

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

ⵜⴰⵎⴰⵎⵓⵔⵉⵜ ⵜⴰⵎⴰⵎⵓⵔⵉⵜ ⵜⴰⵔⴰⵎⴰⵎⵓⵔⵉⵜ

Faculté du Génie de la Construction

Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme master en génie mécanique.

Option : fabrication mécanique et productique.

THEME

**Analyse de fonctionnement et élaboration d'un
plan de maintenance d'un compresseur à vis**

Proposé par : Mr AIT TAFATI

Dirigé par : Mr R. BOURAS

Réalisé par : Mr SEBAOUI Marzouk
Mr SEDDAR Rafik

PROMOTION

2014

REMERCIEMENTS

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à nos amis, nos familles et surtout nos parents qui sont la source de cette réussite et qui nous ont toujours soutenus et encouragés.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr. R. BOURAS qui nous a encadrés et orientés tout au long de ce projet.

Nos vifs remerciements vont être adressés : à nos Co-promoteurs Mr. AIT TAFATI et Mr. ABDI. M pour le temps qu'ils nous ont réservé et pour leurs éclaircissements très utiles et leur contribution à notre intégration au sein de l'unité.

Nous remercions aussi tous le personnel de L'ERENAV en particulier Mr. SADOUDI. R. qui nous a toujours accueillis avec beaucoup de gentillesse et de patience.

Nous remercions également tous le personnel de la maison des jeunes de Maatkas.

Nous sommes aussi reconnaissants à tous les enseignants qui ont contribué à notre réussite. .

Nous remercions également les membres de jury qui feront l'honneur de juger notre travail d'apporter leurs réflexions et suggestions scientifiques.

Enfin, nous remercions également tous ceux qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin, par leurs ouvrages, ainsi que toutes les facilités qu'ils nous ont prodiguées pour accéder à l'information et à la réussite de ce projet.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- ⌘ Ma très chère famille à laquelle je dois tout.*
- ⌘ Mes chers amis (es).*
- ⌘ À tous les enseignants qui ont contribué à ma réussite durant mon parcours éducatif.*
- ⌘ À mon binôme Rafik et toute sa famille.*
- ⌘ Toute la promotion 2013-2014.*

Marzouk

Je dédie ce modeste travail à :

- ⌘ Ma très chère famille à laquelle je dois tout.*
- ⌘ Mes chers amis (es).*
- ⌘ À tous les enseignants qui ont contribué à ma réussite durant mon parcours éducatif.*
- ⌘ À mon binôme Marzouk et toute sa famille.*
- ⌘ Toute la promotion 2013-2014.*

Rafik

SOMMAIRE

Chapitre I : présentation de l'entreprise

I. Historique et présentation de L'ERENAV :	1
II. Objectifs :	1
III. Champ d'intervention :	1
IV. Potentiel humain :	2
V. Situation géographique :	2
VI. Organigramme de l'entreprise :	3
VII. Présentation de construction :	4
VII.1. Historique :	4
VII .2. Gamme actuelle de produits :	4

Chapitre II : généralité sur les compresseurs

Introduction :	6
I. Généralités sur les compresseurs :	6
I.1. Définition :	6
I.2. Schéma de principe de fonctionnement d'un compresseur :	7
I.3. L'énergie dépensée par un compresseur :	7
I.4. But de la compression :	9
II. Classification de compresseur :	9
II.1. Les Compresseurs volumétriques :	10
II.2. Les compresseurs dynamiques :	13
III. Les compresseurs volumétriques :	15
III.1. alternatifs :	15
III.2. Compresseur rotatifs :	15

Chapitre III : partie exploitation

Introduction :	17
I. Présentation du sujet :	18
II. Caractéristiques technique de compresseur :	19
III. La codification :	21
III.1. Définition :	21
III.2. But de codification :	21

III.3. Découpage de matériel :	21
III.4. La codification de compresseur au niveau de l'entreprise :	22
III.5. Situation de l'unité d'intervention :	22
III.6. Chaîne d'entretien :	22
III.7. Répartition des ateliers :	22
IV. La description du compresseur :	23
IV.1. Vue d'ensemble du compresseur :	23
IV.2. Les différents organes de compresseur :	24
IV.3. Le système de refroidissement :	27
V. Mise en marche de la machine :	28
V.1. Le système de commande SIGMA CONTROL :	28
V.2. Les fonctions du SIGMA CONTROL :	30
VI. Principe de fonctionnement du compresseur :	30
VII. Les mesures de sécurité :	33
VIII. Les conditions d'installation :	33
IX. Les conditions de fonctionnement :	33
X. Les avantages du compresseur KAESER CSD :	34

Chapitre IV : analyse fonctionnelle

I/Partie mécanique

Introduction :	36
I. La chaîne cinématique de compresseur KAESER à vis type CSD 102 :	36
II. Principe de fonctionnement :	37
III. Etude des organes mécaniques :	39
III.1. Les arbres :	39
III.2. Les accouplements :	40
III.3. Les vis sans fin :	41
III.4. Les roulements :	42

I/Partie électrique

Introduction :	49
I. LE BLOC MOTEUR ASYNCHRONE DE KAESER CSD 102 :	50
I.1 LA STRUCTURE DU MOTEUR :	50
II. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :	52
III. LE DEMARRAGE DU MOTEUR CSD 102 :	54

IV.BILAN DES PUISSANCES ET DES PERTES :	56
IV.1. LA PUISSANCE ABSORBÉE :	56
IV.2 LA PUISSANCE UTILE DU MOTEUR P_U :	57
IV.3 LE RENDEMENT DU MOTEUR :	57
V.REPRESENTATION SIMPLIFIÉE DU BILAN DE PUISSANCE :	58
VI.PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT ÉLECTRIQUE DE COMPRESSEUR :	62
VI.2 CIRCUIT DE COMMANDE :	62
VI.3 LES ENTRÉES ET SORTIE D'INFORMATION :	62
VII.LES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES DE COMPRESSEUR KAESER CSD102 :	63
VIII.1 ÉLÉMENTS DE COMMANDE :	63
VII.1. <i>Le sectionneur</i> :	63

III/partie pneumatique

I. schéma pneumatique.....	74
II. Principe de fonctionnement :	76
III. Etude des organes pneumatique :	77
III.1. Le pressostat :	77
III.2. Les clapets anti-retour :	78
III.3. La soupape d'aspiration :	79
III.4. Le filtre à air :	79
III.5. Le réservoir d'air comprimé :	80

Chapitre V : plan de maintenance

Introduction :	81
I. Définition de la maintenance :	81
II. but de maintenance :	81
III. objectifs de la maintenance :	81
IV. différentes formes de maintenance :	82
IV.1. Maintenance préventive :	82
IV.2. Maintenance corrective :	82
V. Classification des catégories d'urgence des travaux de la maintenance.....	83
V.1. Travaux d'urgence N°1 :	84
V.2. Travaux d'urgences N°2 :	84
V.3. Travaux d'urgences N°3 :	84
V.4. Travaux d'urgences N°4 :	84
VI. Les travaux de la maintenance recommandés sur le compresseur à vis :	84

VI.1. Travaux à faire par l'utilisateur lui-même :	84
VI.2. Travaux faire par un technicien qualifié :	85
VII. Différents niveaux de maintenance :	86
VII.1. 1 ^{er} niveau de maintenance :	86
VII.2. 2 ^e niveau de maintenance :	87
VII.3. 3 ^e niveau de maintenance :	87
VII.4. 4 ^e niveau de maintenance :	88
VII.5. 5 ^e niveau de maintenance :	89
VIII. Les travaux recommandés par KAESER :	89
IX. Plan de cycle de visite de compresseur :	90

Chapitre VI :Analyse de la fiabilite par la loi de weibull

INTRODUCTION :	95
I. ANALYSE DE LA FIABILITE PAR LA LOI DE WEIBULL :	95
I.1. DEFINITION DE LA LOI DE WEIBÜLL :	95
I.2. DOMAINE D'UTILISATION :	95
I.3. APPLICATION DE MODELE DE WEIBULL SUR LE COMPRESSEUR KAESER CSD 102 :	97
I.4 METHODES D'APPROXIMATION DES VALEURS DE LA FONCTION DE REPARTITION $F(T)$:	99
I.5 PREPARATION DES DONNEES :	100
I.6. DETERMINATION DES PARAMETRES :	101
I.7. EXPLOITATION DES PARAMETRES :	102
I.8.1.Détermination de La fonction répartition :	103
I.8.2. Détermination de La loi de fiabilité :	103
I.8.3. Temps moyenne de bon fonctionnement :	104
I.8.4. Taux de défaillance :	105

Chapitre VII : Solution proposé

La problématique :	107
I. L'humidité de l'air comprimé :	107
II. Solution proposé :	107
II.1. Sécheur d'air comprimé :	107
II.2 Les différents types de sècheurs d'air :	107
III. Le choix de sécheur :	108
III.1. Nomenclature et fonction des composants :	110
III.2. le choixfournisseur :	110
III.3. La filtration de l'air comprimé :	113
IV. entretien de système d'air comprimé.....	116

Liste des figures

Chapitre I

FIGURE I.1 : situation geographique de l'entreprise.....	2
FIGURE I. 2 : organigramme hierarchique de l'entreprise.	3
FIGURE II.1 : schema de principe de fonctionnement d'un compresseur.	7

Chapitre II

FIGURE II.2 :l'energie depensee par un compresseur	8
FIGURE II.3 : classification des compresseurs.....	9
FIGURE II .4 : compresseurs alternatifs, (a) à piston, (b) à membrane.	11
FIGURE II.5 : les compresseurs rotatifs, (a) à vis (b), à anneau liquide, (c) à palettes, (d) à lobes.....	12
FIGURE II.6 : compresseur axial	14
FIGURE II.7 : schema d'un compresseur centrifuge.....	14
FIGURE II.8 : situation de compresseur kaeser dans l'organigramme des compresseurs a air	16

Chapitre III

FIGURE III.1 : image de kaeser CSD 102	18
FIGURE III.3 : circuit d'huile dans le kaeser CSD	27
FIGURE III.4 : sigma air manager.....	28
FIGURE III.5 : elements de sigma control.	29
FIGURE III.6 : les elements de compresseur.	30
FIGURE III.7 : l'humidite relative en fonction de la temperature	35

Chapitre IV

FIGURE IV.1 : la chaine cinematique de compresseur kaeser	36
FIGURE IV.2 : fonctionnement des deux vis sans fin.....	38
FIGURE IV.3 : schema d'un accouplement.....	40
FIGURE IV.4 : manchon a coquille simple.....	40
FIGURE IV.5 : image d'un accouplement de kaesercsd 102	41
FIGURE IV.6 : les deux vis male et femelle du csd.....	42
FIGURE IV.7 : principaux elements d'un roulement	43
FIGURE IV.8 : roulement a contacte oblique(BT).	44
FIGURE IV.9 : roulement a rouleaux cylindrique.....	45
FIGURE IV.10 : roulements a une rangee de billes a contacte radial type « BC ».....	45
FIGURE IV.11 : le moteur siemens de la centrale CSD.	50
FIGURE IV.12 : le stator.....	51
FIGURE IV.13 : champ magnetique dans la bobine	53

FIGURE IV.14 : cage d'ecureuil.....	54
FIGURE IV.15 : caracteristique mecanique du moteur.....	54
FIGURE IV.16 : montage etoile et triangle.....	56
FIGURE IV.17 : representation du bilan de puissance.....	58
FIGURE IV.18 : circuit de commande de compresseur kaeser CSD 102.....	60
FIGURE IV.19 : les entrees et sorties d'information du sigma control	61
FIGURE IV.20 : le sectionneur.....	63
FIGURE IV.21 : contacteur triphase.....	64
FIGURE IV.22 : le branchement de circuit de commande.....	65
FIGURE IV.23 : disjoncteur magnetothermique.....	65
FIGURE IV.24 : le transformateur.....	66
FIGURE IV.25 : le fusible.....	69
FIGURE IV.26 : le fusible gg.....	69
FIGURE IV.27 : le relais thermique.....	70
FIGURE IV.28 : la courbe de declanchement de disjoncteur.....	71
FIGURE IV.29 : le schema pneumatique de compresseur kaeser CSD 102.....	74
FIGURE IV.30 : le capteur de pression.....	77
FIGURE IV.31 : image d'un capteur de pression	78
FIGURE IV.32 : clapet anti- retour	78
FIGURE IV.33 : soupape d'aspiration.....	79
FIGURE IV.34 : filtre a air en acetate de cellulose.....	80
FIGURE IV.35 : le reservoir de l'aire comprimée 30m ³	80

Chapitre VI

FIGURE VI.1 : courbe en baignoire de taux de defaillance $\lambda(t)$ en fonction de (t)	96
FIGURE VI.2 : papier weibüll.....	97
FIGURE VI.3 : graphe de weibüll.....	101
FIGURE VI.4 : la courbe de $f(t)$ en fonction de t	103
FIGURE VI.5 : la courbe de $r(t)$ en fonction de t	104
FIGURE VI.6 : courbe des differentes phases de $\lambda(t)$ en fonction de (t)	105
FIGURE VI.7 : la courbe de $\lambda(t)$ en fonction de (t)	106

Chapitre VII

FIGURE VII.1 : schema de principe d'un secheur frigorifique.....	109
FIGURE VII.2 : vue d'ensemble du FD 510.....	111
FIGURE VII.3 : echangeur thermique.....	112
FIGURE VII.4 : l'interface de commande elektronikon	112

FIGURE VII.5 : les filtres PD et DD.	113
FIGURE VII.6 : le filtre QD.	114
FIGURE VII.7 : schema d'instalation de secheur	115

Liste des tableaux

Tableaux.....	pages
Tableau 1 : caractéristique technique de compresseur	19
Tableau 2 : différentes pression de compresseur KAESER CSD.....	19
Tableau 3 : les fréquences de réseau et leur débit associé.....	20
Tableau 4 : moteur et puissance.....	20
Tableau 5 : les principaux éléments du compresseur.....	24
Tableau 6 : les principaux éléments de la chaîne cinématique.....	37
Tableau 7 : les principaux éléments du moteur SIEMENS de la centrale CSD.....	51
Tableau 8 : nomenclature des composants de schéma pneumatique.....	76
Tableau 9 : Les travaux recommandés par KAESER CSD102.....	89
Tableau 10: plan de cycle de visite de compresseur CSD 102.....	90
Tableau 11 : Visite type A.....	91
Tableau 12 : Visite type B.....	92
Tableau 13 : Visite type C.....	93
Tableau 14 : Visite type R.G.....	94
Tableau 15: Programme de maintenance KAISER CSD 102.....	98
Tableau 16 : détermination des couples (t_i , F_i) par les rangs moyens.....	100
Tableau 17 : tables WEIBULL.....	102
Tableau 18 : préparation des données de $F(t)$	103
Tableau 19 : préparation des données de $R(t)$	104
Tableau 20 : caractéristique technique du sécheur FD 510.....	111

Lexique des principales notations utilisées

Notation techniques :

P : est la pression du gaz (en pascal).

T : la température absolue(en kelvin).

n : est la quantité de matière (en mole).

R : est la constante universelle des gaz parfaits.

V : est le volume occupé par le gaz (en mètre cube).

Pa : La puissance absorbée

U : La tension composée aux bornes du moteur.

I : Le courant de ligne.

P_{js} : Les pertes par effet joule au stator.

R : est la résistance entre deux bornes.

P_{tr} : La puissance qui est transmise au rotor.

P_{jr} : Les pertes Joule rotoriques.

g : est le glissement.

P_{em} : la puissance électromagnétique.

P_f : Les pertes fer.

P_{mec} : les pertes mécaniques rotationnelles.

P_u : La puissance utile du moteur.

T_u : Le couple utile déployé par le moteur.

ω : La vitesse de rotation le couple lorsque le couple utile est déployé.

μ : Le rendement du moteur.

N : Rapport de transformation.

N₂ : nombre de spires de l'enroulement secondaire.

N₁ : nombre de spires de l'enroulement primaire.

U₁₀ : tension d'alimentation.

U₂₀ : tension à vide au secondaire.

I_{1cc} : courant de court circuit au primaire

I_{2cc} : courant de court circuit au secondaire.

η : Rendement de transformateur.

$\Sigma pertes$: pertes joules et les pertes de fer.

P_1 : puissance totale absorbée.

P_2 : puissance totale transmise à la charge.

I_n : Intensité de courant nominale.

I_{nf} : Courant de non fusion.

I_f : Courant de fusion.

I_r : L'intensité de réglage.

I_n : courant nominal.

$F(t)$: fonction cumulée des défaillances.

$f(t)$: fonction de densité des défaillances.

$MTBF$: moyen des temps de bon fonctionnement.

$R(t)$: fiabilité au temps t.

β : paramètre de forme de la loi de weibull.

γ : décalage d'origine de la loi de weibull.

λ : taux de défaillance dépendant du temps.

η : paramètre d'échelle de la loi de weibull.

t : variable (temps).

NOTATION :

ERENAV : Entreprise de **RE**paration **Nav**ale

UMA : Unité **Mar**itime **Alg**érienne

ONP : **O**rganisme **N**ationale **P**ortuaire

SNTM : Société **N**ationale de **T**ransport **M**aritime

CNAN : Compagnie **N**ationale **Alg**érienne de **N**avigation

ERENAWA : Entreprise de **RE**paration **NA**vale de la **W**ilaya d'**Al**ger

EPE : Entreprise **P**ublique **E**conomique

SPA : Société **P**ar **A**ction

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les gros navires modernes sont de conception assez uniforme, qu'ils présentent le moyen le plus fiable, car il assure le déplacement des grandes quantités de marchandise ainsi que de nombreux voyageurs au même temps. Pour cela, ce domaine représente un investissement lourd et coûteux qui nécessite un entretien périodique pour allonger la durée de vie des bateaux, de rentabiliser leurs équipements. Ce rôle est assuré par des entreprises de réparation et de construction navale, situées au niveau des grands ports.

L'ERENAV, est l'entreprise **Algérienne** de réparation navale, a pour mission d'assurer un rôle de soutien technique aux différents armateurs nationaux et de fournir des prestations aux armateurs étrangers touchant les ports algériens à travers trois unités ALGER, ORAN et BEJAIA.

Ce type d'entreprise repose essentiellement sur l'air comprimé qui est une source d'énergie universelle, comme l'électricité, et recouvre une extrême diversité d'application ce qui présente la nécessité des équipements de compression d'air.

C'est pour cela l'ERENAV a requis pour ces besoins, des compresseurs à vis de marque KAESER type CSD 102.

L'objectif de notre mémoire est de réaliser une analyse de fonctionnement sur un compresseur à vis de marque KAESER de type CSD 102 et son plan de maintenance.

Le mémoire est organisé en quatre parties : exploitation, étude technologique, et maintenance, et une partie proposition pour améliorer l'exploitation du compresseur.

Nous avons effectué notre stage pratique au niveau de l'entreprise de réparation navale à Alger sous la supervision d'un ingénieur en maintenance industrielle.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

I. Historique et présentation de L'ERENAV :

L'**ERENAV** a été créé en 1987, suite à la fusion de l'unité de maintenance de la **SNTM CNAN**, elle est passée à l'autonomie en 1991.

Le chantier naval été opérationnel de 1962 à 1979 divers privés se succédant et la vocation première est divisée vers des secteurs plus rentables, à la fin de 1975 ont été installées à Alger et à Bejaia les ateliers terrain de L'Afrique du Nord chargée de réparation et de la construction navale. En mois de mai 1986 un arrêté interministériel (le ministère de transport, ministère de l'intérieur et le ministère des finances) intègre L'**ERENAV** à la société nationale de transport maritime **SNTM/ CNAN**.

L'**ERENAV** est une entreprise publique économique **EPE**, société par actions (**SPA**) au capital des 50 000 000 DA (575 000 euros) appartenant au portefeuille de la société des participations de l'état des transports maritimes (**GESTRAMAR**).

Les travaux de réparation réalisés par **ERENAV** ne couvrent que 15% à 20% du marché de la réparation navale en Algérie qui est estimée à 50 millions de dollars par an.

L'**ERENAV**, dont le siège social est à Alger, opère à travers ces trois unités implantées à Alger, Bejaia et Oran, elle dispose de deux cales sèches à Alger, d'un dock flottant de 15 000 tonnes à Bejaia, d'une cale à halage à Oran et d'ateliers dans ces trois sites.

II. Objectifs :

- Utilisation rationnelle et optimale des moyens humains et matériels en matière de réparation navale,
- Création de l'unité d'intervention de maintenance de la **SNTM/CNAN**.
- Mise à la disposition, à l'**UMA** pas l'**ONP** des deux formes radoub et d'un quai de réparation.

III. Champ d'intervention :

Chaudronnerie, mécanique, bord, usinage, reconditionnement, plomberie, électricité, menuiserie, fonderie, gestion de stock et aménagement de base.

IV. Potentiel humain :

Les ressources humaines de l'unité d'Alger s'élèvent à 300 personnes nommées et une quarantaine de contractuels annuelles.

V. Situation géographique :

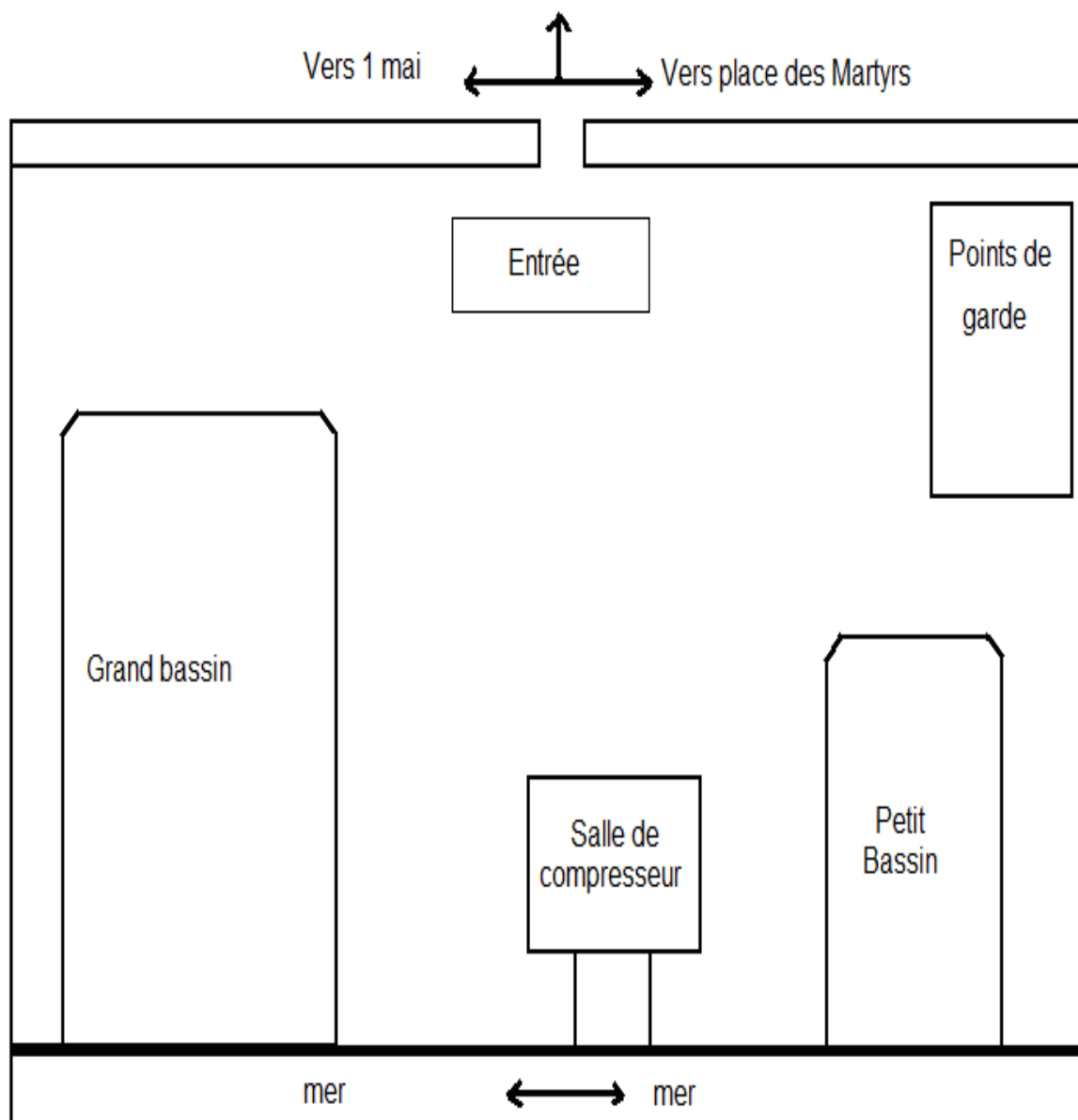


Figure I.1 : situation géographique de l'entreprise.

VI. Organigramme de l'entreprise :

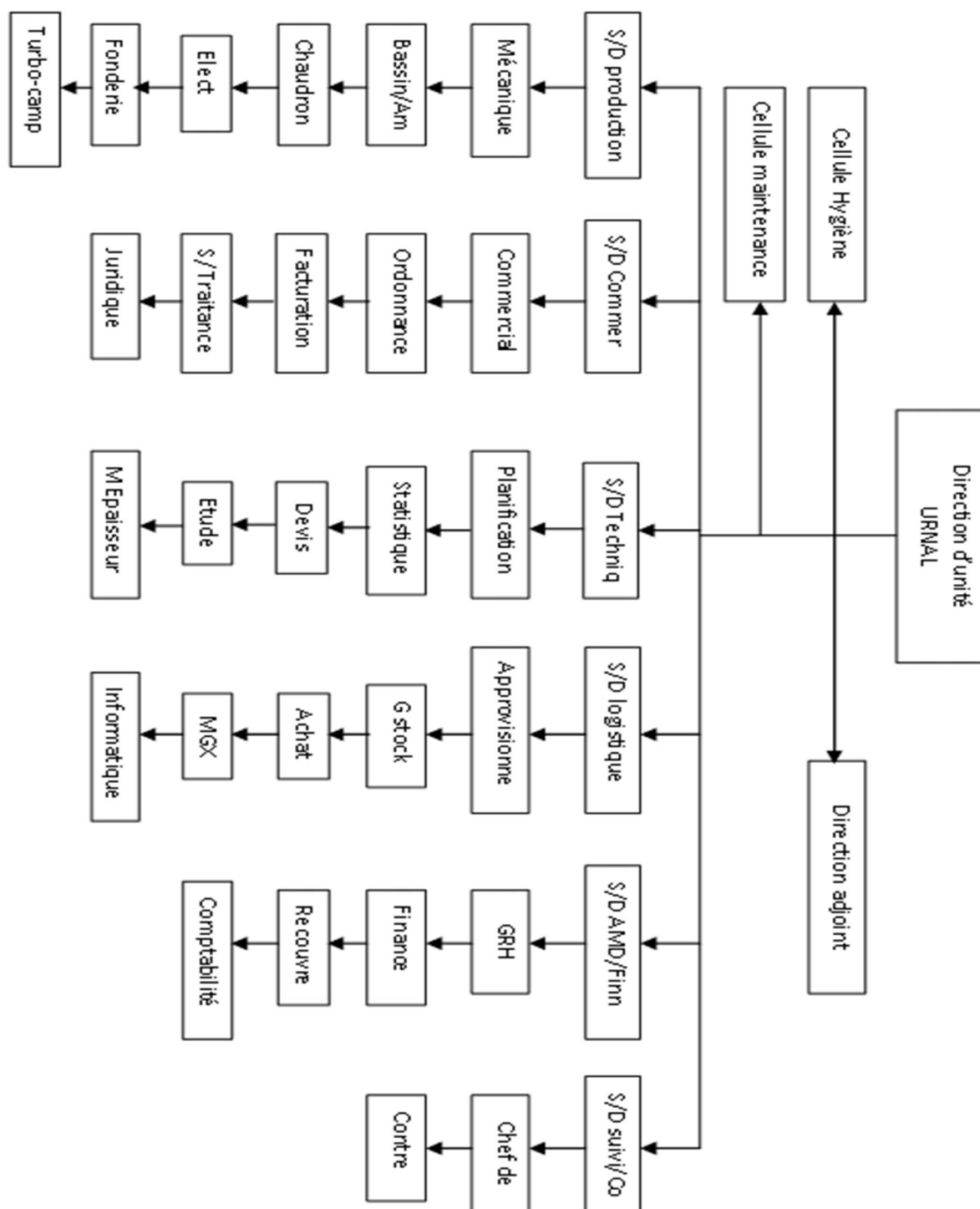


Figure I. 2 : organigramme hiérarchique de l'entreprise.

VII. Présentation de construction :

La société **KAESER** a été créée en 1919 par CARL KAESER senior. À sa création elle produit les pièces détachées pour véhicules et moteurs. Par la suite machines spéciales pour l'industrie du verre.

En 1948, le premier compresseur à piston conçu par kaeser sort des lignes de montage. Une gamme complète des compresseurs à piston et conçus dans les années suivantes.

En 1975, kaeser met en point le profil SIGMA, actuellement de réputation mondiale, devenant ainsi l'un des principaux constructeurs internationaux de compresseurs rotatifs à vis.

En 1998, kaeser lance sur le marché, le système révolutionnaire de gestion SIGMA CONTROL.

VII.1. Historique :

L'entreprise a été créée en 1919 à **Cobourg** en Bavière par Carl Kaeser. Il a commencé par la construction de machines industrielles, suivie d'une expansion continue de la surface de production à Cobourg.

En 1961 Carl Kaeser a inauguré l'usine de Cobourg-Bertelshof, spécialisé dans la fabrication des compresseurs et des systèmes d'air comprimé.

En 1973 une propre création de KAESER qui est le profil de vis SIGMA a mis le constructeur dans la position de leader de marché en Allemagne dans le domaine des compresseurs à vis.

La première filiale du constructeur était KAESER Kompressoren AG, fondée en 1978.

En 1998 KAESER invente le SIGMA CONTROL qui est un système de commande pour ses compresseurs.

VII.2. Gamme actuelle de produits :

- Compresseur rotatif à vis.
- Compresseur à piston.
- Compresseur de chantier.
- Compresseur à piston-gamme économique.

- Sécheur frigorifique.
- Sécheur par absorption.
- Compresseur haute pression.
- Système de gestion pour compresseur.
- Compresseur d'air respirable.
- Soufflante.
- Compresseur dentaire.
- Traitement des condensas.

L'entreprise KAESER a une compétence de plus de 80 ans dans le domaine de fabrication, et plus de 4000 employés répartis dans 70 pays, ces produits et ces services innovants se sont de haute qualité.

Chapitre II

Généralité sur les compresseurs

Introduction :

Le marché le plus important pour les compresseurs, dans la puissance est compris entre 10 et 300kw, est largement dominé par les compresseurs à vis lubrifiées (75% des ventes) à cause de leur puissance, leur simplicité et leur coût d'investissement un peu moins élevé. Il existe cependant un nombre important d'autres technologies : pistons, membranes, palettes spirales centrifuges qui occupent des niches plus spécifiques du marché. Les applications des compresseurs sont très diversifiées :

- Fabrication d'aire comprimée (air instrumentation, nettoyage des pièces, peinture...)
- Compression et déplacement des gaz.
- Assainissement des locaux (ventilation, climatisation...).
- Brassage de bassins de fermentation.

I. Généralités sur les compresseurs :**I.1. Définition :**

Les compresseurs sont des appareils destinés à réaliser un accroissement de pression d'un fluide à l'état gazeux.

Les fluides traversant les compresseurs peuvent être de nature diverse : gaz pur, mélange gazeux, vapeur surchauffée ou saturée.

I.2. Schéma de principe de fonctionnement d'un compresseur :

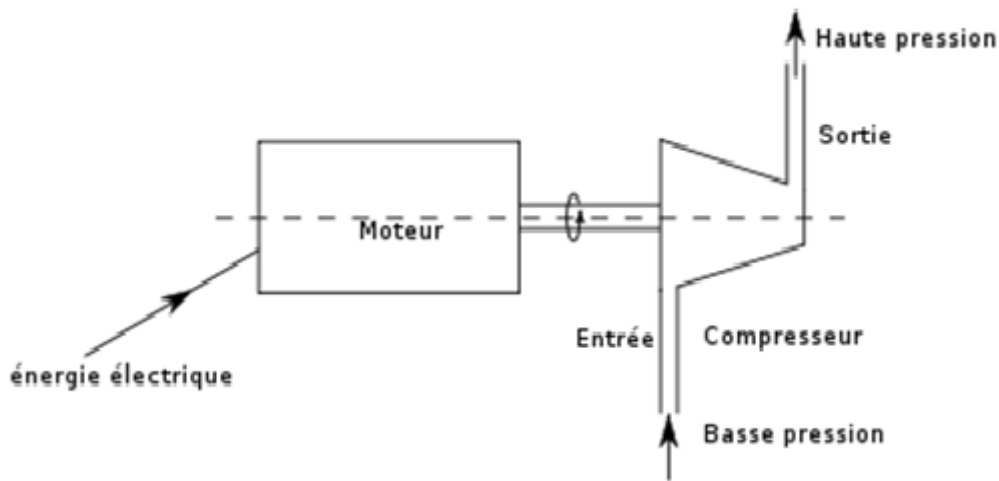


Figure II.1 : Schéma de principe de fonctionnement d'un compresseur. [1]

I.3. L'énergie dépensée par un compresseur :

L'équation fondamentale de ce changement est :

$$PV = nRT$$

- P : est la pression du gaz (en pascal).
- V : est le volume occupé par le gaz (en mètre cube).
- n : est la quantité de matière (en mole).
- R : est la constante universelle des gaz parfaits ($R=8.3144621 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$)
- T : la température absolue(en kelvin).

R : la grandeur qui conserve une valeur fixe pour un gaz parfait donné (constante spécifique du gaz), tandis que pour un fluide gazeux non assimilable à un gaz parfait elle varie avec les grandeurs p et T.

Cette relation montre que pour augmenter la pression d'un gaz, on peut agir soit sur sa température, soit sur son volume, soit encore sur ces deux grandeurs à la fois.

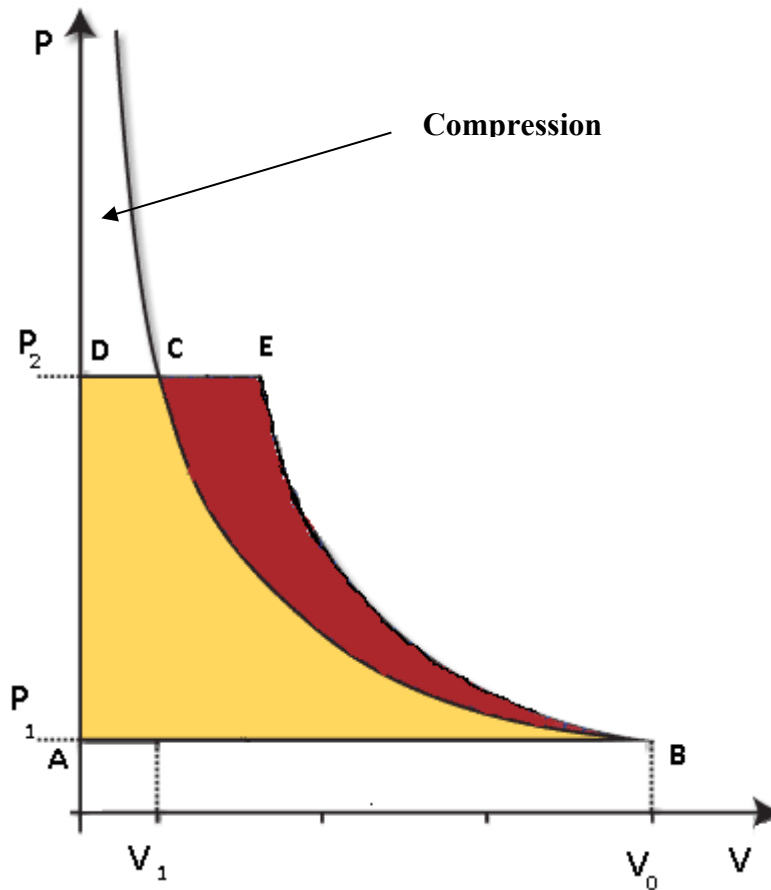


Figure II.2 : L'énergie dépensée par un compresseur. [1]



Énergie dépensée pour la compression isotherme (théoriquement).



Énergie supplémentaire dépensée par un compresseur.

Nous observons sur la courbe si dessus qu'il faut dépenser une certaine énergie pour comprimer l'air :

La surface **ABCD** délimitée par la courbe représente la compression isotherme c'est-à-dire que l'air reste à température constante pendant sa compression. C'est la courbe théorique idéale de compression.

En pratique, elle n'est pas atteignable et l'air se réchauffe pendant sa compression. La surface **ABED** représente l'énergie qu'il faut dépenser pour comprimer l'air de la pression P_1 jusqu'à la pression P_2 .

I.4. But de la compression :

La compression en générale, peut être imposée par la nécessité technique de déplacer une certaine quantité de gaz d'un système à une certaine pression, vers un autre système à une autre pression plus élevée.

Cette opération a pour but de :

- obtenir de l'air comprimé pour la combustion.
- Faire circuler un gaz dans un circuit fermé.
- Produire des conditions favorables (de pression) pour des réactions chimiques.
- Envoyer un gaz dans un pipe-line de la zone de production vers l'utilisateur.
- Récupérer du gaz.

II. Classification de compresseur :

Les compresseurs peuvent être classés selon plusieurs caractéristiques :

- mouvement des pièces mobiles (mouvement linéaire, rotatif).
- Le principe de fonctionnement (volumétrique, dynamique).
- Les compresseurs d'air.
- Les compresseurs des gaz.

En général il existe deux grandes familles de compresseur, les compresseurs volumétriques et turbocompresseurs. Dans les premiers, l'élévation de pression est obtenue en réduisant un certain volume de gaz par action mécanique, dans les seconds, on augmente la pression en convertissant de façon continue l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression due à l'écoulement autour des aubages dans la roue.

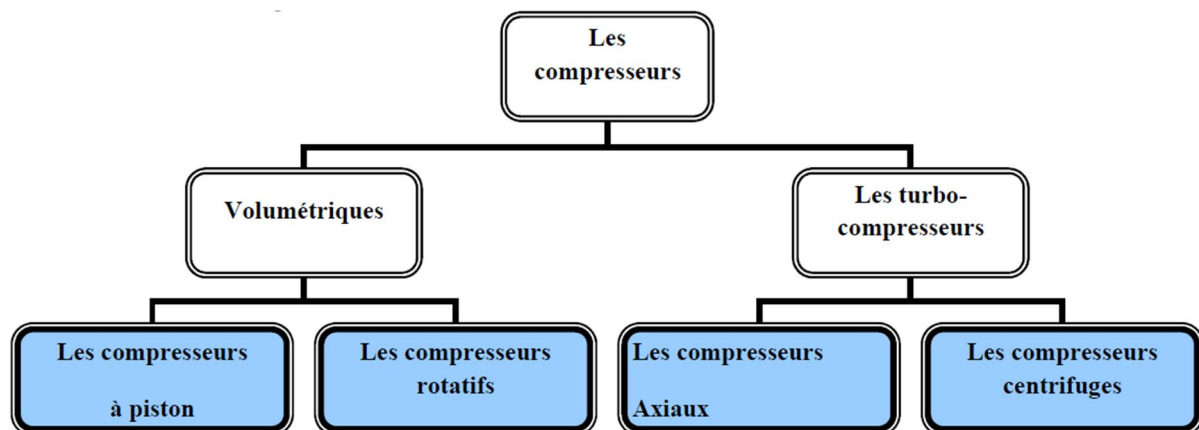


Figure II.3 : Classification des compresseurs. [2]

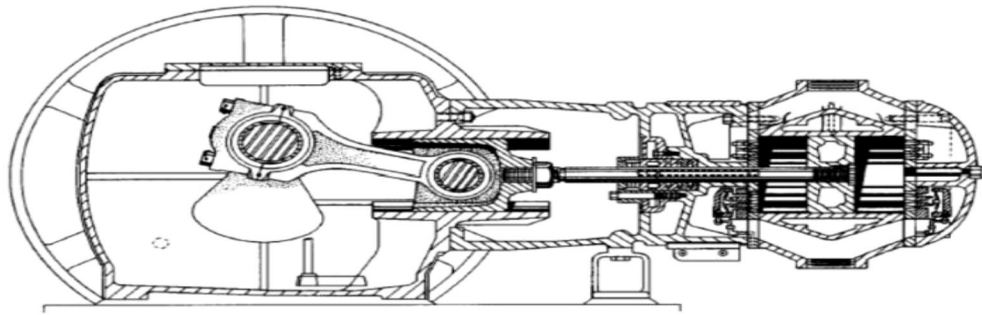
II.1. Les Compresseurs volumétriques :

Les compresseurs volumétriques sont les plus utilisés dans le domaine industriel et nous distinguons deux types essentiels :

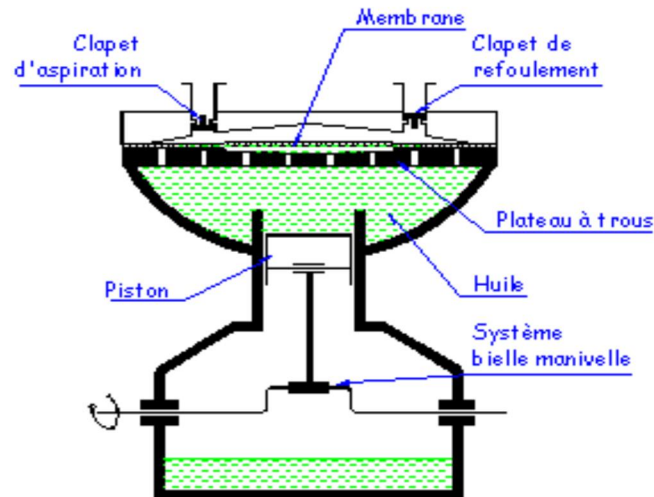
II.1.1. Les Compresseurs alternatifs :**➤ Compresseur à piston :**

Le moteur entraîne un vilebrequin qui le mouvement de rotation de l'axe en mouvement de translation alternatif de la ou des bielles et du des pistons.

Si le compresseur est monté directement sur le réservoir, l'ensemble ainsi formé se désigne sous le terme de groupe moto compresseur.



(a)



(b)

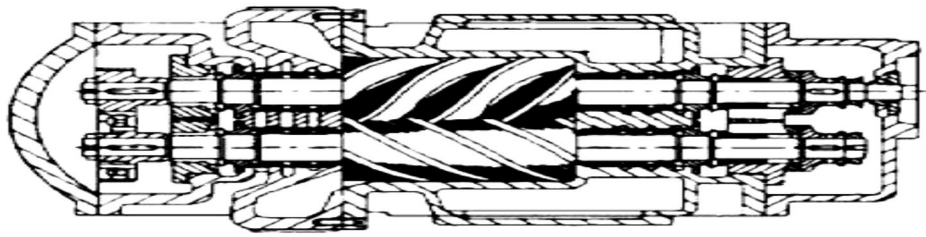
Figure II.4 : Compresseurs alternatifs (a) Compresseur à piston (b) compresseur à membrane. [3]

II.1.2. Les compresseurs rotatifs :

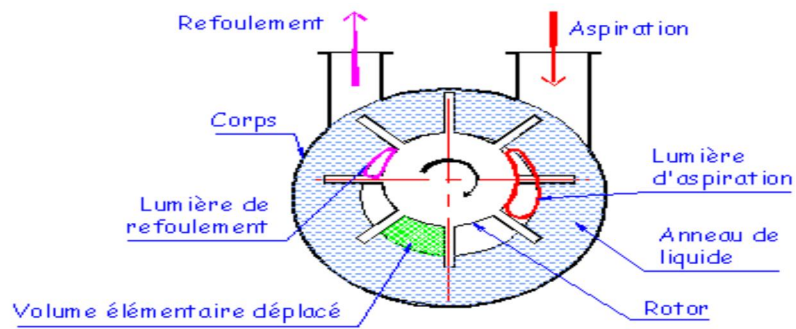
Ils sont de plusieurs types, dont le principe de fonctionnement fondamental est le suivant :

- Le fluide est introduit dans un espace limité par le corps du compresseur et une partie de :
 - l'élément qui tourne (palettes, lobes, vis)
 - Le fluide est transporté de l'aspiration au refoulement.
 - Mise en contact avec le circuit à haute pression.

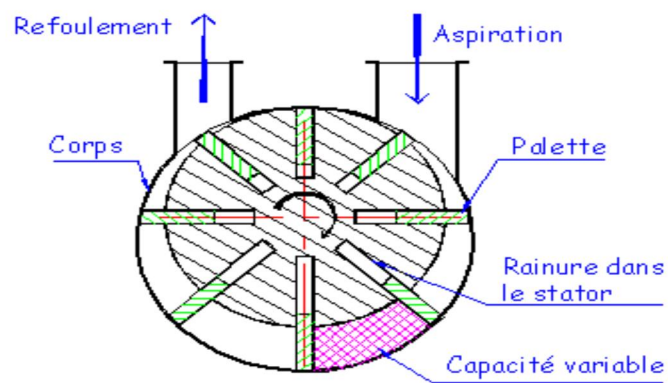
On distingue les types suivants (Figure II.5) :



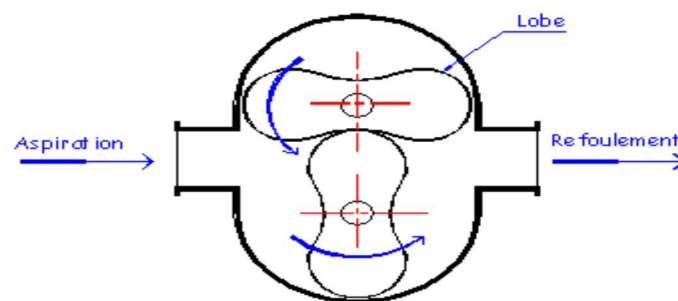
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II.5 : Les compresseurs rotatifs (a) compresseurs à vis (b) Compresseur à anneau liquide (c) Compresseur à palettes (d) Compresseur à lobes. [3]

II.2. Les compresseurs dynamiques :

Où l'air est propulsé (turbo compresseur) :

- Soit par la force centrifuge obtenue à l'aide d'une turbine tournant à très grande vitesse.
- Soit par la poussée exercée par une haline multiple (jusqu'à 7 pales) fraisent de ventilateur.

Ces compresseurs n'ont pas d'application industrielle pour la fabrication de l'air comprimé destiné aux réseaux de distribution des ateliers .en effet si le débit est important ainsi que la vitesse d'écoulement pour une section donnée.la pression délivrée reste faible.

La dépression créée en entrée est exploitable en technique du vide avec une pression relative négative de l'ordre de 300 à 500 mbar. Ils trouvent un emploi, par exemple :

- Pour transport des produits pulvérulents ou granuleux et des objets légers.
- Pour équiper des tunnels d'essais aérodynamiques.
- Pour aspirer des matériaux légers : poussières et liquides (aspirateurs domestiques et industriels), feuilles mortes, gaz nocifs.
- Pour climatiser des locaux.
- Pour mettre en surpression les salles blanches et les laboratoires.

Au point de vue de l'écoulement du fluide, les compresseurs dynamiques se divisent en Machines axiales et centrifuges.

II.2.1 les compresseurs axiaux :

Les compresseurs axiaux ne sont pas refroidis, la compression est faite sans échange de chaleur avec l'extérieur.

Ce sont des machines réceptrices à écoulement axial du fluide compressible, ils sont utilisés dans les turbines à grande puissance et dans les turboréacteurs d'aviation ; ils sont caractérisés par le nombre d'étages important et le taux de compression n'est pas élevé.

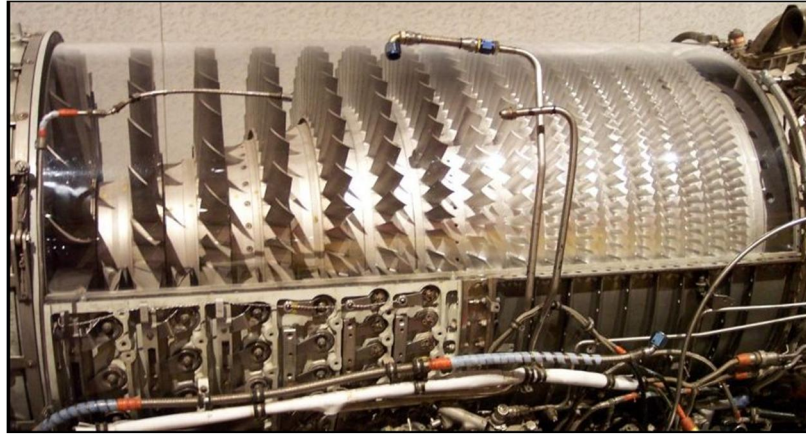


Figure II.6 : Compresseur axial. [4]

II.2.2. Les compresseurs centrifuges :

Ces compresseurs sont très utilisés en raffinage et dans l'industrie chimique et pétrochimique, ils sont très compacts et peuvent développer des puissances importantes comparées à leur taille dans leur plage de fonctionnement, ils n'engendrent pas de pulsation de pression au niveau des tuyauteries ; ces qualités permettent des installations légères, pour l'environnement de ces compresseurs.

Ils sont particulièrement appréciés pour leurs fiabilités, et leur conception, ces machines ne génèrent aucun frottement métal sur métal ; la périodicité des entretiens atteint généralement de trois à cinq ans.

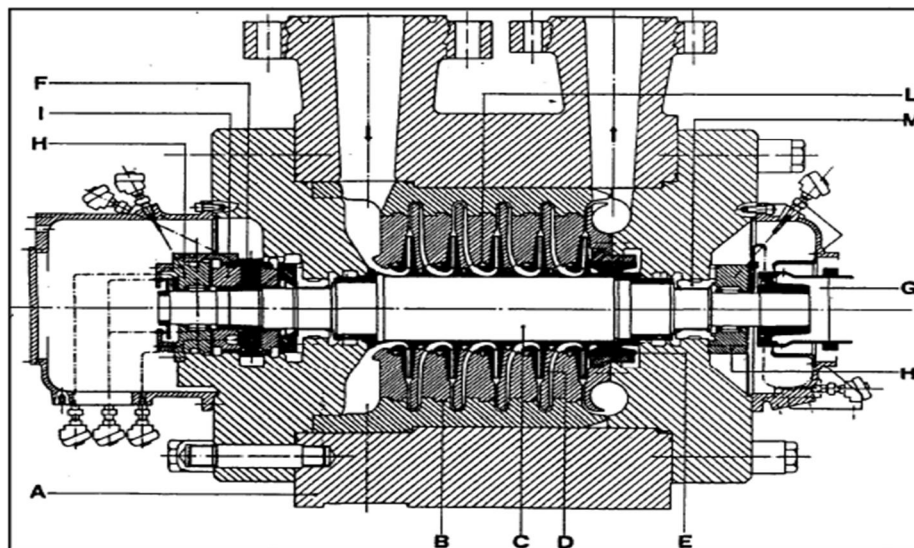


Figure II.7 : Schéma d'un Compresseur centrifuge. [4]

III. présentation de Compresseur rotatif à vis :

La mise au point de vis à profil asymétrique, vers 1962, a permis de réduire de 10% la consommation d'énergie. Actuellement avec des profils asymétriques améliorés et une plus grande précision d'usinage, la consommation a chuté de 20%. Les compresseurs à vis concurrencent les autres types de compresseurs. Ne comprenant que des pièces tournantes, ils vibrent moins sont plus silencieux et le bloc de compression est plus compact. Le profil des filets des vis varie suivant les constructeurs et les brevets, le rendement étant le critère à améliorer pour se rapprocher ou dépasser celui des compresseurs à piston et à palettes.

Les vis engrènent sans contact avec un jeu très réduit et tournent à sec ou dans un mélange huile-air. Le plein de la vis male, en entrant dans le creux de la vis femelle, réduit le volume existant. L'air emprisonné monte en pression progressivement le long de la vis et est évacué vers l'avant. La dépression créée du côté opposé favorise l'aspiration. La synchronisation des vis est obtenue par un engrenage extérieur à pignons hélicoïdaux montés en bout d'arbre des vis.

IV. Situation de compresseur KAESER à vis type CSD 102 dans l'organigramme :

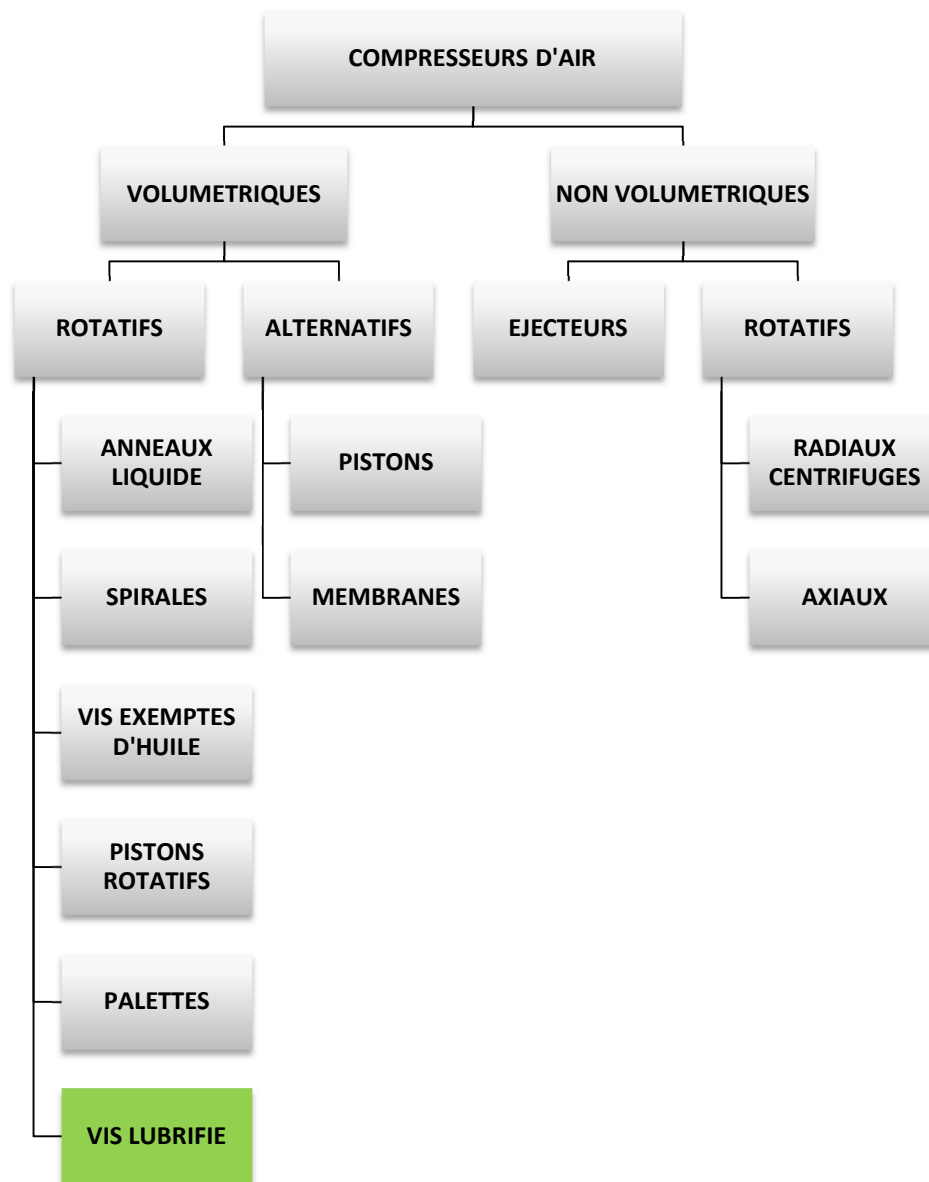


Figure II.8 : Situation de compresseur KAESER dans l'organigramme des compresseurs à air. [5]

Chapitre III

Partie exploitation

Introduction :

L'utilisation de l'air comprimé est très répandue dans les branches les plus diversifiées de l'industrie.

Pratiquement, toutes les installations industrielles sont équipées d'un réseau d'air comprimé, ce réseau est alimenté par des machines de compression d'air.

Le compresseur à vis comme d'autre type de compresseur est une machine qui permet d'augmenter la pression d'air, il est constitué de plusieurs organes, quel que soit mécanique, électrique, ou bien hydraulique et pneumatique.

Le dossier exploitation contient généralement une description des organes essentiels de la machine et le principe de fonctionnement.

I. Présentation du sujet :

Notre sujet a été proposé par la société Nationale de la réparation navale << ERENAV >> nous sommes chargées d'élaborer une analyse fonctionnelle et un plan de maintenance sur le compresseur KAESER à vis type CSD 102 qui assure l'alimentation de tous les ateliers par l'air comprimé.



Figure III.1 : Image de KAESER CSD 102. [5]

II. Caractéristiques techniques de compresseur :

TEMPÉRATURE [°C]	Température minimale de démarrage	3
	Température finale de refoulement	75 – 100
	Température finale de compression	110
	Altitude maximum d'utilisation [m]	1000
CONDITIONS AMBIANTES	Température ambiante [°c]	3 – 45
	Température d'air de refroidissement/air	3 – 45
	d'aspiration [°c]	
	Humidité relative maximale de l'air	100
	aspiré à 30 °C [%]	
	Humidité relative maximale de l'air	50
	aspiré à 45°C [%]	

*Tableau 1 : Caractéristiques techniques de compresseur. [5]***PRESSION :**

Pression de service max [bar]	pression de tarage de la soupape de sécurité [bar]
8,5	11,5
11	11,5
12	14
15	16

Tableau 2 : déferente pression de compresseur KAEZER CSD 102. [5]

DÉBIT :

Fréquence de réseau [Hz]	Débit [m ³ /min]
50	10,1
50	8,2
50	6,6
60	10
60	8,3
60	6,5

Tableau 3 : les fréquences de réseau et leur débit associé. [5]

Moteurs et puissance :

	Puissance nominale [KW]	55
	Vitesse nominale [min ⁻¹] (50Hz)	2965
MOTEUR COMPRESSEUR	vitesse nominale [min ⁻¹] (60Hz)	3568
	Protection	Ip55
	intervalle de graissage de roulement	2000
	moteur [heures de service]	
	puissance nominale [KW] (50-60) Hz	1,1/1,1
	Vitesse nominal [min ⁻¹] (50-60) Hz	940/1120
MOTEUR VENTILAEUR	protection	Ip54
	intervalle de graissage de roulement	/
	moteur [heures de service] (50-60) Hz	
	graissage par roulement [g] (50-60) Hz	/

Tableau 4 : Moteurs et puissance. [5]

III. La codification :

III.1. Définition :

Codification et constrictio n d'un ensemble linguistique avec lequel on transmet un message.

III.2. But de codification :

Elle a pour but de bien repérer et identifier les installations et le matériel de l'entreprise.

III.3. Découpage de matériel :

Il se présente en deux catégorie matérielle fixe, et matériel mobile. Son but est de repérer et identifie les matériaux d'un équipement, ou bien c'est un moyen d'organisations.

➤ Codification des matériels mobiles :

Dans certaines entreprises, les matériels sont essentiellement composés des machines qui sont appelées à subir des modifications d'implantations, et qui pourront fabriquer des produits déférents, la codification est de huit chiffres est découper en quatre groupes suivants :

- Familles en deux chiffres
- Catégorie en deux chiffres
- Type deux chiffres
- Nombre dans le type en deux chiffres

➤ Codification des matériels fixe :

Le découpage d'un matériel se fait par apport aux procédés de la fabrication. La machine qui peut fabriquer que les produits constants, sa codification est présentée en six chiffres en trois découpages suivants :

- Deux chiffres pour le secteur (atelier ou groupe de production).
- Deux chiffres pour l'atelier.
- Deux chiffres pour l'équipement

III.4. La codification de compresseur au niveau de l'entreprise :

0	1	0	3	0	1
---	---	---	---	---	---

La signification des différents chiffres :

01 : pour le secteur des ateliers

03 : le numéro de l'atelier

01 : le numéro d'Equipment

III.5. Situation de l'unité d'intervention :

L'unité d'interventions est un matériel fixe par ce qu'elle est affecté à un seul travail dont elle sert à alimenter tous les ateliers de l'ERENAV par l'air comprimé, le matériel se trouve dans l'atelier dans la première chaine d'entretien.

III.6. Chaine d'entretien :

C'est un ensemble d'unité d'intervention qui assure une fonction complète de fabrication.

L'unité d'intervention est un ensemble d'organes qui assure une fonction limitée.

III.7. Répartition des ateliers :

Le secteur de fabrication de l'unité « ERENAV » se divise en sept grands ateliers qui sont les suivants :

- Atelier bassin et aménagement 0/1.
- Atelier chaudronnerie 0/2.
- Atelier mécanique 0/3.
- Atelier menuiserie 0/4.
- Atelier fonderie 0/5.
- Atelier électricité 0/6.
- Atelier conteneur 0/7.

La codification locale du compresseur KAESER type CSD 102 se fait comme :

DU16DK093

D : le type de matérielle.

U16 : unité d'Alger.

DK : structure chantier.

093 : numéro d'investissement.

IV. La description du compresseur :

IV.1. Vue d'ensemble du compresseur :

Le compresseur KAESER CSD 102 est une machine de forme cubique de 1710*1865*1052 [L*H*I] en (mm), et de masse totale atteignant les 1350 kg.

Le schéma suivant (figure III.2) présente les différents organes de compresseur.

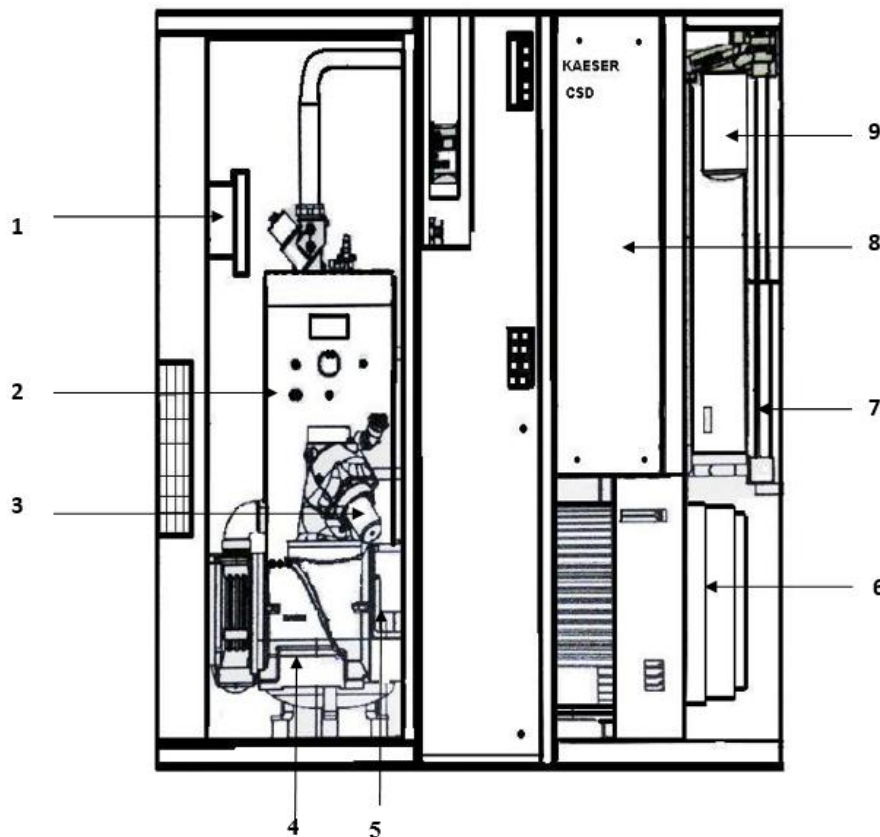


Figure III.2 : vue d'ensemble de la machine.

Nomenclature :

Performance	Désignation
1	Filtre à air
2	Réservoir air/huile
3	Soupape d'aspiration
4	Bloc compresseur
5	Accouplement
6	Moteur électrique
7	Refroidisseur d'huile/d'air
8	Armoire électrique
9	Filtre à huile

*Tableau 5 : les principaux éléments du compresseur. [5]***IV.2. Les différents organes de compresseur :****IV.2.1. Le filtre à air :**

Situé à l'entrée d'orifice d'air, il sert à épurer l'air atmosphérique qui le traverse.

L'accessibilité parfaite contribue à une réduction des temps d'entretien, la construction rationnelle à une meilleure disponibilité et une nécessité d'entretien limitée.

IV.2.2. Le réservoir séparateur air/huile :

C'est un réservoir en acier, équipé de :

- Un filtre séparateur, pour la séparation entre l'air comprimé et l'huile de refroidissement.
- Un manomètre indiqué la pression au niveau de réservoir.
- Un indicateur de niveau d'huile.

- Une vanne auxiliaire et de décharge combinée qui assure l'ouverture et la fermeture de soupape d'aspiration par un intermédiaire. Cette vanne a été commandée électroniquement et reliée au profil SIGMA CONTROL.
- Une soupape de sécurité qui protège le circuit d'air contre les surpressions. Elle est préréglée en usine.
- Un orifice de remplissage d'huile de refroidissement.
- Une soupape anti-retour de pression minimum.
- Tubulure de remplissage d'huile de refroidissement avec bouchon.
- Raccord rapide de mise à vide de refroidisseur d'air.
- Raccord rapide de décompresser le réservoir séparateur air /huile.
- Une vanne d'arrêt de purge d'huile.
- Une pipette située à l'intérieur du séparateur air/huile, elle assure la vidange d'huile encombrée au fond du séparateur.

IV.2.3. La soupape d'aspiration :

Située au-dessus du bloc compresseur, elle alimente le compresseur par l'air atmosphérique selon son état de marche, à vide ou en charge.

Elle est constituée d'une soupape avec deux orifices d'entrée d'air et une membrane assurant le rôle de bipasse et de deux ressorts de rappel.

IV.2.4. Le bloc compresseur :

Situé dans la partie inférieure du compresseur, il a trois orifices, l'aspiration le refoulement air/huile et le retour de l'huile.

Le bloc à vis constitue le cœur du compresseur, les blocs à vis sont équipés de profils de vis spécialement conçus pour fournir un maximum rendement. Ils ont été développés conformément aux plus récentes découvertes scientifiques. Les installations de production modernes, les faibles tolérances de fabrication et l'utilisation de matériaux de première qualité garantissent une fiabilité exemplaire des blocs à vis. Ils consomment en outre moins d'énergie, malgré un rendement bien supérieur à celui des profils de compression asymétriques conventionnels d'autre fois.

Au niveau de ce bloc, l'air se mélange avec l'huile de refroidissement grâce aux deux vis sans fin, ce mélange est refoulé par l'orifice de roulement vers le réservoir séparateur air/huile avec une grande pression.

IV.2.5. L'accouplement :

Placé entre le moteur et le bloc compresseur, il a une nécessité de relier entre eux, ce système s'appelle (enfarinement direct) ce qui signifie que le moteur électrique est accouplé directement au bloc compresseur. Sur les machines CSD, le bloc compresseur est entraîné directement par le moteur sans perte de transmission, donc il offre de plus une fiabilité et une durée de vie plus élevées.

L'avantage de cet accouplement se présente dans son remplacement, car le moteur et le bloc compresseur avec l'accouplement et le carter d'accouplement robuste un groupe moto-compresseur compact, de longévité élevée qui à l'exception du graissage des roulements moteur, ne nécessite aucun entretien périodique. Un remplacement de l'accouplement ne demande que quelques minutes son démontage du groupe moto-compresseur, l'ouverture dans le carter d'accouplement est assez large pour un changement aisé des demi-accouplements.

IV.2.6. Moteur électrique :

C'est un moteur électrique asynchrone triphasé placé dans la partie inférieure du compresseur, il a une puissance nominale $P_{nom}=55$ kW. Ce moteur assure l'entraînement des vis sans fin du bloc compresseur à travers un accouplement.

IV.2.7. Filtre à huile :

Situé à l'entrée de refroidisseur d'huile au-dessus de la vanne thermostatique, il sert à filtrer l'huile qui traverse la vanne thermostatique pour entrer au refroidisseur. Cette huile mélangée avec impuretés (poussiers, acier, ...etc.) pendant sa circulation provoque sa pollution.

IV.3. Le système de refroidissement :

Le compresseur CSD 102 est refroidi par deux types de refroidissement :

➤ **Le refroidissement d'air :**

Ce type est assuré par un radiateur qui se situe dans la partie arrière du compresseur, il sert à refroidir l'air comprimé passant dans sa tuyauterie pour qu'il soit prêt pour l'utilisation.

➤ **Le refroidisseur d'huile :**

Il est situé aussi aux mêmes parties du compresseur, c'est un radiateur plus grand que celui de l'air, car il assure le refroidissement de l'huile de lubrification passant à travers sa tuyauterie afin d'éviter une élévation de température ou un endommagement de la machine. Pour cela, KAESER a donné l'importance pour ce système, car le bon fonctionnement et meilleur rendement dépend des caractéristiques d'huile (viscosité) qui est sensible à la haute température.

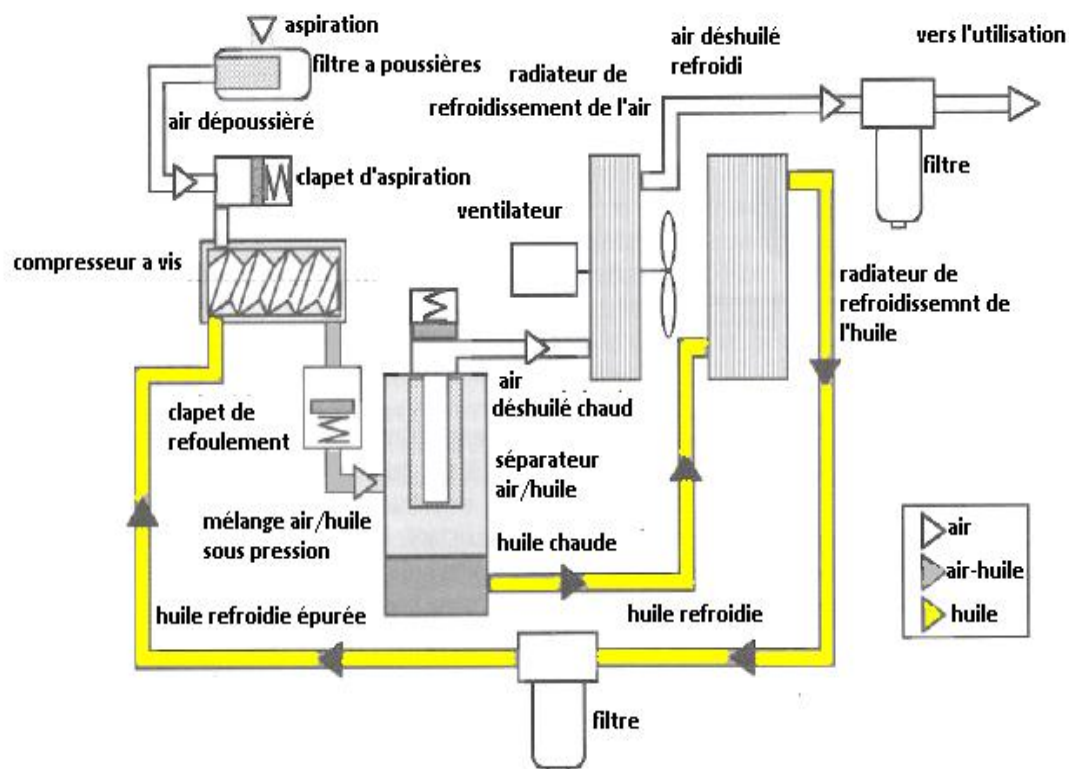


Figure III.3 : Circuit d'huile dans le KAESER CSD [5].

V. Mise en marche de la machine :

On actionne le bouton marche qui correspond aux compresseurs dans l'armoire électrique principale de la salle des pompes. Car notre unité contient trois compresseurs de même type KAESER CSD. Le SIGMA AIR MANAGER (figure au-dessus) s'allume et affiche une pression de 0 bar et un débit de 0 m³/min.



Figure III.4 : SIGMA AIR MANAGER [5].

Après le chargement de toutes les informations concernant le compresseur, le SIGMA CONTROL de chaque compresseur s'allume, avec le voyant lumineux OFF (arrêt) allumé.

V.1. Le système de commande SIGMA CONTROL :

Le système de commande électronique SIGMA CONTROL se compose d'un ordinateur industriel avec processeur INTEL, d'un tableau de bord comprenant un affichage en texte clair avec éclairage de fond, des touches dans certain avec voyants lumineux intégrés et des entrée et sortie analogiques et numériques. Ce système de commande est alimenté en tension continue de 24V.

Le **SIGMA CONTROL** est intégré dans l'armoire électrique du compresseur et remplit à la fois la fonction du système de commande et d'appareil de contrôle. Il compte 11 touches, 9 voyants lumineux et un afficheur à 4 lignes. Le compresseur est exploité en fonction des réglages prédéfinis dans la commande.

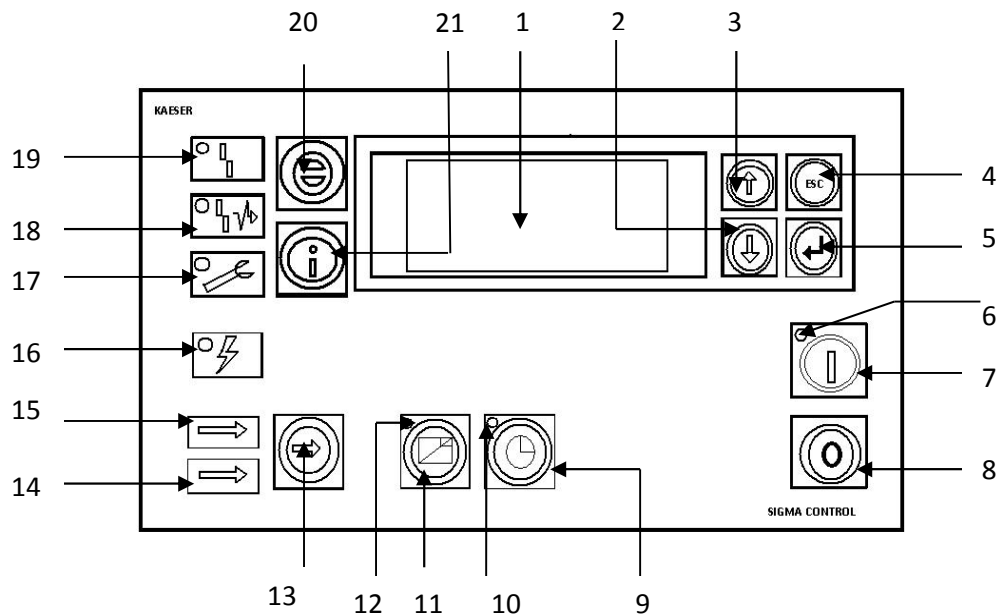


Figure III.5 : Éléments de SIGMA CONTROL [5].

Nomenclature :

- | | |
|---|---|
| 1. Afficheur à 4 lignes. | 13. Touche permutation régime charge/marche à vide. |
| 2. Touche flèche défilement vers le bas. | 14. Témoin du régime marche à vide. |
| 3. Touche flèche défilement vers le haut. | 15. Témoin de régime en charge. |
| 4. Touche d'échappement. | 16. Témoin de tension de commande marche. |
| 5. Touche de validation. | 17. Témoin d'avertissement entretien. |
| 6. Témoin compresseur en marche. | 18. Témoin de défaut de communication. |
| 7. Touche MARCHE. | 19. Témoin de défaut. |
| 8. Touche ARRÊT. | 20. Touche d'information. |
| 9. Touche de fonctionnement MODE HORLOGE. | 21. Touche d'acquies. |
| 10. Témoin fonctionnement MODE HORLOGE. | |
| 11. Touche de fonctionnement MODE DISTANCE. | |
| 12. Témoin de fonctionnement MODE DISTANCE | |

V.2. Les fonctions du SIGMA CONTROL :

➤ Fonction commande :

Elle assure l'utilisation optimale de la capacité du moteur en l'adoptant à la consommation réelle de l'air comprimé. Ainsi le redémarrage automatique du compresseur après une coupure de courant.

➤ Fonction protection :

Elle permet un arrêt automatique du compresseur en cas de surintensité, de pression ou de température trop élevée.

➤ Fonction surveillance :

Elle assure la visualisation de la durée de vie en heure des roulements, filtre à huile et à air, et en cas d'anomalie un témoin s'allume pour indiquer le défaut.

VI. Principe de fonctionnement du compresseur :

VI.1. schéma de principe :

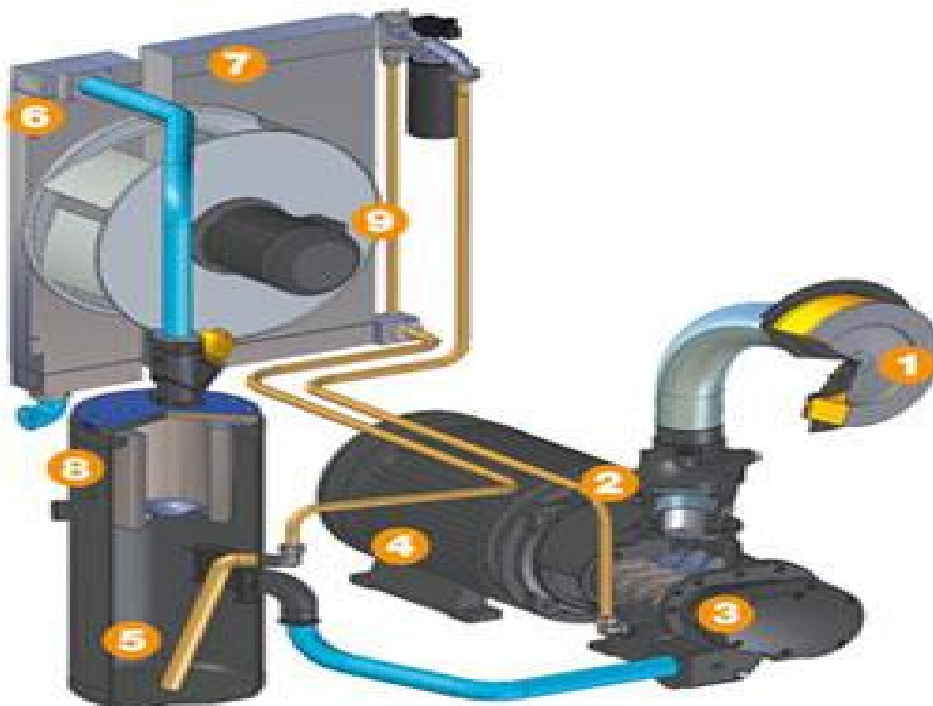


Figure III.6 : Les éléments de compresseur [5].

Nomenclature :

1. Filtre d'aspiration.
2. Soupape d'aspiration d'air.
3. Bloc de compression.
4. Moteur.
5. Séparateur air/huile.
6. Refroidisseur final d'air comprimé.
7. Refroidisseur d'huile.
8. Filtre à Huile.
9. Ventilateur.

VI.2. Principe de fonctionnement :

En actionnant l'interrupteur principal, la machine et sous tension, le SIGMA CONTROL prend quelques minutes pour rétablir une analyse pour les équipements du compresseur avant qu'il soit prêt pour fonctionner.

On appuyant sur la touche MARCHE, le moteur du compresseur est programmé par le SIGMA CONTROL pour fonctionner en MARCHE AVIDE pendant au moins d'une minute pour permettre au compresseur d'assurer la bonne circulation de l'huile de lubrification dans tout le circuit. Cette minute permet aussi au compresseur d'atteindre la température préréglée pour le démarrage (3°C).

Le compresseur passe au régime de fonctionnement CHARGE. En ce moment, la soupape d'aspiration s'ouvre par la pression minimum (2,2 à 4 bars), délivrée par la vanne auxiliaire, le moteur compresseur fonctionne en pleine charge et les vis sans fin mâle et femelle aspirent l'air atmosphérique à travers le filtre à air ou il est épuré. Il est ensuite comprimé dans le bloc de compression ou il est mélangé avec l'huile de refroidissement.

Le mélange air/huile est injecté dans le réservoir séparateur air/huile ou l'air se sépare de l'huile de refroidissement, cette dernière décente par gravité au fond du réservoir séparateur d'où elle sort vers le refroidisseur d'huile ou elle sera refroidit et

reconduite en suite au point d'injection à cause de la pression interne de la machine qui la maintienne en circulation.

L'huile assure la lubrification des pièces en mouvement, l'étanchéité entre les rotors et le carter, le graissage des roulements et la purification de l'air. Ce refroidissement permet d'obtenir une faible température de refoulement ; la température de l'huile de refroidissement est optimisée par une vanne thermostatique.

L'air éliminer de l'huile de refroidissement dans le séparateur air/huile traverse le clapet anti-retour de pression minimum et refroidisseur d'air. La soupape anti-retour de pression minimum permet de maintenir une pression minimum dans le circuit pour assurer la circulation continue de l'huile de refroidissement dans la machine.

Température de 5 à 10° C. au-dessus de la température ambiante (3° C). Les plus grands partis de l'humidité retenue dans l'air comprimé et alors éliminée par le sécheur frigorigène qui est placée avant le réservoir d'air.

La troisième étape du régime est le fonctionnement MARCHE A VIDÉ, dans ce cas la soupape d'aspiration est fermée, le clapet anti-retour de pression minimum isole le réservoir séparateur air/huile de réseaux d'air comprimé, le réservoir séparateur air/huile de réseaux d'air comprimé, le réservoir séparateur air/huile est décomprimé, le moteur tourne en MARCHE A VIDÉ est consomme moins d'énergie.

Une faible quantité d'air circule à travers deux orifices de by-pass de la soupape d'aspiration dans le bloc compresseur, puis il est reconduit ver la soupape d'aspiration par la conduite de purge d'air.

La dernière étape est PRÊTE, la soupape d'aspiration est fermée, le clapet anti retour de pression minimum isole le réservoir séparateur air/huile est décomprimé, le moteur compresseur est arrêté, en ce moment le compresseur est prêt pour passer à l'état de MARCHE.

VII. Les mesures de sécurité :**➤ Mise en garde contre le danger de mort par la tension électrique :**

- Éviter tout contact avec pièces sous tension, risque d'électrocution.
- Avant d'ouvrir la machine, couper l'alimentation électrique par la coupe de circuit
Et empêcher tous les démarrages intempestifs.

➤ Mise en garde contre une surface brulante :

- Éviter tous les contacts avec les surfaces, risque de blessure.
- Porter des vêtements à manches longues (pas de tissus synthétiques tels que le polyester) et des gants de protection.

➤ Mise en garde contre un démarrage intempestif :

- La machine peut démarrer automatiquement ou être mise en marche à distance.
- Avant d'ouvrir la machine, couper l'alimentation électrique par le coupe-circuit et empêcher tous les démarrages intempestifs.

VIII. Les conditions d'installation :

- Pour installer le compresseur, il faut un sol horizontal.
- Si on ne dispose pas, il faut construire une plateforme horizontale en béton.
- Un orifice d'entrée d'air est indispensable.
- Installer une gaine et un ventilateur pour l'évacuation d'air.

IX. Les conditions de fonctionnement :

- Pas de flamme nue ni de projection d'étincelles sur le lieu d'installation.
- S'assurer que les travaux de soudure sur la machine ne risquent pas de provoquer d'incendie par suite de projection d'étincelles ou de trop fortes températures.
- La machine n'est pas antidéflagrante.
- Ne pas exploiter dans les zones où des conditions spécifiques relatives à la protection antidéflagrante sont à remplir.
- Par exemple exigences de conformité relative aux atmosphères explosibles.
Air d'aspiration propre, exempt de matières nocives.
- Air d'aspiration exempt de gaz ou vapeurs explosibles ou labiles.

- Observer la température de refoulement et la surveiller pour éviter la formation de condensat.
- Tenir un extincteur approprié à proximité.

X. Les avantages du compresseur KAESER CSD :

- Bloc compresseur à vis de profile très innovant.
- Les deux vis mâles et femelles tournent sans frottement.
- Entraînement direct et économie d'énergie.
- Ventilateur radial silencieux.
- Nouveau type de circuit d'air de refroidissement.
- Système de séparation optimisé.
- La possibilité d'utiliser un fluide de refroidissement synthétique SIGMA FLUID.
- Facilité d'entretien.
- Le système de commande **SIGMA CONTROL**.

XI. La problématique :

L'air atmosphérique ambiant contient toujours une certaine quantité d'eau, variable en fonction de sa température et de sa pression. Cette teneur en eau est généralement de l'ordre de quelques grammes d'eau par kilogramme d'air (ou m³). Comme indique-la (figure III.7).

Dans un compresseur, l'air ambiant subit une augmentation de sa température et une réduction de son volume l'amenant à saturation. De ce fait, tout refroidissement provoque de la condensation. Ce condensat est alors séparé dans un séparateur centrifuge installé en aval ou dans le réservoir d'air comprimé. Mais l'air comprimé est encore saturé d'humidité à 100%.

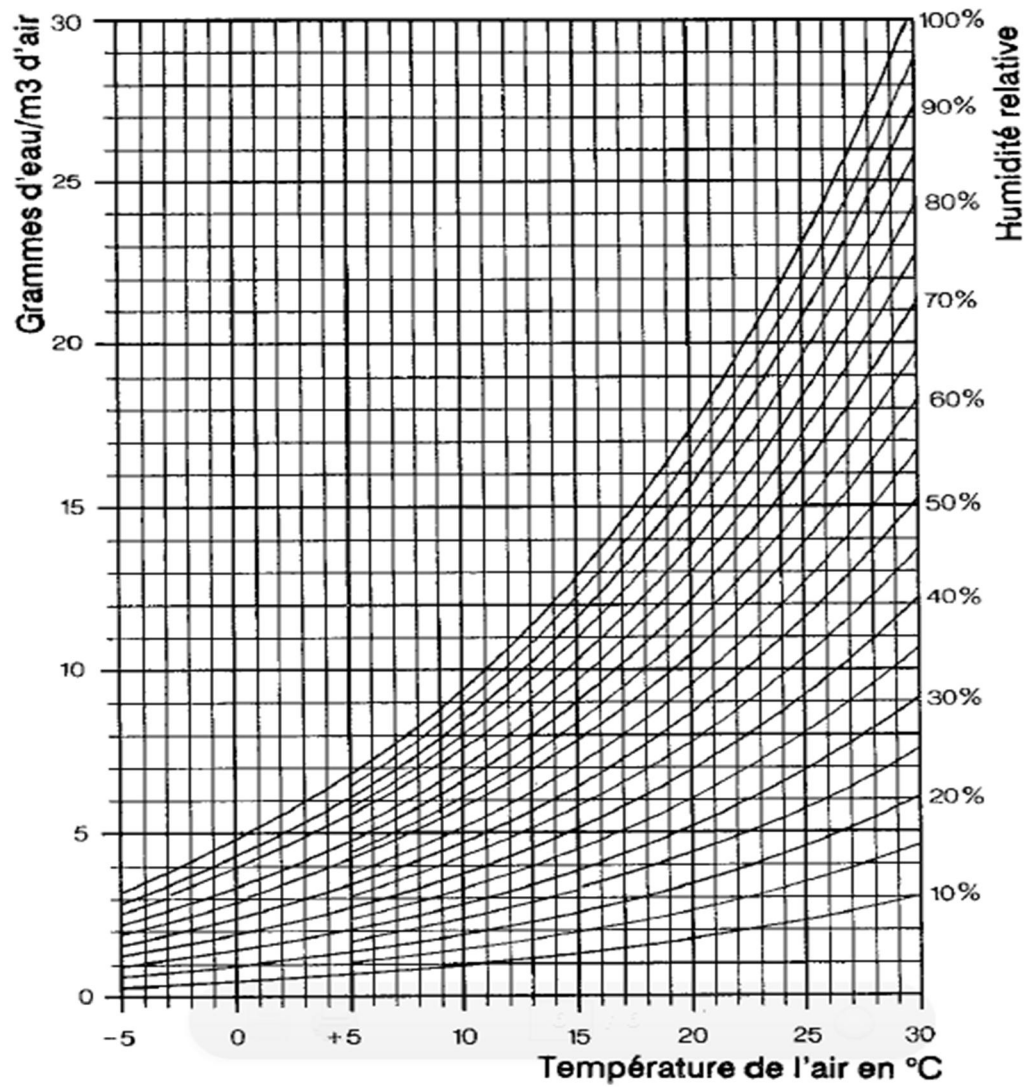


Figure III.7 : l'humidité relative en fonction de la température. [7]

Chapitre IV

Analyse fonctionnelle

I/partie mécanique

Introduction :

La mécanique est une discipline fondamentale de la physique. Dans laquelle on retrouve essentiellement la transmission du mouvement de translation et de rotation.

Le but de l'étude mécanique consiste non seulement en la connaissance des organes, mais aussi la détermination des points essentiels qui facilitent les interventions.

I. La chaîne cinématique de compresseur KAESER à vis type CSD 102 :

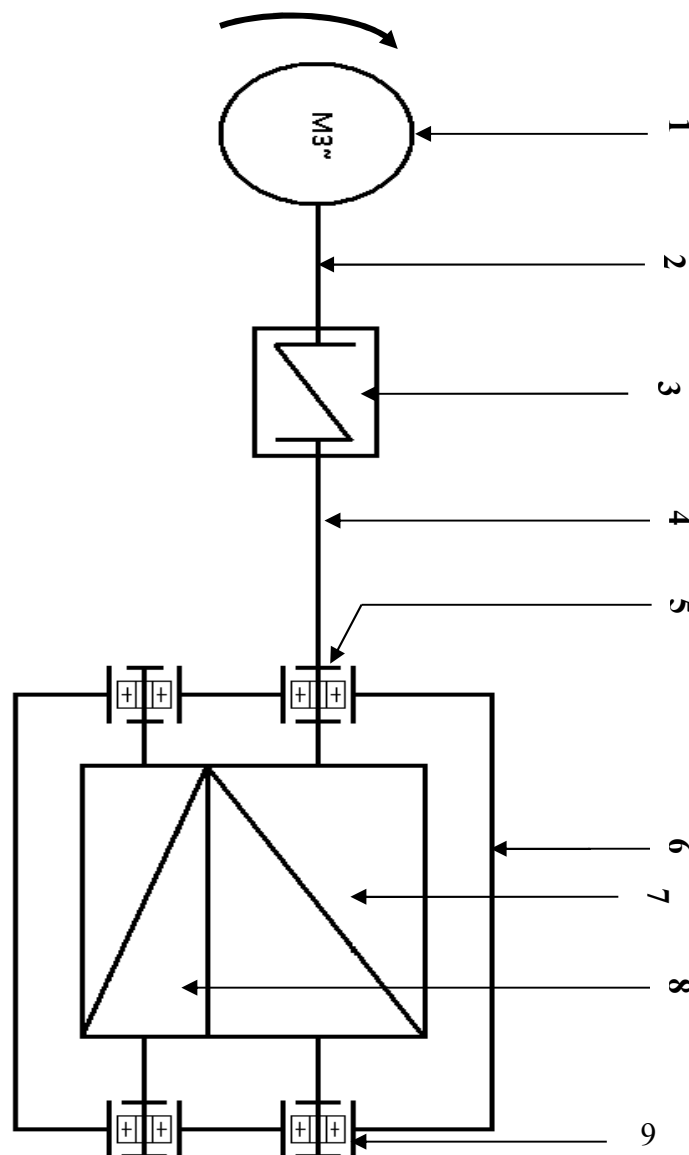


Figure IV.1 : La chaîne cinématique de compresseur KAESER. [5]

Nomenclature :

Repère	Nombre	Désignation
1	1	Moteur électrique
2	1	Arbre moteur
3	1	Accouplement
4	1	Arbre récepteur
5	4	Roulement
6	1	Carter
7	1	Vis sans fin male
8	1	Vis sans fin femelle
9	4	Palier giration

*Tableau 6 : les principaux éléments de la chaîne cinématique. [5]***II. Principe de fonctionnement :**

Pendant la mise en marche du moteur électrique(1), l'arbre de moteur (2), se met en mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique vers l'arbre de la vis sans fin male par l'intermédiaire d'un accouplement (3).

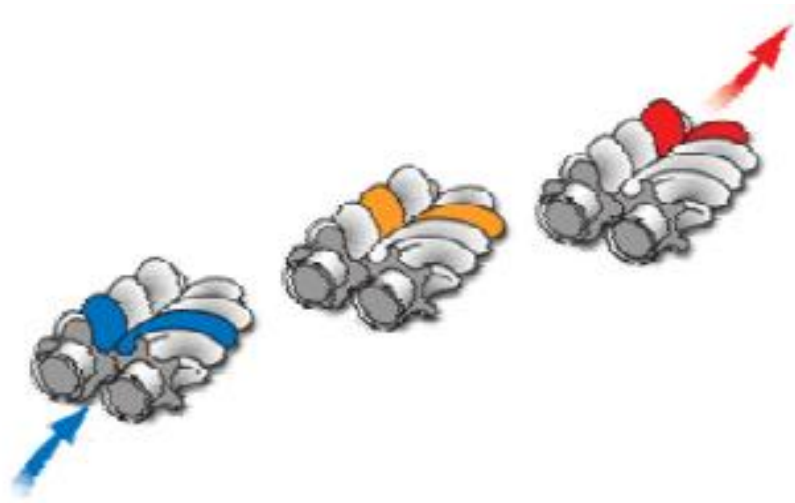
Cette rotation assure :

La rotation de vis sans fin femelle, qui tourne contrairement à la rotation de la vis sans fin male. Ce mouvement aspire l'air atmosphérique par l'orifice d'aspiration dans les pires de rotors ouverts du côté aspiration.

La rotation progressive des rotors provoque la fermeture de l'orifice d'admission d'air, le volume est réduit et la pression monte, puis le refoule vers le réservoir séparateur air/huile (huile est injectée lors de ce processus).

En évacuation, la compression est terminée, la pression finale est atteinte, le refoulement commence vers le réservoir à partir d'un sécheur réfrigérant.

Le guidage en rotation des vis sans fin est assuré par des roulements (5), et les paliers (9), dans le but de faciliter la rotation et diminuer les frottements.

**Aspiration**

l'air entre par l'orifice
d'aspiration
dans les spires rotors ouverts
du
Côté aspiration.

Compression

la rotation progressive des rotors
provoque
la fermeture de l'orifice d'admission
d'air,
Le volume est réduit et la pression
monte.
L'huile est injectée lors de ce processus.

Refoulement

la compression est
terminée,
la pression finale est
atteinte,
Le refoulement commence.

Figure IV.2 : Fonctionnement des deux vis sans fin. [5]

III. Étude des organes mécaniques :

III.1. Les arbres :

III.1.1. Définition :

Ils sont destinés à porter les organes de transmission, en plus de transmettre le mouvement, les arbres servent à positionner les éléments de machines.

Il est nécessaire de contrôler les déformations pour obtenir un bon montage ainsi qu'un bon fonctionnement.

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.

III.1.2. La déformation en torsion :

La déformation générale en torsion dépend de son utilisation.

Les arbres de machine servent le plus souvent à transmettre la puissance, cette transmission se fait par l'intermédiaire d'éléments de machine tels que les accouplements, les poulies, comes... etc.

Tous ces éléments doivent être montés sur l'arbre, il existe plusieurs types de montages ; le plus utilisé : Montage à clavette, Montage à cannelure, Montage à force et à retrait.

III.1.3. Les matériaux :

En général, les aciers ordinaires au carbone entrent dans la fabrication des arbres de transmission et des arbres qui n'ont pas besoin des caractéristiques particulières de résistance (le pourcentage de carbone varie entre 0,15% à 0,33%).

Les arbres de machine soumis à des charges variables et les arbres tournants à des vitesses élevées nécessitent des aciers de plus grande résistance. Donc les aciers pouvant subir des traitements thermiques ; généralement (le pourcentage de carbone varie entre 0,33% et 0,55%)

Pour remplir certaines fonctions particulières, les arbres peuvent être fabriqués en matériaux autres que les aciers comme les alliages de cuivre, d'aluminium ou de laiton et parfois en matériaux plastiques.

Dans notre étude sur le mélangeur MX, on a constaté que son arbre de transmission est fabriqué en acier, et l'arbre porte-agitateur en acier résistant à la corrosion.

III.2. Les accouplements :

III.2.1. Définition :

On appelle accouplement tout appareil destiné à assurer la liaison en rotation entre deux arbres placés bout à bout avec transmission intégrale de la puissance et sans modification de la vitesse angulaire (ω).

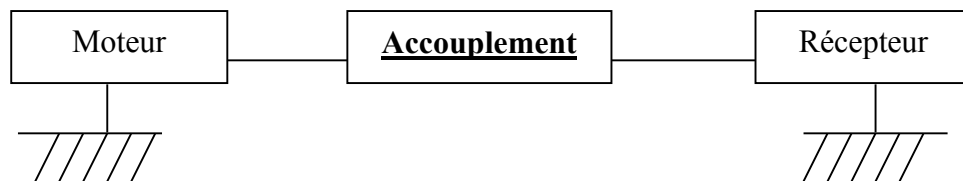


Figure IV.3 : schéma d'un accouplement. [5]

III.2.2. Manchons pour mécanismes grossiers :

Ils sont employés pour des vitesses et couples transmis faibles.



Figure IV.4 : Manchon à coquille simple. [5]

III.2.3. Accouplements rigides :

Les accouplements sont utilisés pour lier en rotation deux arbres de transmission de puissance en prolongement l'un de l'autre.

Dans le cas du KAESER CSD on trouve un accouplement rigide qui se compose de deux parties une supérieure et l'autre inférieure.

L'avantage de ce système ne réside pas uniquement dans l'absence de perte de puissance par la transmission. Le moteur d'entraînement et le bloc compresseur forment avec l'accouplement et le carter d'accouplement robuste un groupe moto-compresseur compact, de longévité élevée qui, à l'exception du graissage des roulements moteur, ne nécessite aucun entretien périodique. Un remplacement de l'accouplement, en cas de nécessité, ne demande pas démontage du groupe moto-compresseur, l'ouverture dans le carter d'accouplement est assez large pour permettre le remplacement des demi-accouplements. Le bloc compresseur de la centrale CSD à une vitesse de rotation de seulement 2980 tr/min, une petite vitesse de rotation signifie efficacité et longévité alors un coût d'air comprimé réduit.



Figure IV.5 : image d'un accouplement de KAESERCSD 102. [5]

III.3. Les vis sans fin :

Le KAESER CSD est un compresseur à vis à injection d'huile il comporte deux vis qui permettent de comprimer l'air, on utilisant le principe de diminution du volume pour augmenter la pression. Il n'y a pas de frottement entre les vis mâle et femelle, c'est le film d'huile qui assure l'étanchéité. L'huile utilisée dans le CSD est refroidie. Car elle sert aussi à l'étanchéité des vis. Si l'huile est trop chaude, elle n'est plus assez visqueuse pour garantir l'étanchéité.



Figure IV.6 : Les deux vis mâle et femelle du CSD. [5]

III.4. Les roulements :

Le mélangeur MX est équipé d'un système de roulement de plus forte capacité, avec deux roulements à billes (supérieur BE, inférieur BC) capable d'absorber à eux seuls toutes les charges. Le palier de butée inférieure joue un rôle de sécurité en cas de déséquilibre dû à des dépôts sur les rotors des agitateurs.

III.4.1. Définition :

Les roulements sont des organes mécaniques qui servent à guider un arbre de transmission en rotation, la puissance absorbée par la résistance du roulement et beaucoup plus faible que la puissance absorber par la résistance au glissement. Le schéma ci-dessous présente les principaux éléments d'un roulement.

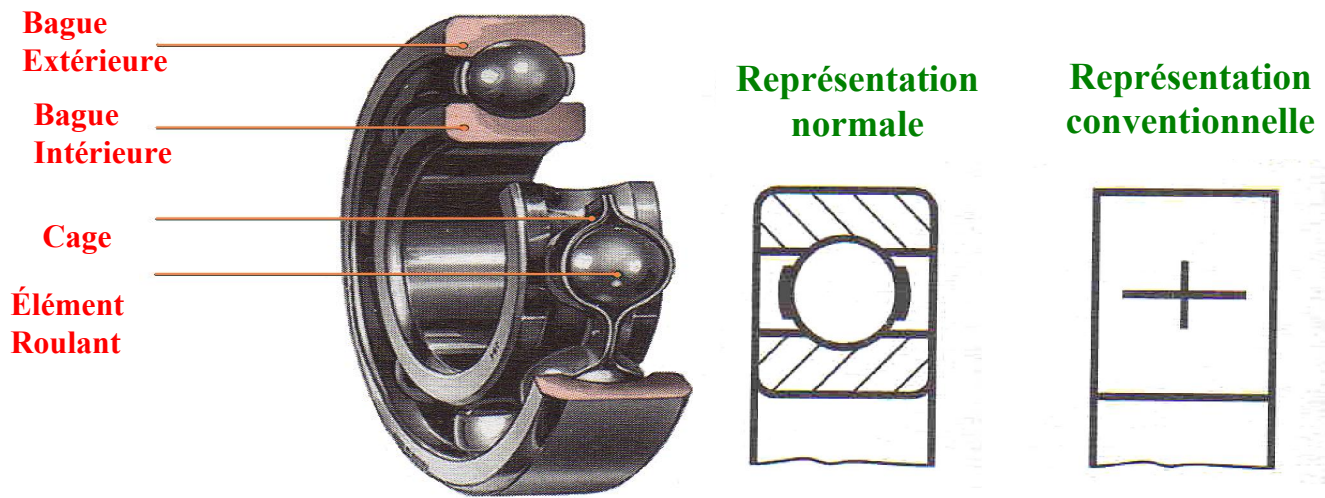


Figure IV.7 : principaux éléments d'un roulement. [6]

III.4.2. Choix d'un roulement :

Le choix d'un roulement se fait en fonction des critères suivants :

- La nature des efforts à encaisser ; l'intensité et la direction.
- Les conditions d'utilisation ; la lubrification, la nature de montage et le fonctionnement avec chocs.
- L'encombrement dimensionnel à respecter.

III.4.3. Les roulements comprennent :

- Des éléments à billes, rouleaux cylindriques ou coniques.
- Deux bagues (intérieure et extérieure).
- Une cage destinée à maintenir les éléments du roulement.
- Les éléments roulants interposés entre les deux bagues peuvent être des rouleaux, des aiguilles, etc....
- La cage assure l'écartement régulier des éléments roulants.
- La puissance absorbée par résistance au roulement est beaucoup plus faible que la puissance absorbée par la résistance au glissement.
- Un roulement est défini par deux caractéristiques essentielles : les types et les dimensions.

III.4.4. Les différents types des roulements :

- Roulements rigides à une rangée de billes à contact radial sans encoche de remplissage (type BC).
- Roulements à une rangée de billes à contact oblique (type BT).
- Roulements à deux rangées de billes à rotules (type BS).
- Roulements à deux rangées de billes à contact oblique avec encoche de remplissage (type BE).
- Roulements à deux rangées de rouleaux à rotule dans la bague extérieure (type KB).
- Roulements à aiguille (type NEA).
- Roulement à rouleaux cylindriques (type RU, RN).

III.4.5. Type des roulements utilisés :

Compresseur KAESER CSD 102, on à utiliser deux types de roulement :

Des roulements à une rangés de billes à contact oblique, et des roulements à rouleau cylindrique.

➤ Roulement a une rangée de billes a contacte oblique :

Ces roulements supportent des charges axiales relativement un seul sens élevé dans ou des charges axiales et radiales combinées. Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation. Ils demandent un bon coaxial té des portées.

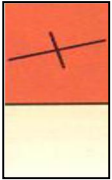
	
Roulement	Symbole

Figure IV.8 : Roulement a contacte oblique(BT). [6]

➤ **Roulement à rouleaux cylindriques :**

Ces roulements supportent des charges radiales élevées mais aucune charge axiale. Ils conviennent pour des grandes fréquences de rotation. Ils exigent une très bonne co-axialité des portées.

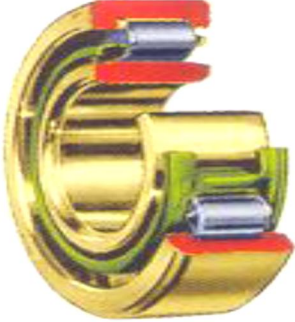
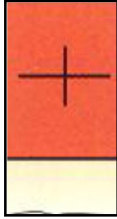
	
Roulement	Symbole

Figure IV.9 : Roulement à rouleaux cylindriques. [6]

III.4.6. Le type des roulements très employé dans l'industrie :

Ce sont les Roulements à une rangée de billes à contact radial type « BC » par ce que :

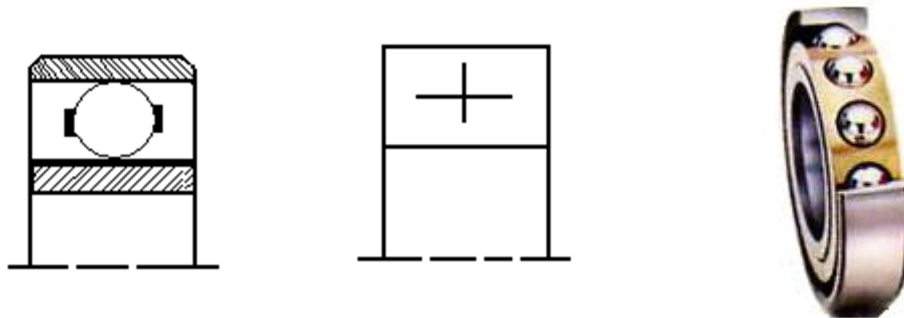


Figure IV.10 : Roulements à une rangée de billes à contact radial type « BC ». [6]

III.4.6.1. Avantage :

Ces roulements supportent des charges radiales et axiales relativement importantes.

Ils exigent une bonne co-axialité des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.

III.4.6.2. Utilisation :

Petit roulement pour grande vitesse, boîte de vitesse, arbre court rigide, mécanique générale et les pompes, moteurs électriques, et les machines outillent.

III.4.6.3. Montage des roulements:

- Les roulements sont des oranges assez fragiles, donc le respect de certaines règles exige pour leur montage.
- La bague tournante d'un roulement par rapport à la direction de la charge doit être ajustée avec serrage.
- La bague fixe d'un roulement par rapport à la direction de la charge est montée PAR glissante donc on conclue que le montage des roulements est suivant
Le type de fonctionnement de l'arbre et de logement c'est –à –dire : soit logement tournant et arbre fixe ou arbre tournant et logement fixe.

III.4.6.4. La lubrification des roulements :

La lubrification des roulements a pour but principal :

- Diminuer les frottements.
- De réduire l'usure.
- D'éviter la corrosion.

➤ **Lubrification à la graisse :**

La lubrification à la graisse est économique et relativement simple, mais elle n'est pas indiquée pour les grandes fréquences de rotation (fréquences de rotation maximales environ la moitié de celles indiquées dans les chapitres précédents).

➤ **Choix des graisses :**

Le choix d'une graisse dépend des conditions d'utilisation (fréquence de rotation, température, milieu ambiant...).

Pour des températures comprises entre -30 °C et + 120 °C, on utilise des graisses composées d'huile minérale et de matières saponifiables (lithium, sodium, potassium...).

Pour les températures supérieures à 250 °C, on utilise des graisses aux silicones ou au bisulfure de molybdène. La consistance d'une graisse est définie par son grade NLGI (National Lubrication Grease Institute) correspondant à une valeur de pénétration dans de la graisse travaillée.

➤ **Graissage à vie ou pour plusieurs années :**

Ce mode de graissage convient pour des appareils domestiques, des petits moteurs électriques, etc.

Le graissage est effectué au montage ou lors des révisions d'entretien. Un dispositif de graissage est inutile.

➤ **Graissage annuel ou semi-annuel :**

C'est le mode de graissage le plus fréquent. On prévoit un dispositif de « graissage dirigé». Il permet à la graisse de déboucher de préférence à la partie inférieure du roulement et aussi près que possible de celui-ci. On prévoit un logement pour la graisse usagée et la possibilité de l'évacuer après plusieurs graissages.

Pour les roulements à rouleaux coniques, l'arrivée de la graisse se fait du côté du petit diamètre des galets. On assure ainsi une circulation automatique de la graisse, sous l'effet de pompage, dû aux surfaces coniques du roulement.

Pour une butée, la graisse doit arriver par sa partie centrale.

III.4.6.4. Protection des roulements :

La protection des roulements a un double but :

- Éviter la pénétration d'impureté.
- Empêcher les fuites du lubrifiant.

Rôle de la cage :

Elle assure une répétition régulière des pièces de révolution on dit aussi qu'elle sert à espacer les éléments roulants les uns des autres.

Le roulement a des avantages comme il a des inconvénients.

III.4.6.5. Les avantages des roulements en général :

Diminution des frottements d'où l'amélioration du rendement, résistance au roulement aussi faible au démarrage qu'on marche, silencieux et économique pour le graissage et l'entretien...etc.

III.4.6.6. Les inconvénients des roulements en général :

Prix élevé, organes délicats craignant le choc, nécessitent un usinage précis et un montage soigné.

II/partie électrique

Introduction :

L'énergie électrique absorbée par le compresseur doit passer par les différents éléments qui forment les circuits de puissance et de commande.

Connaitre la fonction de ces éléments est très important pour assurer le bon fonctionnement de circuit électrique, et facilitera sa maintenance.

Dans cette partie nous allons définir les différents éléments qui se trouvent dans l'armoire électrique du compresseur, nous représenterons les schémas de puissance et de commande et nous expliquerons le fonctionnement du système.

I. Le bloc moteur asynchrone de KAESER CSD 102 :

I.1 la structure du moteur :

Le bloc compresseur du central CSD est entraîné par un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuil.

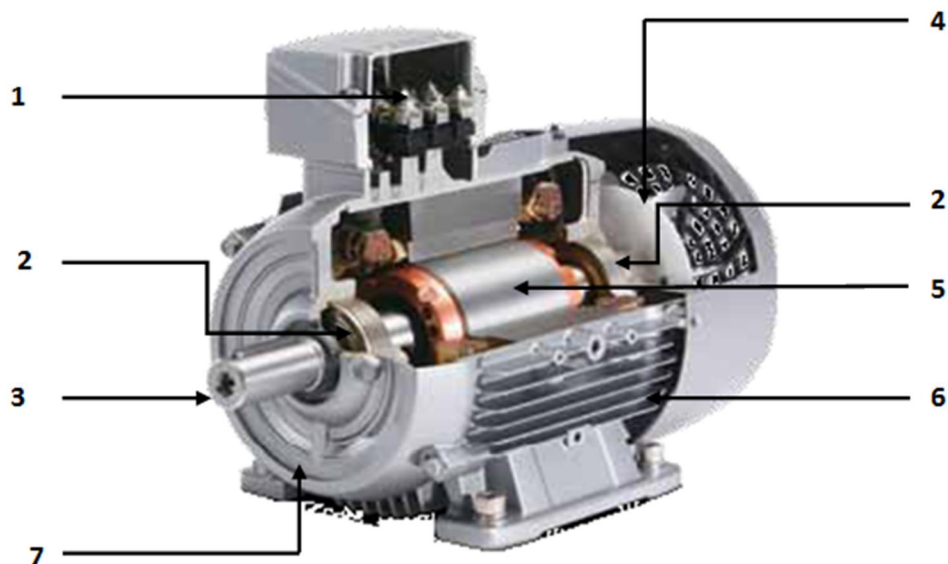


Figure IV.11 : Le moteur SIEMENS de la centrale CSD. [1]

Nomenclature des composants	
REF	Désignation
1	Plaque à bornes
2	Roulements moteurs
3	Arbre moteur
4	Ventilateur
5	Rotor
6	Ailettes de refroidissement
7	Stator

Tableau 7 : les principaux éléments du moteur SIEMENS de la centrale CSD [5].

Il se constitue de :

I.1.1. Le stator (inducteur) :

C'est la partie fixe du moteur. Il est constitué d'une carcasse sur laquelle est fixée une couronne de tôles d'acier de qualité spéciale munies d'encoches. Des bobinages de section appropriée sont répartis dans ces dernières et forment un ensemble d'enroulements qui comporte autant de circuits qu'il y a de phases sur le réseau d'alimentation, les bobines sont décalées de 120° l'une par rapport à l'autre.

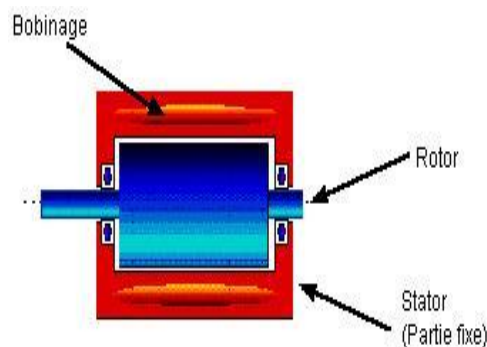


Figure IV.12 : Le stator. [1]

I.1.2. Le rotor à cage d'écureuil (induit) :

C'est la partie mobile du moteur ; il est placé à l'intérieur du stator, et constitué d'un empilage de tôles d'acier formant un cylindre claveté sur l'arbre du moteur.

- Il tourne à une vitesse inférieure à la vitesse du champ tournant.
- Il est placé dans un champ tournant par rapport à lui.
- Il doit être feuilleté pour réduire les pertes par courant de Foucault.

Des encoches ou « trous » sont répartis à la périphérie C'est dans ces encoches que sont placées des barres en cuivre servant de conducteurs. Ces conducteurs sont court-circuités à chaque extrémité par une couronne en cuivre l'ensemble formant une cage d'écureuil. Ces moteurs ont un couple de démarrages relativement faible et l'intensité absorbée est trop élevée.

II. Principe de fonctionnement :

Le principe des moteurs à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ Magnétique tournant produit par des tensions alternatives

La circulation d'un courant dans une bobine crée un champ magnétique.

Les trois bobines sont disposées dans le stator à 120° les unes des autres, trois champs magnétiques sont ainsi créés. Compte-tenu de la nature du courant sur le réseau triphasé, les trois champs sont déphasés. Le champ magnétique résultant tourne à la même fréquence que le courant soit 50 tr/s.

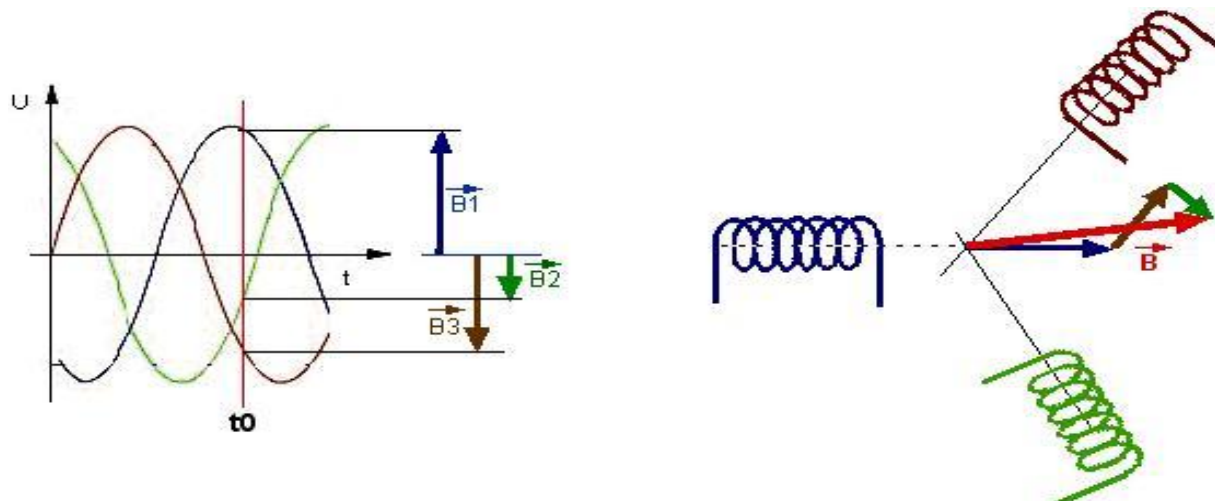


Figure IV.13 : champ Magnétique dans la bobine. [1]

Les 3 enroulements statoriques créent donc un champ magnétique tournant, sa fréquence de rotation est nommée fréquence de synchronisme.

Le stator est constitué de barres d'aluminium noyées dans un circuit magnétique. Ces barres sont reliées à leur extrémité par deux anneaux conducteurs et constituent une "cage d'écureuil". Cette cage est en fait un bobinage à grosse section et très faible résistance.

Cette cage est balayée par le champ magnétique tournant. Les conducteurs sont alors traversés par des courants de Foucault induits. Des courants circulent dans les anneaux formés par la cage, les forces de Laplace qui en résultent exercent un couple sur le rotor. D'après la loi de Lenz les courants induits s'opposent par leurs effets à la cause qui leur a donné naissance. Le rotor tourne alors dans le même sens que le champ, mais avec une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme de ce dernier.

Le rotor ne peut pas tourner à la même vitesse que le champ magnétique, sinon la cage ne serait plus balayée par le champ tournant et il y aurait disparition des courants induits et donc des forces de Laplace et du couple moteur. Les deux fréquences de rotation ne peuvent donc pas être synchrones d'où le nom de moteur asynchrone.

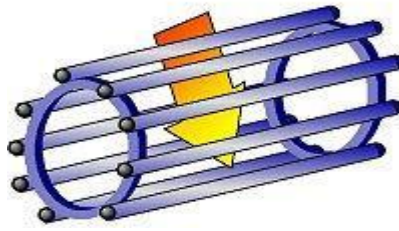


Figure IV.14 : Cage d'écureuil. [1]

III. Le démarrage du moteur CSD 102 :

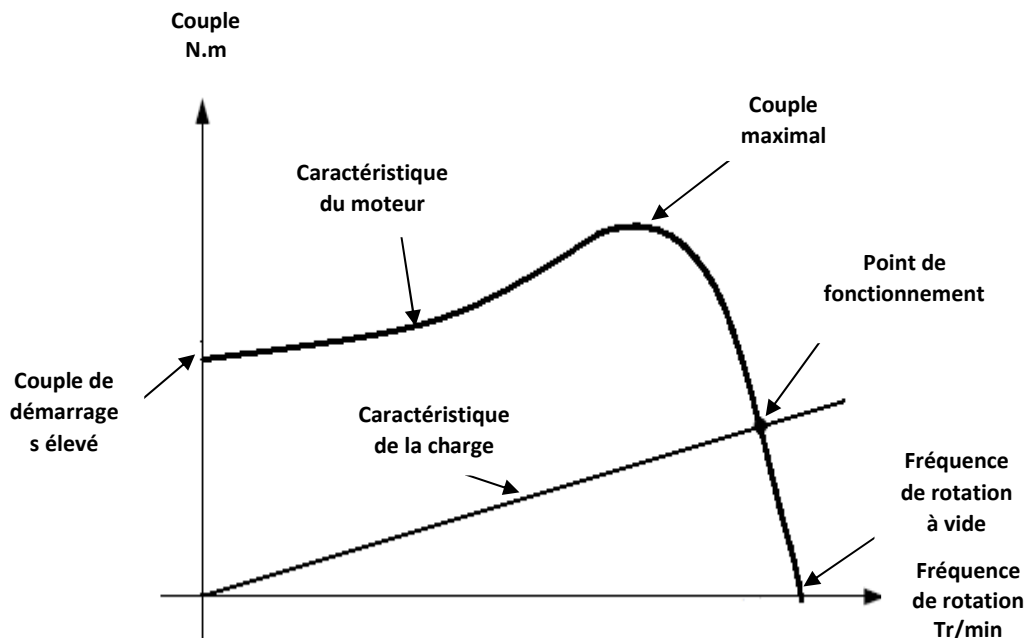


Figure IV.15 : Caractéristique mécanique du moteur. [1]

III.1. Démarrage direct :

Ce type de démarrage est utilisé pour le moteur du ventilateur.

Dans le cas de démarrage direct le courant de ligne vaut 7 fois le courant final de régime il faut dimensionner les protections, mais surtout cela occasionne une chute de tension qui risque de perturber le fonctionnement des appareils connectée sur la ligne et sur le

bon fonctionnement du moteur lui-même. Ce dernier risque de ne plus démarrer (la courbe du couple moteur s'effondre pour devenir inférieure au couple résistant). En outre le couple d'accélération est relativement élevé, il y a un à-coup au démarrage qui risque de casser les organes mécaniques.

- **Avantages :** simplicité de l'appareillage, rapidité de la mise en régime.
- **Inconvénient :** démarrage brutal, courant d'appel élevé ce qui perturbe les appareils branché sur la même ligne.

III.2. Démarrage étoile / tringle :

Ce type démarrage est utilisé pour le moteur d'entraînement il consiste à réduire par $\frac{1}{\sqrt{3}}$ la tension aux bornes du moteur grâce à une connexion étoile lors de la phase de démarrage, le courant de ligne est alors divisé 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.

- **Avantage :**

Démarrage doux, courant d'appel moins élevé.

- **Inconvénient :**

Couple réduit en tiers, utilisé sauf s'il y a un faible couple résistant au démarrage.

Le couplage du moteur en étoile ou bien en triangles se fait comme suit :

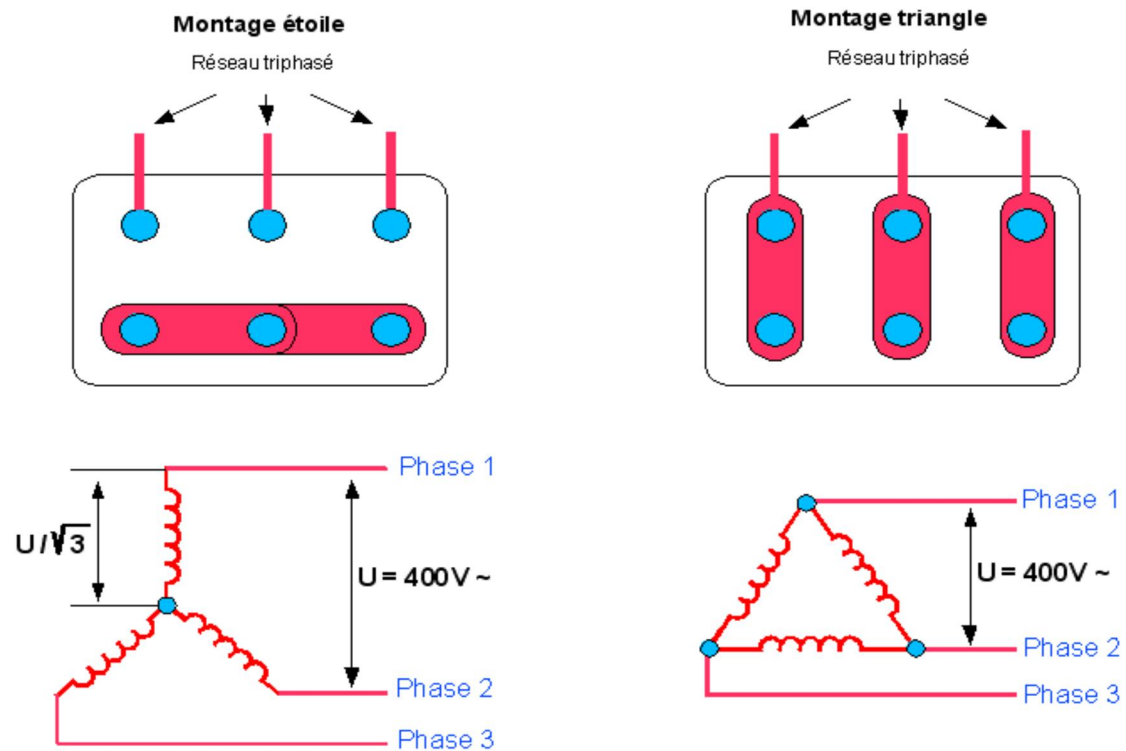


Figure IV.16 : .montage étoile et triangle. [1]

IV. Bilan des puissances et des pertes :

IV.1. La puissance absorbée :

La puissance absorbée réellement par un moteur électrique est donnée par la relation :

$$P_a = \sqrt{3} \cdot U I \cdot \cos \varphi$$

U : La tension composée aux bornes du moteur.

I : Le courant de ligne.

$\cos \varphi$: Le facteur de puissance du moteur.

Cette puissance n'est pas la puissance nominale du moteur, car elle subit des pertes nous donnons par la suite les différentes puissances ainsi les relations permettant

de les calculer. La puissance absorber subit des pertes magnétiques statoriques et des pertes par effet joule au stator P_{js} .

$$P_{js} = \frac{3}{2} RI^2$$

R : est la résistance entre deux bornes

Pour donner une puissance qui est transmise au rotor P_{tr} :

$$P_{tr} = P_a - (P_{js} + P_f)$$

La puissance transmise au rotor subit des pertes Joule rotoriques P_{jr}

$$P_{jr} = g \cdot P_{tr}$$

g : est le glissement.

Pour donner la puissance électromagnétique P_{em}

$$P_{em} = P_{tr} - P_{jr} = (1 - g) \cdot P_{tr}$$

Les pertes fer P_f et les pertes mécaniques rotationnelles P_{mec} sont déterminées lors d'un essai à vide.

IV.2 la puissance utile du moteur P_u :

C'est la puissance indiquée, sur la plaque signalétique du moteur elle est calculée, par la relation :

$$P_u = T_u \cdot \omega$$

T_u : Le couple utile déployé par le moteur.

ω : La vitesse de rotation le couple lorsque le couple utile est déployé.

IV.3 Le rendement du moteur :

C'est le rapport entre la puissance mécanique utile fournie par le moteur et la puissance

électrique qu'il absorbe.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

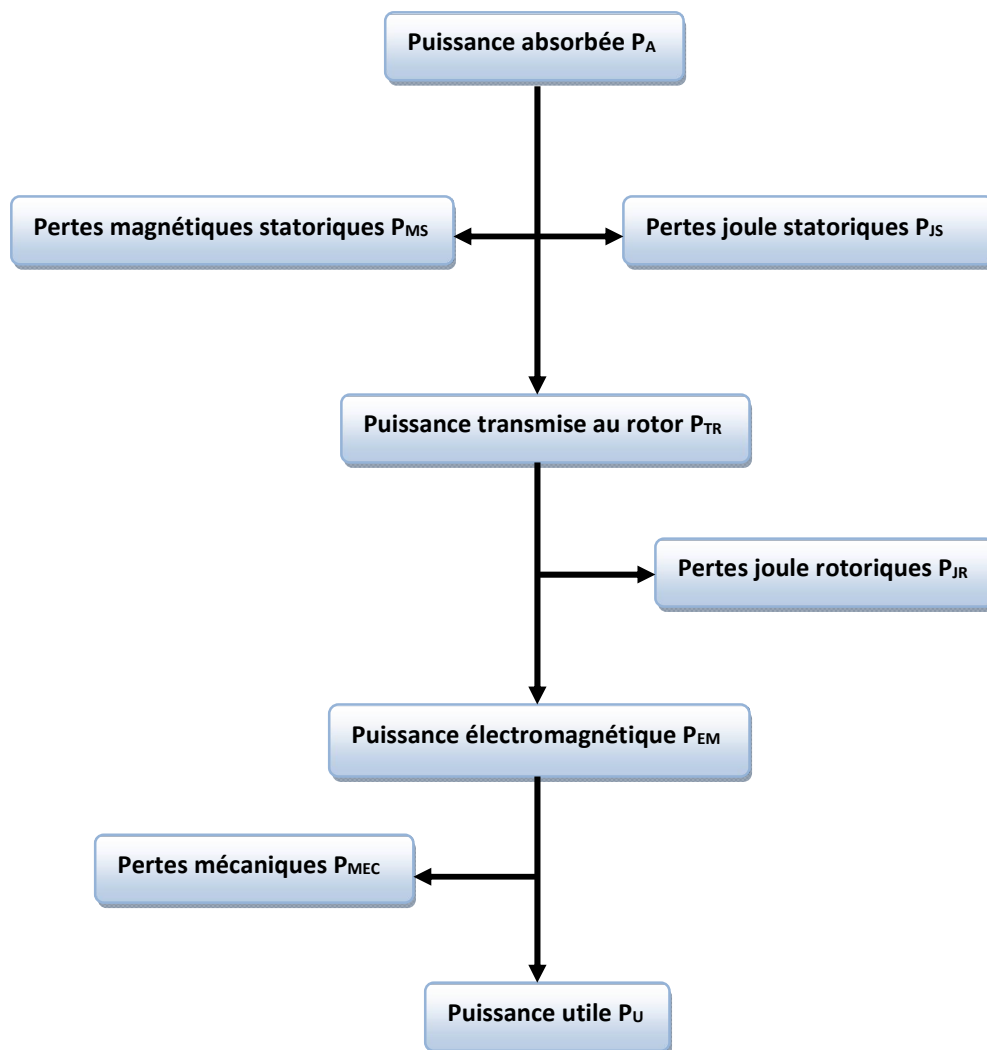
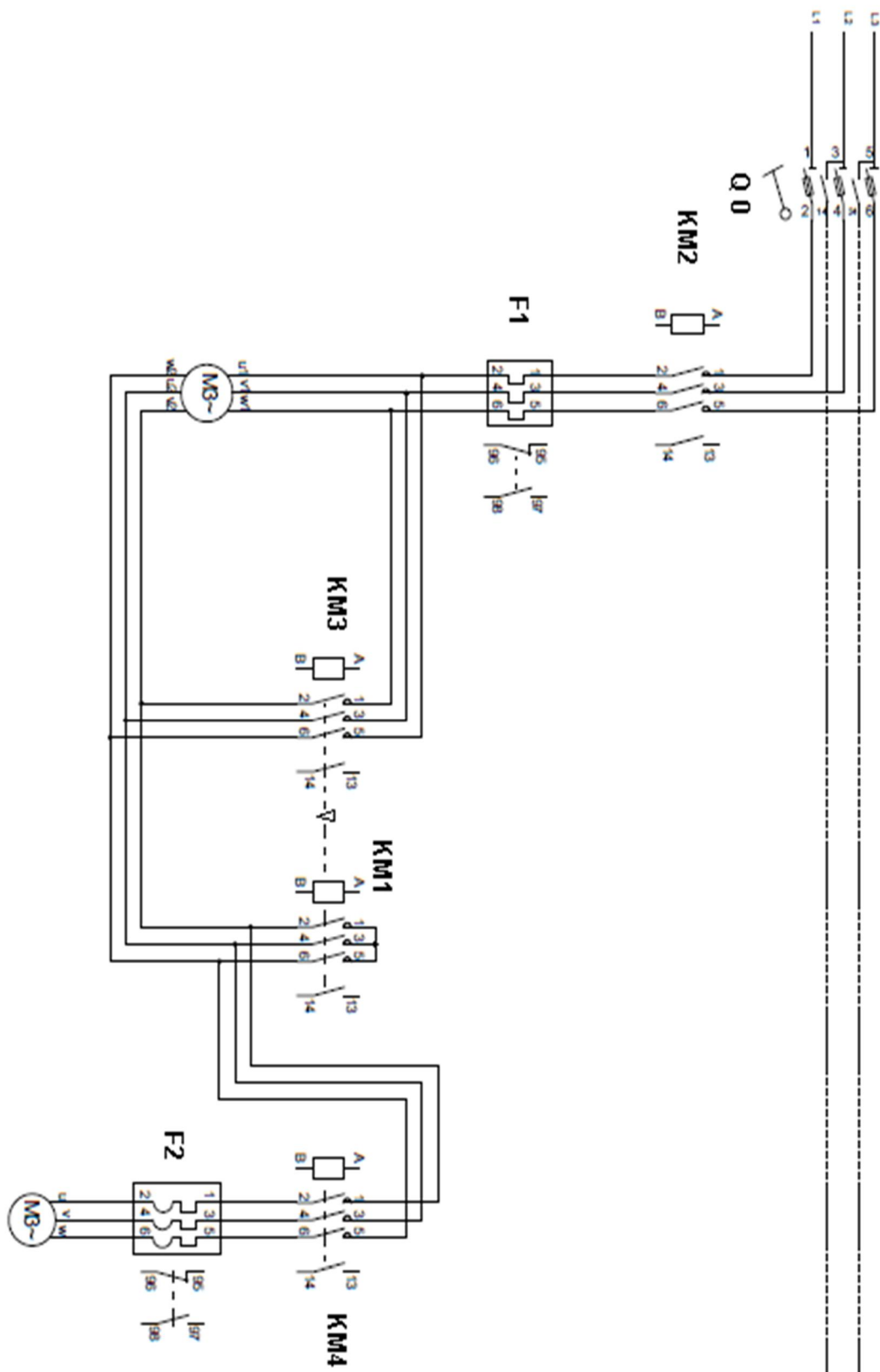
V. Représentation simplifiée du bilan de puissance :

Figure IV.17 : Représentation du bilan de puissance. [5]



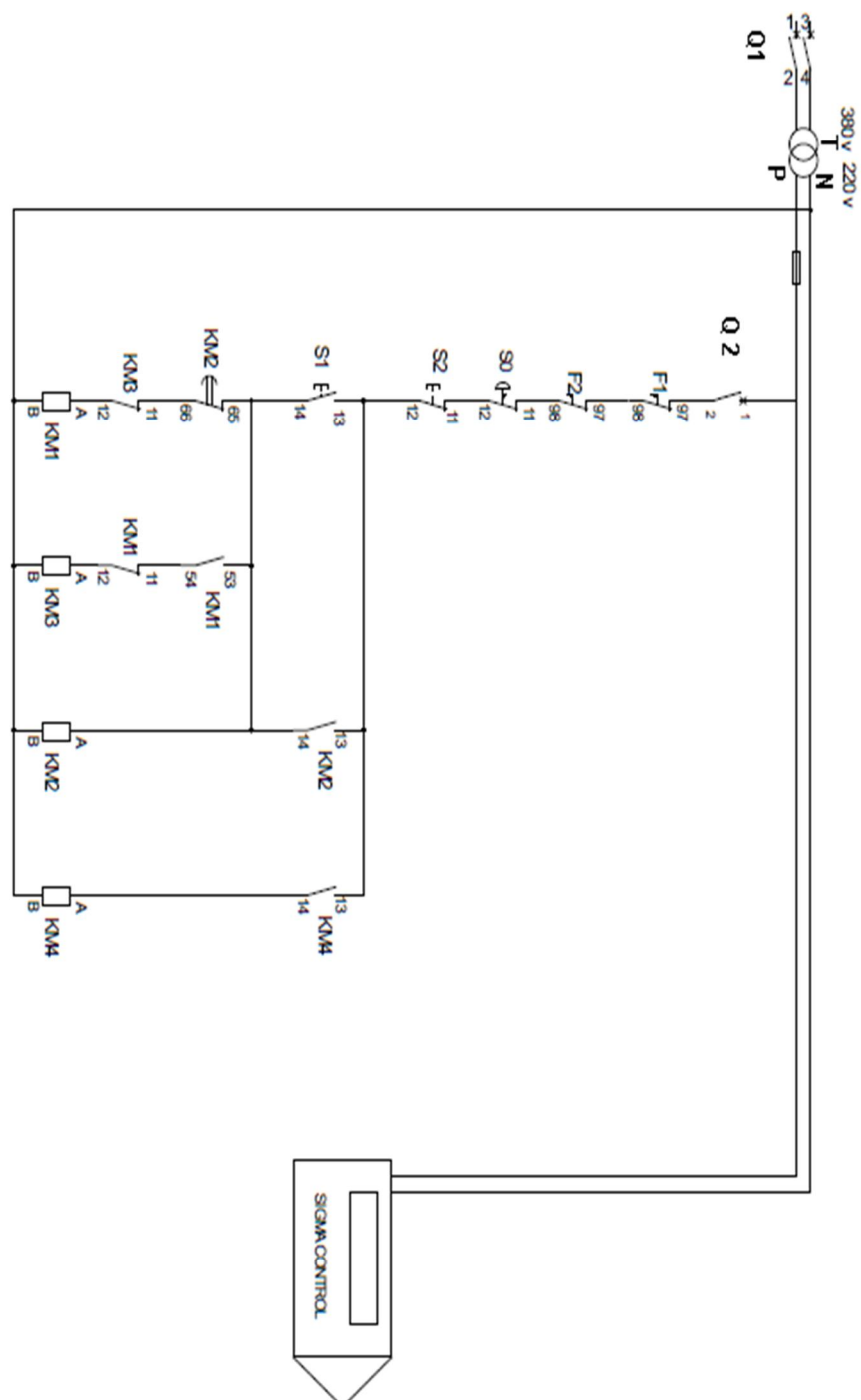


Figure IV.18 : Circuit de commande de compresseur KAESER CSD 102.

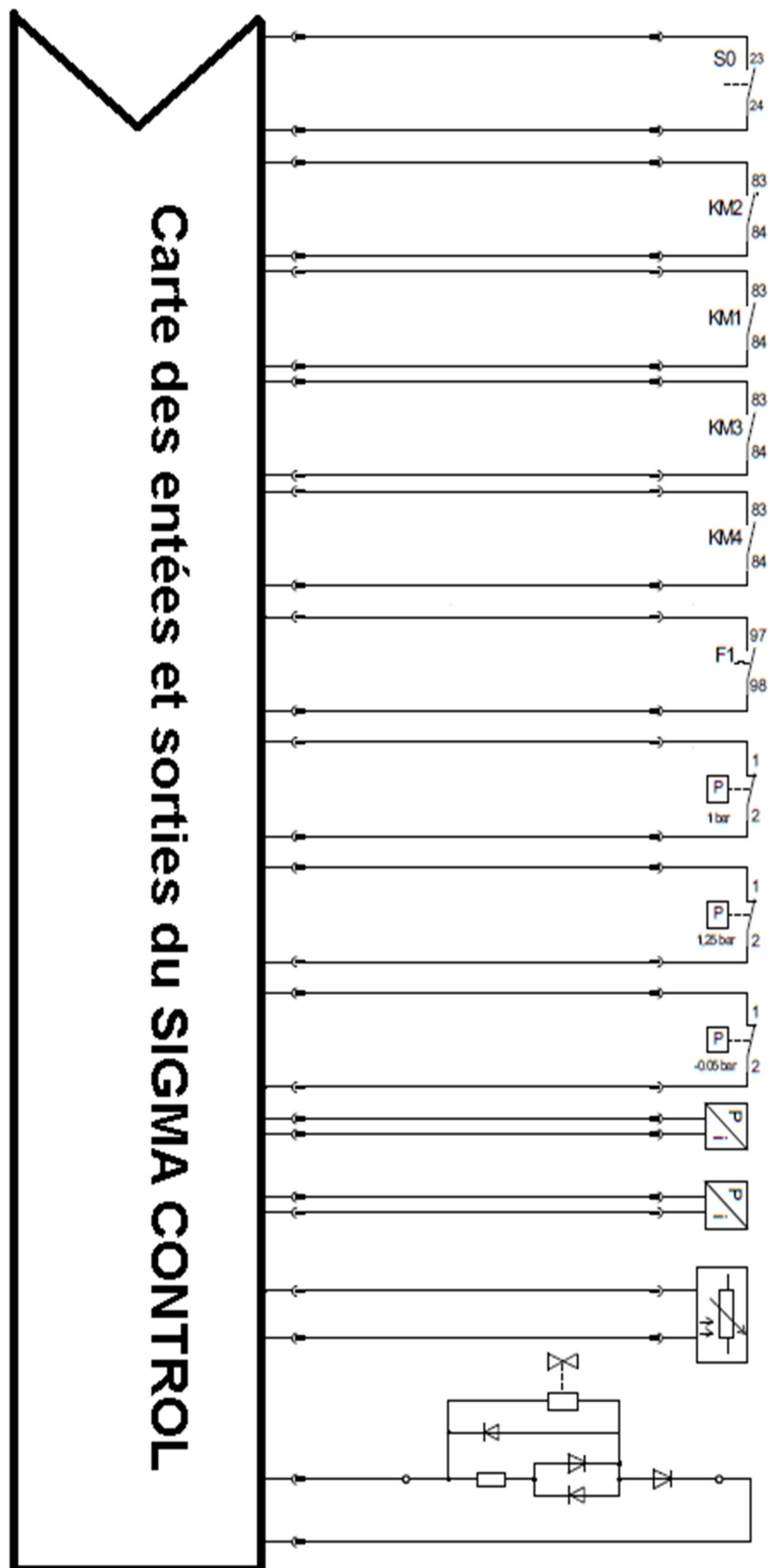


Figure IV.19 : Les entrées et sorties d'information du SIGMA CONTROL. [1]

VI. Principe de fonctionnement du circuit électrique de compresseur CSD 102 :

VII.1 Circuit de puissance :

- Fermeture de disjoncteur Q1, Mise sous tension de SIGMA CONTROL.
- Fermeture de Q2.
- Impulsion sur S1.
- Excitation de la bobine KM2 et fermeture de l'auto maintien KM2.
- Excitation de la bobine KM1 (après un temps pré réglé).
- Ouverture temporisée du contact 65/66, désexcitation de KM1.
- Fermeture du contact 53/54, excitation de la bobine KM3.
- La fermeture de 53/54 entraine.

VI.2 Circuit de commande :

- Fermeture manuelle de disjoncteur Q1.
- Le SIGMA CONTROL est sous tension.
- Fermeture manuelle de disjoncteur Q2.
- Le circuit de commande est sous tension.
- Impulsion sur S2 fermeture de KM1(étoile) et fermeture de KM2 (ligne) et KM4 (ventilateur) par KM1 (53-54).
- Auto-maintien de KM1, KM2 et KM4 par KM2 (13-14).
- Ouverture temporisée de KM1 par KM2 (55-56).fermeture de KM3 par KM1 (21-22) et KM2 (67-68).
- Arrêt : impulsion sur S1.
- En cas d'urgence : impulsion sur S0 arrêt d'urgence.

VI.3 Les entrées et sortie d'information :

- Les informations qui viennent des différents composants électriques collectés dans la carte de base SEGMA CONTROL puis analysée se la permettent détecter le moindre défaut avec précision à l'aide de l'affichage d'un texte dans l'écran du SEGMA CONTROL.

- Les chutes de pression sont détectées durant tout le processus de compression à l'aide des différents capteurs de pression. Puis le SEGMA CONTROL commande automatiquement l'ouverture ou la fermeture de l'électrovanne de régulation.

VII. Les appareillages électriques de compresseur Kaeser CSD102 :

Ce sont les organes qui se trouvent dans l'armoire électrique du compresseur, il se divise selon leur fonction en éléments de commande et de protection.

VIII.1 Éléments de commande :

VII.1. Le sectionneur :

VII.1.1. Fonction :

Comme son nom l'indique, le sectionneur assure un sectionnement dans un circuit électrique. Il permet d'isoler électriquement une installation ou un circuit électrique. Ils sont équipés généralement de fusibles (protection court-circuit) et d'un dispositif de cadenas sage pour une éventuelle consignation.

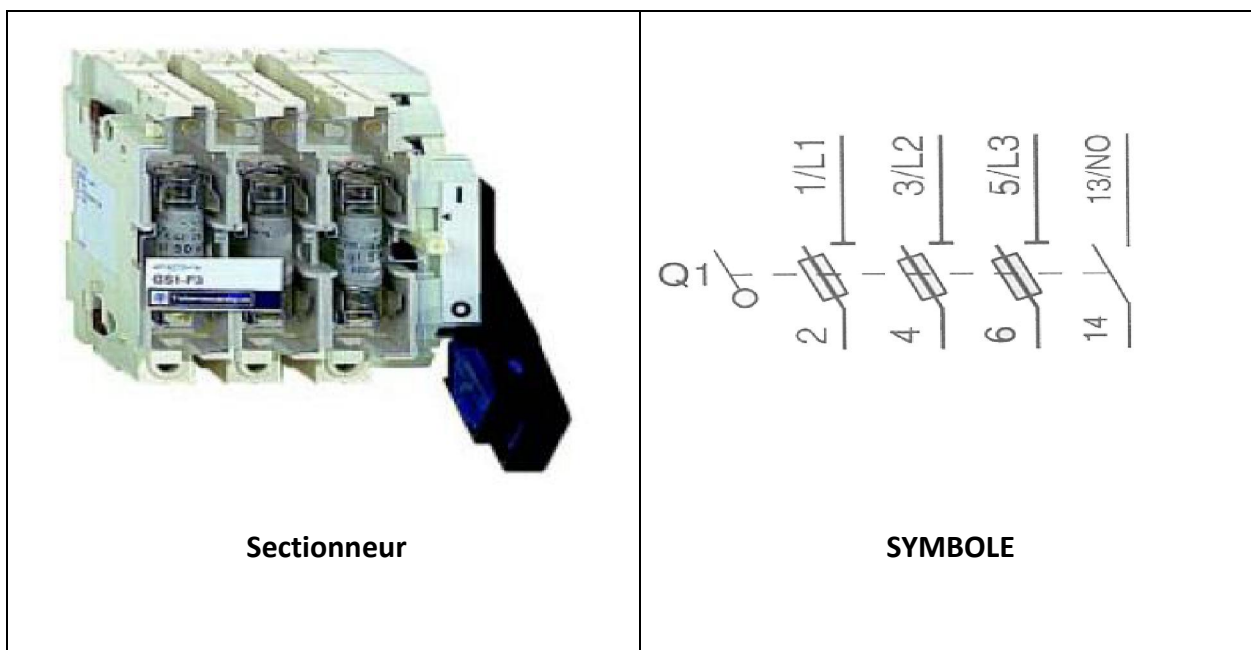


Figure IV.20 : le sectionneur. [1]

Remarque :

Le sectionneur doit être manœuvré hors charge, dans le cas contraire à l'ouverture un arc électrique va se produire et mettre la personne qui l'actionne en danger et détériorer l'appareil lui-même. Le sectionneur n'a aucun pouvoir de coupure, en général ils sont équipés d'un contact de pré-coupure qui doit être impérativement branché sur le circuit de commande.

VII.1.2. Le contacteur :**VII.1.2.1. Fonction :**

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.

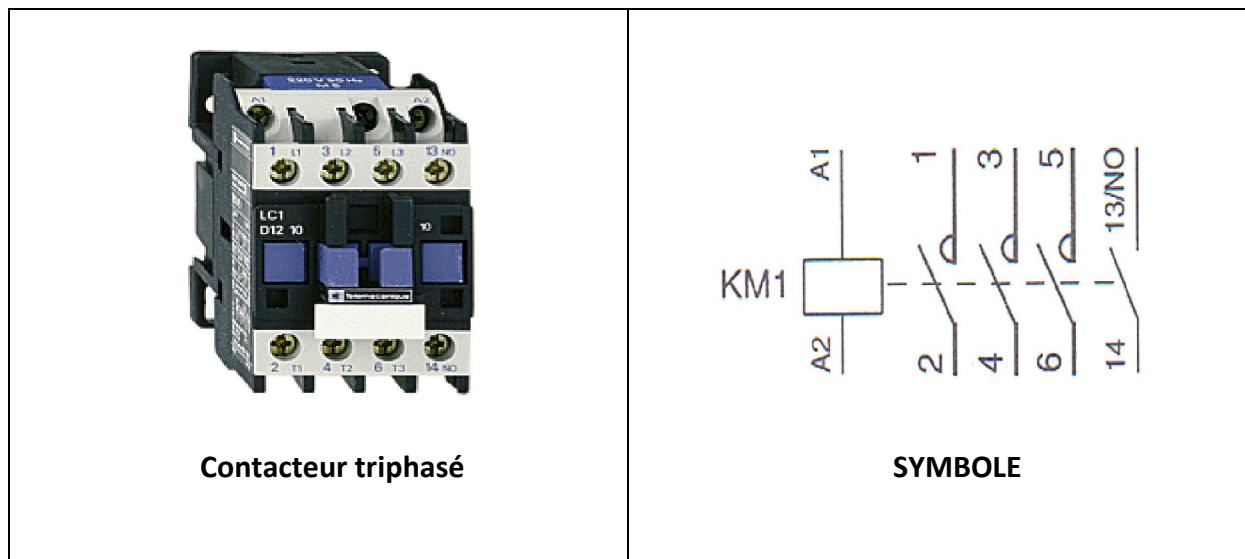


Figure IV.21 : contacteur triphasé. [1]

VII.1.2.2. 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

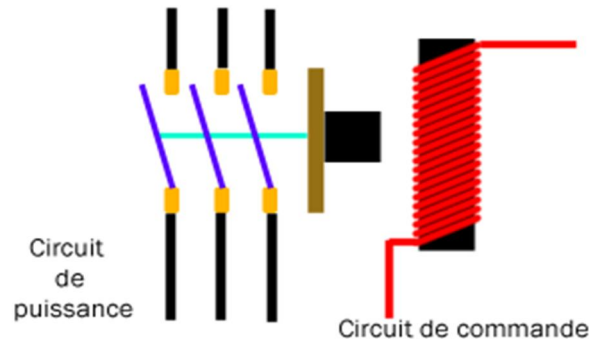


Figure IV.22 : le branchement de circuit de commande. [1]

VII.1.3. Les disjoncteurs :

VII.1.3.1. Fonction :

Le disjoncteur assure une protection contre les surcharges de tout type ainsi que les personnes contre les contacts indirects (voir les types de disjoncteur). Il permet aussi d'établir, d'isoler, d'interrompre le passage du courant dans un circuit ou une partie d'un circuit électrique.

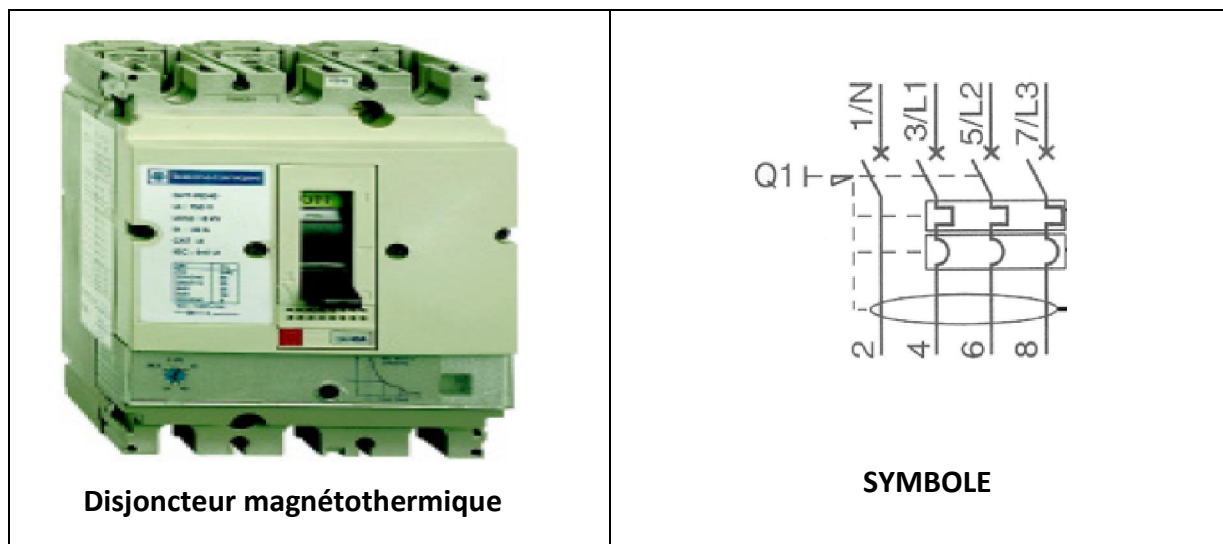


Figure IV.23 : disjoncteur magnétothermique. [1]

VII.1.3.2. Les différents types de disjoncteur :

Il existe plusieurs types de disjoncteur :

- Disjoncteur magnétique : assure la protection contre le court-circuit.
- Disjoncteur thermique : assure la protection contre les surcharges.
- Disjoncteur magnétothermique : assure la protection contre les courts-circuits ainsi que les surcharges.
- Disjoncteur magnétothermique différentiel : assure la protection contre les courts-circuits, les surcharges et la protection des personnes contre les contacts indirects.

VII.1.3.2.1. Le disjoncteur thermique :

Il fonctionne sur le même principe que le relais thermique.

VII.1.3.2.2. Le disjoncteur magnétique :

Il fonctionne un peu comme un contacteur, c'est-à-dire que le courant passe dans un bobinage, lorsque l'intensité devient supérieure au calibre du disjoncteur, le champ magnétique créé attire un contact mobile et ainsi ouvre le circuit.

VII.1.3.3. Transformateur :

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

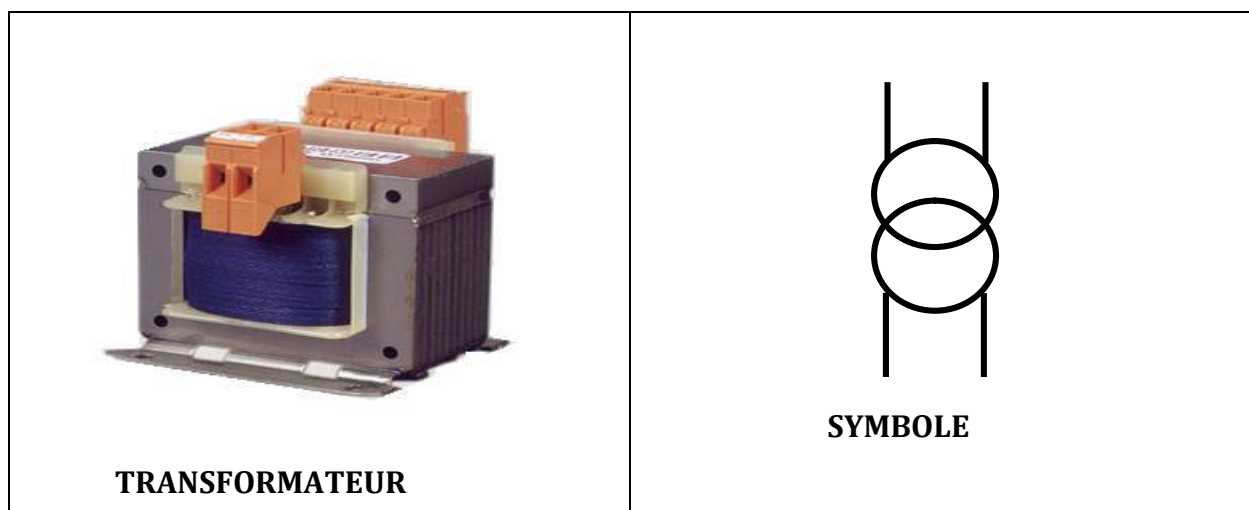


Figure IV.24 : le transformateur. [1]

VII.1.3.3.1. Les différents types de transformateurs :

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.

VII.1.3.3.1.1. Constitution :

Le transformateur se constitue de :

➤ **Le circuit magnétique :**

Il est constitué d'un circuit fermé permettant la circulation du flux en fer additionné de silicium pour réduire les pertes. Il est feuilleté pour réduire les pertes en courant de Foucault.

➤ **Bobinage :**

Le nombre de spires des deux enroulements est différent l'enroulement qui comporte le plus grand nombre de spires est appelé enroulement haute tension il est en fil fin et l'autre qui comporte moins de spires est appelé enroulement de basse tension il est en fil gros. L'enroulement qui est alimenté par une source extérieure est appelé primaire et l'autre qui alimente une charge est appelé secondaire.

VII.1.3.3.1.2. 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 sinusoïdale 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 visualisée à l'oscilloscope, et dont nous pouvons mesurer la valeur efficace.

VII.1.3.3.1.3. Rapport de transformation :

$$M = \frac{N2}{N1} = \frac{U20}{U10} = \frac{I1cc}{I2cc}$$

N2 : nombre de spires de l'enroulement secondaire.

N1 : nombre de spires de l'enroulement primaire.

U10 : tension d'alimentation.

U20 : tension à vide au secondaire.

I1cc : courant de court-circuit au primaire

I2cc : courant de court-circuit au secondaire.

VII.1.3.3.1.4. Rendement de transformateur :

$$\eta = \frac{P2}{P1} = \frac{P2}{(P2 + \Sigma pertes)}$$

$\Sigma Pertes$: pertes joules et les pertes de fer.

P1 : puissance totale absorbée.

P2 : puissance totale transmise à la charge.

VII.1.3.3.1.5. Avantages de transformateur :

Le transformateur permet d'assurer l'isolation de circuit de commande sous tension réduite donc la protection des composants électriques ainsi que les l'opérateur qui intervient sur la commande.

VII.1.4. Les éléments de protection :**VII.1.4.1. Les fusibles :****VII.1.4.1.1. Fonction :**

La fonction du fusible est d'assurer la protection des circuits électriques contre le court-circuit. Le principe est le suivant, lorsque le courant demandé par le circuit électrique dépasse le calibre du fusible, la partie conductrice intérieure fond et ainsi ouvre le circuit.

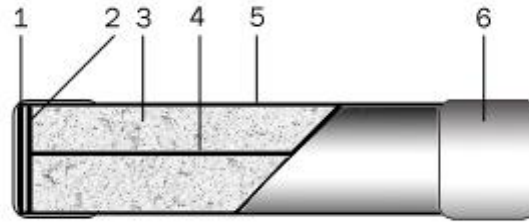


Figure IV.25 : le fusible. [1]

1. Plaque de soudure.
2. Disque de centrage de la lame fusible.
3. Silice (permets une coupure franche).
4. Lame fusible.
5. Tube.
6. Embout de contact.

Il existe plusieurs types de fusibles. Les fusibles que contient notre sectionneur sont de type gG.

Les fusibles gG : sont des fusibles dits « protection générale », protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges ainsi que le court-circuit. Les inscriptions sont écrites en noir.

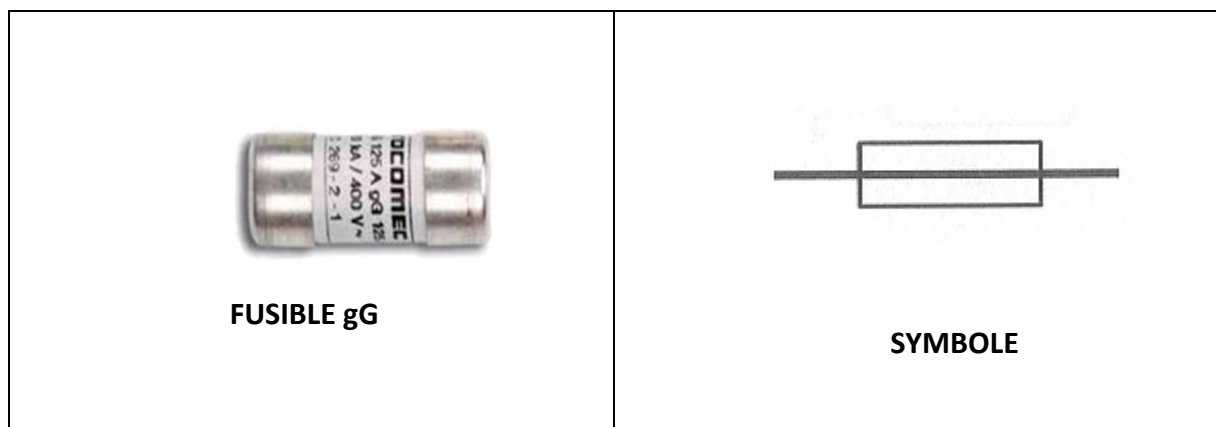


Figure IV.26 : le fusible gG. [1]

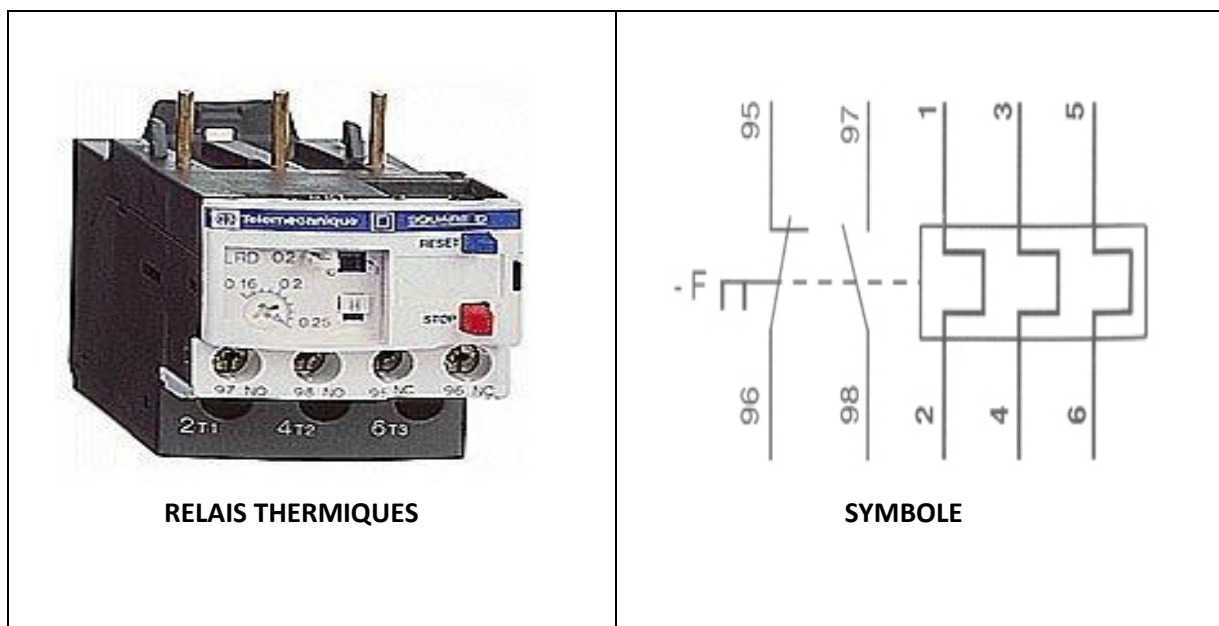
VII.1.4.1.2. Caractéristiques des fusibles :

- Tension nominale : 250, 400, 500, 660V.
- Intensité de courant nominale (I_n) : c'est le calibre du fusible ou de la cartouche de remplacement.
- Courant de non fusion (I_{nf}) : c'est la valeur de courant qui peut être supporté par le fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.
- Courant de fusion (I_f) : c'est la valeur du courant qui provoque la fusion avant la fin de temps conventionnel.
- Durée de coupure : c'est le temps qui s'écoule entre le moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer la fusion et la fin de fusion.
- Courbe de fonctionnement d'un fusible : on exprime le temps de fusion en fonction de l'intensité ce qui se traduit par deux courbes.

VII.1.5. Relais thermiques :

VII.1.5.1. Fonction :

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).



VII.1.5.2. 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) et le déclenchement est fonction du courant et du temps comme l'indique la courbe ci-dessous.

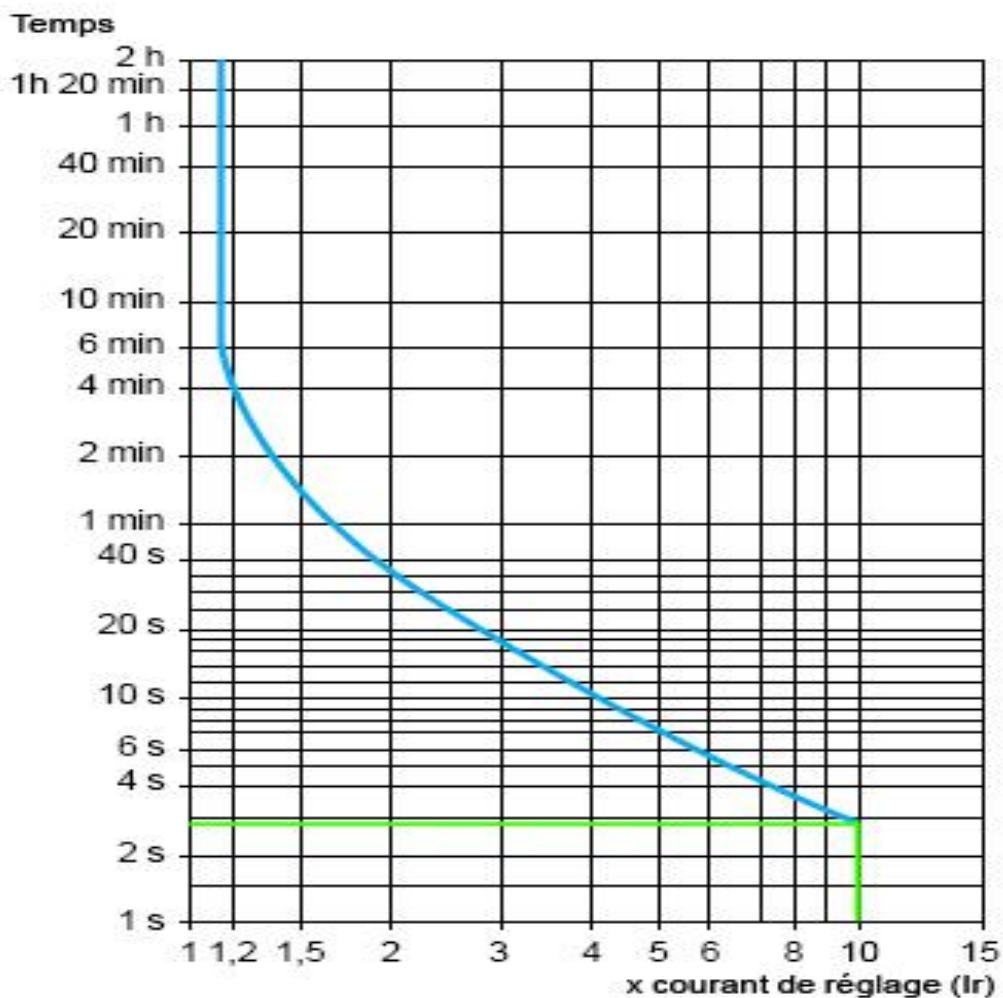


Figure IV.28 : la Courbe de déclenchement de disjoncteur. [1]

Remarque :

On peut voir sur le graphe que si l'intensité qui traverse le disjoncteur est de 10 fois l'intensité de réglage, le relais va se déclencher en moins de 3 secondes.

III/partie pneumatique

Introduction :

L'air comprimé est une source d'énergie, la compression de l'air passe par plusieurs étapes, en commençant par l'aspiration de l'air atmosphérique puis la filtration, la compression avant de pouvoir l'utiliser.

Dans cette partie nous allons découvrir les différents éléments qui se trouvent dans le schéma pneumatique, nous expliquerons leurs rôles, et le principe de fonctionnement du circuit.

Mais aussi la détermination des points essentiels qui facilite d'effectuer une intervention rapide et efficace sur le compresseur.

I. schéma pneumatique :

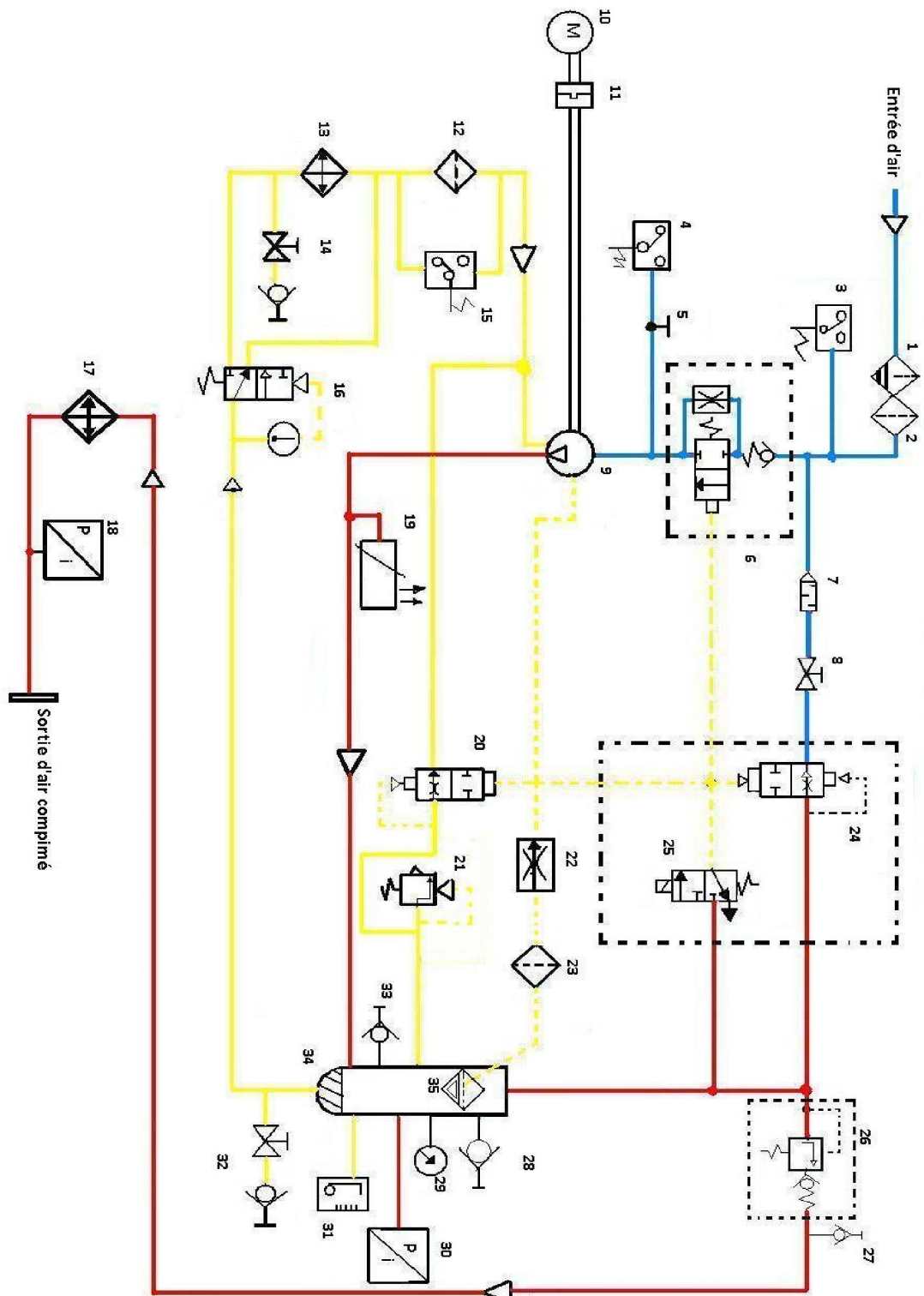


Figure IV.29 : le Schéma pneumatique de compresseur KAESER CSD 102. [5]

Nomenclature des composants :

Composants	désignations
1	Collecteur de poussière
2	Filtre à air
3	Interrupteur à vide filtre à air
4	Pressostat mauvais sens de rotation
5	Orifice de remplissage d'huile avec bouchon
6	Soupape d'aspiration
7	Silencieux
8	Vanne d'arrêt – conduite de mise à vide
9	Bloc compresseur à vis
10	Moteur d'entraînement
11	Accouplement
12	Filtre à huile
13	Refroidisseur d'huile
14	Vanne d'arrêt avec raccord rapide purge d'huile
15	Pressostat différentiel – filtre à huile
16	Vanne de régulation de température
17	Refroidisseur d'air comprimé
18	Capteur de pression du réseau
19	Capteur PT 100
20	Électrovanne de dosage d'huile
21	Soupape de sécurité
22	Diaphragme
23	Filtre
24	Électrovanne de mise à vide
25	Électrovanne de régulation
26	Clapet anti – retour / soupape de pression minimum
27	Raccord rapide
28	Raccord rapide côté air
29	Manomètre
30	Capteur de pression interne

31	Voyant de niveau d'huile
32	Vanne d'arrêt avec raccord rapide purge d'huile
33	Raccord rapide côté huile
34	Réservoir séparateur d'huile
35	Cartouche séparatrice d'huile

Tableau 8 : nomenclature des composants de schéma pneumatique. [5]

II. Principe de fonctionnement :

L'air atmosphérique est aspiré à travers le collecteur de poussière **(1)**, puis passe par un filtre à air **(2)** ou il est épuré avant de passer par la soupape d'aspiration **(6)** pour arriver au bloc compresseur **(9)**, ou il se mélange avec l'huile de refroidissement.

Deux pressostats sont placés en série avec la soupape d'aspiration ;

- Le premier est situé entre le filtre à air et la soupape d'aspiration. Il a le rôle de contrôler la pression d'air à l'entrée et donner l'information au **SIGMA CONTROL** si le filtre à air est colmaté.
- Le deuxième est situé après la soupape d'aspiration, il assure l'arrêt du compresseur par la coupure d'alimentation en cas de mauvaise circulation d'air.

Le mélange air/huile doit être comprimé par les deux vis sans fin du bloc compresseur **(9)**, et refoulé ensuite à une grande pression vers le séparateur air/huile **(34)**, où l'air se sépare de l'huile de refroidissement :

- L'huile séparée de l'air descend par la gravité au fond du réservoir séparateur air/huile, elle est ensuite reconduite vers le refroidisseur d'huile pour avoir une température idéale qui est pré-réglée pour pouvoir revenir au bloc compresseur. Le circuit de refroidissement d'huile contient une vanne de régulation de température **(16)**, c'est la vanne thermostatique qui a le rôle de régler et optimiser la température de cette huile.
- L'air, sort du séparateur air/huile et passe par le clapet anti retour **(26)**, pour arriver au refroidisseur d'air **(17)**, où il sera refroidi de 5 à 10 Kelvin au-dessous de la température ambiante.

Le clapet anti retour est équipé d'un système de régulation de pression minimale permet aussi d'ouvrir la soupape d'aspiration qui est fermée au repos, à l'aide d'une électrovanne de régulation (24/25).

Un capteur de pression du réseau (18), est placé à la sortie de l'air comprimé, il mesure la pression de sortie de l'air comprimé et envoie ces données au **SIGMA CONTROL**.

III. Étude des organes pneumatique :

III.1. Le pressostat :

Le pressostat ou manostat est un capteur de pression fournissant un signal pneumatique lorsqu'un seuil de pression positive par rapport à la pression atmosphérique est atteint.

Lorsque l'entrée est pneumatique et la sortie est électrique comme c'est le cas dans notre compresseur, ce type de capteurs constitue une interface pneumo-électrique.

L'élément de détection fait appel à différents moyens. La pression agit :

- Soit sur la surface d'une membrane sous-tendue par un ressort de tension réglable.
- Soit sur la surface intérieure ou extérieure d'un soufflet métallique.
- Soit sur un élément piézorésistif qui est le cas dans les capteurs qui se trouvent dans notre unité d'intervention.

Capteur de pression à élément piézorésistif

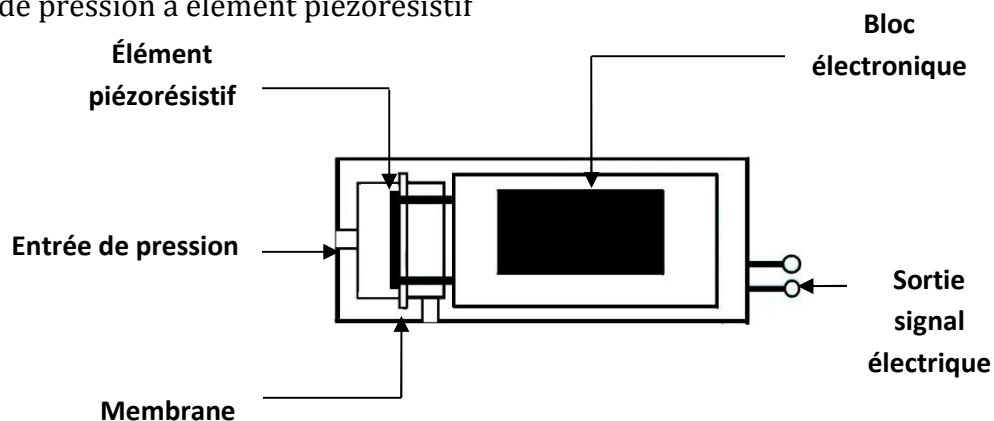


Figure IV.30 : le capteur de pression. [5]

La membrane en acier inoxydable est couverte sur l'une substance semi-conductrice d'une propriété piézorésistive. Cette substance est comme une résistance

sensible elle détecte la moindre pression due à la déformation de la membrane elle est reliée à un pont de mesure, et la faible variation ohmique de la résistance sera amplifiée. La commutation est obtenue par l'intermédiaire d'un transistor sous forme d'un courant continu. Ce signal sera transmis à la carte de base du SIGMA CONTROL qui va la traduire on affichage texte.



Figure IV.31 : image d'un Capteur de pression. [5]

III.2. Les clapets anti-retour :

Le rôle du clapet anti retour est d'interdire la circulation de l'air comprimé dans le sens déterminé par la fermeture du clapet.

La fermeture du clapet peut être forcée par un ressort de tension ajustable ou non. La soupape de sécurité montée sur les réservoirs d'air comprimé est un clapet anti retour de ce type. Son rôle est d'assurer le délestage du réservoir en cas de dépassement de la pression normale d'utilisation. Elle est tarée et plombée pour éviter tout risque de dérèglement par une personne non autorisée.



Figure IV.32 : Clapet anti- retour. [5]

III.3. La soupape d'aspiration :

La soupape d'aspiration sur notre compresseur est de type automatique, elle est constituée d'un distributeur 2/2 qui permet soit l'ouverture ou la fermeture de la soupape il est commandé électriquement par le SIGMA CONTROL selon le régime de fonctionnement la machine.

- Si la machine fonctionne en régime charge la soupe est ouverte.
- Si la machine fonctionne en régime marche à vide la soupape est fermée.

Le clapet anti retour à l'entrée de la soupape assure le non-retour de le l'air dans le mauvais sens.

Elle contient trois orifices d'aspiration, refoulement, et le retour d'huile.

La soupape d'aspiration doit être nettoyée régulièrement.



Figure IV.33 : Soupape d'aspiration. [5]

III.4. Le filtre à air :

Pour filtrer l'air on est oblige celui-ci à traverser une matière présentant des micropores d'une dimension inférieure à celle des particules à arrêter.

Les matières constitutives de la cartouche filtrante la plus utilisée sont :

- L'acétate de cellulose plissé en étoile.
- Les microfibres de verre en borosilicate.

- Les plaques ou les granulés de charbon actif.

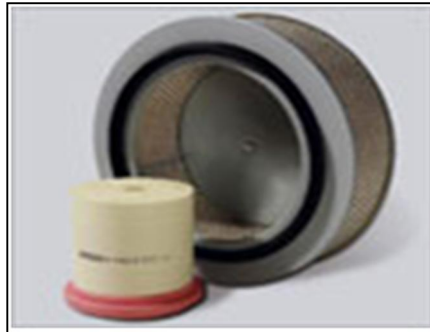


Figure IV.34 : Filtre à air en acétate de cellulose. [5]

III.5. Le réservoir d'air comprimé :

Les réservoirs d'air comprimé, tampons et de stockage, accomplissent une tâche importante dans la station d'air comprimé : ils doivent équilibrer le réseau lors des pointes de consommation, et séparer à maintes reprises le condensat de l'air comprimé. Un dimensionnement approprié et une protection anticorrosion fiable sont donc de la plus grande importance. Les intervalles de contrôle doivent par ailleurs être aussi longs que possible. Il faut également tenir compte du travail de montage sur le lieu d'installation. Notre réservoir a une capacité de stockage de 30m³.



Figure IV.35 : le réservoir de l'aire comprimée 30m³. [5]

Chapitre V

Plan de maintenance

Introduction :

Les installations, les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples (usure, déformation ou agents corrosifs....). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement. Toute installation doit rester en bon état de fonctionnement le plus long temps possible afin d'assurer une production de meilleure qualité. Pour cela, il est nécessaire de prévenir toute panne ou défauts qui peuvent influencer sur la production, le service maintenance a pour objectif de prévenir les éventuelles pannes, diminuer les coûts d'intervention, ainsi que la durée d'immobilisation ralentir le phénomène d'usure et de réduire le nombre de défaillances.

I. Définition de la maintenance :

Définition AFNOR (NFX 60-010) :

L'ensemble des actions permettent de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

II. but de maintenance :

- Maintenance de l'installation en parfait état de marche.
- Prolonger la durée de vie de l'installation.
- Diriger les travaux d'entretien de l'installation.

III. objectifs de la maintenance :**➤ Objectif économique :**

- Réduire le temps d'arrêt de la production.
- Investissement minimal sur les installations.
- Rentabilité maximale des installations utilisées.

➤ Objectif opérationnel :

- Service opérationnel à 100%.
- Installation en bon état.
- Rendement maximum des installations.

- Performance dans la qualité de la production.

IV. différentes formes de maintenance :

IV.1. Maintenance préventive :

Définition AFNOR :

C'est une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la possibilité de défaillance d'un bien pour toutes les pannes dans les conséquences sont plus ou moins graves. Elle consiste donc à intervenir sur un équipement avant qu'il ne tombe en panne. Elle doit permettre d'éviter les défaillances au matériel en cours d'utilisations. Elle peut prendre deux formes :

- **Maintenance conditionnelle** : maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé.

Les différentes formes de maintenance conditionnelles :

- **Forme stricte** : suivi continu

Des capteurs sont fixés en permanence à la machine reliée à une chaîne de télémessure, ils permettent d'obtenir un signal d'alarme, un arrêt automatique du fonctionnement, un enregistrement continu des paramètres mesurés.

- **Forme large** : surveillance périodique.

L'intervalle entre les opérations de surveillance doit être proportionné à la vitesse de dégradation estimée, de façon à éviter les défaillances.

- **Forme particulière** :

Les capteurs de bruits et de vibrations fixés sur les parties externes d'une machine tournante fournissent des informations traitées. Elles sont significatives de l'état interne de la machine (déséquilibre, dégradation des paliers, transmission...).

- **Maintenance systématique** : la visite des équipements est dictée par des données statistiques à intervalles réguliers et fixes. Les éléments constitutifs des équipements sont renouvelés avant l'épuisement total de leur vie utile.

IV.2. Maintenance corrective :

C'est une maintenance appliquée (après l'apparition de la panne).

Les opérations de maintenance corrective sont :

➤ **Les dépannages :**

C'est une action ou opération de maintenance sur un équipement en panne en vue de la remettre en état de fonctionnement. Elle peut être appliquée sur une machine fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute inspection ou l'intervention à l'arrêt ; ils caractérisent la maintenance palliative.

➤ **Les réparations :**

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance. Elles caractérisent la maintenance curative.

➤ **Les inspections :**

Action de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillages spécifiques ni d'arrêt de la production.

De nos jours l'information a secoué le monde entier et dans tous les domaines même dans la maintenance on trouve des logiciels conçus spécialement pour la maintenance.

Le système G.M.A.O (gestion de la maintenance assistée par ordinateur).

Ses fonctions :

- Il permet la gestion et la planification des tâches de maintenance.
- Il gère les fiches de suivi des machines pendant les opérations, ainsi que les fiches d'interventions.

C'est un outil très puissant, mais il demande une vraie politique de maintenance à l'entreprise.

V. Classification des catégories d'urgence des travaux de la maintenance :

Les travaux de maintenance à l'ERENAV sont classés par degré d'urgence :

V.1. Travaux d'urgence N°1 :

Ce sont des travaux des dépannages, ces urgences d'appliquent dans les cas suivants :

- Arrêt de fonctionnement de compresseur.
- Risque d'accident du personnel (un danger sur le personnel).
- Risque d'accident du matériel (le compresseur).

V.2. Travaux d'urgences N°2 :

Ce sont des travaux de dépannage moins urgents que les travaux précédents et possèdent un délai inférieur à dix jours, cette urgence s'applique dans le cas suivant :

- Ralentissement de matériel (mauvaise aspiration de compresseur).
- Risque d'accident léger sur le matériel.

V.3. Travaux d'urgences N°3 :

Ce sont des travaux programmés de la maintenance préventive.

V.4. Travaux d'urgences N°4 :

Ce sont des travaux, dont les délais à effectuer selon la disponibilité de personnel de la maintenance.

VI. Les travaux de la maintenance recommandés sur le compresseur à vis :**VI.1. Travaux à faire par l'utilisateur lui-même :**

- Chaque jour :
 - Effectue une vérification visuelle et acoustique du compresseur.
- Chaque semaine :
 - Vérifier le niveau d'huile.
 - Vérifie la natte filtrante de l'armoire électrique, nettoyez ou changez.
- Chaque mois :
 - Nettoyer le réfrigérant en le soufflant.

- Chaque semestre :
 - Le graissage du moteur.

VI.2. Travaux faire par un technicien qualifié :

- La vidange d'huile :

La période de vidange pour le SIGMA FLUID S 460 est de 6000 heures ou 2 ans.

- Le changement de filtre à l'huile :

La périodicité de changement du filtre à l'huile est chaque 3000 heures

- Le changement du filtre à air :

La périodicité de changement du filtre à air est de 3000 heures.

Le changement se fait en prématuré selon les conditions ambiantes.

- Le changement de la cartouche séparatrice :

La périodicité de changement de la cartouche séparatrice d'huile est jusqu'à 6000 heures.

- Le changement de l'accouplement :

La périodicité de changement de l'accouplement :

- Contrôler toutes les 3000 heures
- Changer toute
Les 36000 heures de fonctionnement

- Les changements des roulements du moteur :

- Les roulements graissés à vis sont chargés toutes les 12000h
Ou chaque 3ans.
- Les roulements standard peuvent résister jusqu'à 36000 h
-

- Connexion électrique :

Vérifie toutes correctement serrées après chaque 3000 heures.

VII. Différents niveaux de maintenance :

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme FD X 60-000.

Pour chaque niveau, la liste des opérations précisées est donnée à titre d'illustration.

VII.1. 1^{er} niveau de maintenance :

Il s'agit essentiellement de contrôle et de relevés des paramètres de fonctionnement des machines :

- Niveau d'huile moteur
- Niveau d'eau
- Indicateur de colmatage
- Niveau de la réserve de combustible
- Niveau de la réserve d'huile
- Régime moteur
- Température de l'eau de refroidissement
- Température d'échappement
- Test des voyants et indicateurs
- Purge de circuit d'échappement
- Nettoyage des filtres
- Contrôle d'encrassement des filtres
- Contrôle visuel de l'état des organes
- Contrôle auditif des bruits des machines

Ces contrôles peuvent donner suite à des interventions simples de maintenance ne nécessitant pas de réalisation d'un diagnostic de panne et de démontage. Ils peuvent aussi déclencher, notamment sur des anomalies constatées, des opérations de maintenance de niveaux supérieurs.

En règle générale les interventions de 1^{er} niveau sont intégrées à la conduite des machines.

VII.2. 2^e niveau de maintenance :

Il s'agit des opérations de maintenance préventive qui sont régulièrement effectuées sur les équipements :

- Remplacement des filtres difficiles d'accès
- Remplacement des filtres à gazoles
- Remplacement des filtres des filtres à huile moteurs
- Remplacement des filtres à air
- Prélèvement d'huile pour analyse et pré-analyse
- Vidange de l'huile de moteur
- Analyse de liquide de refroidissement
- Contrôle des points signalés pour le 1^{er} niveau
- Graissage de tous les points en fonction de la périodicité
- Contrôle des batteries
- Réglages simples (alignement des poulies, alignement moteur/pompe)
- Mesure de paramètres à l'aide de moyens intégrés à l'équipement.

Ces opérations sont réalisées par un technicien ayant une formation spécifique. Ce dernier suit les instructions de maintenance qui définissent les tâches, la manière et les outillages spéciaux. Les pièces de rechange sont essentiellement du type consommable, filtres, joints, huile, liquide de refroidissement.

VII.3. 3^e niveau de maintenance :

Il s'agit des opérations de maintenance préventive, curative, de réglage et de réparation mécaniques ou électriques mineurs.

Les opérations réalisées peuvent nécessiter un diagnostic de panne :

- Réglage des jeux de soupapes
- Réglage des injecteurs
- Contrôle endoscopique des cylindres
- Contrôle des sécurités du moteur

- Contrôle et réglage des protections électriques
- Contrôle de refroidisseurs
- Contrôle du démarreur
- Remplacement d'un injecteur
- Contrôle et réglage de la carburation
- Contrôle et réglage de la régulation de la puissance
- Contrôle et révision de la pompe
- Contrôle des turbocompresseurs
- Remplacement d'une résistance de chauffage
- Contrôle de l'embellage
- Contrôle de l'isolement électrique
- Remplacement des sondes et capteurs
- Remplacement d'une bobine de commande
- Remplacement d'un disjoncteur
- Contrôle et réglage nécessitant l'utilisation d'un appareil de mesure externe à l'équipement

Ces opérations sont réalisées par un technicien spécialisé. Toutes les opérations se font avec l'aide d'instruction de maintenance et d'outils spécifiques tels que les appareils de mesure ou de calibrage. Ces opérations peuvent conduire à des opérations de 4^e niveau.

VII.4. 4^e niveau de maintenance :

Il s'agit d'opérations importantes ou complexes à l'exception de la reconstruction de l'équipement :

- Déculassage (révision, rectification).
- Révision de la cylindrée.
- Contrôle de l'alignement du moteur/alternateur.
- Changement des pôles d'un disjoncteur HT.

Les opérations sont réalisées par des techniciens bénéficiant d'un encadrement technique très spécialisé, d'un outillage général complet et d'un outillage spécifique. Elles font aussi appel à des ateliers spécialisés (rectification, ré usinage).

VII.5. 5^e niveau de maintenance :

Il s'agit des opérations lourdes de rénovation ou de reconstruction d'un équipement. Ces opérations entraînent le démontage de l'équipement et son transport dans un atelier spécialisé.

Le 5^e niveau de maintenance est réservé au constructeur ou reconstruteur. Il nécessite des moyens similaires à ceux en fabrication.

VIII. Les travaux recommandés par KAESER :

Intervenant	Intervention	Fréquences
L'opérateur	Effectuer une vitrification visuelle et acoustique du compresseur.	Chaque jour.
	- Vérifier le niveau d'huile. - Vérifier la nette filtrante de l'armoire électrique.	Chaque semaine.
	Nettoyé le réfrigérant en le soufflant.	Chaque mois.
	Faire le graissage du moteur.	Chaque semestre.
Technicien qualifié	- Changement du filtre à huile. - Changement du filtre à air. - Contrôle de l'accouplement. - Vérifier les connexions électriques.	3000 H
	- Changement de la cartouche séparatrice. - Changement du SIGMA FLUID S 460 (huile de lubrification recommandée par KAESER).	6000 H / 2 ans le premier atteint
	Changement des roulements graissés.	12000 H / 3 ans
	- Changement de l'accouplement. - Changement des roulements standards.	36000 H

Tableau 9 : Les travaux recommandés par KAESER CSD102. [5]

IX. Plan de cycle de visite de compresseur :

fréquence Visite de type	3000 H	6000 H	12000 H	36000 H
A	X			
B		X		
C			X	
R.G				X

Tableau 10 : plan de cycle de visite de compresseur KAESER CSD 102. [5]

ERENAV URNAL	Visite type A	01 03 01		
Désignation de l'UI Compresseur KAESER CSD 102		Périodicité : 3000 heures		
		Équipement : mec/elec		
Organe	Travaux	Moyen	équipe	Observation
Circuit pneumatique	Changement de filtre à huile. Changement de filtre à air. Faire le plain d'huile.	Clé bidon	Mec	Marche
Moteur asynchrone	Surveiller les vibrations et l'échauffement.	Manuel visuel	Elec	Arrêt
Consigne :				
Observation :				
Établis-le :		par :		

Tableau 11 : Visite type A. [5]

ERENAV	Visite type B	01 03 01		
URNAL				
Désignation de l'UI Compresseur KAESER CSD 102		Périodicité : 6000 heures		
		Équipement : mec/elec		
Organe	Travaux	Moyen	équipe	Observation
Moteur asynchrone	Contrôler la résistance d'isolement Vérifier les connexions de la plaque à borne	Manuel visuel	Elec	Arrêt
Armoire électrique	Vérifier les contacteurs de l'armoire électrique. Vérifier les fusibles. Vérifier les relais thermiques	Manuel visuel	Elec + Aide Elec	Arrêt
Circuit pneumatique	Vérifier l'état des raccords	Clé bidon	Meca	Marche
Consigne :				
Observation :				
Établis-le :		par :		

Tableau 12 : Visite type B. [5]

ERENAV URNAL	Visite type C	01 03 01		
Désignation de l'UI Compresseur KAESER CSD 102		Périodicité : 12000 heures		
		Équipement : mec/elec		
Organe	Travaux	Moyen	équipe	observation
Moteur asynchrone	Graissage des roulements. Vérifier la borne mise à la terre du moteur.	Manuel visuel	Elec	Arrêt
Armoire électrique	Vérifier l'état des appareils de commande et de protection.	Multimètre	Elec	Arrêt
Ensemble mécanique	Vérifier l'état des roulements.	Manuel visuel	Meca	Arrêt
Consigne :				
Observation :				
Établis-le :		par :		

Tableau 13 : Visite type C. [5]

ERENAV URNAL	Visite type R.G	01 03 01		
Désignation de l'UI Compresseur KAESER CSD 102		Périodicité : 36000 heures		
		Équipement : mec/elec		
Organe	Travaux	Moyen	équipe	observation
Moteur asynchrone	Ouverture des flasques avant et arrière nettoyé le stator et le rotor.	Manuel visuel	Elec	Arrêt
Bloc compresseur	Changement des vis sans fin. Changement de la cartouche séparatrice.	Manuel visuel	Mec	Arrêt
Consigne				
Observation :				
Établis-le :		par :		

Tableau 14 : Visite type R.G. [5]

Chapitre VI

Etude de la fiabilité du compresseur KAESER (modèle de WEIBULL)

Introduction :

La définition de la Fiabilité suivant la norme AFNOR X 60-501, est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminés.

Elle est directement proportionnelle à la période écouler entre deux pannes, plus cette période est longue, plus le dispositif est fiable. Donc elle peut se caractériser par la «Temps moyen de bon fonctionnement»(MTBF). La notion de temps peut prendre la forme :

- Du nombre de cycles effectué.
- De la distance parcourue.
- Du tonnage produit.

Un dispositif est fiable s'il subit peu d'arrêts pour pannes.

I. Analyse de la fiabilité par la loi de weibull :

I.1. Définition de la loi de Weibull :

C'est une loi de fiabilité à trois paramètres (α , β , et γ) qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

- Une estimation de la MTBF (temps moyen de bon fonctionnement)
- Les calculs de taux de défaillance $\lambda(t)$ et de la fonction de fiabilité $R(t)$ et leurs représentations graphiques.
- Grâce au paramètre de forme β d'orienter un diagnostic, car β peut-être caractérisé de certains modes de défaillance.

I.2. Domaine d'utilisation :

Le modelé de weibull est très utilisé, car la loi à trois paramètres qui permet d'ajuster correctement toute sorte de résultats expérimentaux ou opérationnels, contrairement au modèle exponentiel, la loi de weibull couvre les cas où le taux de

défaillance λ est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et aux différentes formes de vieillisse. (Voir la courbe en baignoire de $\lambda(t)$ Figure 53).

La détermination des paramètres de weibull permettra de connaître l'état de matériel, et d'évaluer la MTBF et l'écart type.

Les résultats permettant d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant t .

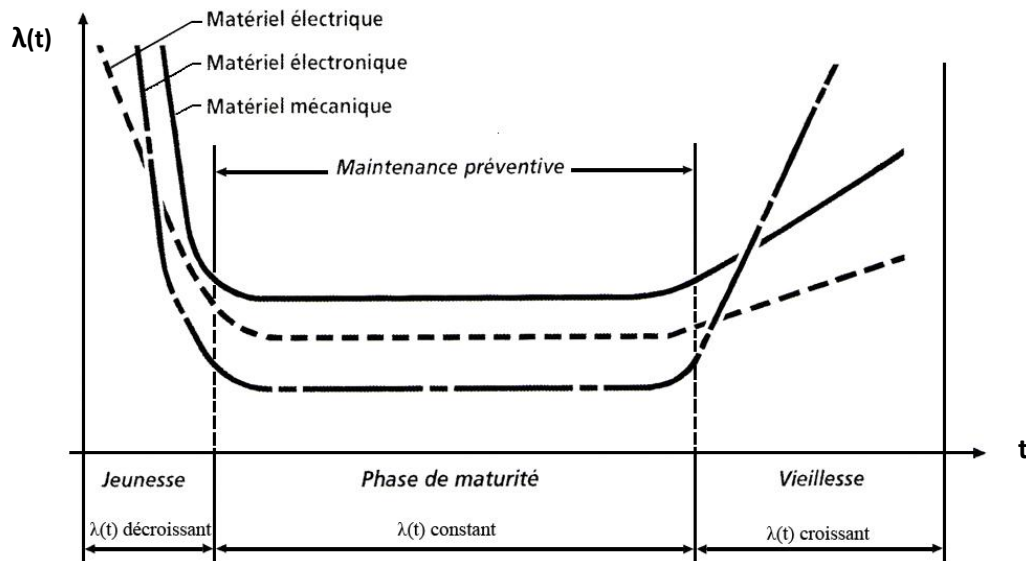


Figure VI.1 : Courbe en baignoire de taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction de t . [9]

Les paramètres de Papier Weibull :

C'est un papier log / log qui comporte 4 axes :

- Axe A : axe des temps sur lequel on porte les valeurs t_i des TBF (temps de bon fonctionnement).
- Axe B : valeurs des probabilités de défaillance F_i calculées par la méthode des rangs moyens ou des rangs médians. On estime $R(t)$ par $R(t) = 1 - F(t)$.
- Axe a : axe des temps en logarithmes népériens : $\ln(t)$.
- Axe b : axe qui permet l'évaluation de β .

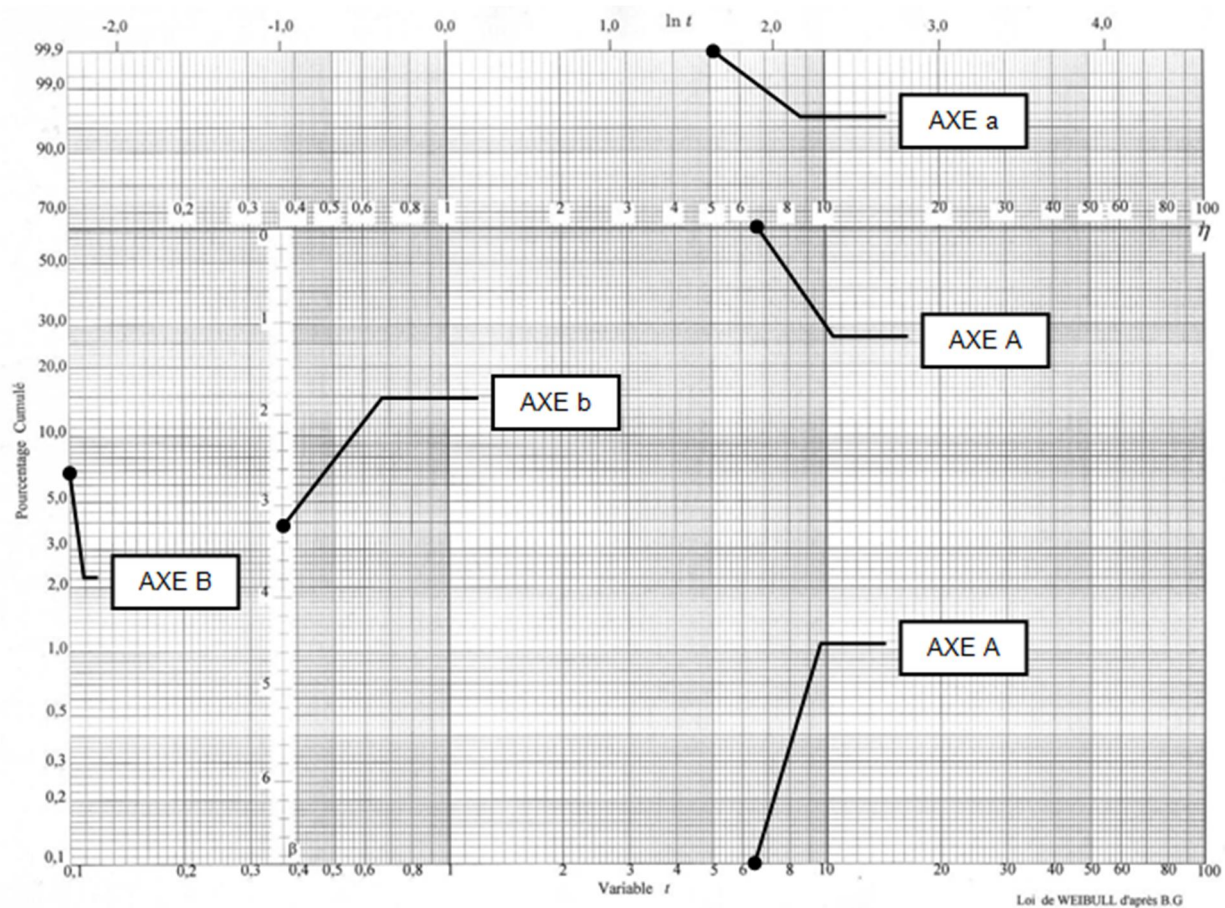


Figure VI.2 : Papier Weibull. [8]

I.3. Application de modèle de Weibull sur le compresseur KAESER CSD 102 :

- D'après des données statistiques fournies par l'exploitation à partir d'un ensemble des valeurs recueillies par l'observateur, (service maintenance) nous avons calculé les TBF (temps de bon fonctionnement).

Avant défaillance nous avons enregistré les résultats suivants :

Pour bien déterminer les paramètres de weibull en prend comme unité de temps (heures).

Programme de maintenance de compresseur KAESER CSD102 :

Périodicité							Opération a effectuer
Hebdomadaire	1000Hs	2000Hs	3000Hs	6000Hs	12000Hs	36000Hs	
X							Contrôler le niveau d'huile de refroidissement.
X							Contrôler les nattes filtrantes, les nettoyer ou les
							changer.
							Nettoyer les refroidisseurs d'huile et d'air
		X					comprimé.
X	X						Réaliser l'entretien de la récupération des calories.
X			X				Changer le filtre à air.
			X				Graisser les roulements de moteur.
			X				Vidanger l'huile de refroidissement.
			X				Changer le filtre à huile.
			X				Contrôler l'accouplement.
			X				Contrôler la fixation de toutes les vis des bornes
				X			électriques.
					X		Contrôler la soupape de sécurité.
					X		Contrôler l'étanchéité des refroidisseurs d'huile et
						X	d'air.
						X	Changer la cartouche séparatrice d'huile.
						X	Contrôler les soupapes. Changer les roulements du moteur ventilateur. Changer les roulements du moteur du compresseur. Changer l'accouplement. Changer les tuyaux flexibles

Tableau15 : Programme de maintenance KAISER CSD 102. [5]

I.4 Méthodes d'approximation des valeurs de la fonction de répartition $f(t)$:

On dispose pour nos études de fiabilité d'un certain nombre de données expérimentales sur les TBF (temps de bon fonctionnement) ; TBF dont on veut étudier la fonction de répartition.

Ces données représentent un échantillon « n » de la population que l'on veut appréhender. Elles doivent être classées par ordre croissant de durée (en heures, jours, etc.), suivant l'unité la plus adaptée. [8]

L'estimation de la fonction de densité pour une durée « ti » est donnée par :

$$f(ti) = \frac{i}{n+1}$$

Or, ce n'est pas la fonction de densité qui nous intéresse mais la fonction de répartition $F(ti)$. Cette fonction de répartition peut être estimée selon plusieurs méthodes dont 2 sont particulièrement applicables pour les lois de fiabilité (exponentielle et Weibull) : ce sont les méthodes des **rangs médians** et des **rangs moyens**. Le choix entre l'une ou l'autre des méthodes est fonction de la taille « n » de l'échantillon. [8]

- Si $n \leq 20$, on utilise la méthode des rangs médians et :

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

- Si $n > 20$, on utilise la méthode des rangs moyens et :

$$F(ti) = \frac{i}{n+1}$$

Les relations fondamentales :

- Densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$ avec $t \geq \gamma$
- Fonction de répartition : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$

- Loi de fiabilité : $R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

- Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{1}{e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}} \Rightarrow \boxed{\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}}$$

I.5 Préparation des données :

Nous classons les valeurs de TBF enregistrées dans le tableau ci-dessous.

On a $n < 20$ donc on utilise la méthode des rangs médians :

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

Application

i	n	i-0.3/n+0.4	TBF (jour avant défaillances)	F(i)%
1	18	0,03804348	1000	3,80434783
2	18	0,0923913	1000	9,23913043
3	18	0,14673913	1000	14,673913
4	18	0,20108696	1000	20,1086957
5	18	0,25543478	2000	25,5434783
6	18	0,30978261	2000	30,9782609
7	18	0,36413043	3000	36,4130435
8	18	0,41847826	3000	41,8478261
9	18	0,47282609	3000	47,2826087
10	18	0,52717391	3000	52,7173913
11	18	0,58152174	3000	58,1521739
12	18	0,63586957	3000	63,5869565
13	18	0,69021739	6000	69,0217391
14	18	0,74456522	12000	74,4565217
15	18	0,79891304	12000	79,8913043
16	18	0,85326087	36000	85,326087
17	18	0,9076087	36000	90,7608696
18	18	0,96195652	36000	96,1956522

Tableau 16 : détermination des couples (t_i, F_i) par les rangs moyens.

I.6. Détermination des paramètres :

Pour le compresseur KAESER CSD 102 on considère que les défaillances débutent à l'origine du temps donc le paramètre de localisation $\gamma = 0$ (pas de translation sur l'échelle des temps).

Nous portons sur le papier de Weibull les couples de points (TBF, F(i)) qui nous donnent la droite D1 ($\gamma=0$) voir (figure 55).

D1 coupe l'axe (t, η) à l'abscisse : $\eta=6861.331$ heures.

D1//D2 coupe l'axe (β) à l'ordonnée : $\beta=1.064$.

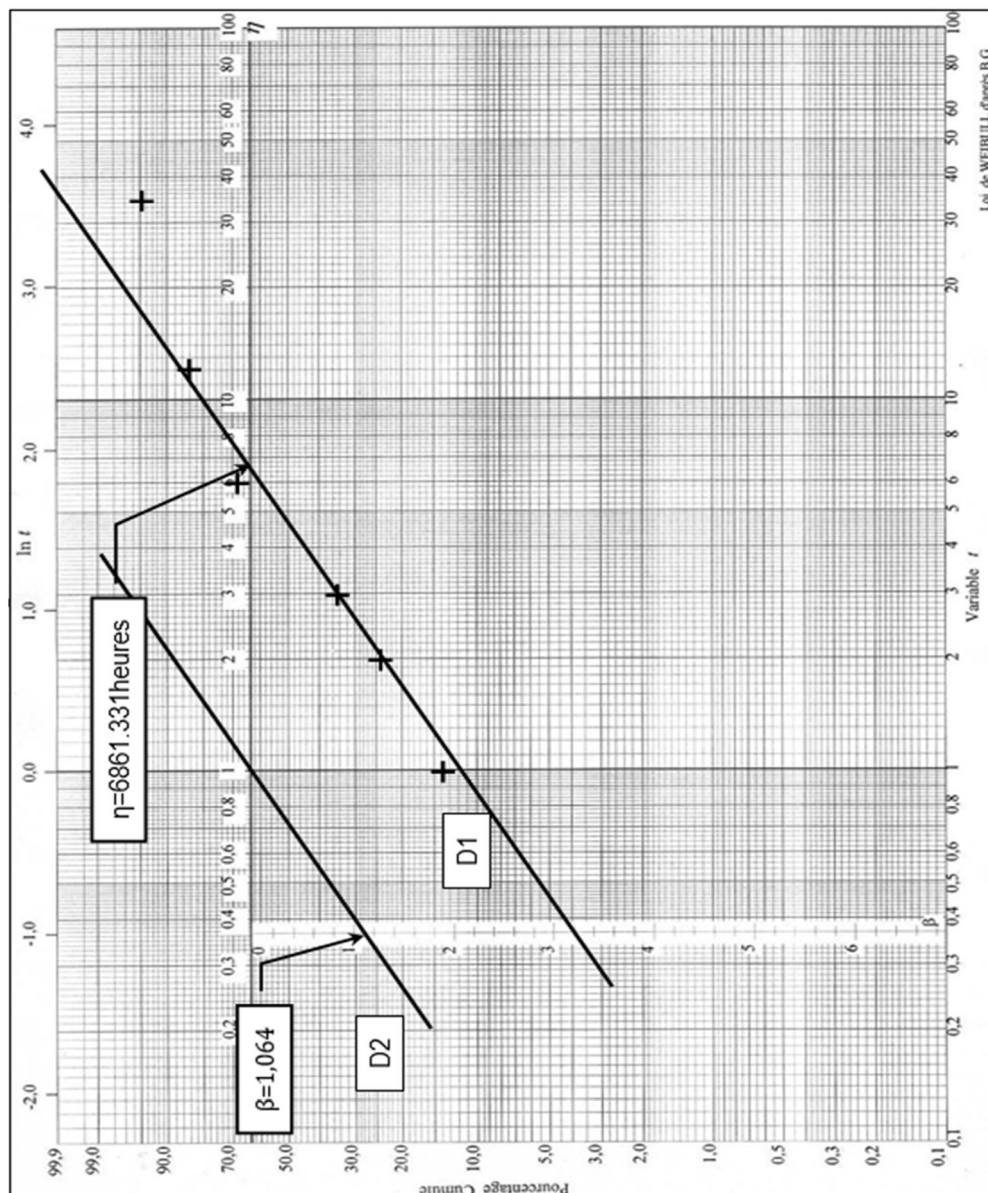


Figure VI.3 : graphe de WEIBULL. [8]

I.7. Exploitation des paramètres :

Recherche de la durée de vie moyenne du compresseur :

Table de loi de weibull :

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,20	120	1901	1,50	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,30	9,2605	50,08	1,60	0,8966	0,574	4,2	0,9089	0,244
0,35	5,0291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,40	3,3234	10,44	1,70	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,45	2,4786	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,50	2	4,47	1,80	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,60	1,5046	2,65	1,90	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,70	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,80	1,1330	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,0880	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,90	1,0522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,380	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9603	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,188
1,10	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9260	0,185
1,15	0,9517	0,830	2,9	0,8917	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,20	0,9407	0,787	3	0,8930	0,325	6	0,9277	0,180
1,25	0,9314	0,750	3,1	0,8943	0,316	6,1	0,9286	0,177
1,30	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,9170	0,687	3,3	0,8970	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,40	0,9114	0,660	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9310	0,170
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9318	0,168
			3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
			3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9333	0,163
			3,8	0,9038	0,266	6,8	0,9340	0,161
			3,9	0,9051	0,260	6,9	0,9347	0,160

Tableau 17 : tables WEIBULL. [9]

Les paramètres A et B issus de tables WEIBULL :

$$A=0.9615$$

$$B=0.9193$$

I.8.1. Détermination de La fonction répartition :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{6861.331}\right)^{1.064}}$$

t	F(t)
10	0,000978044
100	0,011197672
1000	0,121544274
10000	0,774924545
20000	0,955463898
30000	0,991637997

Tableau 18 : préparation des données $f(t)$.

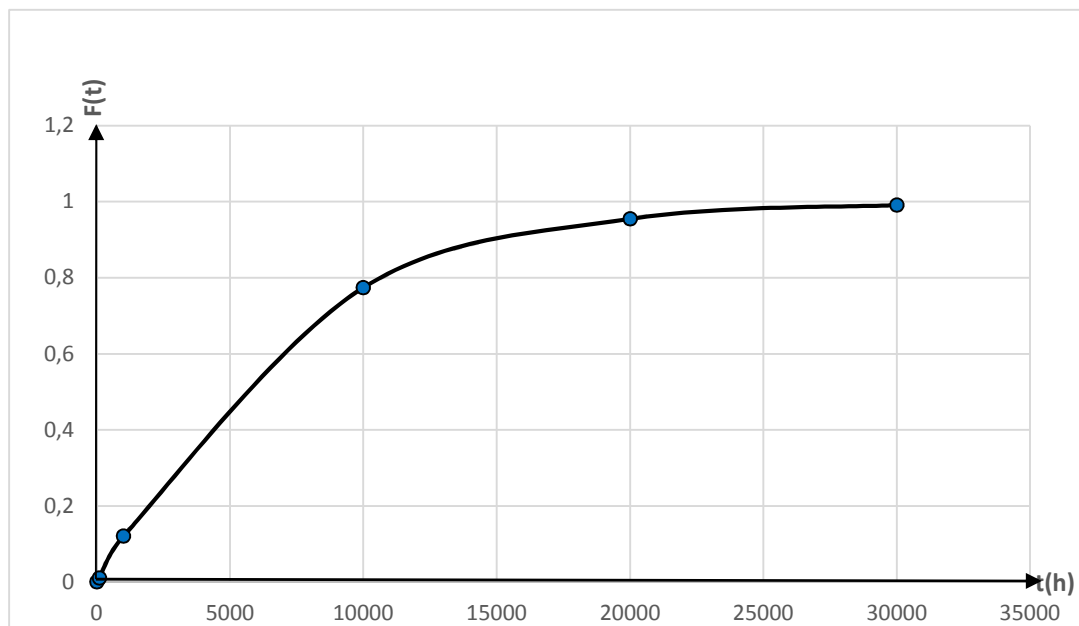


Figure VI.4 : la courbe de $F(t)$ en fonction de t .

I.8.2. Détermination de La loi de fiabilité :

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{6861.331}\right)^{1.064}}$$

t	R(t)
100	0,988802328
500	0,939777306
2000	0,7630947
5000	0,489295316
10000	0,225075455
15000	0,10096339
20000	0,044536102
30000	0,008362003
35000	0,003573783

Tableau 19 : préparation des données de $R(t)$.

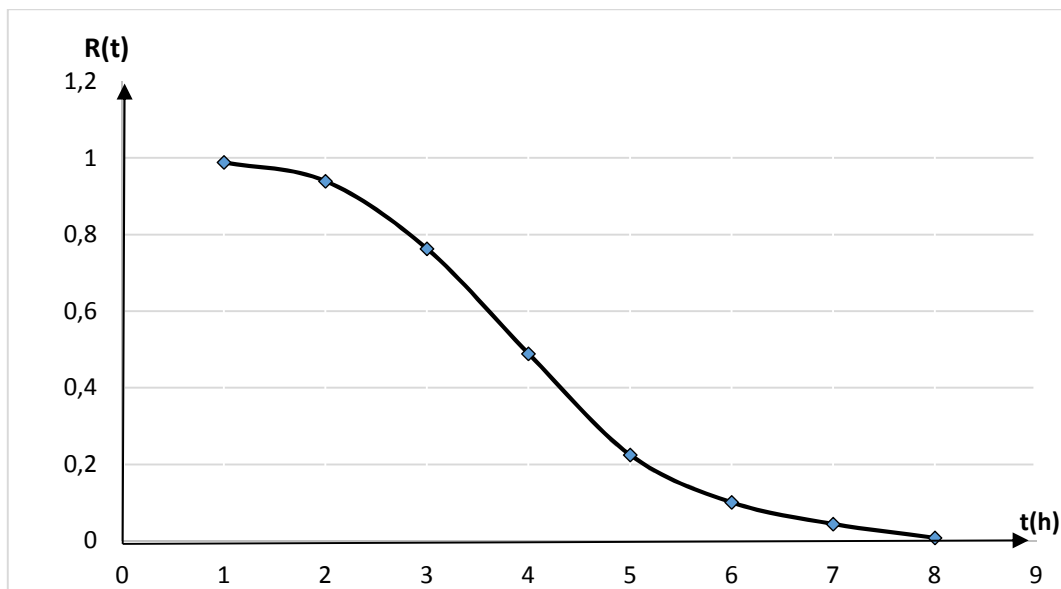


Figure VI.5 : la courbe de $R(t)$ en fonction de t . [9]

I.8.3. Temps moyen de bon fonctionnement :

$$MTBF = A\eta + \gamma$$

$$MTBF = 0.9615 \times 6861.331 = 6597.17 \text{ heures.}$$

$$MTBF = 6597.17 \text{ heures.}$$

I.8.4. Taux de défaillance :

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est un estimateur de la fiabilité (exprimé en pannes par heure), liée au problème de défaillance

L'expression du taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

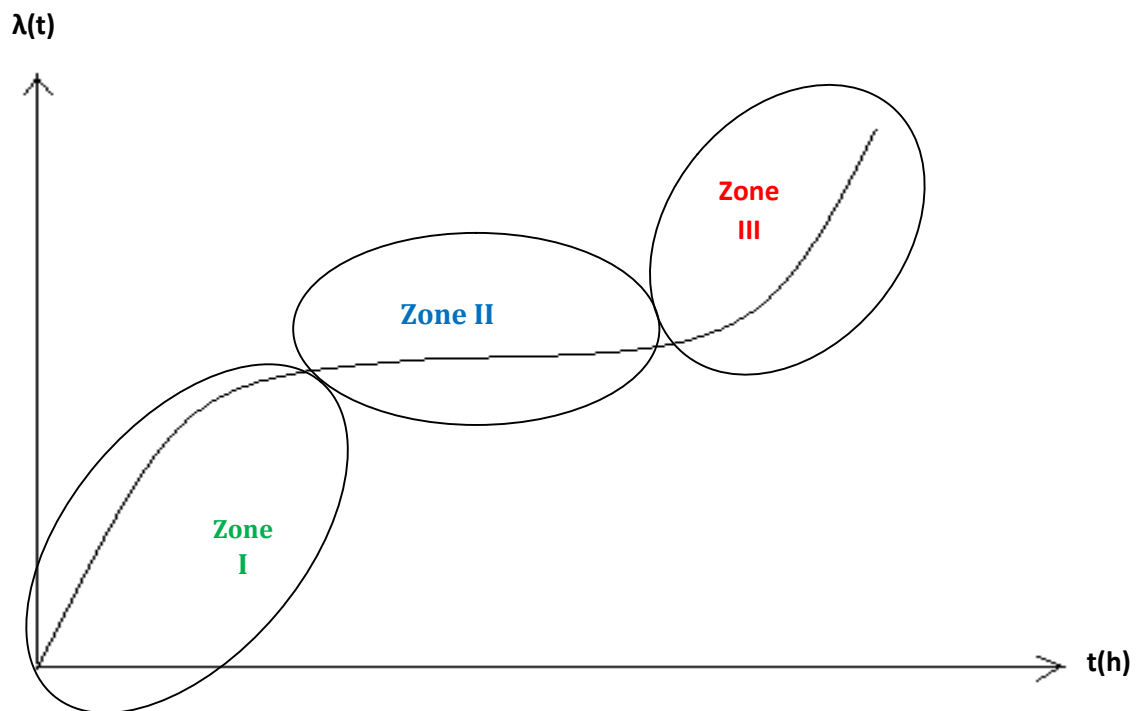


Figure VI.6 : courbe des différentes phases de $\lambda(t)$ en fonction de t . [9]

La vie des équipements se présente en trois phases :

- **Zone I** : c'est la phase de jeunesse ou $\lambda(t)$ décroît rapidement. C'est la période de mise en service et de rodage de compresseur. Les défaillances sont dues à des anomalies ou imperfections de montage.
- **Zone II** : c'est la Phase de maturité ou $\lambda(t)$ est pratiquement constante. c'est la période de la vie utile où la défaillance est aléatoire. Le taux de défaillance est constant ou légèrement croissant, correspondant au rendement optimal de l'équipement.

- **Zone III** : c'est la Phase de vieillesse ou $\lambda(t)$ croit rapidement. C'est la période d'obsolescence, à dégradation accélérée. Souvent on trouve une usure mécanique de la fatigue, une érosion ou une corrosion. A un certain point de $\lambda(t)$, le matériel est mort. [9]

Dans le cas pratique :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(t) = \frac{1.064}{6861.331} \left(\frac{t}{6861.331} \right)^{1.064-1}$$

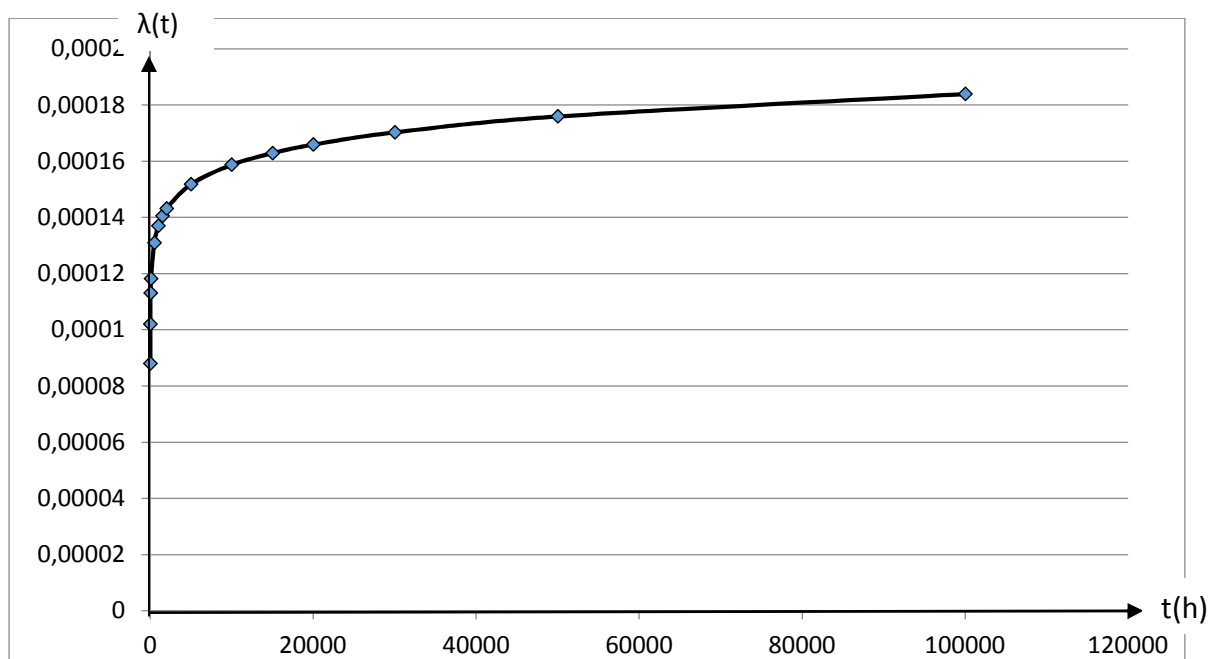


Figure VI.7 : La courbe de $\lambda(t)$ en fonction de t .

Les résultats obtenus de la loi de fiabilité lors de l'analyse des données perspectives correspondent avec la littérature [9].

Chapitre VII

Partie proposition

La problématique :**I. L'humidité de l'air comprimé :**

L'air atmosphérique ambiant contient toujours une certaine quantité d'eau, variable en fonction de sa température et de sa pression. Cette teneur en eau est généralement de l'ordre de quelques grammes d'eau par kilogramme (ou m³) d'air. Dans un compresseur, l'air ambiant subit une augmentation de sa température et une réduction de son volume l'amenant à saturation. De ce fait, tout refroidissement provoque de la condensation. Ce condensat est alors séparé dans un séparateur centrifuge installé en aval ou dans le réservoir d'air comprimé. Mais l'air comprimé est encore saturé d'humidité à 100%. Un séchage de l'air comprimé est par conséquent nécessaire pour éviter les défauts de fonctionnement, les interruptions de la production et les travaux de réparation et d'entretien coûteux. Les sècheurs d'air sont utilisés pour abaisser le taux d'humidité de l'air comprimé et éviter ce phénomène.

II. Solution proposée :**II.1. Sécheur d'air comprimé :**

Un 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 sècheurs d'air ambiant sont généralement appelés déshumidificateurs.

II.2. Les différents types de sècheurs d'air :

Il existe plusieurs méthodes pour sécher l'air comprimé :

II.2.1. Sécheur frigorifique :

Ce type de sécheur consiste à refroidir l'air comprimé à une température inférieure à son point de rosée à l'aide d'un échangeur de chaleur raccordé à un groupe frigorifique conventionnel (compresseur-condenseur-évaporateur) ce qui provoque de la condensation de l'humidité qu'il contient. L'eau liquide ainsi formée est récupérée par un séparateur d'eau, tandis que l'air comprimé asséché est dirigé vers le réseau.

Généralement un échangeur air-air réchauffe l'air en sortie de sécheur pour éviter toute condensation sur les canalisations d'air comprimé.

II.2.2. Sécheur à absorption :

Ce type de sécheur consiste à utiliser les propriétés de certains dessiccant tels que l'alumine activée, le tamis moléculaire ou le silicate, qui attirent les molécules d'eau et par conséquent assèchent l'air comprimé. Les sécheurs à tamis moléculaire sont ceux qui permettent d'atteindre les points de rosée les plus bas. La régénération du dessiccant peut être effectuée par balayage d'air sec ou par apport de chaleur dans la colonne « en repos ». Dans le cas du balayage d'air sec, environ 20% du débit nominal du sécheur est utilisé et donc rejeté à l'atmosphère. Sur les sécheurs modernes, l'adjonction d'un hygromètre peut permettre d'allonger les cycles et de réduire cette consommation.

Remarque :

Ce type de sécheur se distingue à absorption par le fait que le dessiccant n'est jamais régénéré. Ils sont de ce fait peu utilisés en milieu industriel.

II.2.3. Sécheur à membranes :

Ce type de sécheur repose sur le principe de permutation. L'air comprimé traverse des fibres creuses et poreuses qui ne laissent échapper que les molécules d'eau. L'air ainsi asséché est dirigé vers le réseau. Ces sécheurs, généralement très compacts, sont réservés au traitement de faibles débits d'air comprimés (moins de 100 m³/h).

II.3. Compression :

Le fait de surcomprimer l'air, permet de provoquer la condensation de la vapeur d'eau. Ramené à la pression initiale, l'air est alors moins humide. Mais c'est une opération très coûteuse.

III. Le choix de sécheur :

Nous proposons pour le compresseur KAESER CSD un **sécheur frigorifique** pour les raisons suivantes :

- Les sécheurs frigorifiques sont les moins chers du marché.

- Son principe de fonctionnement est simple.
- Il accepte des débits importants.
- Les pertes de pression sont négligeables.
- L'installation d'un sécheur frigorifique n'est pas compliquer.

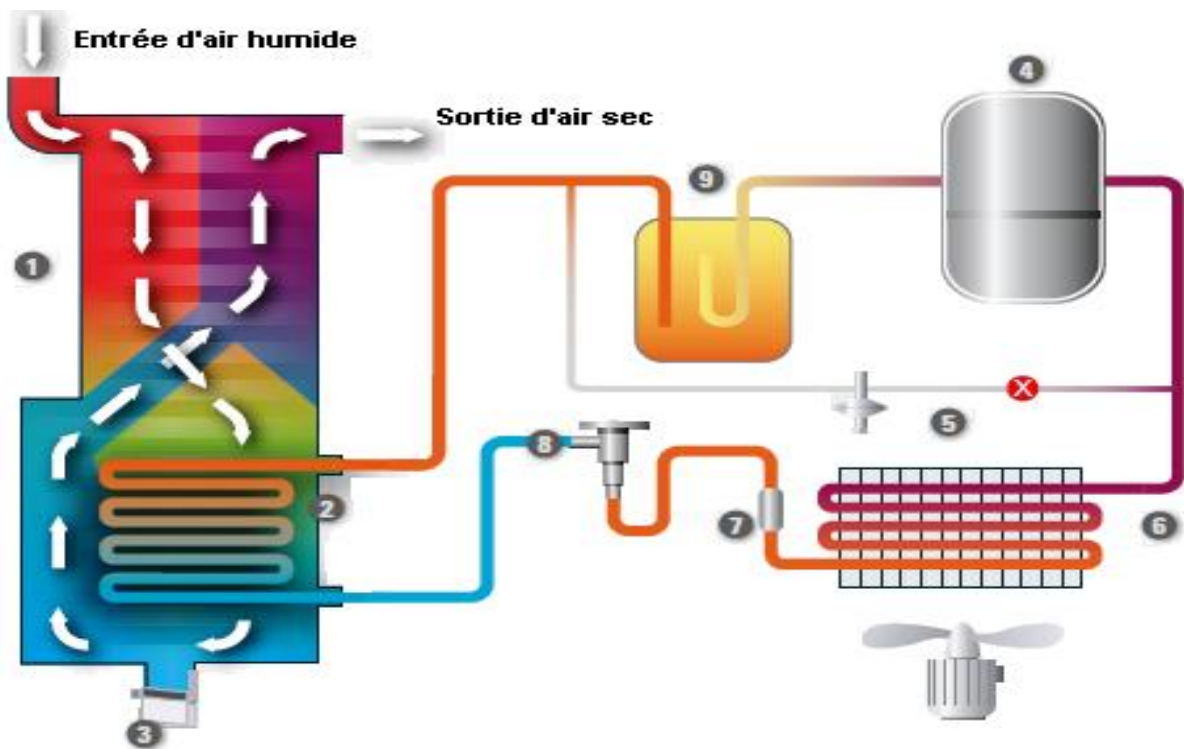


Figure VII.1 : Schéma de principe d'un sécheur frigorifique. [10]

- Réfrigérant gaz/liquide
- Réfrigérant gaz
- Réfrigérant gaz chaud
- Réfrigérant liquide froid
- Réfrigérant liquide détendu

III.1. Nomenclature et fonction des composants :

III.1.1. Circuit d'air comprimé :

1. **Echangeur thermique air/air** : L'air qui entre se refroidit par l'air du rhume sec extraverti.
2. **Echangeur de chaleur air/réfrigérant** : L'air est refroidi au point de rosée requis par le circuit réfrigérant.
3. **Séparateur d'eau intégré** : L'humidité est rassemblée et évacuée par la canalisation.

III.1.2. Circuit de réfrigérant :

4. **Compresseur frigorifique** : Comprime le réfrigérant gazeux à une plus haute pression.
5. **Appareil de régulation** : La valve de la déviation du gaz chaud règle le sécheur pour prévenir la gelée en cas d'une charge inférieures.
6. **Condenseur de réfrigérant** : refroidit le réfrigérant afin qu'il change son état d'un gaz à un liquide.
7. **Le filtre de réfrigérant** : Protège l'appareil de l'expansion de particules.
8. **Détendeur** : Le processus de la dilatation réduit la pression et refroidit de plus en plus le réfrigérant.
9. **Le séparateur de liquide** : Assure que seulement gaz réfrigérant entre le compresseur. processus de la dilatation réduit la pression et refroidit de plus en plus le réfrigérant.

III.2. le choix de fournisseur :

Nous avons choisir le fournisseur des équipements pneumatique **ATLAS COPCO** car ce dernière propose une gamme de sécheur frigorifique très large et un meilleur rapport **prix/performance**.

Les sécheurs frigorifiques proposés par **KEASER** sont deux fois plus chers que des sécheurs de la marque **ATLAS COPCO** et cela pour des performances égales.

III.2.1. Caractéristiques techniques du FD 510 :

Température ambiante de fonctionnement.	40-50 °C
Débit max	510 L/s (30.6m ³ /min)
Pertes de pression	0.2 bar
Puissance	4.5 KW
Pression max	14 bars
Réseau d'alimentation	50 HZ

Tableau 20 : Caractéristiques techniques du sécheur FD 510. [10]

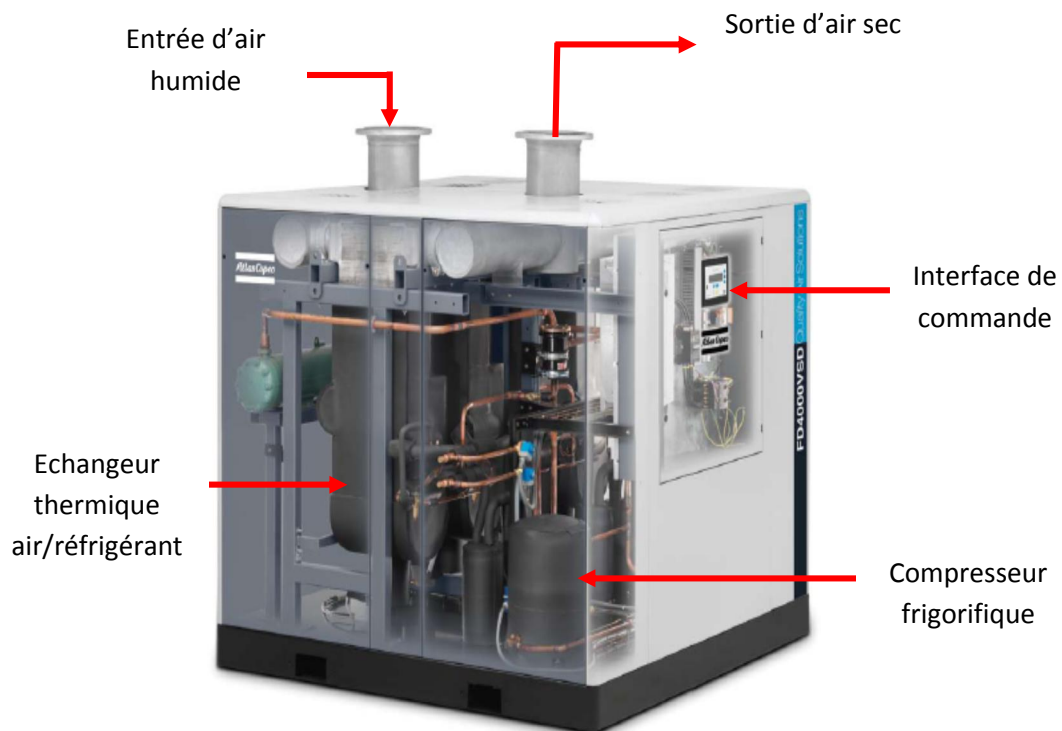


Figure VII.2 : Vue d'ensemble du FD 510. [10]

III.2.2. Les avantages du FD 510 :

➤ **Un échangeur thermique de haute efficacité :**

La circulation de l'air humide à l'intérieur de l'échangeur est étudiée pour une meilleure élimination de l'humidité. Ajoutant à ça un séparateur d'eau intégré dans l'échangeur.

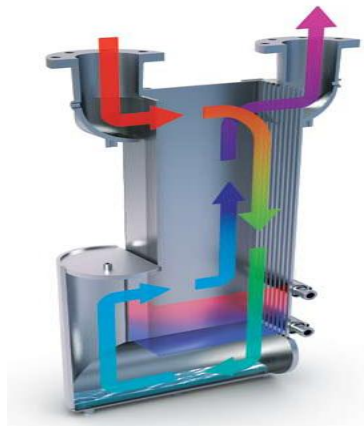


Figure VII.3 : échangeur thermique. [10]

➤ **Une valve de la déviation du gaz chaud :**

Cette valve prévient la présence de la geler en cas des charges inférieures.

➤ **L'interface de commande Elektronikon :**

Sa fonction est de gérer tous les paramètres pour assurer la précision maximale pour notre installation. Son câblage est simplifié par des repères.



Figure VII.4 : l'interface de commande Elektronikon [10].

➤ **Le circuit frigorifique :**

Il est conçu pour fonctionner sous températures ambiantes très élevées.

III.3. La filtration de l'air comprimé.

Pour une qualité supérieure de l'air comprimé et une longue durée de vie de notre sècheur frigorifique nous avons proposé d'ajouter un système de filtration avant et après le séchage il comporte trois types de filtres fabriqués par ATLAS COPCO.

III.3.1. La filtration avant séchage :

➤ **Un filtre de type DD :**

Ce sont des filtres de protection coalescents et à particules destinés à une utilisation générale, ils éliminent l'eau à l'état liquide et les aérosols d'huile jusqu'à 0,1 (mg/m) ainsi que les particules fines (jusqu'à 1 micron).

➤ **Un filtre de type PD :**

Ces filtres coalescents et à particules très efficaces, ces filtres peuvent éliminer l'eau à l'état liquide, les aérosols d'huile jusqu'à 0,01 mg/m (0,01 ppm) et les particules fines (jusqu'à 0,01 micron).



Figure VII.5 : Les filtres PD et DD. [10]

III.3.2. La filtration après le séchage :

➤ **Un filtre de type QD :**

Filtres à charbon actif, les filtres QD permettent de supprimer les vapeurs d'huile et les odeurs d'hydrocarbures pour atteindre une teneur d'huile résiduelle de 0,003 mg/m³ au maximum.



Figure VII.6 : Le filtre QD. [10]

Remarque :

Pour une filtration optimale ATLAS COPCO exige de placer le filtre type DD en amont du filtre type PD.

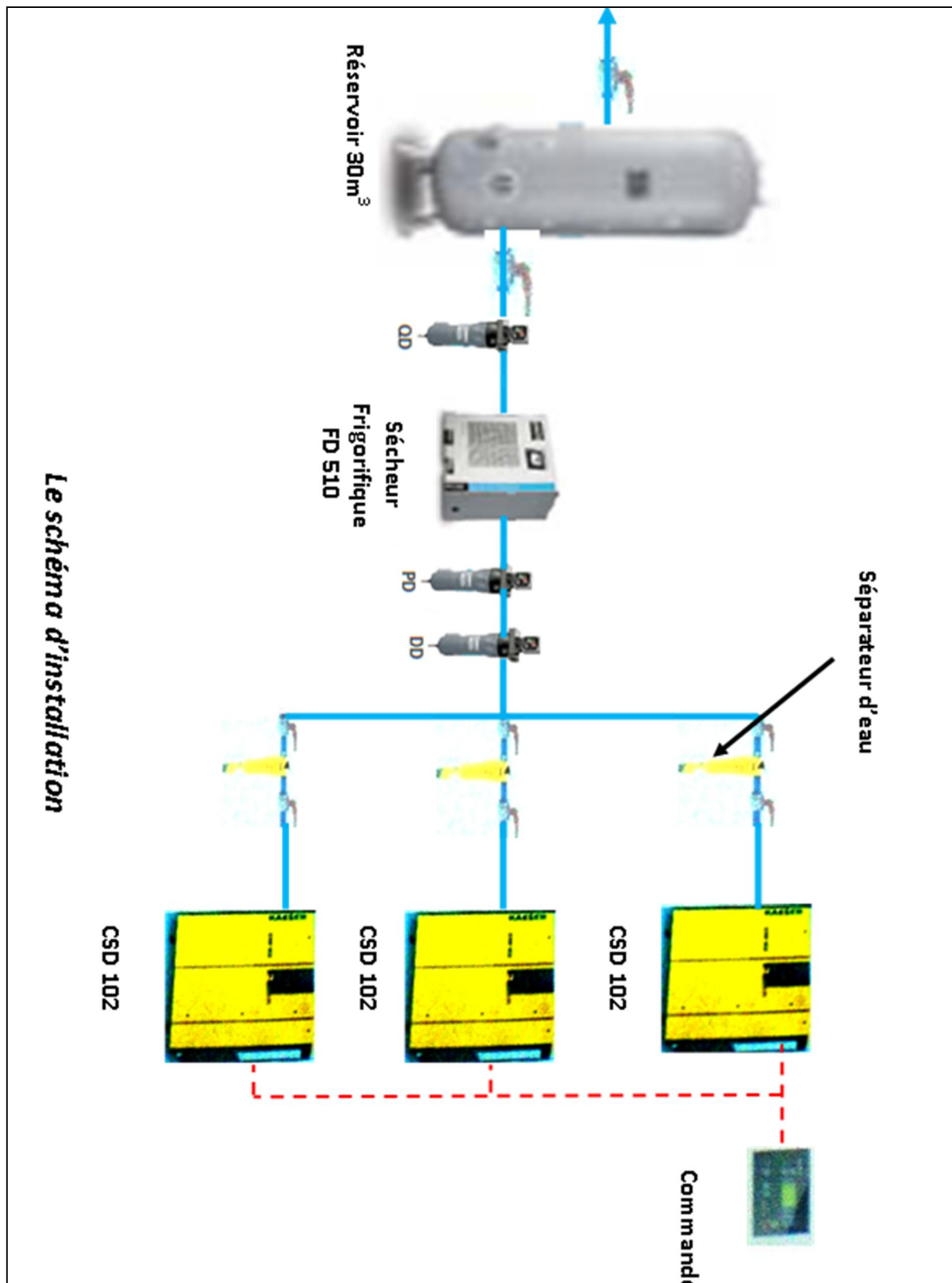


Figure VII.7 : schéma d'installation de sécheur .

IV. entretien de système d'air comprimé :

Il est important d'entretenir tous les équipements du système d'air comprimé en respectant les spécifications des fabricants. Ceci vaut plus particulièrement pour les inspections, essais, opérations d'entretien et calendriers de service recommandés qui sont spécifiés dans les manuels d'utilisation.

Les fuites d'air nuisent aux compresseurs car elles entraînent une augmentation des coûts d'exploitation et entravent le rendement des systèmes de régulation.

Des filtres colmatés risquent de provoquer des problèmes d'humidité lesquels vont alors exiger une purge continue et des débits d'air plus élevés.

La pression différentielle des séparateurs d'huile fait augmenter la consommation d'énergie.

Du point de vue efficacité énergétique, il est sage dans la plupart des cas de procéder à l'entretien des équipements plus fréquemment qu'aux intervalles recommandés. Ceci est d'autant plus vrai pour ce qui touche les fuites d'air, les pressions trop élevées, l'humidité et les dispositifs de régulation.

Conclusion générale

Notre stage au sein de l'**ERENAV** nous a permis de nous initier à la maintenance dans la pratique et de mettre en exercice notre apprentissage théorique.

Premièrement nous avons étudié les caractéristiques techniques du compresseur à vis. Nous avons aussi analysé l'installation de ce compresseur et sa mise en production au quotidien.

Nous avons pu constater les opérations de maintenance préventive et curative au quotidien.

Sous la supervision de notre encadreur, nous avons appréhendé l'utilité d'amélioration des conditions de l'exploitation du compresseur en installant un système de séchage qui réduira le taux d'humidité du réservoir afin d'améliorer la production de l'air comprimé et la disponibilité du compresseur.

Finalement, un autre élément important du stage est la mise en valeur du respect des conditions de sécurité avant toute intervention afin réduire le risque d'accident humain et des dommages du matériel à entretenir.

Références bibliographiques



- [1] Catalogue international 1983-84. Télémécanique dans le monde.
- [2] R. BIGRET, J-L. Féron, « Diagnostique - maintenance, disponibilité des machines tournantes » MASSON Paris 1995.
- [3] Perfectionnement Chefs de Quart-Dispatchers (module : compresseurs centrifuges et turbines à gaz) .Edition 1 version :0/NG/07, naftogaz Filière Exploitation.
- [4] Catalogue, DRESSER-RAND. SONATRACH (Document des fournisseurs supplier document).
- [5] La documentation technique de compresseur Kaeser. Année 2004.
- [6] A. Chevalier « guide de dessinateur industrielle » édition 2004.
- [7] P .ISELT-U .ARNDT« Manuel de l'humidification de l'air » PYC édition livres France 1997.
- [8] Davide Smith, fiabilité, maintenance et risque, Dunod, Paris, 2006.
- [9] Le cours de la maintenance industrielle, 3^{eme} année licence CM 2012.
- [10] Catalogue industriel -Sécheurs d'air frigorifique Atlas Copco série FD.