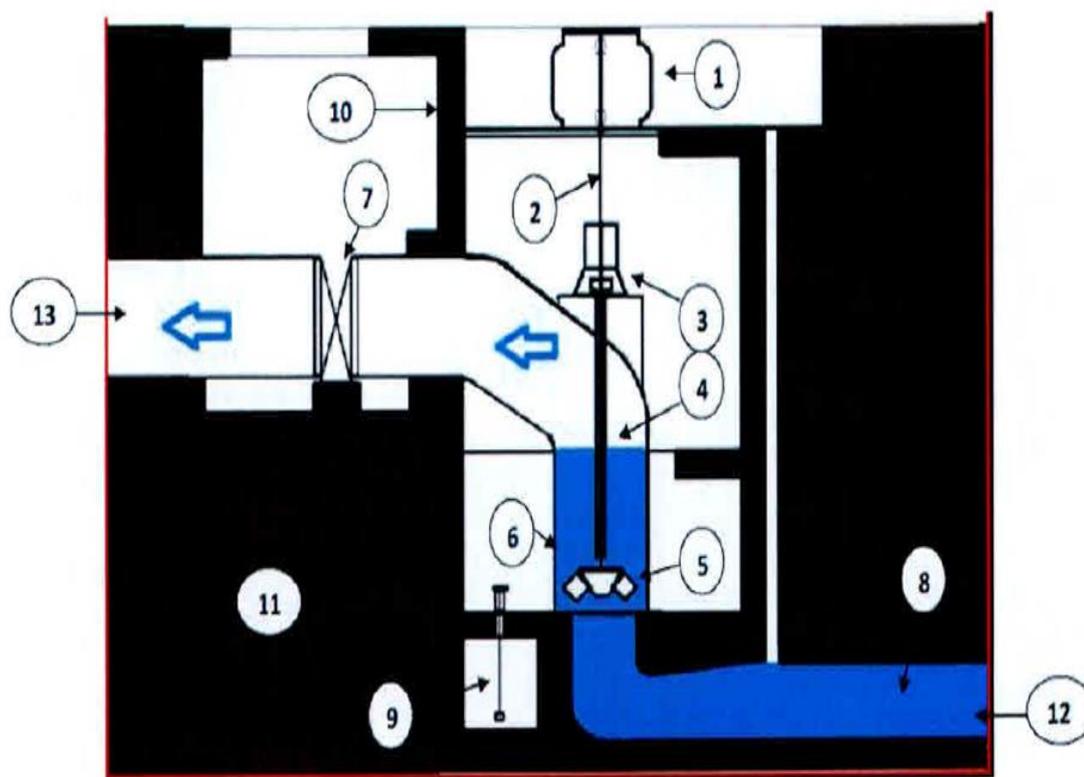


Figure IV- 1: schéma d'emplacement de la pompe

Tableau IV- 1: nomenclature du schéma d'emplacement de la pompe

Désignation	Nom
1	Moteur
2	Arbre
3	Support combine
4	Corps redresseur
5	Roué
6	Corps de la pompe
7	Vanne papillon
8	Tuyauterie d'eau de mer
9	Réservoir de fluide d'eau
10	Mur en béton arme
11	La terre
12	L'aspiration
13	Refoulement

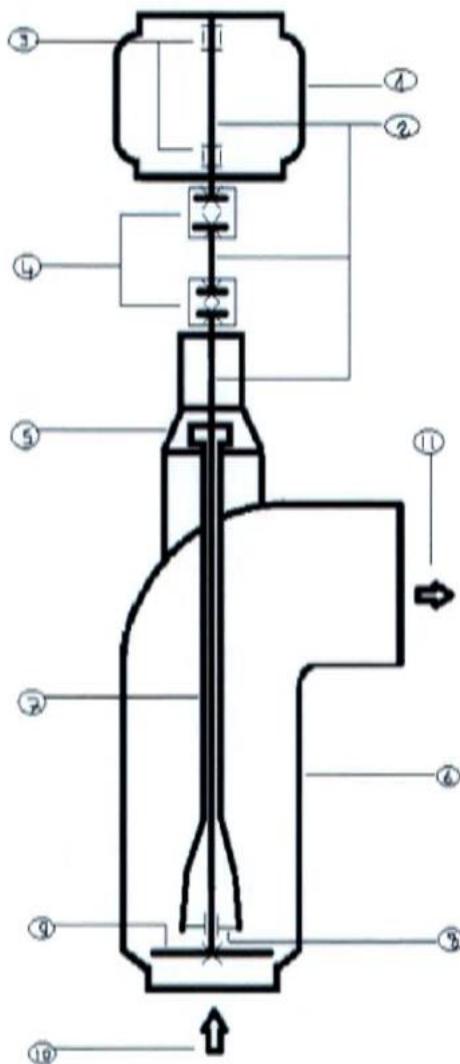


Figure IV- 2Chaîne cinématique de la pompe de circulation

Tableau IV- 2: nomenclature du chène cinématique

1	Moteur
2	Arbre
3	Roulement
4	Accouplement rigide
5	Palier combiné
6	Corpos redresseur
7	Corpos redresseur
8	Palier de guide avec coussinet
9	Roue
10	Aspiration eau de mer
11	Refoulement

IV.4. Constitution de la pompe de circulation d'eau de mer

La pompe de circulation est une pompe semi-axiale conçue pour aspirer l'eau de mer pour le refroidissement du condenseur. Elle est couplée avec un moteur de 6.3KV qui entraîne la pompe. Les principaux composants de cette pompe sont :

IV.4.1. Corps de la pompe

Le corps de la pompe est constitué de deux parties, pour plus de commodité de fabrication.

La partie supérieure du corps extérieure de la pompe est une construction de tôle soudée avec bride pourvue d'un pied d'appui latéral de réaction. Sur la partie supérieure se trouvent fixé le corps du redresseur, le côté refoulement de la pompe est connecté avec le coude de refoulement scellé au moyen du joint de dilatation.

La partie inférieure du corps extérieure de la pompe, c'est une construction en acier avec bride, bague d'appui et d'étanchéité, et fabrique de façon à contenir le siège de la couronne et le redresseur. Dans la partie inférieure à l'endroit du siège de la couronne, il-y a deux trous taraudés, fermés avec des bouchons, à travers lesquels on peut introduire de l'eau sous pression pour facilite le démontage du siège de la couronne du diffuseur, en cas de besoin.

Les deux parties du corps extérieures de la pompe ont été assemblées dans l'usine de façon complétée avec leurs garnitures, bloquée moyennant des boulons et des brides d'union ont été fixées avec des points de soudure, de façon à ce qu'il en résulte un corps unique inséparable.

Le corps extérieur de la pompe avec sa garniture est monté sur la bague d'ancrage et fixé moyennant les états.

Une prise à bride et également prévue sur le corps extérieur, pour le raccordement de la tuyauterie de l'eau de mer qui aboutit à l'échangeur de chaleur du poste de lubrification du support combiné delà pompe [21].



Tableau IV- 3: corps de la pompe

IV.4.2. Corps du redresseur

Le corps du redresseur est réalisé en deux parties, pour commodité de fabrication.

La partie supérieure du corps du redresseur est une construction en tôle d'acier soudée, complète avec carter ou protection de l'arbre avec brides aux extrémités. À l'extrémité supérieure, il y a une bride de blocage au corps extérieur, sur laquelle le bas du support combiné de guide et butée est soudé, l'autre extrémité est accouplée à la partie inférieure du redresseur.

La partie inférieure du redresseur est une construction en tôle d'acier soudée, elle est également pourvue de couronne de renforcement et de raccordement avec le siège de la couronne situé au-dessous.

On a prévu un tuyau soudé pour introduire dans le carter de l'arbre de l'eau filtrée pour lubrifier le palier de guide inférieur de la pompe.

Les deux parties du corps redresseur en étaient jointes en usine avec la garniture avec blocage moyennant des prisonniers.

Les prisonniers en étaient positionnés électriquement, de façon que les deux parties ne puissent ne pas être démontées.

Le bas du support combiné, raidi par des nervures soudées, est pourvu de deux ouvertures pour l'accès à l'étanchéité de l'arbre, pour l'entretien.

Dans la partie supérieure, il y a l'étanchéité de l'arbre et dans la partie inférieure il y a le palier de guide.

Le siège de la couronne complet avec garnitures est également monté dans la Partie inférieure, dument fixé moyennant des vis.

Sur la bride supérieure du corps redresseur, il y a également le siège pour garniture d'étanchéité [21].

IV.4.3. Siège de la couronne

Le siège de la couronne est fondu en une seule pièce en acier usiné de façon que la cote intérieure puisse s'adapter au profil de la couronne, en laissant un certain jeu radial entre la partie tournante et la partie fixe, même dans le cas d'une variation de l'inclinaison des aubes de la couronne.

Le siège de la couronne est bloqué moyennant avec une vis au corps du redresseur, en formant ainsi un corps unique avec ce dernier [21].

IV.4.4. Couronne

La couronne se compose de plusieurs parties en acier inox.

Le moyeu de la couronne fondu en une seule pièce, avec le trou conique, est embrevé sur l'arbre de la pompe avec lequel il est rendu solidaire moyennant une clavette, l'ogive et l'étau avec rondelle de sureté.

Trois trous sont également prévus sur le moyeu, rangés d'une façon opportune comme siège du pivot d'arrêt, pour une nouvelle orientation des aubes, le cas échéant. La couronne complète et équilibrée dynamiquement et démontable. Une clef faite exprès est également fournie avec la machine pour le démontage de l'ogive [21].

IV.4.5. Arbre de la pompe

L'arbre de la pompe est en acier inox forgé en une seule pièce sur lequel les douilles interchangeables d'usure supérieure et inférieure sont montées et bloquées respectivement à l'endroit de l'étanchéité de l'arbre et du palier de guide.

À l'extrémité inférieure conique pourvue d'un trou taraudé pour l'ogive de blocage se trouve la couronne dument embrevée, tandis que le demi - joint d'accouplement est embrevé à l'autre extrémité

Le grain mobile est également monté sur l'arbre au - dessous du demi - joint et dans la rainure faite exprès il y a la bague de correction et de soutien.

À l'extrémité supérieure de l'arbre, on a prévu un trou taraudé pour l'application d'une bague de levage à employer seulement pour le levage de l'arbre avec la couronne, mais pas pour le levage de l'ensemble entier.

Sur l'arbre à l'endroit de la douille, on a également prévu le siège pour la garniture d'étanchéité [21]



Figure IV- 3: Arbre de la pompe

Joint d'accouplement et contre – arbre contre arbre tubulaire en acier, pourvu à l'extrémité de la bride d'accouplement côté pompe et pivot pour le montage du demi - joint coté moteur. La bride et le pivot usiné a la machine sont soudé sur le contre arbre.

Entre la bride d'accouplement et du demi - joint côté pompe une bague de correction en deux moitiés est opportunément entreposée.

L'accouplement et le blocage du contre arbre et de l'arbre de la pompe est obtenu à l'aide des boulons calibrés

Pour la protection du palier combiné de guide et butée contre les courants vagabonds on a prévu l'isolement du contre - arbre, de la bague de correction et des boulons calibres moyennant la bague, les rondelles en cèleront et les douilles tubulaires en Etalon 6 x A

Le demi – joint cote moteur et bloque, moyennant la clavette, la rondelle et la vis de fixage sur le contre –arbre même [21]



Figure IV- 4: joint d'accouplement et contre arbre

IV.4.6. Palier de guide inférieur

Le palier de guide en acier de la pompe est revêtu à l'intérieur en caoutchouc et monté et fixé sur le corps du redresseur moyennant des vis. Le palier est lubrifié à eau de mer filtrée provenant d'un poste fait exprès qui se trouve près de la pompe.

L'eau est introduite sous pression le long d'un trait de tuyauterie soudée, entre le carter de l'arbre et l'arbre lui - même [21].



Figure IV- 5: palier de guide inférieur

IV.4.7. Palier de guide supérieur

Le corps du support combiné de guide et butées est monté sur le soutien souder fait exprès sur le corps redresseur et fixe avec des vis.

À l'intérieur de ce palier, les composants suivants sont montés :

- Bague en deux moitiés
- Ressorts à godet
- Patins porteurs
- Crapaudine mobile (Grain mobile)
- Bague en correction en deux moitiés
- Palier de guide
- Couvercle
- Carter en deux moitiés

Le grain mobile est embrevé sur l'arbre de la pompe et est solidaire avec celui-ci moyennant la clavette.

Une bague à collier de soutien et de correction en deux moitiés, maintenue ajustée à l'arbre dans son logement et fixé par les vis et donc solidaire avec la crapaudine mobile sur laquelle s'appuie, décharge tout le poids des parties tournantes et des butées axiales.

Les patins basculants sont prévus pour la rotation dans les deux sens.

Le couvercle de support combiné et à son tour le siège du palier de guide où ce dernier est fixé avec des vis [21].



Figure IV- 6: palier de guide supérieur

IV.4.8. Vanne à papillon

La vanne papillon à axe horizontal est l'organe de retenue du flux pour la protection de la pompe, sa manœuvre est obtenue moyennant un cylindre sous pression d'huile pour l'ouverture et un contrepoids à gravité pour la fermeture.

La vanne est connectée à une extrémité moyennant des brides rigides avec le coude de refoulement de la pompe et à l'autre extrémité avec le tube court de raccordement avec la conduite.

Pour chaque vanne papillon, un poste oléo dynamique est installé. Ce poste est pourvu d'une armoire de commande et des appareillages nécessaires pour la mise en service et le contrôle de la pression de l'huile dans les circuits de service et de la position du papillon de retenue. La manœuvre de la vanne papillon en ouverture est également possible à la main [21].



Figure IV- 7: vanne papillon

IV.4.9. Joint de compensation

Sur chaque tuyauterie de refoulement, en aval de la vanne papillon et du tronçon de tuyau rectiligne respectif et immédiatement avant la conduite on a mis un joint de compensation en caoutchouc blindé.

Le compensateur est projeté pour des mouvements axiaux et latéraux, à même d'assurer une basse rigidité propre et une grande sécurité.

Le but de ce joint est de compenser les erreurs d'alignement et angulaires entre les deux parties de la conduite connectée, ainsi que les dilatations thermiques. Et ce dernier sert également comme joint de démontage [21].



Figure IV- 8: joint de compensation

IV.4.10. Poste de lubrification à eau du palier de guide inférieur

Le support inférieur de guide est lubrifié à eau de mer filtrée moyennant l'appareillage fait exprès, se composant de la pompe électrique, d'un filtre, des soupapes de retenue, des soupapes sphériques d'interception et des instruments de contrôle [21].

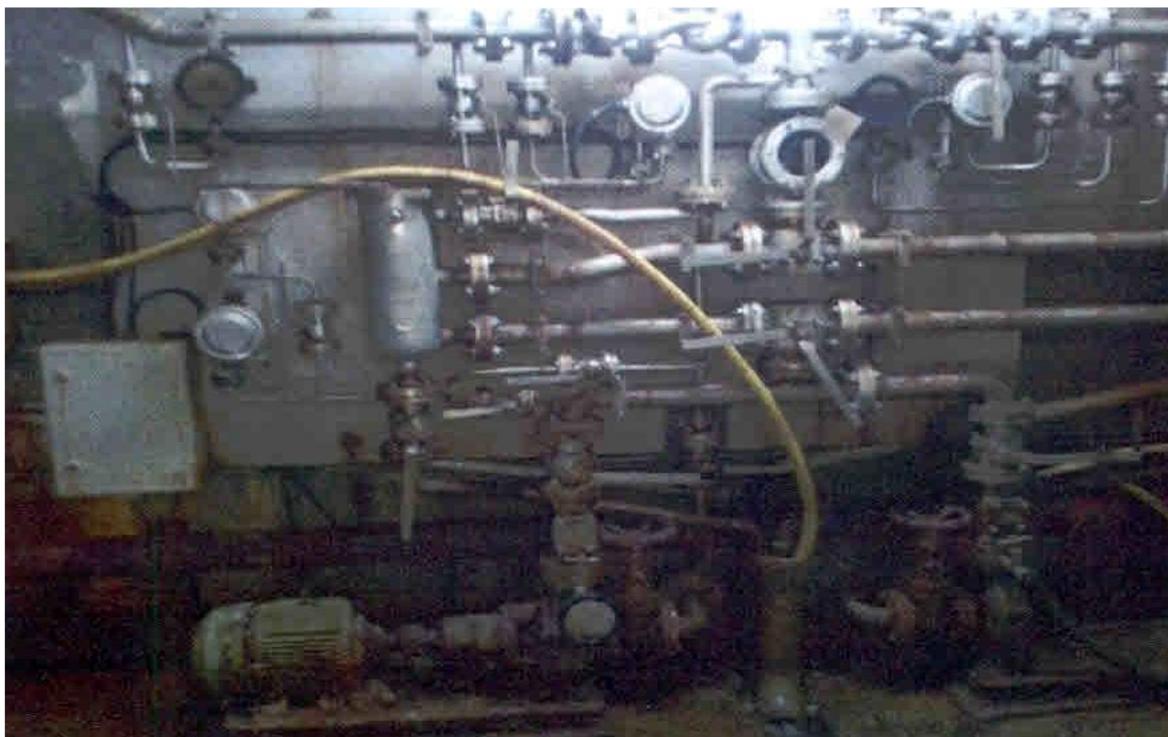


Figure IV- 9: poste de lubrification a eau

IV.4.11. Poste de lubrification à huile du palier de guide supérieur

C'est un poste fait exprès, complet avec l'échangeur de chaleur, les pompes électriques, les filtres, les soupapes de réglage, de sureté et de retenue, du sectionnement des instruments de contrôle a été également prévu pour la lubrification du support combiné et pour le refroidissement de l'huile [21].



Figure IV- 10: poste de lubrification à huile

IV.5. Partie mécanique

IV.5.1. Introduction

La mécanique est une branche de la physique dont l'objet est l'étude du mouvement, des déformations ou des états d'équilibre des systèmes physiques. Cette science vise ainsi à décrire les mouvements de différentes sortes de corps, depuis les particules subatomiques avec la mécanique quantique, jusqu'aux galaxies avec la mécanique céleste.

Le but de l'étude mécanique non seulement la connaissance des organes mais aussi à déterminer les points essentiels qui nous facilite d'effectuer une intervention rapide et efficace.

IV.5.2. Les composent principaux de la pompe de circulation

➤ Le corps de la pompe

a) Données techniques

1. corps extérieur supérieur

- Bride de fixage du corps redresseur diam. 1590 mm
- Bride de refoulement diam. 1480 mm
- Bride inferieur diam. 1590 mm

- Corps intérieur diam. 1410 mm
- Hauteur total 3070 mm

2. corps extérieur inferieur

- Bride supérieur diam. 1590 m
- Bride inferieur diam. 1590 mm
- Corps intérieur diam. 1400 mm
- Hauteur total 1335 mm

b) matériaux

- **Corps extérieur supérieur** AIST 316 L
- **Corps extérieur inferieur** AISI 316 L
- **Corps du redresseur**

a) donne technique

1. corps supérieur :

- Bride supérieure d'appui de la colonne diam. 900 mm
- Bride supérieure de fixation diam. 1590 mm
- Bride inférieure diam 646 mm
- Hauteur totale 3650 mm

2. corps inferieur :

- Bride supérieur diam. 640 mm
- Couronne et tube du diffuseur diam. 1400 mm
- Hauteur totale 1060 mm
- Protection de l'arbre diam. 335 mm
- Nombre des aubes du diffuseur 7

b) Matériaux

- Corps supérieur AISI 316 L
- Corps inférieur AISI 316 L
- **Siege de la couronne**

a) Données techniques

Diamètre extérieur max : 1400 mm

Diamètre intérieur du raccordement avec La bague d'ancrage 756 mm

Hauteur totale mm

b) Matériaux

Siège de la couronne CF 3M ASTM A 296

➤ **Couronne**

a) Données techniques

- Diamètre moyen de la couronne 970 mm
- Diamètre max. Du noyau mm
- Diamètre du trou conique du noyau 160 mm
- Hauteur du noyau 240 mm
- Nombre des aubes de la couronne 5
- Diamètre de la tige de l'aube 95 mm
- Diamètre de la tige taraudée de l'aube M 75 x 4
- Diamètre de la tige taraudée de l'ogive M 80x 4
- Démentions de la clavette d'embrèvement 40 x 22 x 220 mm

b) Matériaux

- Aubes de la couronne CF 3M ASTM A 296
- Moyaux de la couronne CF 3M ASTM A 296
- Écrous de blocage des aubes AISI 316 L
- Clavette d'embrèvement AISI 316 L

➤ **Arbre de la pompe**

a) Données techniques

- Diamètre nominal 198 mm
- Diamètre à l'endroit de la douille supérieure 192 mm
- Diamètre à l'endroit de la douille inférieure 160 mm
- Diamètre du cône d'embrèvement de la couronne 160/137 mm
- Diamètre d'embrèvement de la crapaudine mobile 190 mm
- Diamètre d'embrèvement de la bague en 2/2 160 mm
- Diamètre d'embrèvement du demi-point 165 mm
- Longueur totale 5590 mm
- Diamètre intérieur de la douille supérieure 192 mm
- Diamètre extérieur de la douille supérieure 210 mm
- Longueur totale 320 mm
- Diamètre intérieur de la douille inférieure 160 mm
- Diamètre extérieur de la douille inférieure 179,4 mm

Longueur totale 310 mm

Nombre des douilles supérieures 1

Nombre de douilles inférieures 2

b) Matériaux

- Arbre AISI 316 L
- Douille supérieure AISI 316 L
- Douille inférieure AISI 316 L

➤ Joint d'accouplement et contre arbre

a) Donnée technique

- Diamètre extérieur du demi- joint coté pompe 460 mm
- Diamètre du trou du demi- joint 165 mm
- Nombre de trous pour boulons calibrés 6
- Hauteur du demi- joint 233 mm
- Diamètre extérieur de la bride du contre – arbre 238 mm
- Diamètre d'accouplement du demi – joint coté moteur 160mm
- Longueur totale du contre – arbre 4554 mm
- Diamètre de la bride 2/2 de correction 460 mm
- Épaisseur théorique 35 mm
- Demi– joint coté moteur type F500 EUROTRAS à paquet lamellaire démontable

b) Matériaux

- Demi-joint coté pompe Fe 42B UNI 7070
- Contre arbre Fe 510 UNI 7729
- Bague de correction en 2/2 Fe 42B UNI 7070
- Diamètre extérieur du demi- joint coté pompe 460 mm
- Diamètre du trou du demi- joint 165 mm
- Nombre de trous pour boulons calibrés 6
- Hauteur du demi- joint 233 mm
- Diamètre extérieur de la bride du contre – arbre 238 mm
- Diamètre d'accouplement du demi – joint coté moteur 60mm
- Longueur totale du contre – arbre 4554 mm
- Diamètre de la bride 2/2 de correction 460 mm
- Épaisseur théorique 35 mm
- Demi-joint coté moteur type F500 EUROTRAS à paquet lamellaire démontable
- Demi-joint coté pompe Fe 42B UNI 7070
- Contre arbre Fe 510 UNI 7729
- Bague de correction en 2/2 Fe 42B UNI 7070
- Boulons d'accouplement 38 Ni CrMo UNI 5332
- Demi- joint coté moteur Fonte G 26
- Isolement du cotre –arbre Celeron et Étalon 6 x AU

➤ Vanne a papillon

a) Donne technique

- Fabricant RIVA CALZONI Bologne
- Capacité 150 litre
- Pression nominale de service 125 bar
- Pression statique d'épreuve 190 bar
- Pression d'étalonnage de la soupape de sûreté 130 bar
- Pression d'étalonnage de la soupape du pressostat 30 bar

IV.6. Parte électrique

IV.6.1. Introduction :

L'**électricité** est l'effet du déplacement de particules chargées, à l'intérieur d'un « Conducteur », sous l'effet d'une différence de potentiel aux extrémités de ce conducteur. Ce phénomène physique est présent dans de nombreux contextes.

L'électricité constitue aussi bien l'influx nerveux des êtres vivants, que les éclairs d'un orage. Elle est largement utilisée dans les sociétés développées pour transporter de grandes quantités d'énergie facilement utilisable.

L'étude électrocinétique d'un circuit électrique consiste à déterminer, à chaque endroit, l'intensité du courant et la tension. On utilise pour cela les caractéristiques des composants et des lois simples d'étude des circuits.

Le schéma des circuits que nous allons voir, se caractérise par sa rapidité d'exécution, sa clarté, son interprétation ainsi que son efficacité en cours d'exploitation...etc.

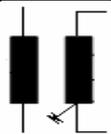
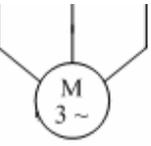
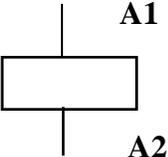
L'entraînement des machines est assuré en très grande majorité par des moteurs asynchrones, alimentés en courant alternatif triphasé.

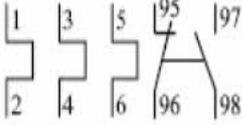
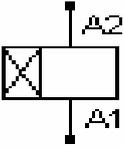
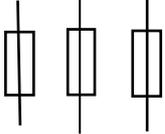
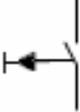
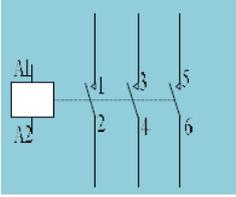
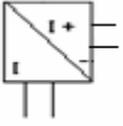
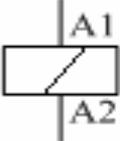
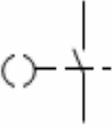
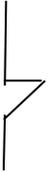
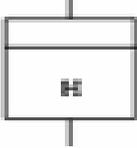
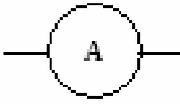
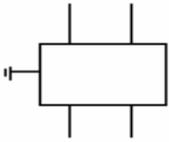
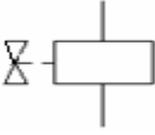
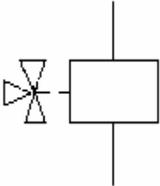
IV.6.2. Les circuits électriques

- **Circuits de puissance**
- **Circuits de commande**

IV.6.2.1. Nomenclature de circuit électrique

Tableau IV- 4: symbole de circuit électrique

Symbole	Désignation	Symbole	Désignation
	Transformateur du courant (TC) avec rapport de transformateur		Commutateur à encastrer
	Moteur asynchrone triphasé à cage		1 commande électromagnétique

	<p>Relais thermique</p>		<p>Bobine temporisée</p>
	<p>Fusible</p>		<p>Bouton poussoir</p>
	<p>Contacteur (3 pôles)</p>		<p>Lampe</p>
	<p>Convertisseur (I/I)</p>		<p>Relais magnétothermique 1</p>
	<p>Indicateur local du courant</p>		<p>Clé interrupteur</p>
	<p>Coupe-circuit automatique</p>		<p>Compteur</p>
	<p>Sectionneur</p>		<p>Indicateur local du courant</p>
	<p>Relais de protection</p>		<p>Vanne magnétique principale d'eau de réfrigération</p>
	<p>Vanne magnétique</p>		

IV.6.2.2. Principe de fonctionnement

a) mise en marche :

- Fermeture manuelle du coupe circuit (F51-F51) unipolaire. a) mise en marche
- Mise en marche du moteur, la rotation du moteur (arme) le ressort de fermeture.
- Ouverture des fins de course (S21-S22) automatiquement.
- Fermeture manuelle du coupe circuit (F52-F52) bipolaire.
- Impulsion sur le Bouton « marche » dans la salle de commande.
- Excitation de la bobine (K12).
- Fermeture de contacte K12
- Fermeture de contacte auxiliaire S3.
- Ouverture de contacte auxiliaire S3
- Excitation de la bobine Y9 (électroaimant)
- Le ressort se libère mécaniquement
- Fermeture de (Q0)
- Fermeture des contacts auxiliaires S
- Des contacts auxiliaires S1
- Mise en marche du moteur.

b) mise à l'arrêt :

- Impulsion sur Bouton « arrêt » dans la salle de commande
- Excitation de la bobine K11
- Fermeture de contacte K1
- Excitation de la bobine Y1
- Le ressort se libère mécaniquement
- Ouverture de Q0
- Le moteur a l'état d'arrêt

IV.6.2.3. L'arrêt de moteur par protection

a) surcharge thermique

- L'alimentation de K10 s'effectue après l'excitation de relais temporiser K20, et fermeture de contacte, et fermeture de maintient K10, fermeture des contacts NO et ouverture des contacts NC, excitation de la bobine Y1, arrêt de moteur.
- Fermeture de contacte signalisation de défaut sur le pupitre.

b) phase a la terre :

- Au niveau de relais directionnel sa F90 et sert à un contacte à la terre, fermeture de contacte k10, excitation de la bobine Y1, arrêt de moteur.
- Fermeture de contacte signalisation de défaut sur le pupitre.

c) défaut de phase :

- Pour ce qui est de défaut de phase, ce l'est assure par la fermeture de contacte après l'excitation de la bobine K08, fermeture de contacte NO et ouverture de contacte NC, excitation de la bobine Y1, arrêt de moteur.
- Fermeture de contacte K08 signalisation de défaut sur le pupitre

d) sur intensité :

- Pour ce qui de sur intensité, ce l'est assuré par le bloc F10, excitation de la bobine K09, fermeture de contacte k09, fermeture des contacts NO et ouverture des contacts NC, excitation de la bobine Y1, arrêt de moteur.
- Fermeture de contacte K09 signalisation de défaut sur pupitre

IV.6.3. Moteur de pompe de circulation (6,3 KV)

Figure IV- 11: moteur de la pompe de circulation

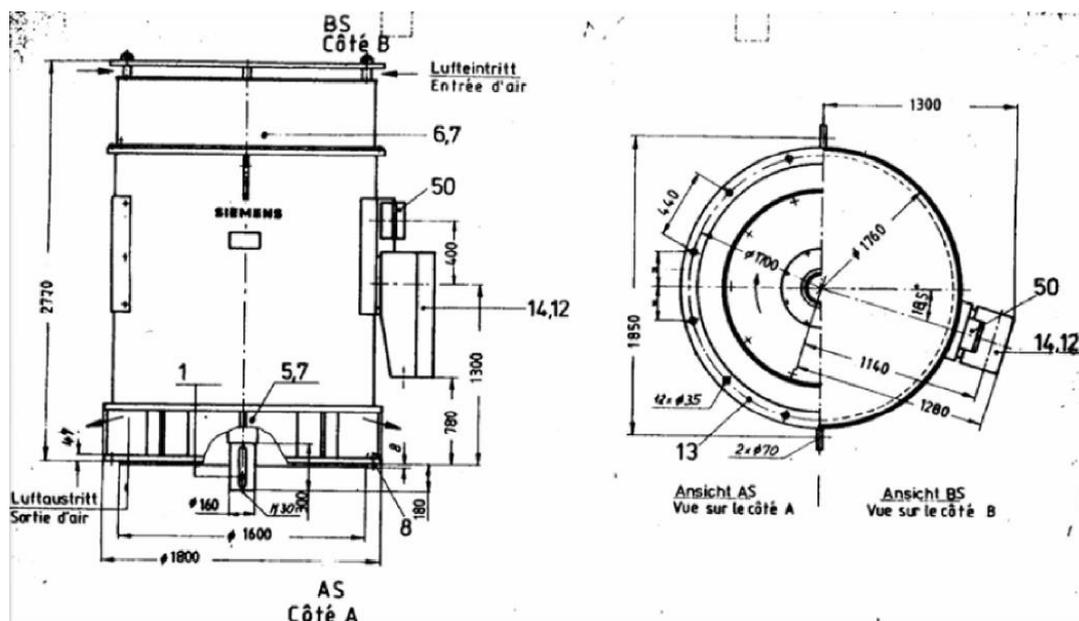


Figure IV- 12: coupe de moteur de la pompe de circulation principale

IV.6.3.1. Plaque signalétique de moteur

- Puissance nominale 700 KW
- Tension nominale 6 KV
- Courant nominale 90 A
- Fréquence 50 HZ
- Vitesse de rotation 424 tr/min
- Type de construction V 10
- Degré de protection IP 55
- Poids de la machine 11.2 t
- Poids de rotor 3.1 t
- Moment d'inertie 228 Kg.m²
- Sens de rotation 1 sens

IV.6.3.2. Description

Le moteur vertical de fabrication SIEMENS position 58, est monté et fixé sur la plaque de soutien du moteur, position 57 qui a son tour est fixée sur la bague d'encrage position 60, positionnée et scellée a la cote + 3.00 m.

Ce bassement est fabriqué de façon à pouvoir extraire la pompe complète ou ses composants, après le démontage du moteur.

La partie latérale de l'ouverture, qui n'est pas occupée par la bague de soutien du moteur, est fermée par une couverture hermétique en tôle façonnée et fixée de façon à protéger les parties inférieures.

Le demi-joint EUROTRAS TYPE F 500 à paquet lamellaire démontable est monté à pression sur l'arbre du moteur.

Le demi-joint est bloqué sur l'arbre et maintenu en position à l'aide d'une entretoise, d'une clavette, d'une rondelle et d'une vis de fixation.

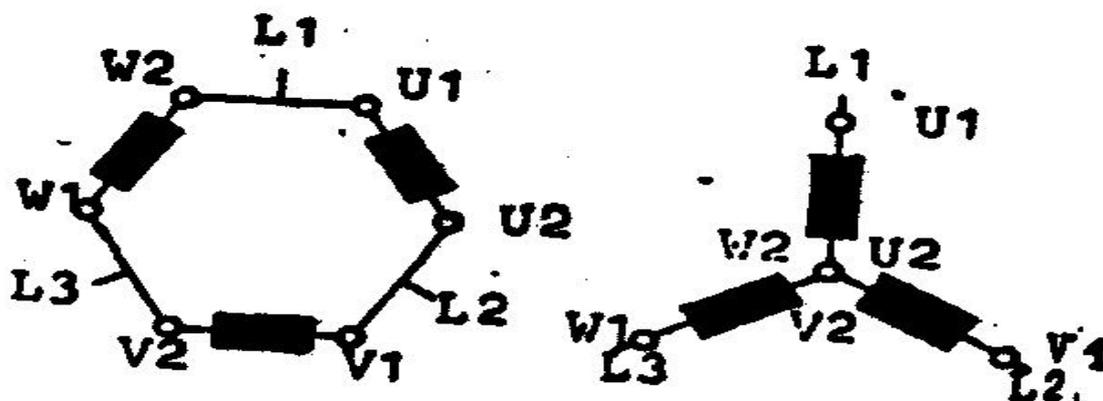
En cas de besoin, on insère la résistance de chauffage anti condensation

IV.6.3.3. Démarrage du moteur de la pompe

IV.6.3.3.1. Démarrage direct

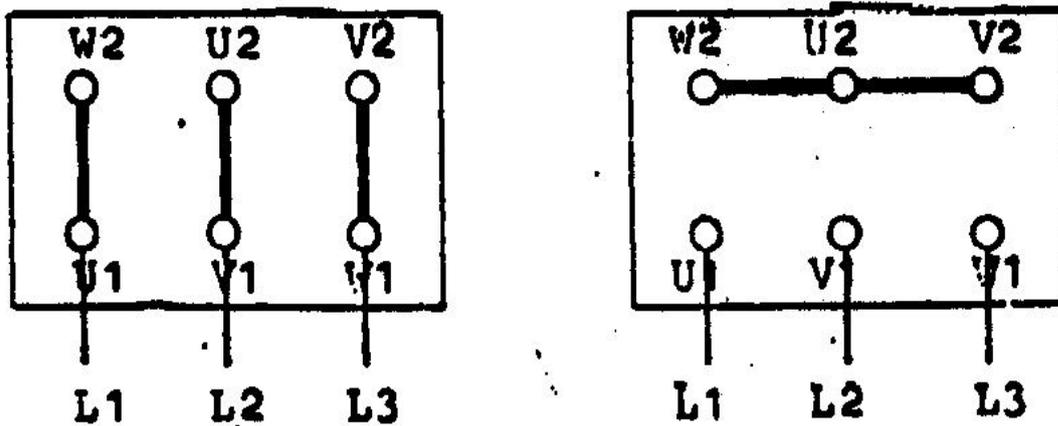
Les conducteurs de puissance provenant du réseau L1. L2. L3. Doivent être avec les bornes U1. V1. W1.

Pour le démarrage direct la connexion des enroulements peut être en étoile ou en triangle.



Connexion des bornes de l'enroulement pour 3.6 KV et pour démarrage directe à la tension de service.

Le modèle normal de la boîte à bornes du moteur est pourvu de 6 bornes de mise à la terre.



IV.6.4. Vanne papillon

IV.6.4.1. Mise en marche d'un groupe électropompe pour l'ouverture de la vanne papillon

La vanne papillon est commandée au moyen d'un circuit à coupure de courant.

Les sélecteurs SA1 et SA2 doivent être portés sur le fonctionnement automatique, car la position manuelle n'est utilisée que pour les essais, la manœuvre d'ouverture est effectuée en fermant le contact CO, qui excite la bobine YV du solénoïde Z4 et excite en même temps le relais temporisé KTL qui démarre la pompe.

Le solénoïde commande à distance la fermeture de la vanne 23. L'huile sous pression coule dans la chambre inférieure de mécanisme de piston 26, de façon à ouvrir la vanne papillon.

L'huile se trouvant dans la chambre supérieure coule dans le réservoir.

Juste avant l'ouverture de la vanne, le dispositif de fin de course SQR désexcite KTI qui, après un délai de cinq secondes, ouvre son contact et arrête la pompe, en assurant ainsi l'ouverture complète de la vanne.

IV.6.4.2. Mise en marche d'un groupe électropompe pour le rétablissement de la position

Si, à cause de fuites dans l'installation hydraulique, le piston de mécanisme Z6 tendance à fermer lentement la vanne papillon, les dispositifs de fin de course SQR se ferme, excite le relais temporisé KTI qui met en action la pompe, remet la vanne à la position d'ouverture totale.

Après un délai de cinq secondes de la désexcitation de la fin de course SQR, la pompe s'arrête.

IV.6.4.3. Échange automatique des groupes électropompes

Ainsi qu'il a été décrit, le réglage d'un groupe électropompe à la mise en fonction pour le premier actionnement et à celui de secours, est assuré par le sélecteur SA3.

Chaque fois que la mise en fonction de la pompe est commandée, le relais temporisé KTZ est excité, après un délai de cinq secondes, le contact de KTZ se ferme. Si la pression de l'installation hydraulique n'a pas dépassé la valeur d'étalonnage du pressostat SP, le relais KAZ est excité, il se verrouille et assure l'échange d'enclenchement de la première pompe à la pompe de secours.

d) manœuvre de fermeture

La manœuvre de la fermeture se fait par d'excitation de la bobine YV du solénoïde ZA, en ouvrant le contact CF.

De cette façon le solénoïde porte la commande à distance de la vanne papillon la vitesse de fermeture est constante pendant tout l'opération et elle est réglée par la vanne 23, tandis que la vanne 25 est en position complètement ouverte.

L'huile passe ainsi de la chambre inférieure du cylindre dans la chambre supérieure, alors que la différence de la tige coule dans le réservoir.

Durant cette opération le groupe électropompe n'est pas actionné.

e) manœuvre manuelles et opération de secours

Les commandes volontaires de mise en marche la pompe peuvent être effectuée depuis tableau de commande, place au-dessus de chaque poste, en portant le sélecteur SALSAZ sur la position manuelle et en appuyant sur le bouton-poussoir SP2 ou SB4. Pour arrêter la pompe il faut appuyer sur le bouton poussoir SBL ou SB2.

Dans le cas de mise hors service des groupe électropompes ou de coupure du courant alternatif. L'énergie hydraulique nécessaire au fonctionnement de l'installation est fournie par la pompe manuelle 11.

Dans le cas de coupure du courant continu, la vanne peut être ouverte en appuyant (et maintenant pressé) l'embout CO du solénoïde Z4.

IV.6.5. Quelques organes électriques :

IV.6.5.1. Introduction

Il est nécessaire de protéger les installations contre les surintensités, les surtensions, les manques de tension ; tout appareil de protection comporte un élément détecteur du défaut et un élément de coupure du circuit.

Les principaux appareils utilisés sont le coupe circuit, le relai de protection, les disjoncteurs.

IV.6.5.2. Etude des composants électriques :

1) Fissible :



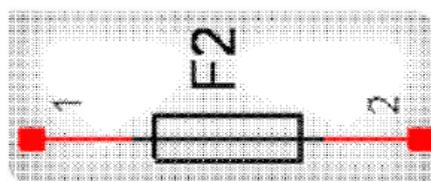
➤ Définition :

C'est un appareil de protection (dispositif de sécurité), utilisé pour un circuit électrique de l'effet d'un courant excessif contre les courts-circuits.

➤ **Principe :**

Un fusible est principalement constitué d'une bande de métal qui fond à une température donnée. Si le courant dépasse une valeur déterminée, le métal du fusible fond et ouvre ainsi le circuit.

➤ **Symbole :**



➤ **Constitution :**

Le fusible est constitué d'un matériel de bon conducteur qui peut être en (Argent, Aluminium, Cuivre, Zinc et en Nickel), suivant le calibre et la fabrication des cartouches se classent en deux catégories :

- **Type GF (grande fusion).**
- **Type AM (accompagnement / moteur).**
- **Élément fusible :**

Définit le calibre et assure le pouvoir de coupure.

- **Tube isolant (l'enveloppe) :**

Sa solidité doit être très grande car elle supporte des chocs thermiques et électrodynamiques au moment de la coupure.

- **Matière interne :**

Son rôle est de refroidir et à étouffer l'arc électrique (silice, magnésium, sable).

- **Zones de contact (embouts) :**

Elle assure la liaison électrique.

➤ **Rôle et caractéristique :**

Les fusibles assurent une protection sélective de chaque élément de l'installation.

Ils ont une rapidité et un pouvoir de coupure élevée.

Ils possèdent un faible encombrement.

Ils présentent toute garantie aux conséquences d'un mauvais fonctionnement.

➤ **Différents types**

a) **La forme :**

- Fusible cartouche cylindrique.
- Fusible cartouche couteaux.

b) **La catégorie :**

- Cartouche de type **GF**, et cartouche de type **AM**

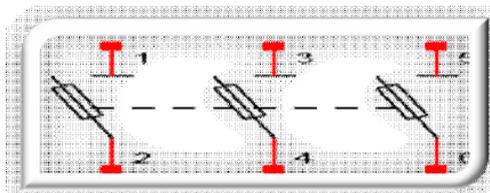
2) **Le sectionner ports fusibles**



➤ **Définition :**

C'est un appareil est destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique ou bien faire passer du courant.

➤ **Symbole :**



➤ **Constitution :**

Il est constitué d'un mécanisme de commande, châssis et porte fusible pour un ou plusieurs pôles.

Le sectionneur est protégé en cas de court-circuit par des fusibles calibrés qui protègent le récepteur, l'appareillage de commande et la ligne d'alimentation contre les courts-circuits.

➤ **Dispositifs de verrouillage**

Un système de verrouillage, en position ouverte, est prévu d'origine sur tous

Les sectionneurs. Un dispositif supplémentaire permet lorsque l'appareil est monté dans un coffret ou dans une armoire d'interdire l'ouverture de la porte si le sectionneur est en position fermée.

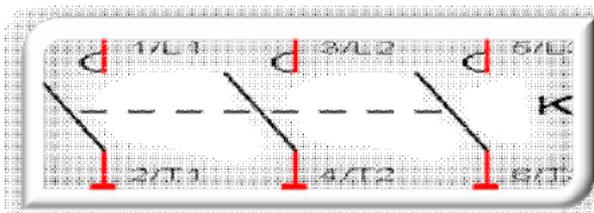
3) **le contacteur :**



➤ **Définition :**

Le contacteur est un appareil mécanique de commande à distance actionné généralement par un (électro-aimant) dont l'intérêt est de pouvoir être Télécommandé au moyen de contact peu encombrant et sensible, actionne manuellement et automatiquement.

➤ **Symbol :**



➤ **Construction :**

Ils assurent la fermeture et l'ouverture du circuit de puissance, ils peuvent posséder un pouvoir de coupure important (dispositif d'extinction de l'arc électrique).

➤ **Fonctionnement :**

Lorsque la bobine de l'électro-aimant est alimentée, la partie mobile de l'électro-aimant est attiré par la partie fixe. A son tour enchaîne les contacts mobiles de pôles et de contacts auxiliaires, établissent par l'intermédiaire de ces contacts, le circuit entre le réseau d'alimentation et le récepteur, on dit que le contacteur est fermé, et dès que la bobine est privée de tension, le contacteur s'ouvre sous effet des :

- Ressort de pression de panne.
- Ressort de rappel d'électro-aimant.

4) **Le disjoncteur :**

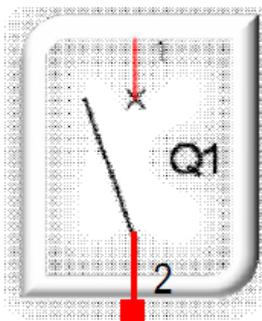


➤ **Définition :**

On appelle disjoncteur un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et interrompre des courants dans les conditions normales ou anormales des circuits pendant une durée spécifiée.

Un disjoncteur doit être capable de couper en un temps très court (quelques millièmes de secondes) une intensité valant quatre à cinq fois l'intensité nominale.

➤ **Symbole :**



➤ **Fonctions assurées :**

Le disjoncteur assure :

Dans tous les cas la fonction de base de l'appareillage est :

- Protection contre les surintensités.
- Commande des circuits aval.

Sous certaines conditions :

- Protection des personnes contre les dangers du courant électrique.
- Sectionnement.

➤ **Constitution générale :**

Un disjoncteur comporte :

- Un circuit principal qui comprend l'ensemble des parties conductrices insérées dans le circuit à protéger.

- Un circuit de commande qui regroupe des parties conductrices insérées dans un circuit utilisé pour commander les manœuvres d'ouverture et de fermeture.
- Un circuit auxiliaire destiné à assurer des fonctions annexes telles que la signalisation ou le verrouillage.

5) Le relais thermique :



➤ Définition :

Le relais thermique est utilisé en alternatif et en continue, il est destiné pour assurer une protection thermique contre les surcharges faible et prolongée.

➤ Les relais thermiques fabriqués actuellement sont :

- **Tripolaires :**

Déclenchement par surcharge triphasé.

Déclenchement simultané des trois bilames.

- **Différentiels :**

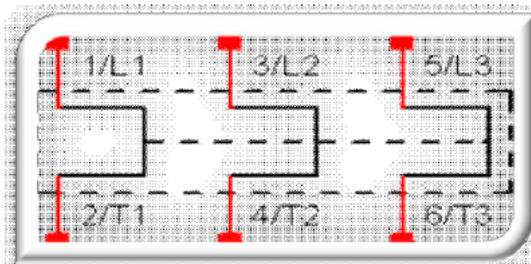
Déclenchement en cas d'une coupure d'une phase.

➤ Constitution :

Chaque relais comprend trois bilames constitués chacun de deux métaux assemblés lors de laminage, dont le coefficient de dilations est très différent.

Un enroulement chauffant raccordé en série avec chaque phase du moteur et dont la section est fonction de l'intention à contrôler est bobinée sur chaque bilame et en provoque la déformation.

➤ Symbole :



➤ **Principe de fonctionnement :**

Lors d'un incident, l'intensité absorbée par le récepteur augmente, les bilames se déforment, cette déformation est plus ou moins importante, suivant la valeur du courant, ces bilames commandent la rotation d'un moteur ou d'un arbre solidaire du dispositif de déplacement quand l'amplitude de la déformation est suffisante, la pièce sur laquelle sont fixées les parties mobiles des contacts échappe à une butée de maintien, ce qui provoque l'ouverture brusque de contact et la fermeture du contact de signalisation.

➤ **Composition d'une thermique :**

Ces relais ont un bilame de température indépendante des bilames principaux et soumis uniquement à la température ambiante, il se déforme en fonction des variations de celle-ci montée en opposition avec les bilames principaux, elles-mêmes influencée par la variation de la température ambiante, sa déformation compense celle de ces derniers de fait, le déplacement que doit effectuer l'ensemble des éléments thermique pour les variations de température comprises entre (-20 et +70°).

IV.6.5.3. Type démarrage des moteurs électrique

Grâce à leur simplicité, leur robustesse et leur coût attractif, les moteurs à cage sont les moteurs les plus souvent utilisés dans l'industrie. En commutation directe, ils absorbent un courant de démarrage jusqu'à 8 fois plus important que le courant nominal et ils développent donc un couple de démarrage élevé.

Les courants de démarrage élevés ont souvent comme conséquence une chute de tension désagréable et les couples de démarrage élevés nécessitent des éléments mécaniques résistant aux surcharges. C'est la raison pour laquelle les distributeurs d'électricité fixent des valeurs limites pour les courants de démarrage des moteurs, par rapport aux courants de fonctionnement nominaux. Les valeurs permises varient d'un réseau à l'autre, en fonction de la charge. En ce qui concerne la mécanique, des procédés qui

Diminuent les couples de démarrage sont souhaitables.

IV.6.5.3.1. Démarrage direct

Le courant de ligne vaut 7 x le courant final de régime : il faut dimensionner les protections mais surtout cela occasionne une chute de tension qui risque de perturber le fonctionnement des appareils connectés sur la ligne et sur le bon fonctionnement du moteur lui-même : ce dernier risque de ne plus démarrer (la courbe du couple moteur s'effondre pour devenir inférieur du couple résistant). En outre le couple d'accélération est relativement élevé : il y a un à-coup au démarrage (ce n'est jamais très bon pour la mécanique)

- **Avantages** : simplicité de l'appareillage, rapidité de la mise en régime.
- **Inconvénient** : démarrage brutal, courant d'appel élevé ce qui perturbe les appareils branchés sur la même ligne (outre la chute de couple qui résulte de la chute de tension). Procédé utilisé pour des puissances < 10 x la puissance apparente du réseau ou des moteurs de petite puissance (EDF impose une puissance utile $< 1,5$ KW sur le réseau grand public basse tension).

IV.6.5.3.2. Démarrage étoile / triangle.

Il consiste à réduire par 3 la tension aux bornes du moteur grâce à une connexion étoile lors de la phase de démarrage : le courant de ligne est alors divisé en 3, comme le couple : le démarrage est plus doux, le courant d'appel plus faible. Cependant il faut s'assurer que le couple de démarrage (= couple d'accélération à $\Omega = 0$) est suffisant pour démarrer le moteur. En outre il faut commuter en triangle lorsque la vitesse se stabilise pour éviter l'échauffement du moteur

- **Avantage** : relativement bon marché.
- **Inconvénient** : couple de démarrage fixé par l'alimentation, couple réduite au tiers de sa valeur sur tout l'excursion de vitesse => mise en régime plus longue et limité aux machines qui démarrent à vide (machine outils). Coupure brutale puis augmentation brutale du courant lors du passage étoile en triangle (surtension inductive, à coup du moteur, phénomène transitoire qui apparaissent sur le réseau ...)

Démarrage utilisé pour les engins qui en un faible couple résistant au démarrage (ventilateur, pompe centrifuge, machine – outils ...)

IV.6.5.3.3. Démarrage par auto transformateur

Cela consiste à réduire la tension d'alimentation en modifiant le nombre de spires secondaire d'une auto transformateur (deux ou trois rapports de transformation sont ordinairement utilisés) : le démarrage s'établit donc en deux ou trois temps.

- **Avantage** : possibilité de choisir le couple de démarrage, réduit dans le même rapport que le courant d'appel. Passage de divers temps de démarrage est coupure de courant (absence de sur tension). S'utilise quand le procédé étoile / triangle abaisse trop le couple de démarrage.

Inconvénient onéreux, est donc réservé pour des puissances égale ≥ 50 KW approximativement.

IV.6.5.3.4. Démarrage par résistance statorique

Cela consiste à abaisser la tension de ligne en insérant des résistances en série avec les enroulements statoriques. Ont réduite alors ces résistances au fur et à mesure de la lancé du moteur (soit par fonction, soit en une seule fois si c'est suffisant). La tension statorique ne reste pas constante lors du démarrage : elle augmente progressivement, ce qui assure, même avec des résistances non fractionnées, un démarrage doux. En fait les courbe du transparent (données ci dessous) supposant que la tension statorique n'évolue pas lors se que le Ω augmente : les sauts d'une courbe ont l'autre sont, en réalité, beaucoup plus faible

- **Avantage** : possibilité de choisir le couple de démarrage et le passage des différents temps de démarrage son coupure de courant. Le courant de démarrage peut êtres choisis avec précision.
- **Inconvénient** : si le courant est divisé par 3 alors le couple et divisé par 9

En pratique il et peut utiliser car c'est finalement un procédé médiocre, ne peut utiliser que pour les couples résistant faibles (pompe centrifuge Cela consiste à réduire la tension d'alimentation en modifiant le nombre de spires secondaire d'un auto transformateur (deux ou trois rapports de transformation sont ordinairement utilisé) : le démarrage s'établit donc en deux ou trois temps.

IV.6.5.3.5. Démarrage par résistance rotoriques

Pour le moteur a rotors bobinés uniquement.

- **Avantage** : par rapport a tous les autres procédés de démarrage, l'appelle de courant est le plus faible pour un couple de démarrage donné. Possibilité de choisir le couple de démarrage (qui peut atteindre le couple maximal vue au couplage directe) et le nombre de temps de démarrage (démarrage en douceur !)

- **Inconvénient** : cher pour des puissances <_ 50 KW approximativement.

En générale ce procédé est réservé pour les démarrages difficiles : lorsqu'un couple de démarrage élevé est exigé (broyeurs, malaxeurs ...) pour des machines qui en un grand moment d'inertie (grosses pompes) ou lorsqu'un démarrage progressif est nécessaire (ascenseurs ...).
 Convertisseur de fréquence.

IV.7. Partie hydraulique

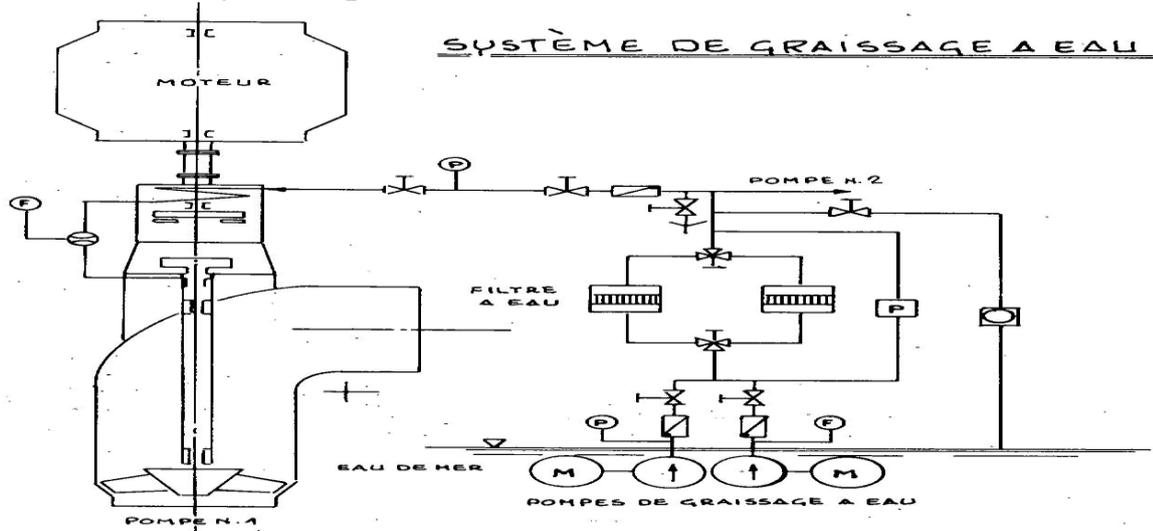


Figure IV.14. : system de graissage a eau

Tableaux IV.4. : explication des symboles

Explication des symboles		Explication des symboles	
	Passage contact		Presse indication
	Presse contact		Soupape de retenu
	Verre regros		Vanne manuelle pour eau
M	moteur des pompes		

IV.7.1. Poste de lubrification du palier combinée supérieur et butée

IV.7.1.1. Description

L'huile de la lubrification de support vient d'un poste fait exprès monter près de la pompe, en sortant de ce poste, l'huile dument filtrée et refroidie est envoyée au support puis elle retourne au poste en passant par un « trop-plein », de façon à ce que les patins, la crapaudine mobile partiellement le palier de guide restent sous bain d'huile même quand le poste est arrêté.

Le carter empêche la pénétration de la poussière ou d'autre corps étrangers dans le support, ce carter est en deux moitiés et est fixé au couvercle du support avec des vis.

IV.7.1.2. Composent du circuit hydraulique

- Un réservoir de 250 L.
- Deux groupe motopompes à engrenage, l'un en service et l'autre de réserve. Les moteurs électriques sont prévus pour service continu.

Les groupes sont prévus pour installation au niveau de la mer, avec température ambiante à 40°C et près soit de travail à 10 bars.

Les groupes motopompes sont montés verticalement sur le réservoir, la pompe amorcée dans l'huile, le moteur à l'extérieur.

- Appareils pour le contrôle visuel et électrique :
 1. Du niveau de l'huile dans le réservoir
 2. De la température de l'huile dans le réservoir et dans le tuyau de refoulement.
 3. De la pression de l'huile.
- Appareils pour chauffer, refroidir et filtrer l'huile.
- Brides et contre brides pour les raccordements du poste de lubrification.
-

IV.7.1.3. Contrôle

- **Avant la mise en marche**

- a. contrôle que tous les tuyaux soient raccordés régulièrement.
- b. contrôle que les robinets soient fermés et que le bouchon de sureté soit bien serré.
- c. contrôle que l'indicateur de niveau n'ait pas le verre cassé.
- d. contrôle que le chauffeur soit bien serré.

- **Mise en marche**

1. Remplissage de réservoir

Introduire l'huile à travers le bouchon, l'huile doit être filtrée avec un degré minimal de filtrage 25 microns-encore mieux 15 microns-avant l'émission.

L'huile doit être introduit jusqu'à ce que la ligne rouge supérieur de l'indicateur de niveaux est atteinte.

Capacité : environ 300 dm³.

2. Vérifier qu'il n'y ait pas de fuites.
3. Vérifier que le moteur électrique tourne librement.
4. Vérifier que la vanne soit fermée.
5. Vérifier que le levier du filtre soit sur l'un des deux filtres (C'est-à-dire qu'il ne doit pas se trouve dans la position intermédiaire).
6. Vérifier que les dispositifs d'exclusion des manomètres et des pressostats soient ouverts.
7. Mettre en marche tous les pompes, une à la fois, pour quelques secondes, de façon à pouvoir (2 secondes en marche – 1 secondes en arrêtée), de façon à remplir les tuyaux.
8. Fermer lentement le robinet : la pression doit être augmentée, dès que le robinet est fermé, la pression est contrôlée par la vanne.
9. Vérifier que les points d'intervention des pressostats : Ouvrir ou fermer les vannes.

Donnes techniques

a) réservoir d'huile

- Fabricant : RUAL, Nbre : 1
- Capacité d'huile : 250L, (total 300 L)
- Pression nominale de service : 5 bars
- Pression de tarage de la soupape de pureté : 10 bars
- Pression max d'épreuve : 16 bars
- Viscosité de l'huile : 32 cts à 40°C, 5.3 cts à 100°C.
- Type : TISKA 33

b) échangeur de chaleur (horizontal)

- Utilisation : échangeur de chaleur eau de mer / l'huile
- Fabricant : BARIOLI
- Type : RS 125/590/4-F
- Puissance de dissipation : 2624 Kcal/h
- Débit d'huile : 18 L/min
- Température d'entrée d'huile : 46°C
- Température de sortie d'huile : 40°C
- Débit d'eau : 35 L/min
- Pression de l'eau : 1.5 ÷ 3.2 bars

- Température de l'eau max : 30°C
- Température ambiante max : 50°C
- Pression de service : 16 bars
- Nombre : 1
- Virole et diaphragmes : Acier au carbone.
- Tubes : titane.
- Plaques tubulaires : laiton " MUNTZ " 60/40.
- Boite à eau : acier au carbone avec revêtement des parties en contact avec l'eau de mer en téflon.

c) appareille de contrôle visuel et électrique.

d) appareille pour chauffer l'huile

e) filtre :

1. filtre d'aspiration immergée :

- Fabricant : HYDAC
- Type : SFE50G 125 1.0
- Degré de filtrage : 125 microns
- Débit d'huile filtrée : 50 L/min
- Nombre de filtre : 2

2. filtre double de retour demi-immersé

- Type : RFDW 160 G25 A1.1
- Nombre : 1
- Degré de filtrage : 25 microns
- Débit d'huile filtrée : 160 L/min

f) moteur pompe d'huile

- Fabricant : SIEMENCE
- Nombre : 2
- Puissance : 1.1 KW
- Type : 1LA 30986AA 11Z 380V
- Vitesse : 930 tr/min
- Pression max de service : 10 bars
- Nombre de pompe : 2

g) pompe à l'huile

- Désignation : pompe à engrenages
- Type : CPL 20D
- Fabricant : CASAPPA
- Débit : 18L/min
- Vitesse : 930 tr/min
- Pression max de service : 10 bars
- Nombre de pompe : 2

IV.7.2. Poste de lubrification a eau pour support de guide inferieur

IV.7.2.1. Le système de lubrification se compose de :

- 2 groupes motopompes centrifuge.
- 2 filtres nettoyaable en marche sur un service, l'autre de réserve.
- Soupapes de retenue de sectionnement et d'insertion des filtres.
- Appareils de contrôle, est monté entre deux groupe principale, et est fixé à la paroi avec des supports et d'étriers de soutien.

IV.7.2.1.1.Description

On a prévu un système de lubrification chaque deux pompes principales.

Toutes les tuyauteries, ayant des diamètres différents, pour les raccordements avec les composent de système, y-compris les pompes et les filtres, sont en acier inoxydable AISI 316 L.

Les groupes de pompage, avec vanne d'isolement sur le tuyau d'aspiration, tirent dans le canal d'aspiration des pompes principales.

Un groupe de pompage et en service, pendant que l'autre reste de réserve.

Le groupe de pompage en service pompe de l'eau de mer sous pression, à travers la soupape de retenu, jusqu'au filtre inséré. D'eau elle sort dument filtrer, puis, à travers la soupape de retenu et la soupape d'interception, va lubrifier les supports des pompes principale.

Les filtres peuvent être insérées ou exclus au moyen de la soupape à trois vois pour le nettoyage ou le lavage.

Le groupe de pompage étant en service, un filtre est toujours inséré.

Un manomètre de contrôle pourvu de soupape sphérique d'exclusion est monté sur chaque pompe pour le contrôle de la pression.

En agissant opportunément sur les soupapes sphériques d'exclusion en peut être effectué le levage du filtre en observent le passage de l'eau à travers le voyant de flux.

Un indicateur de passage de fluide et des pressostats différentielles dénoncent l'encrassement éventuel des filtrés et le manque de débit de l'eau de lubrification.

En cas de besoin, en ouvrant la vanne, il est possible de lubrifier les paliers de guide avec de l'eau de mer non filtrée. L'eau de lavage des filtres est envoyée aux drainages.

IV.7.2.1.2. Composent de system lubrification a eau

a) pompe eau de mer

- Fabricant : ROTOS Type : N D 5×3×20M
- Désignation : pompe centrifuge horizontale monocellulaire.
- Débit : 20 m³/h
- Hauteur : 40 cm
- Vitesse de rotation : 2900 tr/min
- Puissance : 4.2 kW
- Nbre de pompe : 2 constructions : acier inox ALSI 316 L

b) moteur pompe eau de mer

- Fabricant : siemens
- Type : 1LA 3131 2AA 20-Z
- Puissance : 5.5 KW
- Tension nominale : 380 v
- Courant nominale : 12.5 A
- Vitesse de rotation : 2960 te/min
- Fréquence : 50Hz
- Type de fabrication : B 3
- Degré de protection : IP 55
- Nbre de moteur : 2

c) filtres

- Fabricant : RUAL
- Type : 0660R O200W5085 – 5062
- Degré de filtrage : 200 microns
- Débit : 20m³/h
- Pression : PN 6
- Nr de filtre : 2

d) tuyauterie robinetterie

e) appareils de contrôle

IV.7.2.2. Vanne papillon

a) filetage

L'huile du poste de lubrification et du poste oléo dynamique de commande de la Vanne papillon doit être filtrée au préalable.

Il est conseillé, d'employer de filtres à action centrifuge type de lavage. Il faut absolument exclure les filtres à feuilles de papier, pour éviter toute sédimentation de dépôts sur le réseau

des filtres installés pour la protection des soupapes de sûreté, des distributeurs, des pompes à engrenage, des diaphragmes, etc.

c) lubrification

Le graissage des douilles de la vanne papillon se fait à la main à l'aide d'une pompe manuelle avec réservoir, ou bien moyennant un pistolet de graissage avec réservoir à air comprimé.

Le graissage à employer doit avoir les caractéristiques suivantes :

Savon type lithium

Additif oxyde de zinc

Point goutte au-dessus des 180°C

Pénétration ASTM 127 telle quelle 210/240

60 coups 210/240

Comportement avec l'eau : comportement réulsif

Type corde GREAE au lithium

a) moteur principale

La lubrification du palier du moteur doit être exécutée à la main, à l'aide d'une pompe manuelle ou d'un pistolet de graissage à air comprimé pourvu d'un réservoir.

Graisse saponifiée à base de lithium K34 DIN 51825

b) moteur des pompes électrique immergées

La lubrification de palier à billes doit être fait en employant une des graisses suivantes :

Shell avanie gréas 3

BP envergeât LS 3

Essor beacon 3

b.1) câble de levage

Pour le graissage de câble de levage, il faut employer la graisse graphitée suivant :

-degré de pénétration ASTM – 240

(Par ex. : AGIP GR NG 3)

b.2) pivots, roues et supports

Pour le graissage des pivots, des roues et des supports il faut employer de la graisse E.P. :

-degré de pénétration ASTM – 320, par ex : AGIP GRMUEP 1.

IV.7.2.2.1. Caractéristique de l'huile

- Classe de viscosité ISO VG 32

- Viscosité à 40°C 32 cts
- Indice de viscosité 110
- Point de fusion -34°C
- Huile pour transformateurs
- Type : ESSO uni volt 80.
- Viscosité : 4.7°E à 20°C
- Volume d'huile : 0.5 litre

IV.7.2.2.2. Rôle du lubrifiant

- Réduire le frottement par interposition entre les deux surfaces en mouvement d'une substance appelée "lubrifiant".
- Réduire l'usure :
 - Physique ; elle relève de la constitution du métal et de sa fatigue.
 - Chimique ; elle est la conséquence de l'usure corrosive.
 - Mécanique ;
 - Par jonction métallique (microsoudure).
 - Par abrasion (interposition de particules solides entre deux pièces).
 - Par érosion (choc de particules solides ou fluides)
- Réduire et évacuer la température.
- Parfaire l'étanchéité.
- Évacuer les impuretés.

IV.7.2.2.3. Schéma hydraulique de fonctionnement de la vanne papillon

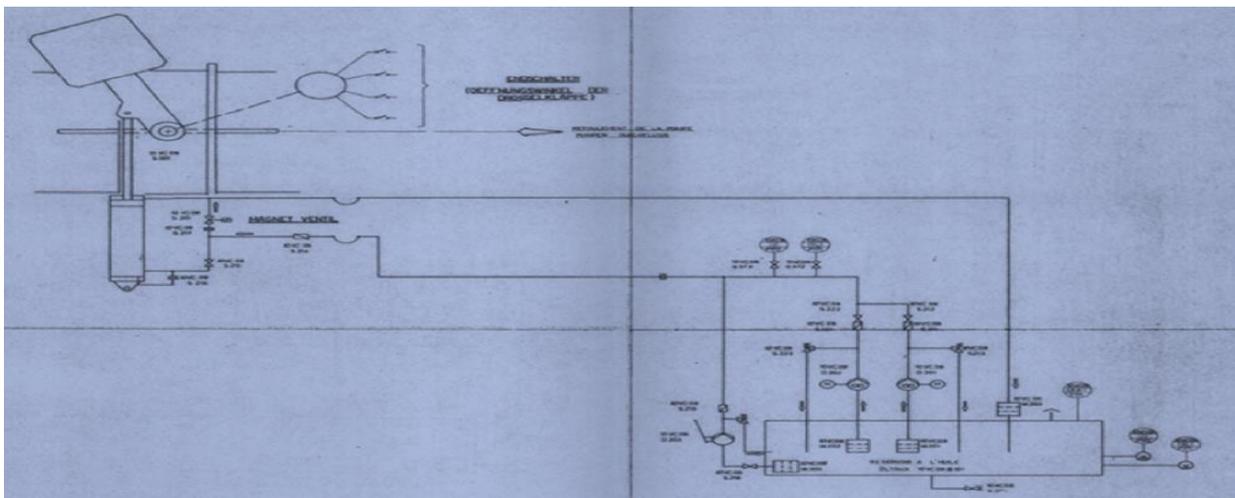


Figure IV- 13: Schéma hydraulique de fonctionnement de la vanne papillon

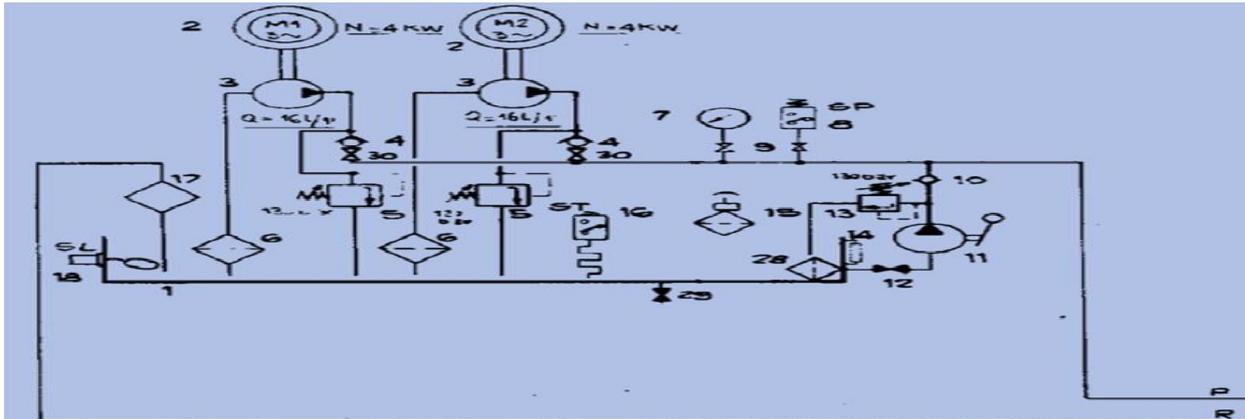


Figure IV- 14: Circuit de commande hydraulique de la vanne papillon

IV.7.3. Circuit hydraulique

La pression de service est donnée par deux pompes qui débitent en parallèle dans le circuit entraîné chacune par un moteur triphasé d'une puissance de 4 KV le débit de chaque pompe est de 16 à la sortie des pompes on trouve des clapets anti-retours, et des régulateurs de pression, des filtre une pompe à levier de secours débit aussi sur le même circuit en cas de panne des pompes on trouve aussi un manomètre, et un pressostat de sécurité en cas d'élévation de pression de service.

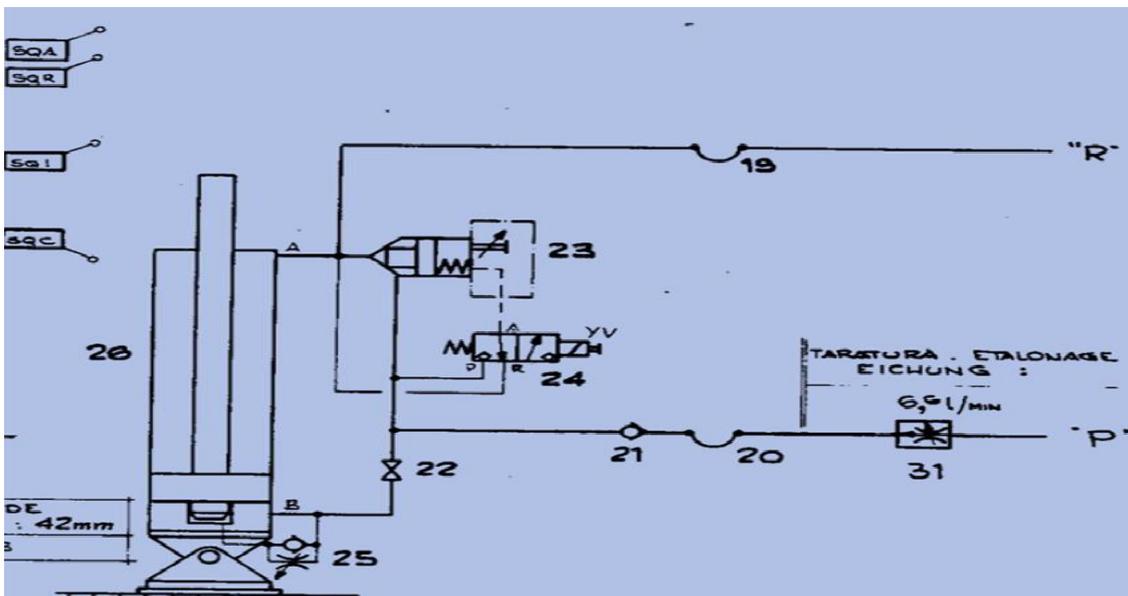


Figure IV- 15: vérin de la vanne papillon

IV.7.4. Commande du vérin

IV.7.4.1. Monte du vérin

La pression de service passe directement par un étrangleur et entre par B au vérin et ressort par A vers le réservoir

Le régulateur de débit régule la pression de retour vers le réservoir et bloc le vérin En position haute (sécurité). La pression de service est supérieure à celle du ressort.

IV.7.4.2. Descente du vérin

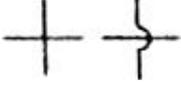
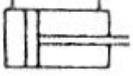
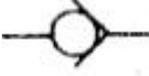
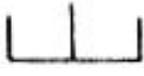
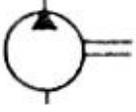
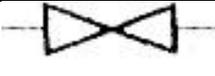
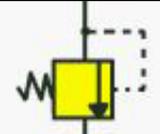
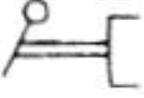
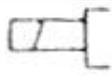
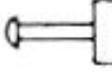
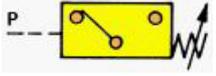
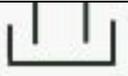
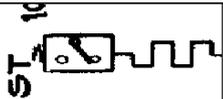
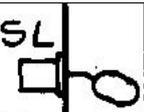
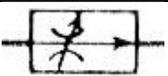
La commande du distributeur commande la descente du vérin en repassant

L'huile conservé dans le vérin (en position haute) vers le réservoir

Le clapet anti-retour fermé car la pression dans le vérin est supérieure à celle de service (pompe). Cette pression de retour augmente la pression du ressort.

IV.7.5. Noms et symbole hydraulique

Tableau IV- 5: symbole hydraulique

Nom	Symbole	Nom	Symbole
Filtre crépine		Croisement de Conduite	
Lubrificateur		Vérin double effet	
Ressort de rappelé		Clapé no retour	
Conduite débouchant dans le liquide		Flux hydraulique	
Conduite flexible		Pompe hydraulique à piston fixe à 2 sens	
Robinet de tous types de sectionnement		Limiteur de Pression	
Commande par levier		Commande par électro aimant	
Commande par bouton poussoir		Pressostat	
Débitmètre		Réservoir	
Rhéostat		Détecteur de niveau d'huile	
Régulateur de débit			

IV.7.6. Composent de circuit de commande hydraulique de la Vanne papillon

IV.7.6.1. Pompe à l'huile

➤ Donnée technique

- Fabricant diplomatiec
- Type C 16/180 R
- Débit 16 litre/min
- Vitesse 1450 r.p.m
- Pression maximale 300 bar
- Nombre des pompes

IV.7.6.2. Moteur pour pompes à huile

➤ Données techniques

- Fabricant ANSALDO
- Type A1C
- Puissance 4 KV
- Vitesse 1450 r.p.m
- Tension 380 V
- Fréquence 50 HZ
- Type de fabrication B5
- Degré de protection 1P55
- Nombre des moteurs 2

IV.7.6.3. Filtre

IV.7.6.3.1.Filtre monté sur la décharge

➤ Données techniques

- Fabricant DUPLOMATIC
- Type FRI 100 60 VE G
- Degré de filtrage 60 micron
- Débit 16 L/min
- Pression maximale 20 bar
- Nombre de filtres 1

IV.7.6.3.2.Filtre monté sur l'aspiration de la pompe manuelle

➤ **Données techniques**

- Fabricant DUPLOMATIC
- Type FA 10
- Degré de filtrage 90 micron
- Débit 10 L/in
- Pression maximale 2 bar
- Nombre de filtre 1

IV.7.6.3.3. Filtre monté sur l'aspiration des pompes

➤ **Donnée technique**

- Fabricant DUPLOMATIC
- Type FA 25
- Degré de filtrage 90 micron
- Débit 25 L/min
- Pression maximale 2 bar
- Nombre de filtres 2

IV.7.6.4. Réservoir d'huile

➤ **Données techniques**

- Capacité du réservoir 150 Litre
- Dimension du caisson 900 x 550 x 400 mm

IV.7.6.5. Pompe manuelle

➤ **Données techniques**

- Fabricant DUPLOMATIC
- Type PM .SI
- Pression de service 125 bar
- Pression maximale 150 bar

IV.8. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre une étude technologique indispensable pour le chapitre suivant, dont nous avons décrit notre machine pompe d'eau de mer de circulation VC ainsi que ses différents composants, son principe de fonctionnement. Cette étude s'articule sur trois parties essentielles : électrique, mécanique et hydraulique afin de mieux cerner notre problème qui consiste l'analyse vibratoire de la pompe et la résolution de endommagements si possible.

CHAPITRE V :
ANALYSE
VIBRATOIRE DE LA
POMPE VC

V. CHAPITRE V : ANALYSE VIBRATOIRE DE LA POMPE VC

V.1. But de travail :

Le but de notre travail est d'étudier les comportements vibratoires des machines tournantes et faire le diagnostic de leurs états mécaniques. Dans notre étude pratique, nous disposons de méthode d'acquisition non permanente « off line » des indicateurs d'états les plus importants avec un collecteur de données portable ou un analyseur.

V.2. Matériel utilisé :

Le service **DIAGNOSTIC MACHINES** de la centrale thermique de Ras-Djinet utilise un système appelé **One Prod** pour la maintenance conditionnelle (détections des défauts des machines tournantes à traverses les vibrations). Ce système est composé d'un collecteur de données appelé **MVP-2C**, qui permet de faire l'acquisition du signal vibratoire généré par les vibrations d'une machine. Les données acquises stockées dans l'appareil seront transmises, vers le logiciel **XPR-300**, qui fait le traitement du signal et l'analyse des tendances.

V.2.1. Analyseur MVP-2C [21] :

Le MVP-2C est un appareil d'acquisition pratique destiné à faire : des mesures globales de vibration, de paramètres de procédé, de signaux temporels et des spectres.

C'est un collecteur de données portable. Il permet la collecte des données vibratoires qui seront transférées dans un micro-ordinateur.



Figure V- 1: Analyseur MVP-2C

➤ **Caractéristique technique :**

- Marque : One Prod
- Type : MVP-2C
- Modes de fonctionnement :
 - ❖ Fonction analyseur
 - ❖ Fonction collecte
 - ❖ Fonction équilibrage

V .2.2 Logiciel de diagnostic et d'analyse XPR-300 [21] :

Le logiciel XPR-300 qui permet d'exploiter les données de mesure de la carte, pour apprécier l'état des machines, faire le diagnostic des défauts et réaliser la maintenance conditionnelle.

- **Caractéristiques :**
 - Il accepte les données de plusieurs analyseurs (mono et multi-voies) et collecteurs de données
 - Fonction de visualisation avancées incluant plusieurs types de curseurs, conversion des unités, Kurtosis et facteur de crête, représentation 3D et matricielle des spectres, profil.

- Il fait le calcul de plusieurs fonctions et grandeurs reliées au signal vibratoire (filtrage, démodulation, cepstre).
- Permet aussi d'archiver les fonctions multi-voies (réponse en fréquence, orbites, cohérence et autres).
- **Avantage :**
 - Flexible à l'utilisation.
 - Un seul logiciel est requis pour traiter l'information de plusieurs instruments différents.
 - Facilite, accélère et améliore l'interprétation des données de vibration
 - Augmente les capacités d'analyse.
 - Pratique pour les études de cas difficiles ou les applications en analyse structurelle.

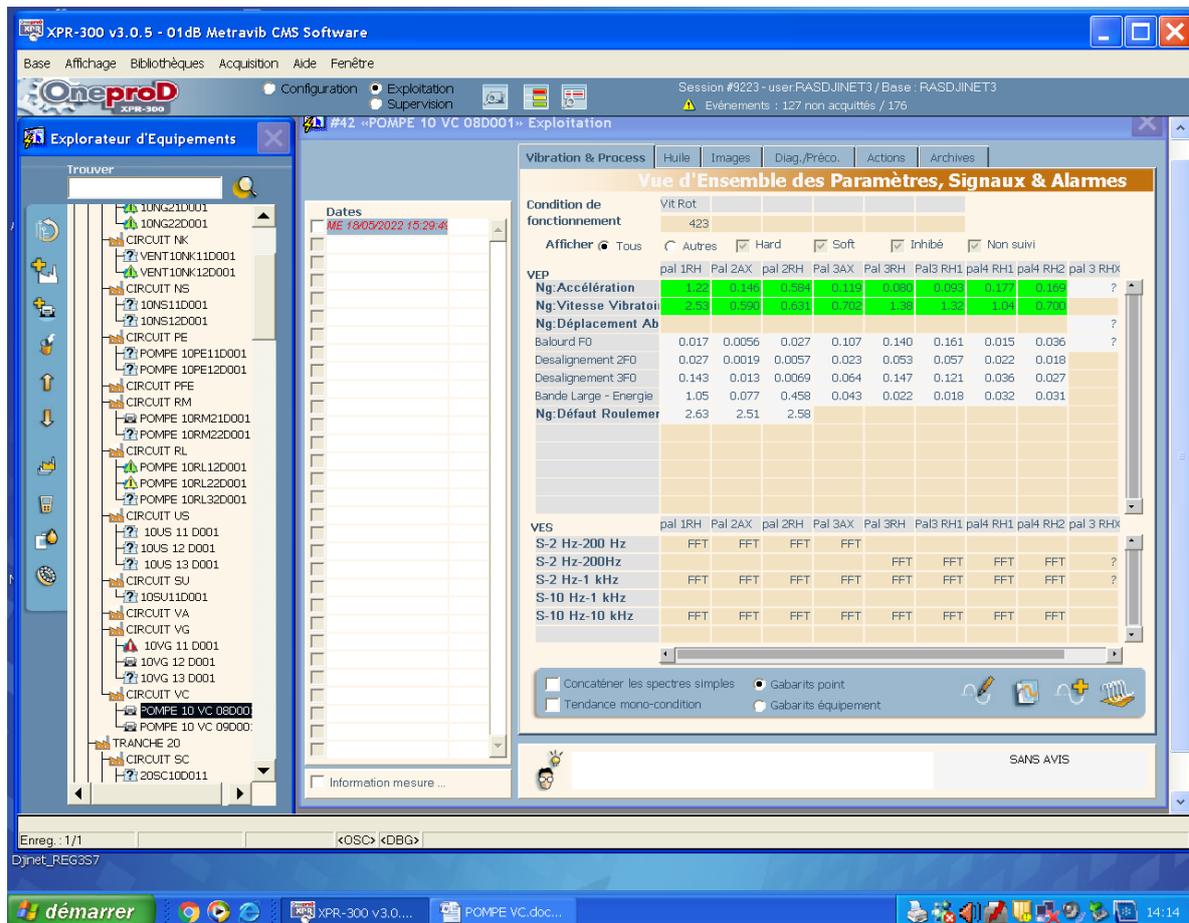


Figure V- 2: Image de l'interface du programme.

One Prod XPR-300 est un système de maintenance dernière génération. A ce titre, il dispose d'un module d'autodiagnostic basé sur l'élaboration d'alarmes (OK, ALARME, DANGER) suite à l'élaboration de plusieurs paramètres. Chaque paramètre informant sur l'état

de santé de l'équipement, un diagnostic global de l'équipement est ainsi obtenu lors de chaque contrôle et assiste l'exploitant lors de son diagnostic final.

L'état d'alarme courant de chaque équipement est présenté dans l'arborescence suivant la codification suivante :



DANGER L'équipement contient au moins un paramètre en DANGER.



ALARME L'équipement contient au moins un paramètre en ALARME.



PRÉ-ALARME L'équipement contient au moins un paramètre en PRÉ-ALARME



OK Tous les paramètres de l'équipement sont OK.



INCONNUE Aucun paramètre n'a été mesuré ou calculé.

Cet état d'alarme est toujours élaboré à partir des dernières mesures effectuées sur l'équipement.

One Prod XPR-300 est conçu pour permettre la mise en œuvre, sur un parc industriel de machines tournantes, des modes de surveillance Off line (périodique) et On line (en continu) de paramètres caractéristiques d'état ou de comportement mécanique, mesurés à partir des principales techniques de contrôle non destructif utilisées actuellement dans l'industrie et les services de maintenance : vibrations, huiles, procès, températures, ... [22]

V.2.3. Capteur des vibrations :

C'est un accéléromètre ASH201-A de type piézoélectrique raccordé au collecteur analyseur MVP-2C. On utilise ce capteur pour mesurer l'accélération vibratoire. ;



Figure V- 3: Accéléromètre ASH201-A

➤ Caractéristiques techniques :

- Marque : One Prod
- Type : ASH201-A

- Principe : piézo-électrique avec amplificateur de charge intégré
- Mode de fixation : visage, Aimant ou point de touche
- Facteur de transmission : 100mV/m/s²
- Fréquence propre : 35KHz
- plage de température : -40°C à 121°C

V.3. Les point de mesure :

L’implantions de l’accéléromètre sur les machines est très importante. Chaque compagnie de mesure doit être effectuée en points précis et toujours les mêmes, en effet un phénomène mécanique peut donner des images vibratoires sensiblement différentes en fonction des points de mesure. On a pris quatre paliers et on fait les mesures

- Palier 1 : palier supérieur du moteur.
- Palier 2 : palier inférieur de moteur.
- Palier 3 : palier supérieur de la pompe.
- Palier 4 : le palier 4 (palier inférieur de la pompe) ne permet pas faire des mesures car il est situé sous le sol

V.4. Limites vibratoires propose par les normes AFNOR E90-300 :

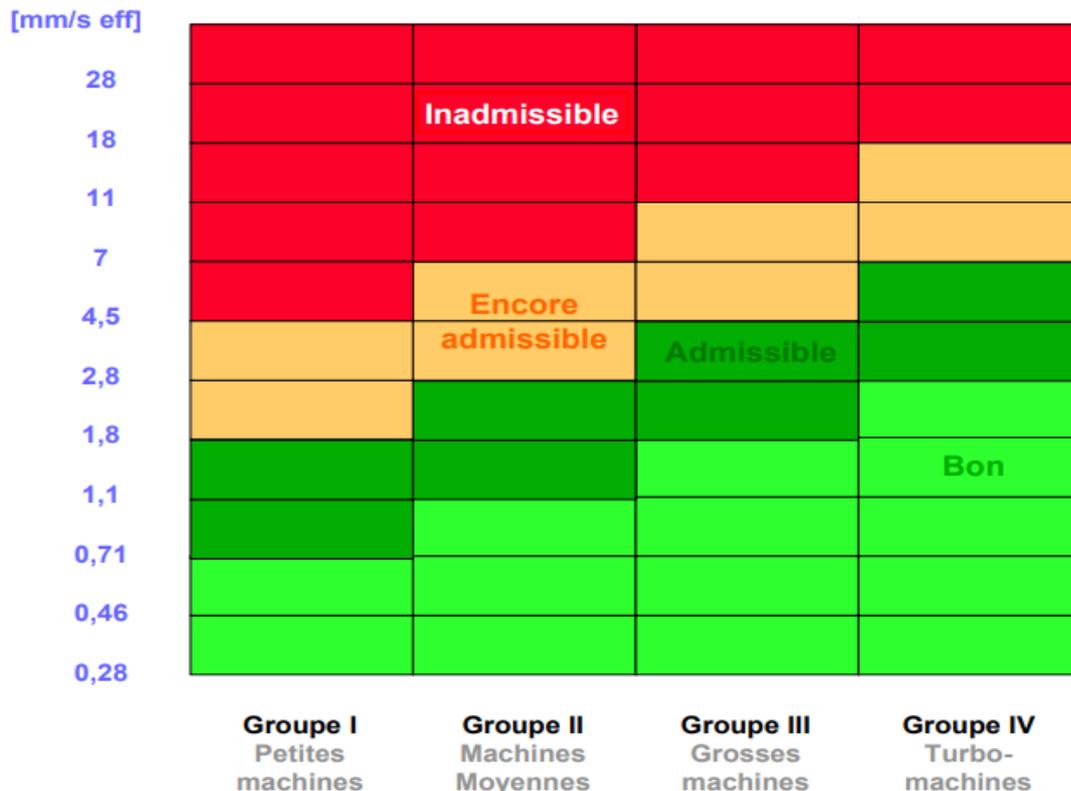


Figure V- 4: norme de surveillance d’analysé vibratoire AFNOR E90-300 [23]

Tableau V- 1: gamme de pompe pour chaque groupe

Groupe 1	Petites machine tournantes (moins de 15 kW)
Groupe 2	Machine tournantes moyennes (15 à 75 (300) kW)
Groupe 3	Grandes machine tournantes (fixations avec fondation rigides)
Groupe 4	Grandes machine tournantes (fixations avec fondation souples)
Groupe 5	Machines alternative (fixations avec fondation rigides)

V.5. Classification de l'état vibratoire de la pompe de circulation d'eau de mer

Notre pompe est une grosse machine au groupe 3. De cette classe en a les normes suivantes :

Tableau V- 2: limites vibratoires de la pompe de circulation.

0 – 1.8 mm/s	Bon fonctionnement du système	1 revisions / 3mois
1.8 – 4.5 mm/s	Fonctionnement admissible	1 revisions / mois
4.5 – 11 mm/s	Fonctionnement encore admissible	1 revisions /jour
+ 11 mm/s	Fonctionnement inadmissible	Arrêt pour révision ou réparation

V.6. Les positions de capteur dans le système « Off ligne » :

Pour le système « Off ligne », les mesures de vibration sont effectuées sur chaque point dans les trois directions

- A : axiale
- H : horizontale
 - Ha : horizontale a
 - Hb : horizontale b
 - Entre Ha et Hb → 90°
- V : verticale

- 1 : axiale
 2 : horizontale (a)
 3 : horizontale (b)

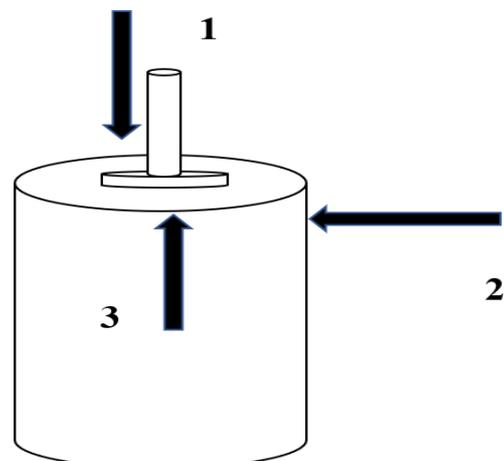
**Figure V- 5: Les trois positions de mesures**



Figure V- 6: directions axiales



Figure V- 7: direction horizontale b



Figure V- 8: la direction horizontale a

V.7. Défauts et fréquence spécifique de la pompe

V.7.1. Mesure de la fréquence

$$w = 2\pi f_0 \quad \Longrightarrow \quad f_0 = \frac{w}{2\pi}$$

$$w = \frac{2\pi N}{60} \quad \Longrightarrow \quad f_0 = \frac{N}{60}$$

Vites de la pompe

$$N = 423 \text{ tr/min}$$

Application numérique

$$f_0 = \frac{423}{60} = 7.05H_z$$

Tableau V- 3: défaut et fréquence spécifique de la pompe

Nature du défaut	Direction	Fréquence de la vitesse ($f_0 = N / 60$)
Frottement d'huile, Jeu, fissuration	Surtout radial	3.52 Hz à 2.35 Hz
Balourd (mécanique, thermique)	Radial	7.05Hz
Désalignement et torsion des axes, fixation	Radial et axiale	Habituellement 14.10Hz (deux f, trois f) Quelque fois 12.15 – 28.20 ou plus
Jeu dans les paliers lisses	Surtout radiale	3.52 Hz ou 2.35 Hz
Détérioration des roulement	Axiale et radiale	Hautes fréquence < 700Hz

V.8. Tendence de mesure

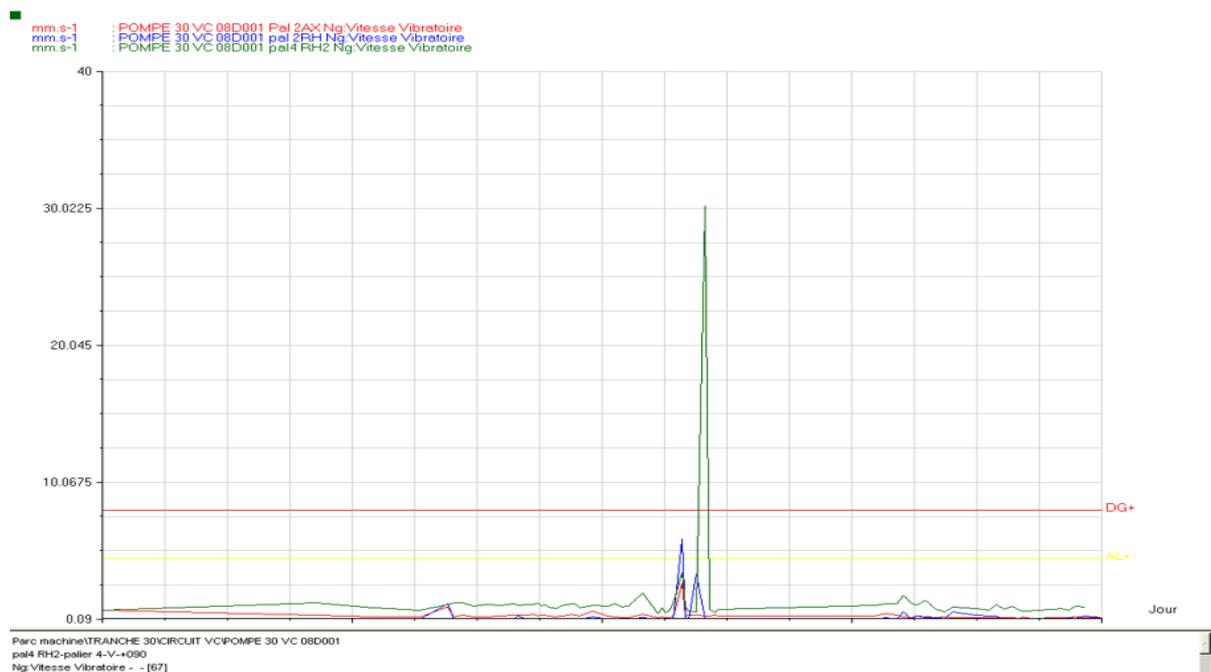


Figure V- 9: mesure vibration d'une fausse mesure

- **Remarque**

Nous remarquons que la mesure a augmenté d'un seul coup puis a regagné la plage admissible.

Nous concluons qu'il s'agirait d'une fausse mesure que l'analyse spectrale quant vas le confirmer.

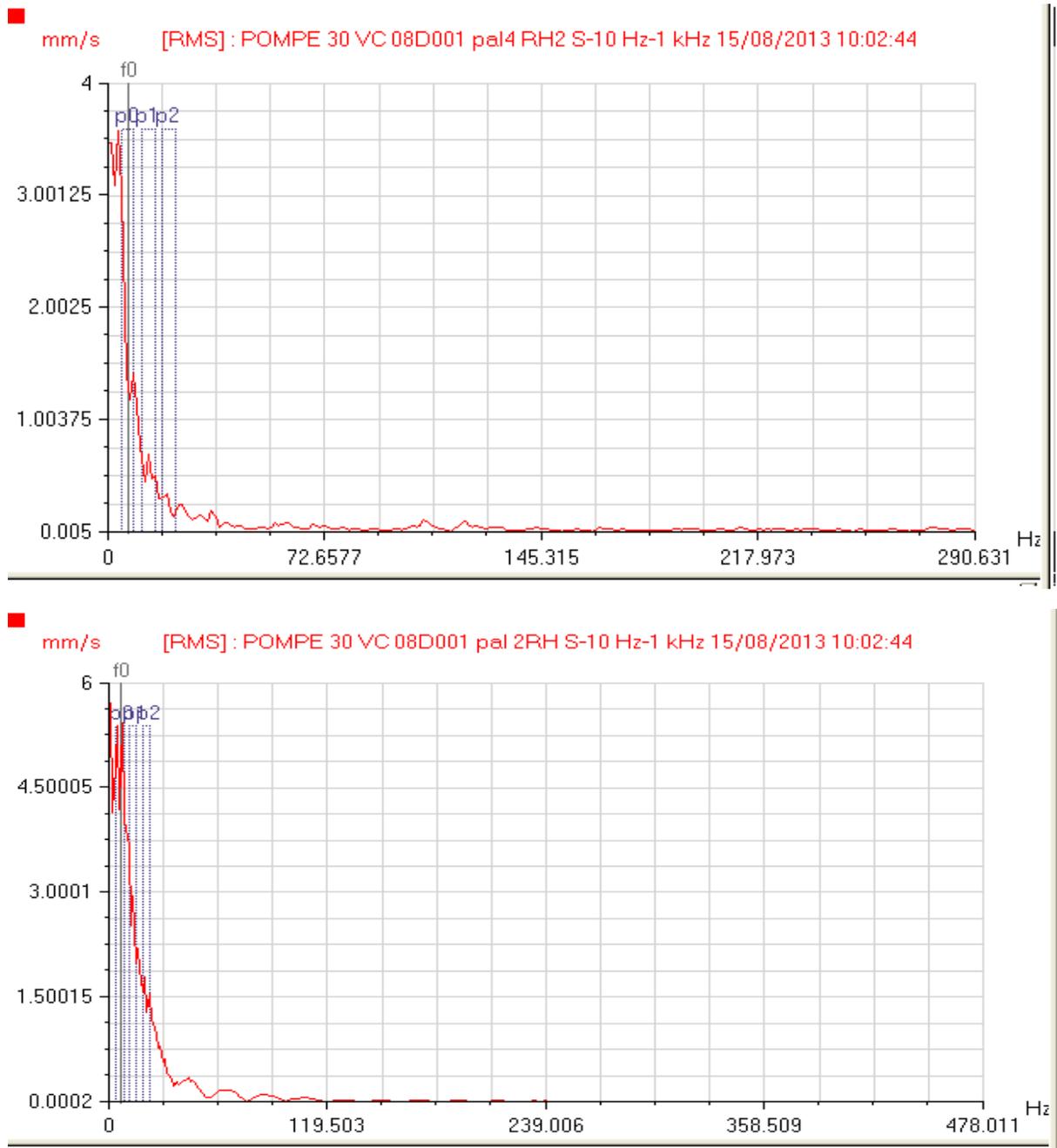


Figure V- 10: spectre d'un bruit dans le palier n°4

L'analyse spectrales montre un bruit à basse fréquence dû à une mauvaise adhésion du capteur avec la surface de contact d'autant plus que le palier n°4 est amagnétique.

Ces valeurs ne signifient aucun problème. On appelle ce genre de résultats des fausses mesures.

Cause de fausses mesures :

- Surface sale
- Manque de lubrifiant ou graisse de contact
- Changement de point de mesure
- Accéléromètre pas bien place

V.9. Étude des défauts

V.9.1 Comportement avec défaut et sans défauts

➤ Sans défaut

Dans notre travail nous avons étudié les défauts vibratoires de la pompe de circulation en analysant les représentations fréquentielles de différent roulement de la pompe :

Les spectres représentent les mesures des vibrations d'un cas sans défaut de roulement (niveau vibratoires faible)

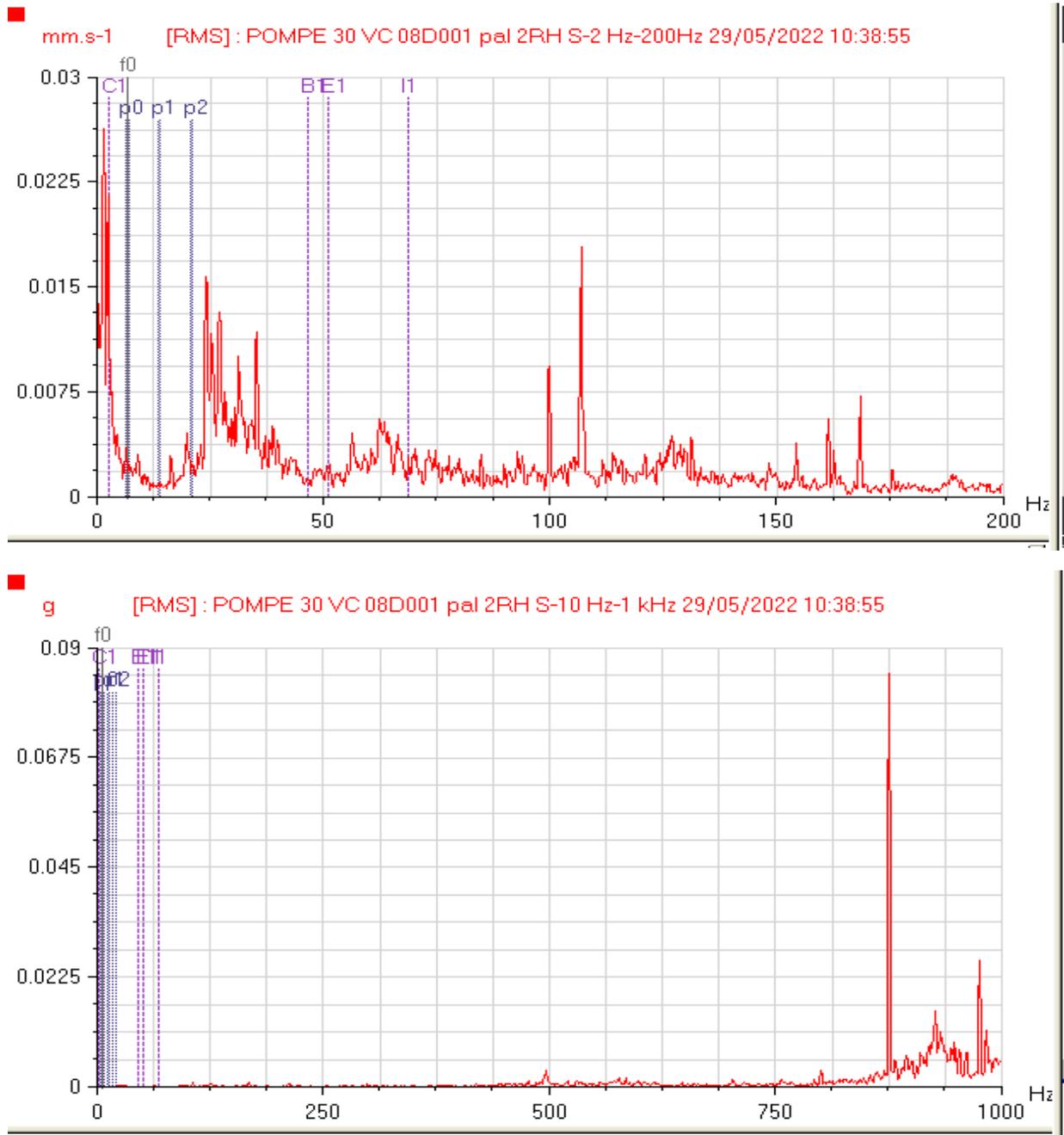


Figure V- 11: deux spectres représentent les mesures vibratoires sans défaut sur le palier N°2

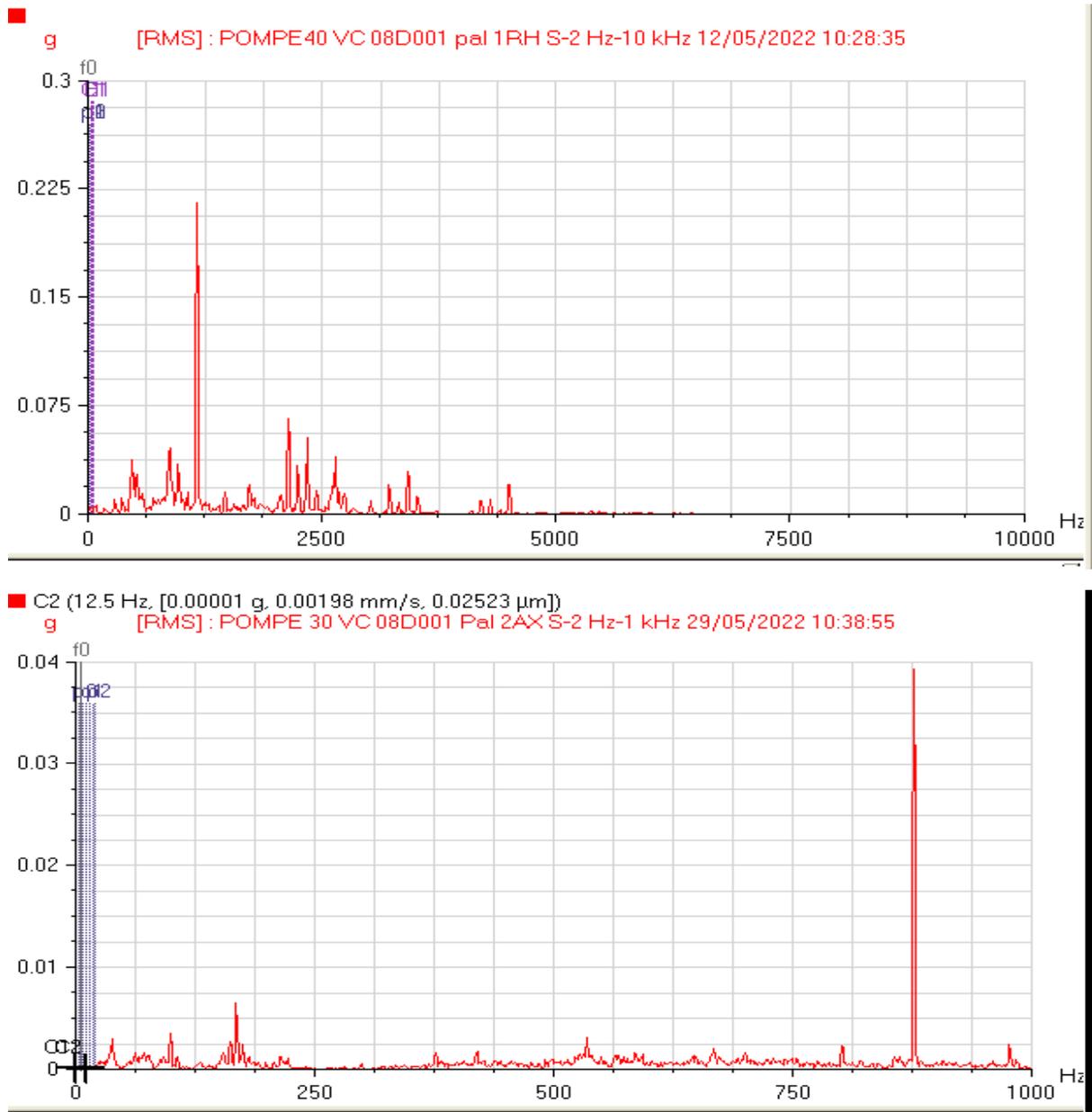


Figure V- 12: deux spectres représentent les mesures vibratoires sans défaut sur le palie N°1

- **Remarque :**

En remarques d'après ces spectres absence de défaut mais il y a apparition des piques qui sont à faible niveau qu'on appelle spectre de référence sur lequel on surveille le niveau vibratoire de chaque pic s' il augmente, c'est un signe qu'un défaut est en train d'apparaître , c'est ce qu'on appelle le spectre de référence de une pompe ou une machine donnée et quand on prend un spectre sans défaut son niveau de pic est bas, et lorsque le défaut apparait les pic augmentera progressivement jusqu'à ce qu'il s'atteigne un certain niveau, ou le niveau globale est élève.

Alors il n'y a pas un spectre qui ne contient aucune information, même la pompe est très bonne elle présente toujours des vibrations résiduelles tolérées

➤ Avec défaut

Les spectres représentent les mesures des vibrations d'un cas avec début de type roulement

- **Spectre basse fréquence.**

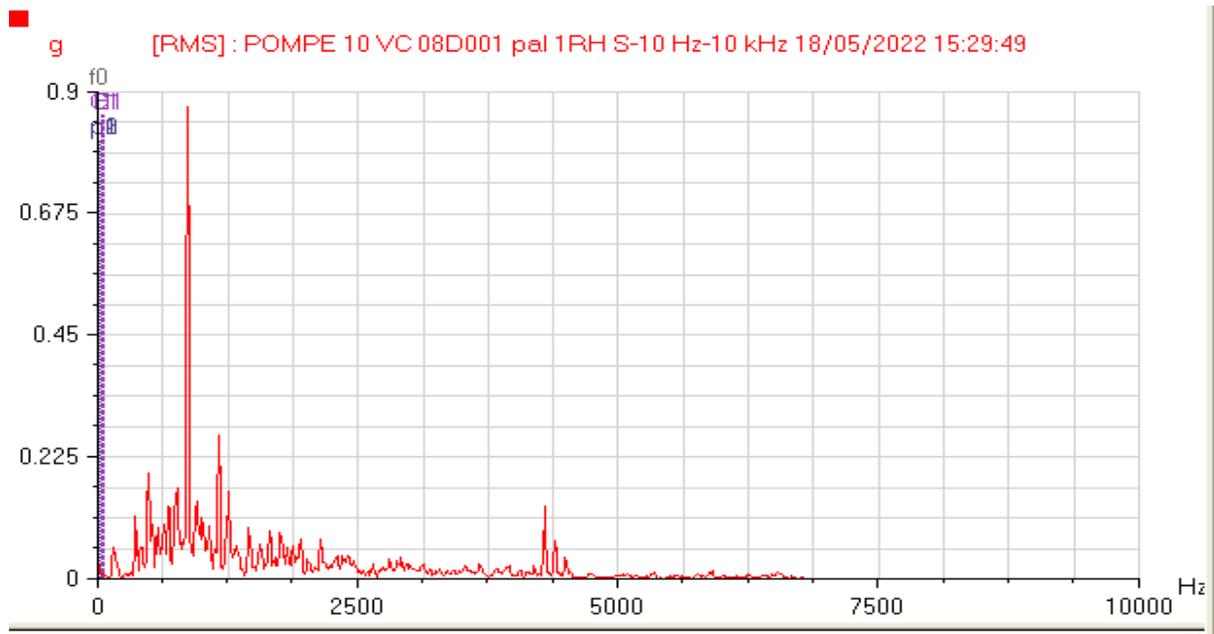


Figure V- 13: spectre représentant défaut vibratoire ou basse fréquence

- **Spectre haute fréquence.**

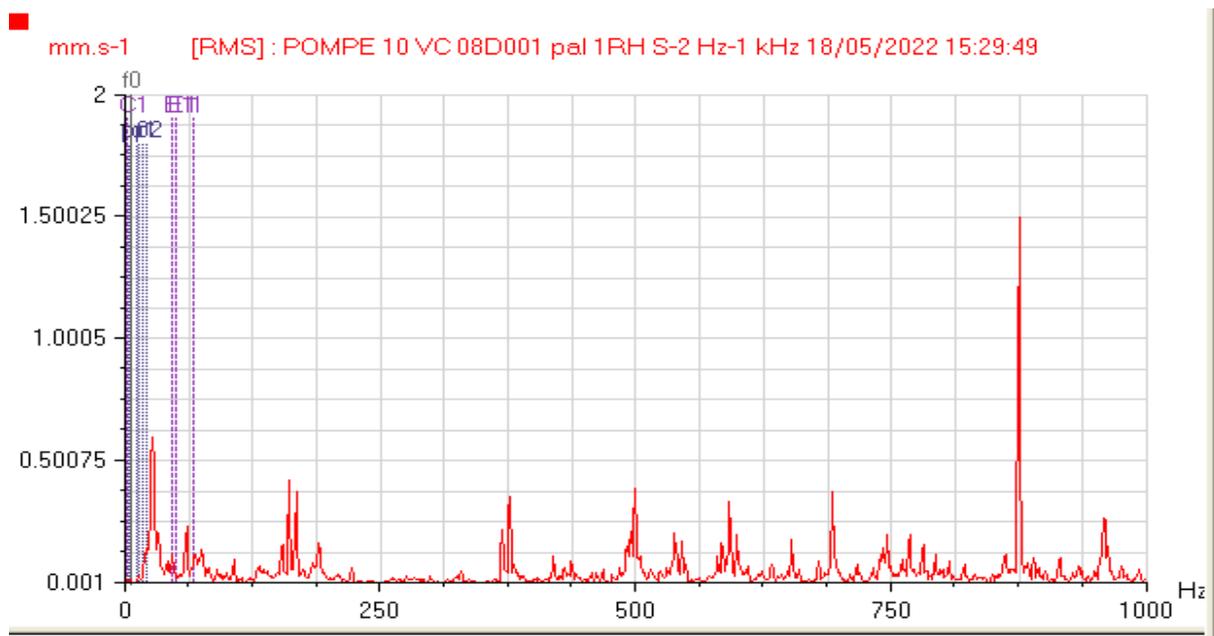


Figure V- 14: spectre représentant défaut vibratoire ou haute fréquence

- **Remarque :**

Aux alentours de la fréquence 1000 Hz on remarque l'apparition des pics qui correspondent au défaut de roulement puisque l'excitation du règlement entre 800 jusqu'à 1500 Hz donc on remarque l'apparition de quelques pics qui correspond au défaut de roulement.

V.10. Conclusion :

Suite aux résultats obtenus pendant le stage, on a remarqué que la pompes soufre de vibrations élevées due à plusieurs facteurs parmi eux :

- Défaut de roulement
- Défaut de fixation

La maintenance préventive par analyse vibratoire a un rôle important dans le bon fonctionnement de cette pompe pour prédire et éviter les imprévus qui cause la suspension de production ainsi que les couts élevés de maintenance.

Dans cette partie de mémoire, nous avons utilisés un logiciel Oneprod XPR-300 dans le but de diagnostiquer et de détecter les défauts de la pompe d'eau de mer à partir des spectres en suivant des normes bien précis.

CONCLUSION

Conclusion générale

Dans le cadre de la présente étude, nous avons effectué un stage pratique au sein de la centrale thermique de Cap-djinet, qui nous a permis de regrouper les connaissances théoriques et les modes opératoires utilisés pour la détection des défauts affectant les organes des installations mécaniques, la majorité de ces défauts peuvent être détectés en analysant les signaux vibratoires délivrés par des capteurs placés sur leurs paliers.

Ce stage nous a permis de comprendre aussi l'importance de la surveillance de machines stratégiques telle que la pompe de circulation d'eau de mer VC, qui est indisponible au fonctionnement des autres machines. L'analyse vibratoire nous permet de détecter l'apparition d'un défaut sans démontage de la machine en prélevant le signal vibratoire à l'aide des capteurs de vibration.

Le contenu fréquentiel des vibrations de cette analyse est une information clé pour le diagnostic des défauts sur les machines tournantes et pour la caractérisation de la dynamique des structures. Les résultats expérimentaux obtenus sont clairs et efficaces, nous a permis de mettre en œuvre un bilan complet sur l'état de santé de la machine. Ceci implique aussi un gain en pièce de rechange et surtout un gain de production.

Dans cette étude les résultats des mesures montrent que l'utilisation de la méthode d'analyse vibratoire qui nous permet une précision de détection des défauts en utilisant l'analyse spectrale.

L'utilisation de cette méthode à permet un bon diagnostic et la localisation rapide des éléments défaillants, les causes de défaillances ainsi réduire le temps d'arrêt des machines.

Cette méthode est très importante dans la maintenance conditionnelle.

Les résultats obtenus pendant notre stage, on a remarqué que la pompes soufre de vibrations élevées due à plusieurs facteurs parmi eux :

- Défaut de roulement
- Défaut de fixation

La maintenance préventive par analyse vibratoire a un rôle important dans le bon fonctionnement de cette pompe pour prédire et éviter les imprévus qui cause la suspension de production ainsi que les couts élevés de maintenance.

Dans cette partie de mémoire, nous avons utilisés un logiciel Oneprod XPR-300 dans le but de diagnostiquer et de détecter les défauts de la pompe d'eau de mer à partir des spectres en suivant des normes bien précis.

BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : GHERSALLAH. Alternateur. Module II : équipement principal. (Norme spécifique) Cap Djanet, Mars 1995.
- [2] : BENHARRAT.M, KHALEF.F « pompe centrifuge », université Abdelhamid ibn badis de Mostaganem, faculté de science et de la technologie 1016 /2017
- [3] : chp2 JOEL.M. ZINSALO, note de coures « pompes et station de pompage « université d abomeycalavi
- [4] : Fichier PDF : MACHINES HYDRAULIQUES. Classification et Définition (<http://www.almohandiss.com>).
- [5] : **Bernard DE CHARGERÉ** et **Robert REY**, « Pompes volumétrique pour liquides ». Techniques d'ingénieur, Juillet 2009.
- [6] : **Pascal BIGOT**, « Les Pompes ».
- [3] : benord, pompes volumétriques pour liquide, technique d'ingénieur (B4320), paris,
- [7] : « Machines tournantes- les pompes centrifuges- technologie et fonctionnement des pompes
- [8] : « Les Pompes », **TOTAL Manuel de Formation : EXP-PR-EQ070 Révision 0.1**, Dernière Révision : Mai 2007.
- [9] : Armando Lancaster, (Hydraulique générale), Edition saint-Germain, 1991.
- [10] : **BASCAL BIGOT**, « coure : les pompe » 2003,
- [11] : **BOUDJATIT. A, BOURKEB, A**, les pompe centrifuge, mini projet,
- [12] : Documentation du constructeur (Halberg, siemens, voith).
- [13] Jean Héng : **PRATIQUE DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE –Mécanique- Pneumatique-Hydraulique-Electrique-Froide**ÉditionAFNOR2002DUNOD
- [14] <http://tpmattitude.fr/maintcond.html>
- [15] Au geix D Technique de l'ingénieur (traité génie mécanique – analyse vibratoire.
- [16] Document realise par : Jacky DUMAS (01db-STELL)
- [17] : Brüel et Kjaer, Schank. Vibrations. Equilibrage sur site. Applications à la maintenance conditionnelle. Imprimé en France, Février 1994.

[18] : Alain boulanger et christion Pachaud. « Surveillance des machines par analyse des vibrations Du dépistage au diagnostic ».

[19] Ahmed LALOUCHE. Diagnostic des machines tournantes. Étude numérique et expérimentale. Mémoire de Magister en mécanique présenté à l'UMBB le Mai 2006.

[20] : équilibrage sur site des machines tournantes P/N 561.018F

[21] [livre] : logiciel de maintenance prédictive et d'analyse vibratoire (OneProd Manuel Utilisateur).

[22] : site web www.helloprod.fr.

[23] : Bruel et Kjaer Vibro, Vibration globales, MC – STAGE, Rév. B Octobre, 2002.

RESUME

Résumé :

La surveillance vibratoire des machines tournantes dans l'industrie joue un rôle très important pour prolonger la durée de vie des équipements. L'analyse vibratoire permet d'avoir une image de l'état de santé mécanique des machines tournantes. En effet, à partir des vibrations régulièrement recueillies sur une machine tournante l'analyse vibratoire consiste à détecter d'éventuels dysfonctionnement afin de réduire le nombre d'arrêt sur casse, fiabiliser l'outil de production et augmenter son taux de disponibilité.

Cette étude est une analyse vibratoire des défauts fréquents qui apparaissent dans la pompe de circulation d'eau de mer VC, puis on a proposé une action corrective en fonction des défauts apparus. L'idée principal pour faire un bon diagnostic est d'avoir une bonne connaissance des fréquences spécifiques des défauts.

Mots clés : machines tournantes, analyse vibratoire, pompe de circulation d'eau de mer,

Abstract:

Vibration monitoring of rotating machines in industry plays a very important role in extending the life of equipment. Vibration analysis provides an image of the mechanical state of health of rotating machines. Indeed, from the vibrations regularly collected on a rotating machine, the vibration analysis consists in detecting possible malfunctions in order to reduce the number of stoppages on breakage, make the production tool more reliable and increase availability rate.

This study is a vibration analysis of the frequent faults which appear in the sea water circulation pump VC, then a corrective action has been proposed according to the faults which have appeared. The main idea to make a good diagnostic is to have a good knowledge of the specific frequencies of the faults.

Keys-words: rotating machines, vibration analysis, seawater circulation pump

ملخص:

تلعب عملية مراقبة الآلات الدورانية دوراً في غاية الأهمية، يسمح التحليل الاهتزازي صورة للحالة الميكانيكية لسلامة الآلات الدورانية

يوفر تحليل الاهتزاز صورة للحالة الميكانيكية للصحة للآلات الدوارة. في الواقع، من الاهتزازات التي يتم جمعها بانتظام على آلة دوارة، يتمثل تحليل الاهتزاز في الكشف عن الأعطال المحتملة من أجل تقليل عدد مرات التوقف عند الكسر، وجعل أداة الإنتاج أكثر فعالية وزيادة معدل توفرها.

هذه الدراسة عبارة عن تحليل اهتزازي للأعطال المتكررة التي تظهر في مضخة دوران مياه البحر VC، تم اقتراح إجراء تصحيحي وفقاً للعيوب التي ظهرت. الفكرة الرئيسية لإجراء تشخيص جيد هي الحصول على معرفة جيدة بالترددات المحددة للأعطال.

الكلمات المفتاحية: الآلات الدوارة، تحليل الاهتزازات، مضخة دوران مياه البحر.