

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



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

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

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique / Mécatronique

THEME

Étude et diagnostic du système production d'air comprimé
De la nouvelle centrale à cycle combiné Cap Djanet

Présenté par :

SOUICI Mohammed

AMIROUCHE Yazid

Encadré par :

M^{me} : BAHLOUL Hassiba

M^r : BOUHARONNE Mohammed

Promotion 2022 - 2023

Résumé

Ce mémoire vise à fournir une étude approfondie du système de production d'air comprimé de la centrale à cycle combiné de Cap Djinet.

L'étude débute par une étude détaillée du système de production d'air comprimé au sein de la centrale à cycle combiné de Cap Djinet, soulignant son importance pour un fonctionnement fiable et efficace de la centrale électrique. Les diverses applications de l'air comprimé, telles que le nettoyage, l'actionnement des vannes pneumatiques et le fonctionnement des actionneurs pneumatiques.

La partie centrale du mémoire se concentre sur le diagnostic approfondi du compresseur Kobelco KNWA2. Les techniques d'analyse vibratoire et thermographique sont utilisées pour identifier les vibrations anormales, les désalignements, les défauts de roulement, les problèmes de lubrification et les surchauffes. Ces anomalies peuvent être des signes avant-coureurs de défaillances imminentes et nécessitent une attention particulière pour éviter des problèmes plus graves.

Mots clés : étude approfondie, système de production d'air comprimé, diagnostic, analyse vibratoire, analyse thermographique, compresseur Kobelco KNWA2

ملخص

الغرض من هذا الموجز هو تقديم دراسة متعمقة لنظام إنتاج الهواء المضغوط لمحطة كاب جنات لتوليد الطاقة ذات الدورة المشتركة.

تبدأ الدراسة بدراسة مفصلة لنظام إنتاج الهواء المضغوط في محطة كاب جنات لتوليد الطاقة ذات الدورة المشتركة، مما يسلط الضوء على أهميتها للتشغيل الموثوق والفعال لمحطة الطاقة. تطبيقات مختلفة للهواء المضغوط، مثل التنظيف وتشغيل الصمامات الهوائية وتشغيل المشغلات الهوائية..

يتمحور الجزء الأساسي من المذكرة حول التشخيص المفصل لضغط " Kobelco KNWA2 ". يتم استخدام تقنيات التحليل الاهتزازي والتصوير الحراري لتحديد الاهتزازات غير الطبيعية وعدم التوازن وعيوب المحامل ومشاكل التشحيم وارتفاع درجة الحرارة. قد تكون هذه الشوائب علامات مبكرة على الأعطال القادمة وتتطلب اهتمامًا خاصًا لتجنب مشاكل أكثر خطورة.

الكلمات المفتاحية: دراسة متعمقة، نظام إنتاج الهواء المضغوط، دورة مشتركة، التشخيص المفصل، ضاغط

Kobelco KNWA2، التحليل الاهتزازي، التصوير الحراري

Abstract

This thesis aims to provide an in-depth study of the compressed air production system in the Cap Djinet combined cycle power plant.

The study begins with a detailed analysis of the compressed air production system within the Cap Djinet combined cycle power plant, highlighting its importance for reliable and efficient operation of the power plant. The various applications of compressed air, such as cleaning, pneumatic valve actuation, and pneumatic actuator operation, are discussed.

The central part of the dissertation focuses on the comprehensive diagnosis of the Kobelco KNWA2 A2 compressor. Vibrational and thermographic analysis techniques are employed to identify abnormal vibrations, misalignments, bearing defects, lubrication issues, and overheating. These anomalies can serve as early warning signs of impending failures and require special attention to prevent more serious problems.

Keywords : in-depth study, compressed air production system, Cap Djinet power plant, Kobelco KNWA2 A2 compressor, vibrational analysis, thermographic analysis, comprehensive diagnosis

Remerciements

Nous remercions en premier lieu « ALLAH » de tout-puissant de nous avoir donné la santé et le pouvoir d'accomplir ce modeste travail.

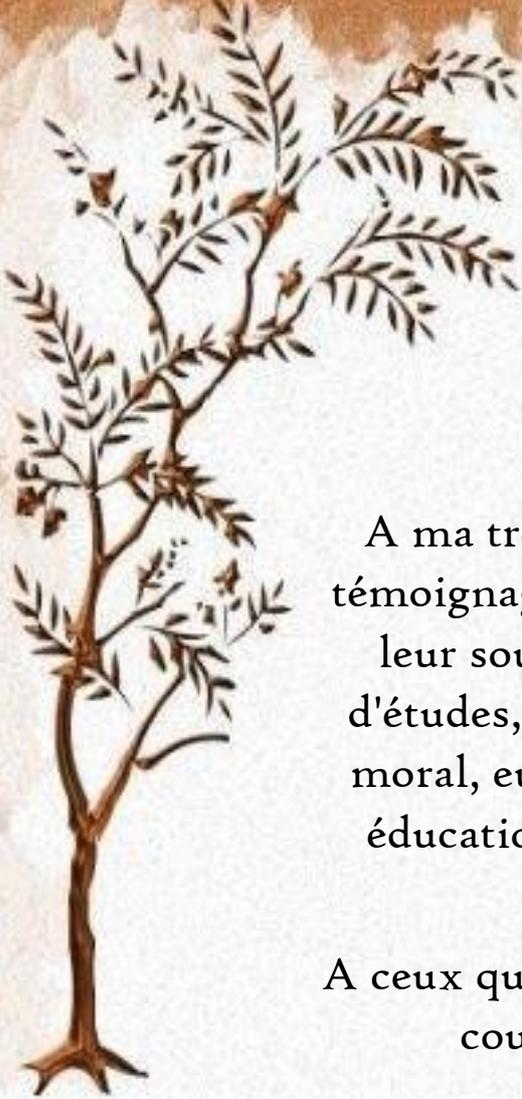
Nous tenons à remercier nos parents pour leur soutien moral et financier.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur madame **Bahloul Hassiba** pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de notre travail.

Tout particulièrement est à témoigner tous nos reconnaissances aux personnels de la centrale du Cap-Djinet à leur tête nos encadreur **Samir Bousallem** et **Mohammed Malki** pour leur chaleureux accueil et leurs aides et coopérations professionnelles depuis le début de la réalisation de ce travail.

Nous adressons mes sincères remerciements à tous les enseignants, intervenantes et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Enfin, aux honorables membres du Jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail



Dédicace

Je tiens à dédier ce travail.

A ma très chère mère et à mon très cher père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien et prières durant toutes mes années d'études, de leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me permettre d'atteindre ce but.

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

A toute ma famille,

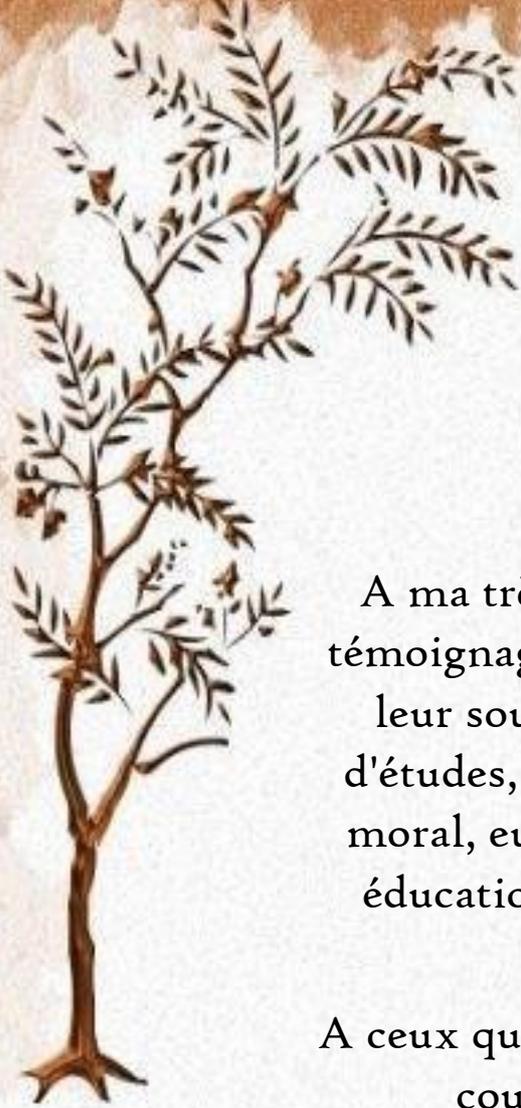
A mes chères sœurs,

A mes amis Islem, Mhammed, Mohammed, Ammar,
Sid ali, Raheem, Younes

A tous ceux qui m'aiment

Souci Mohammed





Dédicace

Je tiens à dédier ce travail.

A ma très chère mère et à mon très cher père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien et prières durant toutes mes années d'études, de leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me permettre d'atteindre ce but.

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

A toute ma famille,

A mes chers frères

A mes chères sœurs,

A tous mes amis

A tous ceux qui m'aiment

Amirouche Yazid



Liste de figures

Chapitre 1

- Figure I.1:** La centrale électrique à cycle combiné de Ras-Djanet
- Figure I.2:** vue de la station de Cap Djanet
- Figure I.3:** Station thermique de la nouvelle centrale de RAS-DJINET
- Figure I.4:** Composants de la turbine à gaz
- Figure I.5 :** Composants de la chaudière de récupération (HRSG)
- Figure I.5 :** Vue en coupe d'une turbine à vapeur
- Figure I.6 :** Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné
- Figure I.7 :** Refroidissement par film
- Figure I.7 :** Salle de commande de la centrale à cycle combiné

Chapitre 2

- Figure II.1 :** Compresseurs d'air Kobelco KNWA2
- Figure II.2:** type des Compresseurs volumétriques
- Figure II.3 :** Compresseurs alternatifs à piston
- Figure II.4 :** Compresseur alternatif à membrane
- Figure II.5 :** compresseur rotatif à lobe
- Figure II.6 :** Compresseurs rotatifs à spirale
- Figure II.7 :** Compresseurs rotatifs à palettes
- Figure II.8 :** Compresseurs rotatifs à vis
- Figure II.9 :** type des Compresseurs dynamiques
- Figure II.10 :** Compresseur dynamique axial
- Figure II.11 :** Compresseur dynamique centrifuges

Chapitre 3

- Figure III.1 :** Compresseur Kobelco KNWA2
- Figure III.2 :** Vue de face, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2
- Figure III.3:** Vue en bout, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2
- Figure III.4:** Vue arrière, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2
- Figure III.5 :** Filtre d'Entrée d'Air
- Figure III.6 :** Filtre d'huile
- Figure III.7 :** Déshuileur
- Figure III.8:** Débit d'Air Comprimé
- Figure III.9:** Le système de commande de capacité

Figure III.10 : Compresseur décharge
Figure III.11 : Compresseur charge
Figure III.12 : Débit d'huile de lubrification
Figure III.13 : Débit d'Air Refroidissement
Figure III.14 : Constitution d'une Moteur asynchrone
Figure III.15 : Montage étoile et triangle
Figure III.16 : Armoire de compresseur d'air Kobelco KNWA2
Figure III.17: Le contacteur
Figure III.18 : Disjoncteur magnétothermique différentiel
Figure III.19 : Transformateur abaisseur
Figure III.20 : Relais thermiques
Figure III.21 : Allen-Bradley micrologix 1500
Figure III.22 : HMI (Human-Machine Interface)
Figure III.23 : Chaine cinématique de compresseur
Figure III.24 : Schéma d'un accouplement
Figure III.25 : Les deux vis mâle et femelle du compresseur
Figure III.26 : Les roulements à billes
Figure III.27: Les roulements à rouleaux
Figure III.28 : Les paliers lisses
Figure III.29 : réservoir d'air
Figure III.30 : COMPAIR A320TX Spécifications
Figure III.31 : diagramme schématique du sécheur

Chapitre 4

Figure IV.1 : Les différentes étapes de processus de diagnostic
Figure IV.2 : Nature d'une vibration
Figure IV.3 : Seuils recommandés par la norme ISO 10816
Figure IV.4 : VIBROTEST 60
Figure IV.5 : Un accéléromètre de marque Schenck de type : AS-065
Figure IV.6 : Capteur de vitesse
Figure IV.7 : Capteur de déplacement
Figure IV.8 : Le progiciel Xms
Figure IV.9 : Choix directionnel pour la prise de mesure
Figure IV.10 : Types de balourds
Figure IV.11 : Spectre théorique d'un défaut de déséquilibre

Figure IV.12 : Schéma du défaut d'alignement

Figure IV.13 : Spectre théorique d'un défaut d'alignements

Figure IV.14 : Défaut de desserrage et de jeu

Figure IV.15 : Spectre théorique d'un Défaut de desserrage et de jeu

Figure IV.16 : Défauts de denture d'engrenages

Figure IV.17 : Spectre théorique d'un engrenage

Figure IV.18 : Spectre théorique Défaut de roulements

Figure IV.19 : Localisation des ondes infrarouges dans le spectre électromagnétique

Figure IV.20 : Rayonnement du corps noir pour différentes températures

Figure IV.21 : Caméra infrarouge Fluke TiS20

Figure IV.22 : Application de la thermographie dans une pièce électrique

Figure IV.23 : Application de la thermographie dans une pièce mécanique

Figure IV.24 : Application de la thermographie dans un circuit de fluide

Figure IV.25 : Les points de mesure de vibrations d'un compresseur

Figure IV.26 : Le suivie de vibration pour le moteur de compresseur

Figure IV.27 : Spectre fréquentiel du moteur de compresseur

Figure IV.28 : Le suivie de vibration pour 1ere étage de compresseur

Figure IV.29 : Spectre fréquentiel du 1ere étage de compresseur

Figure IV.30 : Le suivie de vibration pour 2eme étage de compresseur

Figure IV.31 : Spectre fréquentiel du 2eme étage de compresseur

Figure IV.32 : Thermogramme du 1ere étage compresseur

Figure IV.33 : Thermogramme du 2eme étage compresseur

Figure IV.34 : Thermogramme du moteur compresseur

Figure IV.35 : Thermogramme du Pompe d'huile compresseur

Chapitre V

Figure V.1 : Organigramme de la Maintenance

Figure V.2 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective curative

Figure V.3 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective palliative

Figure V.4 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive systématique

Figure V.5: Organigramme synthétique de la maintenance préventive conditionnelle

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau I.1 : Les caractéristiques des différents corps de la turbine

Tableau I.2 : Caractéristique de générateur

Chapitre 2

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des compresseurs

Chapitre 3

Tableau III.1 : Spécification technique de Compresseur d'Air

Tableau III.2 : Tableau de pression pour le cycle de charge et de décharge d'un compresseur

Tableau III.3 : Caractéristique de moteur

Tableau III.4 : les principaux éléments de la chaîne cinématique

Chapitre 4

Table IV.1 : Domaine de surveillance des indicateurs vibratoires

Table IV.2 : valeur de vibration d'un compresseur

Table IV.3 : Les valeurs de température nominale des composants

Chapitre 5

Tableau V.1 : Les cinq niveaux de maintenance

Tableau V.2 : Maintenance recommandée pour compresseur kobelco knwa2

Tableau V.3: Résolution de problème de compresseur

Tableau V.4: Résolution de problème de PLC

Tableau V.5: Résolution de problème de sécheur

Acronymes et abréviations

SPE	Société de la Production de l'électricité
HP	Haute Pression
IP	Moyenne Pression
LP	Base Pression
CEP	Pompes d'Extraction de Condensat
GSC	Gland Stream Condenser
CCPP	Combiné Cycle Power Plant (centrale à cycle combiné)
A	Ampère
GTG	Gaz d'échappement Turbo Générateur
GT	Turbine à Gaz
ST	Turbine à vapeur
Λ	Longueur d'onde
W_λ	Flux de puissance émis par un corps noir à la longueur d'onde λ
C	Vitesse de la lumière
H	Constante de Plank
k	Constante de Boltzmann
T	Température absolue du corps noir en Kelvin

Table des matières

Introduction générale	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA NOUVELLE CENTRALE DE CAP DJINET	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Fiche Technique :.....	2
I.3 Situation Géographique	3
I.4 La centrale à cycle combiné de la production de l'électricité.....	3
I.4.1 Situation	3
I.4.2 Caractéristiques	3
I.5 Eléments de base de cycle combiné	5
I.5.1 Turbine à gaz.....	5
I.5.2 Chaudière de récupération (HRSG).....	5
I.5.3 Turbine à vapeur.....	7
I.5.4 Générateur	8
I.5.5 Le transformateur.....	9
I.5.6 Le poste d'eau.....	9
I.6 Les fonctionnements d'Eléments de base de cycle combiné	9
I.6.1 Fonctionnement de la chaudière de récupération.....	10
I.6.2 Fonctionnement de la turbine à vapeur en mode cycle combiné.....	11
I.7 Le fonctionnement des autres composantes mécaniques du cycle combiné.....	11
I.7.1 Fonctionnement des vannes de by-pass HP, IP et LP :.....	11
I.7.2 Fonctionnement du système air comprimé-compresseur :	11
I.7.3 Fonctionnement des pompes d'alimentation en eau de la chaudière :.....	11
I.7.4 Fonctionnement des pompes d'extraction de condensat :.....	11
I.7.5 Fonctionnement du condenseur :.....	12
I.7.6 Fonctionnement de Gland Stream Condenseur :.....	12
I.7.7 Fonctionnement d'éjection d'air à jet de vapeur	12
I.7.8 Fonctionnement de la chaudière auxiliaire.....	13
I.7.9 Fonctionnement des pompes de circulation d'eau (CW) :	13
I.7.10 Fonctionnement des pompes d'alimentation pour installation de dessalement :13	
I.7.11 Fonctionnement des pompes d'eau de refroidissement déminéralisée :	13
I.7.12 Fonctionnement des échangeurs de chaleur (type à plaques) :.....	13

I.7.13 Fonctionnement des réservoirs de stockage de mazout :	13
I.7.14 La fonction du réservoir de stockage d'eau déminée :	13
I.7.15 Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau dessalée :	13
I.8 Salle de commande :	14
I.10 Conclusion	15

CHAPITRE II : Généralités sur les compresseurs

II.1 Introduction	16
II.2 Définition du compresseur	16
II.3 Domaine d'utilisation de l'air comprimé	17
II.4 Classification des compresseurs	17
II.4.1 Compresseurs volumétriques	17
II.4.1.1 Compresseurs alternatifs	18
II.4.1.2 compresseurs rotatifs	19
II.5 Avantages et inconvénients des compresseurs	24
II.6 Conclusion	25

CHAPITRE III : Étude technique du système production d'air

III.1 Introduction	26
III.2 Compresseur	26
III.2.1 Partie pneumatique	29
III.2.1.1 Filtres	29
III.2.1.2 Débit d'Air Comprimé	30
III.2.1.3 Vanne de Contrôle de la Capacité	31
III.2.1.4 Débit d'huile de lubrification	34
III.2.1.5 Débit d'Air Refroidissement	35
III.2.2 Partie électrique :	35
III.2.2.1 Moteur asynchrone	35
III.2.2.2 Démarrage étoile / triangle :	36
III.2.2.4 Les composantes d'armoire	37
III.2.2.5 : Structure interne de Allen Bradley	40
III.2.2.6 : HMI (Human-Machine Interface)	42
III.2.3 Partie mécanique	42
III.2.3.1 La chaîne cinématique de compresseur	42
III.2.3.2 Étude des organes mécaniques	43

III.3 Réservoir d'air	47
III.3.1 Récepteur d'air maitre	47
III.3.2 Récepteur d'air d'instrumentation.....	47
III.4 : Le sécheur	48
III.4.1 Fonctionnement.....	48
III.4.2 Circuit d'air	48
III.4.3 Circuit de régénération.....	49
III.4.4 Tours de commutation.....	49
III.5 Conclusion	50
CHAPITRE IV : Diagnostic d'un compresseur Kobelco KNW A2	
IV.1 Introduction.....	51
IV.2 Diagnostic	51
IV.2.1 Les différentes étapes de diagnostic.....	51
IV.3 Techniques de diagnostic.....	53
IV.3.1 L'analyse vibratoire	53
IV.3.1.1 Principe de l'analyse vibratoire.....	53
IV.3.1.2 Appareil de mesure.....	55
IV.3.1.3 Points de mesure :.....	59
IV.3.1.4 Principaux défauts d'une machine tournante.....	59
IV.3.2 L'analyse par thermographie infrarouge	63
IV.3.2.1 Les rayons infrarouges	63
IV.3.2.2 Appareil de mesure.....	65
IV.3.2.3 Les applications de la thermographie IR dans l'industrie.....	66
IV.4 L'application de méthode d'analyse vibratoire	67
IV.4.1 L'appareillage utilisé est :	67
IV.4.2 Vérification de Niveau de Vibration.....	68
IV.4.3 Présentation et interprétation des résultats obtenus.....	69
IV.4.3.1 Le suivie de vibration pour le moteur de compresseur.....	69
IV.4.3.2 Suivie de vibration pour 1ere étage de compresseur.....	70
IV.4.3.3 Suivie de vibration pour 2eme étage de compresseur	71
IV.5 L'application de L'analyse par thermographie infrarouge.....	72
IV.5.1 Les valeurs de température nominale des composants.....	72
IV.5.2 L'application de la thermographie IR dans le compresseur	72

IV.5.2.1 Thermogramme du 1ere étage compresseur 1ere étage	72
IV.5.2.2 Thermogramme du 2eme étage compresseur	73
IV.5.2.3 Thermogramme du moteur compresseur	73
IV.5.2.4 Thermogramme du Pompe d'huile compresseur	74
IV.6 Conclusion.....	74

CHAPITRE V : Maintenance de système production d'air comprimé

V.1 Introduction	75
V.2 Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)	75
V.3 Objectifs de la maintenance.....	75
V.4 Types des maintenances	76
V.4.1 La maintenance corrective (norme NF EN 13306 X 60-319)	76
V.4.1.1 Maintenance curative	77
V.4.1.2 Maintenance palliative.....	77
V.4.1.3 Objectif de maintenance corrective.....	78
V.4.1.4 Opérations de la maintenance corrective.....	78
V.4.2 Maintenance préventive (extraits norme NF EN 13306 X 60-319).....	79
V.4.2.1 La maintenance préventive systématique	79
V.4.2.2 La maintenance préventive conditionnelle	80
V.4.2.3 Objectif de maintenance préventive	81
V.4.2.4 Opérations de la maintenance préventive.....	81
V.5 Niveaux de la maintenance	82
V.6 Maintenance recommandée pour compresseur kobelco knwa2	83
V.7 Résolution de problème de compresseur	84
V.8 Résolution de problème de PLC.....	87
V.9 Résolution de problème de sécheur	88
V.10 Conclusion.....	90
Conclusion générale	91

Introduction générale

Introduction générale

Le secteur de l'énergie est l'un des plus importants de l'économie. Son importance dans le développement de tout pays est considérable. Une nation ne peut en faire une revendication crédible que si elle se procure d'abord une source d'énergie aussi essentielle que l'électricité.

La centrale de Cap Djinet est une centrale cycle combiné que combine une turbine à gaz et une turbine à vapeur pour maximiser l'efficacité énergétique. Le gaz naturel est brûlé dans une turbine à gaz pour produire de l'énergie mécanique, puis la chaleur résiduelle est utilisée pour générer de la vapeur. La vapeur à haute pression alimente une turbine à vapeur, qui produit également de l'énergie mécanique. Les deux turbines sont couplées à des générateurs électriques pour produire de l'électricité. Le centrale cycle combiné permet d'utiliser efficacement l'énergie contenue dans le combustible, réduisant les émissions de gaz à effet de serre. C'est une technologie avancée dans la production d'énergie.

Le système de production d'air comprimé dans une centrale à cycle combiné comme Ras Djinnat est essentiel pour assurer le fonctionnement fiable et efficace et sûr de la centrale. On utilise L'air comprimé pour différentes tâches à l'intérieur de la centrale électrique, telles que le nettoyage, l'actionnement des vannes pneumatiques, le fonctionnement des actionneurs pneumatiques et d'autres applications générales.

Nous nous sommes intéressés au niveau de La centrale de Cap Djinet à faire une étude diagnostic du système d'une centrale de production d'air comprimé.

Cette étude est organisée selon les chapitre suivant :

- Chapitre I : Présentation de la centrale à Cycle Combiné de RAS DJINET
- Chapitre II : Généralités sur les compresseurs
- Chapitre III : Étude technique du système production d'air
- Chapitre IV : Diagnostic d'un compresseur Kobelco KNOW A2
- Chapitre V : Maintenance du système production d'air comprimé

Chapitre I

**Présentation de la nouvelle
centrale à cycle combiné de
Cap Djinet**

I.3 Situation Géographique

Située à 29 km de l'Est du chef-lieu de la wilaya de Boumerdes et sur un terrain de 18 Hectares, au mitoyen de l'ancienne centrale à vapeur, la centrale de Cap Djinet qui rentre dans le projet des 4000 MW lancé par SPE, est destinée à répondre à la demande grandissante en énergie électrique de la région.



Figure I.2: vue de la station de Cap Djinet

I.4 La centrale à cycle combiné de la production de l'électricité

I.4.1 Situation

La centrale à cycle combiné de Ras-Djinet est une entreprise destinée à la production de l'énergie électrique, elle est située au bord de la mer, à l'est d'Alger, près de la ville de Cap Djinet, dans la wilaya de Boumerdes. C'est la surface la plus idéale grâce à son large espace et à sa proximité de l'eau de mer et pour ses conditions du Sous-sol favorables, qui ne nécessitent pas de fondations profondes. En plus de sa situation à proximité des consommateurs importants, elle est située notamment dans la zone industrielle Rouïba- Reghaia.

I.4.2 Caractéristiques

La centrale de RAS-DJINET se compose principalement de trois (3) modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple, ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale. Chaque module a une turbine à gaz (modèle : SIEMENSSGT54000F), une

chaudière de récupération (HRSG) associé, une turbine à vapeur (Modèle : SIEMENSST5-3000 H-IL) et un générateur commun refroidi par hydrogène (Modèle : SIEMENS SGEN5-2000 H) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (GT) et la turbine à vapeur (ST). Les turbines à gaz sont conçues pour brûler le gaz naturel comme le combustible de base et le carburant diesel comme le combustible de secours



Figure I.3: Station thermique de la nouvelle centrale de RAS-DJINET

Les principaux composants mécaniques du cycle combiné de la nouvelle centrale de RAS-DJINET sont

- Turbine à gaz.
- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).
- Turbine à vapeur.
- Vannes de by-pass HP, IP et LP.
- Système d'air comprimé–Pompes d'eau d'alimentation de la chaudière (BFP).
- Pompes d'extraction de condensat (CEP).
- Condenseur.
- Gland Stream Condenser (GSC).
- Éjecteur d'air à jet de vapeur.
- Chaudière auxiliaire.
- Pompes de circulation d'eau.
- Pompes d'alimentation usine de dessalement
- Échangeur de chaleur CCW (Type de plaque)
- Pompes d'eau de refroidissement déminéralisée

- Station d'alimentation en gaz naturel–Réservoirs de stockage de mazout.
- Réservoir de stockage d'eau DM.
- Réservoir de stockage d'eau dessalée.

I.5 Eléments de base de cycle combiné

I.5.1 Turbine à gaz

Une turbine à gaz typique se compose d'un système d'air d'admission, d'un compresseur, d'un système de combustion, d'une turbine, d'un système d'échappement et d'un générateur comme il est illustré dans le schéma ci-dessous :

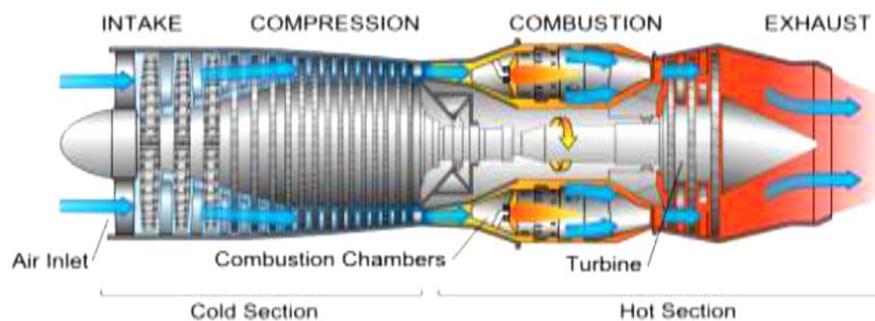


Figure I.4: Composants de la turbine à gaz

I.5.2 Chaudière de récupération (HRSG)

1. Ballon vapeur pour chaque niveau de pression (HP, IP et BP)

Le ballon vapeur est conçu pour séparer le mélange de vapeur et d'eau pour fournir de la vapeur saturée à la surchauffeur et pour absorber les à-coups de l'évaporateur pendant les transitoires de démarrage et de fonctionnement.

2. Sections économiseur pour chaque niveau de pression (HP, IP et BP)

La fonction principale de la section économiseur du HSRG est de préchauffer l'eau de condensation (pour économiseur LP) ou bien l'eau d'alimentation (pour économiseur IP et économiseur HP)

3. Sections évaporateur pour chaque niveau de pression (LP, IP et HP)

L'eau de condensation traversant la section économiseur entre dans le ballon vapeur et est répartie sur toute la longueur du ballon par un collecteur de distribution où il se mélange à l'eau saturée revenant de la section évaporateur. L'eau saturée est extraite du fond du ballon vapeur LP et traverse la section de l'évaporateur par le processus de circulation naturelle.

L'eau saturée entre dans le collecteur situé au fond de l'évaporateur et s'écoule vers le haut par évaporation dans les tubes de l'évaporateur. La section évaporateur fonctionne essentiellement à température constante.

4. Sections surchauffeur pour chaque niveau de pression (LP, IP et HP)

La vapeur saturée est extraite du ballon vapeur vers le collecteur d'entrée de la surchauffeur, puis s'écoule à travers la structure grillagée des tubes à ailettes vers le collecteur de sortie. Le débit de vapeur est à courant du débit des gaz d'échappement. La section surchauffeur élève la température de la vapeur depuis la température de Saturation jusqu'à une température de surchauffe conforme aux exigences de la turbine à vapeur basse pression.

5. Section réchauffeur (pour la section IP)

La fonction principale de la section réchauffeur est de chauffer la vapeur de réchauffage à froid (CRH) jusqu'à la température de vapeur de réchauffage à chaud (HRH).

6. Dégazeur intégral ballon LP

Le dégazeur a pour fonction d'éliminer les gaz non condensables comme l'O₂ et le CO₂ des condensats lors du remplissage initial de la chaudière et du démarrage de l'installation. Il fait partie intégrante du ballon basse pression (LP). Le ballon LP agit comme un réservoir de stockage pour le dégazeur.

7. Cheminée HSRG avec silencieux

La cheminée du HSRG et son silencieux sont fournis pour acheminer les gaz d'échappement de la turbine à gaz depuis la sortie du HSRG vers l'atmosphère. Des ports d'échantillonnage sont fournis dans la cheminée pour les contrôles d'émission. Les gaz d'échappement chauds de la turbine à gaz font du bruit. De ce fait, un silencieux est fourni afin de réduire le bruit en sortie de cheminée.

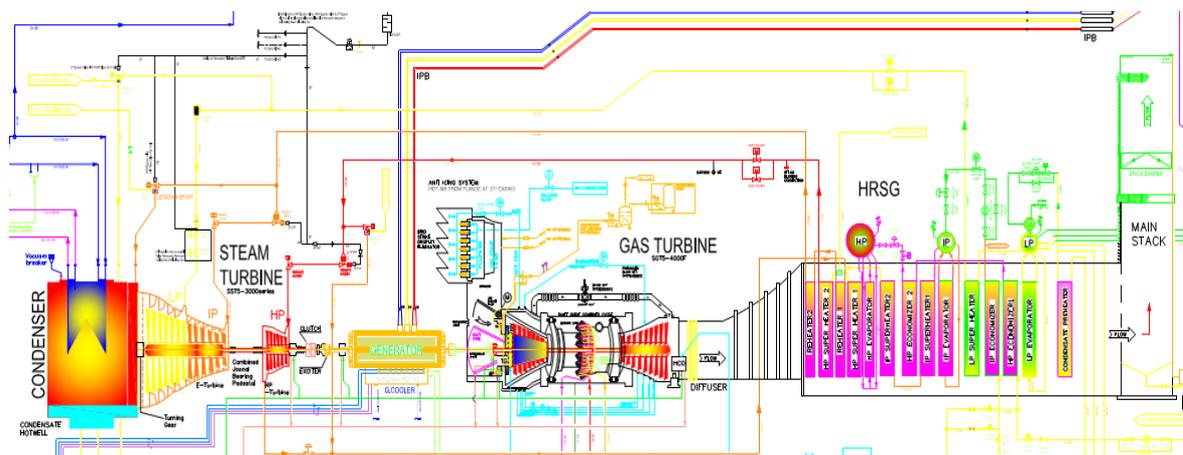


Figure I.5 : Composants de la chaudière de récupération (HRSG)

I.5.3 Turbine à vapeur

Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec une turbine à vapeur (modèle Siemens SST5-3000) représentée sur la figure I.5 ainsi que tous les accessoires nécessaires. La turbine à vapeur se compose d'un cylindre HP et d'un cylindre IP/LP à écoulement direct. La vapeur d'échappement sortant de la turbine à vapeur sera condensée dans le condenseur refroidi à eau. La turbine HP est de construction à simple flux et à double paroi avec un porte-lame fixe et un carter externe.

Elle est munie d'une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur principale, soudée, soutenue par des supports supplémentaires. Le carter extérieure est de type cylindrique. Le carter extérieur IP/LP est divisé en deux sections, la section du carter d'entrée moulé et la section du carter d'échappement soudé. Les deux sections sont divisées horizontalement. Les demi-carter sont boulonnés ensemble par des boulons d'assemblage. Les sections d'entrée et d'échappement sont également boulonnées ensemble.

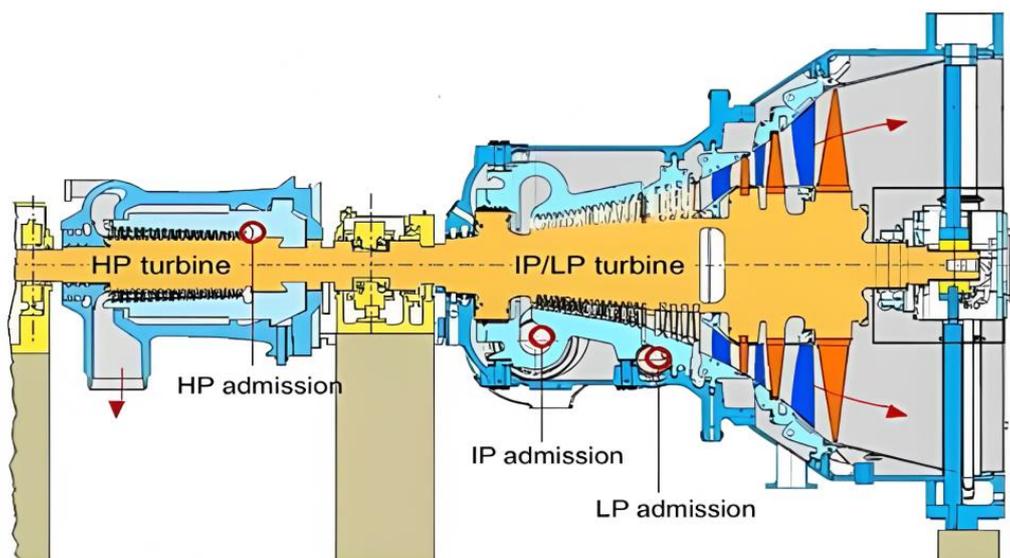


Figure I.5 : Vue en coupe d'une turbine à vapeur

Caractéristiques des différents corps de la turbine :

	Corps HP	Corps MP	Corps BP
Pression admission	138 bars	35.9 bars	5.5 bars

Débit de vapeur	532 t/h	407.9 t/h	40 t/h
Température de vapeur	535 °C	535 °C	282.5 °C
Nombre d'étages à réaction	23	2*20	2*8
Nombre d'étages à action	1	Aucun étage	Aucun étage
Flux	Simple flux et Double enveloppe	Double flux et double enveloppe	Double flux et double enveloppe

Tableau I.1 : Les caractéristiques des différents corps de la turbine

I.5.4 Générateur

Le générateur est l'équipement électrique le plus important de toute la centrale électrique. Il est capable d'évacuer le courant de la sortie de la turbine à gaz (turbine à gaz + turbine à vapeur) à laquelle il est connecté sans dépasser la limite de température admissible stipulée par la norme pertinente sur l'ensemble de la plage de température ambiante du site.

Ce générateur à arbre unique a été utilisé pour ce projet. Celui-ci est directement couplé à la turbine à gaz à une extrémité et couplé à la turbine à vapeur à l'autre extrémité grâce à un dispositif de serrage

Tension nominale/tension maximale	400 kV/420 kV
Courant de la barre omnibus	5000 A
Niveau de défaut	40 kA pendant 1 s
Puissance apparente	431 MVA à 35 °C
Courant d'induit nominal	11 310 A
Tension d'induit nominale	22,00 kV ± 5 %
Vitesse	3 000 tr/min
Facteur de puissance	0,9 (inductif)
Excitation	Excitation statique

Type de refroidissement	Refroidi à l'hydrogène
-------------------------	------------------------

Tableau I.2 : Caractéristique de générateur

I.5.5 Le transformateur

Un transformateur électrique est un convertisseur qui modifie les valeurs de tension et d'intensité du courant donné par une source d'énergie électrique distincte dans un système de tension et de courant avec des valeurs variées mais la même fréquence et même forme. Étant donné que le courant électrique de l'alternateur est trop faible pour être livré par des avions haute tension, il est connecté à un transformateur d'ascenseur avec une plage de tension de 15,5 à 220 kV et une puissance de 220 MW via un disjoncteur de coupleur. Le transformateur est refroidi par la circulation d'huile forcée dans un circuit fermé, qui est refroidi par l'air.

I.5.6 Le poste d'eau

La station d'eau se compose des éléments suivants et comprend tout l'équipement de l'échappement de la turbine à l'entrée de la sauvegarde de la chaudière :

(Le condenseur - La bêche alimentaire et le dégazeur - Les pompes (d'extraction et d'alimentation). - Les réchauffeurs HP et BP).

- **Le condenseur**

Le condenseur est un échangeur de chaleur surfacique installé sous le corps basse pression BP de la turbine. La vapeur se condense au contact des parois des tubes qui transportent l'eau de refroidissement marine. Un échange de chaleur fluide séparé avec des faisceaux de tubes est utilisé.

I.6 Les fonctionnements d'Eléments de base de cycle combiné

Fonctionnement de la turbine à gaz en mode cycle combiné : représentée sur la *Figure I.6*.

Quand la turbine à gaz est mise en marche, l'air ambiant est aspiré à travers le système d'air d'admission où il est filtré et puis dirigé vers l'entrée du compresseur. L'air est comprimé par le compresseur et dirigé vers le système de combustion. À l'intérieur du système de combustion, l'air est mélangé au carburant (gaz naturel ou mazout ou les deux ou un autre carburant) et le mélange est allumé. Les gaz de combustion chauffés et comprimés circulent ensuite vers la turbine. Les gaz de combustible se dilatent au fur et à mesure qu'ils circulent à travers la turbine, induisant sa rotation. La turbine rotative actionne le compresseur et les équipements accessoires

avec un excès d'énergie disponible pour produire une puissance d'arbre qui actionne le générateur électrique. Les gaz sortant de la turbine s'échappent dans l'atmosphère et sont dirigés vers l'équipement de récupération de chaleur à travers un système d'échappement.

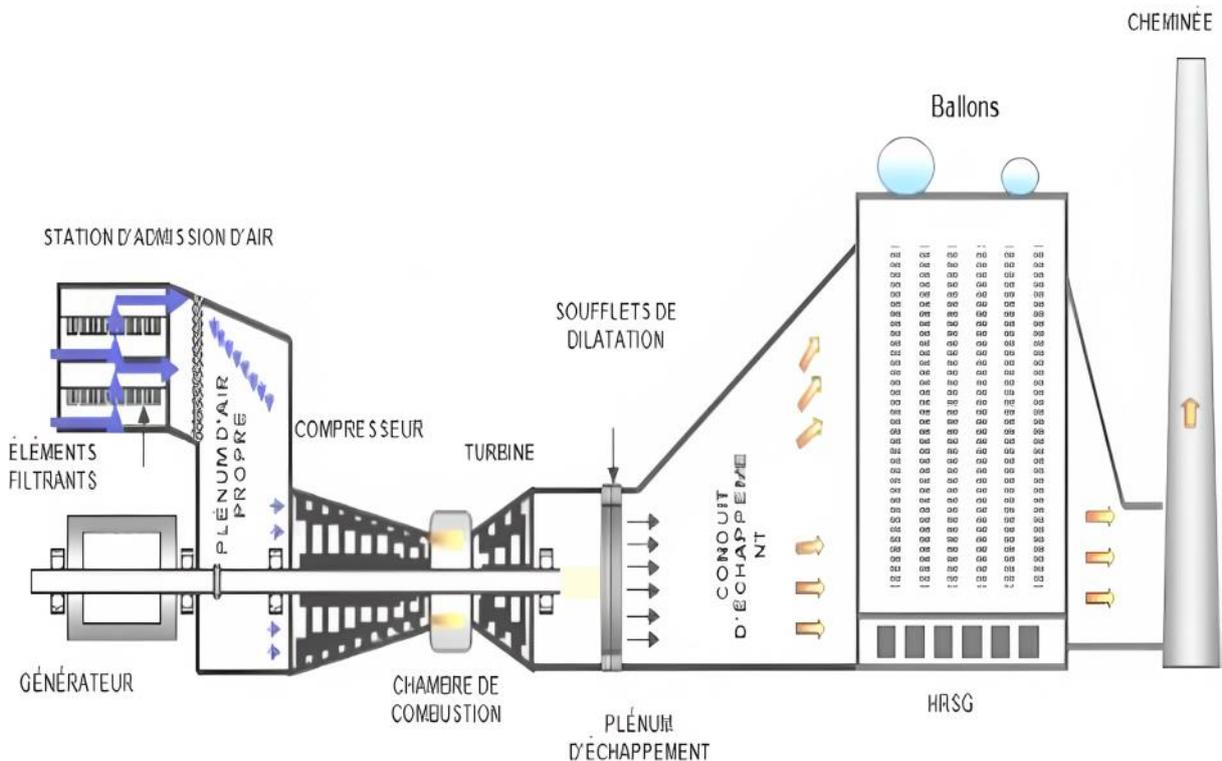


Figure I.6 : Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné

I.6.1 Fonctionnement de la chaudière de récupération (générateur de vapeur) (HRSG)

La chambre de combustion annulaire est située entre le compresseur et la turbine : C'est une (HRSG) à débit horizontal sans postcombustion qui produira la vapeur échauffée à trois niveaux de pression.

Le condensat est fourni à l'économiseur à basse pression (BP) par les pompes d'extraction du condensat. Le désaérateur est intégré au ballon de la section à basse pression (BP).

La fonction principale du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) est de générer la quantité et la qualité nécessaires de vapeur en utilisant la chaleur rejetée par les gaz d'échappement du turbogénérateur à gaz (GTG) qui est ensuite transportée à la turbine à vapeur pour générer de l'électricité. Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec un générateur de vapeur à récupération de chaleur (HSRG) ainsi que tous les accessoires nécessaires.

I.6.2 Fonctionnement de la turbine à vapeur en mode cycle combiné

La turbine à vapeur est un des matériels stratégiques des installations de production d'énergie électrique. Les cycles des turbines à vapeur utilisent un fluide compressible, qui change d'état au cours du cycle. Le changement d'état de la vapeur génère des variations importantes de l'enthalpie qui permet de transformer de grandes quantités de chaleur en travail. Dans une turbine la vapeur est étendue de façon continue dans un système de roues à aubes.

Cette propriété permet de fonctionner avec des débits importants et de pousser la détente sans l'effet de troncature, comme dans les machines alternatives.

I.7 Le fonctionnement des autres composantes mécaniques du cycle combiné

I.7.1 Fonctionnement des vannes de by-pass HP, IP et LP :

La fonction de la vanne de by-pass est de dévier la vapeur vers la conduite de réchauffage à froid (CRH) ou à chaud (HRH) et de maintenir le HRSG en fonctionnement pendant le démarrage ou l'arrêt de la turbine à vapeur, ou pendant d'autres états particuliers.

Le système de by-pass se compose d'une vanne d'arrêt de vapeur, d'une vanne de conditionnement de vapeur et d'une vanne de régulation de température pour chaque niveau.

I.7.2 Fonctionnement du système air comprimé-compresseur :

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

I.7.3 Fonctionnement des pompes d'alimentation en eau de la chaudière :

La fonction des pompes d'alimentation en eau de la chaudière est de fournir de l'eau du ballon LP, à la section économiseur haute pression (HP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur et, par un étage intermédiaire, à la section économiseur pression intermédiaire (IP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG). Les pompes d'alimentation en eau de la chaudière fournissent également de l'eau de pulvérisation désurchauffeur pour le système de by-pass HP et de l'eau de pulvérisation désurchauffeur pour la surchauffeur HP.

I.7.4 Fonctionnement des pompes d'extraction de condensat :

La fonction des pompes d'extraction de condensat est d'effectuer ce qui suit :

- Maintenir le niveau du puits du condenseur à son niveau normal en extrayant les condensats du puits du condenseur et fournir de l'eau de condensation au dégazeur en passant par l'économiseur LP
- Fournir de l'eau pulvérisée désurchauffeur pour le système de by-pass IP et LP, la station auxiliaire de réduction de pression de vapeur et de désurchauffe (PRDS) et d'autres auxiliaires.
- De la turbine à vapeur, et fournir aussi de l'eau d'étanchéité aux vannes pour empêcher l'entrée d'air dans le système.

I.7.5 Fonctionnement du condenseur :

Le condenseur axial refroidi à l'eau remplit la fonction de condenser la vapeur d'échappement de la turbine à vapeur et / ou du système de by-pass de vapeur haute pression (HP), pression intermédiaire (IP) et basse pression (LP).

Le condenseur reçoit la vapeur d'échappement de la turbine dans le sens horizontal. Il est équipé d'une soupape de dépression, de transmetteurs de pression, de transmetteurs de température et de transmetteurs de niveau pour la protection du condenseur et de la turbine.

I.7.6 Fonctionnement de Gland Stream Condenseur :

Le Gland Stream Condenseur a pour fonction de condenser la vapeur évacuée par les joints d'étanchéité de l'arbre et de récupérer le condensat. Le Gland Steam Condenseur est refroidi avec les condensats provenant des pompes d'extraction de condensat.

I.7.7 Fonctionnement d'éjection d'air à jet de vapeur

1. Éjecteur d'air à jet de vapeur (HOGGING)

La fonction de l'éjecteur est d'évacuer l'air et les autres gaz non condensables dans le condenseur lors de la mise en marche

2. Éjecteur d'air à jet de vapeur (HOGGING)

La fonction de l'éjecteur d'air à jet de vapeur est d'évacuer l'air et les autres gaz non condensables dans le condenseur en fonctionnement normal. La source de vapeur motrice pour l'éjecteur d'air à jet de vapeur doit provenir du collecteur auxiliaire.

I.7.8 Fonctionnement de la chaudière auxiliaire

La fonction de la chaudière auxiliaire est de fournir les besoins en vapeur auxiliaire lors du démarrage et le fonctionnement à faible charge de l'installation. La chaudière auxiliaire doit Fournir de la vapeur pour l'étanchéité à la turbine du presse-étoupe ainsi que pour l'usine de dessalement.

I.7.9 Fonctionnement des pompes de circulation d'eau (CW) :

La principale fonction des pompes de circulation d'eau est d'alimenter en eau froide le condenseur à eau de mer pour absorber la chaleur du cycle. Chaque ligne de refoulement des pompes de circulation d'eau est équipée d'une vanne papillon motorisée. Deux (2 x 50%) pompes de circulation d'eau sont prévues pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

I.7.10 Fonctionnement des pompes d'alimentation pour installation de dessalement :

La fonction principale des pompes d'alimentation est de fournir de l'eau pour l'usine de dessalement.

I.7.11 Fonctionnement des pompes d'eau de refroidissement déminéralisée :

La fonction principale des pompes à eau de refroidissement déminéralisée (DMCW) est de faire circuler l'eau de refroidissement pour des équipements et composants de la turbine à gaz, de la turbine à vapeur, du cycle eau / vapeur et du générateur.

I.7.12 Fonctionnement des échangeurs de chaleur (type à plaques) :

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

I.7.13 Fonctionnement des réservoirs de stockage de mazout :

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

I.7.14 La fonction du réservoir de stockage d'eau déminée :

Le Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau déminéralisée est de stocker l'eau déminéralisée pour eau d'appoint du cycle de puissance, eau d'appoint du cycle de puissance, eau d'appoint de la chaudière auxiliaire, eau d'appoint pour la génération d'hydrogène et le lavage du compresseur GT.

I.7.15 Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau dessalée :

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

d'eau d'incendie Dans la nouvelle centrale de RAS DJINET est utilisée selon le système de refroidissement par film.

I.8 Salle de commande :

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis la salle de commande.

La salle de commande comprend pour chaque tranche :

- Deux (02) pupitres de conduites.
- Deux (02) tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres.
- Un (01) tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques



Figure I.7 : Salle de commande de la centrale à cycle combiné

I.10 Conclusion

Une présentation complète de la centrale à cycle combiné de Ras Djinet et de ses nombreux équipements, ainsi qu'une explication de son principe de fonctionnement, permettent une compréhension approfondie des phénomènes qui se produisent lors de la production d'électricité. Pour répondre aux besoins des consommateurs, la production d'énergie électrique doit être continue, ce qui nécessite la protection des personnes, la préservation de leur environnement et l'optimisation de la durée de vie des équipements de l'usine.

Chapitre II

**Généralités sur les
compresseurs**

II.1 Introduction

Les compresseurs jouent un rôle essentiel dans l'industrie en fournissant une alimentation fiable et efficace en air comprimé. Ces machines polyvalentes sont largement utilisées dans diverses applications industrielles, allant de la production et du traitement de l'air à l'alimentation en puissance pneumatique pour les opérations de fabrication. Ils compressent l'air ambiant et le stockent sous pression, permettant ainsi d'alimenter des outils, des machines et des systèmes de contrôle pneumatiques.

Dans ce chapitre, nous allons voir un petit rappel sur les compresseurs, leurs types, leurs avantages et inconvénients puis leurs caractéristiques

II.2 Définition du compresseur

Un compresseur est ce qui comprime (presse, opprime, réduit le volume au maximum). Il est chargé d'augmenter la pression de l'air, Le terme est utilisé pour désigner toute machine qui, grâce à une augmentation de pression, Il est en mesure de déplacer des fluides compressibles tels les gaz. Le compresseur nous permet aussi de modifier la densité et la température du fluide compressible, Les compresseurs sont utilisés dans des différents domaines, tels que dans les conditionneurs, les réfrigérateurs, les turboréacteurs et certains systèmes de production d'électricité. [4]



Figure II.1 : Compresseurs d'air Kobelco KNWA2

II.3 Domaine d'utilisation de l'air comprimé

L'air comprimé est utilisé dans de nombreux domaines, tels que :

- L'industrie : l'air comprimé est utilisé pour alimenter des machines pneumatiques, telles que les marteaux pneumatiques, les clés à chocs, les soufflettes, les vérins pneumatiques, les pulvérisateurs de peinture, les foreuses, les scies, les ponceuses et bien d'autres.
- La production d'énergie : l'air comprimé est utilisé pour actionner les turbines et les générateurs d'électricité dans les centrales électriques.
- Les soins de santé : l'air comprimé est utilisé pour alimenter des équipements médicaux, tels que les ventilateurs, les respirateurs, les aspirateurs chirurgicaux, les systèmes de pression négative et les systèmes d'anesthésie.
- Les véhicules : l'air comprimé est utilisé pour alimenter les freins pneumatiques des camions, des bus et des trains.
- L'agriculture : l'air comprimé est utilisé pour alimenter les machines agricoles, telles que les semoirs, les pulvérisateurs et les souffleurs.
- L'environnement : l'air comprimé est utilisé pour alimenter des équipements de traitement des eaux usées, tels que les aérateurs et les systèmes de diffusion de l'oxygène.
- Les loisirs : l'air comprimé est utilisé pour alimenter des équipements de loisirs, tels que les pistolets à air comprimé, les paintballs, les gonfleurs de ballons et les jeux gonflables.

II.4 Classification des compresseurs

Il existe deux classes de compresseurs : Les compresseurs volumétriques qui peuvent être des compresseurs alternatifs ou rotatifs, et les turbocompresseurs ou ce qu'on appelle les compresseurs dynamiques qui sont soit centrifuges ou axiaux. Dans les premiers, de beaucoup les plus importants en quantité, l'élévation de pression est obtenue en diminuant le volume de gaz par action mécanique. Dans les seconds, en augmentant la pression tout en convertissant de façon continue l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression.

II.4.1 Compresseurs volumétriques

Ils fonctionnent en emprisonnant l'air dans un espace confiné, puis en réduisant le volume de cet espace pour augmenter la pression de l'air. Les types de compresseurs volumétriques incluent le compresseur à piston, les compresseurs à lobes, les compresseurs à palettes. Représentée sur le schéma ci-dessus

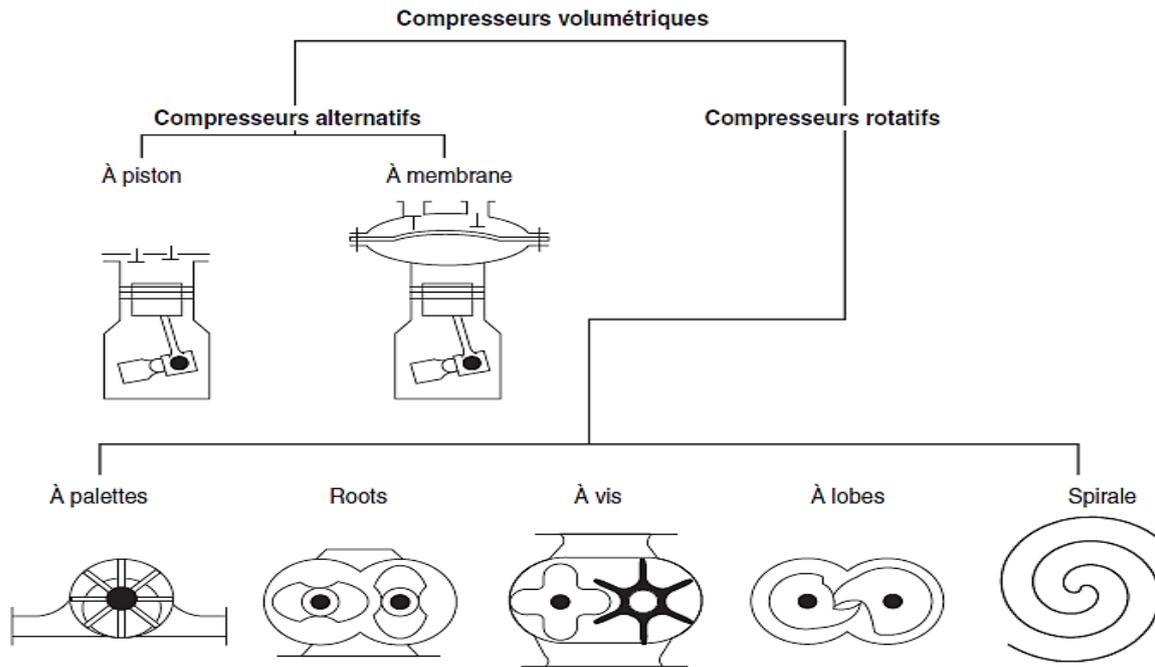


Figure II.2: type des Compresseurs volumétriques

II.4.1.1 Compresseurs alternatifs

a) Compresseurs alternatifs à piston

Ce type de compresseur est généralement horizontal et utilise des pistons qui se déplacent dans des cylindres en opposition. Cela signifie que le mouvement des pistons est inversé l'un par rapport à l'autre, ce qui permet d'améliorer l'équilibrage du compresseur.

La ligne d'arbre de ce type de compresseur comprend quatre manetons décalés de 180 degrés deux à deux, ce qui permet de fournir une alimentation régulière en air ou en gaz comprimé. Les crosses du compresseur sont également utilisées pour faciliter la mise en place des pistons dans les cylindres. Représentée sur *Figure II.3*

En raison de sa conception, le compresseur à pistons opposés est capable de fournir un débit d'air ou de gaz constant et uniforme, ce qui le rend bien adapté aux applications où une pression constante est requise. De plus, cette disposition améliore l'équilibrage du compresseur et réduit les vibrations, ce qui peut réduire les dommages aux fondations et prolonger la durée de vie de l'équipement. [5]

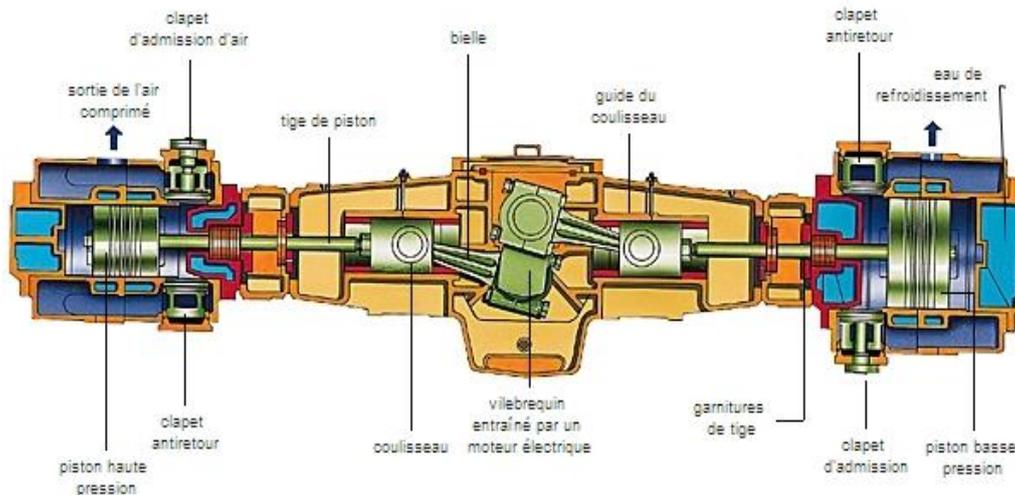


Figure II.3 : Compresseurs alternatifs à piston

b) Compresseurs alternatifs à membrane

Les compresseurs à membrane forment un groupe à part. Leur membrane est actionnée mécaniquement ou hydrauliquement. Les compresseurs à membrane mécanique sont utilisés faible débit et faible pression ou bien comme pompes à vide. Les compresseurs à membrane hydraulique sont utilisés pour les applications à haute pression. [5]

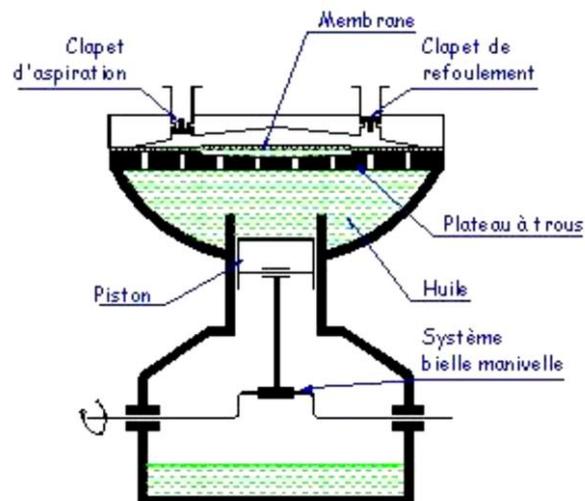


Figure II.4 : Compresseur alternatif à membrane

II.4.1.2 compresseurs rotatifs

a) Compresseurs rotatifs à lobes

Ils se composent de deux rotors tournant en sens inverse dans le corps du compresseur, synchronisés par un jeu d'engrenages externes. La forme des rotors permet d'emprisonner une poche de gaz entre chaque rotor et le corps du compresseur, qui est transférée de l'aspiration

vers le refoulement pendant le mouvement de rotation. Le faible jeu au point de contact des deux rotors empêche le retour du gaz du refoulement vers l'aspiration. Représentée sur **Figure II.5**

Chaque rotor peut avoir deux ou trois lobes, droits ou hélicoïdaux. Les compresseurs Roots sont généralement utilisés pour des débits de gaz relativement faibles (environ 50 000 m³/h maximum) et des pressions différentielles limitées à 2 ou 3 bars. Leur application typique est la circulation de gaz dans des systèmes de réaction ou des transports pneumatiques, pour des débits trop faibles pour un compresseur centrifuge, avec des pressions différentielles de l'ordre de 1 bar. [5]

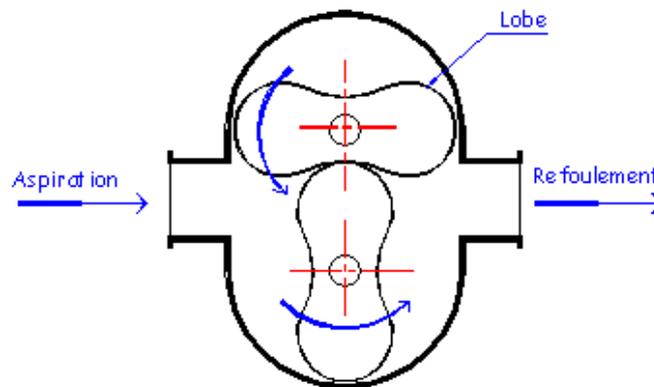


Figure II.5 : compresseur rotatif à lobe

b) Compresseurs rotatifs à spirale

Le compresseur rotatif à spirale est un type de compresseur volumétrique qui utilise des spirales fixes et mobiles pour comprimer l'air ou d'autres fluides. Le compresseur est entraîné par la poulie d'un vilebrequin et la spirale mobile se déplace en rapprochement et en écartement de la spirale fixe grâce à un arbre excentrique. L'air ou le fluide est comprimé dans l'espace entre les spirales et est chassé vers le centre du compresseur, puis vers le conduit d'admission du moteur. Représentée sur **Figure II.6**

Dans le cas d'un compresseur scroll Co-rotatif, les deux centres des volutes sont décalés avec précision pour que les deux spirales s'effleurent. Les deux spirales tournent dans le même sens à la même vitesse, et le volume des poches formées entre les deux spirales varie avec la rotation de celles-ci, entraînant ainsi la compression du fluide. Ce type de compresseur peut également être utilisé en tant que turbine en fonction du sens de rotation des volutes

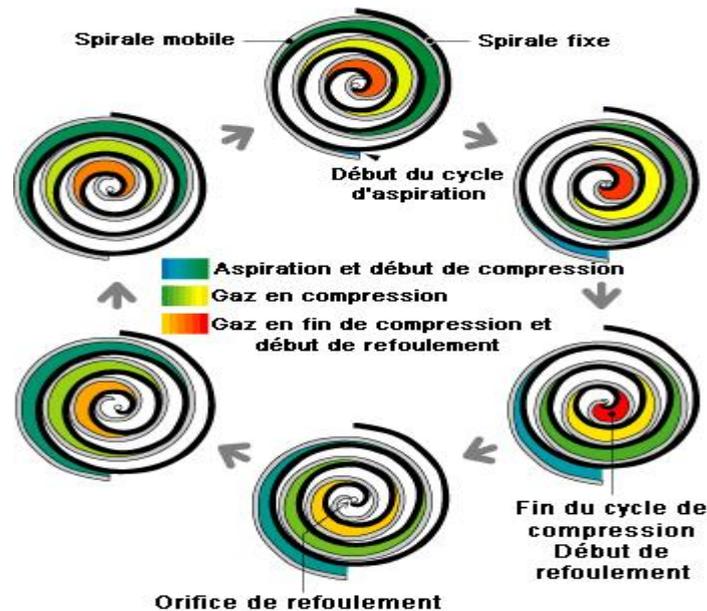


Figure II.6 : Compresseurs rotatifs à spirale

c) Compresseurs rotatifs à palettes

Effectivement, le compresseur à palettes est constitué d'un rotor excentrique et de palettes mobiles. Le rotor est monté excentriquement dans le carter du compresseur, ce qui crée un espace entre le rotor et le carter. Les palettes sont fixées sur le rotor et se déplacent radialement à mesure que le rotor tourne, en suivant la forme de la chambre du carter.

Lorsque l'espace entre le rotor et le carter s'agrandit, de l'air ou du gaz est aspiré dans la chambre. Lorsque l'espace se réduit, les palettes compressent l'air ou le gaz et l'envoient vers la sortie du compresseur. La rotation continue du rotor permet de comprimer le fluide de manière constante. [5]

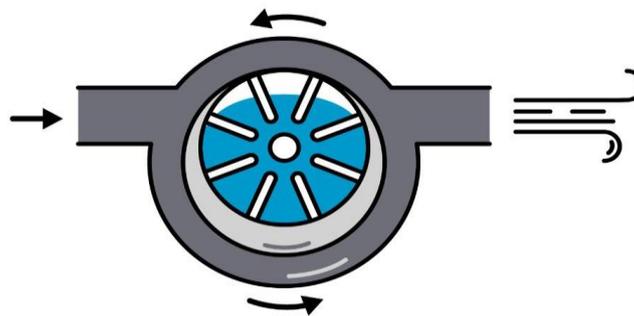


Figure II.7 : Compresseurs rotatifs à palettes

d) Compresseurs rotatifs à vis

Le compresseur à vis est un type de compresseur rotatif qui utilise deux vis synchronisées et contre-rotatives pour comprimer le gaz. Les vis sont disposées dans un boîtier, avec un rotor mâle et un rotor femelle qui s'engrènent et se déplacent l'un par rapport à l'autre.

Le gaz entre dans l'espace entre les deux vis, et lorsque les vis tournent, elles réduisent progressivement l'espace entre elles, comprimant ainsi le gaz. Le gaz comprimé est alors expulsé par le côté opposé du boîtier. Représentée sur *Figure II.8*

L'un des avantages du compresseur à vis par rapport au compresseur à piston est qu'il est plus silencieux et plus régulier, car il n'y a pas de chocs mécaniques comme dans un compresseur à piston. De plus, les compresseurs à vis peuvent traiter des volumes plus importants de gaz avec une efficacité énergétique plus élevée que les compresseurs à piston.

Vis lubrifiées : Lorsque les vis sont lubrifiées, de l'huile préalablement refroidie est injectée dans l'élément compresseur. Cela présente l'avantage de permettre un refroidissement continu du processus de compression, ce qui permet d'avoir un seul étage de compression jusqu'à une pression de service maximale de 13 bar.

Vis non lubrifiées : lorsque les vis ne sont pas lubrifiées, le fait qu'il n'y ait pas d'huile refroidie dans le processus de compression limite le taux de compression par étage à environ 4, et il est alors nécessaire d'utiliser deux étages pour atteindre une pression de 7 bar. [5]

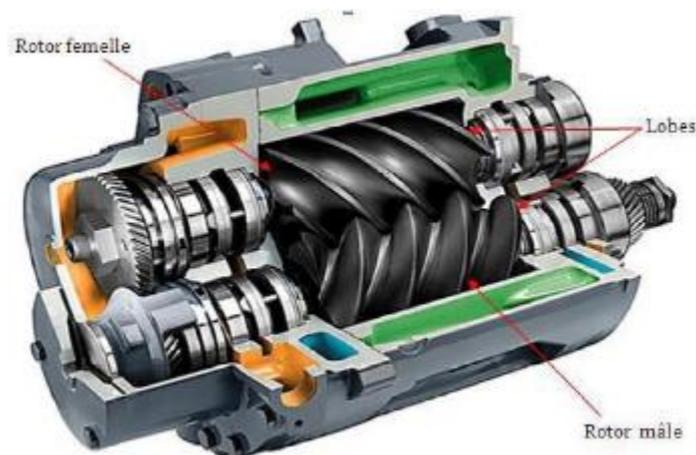


Figure II.8 : Compresseurs rotatifs à vis

e) Compresseurs dynamiques

Dans ce type de compresseur, l'air est accéléré par un système de lames rotatives. Suivant la direction principale que prend l'air dans le système, on parle de système axial ou radial. Les vitesses obtenues sont souvent très élevées. Représentée sur le schéma ci-dessus

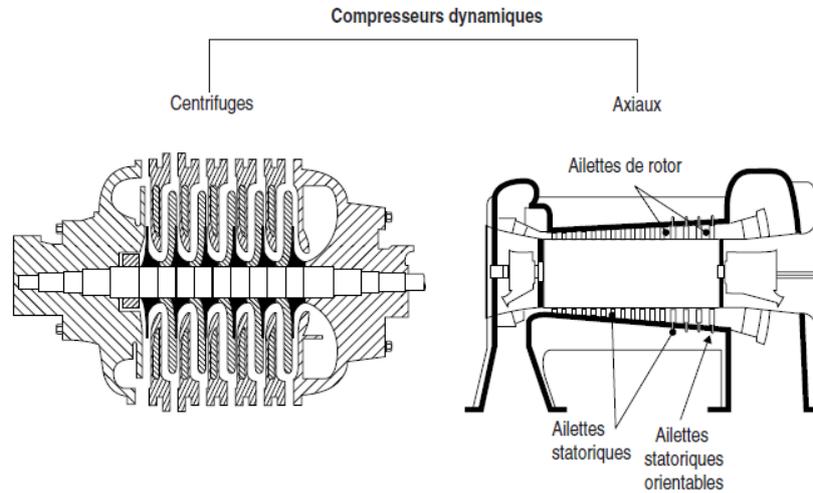


Figure II.9 : type des Compresseurs dynamiques

f) Compresseur dynamique axial

Les compresseurs axiaux génèrent un flux continu d'air comprimé en utilisant une série d'étages composés de rangées d'aubes (stator) et de disques rotatifs (rotor) munis d'aubes. L'air est accéléré de manière progressive à travers chaque étage, ce qui permet d'augmenter la pression de manière efficace sans nécessiter un taux de compression très élevé

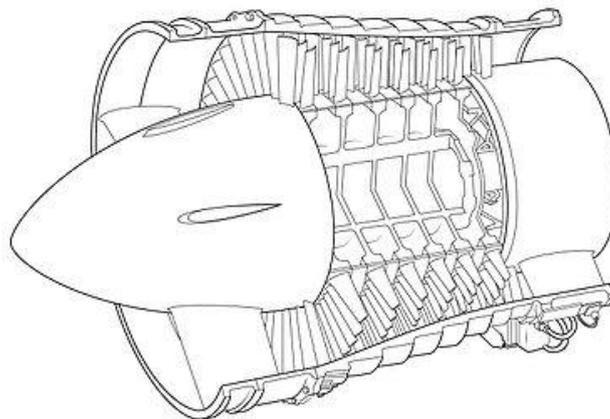


Figure II.10 : Compresseur dynamique axial

g) Compresseur dynamique centrifuges

Les compresseurs centrifuges sont principalement basés sur le principe de l'accélération centrifuge d'un flux de fluide pour augmenter la pression et la vitesse du gaz. Lorsque le gaz pénètre dans le compresseur, il est dirigé vers les roues à aubes tournant à grande vitesse. Lorsque les roues à aubes tournent, elles propulsent le gaz à travers le compresseur, augmentant ainsi sa vitesse et créant une force centrifuge. Cette force centrifuge comprime le gaz en augmentant sa pression et sa densité. . Représentée sur la *Figure II.11*

Les compresseurs centrifuges sont couramment utilisés dans les turbines à gaz, les turboréacteurs et les turbocompresseurs en raison de leur capacité à fournir des débits élevés et des taux de compression élevés. Ils sont également utilisés dans les industries pétrolière et gazière pour comprimer le gaz avant de l'envoyer dans les pipelines ou dans les systèmes de climatisation pour comprimer les fluides réfrigérants.

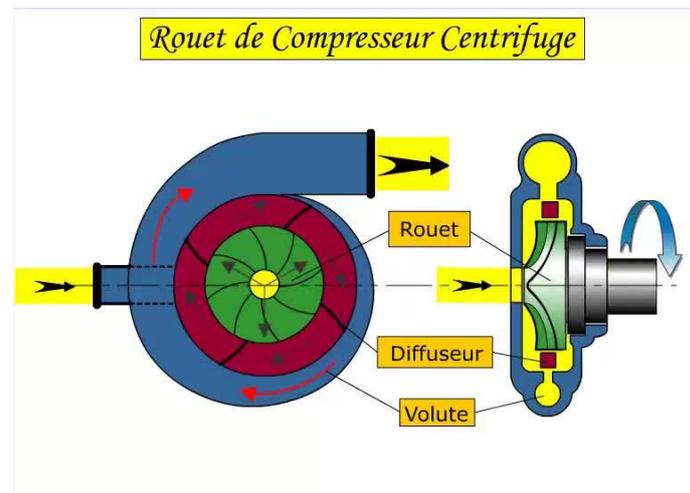


Figure II.11 : Compresseur dynamique centrifuges

II.5 Avantages et inconvénients des compresseurs

Type de compresseur	Avantages	Inconvénients
Volumétrique alternatifs	<ul style="list-style-type: none"> - Peu coûteux et faciles à entretenir - Peut fournir de fortes pressions 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte production de chaleur par frottement - Performance et longévité réduites - peuvent être bruyants et vibrants

Volumétrique rotatif	<ul style="list-style-type: none"> - Vitesse variable - Bon rendement - Faible bruit - Fiabilité satisfaisante 	- Pas appliqué aux hautes pressions
Compresseur axial	<ul style="list-style-type: none"> - Excellente fiabilité - Très bon rendement - Bien adaptés aux très grands débits et aux pressions modérées 	- Coût élevé
Compresseur centrifuge	<ul style="list-style-type: none"> - Bien adaptés aux moyens et grands débits de gaz - Excellente fiabilité. - Bon rendement 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé - Pas adapté aux faibles débits - Performances réduites

Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des compresseurs [6]

II.6 Conclusion

Ce présent chapitre est destiné à décrire les compresseurs, principe de fonctionnement leur domaine d'application, la classification ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque type des compresseurs.

Chapitre III

Étude technique du système production d'air comprimé

III.1 Introduction

Le compresseur à vis est l'un des types de compresseurs les plus largement utilisés dans diverses industries. Il se distingue par sa conception basée sur deux rotors en forme de vis qui se déplacent en sens inverse l'un de l'autre pour comprimer l'air.

Il est capable de fournir des débits d'air élevés et de maintenir une pression constante, ce qui le rend adapté à une large gamme d'applications industrielles.

Dans ce chapitre nous allons faire une description du système de production d'air comprimé et les éléments importants duquel il constitue.

III.2 Compresseur

Le compresseur d'air Kobelco KNWA2 est un devoir lourd, en deux étapes, de la conception à vis qui fournit complètement à l'air comprimé exempt d'huile. Air comprimé exempt d'huile est garantie par un dispositif d'étanchéité unique qui sépare les roulements et les chambres d'engrenage de la section de compression de chaque étape. La conception à double joint de ventilation assure qu'aucune huile ou ses vapeurs peuvent contaminer l'air qui est comprimé.

La conception en deux étapes fournit des pressions plus élevées de sortie à une température de fonctionnement plus basse que seraient disponibles à partir d'une conception en une seule étape. Les deux étages du compresseur sont montés sur un carter d'engrenage droit en fonte lourde pour un alignement permanent. Les étapes sont entraînées par des engrenages de précision usinées, sélectionnés pour la vitesse de fonctionnement optimale pour maximiser l'efficacité et de réduire la poussée du rotor. Pignons de distribution sont utilisés pour séparer les rotors et pour aider à réduire la poussée sur les rotors et les paliers du rotor, prolongeant ainsi la vie de roulement.

Un moteur bridé aligné en permanence entraînement, intercooler, refroidisseur, vanne de régulation de puissance, le système d'huile de lubrification, les contrôles des compresseurs, et accessoires connexes, sont tous montés dans un boîtier en acier d'insonorisation. Tous les points de montage du compresseur sont isolés des vibrations. Connexions flexibles entre l'ensemble de compresseur et le cabinet assurent qu'aucune vibration, et son bruit est associée, sont transmis au cabinet. Le résultat est un ensemble de fonctionnement très stable et calme.

Le compresseur KNW série comprend une pompe à huile entraînée séparément pour pignon d'entraînement, pignon de distribution, et la lubrification des roulements. La pompe à huile de lubrification commence d'abord, puis, après pression de l'huile est établie, le moteur

d'entraînement du compresseur démarre. Démarrage du moteur d'entraînement est retardée pour permettre la lubrification sous pression des paliers et des engrenages pendant l'accélération du compresseur. La pompe est également programmée pour s'arrêter après le compresseur. La pression d'huile est maintenue pendant que le compresseur s'arrête par la butée. De vie des composants maximale est assurée par une lubrification complète de composants mobiles. [7]

Les figures suivantes représentent les constitutions du compresseur Kobelco KNWA2 :

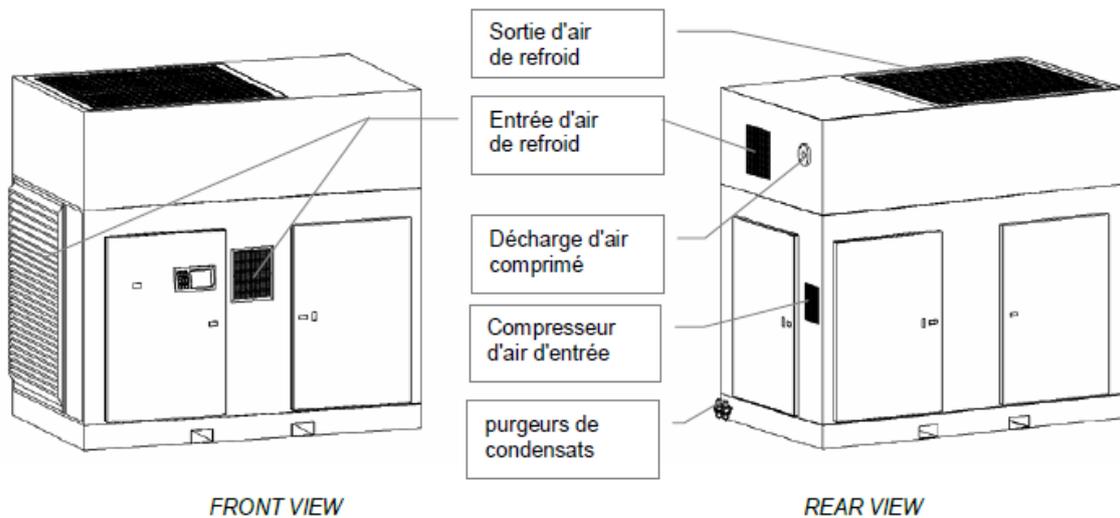


Figure III.1 : Compresseur Kobelco KNWA2

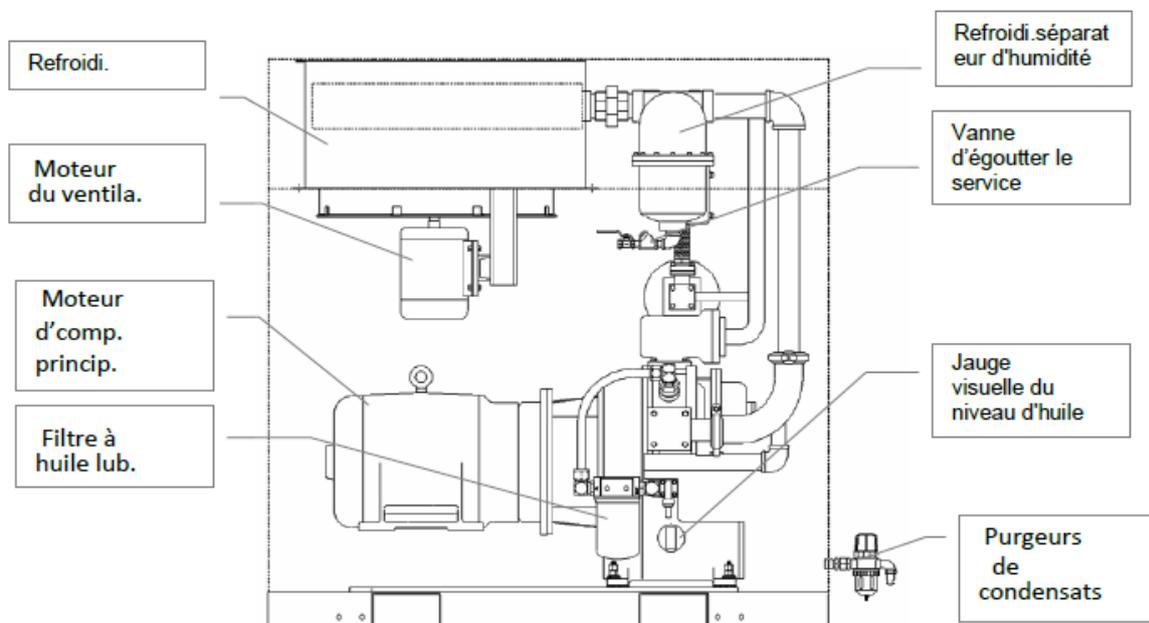


Figure III.2 : Vue de face, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2

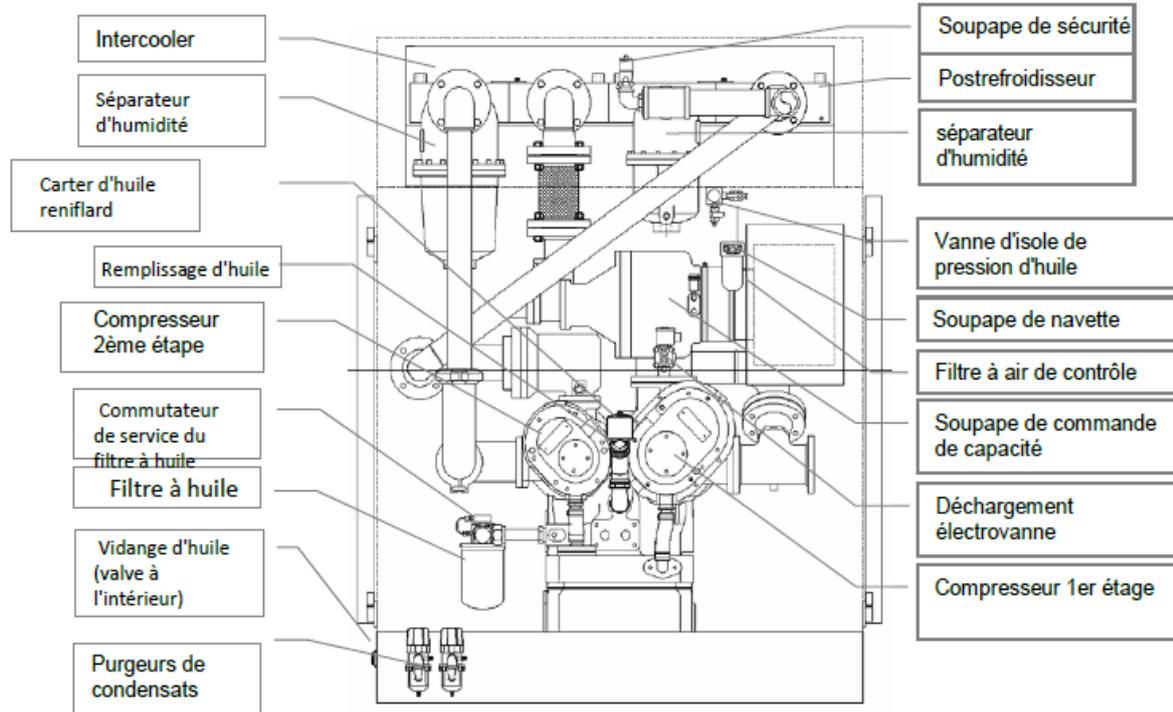


Figure III.3: Vue en bout, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2

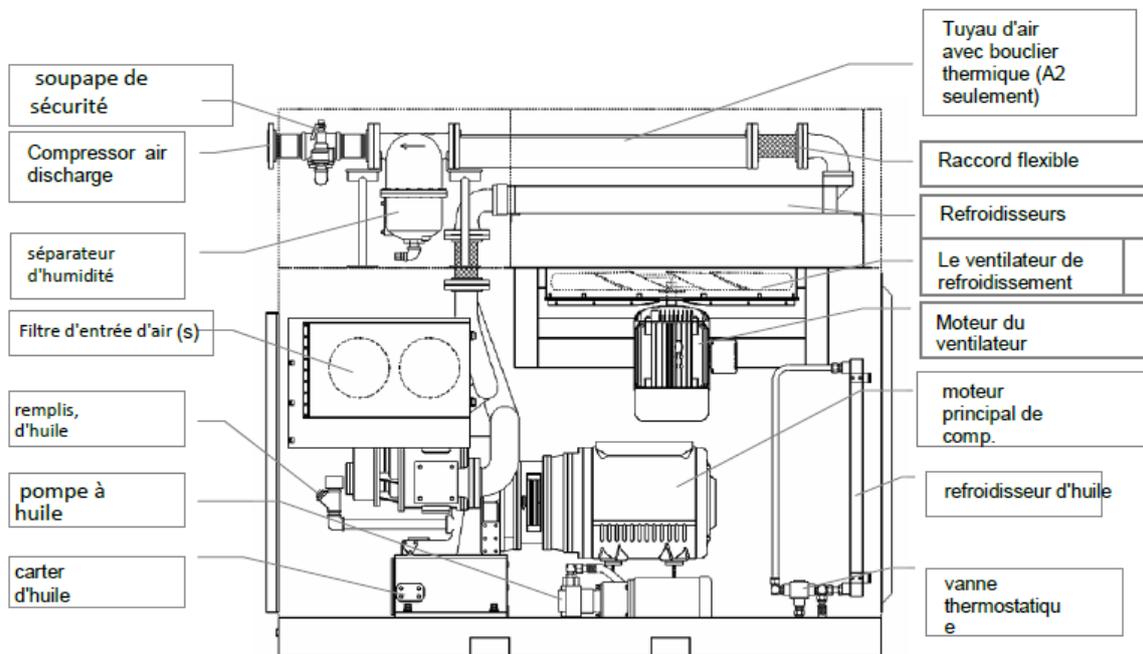


Figure III.4: Vue arrière, intérieur de compresseur Kobelco KNWA2

Température d'aspiration, max	40 °C
Conception refoulement pression	9.9 bar
Nominale refoulement pression	9.71 bar
Nominale refoulement température	50 °C
Capacité requise	1160 Nm ³ /h
Compresseur vitesse 1 ère étage	6601 RPM
Compresseur vitesse 2 ème étage	10058 RPM

Tableau III.1 : Spécification technique de Compresseur d'Air

III.2.1 Partie pneumatique

III.2.1.1 Filtres

- a. Filtre d'Entrée d'Air :** Un filtre d'entrée d'air pour un compresseur d'air est un élément essentiel du système de filtration de l'air. Il est conçu pour éliminer les impuretés et les particules présentes dans l'air avant qu'il ne soit comprimé par le compresseur.



Figure III.5 : Filtre d'Entrée d'Air

- b. Filtre d'huile :** est un composant utilisé dans les systèmes de lubrification des moteurs, des machines et d'autres équipements mécaniques. Son rôle principal est de filtrer les contaminants présents dans l'huile pour maintenir sa propreté et assurer une lubrification efficace.



Figure III.6 : Filtre d'huile

- c. **Déshuileur** : également connu sous le nom de reniflard du carter, joue un rôle d'évacuer le surplus de pression lié à la chauffe de l'huile dans le carter. Cela contribue à prévenir les fuites d'huile et à maintenir un fonctionnement optimal du moteur.



Figure III.7 : Déshuileur

III.2.1.2 Débit d'Air Comprimé

Air pour être comprimé entre un silencieux d'admission d'air à travers une ouverture dans le boîtier. Le silencieux d'admission d'air est un canal bordé de matériau absorbant les sons. L'air s'écoule ensuite à travers un filtre à air à haut rendement. L'air filtré circule à travers un raccord flexible, dans la soupape de commande de capacité, et ensuite dans l'entrée du compresseur première étape.

Le compresseur première étape comprime l'air filtré à environ 2.4 bar. L'air comprimé est évacué dans le refroidisseur intermédiaire refroidi à l'air, où il est refroidi à environ 8 C° supérieure à l'ambiante. L'air comprimé passe ensuite à travers un séparateur d'humidité pour éliminer toute humidité condensée à partir du flux d'air avant d'entrer dans la deuxième étape compresseur.

Le deuxième étage de compresseur comprime de l'air entre les étages de la pression de fonctionnement du système sous la commande des paramètres de pression AP. L'air chaud comprimé passe ensuite à travers la vanne de contrôle du système et un refroidisseur refroidi par air, où il est refroidi à l'intérieur d'environ 8 C° au-dessus de la température de l'air ambiant. L'air comprimé quitte le refroidisseur dans un séparateur d'humidité, où l'humidité condensée est enlevée avant que l'air sorte de l'unité pour le système d'air de l'usine. Représentée sur la *Figure III.8.* [7]

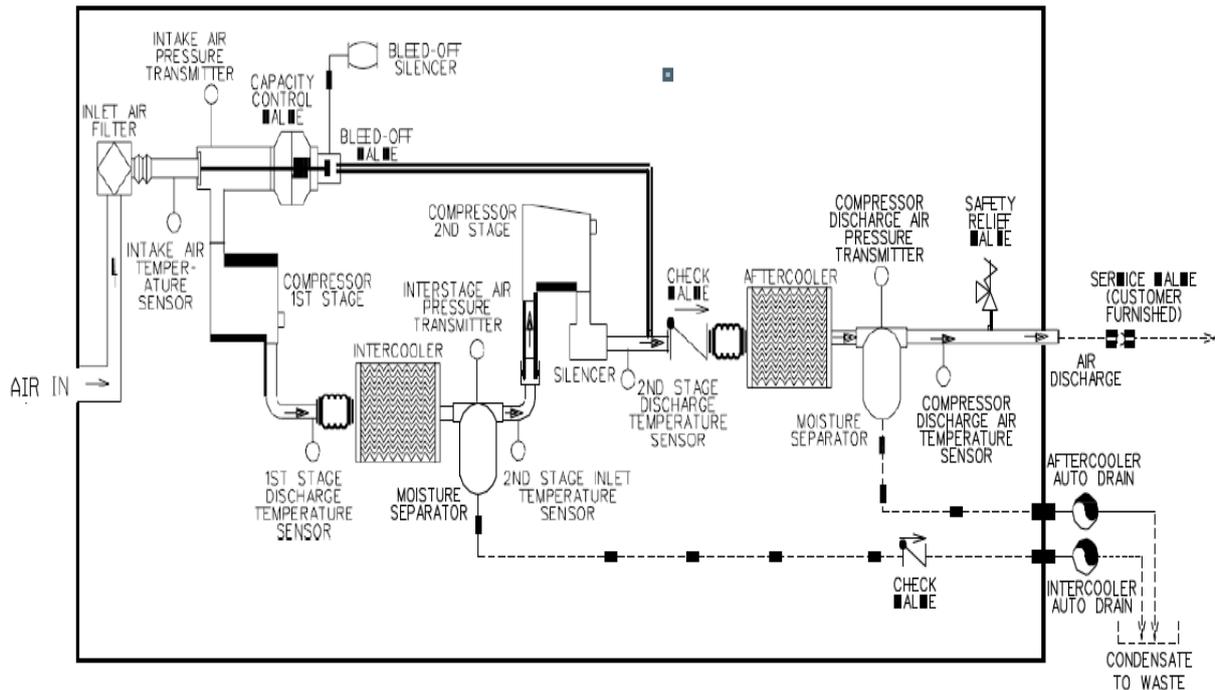


Figure III.8: Débit d'Air Comprimé

III.2.1.3 Vanne de Contrôle de la Capacité

Le système de commande de capacité est constitué d'une soupape d'entrée de commande de capacité (CCV) avec une soupape incorporée purge, une vanne à solénoïde à 4 voies, une soupape à pointe (sur A0 et modèles A1), et une soupape à deux voies.

Ouverture (chargé) et de fermeture (sans charge) de la soupape d'admission est directement contrôlée par la différence de pression dans deux chambres séparées par un diaphragme. La pression à la chambre à ressort (A) de la chambre de fonctionnement et (B) est réglée par l'électrovanne qui est commandée par l'automate.

L'automate surveille les conditions de fonctionnement du compresseur et la pression d'air du système pour déterminer quand il est chargé ou déchargé opération est nécessaire. [7] Représentée sur les *Figure III.10 et Figure III.11*

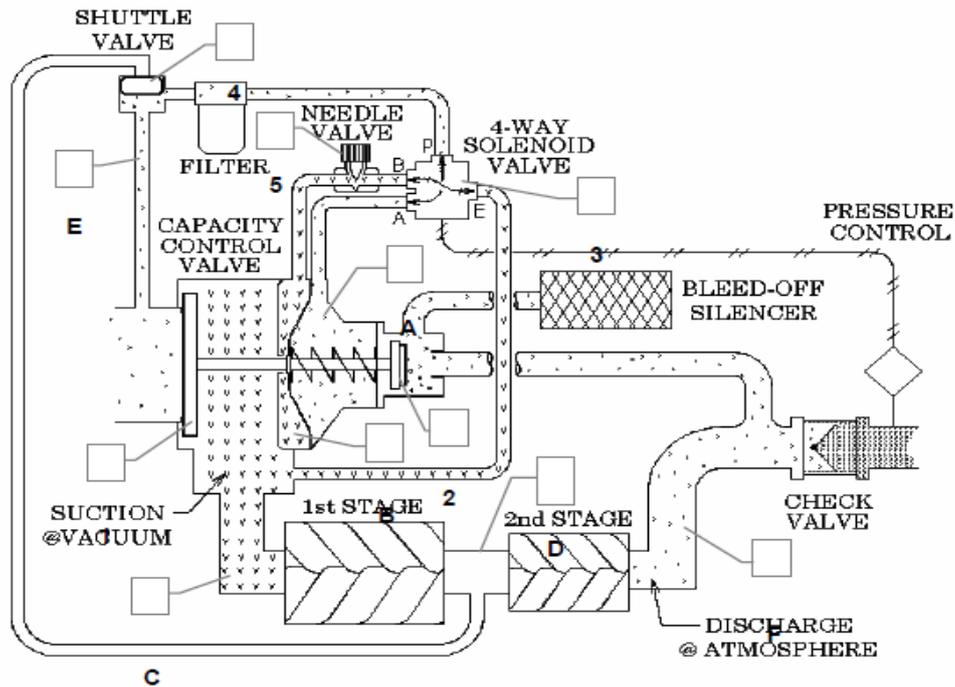


Figure III.9: Le système de commande de capacité

Position	Service	En veille
Charge	9.5 bar	8.2 bar
Décharge	9.9 bar	9.7 bar

Tableau III.2 : Tableau de pression pour le cycle de charge et de décharge d'un compresseur

a) Compresseur décharge

Lorsque le compresseur est en marche, la pression du système est contrôlée par un capteur de pression d'air sur la tuyauterie de refoulement. Lorsque la pression de décharge atteint la limite supérieure de la plage de fonctionnement souhaitée, la soupape à solénoïde est désexcitée, la ventilation de la chambre de travail (B) vers l'atmosphère et mettre sous pression la chambre à ressort (A). La soupape d'admission (1) se ferme et la soupape de purge (2) s'ouvre. Lorsque la soupape d'admission se ferme un vide se développe à l'entrée de la première étape, qui maintient la CCV dans la position non chargée.

Lorsque déchargé une faible quantité de l'air est aspiré à travers des orifices dans la valve d'admission pour refroidir le compresseur lors du fonctionnement non chargé. Le flux d'air (F) est mis à l'atmosphère hors du silencieux de purge. Le clapet anti-retour empêche la pression d'air du système de mise sous pression du compresseur. [7].

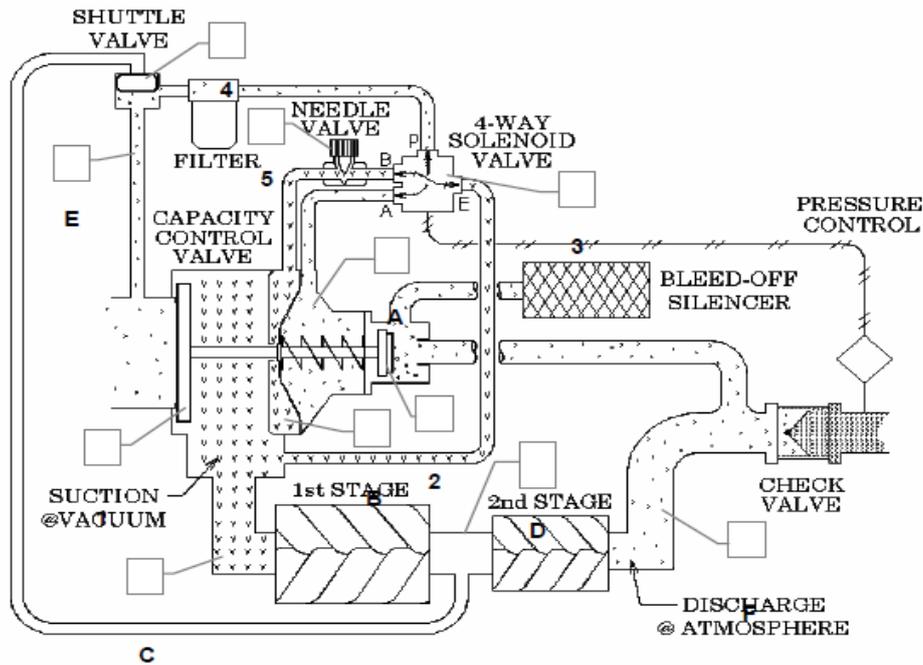


Figure III.10 : Compresseur décharge

b) Compresseur charge

Le compresseur reste déchargé pendant une période de temps après que le moteur d'entraînement du compresseur démarre, permettant au moteur d'atteindre sa pleine vitesse. Après le retard de l'électrovanne (3) alimente, la chambre de ressort de CCV (A) est déconnectée de l'atmosphère et est relié au premier orifice d'entrée de vide de l'étape. Le vide dans la chambre à ressort (A) et à l'intérieur de l'aide du disque de soupape d'entrée tire la soupape d'admission (1) ouvert tout en fermant la soupape de purge (2).

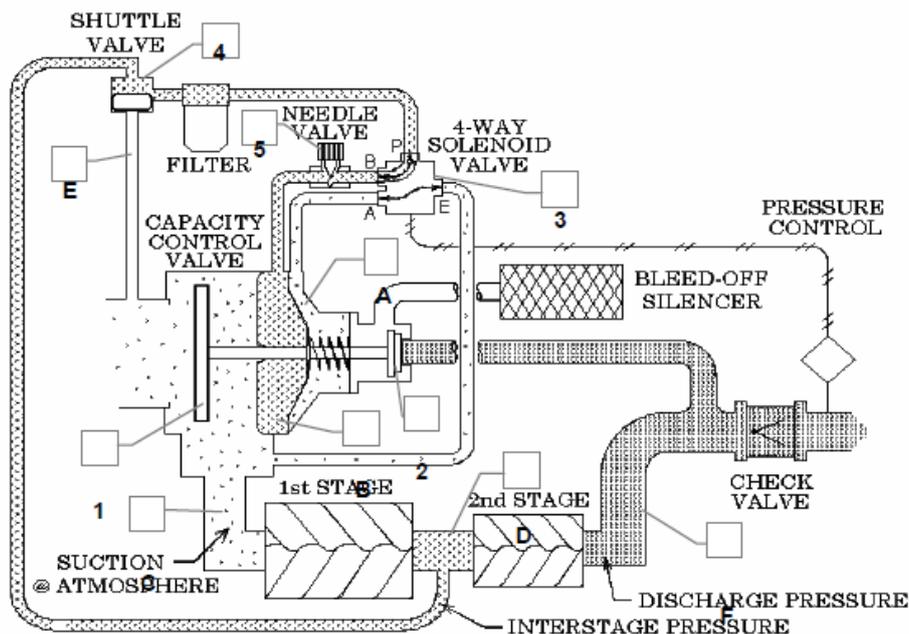


Figure III.11 : Compresseur charge

III.2.1.4 Débit d'huile de lubrification

Huile de lubrification pour les roulements et engrenages est stockée dans une cuve, dans la partie inférieure du boîtier principal carter d'engrenages / du compresseur. Une jauge de vue, situé sur le côté du carter d'huile, est utilisé pour surveiller le niveau d'huile. L'huile de lubrification étant tiré du puisard par une pompe à huile entraînée par un moteur séparé. Un filtre est prévu dans le carter d'huile sur la ligne pompe à huile à aspiration.

L'huile sortant de la pompe est refroidi à environ 10 ° C au-dessus de température de l'air ambiant dans le refroidisseur d'huile. Une vanne thermostatique est fournie avec le refroidisseur pour contrôler la température de l'huile. L'huile refroidi entre dans le compresseur 1er veste de refroidissement de la scène, puis la 2eme étape de refroidissement veste. L'huile pénètre alors dans le filtre à huile, comportant une conception de circuit principal comportant un élément de filtre à cartouche et une soupape de décharge interne.

Après filtration, l'huile pénètre dans le carter du compresseur. Une soupape de décharge de pression d'huile est prévue pour maintenir une pression constante pour la lubrification composant par relâchement de la pression excessive dans le carter inférieur. L'huile circule à travers des passages internes, et le tube externe, pour lubrifier tous les roulements, pignons de distribution, et les pignons d'entraînement. [7]

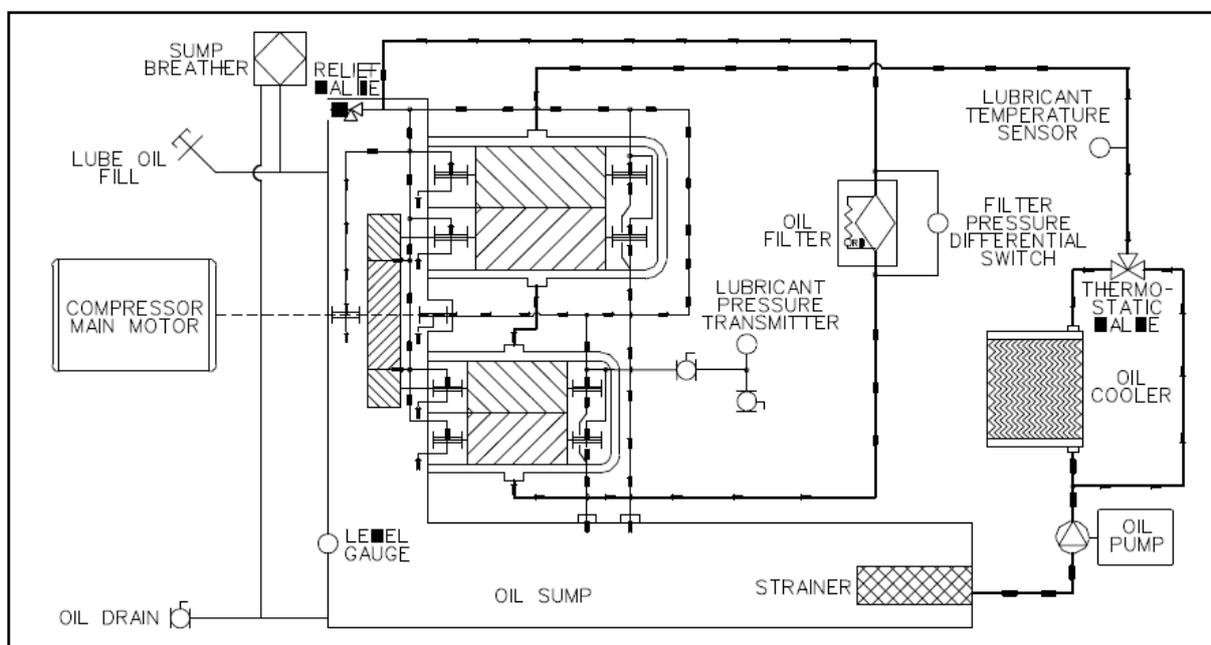


Figure III.12 : Débit d'huile de lubrification

III.2.1.5 Débit d'Air Refroidissement

Un ventilateur actionné par moteur électrique distinct décharge l'air chaud dans l'atmosphère à travers les persiennes dans l'enceinte. L'huile de lubrification quittant la pompe est refroidie à 10 C° approximativement au-dessus de la température d'air ambiante dans le refroidisseur d'huile.

L'air chaud sortant de la sortie d'air de refroidissement ne doit pas être aspiré dans l'entrée d'air de refroidissement.

Une partie de l'air refroidit le moteur du compresseur et passe sous une cloison dans la section compresseur de l'armoire. Une grande partie de l'air passe directement à travers le ventilateur et à travers l'inter-refroidisseur et l'après-refroidisseur, qui sont montés côte à côte.

Quand le compresseur décharge, l'air chaud est refoulé à travers le silencieux d'évacuation, poussé à travers le ventilateur et puis évacué. Un commutateur de température arrête le compresseur si la température d'air à l'intérieur de l'armoire dépasse 65 C°.

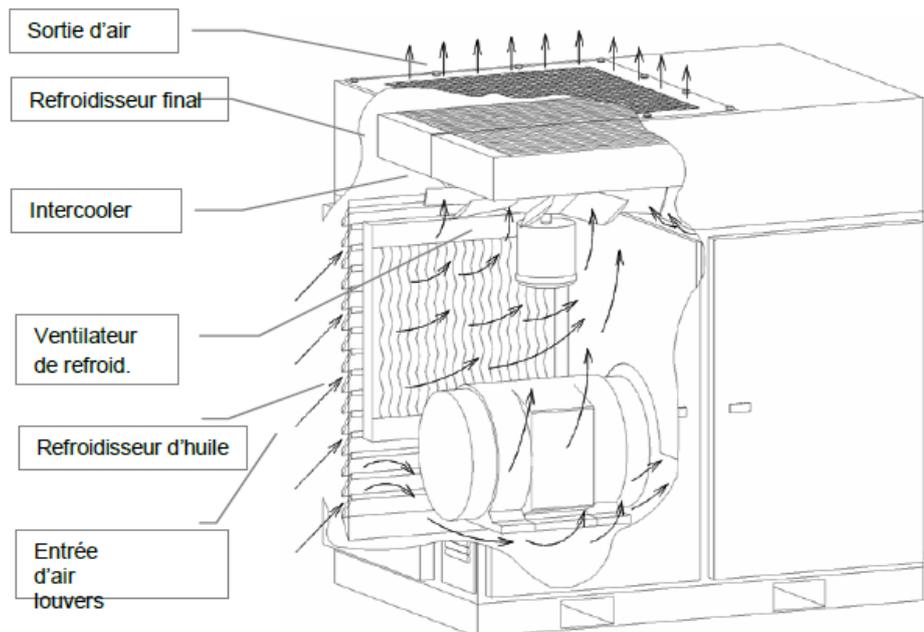


Figure III.13 : Débit d'Air Refroidissement

III.2.2 Partie électrique :

III.2.2.1 Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone fonctionne sur le principe de l'induction électromagnétique. Il se compose de deux parties principales : le stator et le rotor. Le stator est la partie fixe du moteur et est généralement constitué d'enroulements de cuivre. Le rotor, quant à lui, est la partie mobile du moteur et peut être soit en court-circuit, soit constitué de barres en aluminium ou en cuivre.

Représentée sur la Figure III.14

Lorsque le moteur est alimenté en courant alternatif, un champ magnétique tournant est créé dans le stator grâce aux enroulements. Ce champ magnétique induit des courants dans le rotor, ce qui à son tour crée un champ magnétique dans le rotor. Le champ magnétique du rotor et celui du stator interagissent, ce qui génère un couple moteur permettant au rotor de tourner. [8]

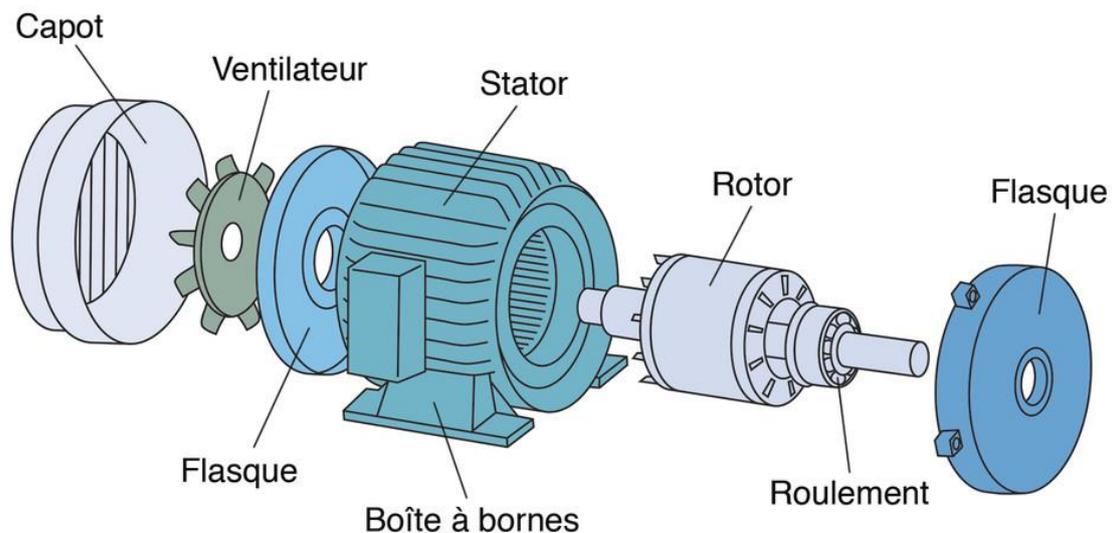


Figure III.14 : Constitution d'une Moteur asynchrone

Vitesse de rotation	2950 rpm
Puissance nominale	200 kw

Tableau III.3 : Caractéristique de moteur

III.2.2.2 Démarrage étoile / triangle :

Ce type démarrage est utilisé pour le moteur d'entraînement il consiste à réduire par la tension aux bornes du moteur grâce à une connexion étoile lors de la phase de démarrage, le courant de ligne est alors divisé par 3, comme le couple moteur. Le démarrage est plus doux, le courant d'appel plus faible. Il faut cependant s'assurer que le couple de démarrages est suffisant pour démarrer le moteur. En outre il faut commuter en triangle lorsque la vitesse se stabilise pour éviter l'échauffement du moteur.

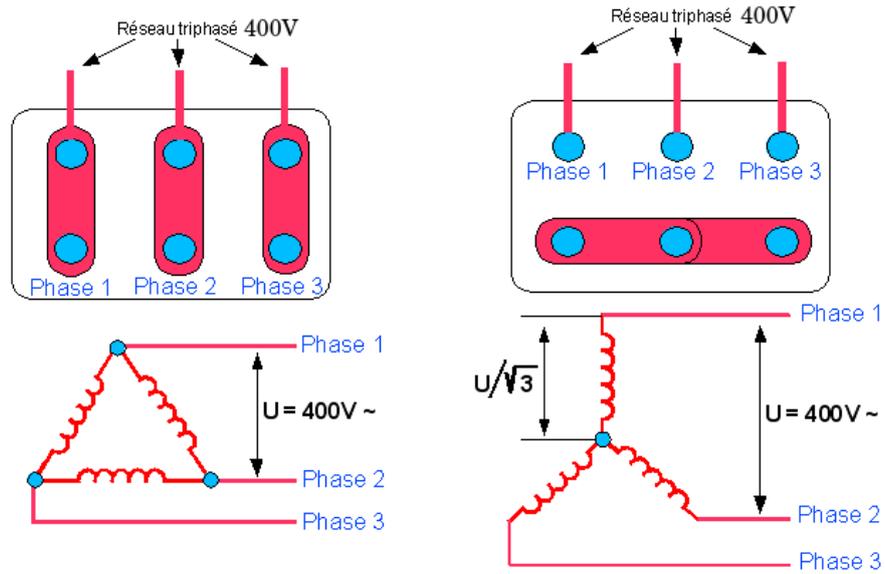


Figure III.15 : Montage étoile et triangle

III.2.2.4 Les composants d'armoire

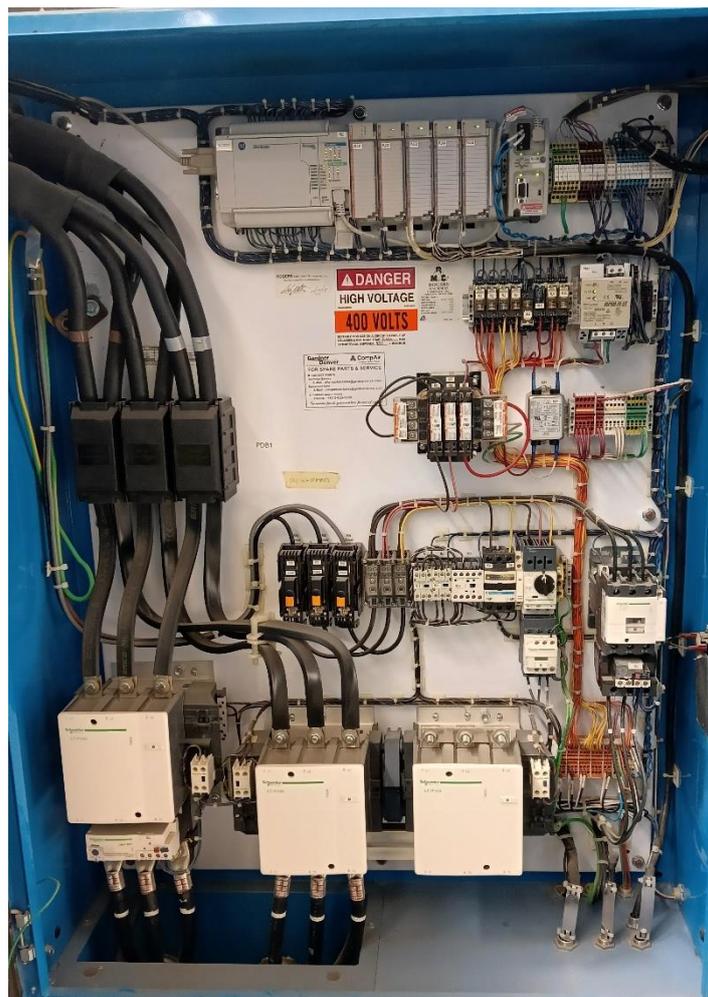


Figure III.16 : Armoire de compresseur d'air Kobelco KNWA2

a) Les contacteurs

Il permet d'établir ou d'interrompre l'alimentation d'un circuit électrique. Un contacteur est pourvu en général de contact de puissance, d'un ou plusieurs contacts de commande et de 2 bornes d'alimentation de sa bobine interne. Représentée sur la Figure III.17

- **Principe de fonctionnement**

Lorsque sa bobine est alimentée, elle crée un champ magnétique qui attire les contacts liés mécaniquement et ainsi ferme le circuit. La bobine est généralement branchée sur le circuit de commande



Figure III.17: Le contacteur

b) Les disjoncteurs

Le disjoncteur assure une protection contre les surcharges de tout type ainsi que les personnes contre les contacts indirects. Il permet aussi d'établir, d'isoler, d'interrompre le passage du courant dans un circuit ou une partie d'un circuit électrique. Représentée sur la Figure III.18

Disjoncteur magnétothermique différentiel : assure la protection contre les courts-circuits, les surcharges et la protection des personnes contre les contacts indirects



Figure III.18 : Disjoncteur magnétothermique différentiel

c) Transformateur

Le transformateur est l'un des appareils électriques les plus utilisés. Il permet de modifier la tension et le courant dans un circuit. Représentée sur la Figure III.19

Il existe deux types de transformateurs :

- **Transformateur élévateur**

Lorsque la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée.

- **Transformateur abaisseur**

Lorsque la tension de sortie est inférieure à la tension d'entrée.

- **Principe de fonctionnement**

L'enroulement primaire est soumis à une tension sinusoïdale il est donc traversé par un courant sensiblement sinusoïdal, en première approximation, nous pouvons négliger les chutes de tension et admettre que le flux traversant le circuit magnétique est sinusoïdal en quadrature arrière avec la tension, ce flux engendre dans chacun des enroulements une force électromotrice sinusoïdale, ainsi apparaît entre les bornes du secondaire une tension qui peut-être visualisé à l'oscilloscope, et dont nous pouvons mesurer la valeur efficace.



Figure III.19 : Transformateur abaisseur

d) Relais thermiques

Le relais assure une protection contre une surcharge faible prolongée (par effet joule) pour un moteur par exemple (associé à des fusibles). En cas de déclenchement, rechercher la cause avant le réarmement. Il ne possède aucun contact de puissance, mais est généralement pourvu de 2 contacts de commande, un NO et un NC (NO = normalement ouvert, NC = normalement fermé). Représentée sur la Figure III.20

- **Principe de fonctionnement**

Le relais thermique est constitué d'un bilame métallique par phase (fait de 2 lames avec un coefficient de dilatation différent). Lorsque le courant le traversant est supérieur au calibre du relais thermique, ça crée une élévation de température sur le circuit qui va déformer le bilame et ainsi ouvrir le circuit de commande.

L'intensité de réglage I_r du relais thermique est égale au courant nominal I_n du moteur (Inscrit sur la plaque signalétique) [9]



Figure III.20 : Relais thermiques

III.2.2.5 : Structure interne de Allen Bradley

a) Module d'alimentation

L'alimentation Allen-Bradley (AB) transforme la tension 220 volts à courant alternatif en tensions à courant continu 24 VDC, t avec une puissance maximale de 30 W. Elle alimente le châssis et toutes les cartes qu'il contient.

b) Contrôleur PLC 1761-NET-AIC

Le contrôleur qui est installé dans le slot0 exécute le programme qu'il contient, le programme écrit en Ladder et reste implanté dans l'Eprom du PLC grâce à une batterie de 3 Volts DC, un port RS232 permet au PLC de communiquer avec un PC pour la programmation, une clé est utilisée pour choisir un des trois modes de fonctionnement du PLC, Mode remote, program et Run.

c) Carte Ethernet

La carte Ethernet qui est installé sur le slot1 assure la communication du PLC avec un autre élément Ethernet connecté à un connecteur RJ45, la carte doit être configuré à une adresse IP fixe, on peut aussi faire la programmation du PLC à travers cette carte

d) Les entrées/sorties (E/S)

- **Les entrées analogiques** : Les entrées analogiques transmis à l'API sont l'équivalent numérique des signaux continus des grandeurs surveillées par des capteurs. Ces variables physiques peuvent être une température, une pression, un niveau, une tension, un courant, une vitesse, ... Elles sont équipées de convertisseur analogique-numérique (CAN) qui permet de convertir les signaux analogiques en signaux numériques sur plusieurs bits que la CPU de l'API peut traiter.
- **Les sorties analogiques** : La CPU d'API délivre des signaux TOR ou numérique. Si l'entrée du pré-actionneur nécessite (fonctionne) avec un signal analogique (continu) alors il est impératif de convertir les signaux numériques en signaux analogiques. Cette tâche est réalisée par des sorties analogiques équipées de convertisseurs numérique-analogique (CNA).

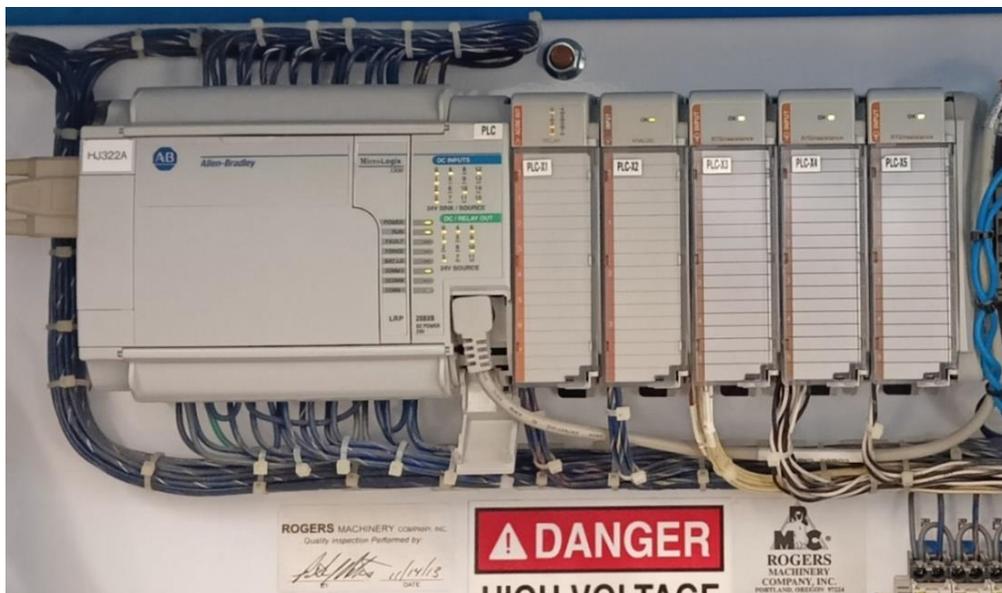


Figure III.21 : Allen-Bradley micrologix 1500

III.2.2.6 : HMI (Human-Machine Interface)

Le HMI (Human-Machine Interface) est un écran LCD tactile qui offre une interface conviviale pour faciliter la navigation dans les menus, ajuster les paramètres et accéder aux informations pertinentes. Il fournit en temps réel des données telles que la pression de fonctionnement, la température, les alarmes et les avertissements. De plus, le HMI permet à l'opérateur d'afficher et de modifier les réglages du compresseur, notamment les paramètres de contrôle de pression, les seuils d'alarme de température et les délais de contrôle.

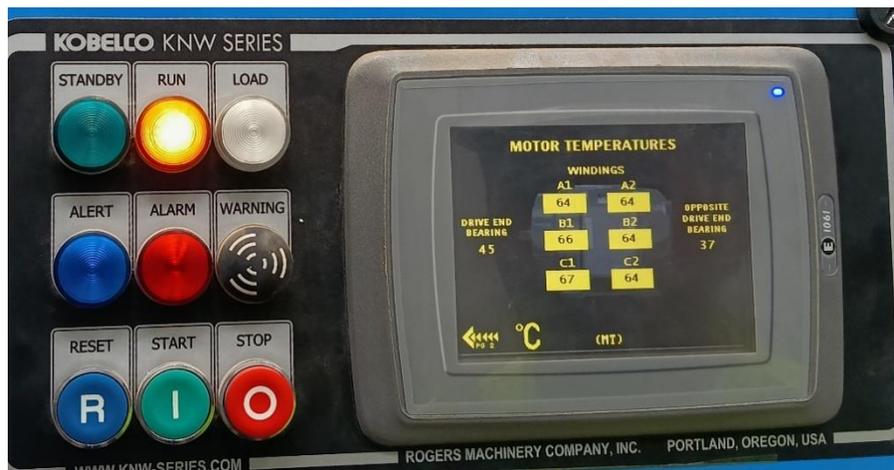


Figure III.22 : HMI (Human-Machine Interface)

III.2.3 Partie mécanique

III.2.3.1 La chaîne cinématique de compresseur

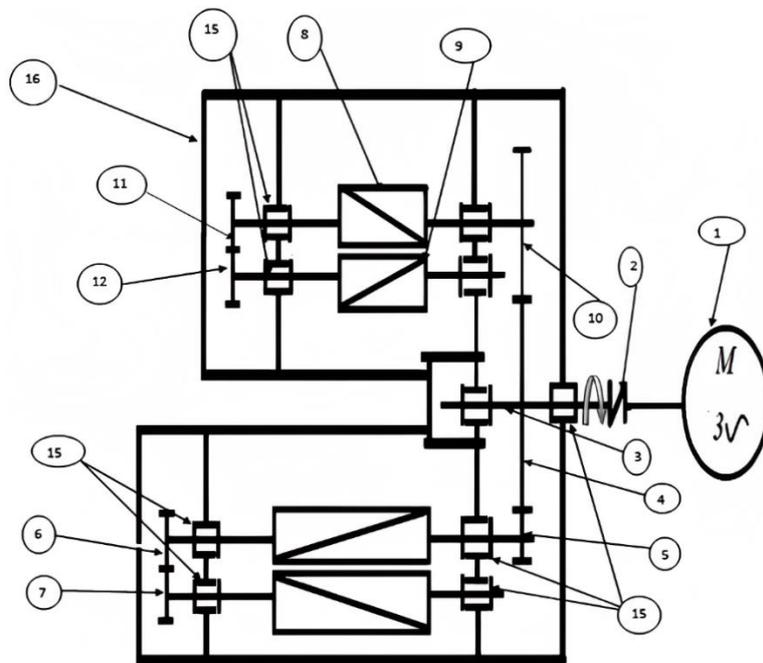


Figure III.23 : Chaîne cinématique de compresseur

NUMERO	DESIGNATION
1	Moteur
2	Accouplement élastique
3	Arbre principale
4	Pignon d'entraînement principal
5 / 6 / 7	Pignon de compresseur 1er étage
8	Vis sans fin 1 de compresseur 1er étage
9	Vis sans fin 2 de compresseur 1er étage
10/11/12	Pignon de compresseur 2eme étage
13	Vis sans fin 1 de compresseur 2eme étage
14	Vis sans fin 2 de compresseur 2eme étage
15	Les roulements
16	Carter

Tableau III.4 : les principaux éléments de la chaîne cinématique.

1. Principe de fonctionnement

Pendant le compresseur est en charge le moteur (1) démarre cela conduit à la rotation de l'arbre principale (3), la rotation de ce dernier et due grâce à l'accouplement (2) qui le raccorde à l'arbre du moteur 1. L'entraînement de l'arbre principale (3) conduit à la rotation du pignon d'entraînement principale 4 qui monter sur ce dernier cela conduit à la rotation des deux pignons 5 et 10 des étages 1 et 2 , ça va résulter a la rotation des vis sans fin principaux 8 et 13 des deux étages leur rotation va entrainer la rotation des pignons 6 et 11 qui sont monter sur les vis sans fin principaux est qui a leur tour vont entrainer les pignons 7 et 12 qui vont entrainer les deux vis secondaire 9 et 14 des deux étages. Représentée sur la Figure III.23

III.2.3.2 Étude des organes mécaniques

a. Les arbres

Les arbres sont utilisés pour transmettre le mouvement d'un composant à un autre à l'intérieur d'une machine. Ils permettent de transférer la rotation, le couple et la puissance d'un organe moteur à un organe récepteur. En plus de transmettre, les arbres servent de support aux organes de transmission tels que les engrenages, les poulies, les courroies, les roues dentées,

etc. Ces organes sont montés sur l'arbre de manière à pouvoir tourner ensemble et transmettre le mouvement de manière synchronisée.

Il existe deux types d'arbres :

- Arbre moteur : qui porte l'élément tournant du moteur (rotor) et l'accouplement.
- Arbre récepteur : qui porte l'accouplement et les vis sans fin.

b. Les accouplements

L'accouplement assure une connexion solide et fiable entre les arbres, de sorte que le mouvement de rotation peut être transféré d'un arbre à l'autre sans perte de puissance importante et sans changement significatif de la vitesse de rotation. Cela permet aux arbres de fonctionner de manière synchronisée et de transmettre efficacement le mouvement d'un composant à un autre. [9]

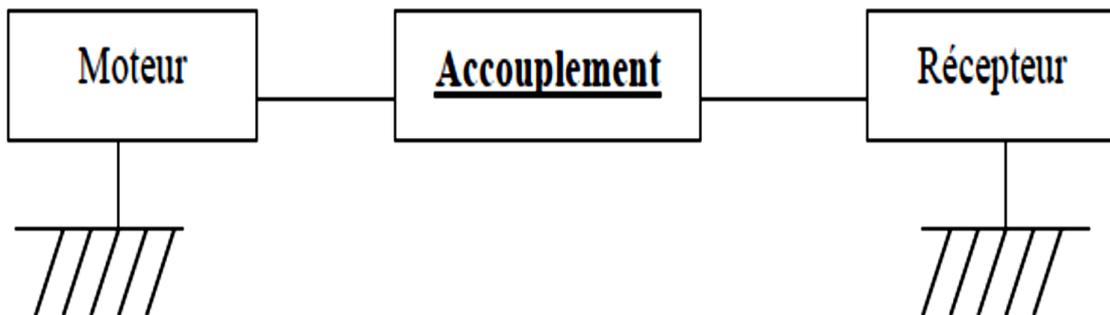


Figure III.24 : Schéma d'un accouplement

c. La vis sans fin

Les compresseurs à vis utilisent des rotors hélicoïdaux, l'un mâle et l'autre femelle, qui s'engrènent pour comprimer l'air. Ces rotors tournent dans des sens opposés, ce qui fait diminuer l'espace entre les lobes le long de leur axe. Représentée sur la Figure III.25

Lorsque l'air est aspiré dans le compresseur, il est piégé entre les lobes des rotors. À mesure que les rotors tournent, l'espace entre les lobes diminue progressivement, comprimant ainsi l'air emprisonné. L'air comprimé est ensuite déplacé vers le carter du compresseur.

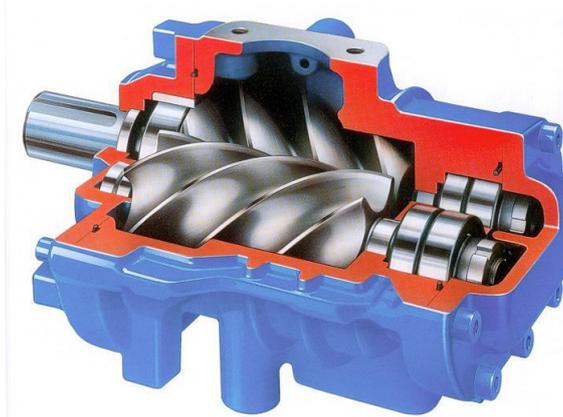


Figure III.25 : Les deux vis mâle et femelle du compresseur

d. Roulements

Les roulements sont des composants mécaniques utilisés pour réduire la friction entre deux surfaces en mouvement relatif

Le principe de base d'un roulement est de permettre le mouvement en minimisant les forces de frottement. Ils sont généralement composés de deux anneaux métalliques, appelés bagues, entre lesquels se trouve un certain nombre d'éléments de roulement. Ces éléments de roulement peuvent être des billes, des rouleaux ou des aiguilles, en fonction du type de roulement.

Les roulements utilisés dans le compresseur kobelco knwa2 sont :

Les roulements à billes : ils utilisent des billes pour réduire la friction et faciliter le mouvement. Ils sont couramment utilisés dans les applications nécessitant des charges légères à moyennes et des vitesses élevées.



Figure III.26 : Les roulements à billes

Les roulements à rouleaux : ils utilisent des rouleaux cylindriques, coniques ou sphériques pour réduire la friction. Ils sont adaptés aux charges plus lourdes et aux vitesses plus faibles que les roulements à billes.



Figure III.27: Les roulements à rouleaux

e. Les paliers lisses

Les paliers lisses, peuvent être classés en fonction de plusieurs critères, dont la direction de l'arbre et le sens de la charge auxquels ils sont soumis. De plus, chaque type de palier peut être associé à un système de graissage spécifique adapté à son utilisation.

Paliers radiaux : Ces paliers supportent des charges perpendiculaires à l'axe de rotation de l'arbre. Ils sont utilisés lorsque la charge principale est perpendiculaire à l'arbre. Les paliers radiaux peuvent être lubrifiés par graissage à la pression, par barbotage (immersion dans un bain d'huile) ou par circulation d'huile.

Paliers axiaux : Ces paliers supportent des charges parallèles à l'axe de rotation de l'arbre. Ils sont utilisés lorsque la charge principale est parallèle à l'arbre. Les paliers axiaux peuvent être lubrifiés par un système de graissage à la pression ou par lubrification à l'huile.

Paliers radiaux et axiaux : Ces paliers sont conçus pour supporter à la fois des charges radiales et axiales. Ils peuvent être lubrifiés de différentes manières en fonction des charges et des conditions d'utilisation.



Figure III.28 : Les paliers lisses

III.3 Réservoir d'air

III.3.1 Récepteur d'air maitre

Les récepteurs d'air sont utilisés pour répondre aux variations de la demande en air comprimé de la centrale. Ils évitent les démarrages/arrêts fréquents des compresseurs d'air installés.

La centrale est équipée de deux récepteurs d'air principaux à 100% de capacité chacun pour répondre aux besoins en air de service et en air d'instrumentation. Chaque récepteur d'air est équipé d'un transmetteur de pression, d'un indicateur de température et d'une vanne de sécurité-pression.

Si la pression d'air à l'intérieur du récepteur dépasse la limite prédéfinie, la vanne de sécurité-pression s'ouvre automatiquement pour libérer l'excès de pression

III.3.2 Récepteur d'air d'instrumentation

L'air d'instrumentation comprimé qui est passé à travers le récepteur d'air d'instrumentation maitre sera filtré et déshydraté en passant à travers un préfiltre, un déshydrater d'air de type dessiccateur à régénération sans chaleur et un filtre final dans l'ordre. Donc, après avoir été traité, l'air comprimé devient un air d'instrumentation qui contient des particules de moins de 0.01 micron et a un point de rosée qui ne dépasse pas - 40 degrés C. Et puis, l'air d'instrumentation se dirige vers les récepteurs d'air d'unité.

Un récepteur d'air d'instrumentation est fourni pour chaque unité pour répondre aux exigences d'air d'instrumentation de la centrale. Chaque récepteur d'air est équipé d'un transmetteur de pression, un indicateur de température et d'une vanne de sécurité-pression. [7]

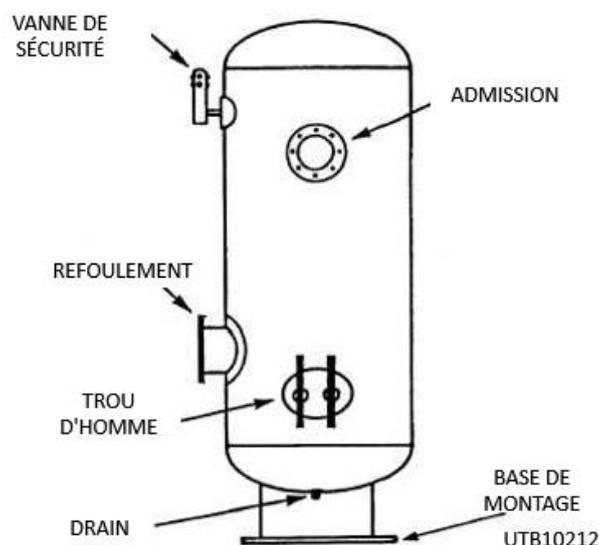


Figure III.29 : réservoir d'air

III.4 : Le sécheur

Un sécheur d'air (ou sécheur d'air comprimé) est un équipement technique qui est utilisé pour réduire le taux d'humidité relative de l'air comprimé et éviter les problèmes liés à l'eau condensée ou à la corrosion dans un réseau d'air comprimé. Les sécheurs d'air ambiant sont généralement appelés déshumidificateurs.

COMPAIR A320TX Spécifications	
FLUIDE D'APPLICATION	AIR COMPRIMÉ HUMIDE
DÉBIT D'AIR D'ENTRÉE	1280 Nm ³ /hr
DÉBIT D'AIR DE SORTIE NET	210 Nm ³ /hr
PRESS. DE TRAVAIL	9.7 barG
TEMP. DE ENTRÉE&SORTIE	50 °C
HUMIDITÉ D'ENTRÉE	100%
CHAUTE DE PRESSION	0.5 barG (FULL PACKAGE)
POINT DE ROSÉE	-40 °C AT ATM
TEMPS DE CYCLE	DRYING 5min / REGEN. 4min REPRESSURISATION 1min
CODE DE CONCEPTION	ASME VIII DIV.1

Figure III.30 : COMPAIR A320TX Spécifications

III.4.1 Fonctionnement

La conception autorise la régénération d'une tour alors que l'autre tour est toujours en service. En plus, les filtres pourront être rennetoyés alors que l'unité est en exploitation. Les tours de déshydratation doivent se régénérer automatiquement en alternance selon une base cyclique régulée par un temporisateur de cycle. Représentée sur la Figure III.31

III.4.2 Circuit d'air

L'air comprimé humide entre dans le système et circule vers le fond de l'une des tours de commutation. Après son passage à travers le dessiccateur, qui absorbe l'humidité contenue dans l'air d'entrée, l'air comprimé sec quitte le déshydrateur. L'humidité dans la tour de déshydratation est retirée durant la régénération.

III.4.3 Circuit de régénération

Une petite partie de l'air déshydraté circule vers la tour de régénération. L'air est dilaté à la pression atmosphérique et circule vers le bas à travers les perles de déshydratation. L'air de régénération est libéré via la vanne d'échappement et les silencieux.

III.4.4 Tours de commutation

Le cycle d'exploitation des déshydrateurs est répétitif et régulé par le régulateur micro-processeur et un capteur PDP (situé à la sortie du filtre final).

Le capteur PDP mesure le point de rosée de pression de l'air qui sort de la tour de déshydratation. Quand la température PDP est inférieure à la consigne, alors la tour de déshydratation continuera la déshydratation jusqu'à ce que la température PDP dépasse la consigne, mais le temps de déshydratation est limité (max. 10 minutes) après la commutation. Ensuite, la tour régénérée commencera la déshydratation de l'air comprimé et l'autre tour sera régénérée [7]

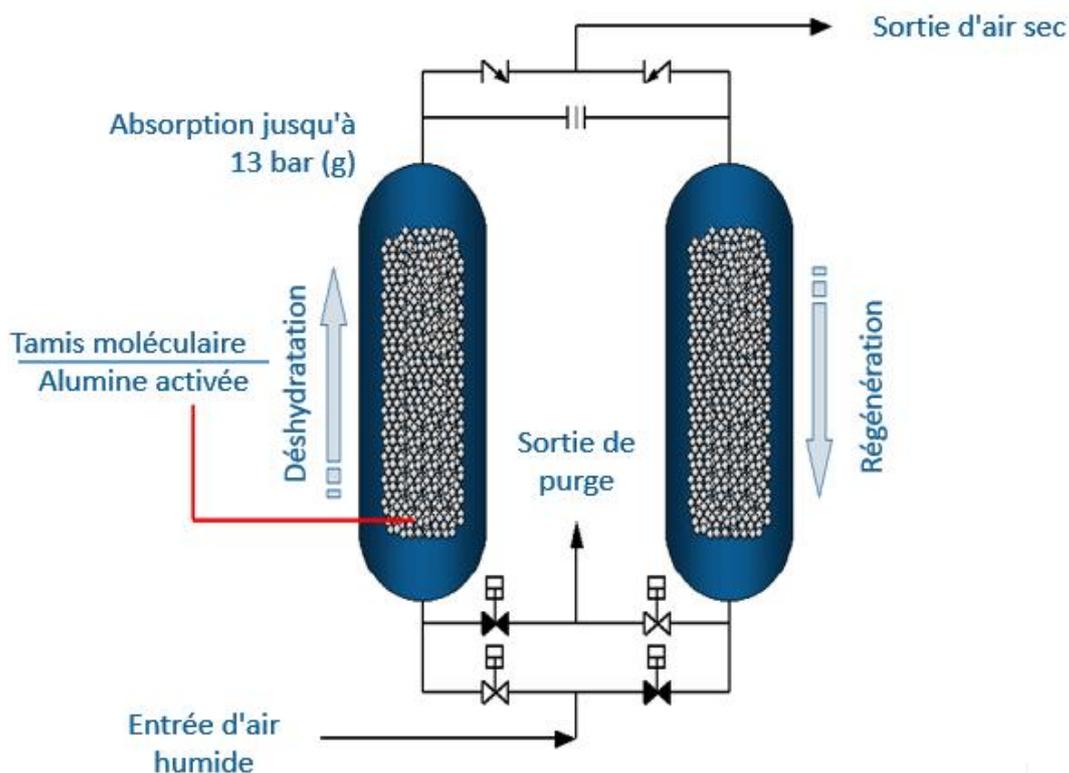


Figure III.31 : diagramme schématique du sécheur

III.5 Conclusion

Dans cette étude technique détaillée du système de production d'air comprimé, nous avons réalisé une analyse approfondie des principaux composants du système, à savoir le compresseur, le réservoir d'air et le sécheur. Notre objectif était de comprendre en détail leur fonctionnement dans les aspects mécaniques, pneumatiques et électriques.

Grâce à cette étude technique approfondie, nous avons acquis une compréhension détaillée du fonctionnement des composants du système de production d'air comprimé. Cette connaissance approfondie nous permettra de mieux évaluer la performance du système, d'identifier les problèmes potentiels et de mettre en place des mesures correctives pour assurer un fonctionnement optimal et fiable du système de production d'air comprimé.

Chapitre IV

Diagnostic d'un compresseur Kobelco KNOW A2

IV.1 Introduction

Le diagnostic est en effet un processus d'analyse approfondie utilisé pour évaluer l'état de fonctionnement d'un système, d'une machine ou d'un dispositif. Son objectif principal est de détecter les problèmes potentiels et d'identifier les mesures correctives nécessaires pour résoudre ces problèmes.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, telles que l'inspection visuelle, les mesures physiques, l'analyse vibratoire, l'analyse thermique, l'analyse d'huile et l'évaluation des performances énergétiques.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons spécifiquement sur les méthodes d'analyse vibratoire et d'analyse thermique. Nous appliquerons ces méthodes au compresseur afin d'obtenir des données pertinentes pour évaluer son état de santé.

IV.2 Diagnostic

Le diagnostic est un processus d'identification, d'analyse et d'évaluation d'un problème, d'une condition ou d'une situation afin de comprendre sa nature, son origine et ses conséquences. Cela implique généralement la collecte de données, l'observation, l'analyse des symptômes ou des signes, l'utilisation de méthodes et d'outils spécifiques, ainsi que l'application de connaissances et d'expertise pour formuler des conclusions.

IV.2.1 Les différentes étapes de diagnostic

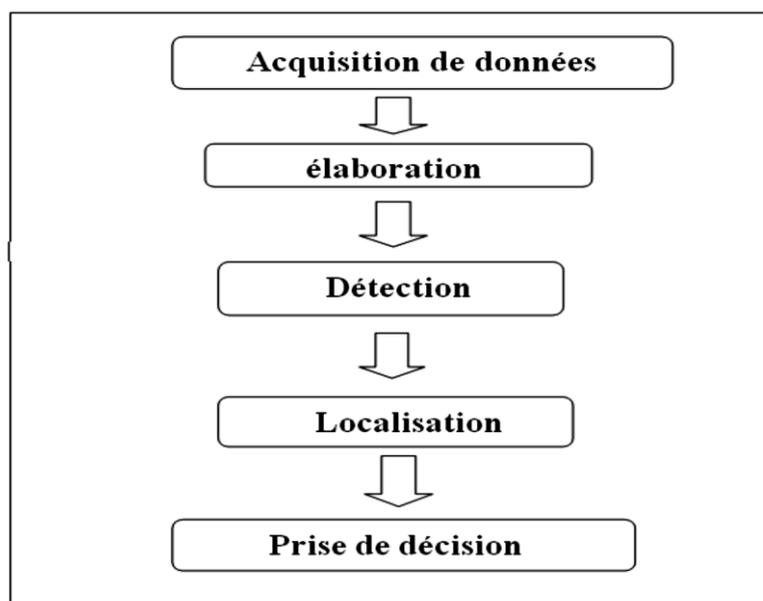


Figure IV.1 : Les différentes étapes de processus de diagnostic

a. Etape d'acquisition de données

La procédure de diagnostic nécessite une disponibilité d'informations sur le fonctionnement du système à surveiller. Ces informations sont recueillies lors d'une phase d'acquisition de données suivie d'une validation. Cette étape implique l'utilisation de capteurs appropriés permettant de mesurer les différentes variables du processus.

b. Etape d'élaboration d'indicateurs de défauts

A partir des mesures réalisées et des observations issues des opérateurs en charge de l'installation, il s'agit de construire des indicateurs permettant de mettre en évidence les éventuels défauts pouvant apparaître au sein du système. Dans le domaine du diagnostic, les indicateurs de défauts sont couramment dénommés les résidus ou symptômes

c. Etape de détection

Cette étape doit permettre de décider si le système se trouve ou non dans un état de fonctionnement normal. Il ne suffit pas de tester la non nullité des résidus pour décider de l'apparition d'un défaut car, dans la pratique, les grandeurs mesurées sont toujours entachées de bruits et le système à surveiller est toujours soumis à des perturbations. Par conséquent, cette étape fait le plus souvent appel aux tests statistiques ou, de manière plus simple, est réalisée à l'aide d'un seuillage.

d. Etape de localisation

Il s'agit à partir des résidus non nuls statistiquement, de localiser le défaut, c'est-à-dire de déterminer le ou les éléments défaillants. La procédure de localisation nécessite l'utilisation d'un ensemble (ou vecteur) de résidus, qui doivent avoir des propriétés permettant de caractériser de manière unique chaque défaut. Pour ce faire, deux méthodes peuvent être utilisées :

- la construction de résidus structurés
- la construction des résidus directionnels

e. Etape de prise de décision

Il s'agit de décider de la marche à suivre afin de conserver les performances souhaitées, du système sous surveillance. Cette prise de décision doit permettre de générer, éventuellement sous le contrôle d'un opérateur humain, les actions correctrices nécessaires à

un retour à la normale du fonctionnement de l'installation. En résumé, quelle que soit la méthode employée,

La procédure de diagnostic comprend deux Principales étapes, une étape de génération de résidus et une étape d'évaluation des résidus [8]

IV.3 Techniques de diagnostic

IV.3.1 L'analyse vibratoire

L'analyse vibratoire est un outil puissant pour la surveillance et le diagnostic des machines industrielles. Elle permet de détecter les défauts et d'effectuer une analyse détaillée pour évaluer l'état de santé des composants mécaniques, prévenir les pannes et optimiser la maintenance.

IV.3.1.1 Principe de l'analyse vibratoire

IV.3.1.1.1 Définition et grandeur à mesurer

La vibration est un phénomène dynamique dans lequel un système mécanique oscille autour d'une position moyenne, appelée position d'équilibre.

On constate qu'il se traduit par :

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

Le choix du paramètre de surveillance dans la surveillance des machines tournantes dépend du défaut recherché et de la plage de fréquences associée à ce défaut :

Indicateur	Domaine de surveillance
Déplacement	Phénomènes lents basses fréquences [2 - 100 Hz] Balourd, Désalignement, Instabilités de paliers ...
Vitesse	Moyennes fréquences [1000 Hz] Balourd, Lignage, Instabilités de paliers, Cavitation, Passage d'aubes, Engrenement ...
Accélération	Phénomènes très rapides Hautes fréquences [20000 Hz] Roulements, Passages d'ailettes, Cavitation...

Tableau IV.1 : Domaine de surveillance des indicateurs vibratoires

IV.3.1.1.2 Caractéristiques d'une vibration :

Une vibration se caractérise principalement par :

- a. Fréquence :** La fréquence d'une vibration indique le nombre de cycles complets (oscillations) qui se produisent par unité de temps. Elle est mesurée en hertz (Hz) et représente le nombre de cycles par seconde.

Une fréquence élevée correspond à une vibration rapide, tandis qu'une fréquence plus basse correspond à une vibration plus lente.

- b. Amplitude :** Elle représente la distance maximale que l'objet se déplace de part et d'autre de sa position d'équilibre.

L'amplitude donne l'intensité de la vibration.

- c. Nature d'une vibration :** Les vibrations générées par une machine tournante en fonctionnement peuvent être classées de la manière suivante : Représentée sur la **Figure IV.2**

- **Vibrations périodiques :** Ce type de vibration se produit à une fréquence régulière et constante. Elles peuvent être causées par des déséquilibres, des défauts dans les paliers, des problèmes d'alignement.
- **Vibrations périodiques de type impulsionnel :** Ces vibrations périodiques sont caractérisées par des impulsions ou des chocs réguliers qui se répètent à une certaine fréquence. Elles peuvent être causées par des engrenages défectueux, des dents endommagées, des chocs mécaniques, ou d'autres sources
- **Vibrations aléatoires de type impulsionnel :** Ce type de vibration se produit de manière aléatoire avec des impulsions ou des chocs sporadiques[8]

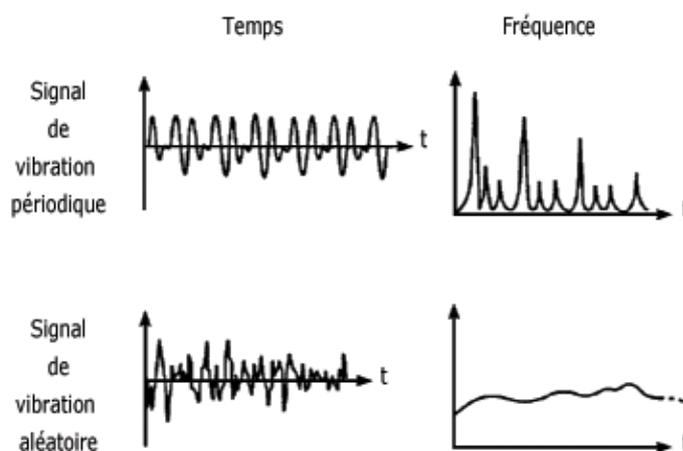


Figure IV.2 : Nature d'une vibration

IV.3.1.1.3 Niveaux vibratoires

Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
	1.10	45.0			

Figure IV.3 : Seuils recommandés par la norme ISO 10816

Groupe I : Petite machines tournantes (<15kW).

Groupe II : Machines de taille moyenne (de 15 à 75kW).

Groupe III : Grosses machines motrices avec masses en rotation montées sur des assises lourdes et rigides.

Groupe IV : Grosses machines motrices avec masses en rotation montées sur des assises qui sont relativement souples dans le sens de mesurage des vibrations (par exemple, turboalternateur et turbines à gaz de capacités supérieure à 10 MW)

IV.3.1.2 Appareil de mesure

1. VIBROTEST 60

Le Vibrotest 60 est un instrument de surveillance des vibrations utilisé pour mesurer et analyser les niveaux de vibration dans diverses applications industrielles. Il permet de mesurer les vibrations dans différentes directions (axiales, radiales et tangentielles) et fournit des données telles que l'accélération, la vitesse et le déplacement des vibrations. De plus, il effectue des analyses spectrales pour identifier les fréquences de vibration dominantes et détecter les problèmes potentiels de déséquilibre, d'alignement et de défauts de roulement. etc.



Figure IV.4 : VIBROTEST 60

2. Les Capteurs

a) Accéléromètres (Capteur piézo-électrique)

Il est constitué principalement d'un matériau piézo-électrique (habituellement une céramique ferroélectrique artificiellement polarisée). Lorsque ce matériau subit une contrainte mécanique, en extension, compression ou cisaillement, il engendre une charge électrique proportionnelle à la force appliquée. Le capteur piézo-électrique ou l'accéléromètre sont les plus utilisés en raison de leur large gamme de fréquences d'utilisation. [9]



Figure IV.5 : Un accéléromètre de marque Schenck de type : AS-065

b) Le capteur de vitesse (vélocimètres)

Les vélocimètres sont des capteurs courants utilisés pour mesurer les vibrations. Ils se composent d'une masse sismique reliée à un boîtier par un ressort et d'une bobine se déplaçant dans un champ magnétique permanent créé par un aimant. La vibration du palier sur lequel est fixé le capteur induit un mouvement de la bobine, générant une tension proportionnelle à la vitesse de déplacement. La fréquence de résonance de ces capteurs se situe généralement entre 8 et 15 Hz.



Figure IV.6 : Capteur de vitesse

c) Capteur de déplacement (Le proximètre) :

Le proximètre, ou sonde de proximité, est un capteur de déplacement sans contact qui produit un signal électrique directement proportionnel au déplacement relatif de la vibration d'un arbre ou d'un rotor. Il est monté en permanence à l'intérieur du palier.

Ces mesures seront limitées aux basses fréquences (< 100 Hz) [9]



Figure IV.7 : Capteur de déplacement

3. Le progiciel Xms

Avec Vibro XMS, les utilisateurs peuvent collecter et analyser les données de vibrations provenant de différents capteurs installés sur les machines. Le logiciel propose une surveillance en temps réel, un stockage des données et des outils d'analyse avancés pour évaluer l'état et les performances des équipements rotatifs tels que les moteurs, les pompes, les compresseurs, les turbines, et bien d'autres.

Vibro XMS permet aux utilisateurs de configurer des paramètres de surveillance personnalisés, de définir des seuils d'alarme et de recevoir des notifications lorsque les limites prédéfinies sont dépassées. Il prend en charge la collecte automatique de données à intervalles réguliers, ce qui permet une analyse des tendances et une détection précoce des éventuelles défaillances ou écarts dans le comportement des machines.

Le logiciel offre une interface conviviale avec des outils de visualisation intuitifs, permettant aux opérateurs et au personnel de maintenance d'interpréter et de comprendre facilement les données collectées. Il propose également des fonctionnalités de génération de rapports, permettant aux utilisateurs de créer des rapports complets sur l'état de santé et la condition des machines pour une analyse et une prise de décision ultérieures.

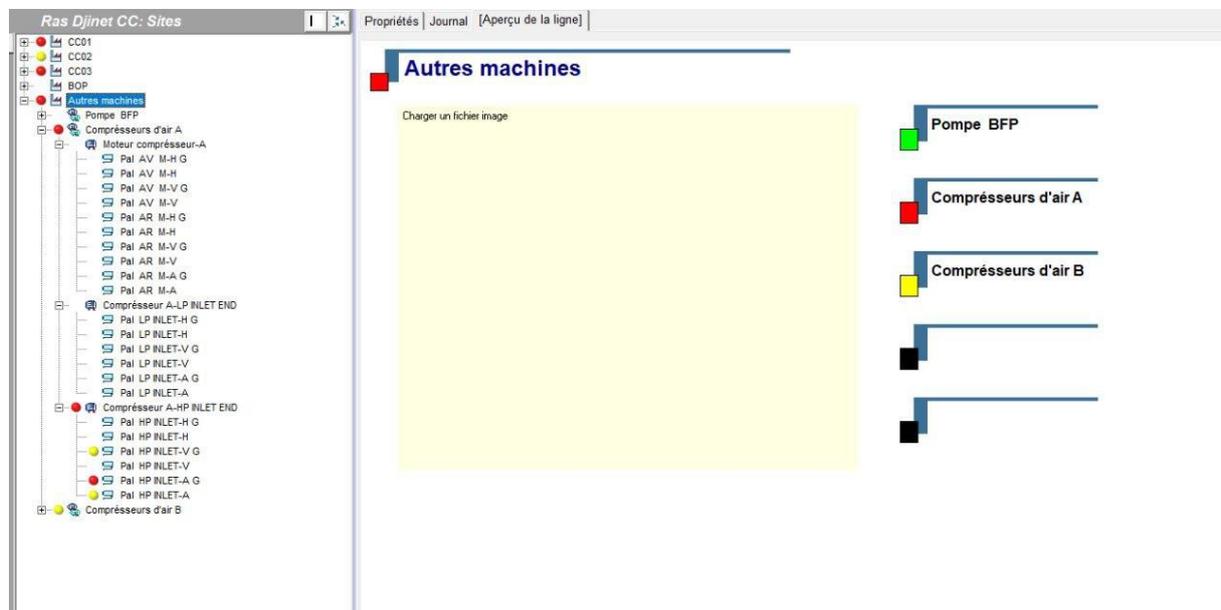


Figure IV.8 : Le progiciel Xms

IV.3.1.3 Points de mesure :

L'implantation de capteur sur les machines est, elle aussi, très importante. Chaque campagne de mesures doit être effectuée en des points précis et toujours les mêmes.

En effet, un phénomène mécanique peut donner des images vibratoires sensiblement différentes en fonction du point de mesure. On essaiera toujours de rapprocher le plus possible les points de mesure des paliers. Cela permet d'obtenir les images les plus fidèles des défauts mécaniques.

Pour avoir une image complète des vibrations en trois dimensions, il faut prendre les mesures selon trois directions perpendiculaires sur chaque palier de la machine surveillée « deux directions radiales l'une horizontale et l'autre verticale et une direction axiale ». [11]

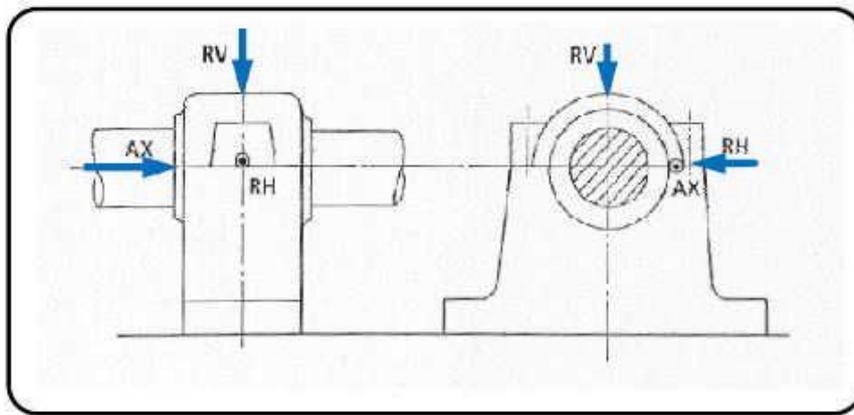


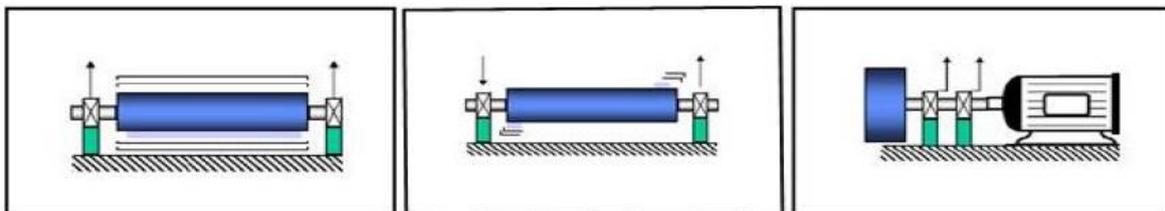
Figure IV.9 : Choix directionnel pour la prise de mesure

IV.3.1.4 Principaux défauts d'une machine tournante

1. Balourd (défaut d'équilibrage)

Selon l'ISO 1940-1 :2003, qui concerne l'équilibrage des rotors, le balourd est défini comme suit : "La condition existante lorsqu'il y a une distribution inégale de la masse d'un rotor par rapport à son axe de rotation, entraînant une force centrifuge."

Elle peut être : mécanique : dégradation des pales ou aubages. [10]



a) Balourd statique

b) Balourd dynamique

c) Déséquilibre typique

Figure IV.10 : Types de balourds

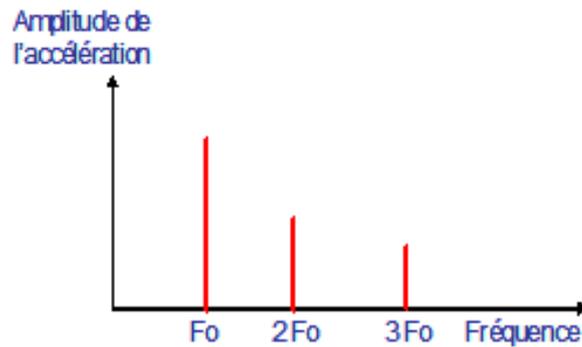


Figure IV.11 : Spectre théorique d'un défaut de déséquilibre

2. Désalignement

Il existe deux types de défauts de désalignement courants lorsqu'il s'agit de l'alignement des arbres moteur et récepteur : le désalignement parallèle et le désalignement angulaire.

- **Désalignement parallèle** : Ce type de désalignement se produit lorsque les axes des arbres moteur et récepteur ne sont pas parfaitement parallèles. Cela signifie que les deux arbres sont légèrement décalés latéralement l'un par rapport à l'autre. Le désalignement parallèle peut se produire dans le plan horizontal ou vertical.
- **Désalignement angulaire** : Ce type de désalignement se produit lorsque les axes des arbres moteur et récepteur ne sont pas parfaitement confondus. Cela signifie que les deux arbres forment un angle l'un par rapport à l'autre. Le désalignement angulaire peut se produire dans le plan horizontal ou vertical. [11]

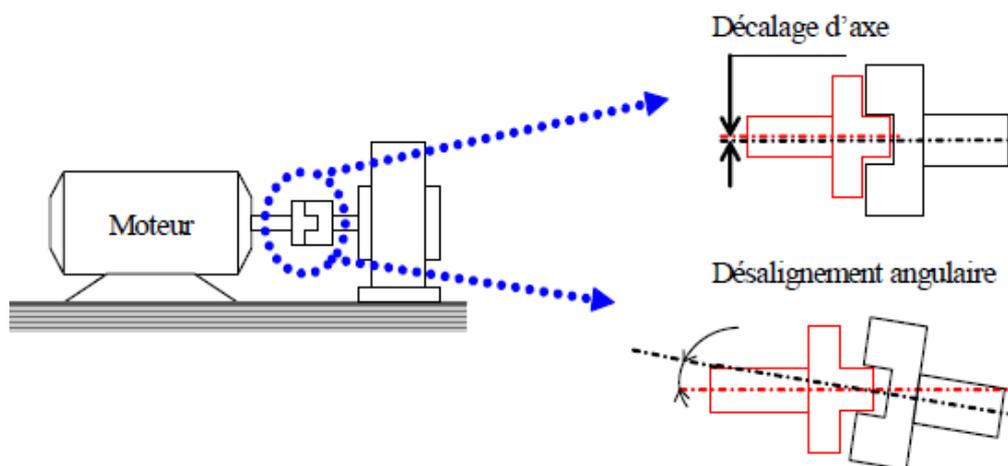


Figure IV.12 : Schéma du défaut d'alignement

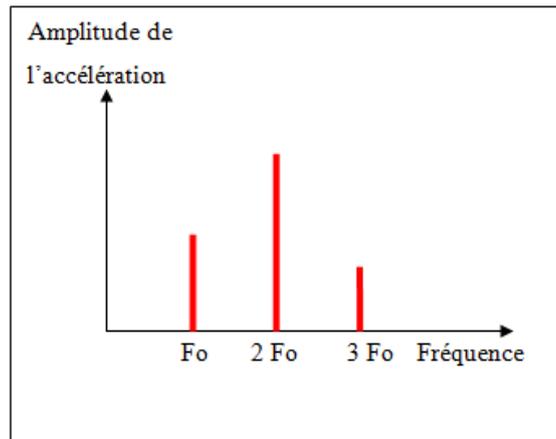


Figure IV.13 : Spectre théorique d'un défaut d'alignement

3. Défaut de desserrage et de jeu

Par desserrage, on entend par exemple un manque de rigidité de montage sur une structure. Cela peut être du effectivement à un desserrage des vis de fixation de la structure mais également à une fissuration d'ancrage ou de bâti.

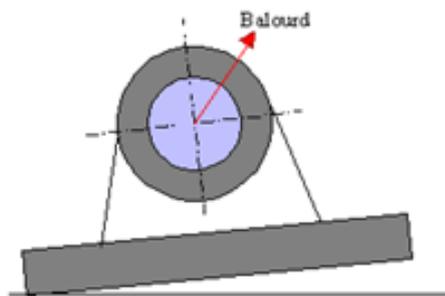


Figure IV.14 : Défaut de desserrage et de jeu

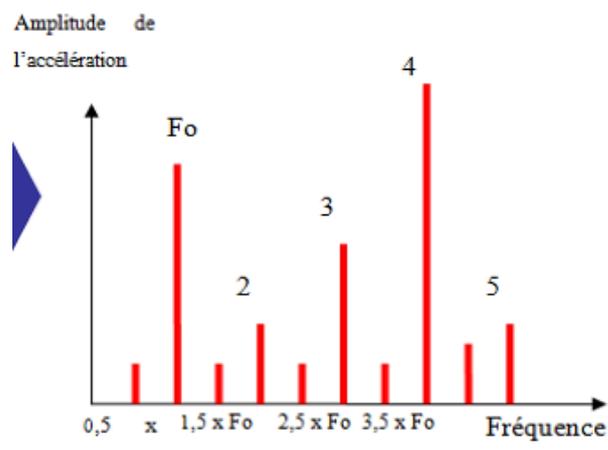


Figure IV.15 : Spectre théorique d'un Défaut de desserrage et de jeu

4. Défauts de denture d'engrenages

Lorsqu'une dent de l'une des deux pièces mobiles est détériorée dans un engrenage, cela peut entraîner des chocs périodiques pendant l'engrènement. La cadence de répétition de ces chocs correspond à la fréquence de rotation de la pièce mobile qui possède la denture altérée.

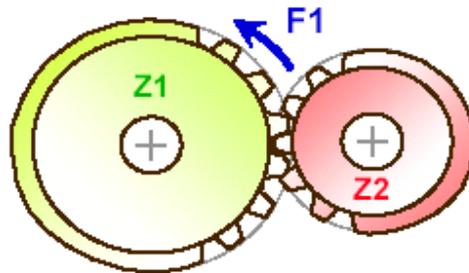
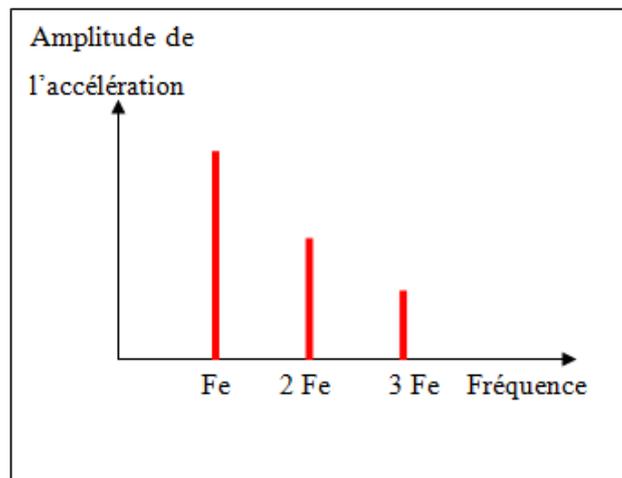


Figure IV.16 : Défauts de denture d'engrenages



Spectre théorique d'un engrenage sain

Figure IV.17 : Spectre théorique d'un engrenage

5. Défaut de roulements

Les roulements sont des éléments très répandus et sollicités dans les machines tournantes et sont la cause principale de leurs défaillances, les défauts qu'ils peuvent présenter sont : l'écaillage, le grippage, la corrosion...etc. et qu'on pourra classer en deux types :

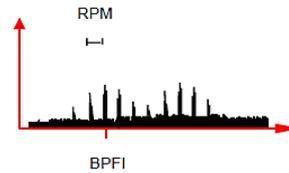
- Les défauts répartis qui se manifestent par un spectre vibratoire large bande affectant le niveau global des vibrations.
- Les défauts ponctuels qui génèrent des chocs à chaque passage en coïncidence d'un élément roulant avec le défaut. [12]

1. Défaut de bague extérieure



2. Défaut de bague interne

- Fréquence spécifique avec bandes latérales à f_0



3. Défaut de billes

- Requier une action immédiate.

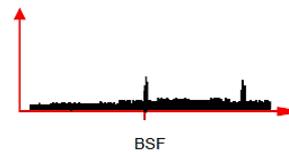


Figure IV.18 : Spectre théorique Défaut de roulements

IV.3.2 L'analyse par thermographie infrarouge

L'analyse par thermographie infrarouge est une technique utilisée pour détecter et mesurer les variations de température sur la surface d'un objet ou d'une zone. Elle repose sur le principe selon lequel tous les objets émettent de l'énergie thermique sous forme de rayonnement infrarouge, qui est invisible à l'œil humain.

Pour effectuer une analyse par thermographie infrarouge, on utilise une caméra thermique qui est capable de détecter et de mesurer les rayonnements infrarouges émis par les objets. La caméra capture ces rayonnements et les traduit en une image thermique, également appelée thermogramme.

L'image thermique affiche une palette de couleurs où chaque couleur représente une plage de températures. Les zones chaudes sont généralement représentées en rouge, orange ou jaune, tandis que les zones froides sont en bleu ou en violet. Cela permet de visualiser facilement les variations de température sur la surface analysée.

IV.3.2.1 Les rayons infrarouges

Les rayons infrarouges sont des ondes électromagnétiques de fréquence plus élevée que celle des ondes radio : entre 300 GHz et 385 Hz. Ils portent ce nom car, sur l'échelle des fréquences du spectre électromagnétique, ils sont juste avant (« *infra* ») le rouge de la lumière visible. La gamme des infrarouges couvre donc les longueurs d'onde allant de huit dixièmes de millièmètre de millièmètre

($8 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0.800 \text{ }\mu\text{m}$) à un millièmètre ($10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$).

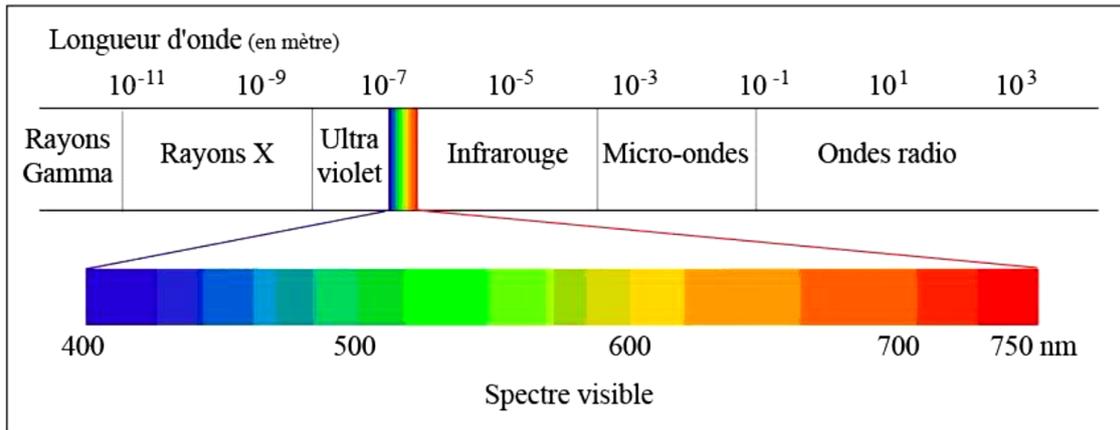


Figure IV.19 : Localisation des ondes infrarouges dans le spectre électromagnétique

L'infrarouge est associé à la chaleur car, à température ambiante ordinaire, les objets émettent spontanément des radiations dans le domaine infrarouge ; la relation est modélisée par la loi du rayonnement du corps noir dite aussi loi de Planck. La longueur d'onde du maximum d'émission d'un corps noir porté à une température absolue T (en kelvin) est donnée par la relation $0,002898/T$ connue sous le nom de loi du déplacement de Wien. Cela signifie qu'à température ambiante ordinaire (T aux environs de 300 K soit 27°C), le maximum d'émission se situe aux alentours de 10 μm , la plage concernée étant 8-13 μm .

a. Corps noir

On définit également l'émetteur parfait appelé corps noir. C'est un objet idéal (n'existant pas physiquement) qui absorbe la totalité des rayonnements incidents quelles que soient leur longueur d'onde et leur direction et qui émet conformément à la loi de Planck. Représentée sur la Figure IV.21

b. Loi de Planck :

Max Planck a calculé les flux de puissances électromagnétiques émis par un corps noir :

$$L_{\lambda,b}(\lambda, T) = \frac{2hc_0^2}{\lambda^5 \left[e^{\frac{hc_0}{\lambda RT}} - 1 \right]} \text{ W m}^2 \mu\text{m}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

- λ : Longueur d'onde
- $\text{W}\lambda$: Flux de puissance émis par un corps noir à la longueur d'onde λ
- Vitesse de la lumière
- h : Constante de Planck

- k : Constante de Boltzmann
- T : Température absolue du corps noir en Kelvin

Ces formulations mathématiques complexes sont représentées par des courbes [figure2.4] à partir de ces courbes, nous constatons que :

- La puissance électromagnétique émise croît avec la température du corps noir.
- L'émission de rayonnement passe par un maxima : ce maxima se produit à des longueurs d'onde de plus en plus faibles lorsque la température du corps noir croît.
- A partir d'une température de l'ordre de 520°C , l'émission du rayonnement infrarouge apparaît dans le domaine spectral visible ($0,4\text{-}0,8\mu\text{m}$) : les objets chauffés au moins à cette température deviennent donc visibles par l'œil humain de par la couleur rouge sombre. [13]

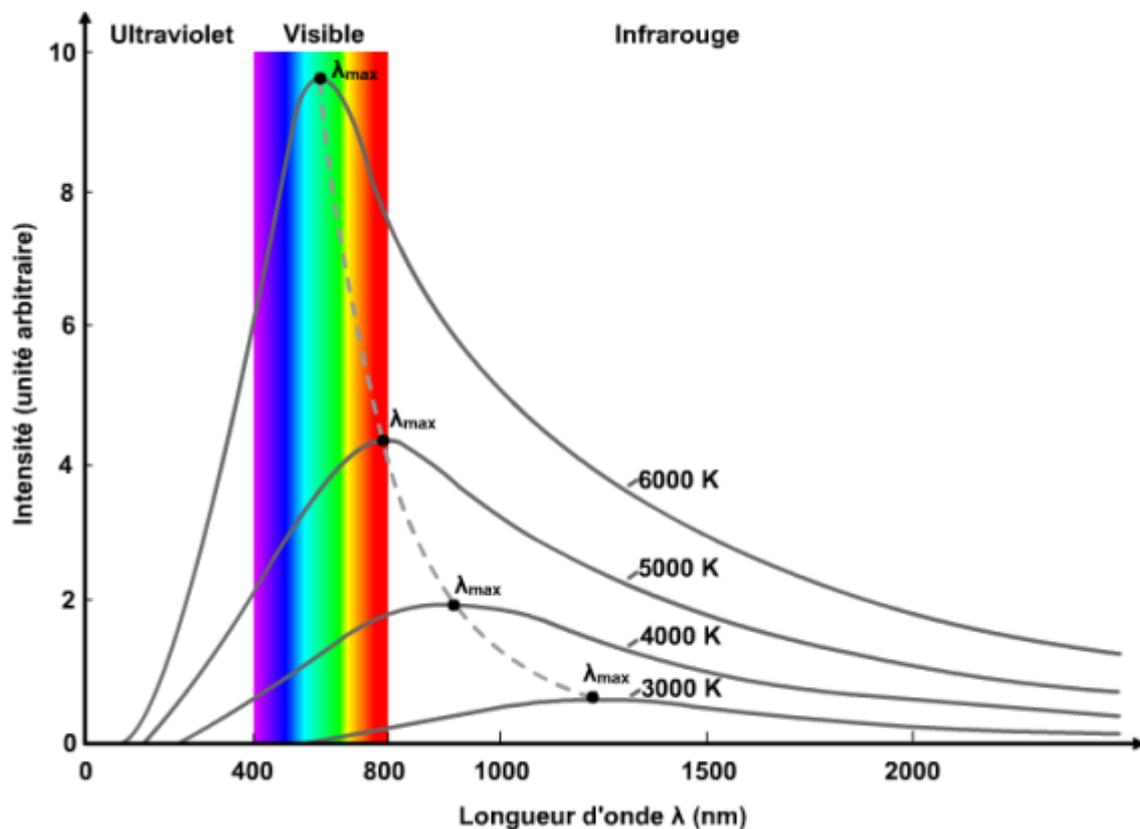


Figure IV.20 : Rayonnement du corps noir pour différentes températures

IV.3.2.2 Appareil de mesure

Le FLUK TI20 est un instrument de surveillance de la thermographie utilisé mesure de la thermographie qui fournit des mesures de température avec une représentation visuelle sous forme d'image thermique dans diverse application industrielle.



Figure IV.21 : Caméra infrarouge Fluke TiS20

IV.3.2.3 Les applications de la thermographie IR dans l'industrie

1. Application électrique :

La thermographie IR est utilisée sur les pièces électriques (l'armoire électrique, les câbles, les contacteurs) afin de détecter des défauts grâce aux températures des différentes pièces parmi ces défauts électriques que l'on peut détecter par thermographie IR ce sont :

- Surcharge...
- Déséquilibre de phases
- Mauvaises connexions
- Défaut de serrage

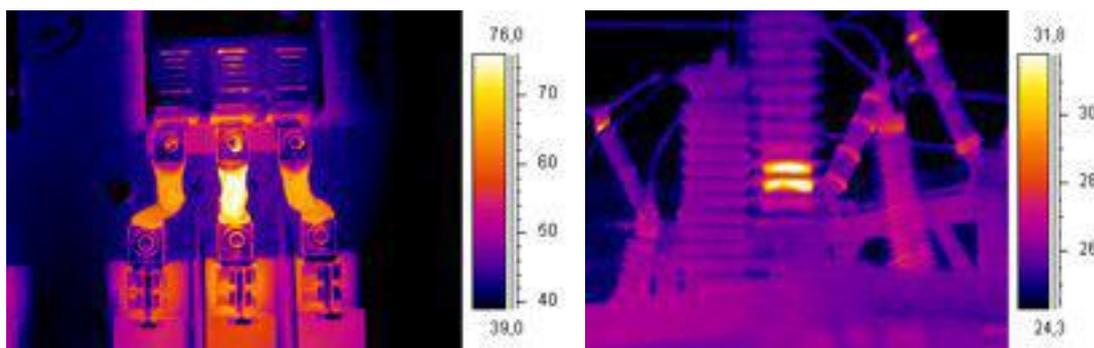


Figure IV.22 : Application de la thermographie dans une pièce électrique

2. Application mécanique

L'imagerie thermique de toute pièce mécanique nous permet de détecter le dysfonctionnement facilement les défauts et parmi ces eux ce sont :

- Moteurs, pompes.
- Paliers.
- Usure de roulements.
- Défaut d'alignement.



Figure IV.23 : Application de la thermographie dans une pièce mécanique

3. Circuits de fluides

Il peut arriver que notre système des installations hydrauliques (circuit des fluides, chauffage centrale, climatisation...) Connaisse des dysfonctionnements à partir de la surveillance continue avec la caméra IR permet de détecter

- Canalisations (colmatage, embouage, fuites).
- Vannes, soupapes (ouverture, étanchéité).

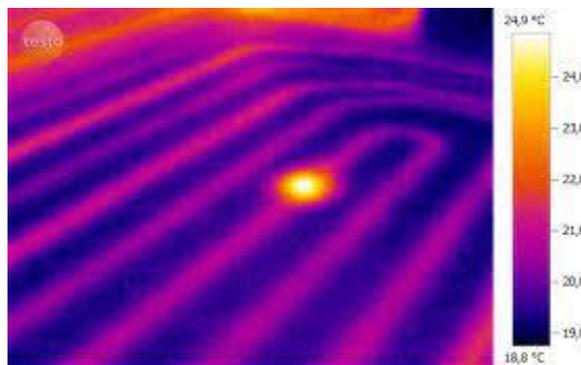


Figure IV.24 : Application de la thermographie dans un circuit de fluide

IV.4 L'application de méthode d'analyse vibratoire

IV.4.1 L'appareillage utilisé est :

- Un collecteur de donnée VIBROTEST 60
- Un accéléromètre de marque Schenck de type : AS-065

IV.4.2 Vérification de Niveau de Vibration

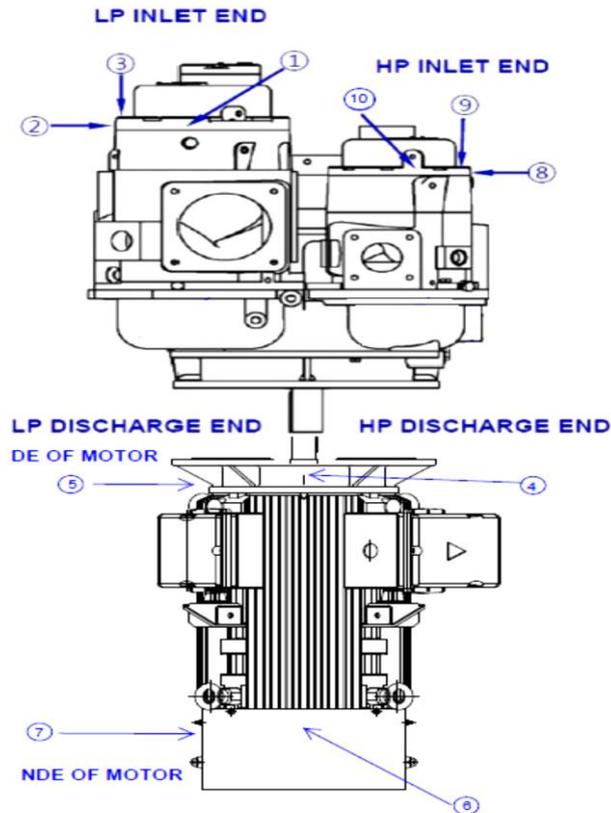


Figure IV.25 : Les points de mesure de vibrations d'un compresseur

N de point	Nom de point	Acceptante value	Valeur
1	LP inlet vertical	12	1.81
2	LP inlet horizontal	12	2.51
3	LP inlet axial	12	3.81
4	DE of motor vertical	12	1.69
5	DE of motor horizontal	12	1.08
6	NDE of motor horizontal	12	2.15
7	NDE of motor vertical	12	2.45
8	HP inlet horizontal	12	4.18
9	HP inlet axial	12	7.5
10	HP inlet vertical	12	4.7

Table IV.2 : valeur de vibration d'un compresseur

Remarque : toutes les valeurs de vibration et acceptable

IV.4.3 Présentation et interprétation des résultats obtenus

IV.4.3.1 Le suivie de vibration pour le moteur de compresseur

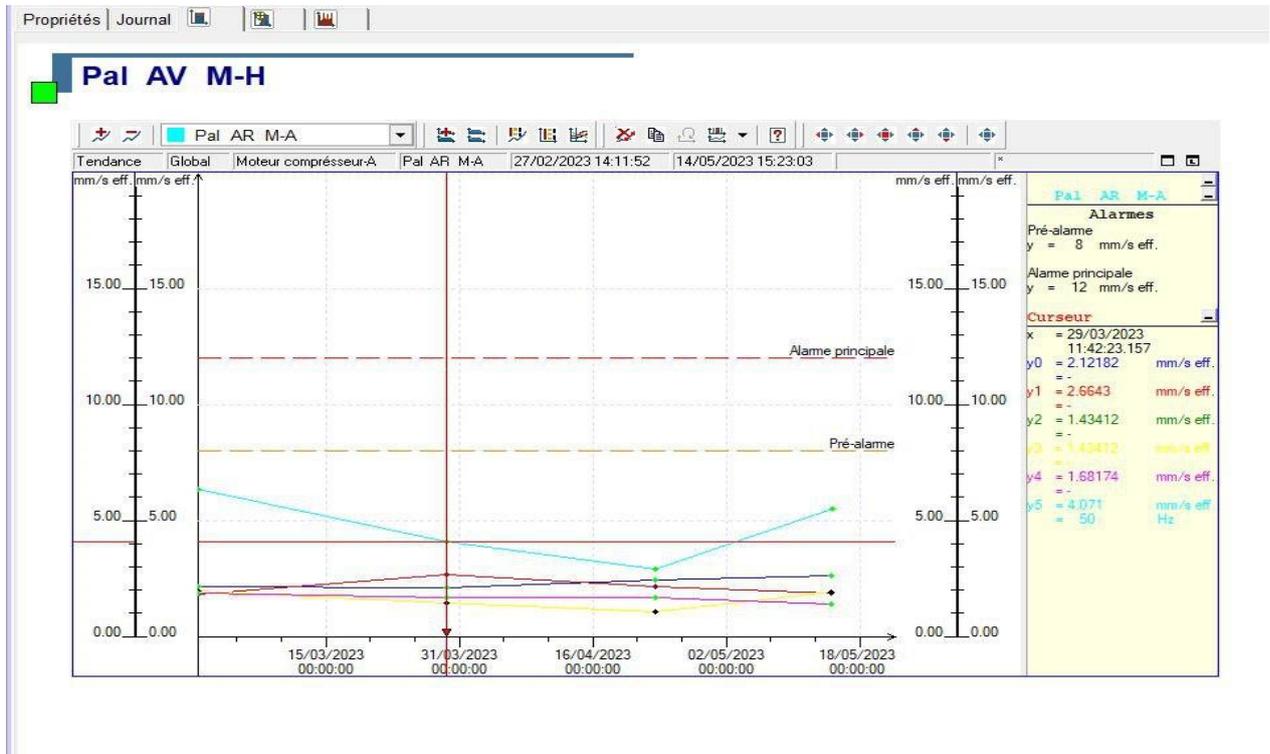


Figure IV.26 : Le suivie de vibration pour le moteur de compresseur

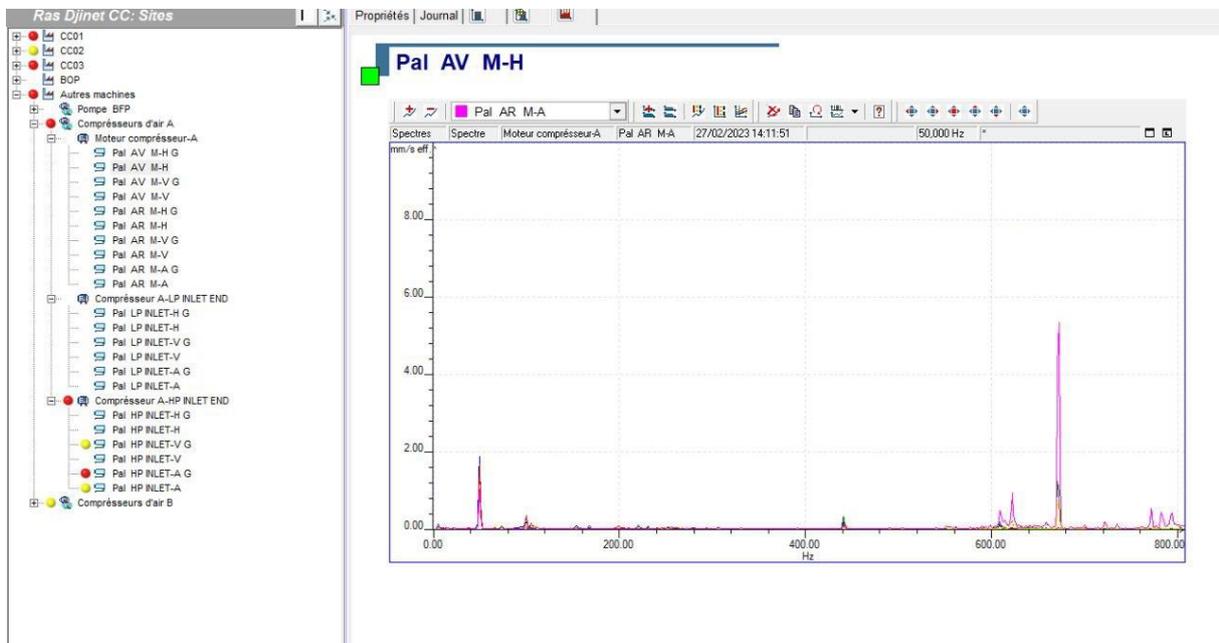


Figure IV.27 : Spectre fréquentiel du moteur de compresseur

Les valeurs de vibration de moteur représentée sur la figure IV.26 restent en dessous de 12 mm/s, cela indique que le niveau de vibration est acceptable et il n'y a pas de défauts détectés au niveau du moteur

IV.4.3.2 Suivre de vibration pour 1ere étage de compresseur

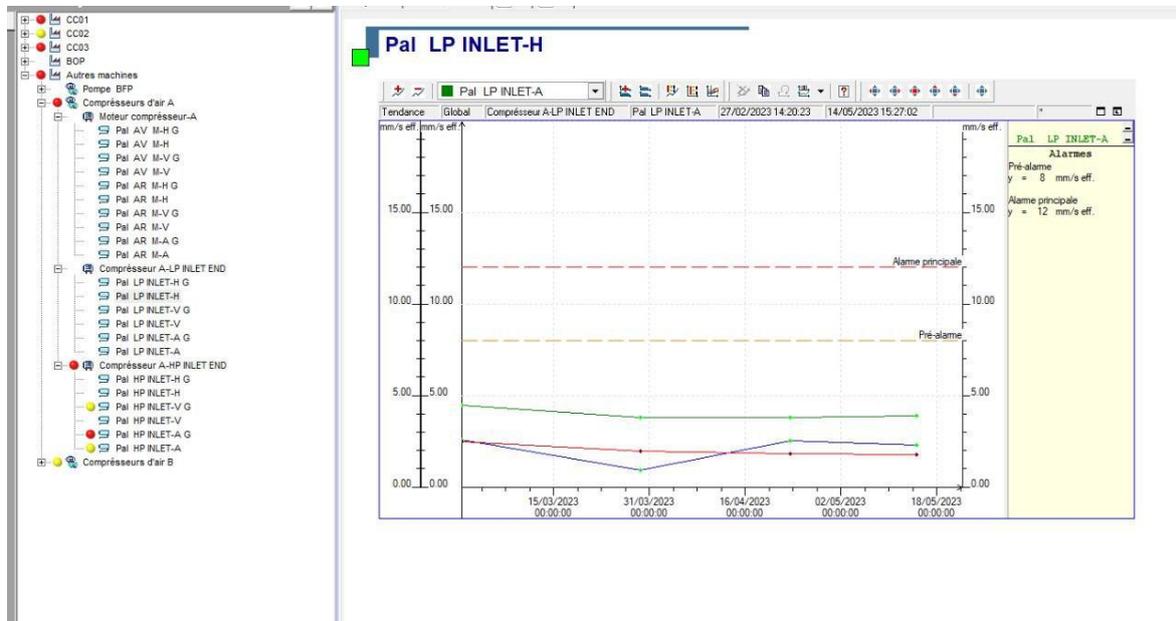


Figure IV.28 : Le suivre de vibration pour 1ere étage de compresseur

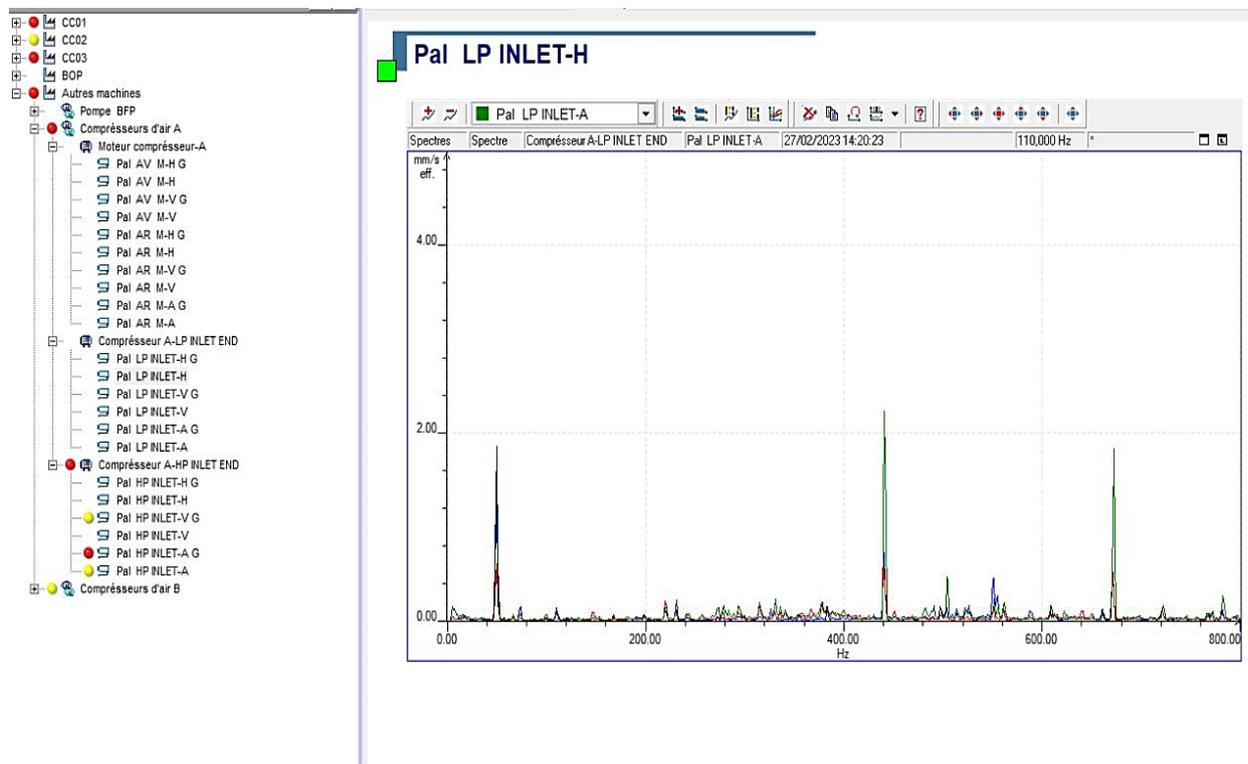


Figure IV.29 : Spectre fréquentiel du 1ere étage de compresseur

Les valeurs de vibration de 1ere étage de compresseur représentée sur la figure IV.28 restent en dessous de 12 mm /s, cela indique que le niveau de vibration est acceptable et il n'y a pas de défauts détectés au niveau du 1ere étage

IV.4.3.3 Suivre de vibration pour 2eme étage de compresseur

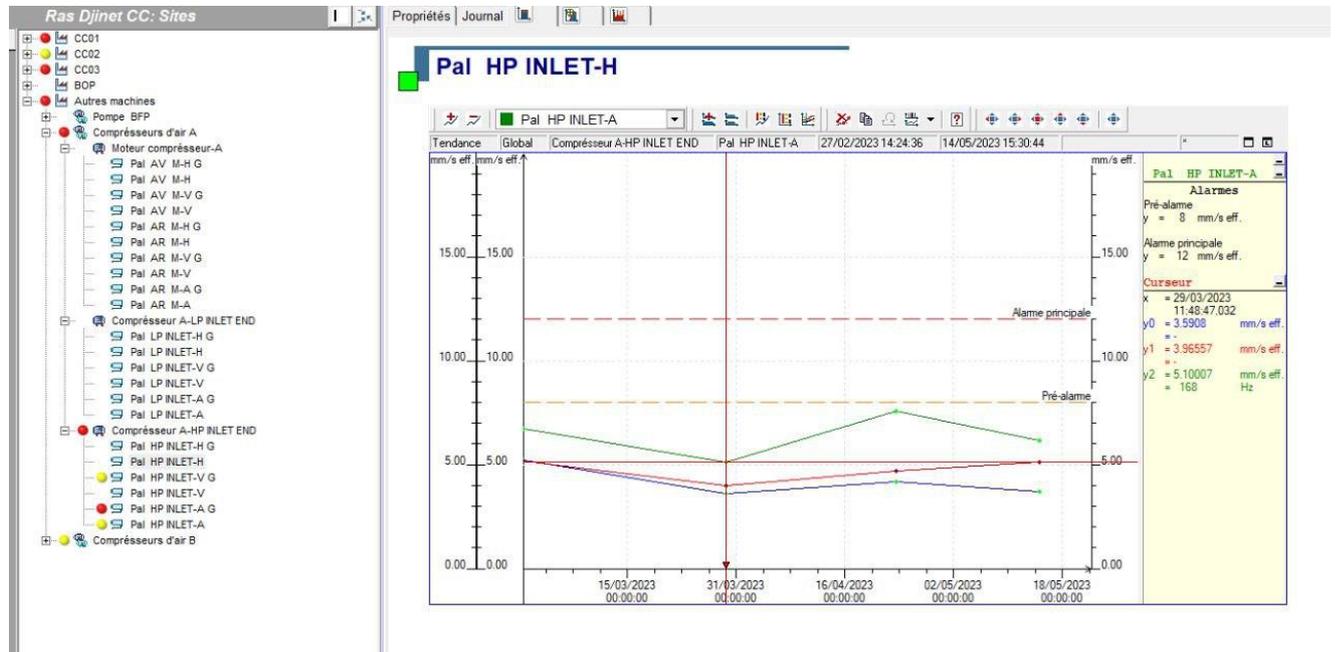


Figure IV.30 : Le suivre de vibration pour 2eme étage de compresseur

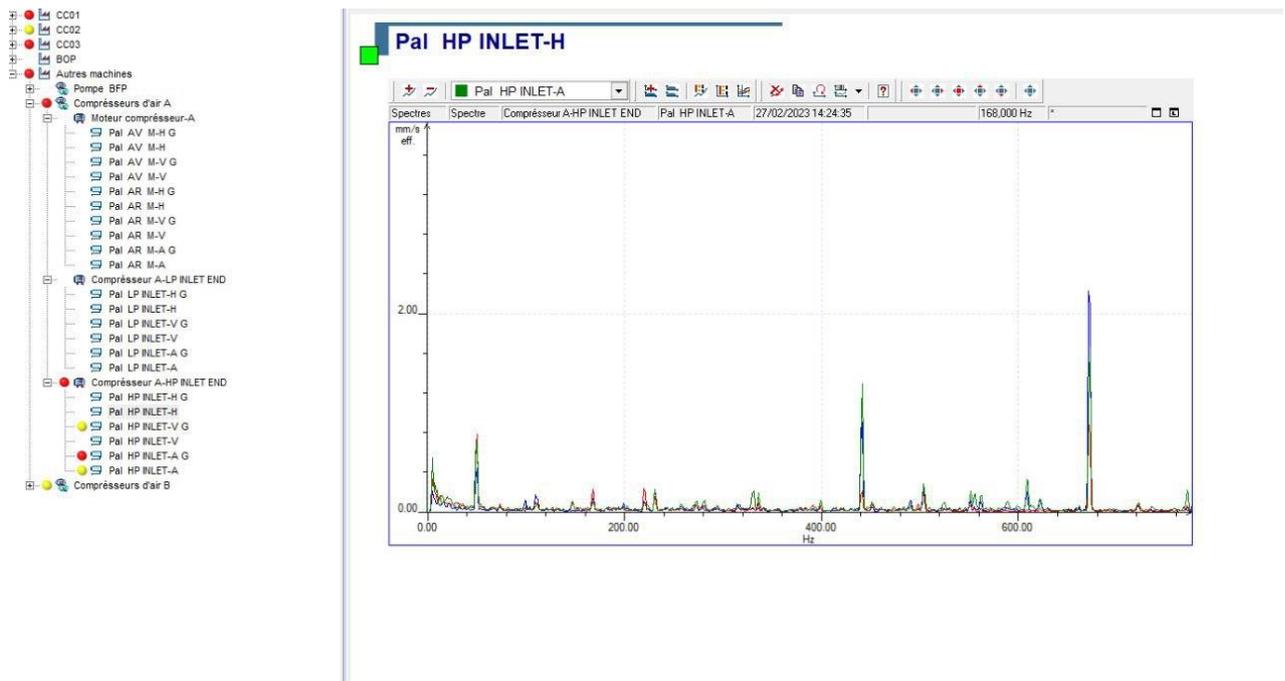


Figure IV.31 : Spectre fréquentiel du 2eme étage de compresseur

Les valeurs de vibration de 2^{eme} étage de compresseur représentée sur la figure IV.30 restent en dessous de 12 mm /s, cela indique que le niveau de vibration est acceptable et il n'y a pas de défauts détectés au niveau du 1^{eme} étage

IV.5 L'application de L'analyse par thermographie infrarouge

IV.5.1 Les valeurs de température nominale des composants

	Température MIN	Température MAX
1ere étage	0	216
2^{eme} étage	0	235
Moteur	/	105
Pompe d'huile	0	82

Table IV.2 : Les valeurs de température nominale des composants

IV.5.2 L'application de la thermographie IR dans le compresseur

IV.5.2.1 Thermogramme du 1ere étage compresseur 1ere étage

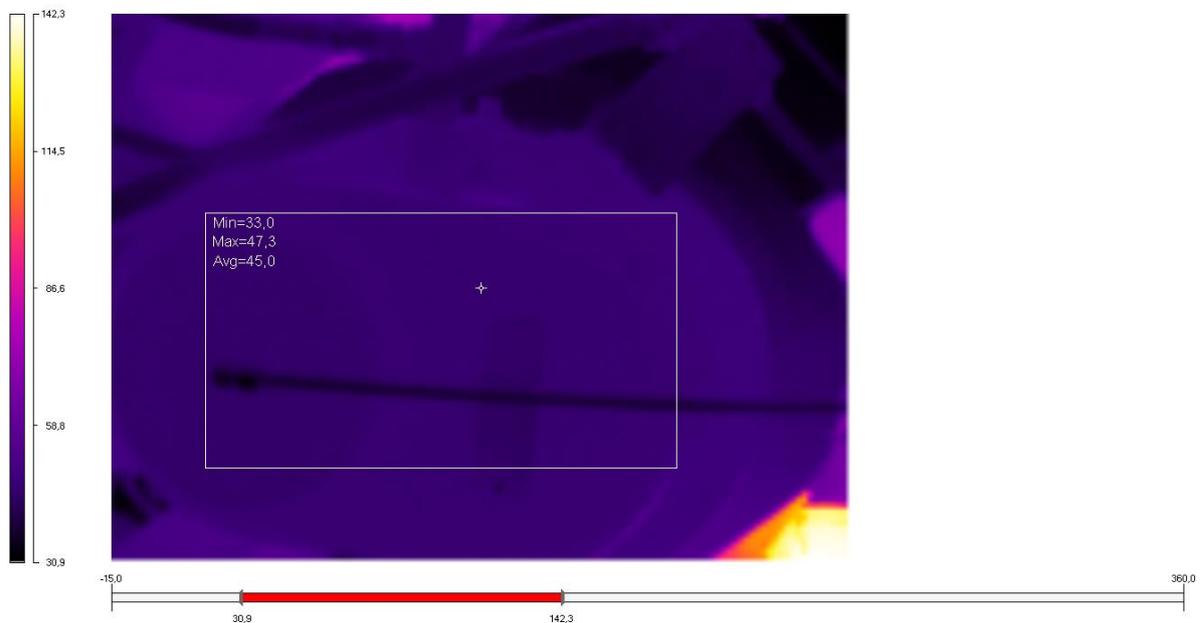


Figure IV.32 : Thermogramme du 1^{er} étage compresseur

La température dans du 1ere étage de compresseur représenté sur la figure IV.32 est comprise entre 33°C et 47°C qui sont des températures acceptables. Donc il n'y a pas de défauts détectés au niveau du 1ere étage de compresseur

IV.5.2.2 Thermogramme du 2eme étage compresseur



Figure IV.33 : Thermogramme du 2eme étage compresseur

La température dans du 2eme étage de compresseur représenté sur la figure IV.33 est comprise entre 57°C et 170°C qui sont des températures acceptables. Donc il n'y a pas de défauts détectés au niveau du 2eme étage de compresseur

IV.5.2.3 Thermogramme du moteur compresseur

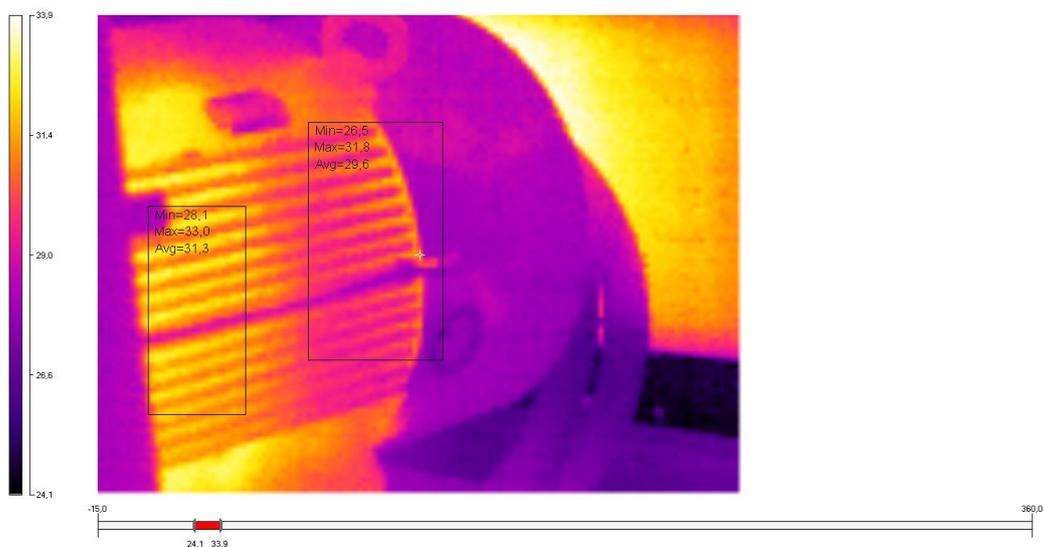


Figure IV.34 : Thermogramme du moteur compresseur

La température dans le moteur du compresseur représentée sur la figure IV.34 est comprise entre 28°C et 33°C qui sont des températures acceptables. Donc il n'y a pas de défauts détectés au niveau du moteur

IV.5.2.4 Thermogramme du Pompe d'huile compresseur

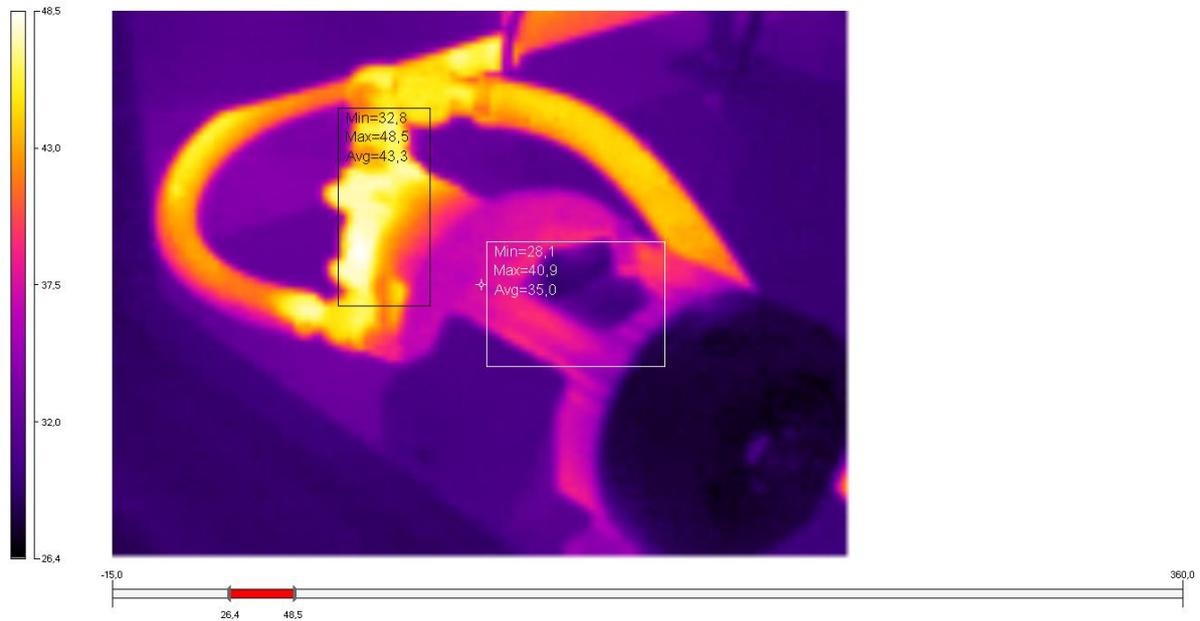


Figure IV.35 : Thermogramme du Pompe d'huile compresseur

La température dans du Pompe d'huile est représentée sur la figure IV.35 comprise entre 28°C et 48°C qui sont des températures acceptables. Donc il n'y a pas de défauts détectés au niveau du Pompe d'huile

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué un rappel sur le diagnostic, ainsi que sur les méthodes d'analyse vibratoire et d'analyse thermographique. Nous avons ensuite appliqué ces méthodes sur le compresseur d'air Kobelco KNWA2 dans le cadre de notre étude, et les résultats obtenus ont montré qu'aucun défaut ou problème mécanique ou électrique n'a été détecté dans le compresseur.

Chapitre V

Maintenance de système production d'air comprimé

V.1 Introduction

La maintenance dans un compresseur est essentielle pour assurer sa fiabilité, sa performance, sa sécurité et sa durée de vie. Une planification et une exécution appropriées des activités de maintenance préventive permettent de maximiser les avantages du compresseur tout en minimisant les coûts et les interruptions imprévues.

Dans ce chapitre, nous allons voir un petit rappel sur maintenance, maintenance recommandée pour compresseur, résolution de problème de compresseur et de sécheur

V.2 Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)

La maintenance comprend toutes les actions techniques, administratives et de management, y compris la surveillance et les interventions techniques, destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié ou à le remettre dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

V.3 Objectifs de la maintenance

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- **Maximiser la disponibilité** : L'un des principaux objectifs de la maintenance est de garantir que les équipements ou les systèmes sont disponibles et opérationnels lorsque nécessaire. Cela implique de minimiser les temps d'arrêt non planifiés et d'assurer une planification efficace des activités de maintenance pour éviter les interruptions coûteuses de la production ou des opérations.
- **Optimiser la performance** : La maintenance vise à maintenir ou à améliorer les performances des équipements ou des systèmes afin d'assurer leur bon fonctionnement. Cela peut inclure des activités telles que le réglage, le calibrage, la lubrification, la réparation ou le remplacement de composants défectueux.
- **Prolonger la durée de vie** : Un objectif important de la maintenance est de prolonger la durée de vie utile des équipements ou des systèmes. Cela peut être réalisé en adoptant des pratiques de maintenance préventive, telles que l'inspection régulière, la maintenance planifiée, le remplacement préventif des pièces d'usure, etc.

- **Réduire les coûts** : La maintenance vise également à optimiser les coûts associés à la gestion des équipements ou des systèmes. Cela peut inclure la réduction des coûts de réparation, des coûts d'exploitation liés aux temps d'arrêt, des coûts d'inventaire des pièces de rechange, et l'optimisation des ressources humaines et matérielles utilisées pour les activités de maintenance.
- **Garantir la sécurité** : La maintenance joue un rôle essentiel dans la garantie de la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Elle comprend des activités de maintenance préventive visant à identifier et à éliminer les risques potentiels, ainsi que des actions correctives pour remédier aux situations dangereuses

V.4 Types des maintenances

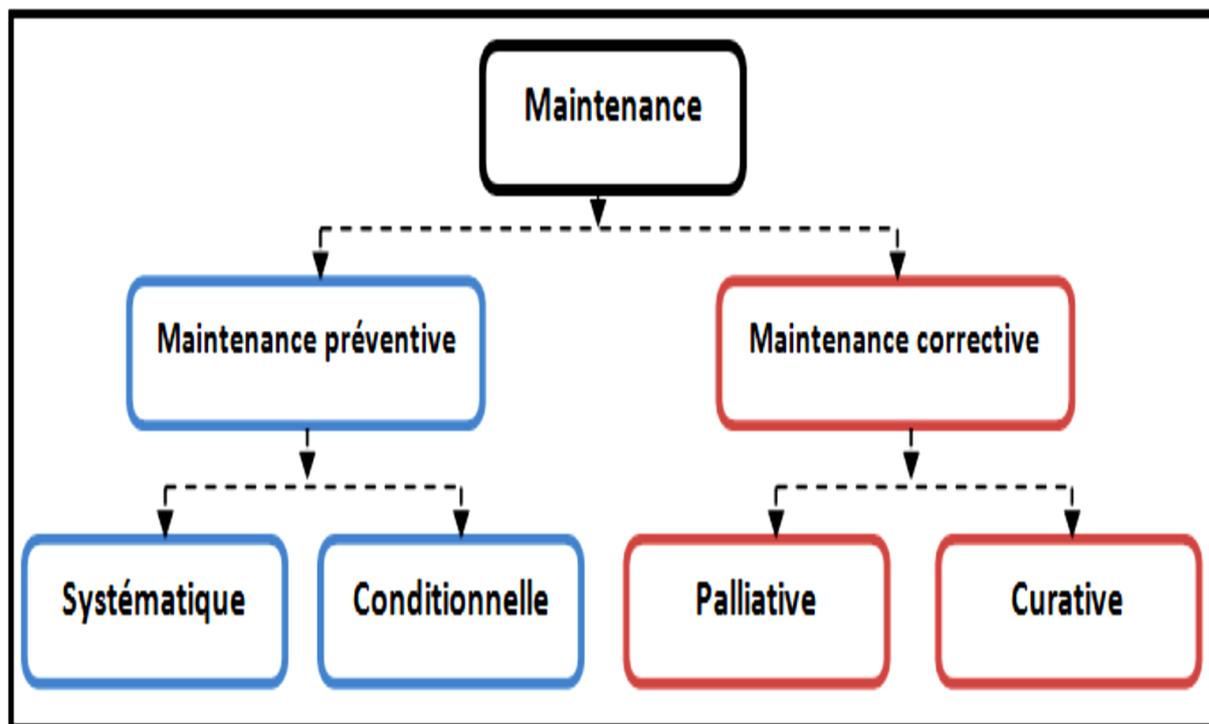


Figure V.2 : Organigramme de la Maintenance

V.4.1 La maintenance corrective (norme NF EN 13306 X 60-319)

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise

Elle peut se décomposer en deux branches :

V.4.1.1 Maintenance curative

Consiste à intervenir pour résoudre une panne ou une défaillance spécifique. L'objectif est de remettre le bien ou l'équipement en état de fonctionnement afin qu'il puisse accomplir la fonction requise.

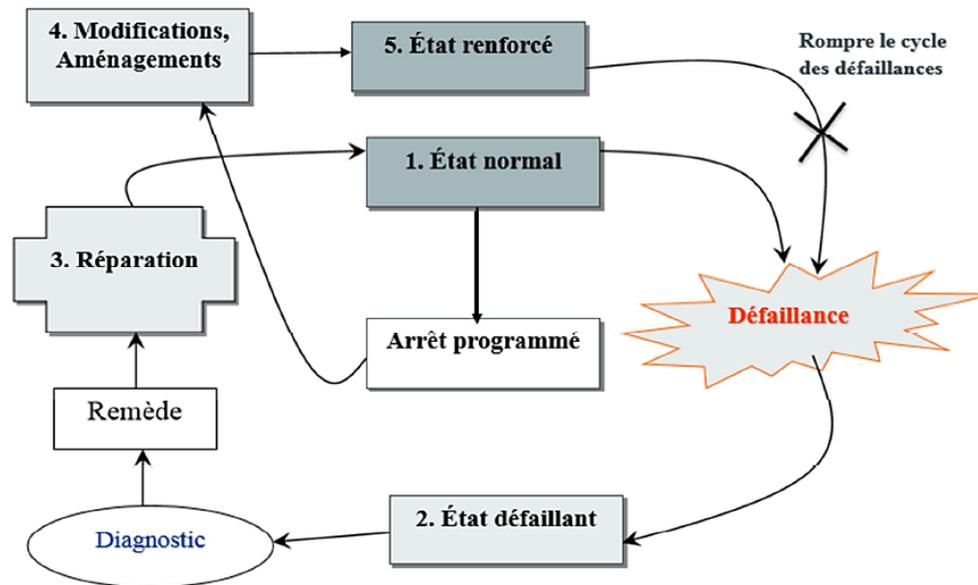


Figure V.2 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective curative

V.4.1.2 Maintenance palliative

La maintenance palliative est réalisée lorsque la panne ou la défaillance ne peut pas être entièrement réparée ou lorsque la réparation permanente nécessite des délais ou des ressources importantes. Dans ces cas, des actions temporaires sont mises en place pour permettre au bien de continuer à accomplir sa fonction requise, bien que de manière limitée ou avec des performances réduites. La maintenance palliative peut inclure des mesures temporaires, des contournements, des ajustements provisoires, etc. Son objectif est de maintenir une certaine fonctionnalité jusqu'à ce qu'une intervention plus complète puisse être effectuée ultérieurement.

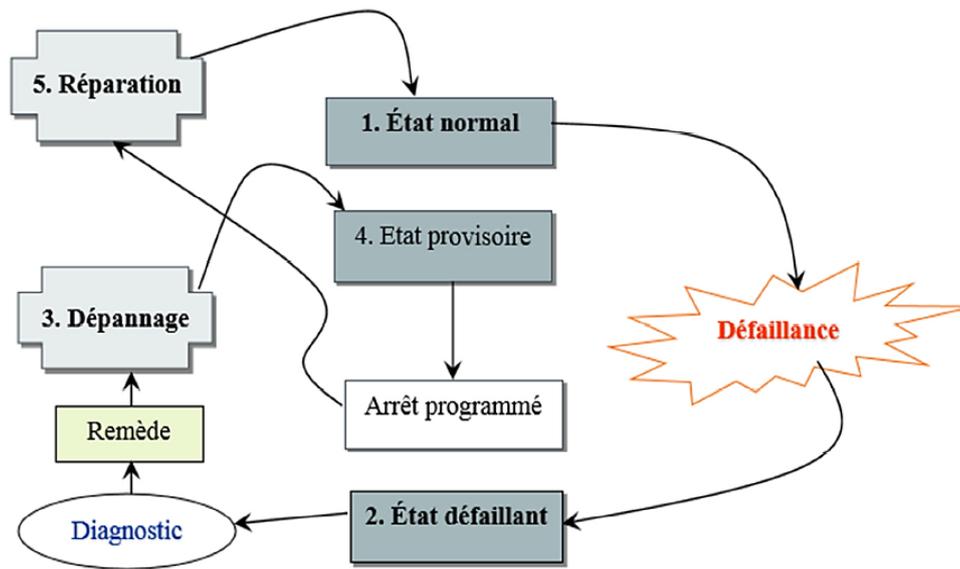


Figure V.3 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective palliative

V.4.1.3 Objectif de maintenance corrective

- Rétablir le bon fonctionnement : L'objectif principal de la maintenance corrective est de réparer rapidement les équipements défaillants ou en panne afin de rétablir leur bon fonctionnement.
- Minimiser les temps d'arrêt : La maintenance corrective vise à réduire les temps d'arrêt en intervenant rapidement pour résoudre les problèmes.
- Assurer la sécurité : La maintenance corrective vise également à garantir la sécurité des travailleurs et des utilisateurs en réparant rapidement les équipements défectueux qui pourraient présenter des risques pour la sécurité.
- Réduire les coûts : Bien que la maintenance corrective soit généralement plus coûteuse que la maintenance préventive, l'objectif est de minimiser les coûts en limitant les interventions de maintenance aux seuls équipements nécessitant une réparation.
- Identifier les causes profondes : En analysant les défaillances et en effectuant des investigations appropriées, la maintenance corrective vise à identifier les causes profondes des problèmes. [14]

V.4.1.4 Opérations de la maintenance corrective

- **Diagnostic de la panne** : L'opération initiale consiste à diagnostiquer la panne ou la défaillance. Cela implique d'identifier la cause de la panne, d'analyser les symptômes et de déterminer les actions correctives nécessaires.

- **Réparation des composants défectueux** : Une fois la panne diagnostiquée, l'opération suivante consiste à réparer ou à remplacer les composants défectueux.
- **Vérification des fonctionnalités** : Après la réparation, il est essentiel de procéder à des vérifications pour s'assurer que la panne a été résolue et que le bien ou l'équipement fonctionne correctement.
- **Documentation et enregistrement** : Une autre opération importante de la maintenance corrective est la documentation et l'enregistrement de toutes les activités réalisées. Cela peut inclure la création de rapports de maintenance, la mise à jour de la documentation technique, l'enregistrement des pièces de rechange utilisées, des temps d'arrêt, etc. Ces informations sont utiles pour suivre l'historique des pannes, évaluer l'efficacité des actions correctives et faciliter la planification future de la maintenance.
- **Analyse des causes racines** : Dans le cadre de la maintenance corrective, il est essentiel de mener une analyse des causes racines pour comprendre pourquoi la panne s'est produite. L'objectif est d'identifier les mesures préventives à prendre pour éviter que des problèmes similaires ne se reproduisent à l'avenir. [14]

V.4.2 Maintenance préventive (extraits norme NF EN 13306 X 60-319)

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien

Elle peut se décomposer en deux branches :

V.4.2.1 La maintenance préventive systématique

Est une méthode de maintenance planifiée qui vise à réduire le risque de pannes et de défaillances en effectuant des interventions régulières sur les équipements ou les machines. Cette méthode de maintenance repose sur des actions préventives planifiées, programmées et effectuées de manière régulière pour éviter les pannes imprévues.

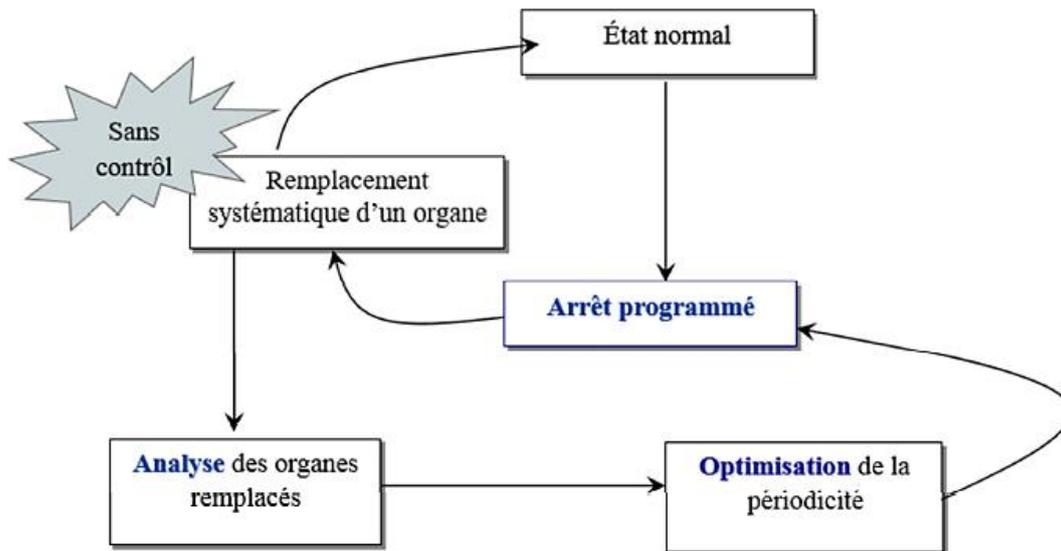


Figure V.4 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive systématique

V.4.2.2 La maintenance préventive conditionnelle

Est une approche de la maintenance qui consiste à surveiller l'état et les performances des équipements et à effectuer des interventions de maintenance en fonction des données collectées. Au lieu de suivre un calendrier fixe pour la maintenance, la maintenance préventive conditionnelle se base sur des indicateurs spécifiques pour déterminer quand une intervention est nécessaire.

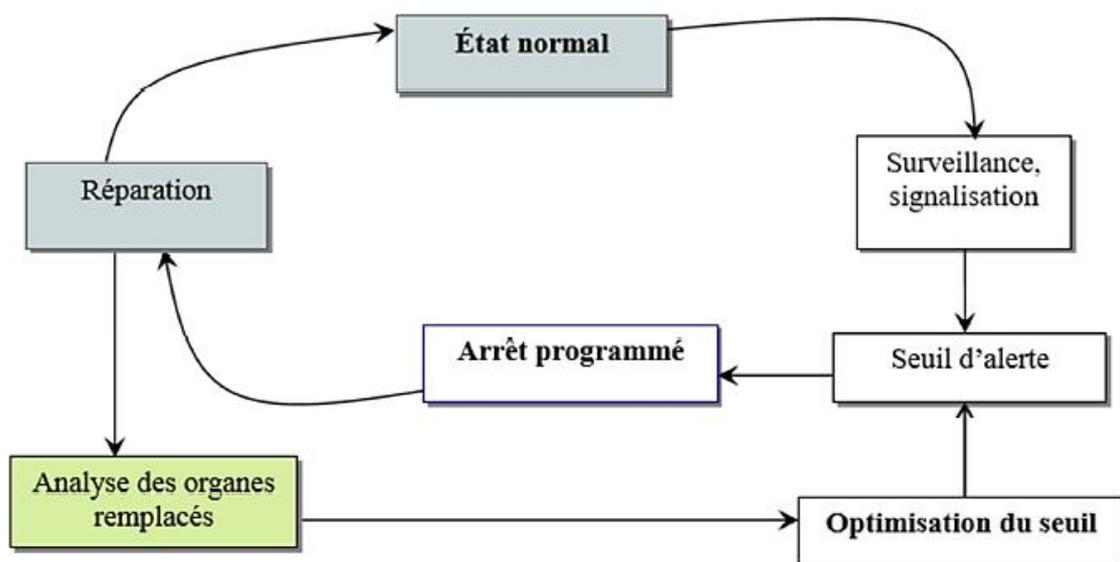


Figure V.5 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive conditionnelle

V.4.2.3 Objectif de maintenance préventive

- Prévenir les pannes : L'objectif principal de la maintenance préventive est d'identifier et de résoudre les problèmes potentiels avant qu'ils ne provoquent une défaillance ou une panne de l'équipement.
- Prolonger la durée de vie des équipements : La maintenance préventive permet de maintenir les équipements en bon état de fonctionnement, ce qui contribue à prolonger leur durée de vie utile. En identifiant et en corrigeant les problèmes mineurs avant qu'ils ne s'aggravent.
- Optimiser les coûts de maintenance : La maintenance préventive vise à optimiser les coûts de maintenance en évitant les dépenses excessives liées aux réparations d'urgence ou aux pannes imprévues.
- Améliorer la sécurité : La maintenance préventive contribue à maintenir les équipements en bon état de fonctionnement, ce qui réduit les risques de pannes soudaines ou de défaillances potentiellement dangereuses. Cela améliore la sécurité des travailleurs et prévient les accidents liés à des équipements défectueux.
- Optimiser la planification des ressources : En effectuant la maintenance préventive de manière planifiée, il est possible d'optimiser la planification des ressources, y compris les équipes de maintenance, les pièces de rechange et les outils nécessaires. Cela permet de réduire les temps d'arrêt non planifiés et d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

V.4.2.4 Opérations de la maintenance préventive

- **Inspection** : Les inspections sont effectuées régulièrement pour évaluer l'état des équipements, des composants ou des installations. Cela implique une évaluation visuelle ou physique pour détecter les signes de détérioration, d'usure ou de défaillance potentielle. Les inspections peuvent être effectuées selon un calendrier préétabli ou en fonction des heures d'utilisation. Les résultats des inspections sont utilisés pour identifier les problèmes éventuels et planifier les actions de maintenance préventive nécessaires.
- **Contrôle** : Les contrôles sont des opérations visant à vérifier la conformité des équipements aux normes, aux spécifications et aux critères de performance. Cela peut inclure des vérifications de paramètres, de seuils, de mesures, de fonctionnalités, etc. Les contrôles peuvent être réalisés à l'aide d'instruments de mesure, de systèmes de surveillance ou de procédures spécifiques. Les résultats des contrôles permettent de détecter les écarts par rapport aux critères définis et de prendre les mesures correctives nécessaires.

- **Visite** : Les visites sont des opérations de surveillance qui consistent à se rendre sur place pour observer l'état général des équipements ou des installations. Cela peut inclure une évaluation visuelle, la vérification des conditions de fonctionnement.
 - **Test** : Les tests sont des opérations réalisées pour évaluer les performances, les fonctionnalités ou la fiabilité des équipements. Cela peut inclure des essais de fonctionnement, des essais de charge, des essais de sécurité, des essais de performance, etc. Les tests sont généralement réalisés en utilisant des procédures spécifiques, des équipements de test et des critères de réussite prédéfinis. Les résultats des tests permettent de valider les capacités des équipements et d'identifier les éventuels problèmes ou défauts.
- [14]

V.5 Niveaux de la maintenance

Les cinq niveaux de maintenance (norme FD X 60-000)

Niveaux	Définition	Personnel d'intervention	Moyens
1	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Exploitant sur Place	Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation
2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives (rondes)	Technicien habilité, sur place	Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
3	Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance	Outillage prévu, plus des appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...

4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé (atelier central).	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essai, de contrôle...
5	Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète, polyvalente (atelier central)	Moyens proches de la fabrication par le constructeur

Tableau V.1: Les cinq niveaux de maintenance [15]

V.6 Maintenance recommandée pour compresseur kobelco knwa2

Quotidien	Vérifier et enregistrer tous les paramètres de fonctionnement sur le registre de fonctionnement quotidienne fournie avec l'ensemble
	Régler ou réparer au besoin ou indiqué.
	Vérifier le bon fonctionnement de l'échangeur et échangeur de température vannes automatiques de vidange.
	Vérifier le fonctionnement de la vanne de régulation de puissance en observant le cycle de chargement / déchargement.
Hebdomadaire	Inspectez l'intérieur de l'armoire de compresseur pour des conditions anormales, y compris la poussière, fuites, et les pièces détachées
	Évacuer le condensat dans le filtre à air de commande.
	Vérifier le niveau d'huile.
Mensuel	Passez en revue la liste des événements pour les alertes et les arrêts non déclarés.
	Vérifiez le filtre à air et filtre d'Huile
	Inspecter l'élément carter de reniflard
	Égoutter carter et remplir d'huile neuve. L'huile doit être vidangée à chaud.

Annuel	Clean élément de reniflard de carter d'huile avec un nettoyeur approprié et laisser sécher complètement
	Replace Filtre d'Huile et les joint et Filtre d'Entrée d'Air
	Inspecter le clapet de décharge pour l'usure, réparer ou remplacer au besoin
	Vérifier les dossiers d'exploitation quotidiennes de l'efficacité du refroidisseur. Nettoyez les faisceaux du refroidisseur si nécessaire.
	Nettoyer le refroidisseur d'huile. Passages d'huile, quand légèrement encrassé doivent être nettoyés
	Inspectez la soupape de sécurité pour usure ou de détérioration anormale.
	Testez arrêt de basse pression d'huile
	Testez tous les arrêts de la température

Tableau V.2 : Maintenance recommandée pour compresseur kobelco knwa2

V.7 Résolution de problème de compresseur

CONDITION	CAUSE POSSIBLE	SOLUTION PROPOSÉE
Unité ne démarre pas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basse tension d'alimentation. 2. Panne de courant. 3. Problème de contrôleur programmable. 4. Compresseur alarme. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifier les fusibles ou le disjoncteur. 2. Vérifier la tension et les connexions approprié. 3. Contrôler l'automate pour un fonctionnement correct. 4. Enlever condition d'alarme.
Compresseur s'arrête en cas de surcharge du moteur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basse tension 2. 1ère ou 2ème étape pas dans l'ordre. 3. Pression de fonctionnement trop élevé. 4. 2ème étape temp d'aspiration trop élevé. (Refroidisseur intermédiaire sale) 5. Haute pression d'intercooler. 6. Basse pression d'intercooler 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifier la tension et les connexions approprié. 2. Vérifiez tous les paramètres de fonctionnement pour des Conditions anormales. 3. Pression plus basse dans les limites de moteur. 4. Nettoyez intercooler. 5. Remplacer 2ème étape fine de l'air. 6. Remplacer 1ère étape fine de l'air.

Compresseur s'arrête sur la température élevée de l'armoire.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Température ambiante élevée. 2. Refroidisseurs sales. 3. Obstrué le flux d'air de refroidissement 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maximum 104 F (40 C). 2. Refroidisseurs propres. 3. Vérifier et enlever toute matière étrangère bloquant l'écoulement de l'air.
Haut temp de l'air de décharge de la première étape.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtre d'entrée branché. 2. Température ambiante élevée. 3. 2e étape ne fonctionne pas correctement 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modifier les éléments de filtre. 2. Maximum 104 F (40 C) ambiante. 3. Remplacer 2e fin de l'air de la scène
Haut temp de l'air d'aspiration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sale noyau d'intercooler. 2. Obstrué le flux d'air de refroidissement. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intercooler propre 2. Vérifier et enlever toute matière étrangère bloquant l'écoulement de l'air
Haut température de l'air déchargé de 2ème étape	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deuxième pression de refoulement élevée étape. 2. Sale noyau intercooler. 3. 1ère étape ne fonctionne pas correctement. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pression de service inférieure à la normale. 2. Intercooler propre 3. Remplacer 1ère fin de l'air de la scène
Haut temp. de l'air déchargé de Compresseur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sale noyau de refroidisseur. 2. Obstrué le flux d'air de refroidissement. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Post refroidisseur propre 2. Vérifier et enlever toute matière étrangère bloquant l'écoulement de l'air
Haute température d'huile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau trop élevé d'huile. 2. Sale noyau de refroidisseur d'huile. 3. Obstrué le flux d'air de refroidissement. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau d'huile bas au centre de la jauge. 2. Refroidisseur d'huile propre 3. Remplacer l'élément. 4. Vérifier et enlever toute matière étrangère bloquant l'écoulement de l'air.
Bruit anormal de l'élément de compression.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problèmes de couplage. 2. Difficulté vitesse 3. Ayant du mal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecter et manchon de réparation. 2. Réviser ensemble d'engrenages. 3. Remplacer étape touchée.

Bruit anormal de la pompe à huile.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau d'huile trop bas. 2. Pompe défectueuse. 3. Problèmes de couplage. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Augmenter le niveau d'huile au maximum. 2. Remplacer la pompe. 3. Remplacer l'accouplement
Bruit anormal de la vanne de régulation de puissance lors du chargement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Douilles mauvaise vanne de contrôle des capacités. 2. Solénoïde difficulté de la vanne. 3. Contrôlez les fuites de tuyauterie. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconstruire vanne. 2. Réparer ou remplacer. 3. Vérifiez les tuyaux et corriger le défaut
Le niveau d'huile monte sans ajouter de l'huile.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Condensation dans l'huile. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Changer l'huile, consultez température de fonctionnement d'huile lubrifiante
La pression d'huile tombe pendant le fonctionnement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau d'huile trop bas. 2. Filtre à huile branché. 3. Soupape de sécurité défectueuse. 4. Fuite d'huile. 5. Pompe à huile défectueuse. 6. Refroidisseur d'huile sale. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajouter l'huile jusqu'au niveau maximum. 2. Remplacer l'élément filtrant. 3. Réparer ou remplacer la soupape de décharge. 4. Localiser et réparer la fuite. 5. Remplacer la pompe. 6. Refroidisseur propre
Fuite d'huile de bouches d'air sur l'étape.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau d'huile trop élevé. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau d'huile bas au centre de la jauge.
Faible capacité.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sale filtre d'admission d'air. 2. Purge défectueux disque de soupape. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nettoyer ou remplacer l'élément. 2. Remplacer le disque. 3. Remplacer la membrane
Pression d'Intercooler supérieure à la normale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Haute temp. D'entrée de 2ème étage. 2. Défectueux 2ème étape. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remplacer la 2ème étage

Tableau V.3: Résolution de problème de compresseur [7]

V.8 Résolution de problème de PLC

CONDITION	CAUSE POSSIBLE	SOLUTION PROPOSÉE
PLC "POWER" lumière éteinte.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Circuit de commande fusible est grillé. 2. Transformateur défectueux. 3. D'alimentation défectueuse. 4. Surcharge sur l'alimentation. 5. Connexion de câblage lâche. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remplacer les fusibles grillés. 2. Vérifier la tension du transformateur. 3. Mesurer le débit de l'alimentation. Doit être 24VDC + / - 0,5 V. 4. Vérifier le circuit DC pour surcharge ou de court-circuit. 5. Serrer les connexions de câblage
PLC "FAULT" lumière allume	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erreur système. 2. Défaut CPU. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifiez l'installation de l'EPROM. 2. Puissance de cycle de PLC
PLC "RUN" lumière éteinte.	<ol style="list-style-type: none"> 1. RUN/REM/PROG commut. n'est pas en "RUN" 2. Aucun programme PLC. 3. Erreur système. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifiez l'interrupteur. 2. Vérifiez l'installation de l'EPROM. 3. Puissance cycle PLC
Pas de lumières de sortie sur PLC.	<ol style="list-style-type: none"> 1. RUN/REM/PROG commut. n'est pas en "RUN" 2. Aucun programme PLC. 3. Défectueux PLC. 4. Connexion de câblage lâche. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifiez l'interrupteur. 2. Vérifiez l'installation de l'EPROM. 3. Puissance cycle PLC. 4. Serrer les connexions de câblage
Aucune entrée ne s'allume sur PLC	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lâche connexion de câblage. 2. Base défectueuses PLC. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Serrer les connexions de câblage 2. Mesurer la tension sur la borne d'entrée. S'il est présent, et LED ne s'allume pas, puis remplacez de baside PLC.
Analogique "OK" lumière éteinte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problème d'alimentation. 2. Sélecteur de puissance de module dans une mauvaise position. 3. Aucune communication à l'PLC 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vérifier l'alimentation et base de PLC. 2. Interne au module, défini pour la base ou alimentation externe au besoin.

		3. Vérifier le fonctionnement de PLC et de la position du connecteur du module.
GT Terminal : Vide de l'écran.	1. Aucun pouvoir de contrôle. 2. Le fusible a sauté	1. Vérifier le circuit d'alimentation de commande. 2. Remplacer le fusible d'affichage
GT Terminal : Écran sombre	1. Afficher en mode veille. 2. Pas de rétro-éclairage. 3. Mauvais angle de vision.	1. Touchez l'écran. 2. Régler la rétro-éclairage luminosité 3. Régler le contraste de l'affichage

Tableau V.4: Résolution de problème de PLC [7]

V.9 Résolution de problème de sécheur

CONDITION	CAUSE POSSIBLE	SOLUTION PROPOSÉE
Basse pression de la tour de séchage	1. Soupape d'admission de sécheur d'air est fermé.	1. Dans le cas de l'électrovanne partie de la vanne d'entrée n'est pas bon. Ex changer un nouveau 2. Éliminer la substance étrangère de la soupape d'admission. 3. Vérifier et réparer le lieu de la fuite de tuyau d'air de commande de soupape d'admission s'il y a..
	1. Consommation excessive d'air.	1. Vérifier et réparer le lieu de la fuite de la tour de séchage des tuyaux et s'il y a. 2. Dans le cas où la quantité d'air requise est grande, une extension de l'installation de compresseur est nécessaire.
	1. Une fuite de la soupape de retenue de la tour de séchage.	1. Éliminer la substance étrangère. 2. Dans le cas de l'électrovanne d'une partie du clapet de

		retenue n'est pas bon, échanger pour un nouveau.
Haute pression de la tour de régénération	1. Silencieux purge est bouché	1. Nettoyer ou remplacer
Fonctionnement Défectueux des lampes pilotes de la tour.	1. Interrupteur d'alimentation électrique et les lampes pilotes sont désactivés.	1. Vérifiez la tension de service. 2. Vérifiez l'interrupteur d'alimentation principal. 3. Vérifiez le fusible. 4. Vérifier le câblage
Augmentation du point de sortie du sécheur de rosée	1. Plus de frais en raison de flux d'air excessive.	1. Vérifiez la quantité d'entrée d'air.
	1. La température d'entrée est supérieure à la limite supérieure donnée.	1. Vérifiez la température d'entrée
	1. La pression d'entrée est inférieure à la limite inférieure donnée	1. Vérifiez la pression d'entrée
	1. En cas de pollution de l'air d'admission, vérifiez le fonctionnement de la trappe avant de vidange du filtre.	1. Vérifiez la durée de vie de déshydratant
Défaut de régénération avec déshydratant.	1. Manque d'air de purge. Colmatage de purge silencieux	1. Remplacez le silencieux pour un nouveau.

Tableau V.5: Résolution de problème de sécheur [7]

V.10 Conclusion

Dans le chapitre, nous avons vu un rappel sur la maintenance. Ensuite, nous avons abordé les recommandations spécifiques pour la maintenance du compresseur KNWA2, en mettant en évidence les procédures et les intervalles recommandés pour les différentes tâches de maintenance. Nous avons également discuté de la résolution des problèmes courants liés au compresseur, au PLC et au sécheur, en examinant les mesures correctives et les meilleures pratiques pour résoudre ces problèmes de manière efficace et sécurisée.

Conclusion générale

Au sein de la centrale électrique à Cycle Combiné de Ras Djinet, nous avons effectué un stage pratique qui nous a permis de comprendre le principe de fonctionnement de la centrale. Ce stage nous a également offert l'opportunité d'approfondir nos connaissances théoriques et de les mettre en pratique.

L'objet principal de notre mémoire était l'étude approfondie du système de production d'air comprimé au sein de la centrale. Nous avons fait une étude en détail ce système afin de comprendre son fonctionnement, ses composants et son importance dans le processus global de production d'électricité. L'air comprimé est utilisé dans de nombreux équipements et instruments de la centrale, et il joue un rôle crucial dans différentes étapes du processus.

Dans notre étude sur le système de production d'air comprimé, nous avons utilisé des techniques de diagnostic telles que l'analyse vibratoire et l'analyse thermographique pour évaluer l'état des équipements et détecter d'éventuelles anomalies.

Bien que notre L'analyse vibratoire et thermique réalisée dans notre étude n'ait révélé aucun défaut ou problème mécanique et l'électrique dans les équipements du système de production d'air comprimé., la surveillance continue reste indispensable pour assurer la fiabilité et la performance à long terme.

La maintenance préventive basée sur les résultats de ces analyses contribue à maintenir les équipements en bon état et à éviter les perturbations dans le processus de production de la centrale électrique à Cycle Combiné de Ras Djinet.

Références bibliographiques

- [1] : KWU : Service de formation professionnelle, fichier de la centrale thermique de Cap DJINET/ Numéro d'enregistrement 5525.
- [2] : documentation interne de l'entreprise (archive).
- [3] : documentation de la centrale Major Mechanica l Components_ power point _ Le 23-05-2018.
- [4] : THIERRY DESTOOP, compresseur volumétrique, Ecole université de lille et département de développement de la société Thomé-Crépelle.
- [5] : <http://processs.free.fr/Pages/VersionWeb.php?page=2130>
- [6] : <https://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaaleur/composants/le-compresseur.html>
- [7] : Manuel d'Utilisation et d'Entretien de Système d'Air Comprimé Centrale électrique du CAP DJINET
- [8] : <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/moteur-asynchrone/#Generalite>
- [9] <https://fr.scribd.com/document/503458304/Etude-technologie-du-compresseur>
- [8] : A. Boulenger, C. Pachaud, Analyse vibratoire en maintenance. Surveillance et diagnostic des machines, 3e édition 432 pages, Dunod 1998, 2003 et 2007
- [9] : Hég Jean, « Pratique de la maintenance préventive ». Edition Dunod 2002
- [10] : Girdhar P, et ses associâtes, « Pratical Machinerie Vibration analyse and predictive maintenance », First published 2004
- [11] : D. Augeix, « Analyse vibratoire des machines tournantes », Technique d'ingénieure, traité Génie Mécanique, BM 5145, EDITION 2000
- [12] : Cherifi, F. & Smaili, Y. & Amri, A. (2014). <i>Application De L'analyse Vibratoire À La Maintenance Préventive Conditionnelle</i> [Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira - Bejaia]
- [13] : Landolsi Foued, étude des principaux défauts, surveillance des machines par analyse vibratoire, la thermographie infrarouge, analyse des ultraçon

[14] : Boukada, A. (2016). <i>Plan De Maintenance Des Equipements Au Niveau De L'atelier De Preparation De Filature (denitex-sebdou)</i> [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen]

[15] : Cheurfi, A. & Amarache, S. (2017). <i>Etude Et Maintenance Du Compresseur Centrifuge Bcl-406 Problème D'encrassements</i> [Non identifié, Université M'hamed Bougara - Boumerdes]