

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Abderrahmane mira Bejaia

Faculté de la technologie

Département Génie électrique



Mémoire de fin d'études

*En vue de l'obtention du diplôme Master en électromécanique
Spécialité : Maintenance industrielle*

Thème

**Etude, maintenance et automatisation d'une
centrale à air comprimé**

Réalisé par :

YAHIAOUI Badr-Eddine

MAKHLOUF Boubekour

Encadré par :

ADJATI Arezki

Co-encadreur :

BRIKH Omar

Promotion 2021

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu Tout Puissant et aussi nous remercions notre encadreur Mr A. Adjati pour sa disponibilité et ses efforts incessants pour rendre ce travail complet.

Nos profonds remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre travail.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À la personne la plus chère à mes yeux, j'aurais aimé que tu sois parmi nous pour me dire félicitation mon fils, je suis fière de toi mais dieu a voulu te prendre dans un monde meilleur. Je sais que tu es fière de ton fils même si tu es plus parmi nous mais tu es et tu resteras toujours présente dans mon cœur. Alité, rien qu'à te regarder ça me donnait l'envie de réussir, ton visage me disait fonce ne crains rien je suis derrière toi fiston. Maman, je pourrais écrire des milliers de lignes mais je ne pourrais décrire l'amour que je te porte, que dieu t'accueille dans son vaste paradis.

Mon père, mon pilier, mon meilleur ami, je sais que tu es fière de moi, tu m'as toujours soutenu à tout moment et dans tout mes faits je ne pourrais te rendre un brin de tout ça tu es tout simplement mon exemple dans la vie je t'aime

À mes frères Yahia, Yacine, Moumouh, votre présence suffit largement pour me donner le courage d'y avancer

*À mes sœurs Jaja, Lilia et plus spécialement ma deuxième
maman Lamia*

À ma copine Aniesse que j'aime trop et qui m'a soutenu durant tout le long de mes études universitaires

À mes meilleurs amis **Yacine, Juba, Oyane, Reda** et tous mes camarades de classe pour avoir passé des moments inoubliables pendant le cursus universitaire.

À mon binôme **Bob** qui m'a soutenu et supporté durant cette période de préparation et qui était avec moi dans une période délicate, ainsi qu'à **Johnny** qui sa chambre à notre disposition pour préparer et travailler sur ce projet.

Y. Badr-Eddine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents pour leurs efforts et sacrifices durant toutes études.

À mes frères, sœurs, demi-frère et demi-sœurs et à l'ensemble des membres de nos familles qui m'ont encouragé pour fournir plus d'efforts et le meilleur de moi-même.

À mes ami(e)s et camarades pour avoir passés de très bons moments lors des périodes de travaux et pendant le cursus universitaire.

M. Boubekur

Sommaire

Nomenclature	
Listes des tableaux.....	
Liste des figures	
Introduction générale	- 1 -

Présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise.....	2
2. Infrastructure et équipement de l'unité	2
3. Mission de CO.GB « La Belle »	2
4. Situation géographique	3
5. Structure de l'entreprise.....	3

Chapitre I : Généralités

I.1	Généralités sur la maintenance.....	5
I.1.1	Définition de la maintenance industrielle.....	5
I.1.2	Les objectifs de la maintenance	5
I.1.3	Différents types de maintenance	5
I.1.3.1	Maintenance corrective	6
I.1.3.2	La maintenance préventive	7
I.1.3.3	Les niveaux de la maintenance [norme FD X 60-000]	8
I.1.3.4	Les activités de la maintenance (norme NF EN 13306).....	9
I.1.3.5	Les fonctions du service maintenance [norme FD X 60-000].....	10
I.1.3.6	Les temps de maintenance	12
I.1.3.7	Les méthodes d'aide à la maintenance.....	13
I.2	Généralités sur les compresseurs	15
I.2.1	Définition	15

I.2.2	Domaine d'utilisation.....	15
I.2.3	Types de compresseurs	15
I.2.3.1	Compresseurs volumétriques	15
I.2.3.2	Compresseur dynamique.....	19
	Conclusion	21

Chapitres II : Etude de la centrale à air comprimé

	Introduction.....	22
II.1	L'air comprimé	22
II.2	Description de l'installation à air comprimé	22
II.3	Traitement de l'air comprimé.....	24
II.4	La salle de compression.....	25
	Conclusion	33

Chapitre III : Maintenance de la centrale à air comprimé

	Introduction.....	34
III.1	Arborescence	34
III.2	Plans de maintenance	35
III.2.1	Plan de maintenance préventive	35
III.2.1.1	Plan de maintenance recommandé par ATLAS-COPCO	35
III.2.1.2	Plan de maintenance complémentaire recommandé par CO-GB Labelle....	37
III.2.2	Les gammes de maintenance.....	37
III.2.3	Etude de fiabilité.....	40
III.2.3.1	Etablissement de l'AMDEC-machine	40
III.2.4	Application de l'AMDEC sur le central à air comprimé	44
III.2.4.1	Décomposition fonctionnelle de la centrale.....	44
III.2.4.2	La décomposition des sous-systèmes	45

III.2.4.3	Grille D'AMDEC.....	47
-----------	---------------------	----

Chapitre IV : Automatisation de la centrale à air comprimé

Introduction.....	51
IV.1 Système automatisé	51
IV.2 Technologie câblée.....	51
IV.3 Technologie programmée	51
IV.4 Structure du système automatisé	52
IV.4.1 Partie commande	52
IV.4.2 Partie opérative	52
IV.4.3 La partie relation.....	52
IV.5 Automate programmable industriel API.....	52
IV.5.1 Structure d'un automate	53
IV.5.2 Listes des paramètres à surveiller (entrées de l'automate).....	53
IV.5.3 Liste des paramètres de commande (sortie de l'automate).....	54
IV.5.4 Critère du choix d'un automate	54
IV.6 Le langage de programmation	54
IV.6.1 Généralités et définitions.....	54
IV.6.2 GRAFCET OU SFC (sequential fonction chart)	55
IV.7 Déroulement du processus de fonctionnement d'un compresseur	56
IV.8 Déroulement de processus de gestion des compresseurs	57
IV.9 Présentation du logiciel de programmation (AUTOMGEN)	58
IV.9.1 Simulation des GRAFCETS de fonctionnement des compresseurs par AUTOMGEN.....	59
Conclusion générale.....	64

Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Désignation des compresseurs	25
Tableau III.1a : Programme Quotidien d'entretien ATLAS COPCO	35
Tableau III.1b : Programme hebdomadaire, mensuel et annuel d'entretien	36
Tableau III.2 : Plan de maintenance complémentaire recommandé par CO.GB	37
Tableau III.3 : Gamme de maintenance niveau 1	38
Tableau III.4 : Gamme de maintenance niveau 2	38
Tableau III.5 : Gamme de maintenance niveau 3	39
Tableau III.6 : Gamme de maintenance niveau 4	39
Tableau III.7 : Niveau de criticité	42
Tableau III.8 : Probabilité de non-détection.....	43
Tableau III.9 : AMDEC 1	47
Tableau III.10 : AMDEC 2.....	47
Tableau III.11 : AMDEC 3.....	48
Tableau III.12 : AMDEC 4.....	48
Tableau III.13 : AMDEC 5.....	49
Tableau III.14 : AMDEC 6.....	49
Tableau III.15 : AMDEC 7.....	49

Liste des figures :

Figure 1 : situation géographique de l'entreprise.....	3
Figure 2 : Organigramme des départements de CO.GB « La belle ».....	4
Figure I.1 : Différents types de maintenance	6
Figure I.2 : Les temps de maintenance	12
Figure I.3 : Représentation graphique du diagramme causes à effets	13
Figure I.4 : Classification des compresseurs.....	15

Figure I.5 : Compresseur à piston.....	16
Figure I.6 : Compresseur à membrane.....	17
Figure I.7 : Compresseur à palettes	17
Figure I.8 : Compresseur à lobes.....	18
Figure I.9 : Compresseur à vis	19
Figure I.10 : Compresseur spirale	19
Figure I.11 : Compresseur Centrifuge	20
Figure I.12 : Compresseur axial	21
Figure II.1 : Centrale à air comprimé	22
Figure II.2 : Compresseur GA ATLAS COPCO.....	26
Figure II.3 : Compresseur à vis birotor.....	27
Figure II.4 : Cellule de régulation du compresseur GA.....	29
Figure II.5 : Circuit d'air et de l'huile dans le compresseur.....	30
Figure II.6 : Circuit d'air dans le sécheur.....	31
Figure II.7 : Régulateur Elektronikon.....	32
Figure III.1 : Grille d'AMDEC	44
Figure III.2 : Diagramme de la centrale.....	44
Figure III.3 : Diagramme du moteur d'entraînement	45
Figure III.4 : Diagramme du compresseur	45
Figure III.5 : Diagramme de refroidissement.....	46
Figure III.6 : Diagramme du réservoir.....	46
Figure IV.1 : Principe de lecture et de commande de l'API	53
Figure IV.2 : Structure d'une étape	56
Figure IV.3 : Représentation d'une transition et une condition	56
Figure IV.4 : GRAFCET du fonctionnement du compresseur GA110.....	60
Figure IV. : GRAFCET du fonctionnement du compresseur GA110FF	60
Figure IV.4 : GRAFCET du fonctionnement du compresseur GA132W	61
Figure IV.4 : GRAFCET de gestion des trois compresseurs	62

Introduction générale

L'air est un mélange de gaz constituant l'atmosphère, il est normalement incolore et invisible. La révolution industrielle a fait appel à l'utilisation de plusieurs énergies telle que l'air comprimé qui est considéré comme la quatrième énergie après l'électricité, le gaz naturel et l'eau.

Pour faciliter l'utilisation de cette énergie, les plus grands ingénieurs ont investi des sommes faramineuses pour la conception des compresseurs où actuellement plusieurs types sont disponibles sur le marché.

La société algérienne agroalimentaire des corp gras CO.GB comporte plusieurs secteurs d'activités qui nécessitent l'utilisation de l'air comprimé, la production de cet air est assurée par une salle de compression constituée de trois compresseurs montés en parallèle.

Nous nous sommes intéressés à cette installation, son fonctionnement, sa maintenance et son automatisation. Dans ce sens, notre modeste travail est composé de quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré sur les notions de base de la maintenance et sur les généralités des compresseurs.
- Dans le second chapitre, l'étude et la constitution de l'installation de production d'air comprimé sont abordées ainsi que leurs principes de fonctionnement.
- Dans le troisième chapitre, les plans de maintenances préventives et la méthode AMDEC sur la centrale sont met en exergue.
- Le dernier chapitre est dédié à la programmation des grafjets par le logiciel AUTOMGEN.

Et l'ensemble est couronne par une conclusion générale où quelques perspectives sont étalées.

1. Présentation de l'entreprise

Les premiers travaux ont été lancés en 1942 par le groupe « Lesieur Afrique » interrompu lors de la deuxième guerre mondiale, puis reprise pour être achevés en 1948, année de sa mise en service.

Cette unité fut nationalisée en 1968, attachée à la société nationale des corps gras pour être intégrée à partir du premier octobre 1973 à la société nationale de gestion et de développement de l'industrie « SO.GE.DIA ». En 1977 la société des corps gras « CO.GB » entre en partenariat avec la société agroalimentaire « La belle » en lui cédant 70% des actions et le reste appartient à l'état.

Notre travail consiste à étudier l'unité principale UP7, l'unité principale de « CO.GB » située à Bejaïa, 250 km à l'est d'Alger, elle s'étend sur 13 hectares, qui a pour rôle de produire, de distribuer et de commercialiser tous les produits relevant de son secteur à travers le territoire national.

2. Infrastructure et équipement de l'unité

- Raffinerie d'huile (une capacité de production de 400 tonnes/jour).
- Fabrication des bouteilles et conditionnements d'huile.
- Savonnerie et conditionnement savon avec une capacité de production de 150 tonnes/jour.
- L'utilité (chaufferie, dissolution, soude et traitement des eaux usées).
- Margarinerie (une capacité de production de 80 tonnes/jour).
- Atelier de maintenance.
- Infrastructure portuaire (bacs de stockage plus pipe liaison usine-port).
- Bacs de stockage (12 bacs de 500 m³ + 15 bacs de 1200 m³).

3. Mission de CO.GB « La Belle »

- L'exploitation et la gestion des activités de production et de toutes autres activités industrielles liées à son sujet.
- L'insertion d'activité dans le cadre de la politique nationale de développement.

4. Situation géographique

Le complexe CO.GB « La Belle » est implanté dans la zone industrielle d'IHADDADEN à 2 km du chef-lieu de la wilaya de Bejaïa, qui est limitée par :

- Oued Seghir au nord ;
- BECOTEX (CCB) et la route des Aurès au sud ;
- Entreprise nationale de liège à l'ouest ;
- EDIMIA à l'est ;



Figure 0.I : *Situation géographique de l'entreprise*

5. Structure de l'entreprise

Comme chaque grande entreprise, l'entreprise « La Belle » est constituée de plusieurs départements qui sont à leur tour repartis en différents services, cette répartition assure une bonne communication entre chaque service et offre une meilleure productivité, comme le montre l'organigramme suivant :

5.1 de production Organigramme des départements CO. GB « La Belle »

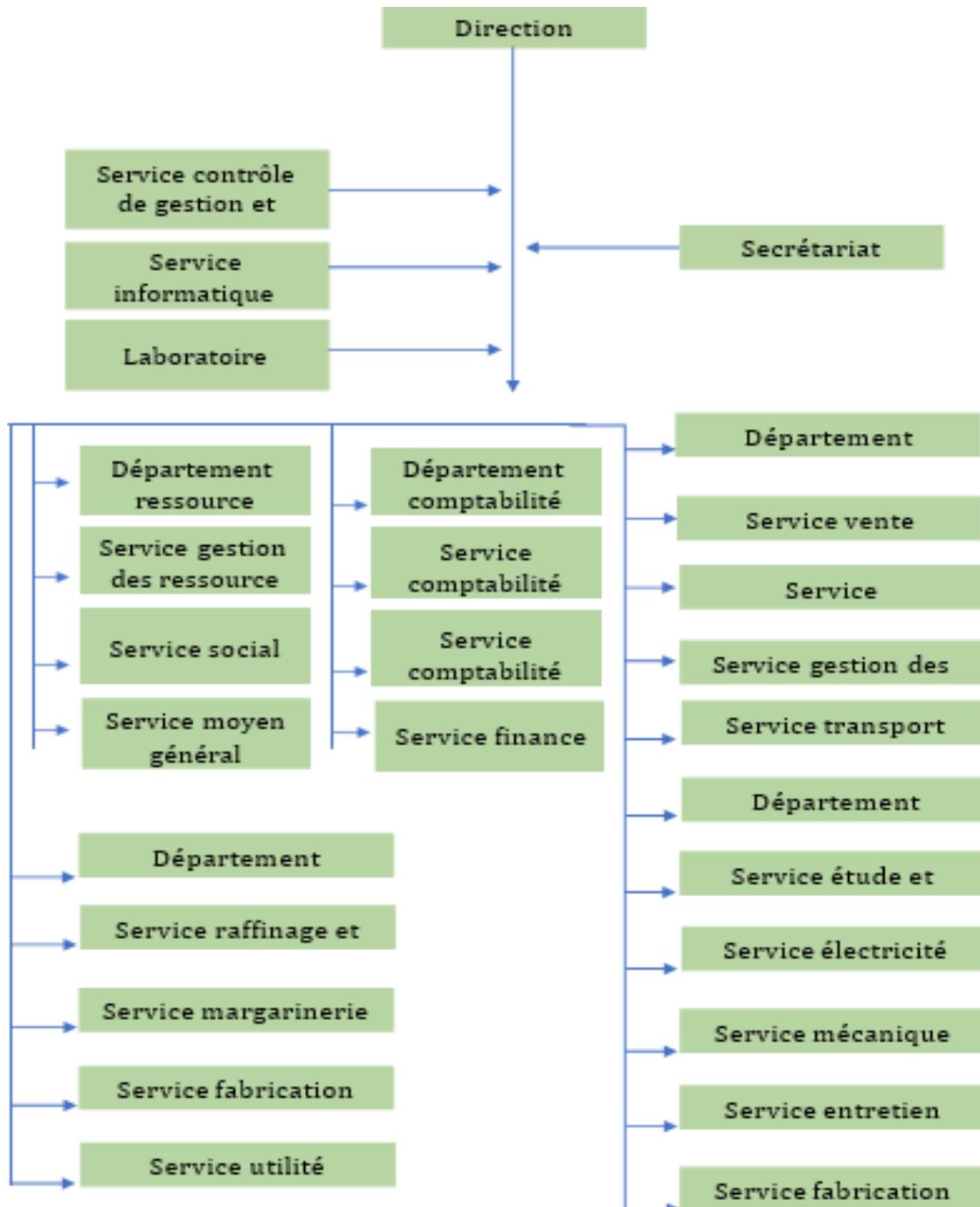


Figure 0.II : Organigramme des départements de CO. GB « La Belle »

Introduction

En industrie, il est essentiel de fournir des produits et des services de qualité et à moindre coût. Il est également nécessaire de s'assurer que l'exploitation des actifs soit dans le meilleur état de sécurité.

La classification des appareils de compressions doit tenir compte des pressions de fonctionnement et de la manière et du principe de compression. Chaque compresseur possède son propre principe de fonctionnement et sa propre structure. On trouve différents types de compresseurs selon l'application.

I.1 Généralités sur la maintenance

I.1.1 Définition de la maintenance industrielle

La maintenance est un ensemble d'actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal [1].

I.1.2 Les objectifs de la maintenance

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs seront [2]:

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance.

I.1.3 Différents types de maintenance

La maintenance est déterminée en fonction de sa finalité, de ses résultats et des moyens techniques d'intervention [3].

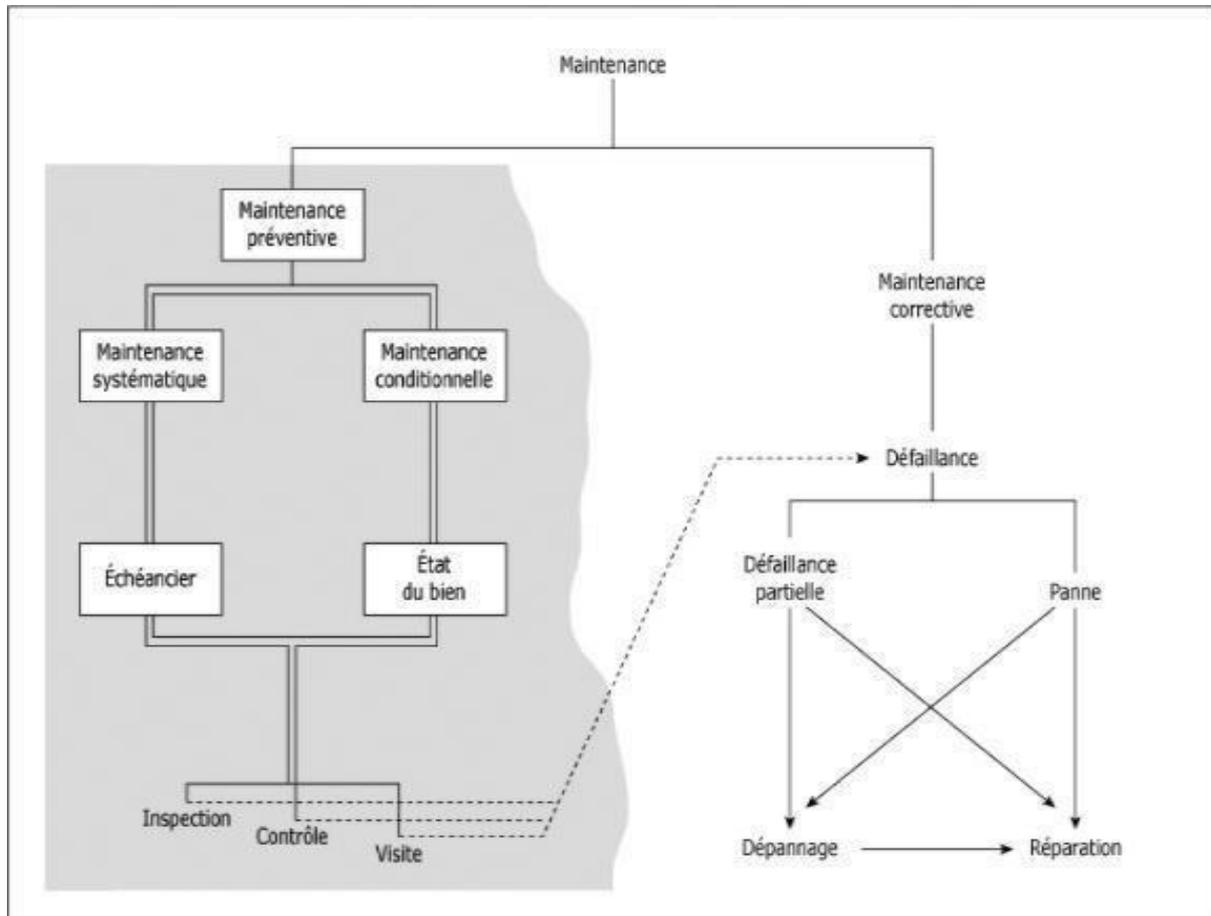


Figure I.1 : Différents types de maintenance

I.1.3.1 Maintenance corrective

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. La maintenance corrective correspond à une attitude de défense dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel [1].

Deux types de maintenance corrective se distinguent

a) Maintenance curative

La maintenance curative s'applique lorsqu'une machine ou une installation est en panne et ne peut pas être réparée, dans ce cas il faut changer le matériel partiellement ou dans son intégralité, il est possible que cette maintenance curative survienne après une maintenance préventive ou corrective [4].

b) Maintenance palliative

Destinées à permettre à un dispositif d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise. Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

I.1.3.2 La maintenance préventive

La maintenance préventive est une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans le but de réduire la probabilité de défaillance des biens ou de détérioration du service fourni [3].

Deux types de maintenance préventive se distinguent :

a) Maintenance systématique

C'est la maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues.

b) Maintenance conditionnelle

On l'appelle aussi maintenance prédictive, c'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé.

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné et cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

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

- Les vibrations et les jeux mécaniques.

Elle nécessite une surveillance permanente des équipements, cette surveillance est faite par des capteurs, ceux-ci reviennent chers, c'est pour cela qu'elle est appliquée uniquement aux organes cruciaux [1].

I.1.3.3 Les niveaux de la maintenance [norme FD X 60-000]

Ils sont au nombre de cinq et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise et selon le type de bien à maintenir [2].

a) Niveau 1

L'utilisateur réalise des actions simples et nécessaires à l'exploitation et sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés.

- Exemples en préventif : Les relevés de valeurs d'état ou d'unités d'usage
- Exemples en correctif : Le remplacement des ampoules.

b) Niveau 2

Un personnel qualifié effectue des actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Le personnel est jugé qualifié lorsqu'il reçoit une formation lui permettant de travailler en sécurité, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

- Exemple en préventif : Des réglages simples (alignement de poulies, alignement pompe-moteur, etc.)
- Exemple en correctif : le remplacement par échange standard de pièces (fusibles, courroies, filtres à air, etc.)

c) Niveau 3

C'est au tour des techniciens qualifiés d'effectuer des opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.

- Exemple en préventif : Le contrôle et les réglages impliquant l'utilisation d'appareils de mesure externes.

- Exemple en correctif : La réparation d'une fuite de fluide frigorigène (groupe de froid).

d) Niveau 4

Les opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés effectuées par un technicien ou une équipe spécialisée

- Exemple en préventif : Des révisions partielles ou générales ne nécessitant pas le démontage complet de la machine.
- Exemple en correctif : Remplacement d'une porte et mise en peinture et des réparations de fissures et défauts d'étanchéité ou de reprise de fuite de toiture.

e) Niveau 5

Le constructeur ou la société spécialisée réalisent des opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire et faisant appel à des techniques ou des technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels. Ce sont des opérations de rénovation, reconstruction, etc.

- Exemples : Révisions générales avec le démontage complet de la machine.

I.1.3.4 Activités Les de la maintenance (norme NF EN 13306)

a) L'inspection

C'est un contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien. En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance [2].

b) La surveillance

C'est l'activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien. La surveillance se distingue de l'inspection en ce qu'elle est utilisée pour évaluer l'évolution des paramètres du bien avec le temps [2].

c) La réparation

Ce sont les actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne [2].

d) Le dépannage

Ce sont les actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée [2].

e) L'amélioration

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise [5].

La modification

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien [5].

f) La révision

Ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité [5].

g) La reconstruction

Action suivant le démontage d'un bien et la réparation ou le remplacement des composants qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou devraient être systématiquement remplacés.

La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations.

L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine [5].

I.1.3.5 Les fonctions du service maintenance [norme FD X 60-000]

a) Étude

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables [7].

b) Préparation

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation devra bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : cout, délai, qualité, sécurité...

La préparation sera toujours présente et elle sera :

- a) *Implicite (non formalisée)* : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ;
- b) *Explicite (formalisée)* : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à jour ultérieures [7].

c) Ordonnancement

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie [7].

d) Réalisation

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement [7].

e) Gestion

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget [7].

I.1.3.6 Les temps de maintenance

a) La MTBF

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF). Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances [2].

b) La MTTR

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR). Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service [2].

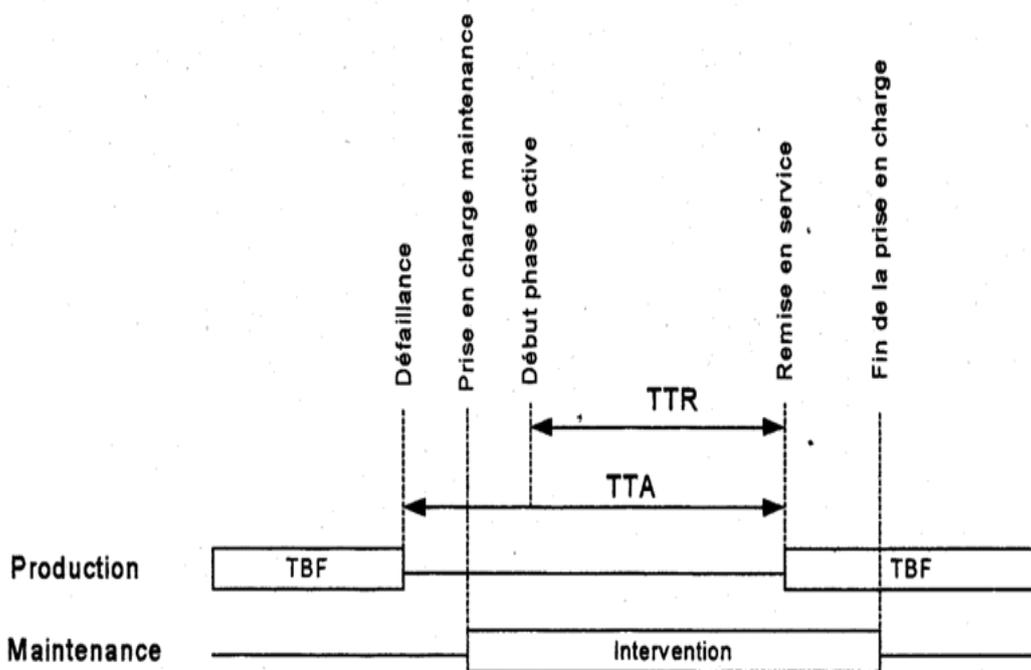


Figure I.2 : Temps de maintenance

c) La MTTA

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA). Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, etc.) [2].

I.1.3.7 Les méthodes d'aide à la maintenance

Diagramme causes-effet (ou Ishikawa ou arête de poisson)

Il s'agit d'une représentation arborescente des liaisons significatives entre un résultat, l'effet, et les multiples causes susceptibles d'en être à l'origine [6].

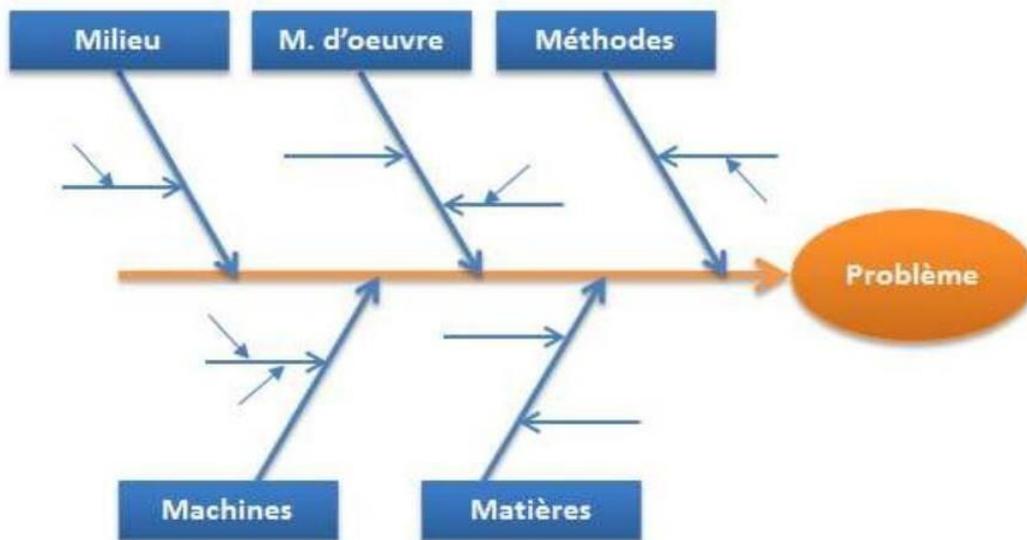


Figure I.3 : Représentation graphique du diagramme causes à effets

Remarque : En production, il est très courant de limiter les causes à 5 familles : Matière, Matériel, Main d'œuvre, Méthode, Milieu. C'est la méthode des 5 M.

Quoi ? Qui ? Où ? Quand ? Comment ? et le Pourquoi ? « Q.Q.O.Q.C.P »

Qu'il s'agisse d'analyser une défaillance, d'organiser un poste de travail, la logistique des flux, la conduite d'une réunion, une procédure administrative, ... l'emploi rigoureux de cette démarche contribue inévitablement à mettre en œuvre les conditions optimales de performance. Simplicité et rigueur sont des conditions essentielles à la réussite [6].

Quoi ? Pourquoi ? Qui ? Pourquoi ? Où ? Pourquoi ? Quand ? Pourquoi ? Comment ? Pourquoi ?

La méthode des « 5 pourquoi » postulent que la répétition de la question permet l'analyse exhaustive d'une situation jusqu'à conduire aux meilleurs choix de solutions. La question est reposée jusqu'à ce que la réponse ne permette plus de relancer la recherche des causes.

Graphes de Pareto ou méthode ABC

La méthode ABC permet de dégager l'important d'une masse d'informations, de faire apparaître objectivement ce qui est confusément perçu.

Il s'agit d'une méthode de choix qui permet de déceler entre plusieurs problèmes, ceux qui doivent être abordés en priorité. La courbe ABC permet donc de distinguer de façon claire les éléments importants de ceux qui le sont moins et ceci sous la forme d'une représentation graphique. Cette règle de répartition a été définie par Wilfredo PARETO (socio-économiste italien, 1848-1923) on l'appelle aussi la règle des 80-20.

La méthode permet de ne pas se laisser influencer par des travaux certes utiles, mais de très faible importance par rapport au volume des autres travaux.

Les 2 règles d'or de Pareto sont [6]:

- "Ne pas utiliser un éléphant pour écraser une mouche."
- "Ne pas utiliser une petite cuillère là où une louche est nécessaire."

AMDEC « Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité »

Définition

La méthode AMDEC est un outil utilisé dans la démarche qualité et dans le cadre de la sûreté de fonctionnement [6].

L'AMDEC consiste à analyser les défaillances, leurs causes et leurs effets.

Objectifs de l'AMDEC

L'AMDEC est une procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets où on distingue 2 types d'AMDEC [6] :

- Amélioration de la conception : Définition de la maintenance
- Amélioration de la maintenance : Modification ponctuelle de la conception

Méthodologie d'un AMDEC

- Constitution d'un groupe de travail
- Décomposition fonctionnelle du système

- Évaluation des défaillances potentielles
- Détermination des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs causes
- Évaluation et notation de chaque cause de défaillance

Calcul de l'indice de criticité C

L'indice de criticité C est obtenu par [6] :

$$C = D \times F \times G \tag{I.1}$$

Où D : probabilité de non-détection de la cause de la défaillance, F : probabilité d'apparition ou d'occurrence de la cause de la défaillance et G : gravité de la défaillance.

I.2 Généralités sur les compresseurs

I.2.1 Définition

Un compresseur est un organe mécanique destiné à augmenter la pression d'un gaz, et donc de son énergie [8]

I.2.2 Domaine d'utilisation

Le compresseur est utilisé dans des automobiles, des avions, mais aussi sur des bateaux à moteur et dans l'industrie pour produire de l'air comprimé [8]

I.2.3 Types de compresseurs

Dans les installations industrielles, on trouve de divers types de compresseurs selon leurs usages [3] :

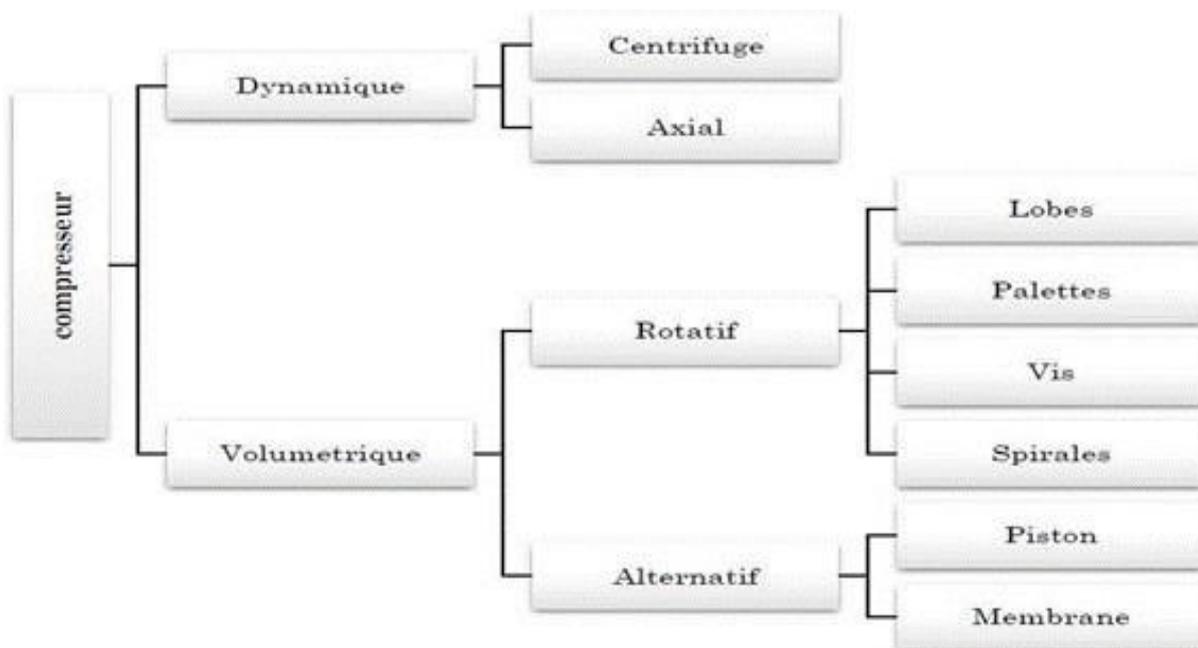


Figure I.4 : Classification des compresseurs

I.2.3.1 Compresseurs volumétriques

On distingue deux genres de compresseurs de ce type [9] :

a) Compresseurs alternatifs

b) Compresseurs alternatifs à pistons

Dans un compresseur à piston, le piston coulisse dans une soupape (cylindre) qui sert à l'admission et au refoulement du fluide frigorigène à l'état gazeux, ce mouvement s'effectue d'avant en arrière. Le moteur crée le mouvement rotatif, il *entraîne* l'arbre et la bielle, qui eux-mêmes *entraînent* le piston [9].

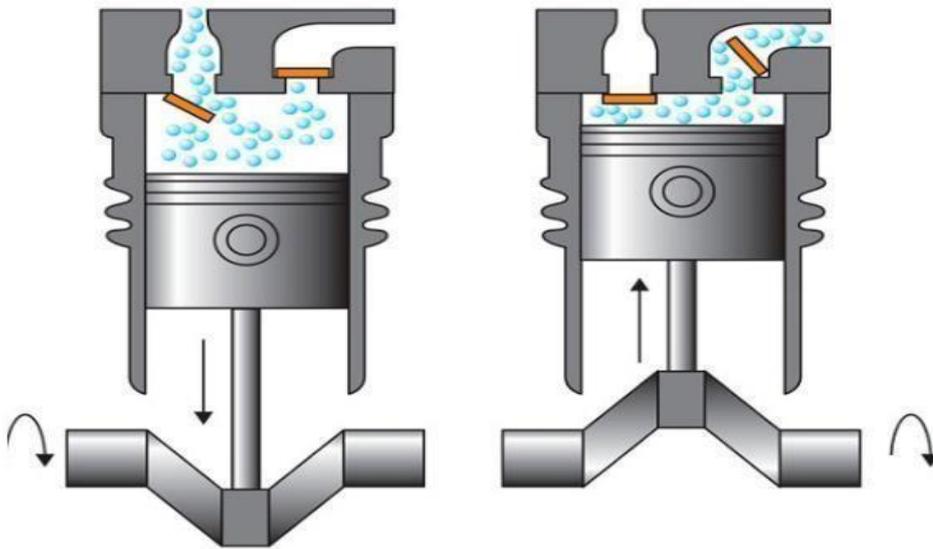


Figure I.5 : Compresseur à piston

Compresseurs alternatifs à membrane

Ce type de compresseur à membrane métallique à entraînement hydraulique est principalement composé d'une partie mécanique et d'une tête de compression.

L'ensemble mécanique, dont le corps principal est un bâti en fonte, contenant un système mécanique classique reliant la bielle à la manivelle qui convertit la rotation de l'organemoteur en mouvement du piston de la tête de compression. La lubrification des roulements ainsi que la compensation des fuites d'huile autour du piston sont assurées par un lubrifiant intégré [9].

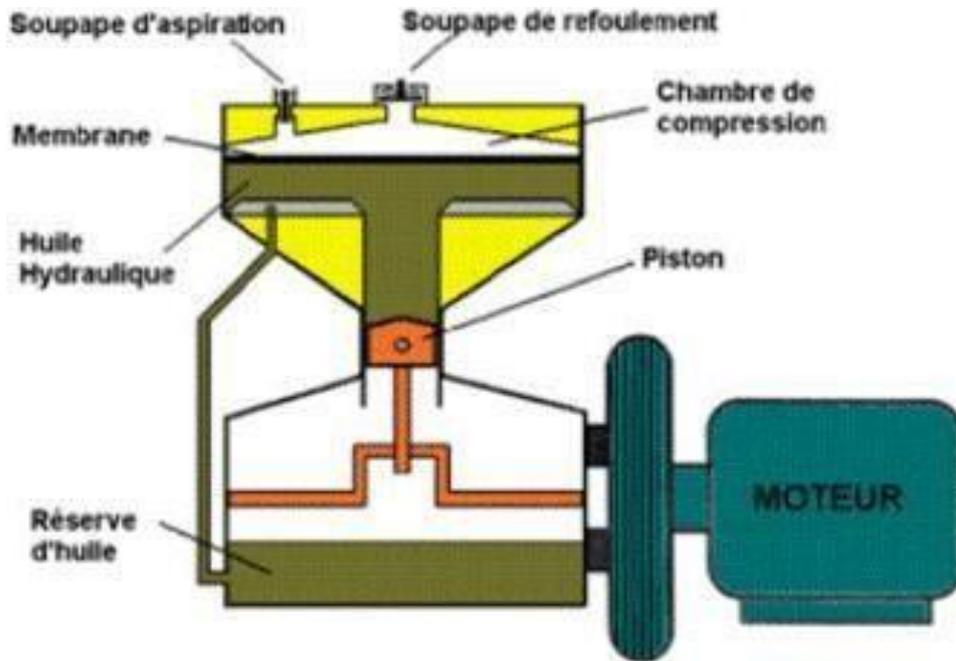


Figure I.6 : Compresseur à membrane

c) Compresseurs rotatifs

Compresseurs rotatifs à palettes

Dans un cylindre, un rotor tournant autour d'un arbre excentrique est tangent au cylindre et comporte des pales radiales qui coulissent dans son carter et agissent en continu sur la paroi par la force centrifuge [10].

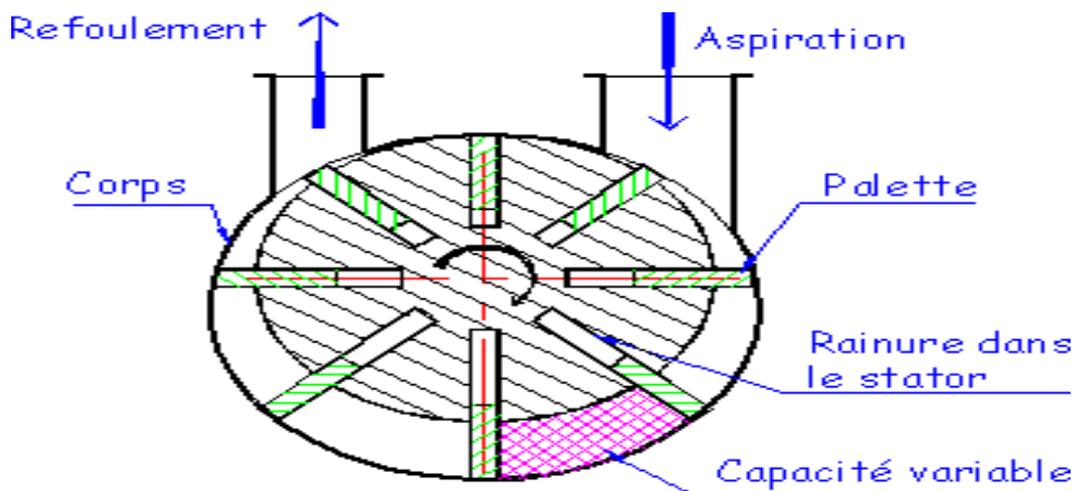


Figure I.7 : Compresseur à palettes

Compresseurs rotatifs à lobes

Dans un compresseur à lobes, l'élément compresseur se compose de deux rotors qui tournent en sens inverse à l'intérieur d'une chambre de compression. Le processus de compression comprend l'admission, la compression et la sortie.

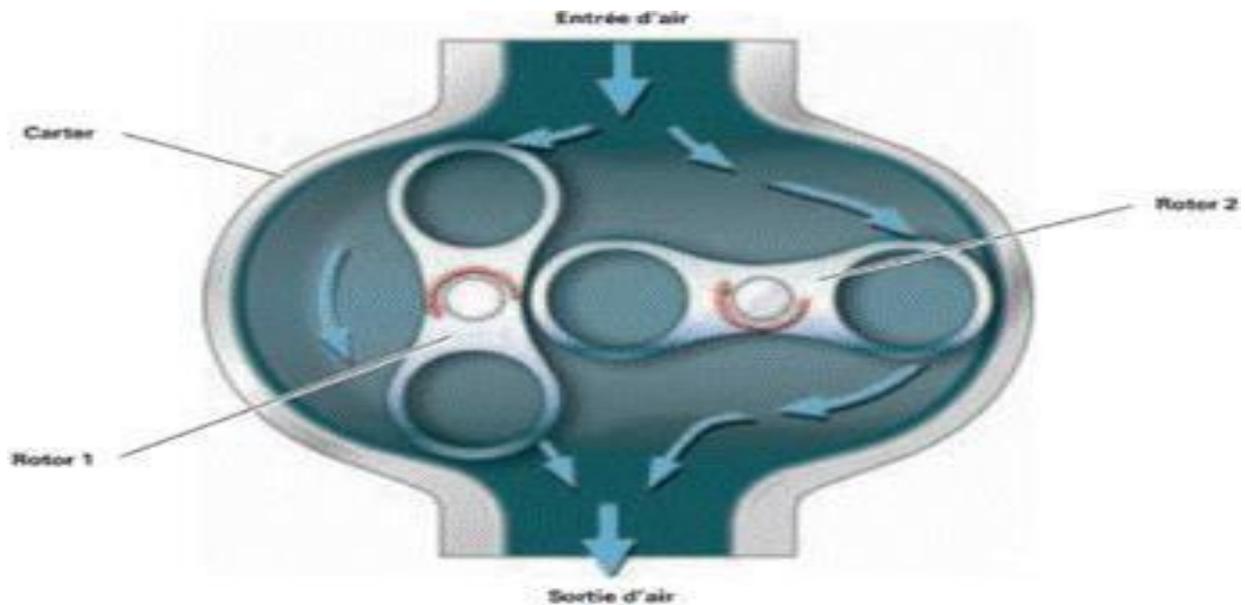


Figure I.8 : *Compresseur à lobes*

Au cours de la phase d'admission, l'air est aspiré dans la chambre de compression jusqu'à ce que les rotors bloquent l'admission.

Au cours de la phase de compression, l'air aspiré est comprimé dans la chambre de compression, qui devient plus petite au fur et à mesure que les rotors tournent.

L'orifice de sortie est bloqué lors de la compression par l'un des rotors, tandis que l'entrée est ouverte pour aspirer de l'air neuf dans la section opposée de la chambre de compression [10].

Compresseurs rotatifs à vis

Le principe du compresseur volumétrique rotatif à double vis est dû à la nécessité d'un compresseur rotatif à haut débit et débit stable sous des conditions de pression variables.

Les parties principales de l'élément à double vis sont les rotors mâle et femelle, qui tournent en sens inverse tandis que le volume d'air qui les sépare de leur logement diminue.

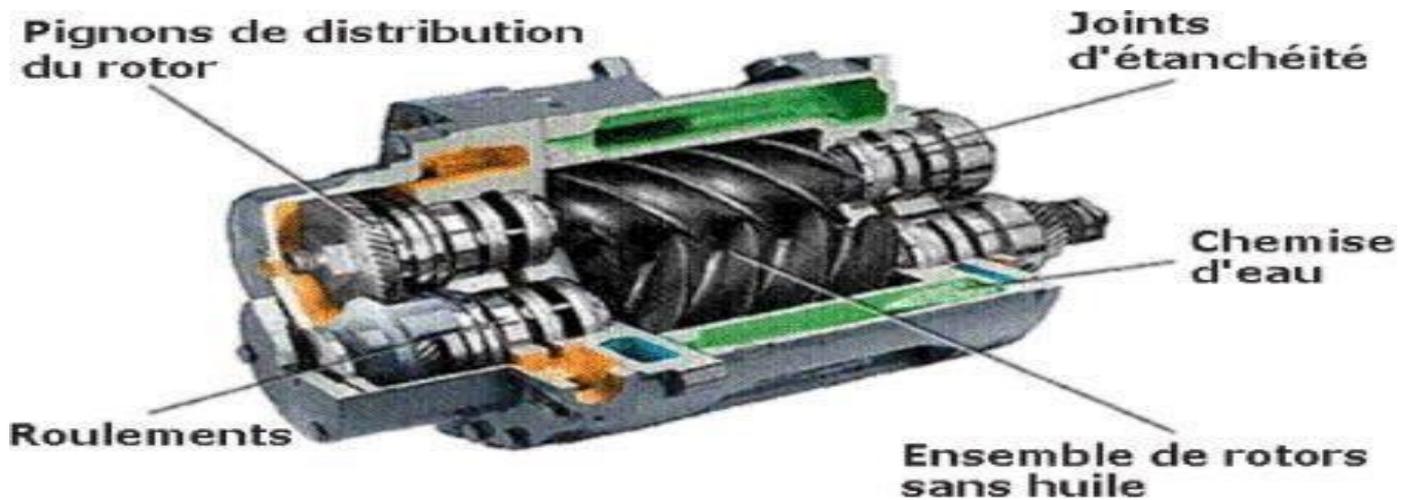


Figure I.9 : Compresseur à vis

Compresseur rotatif spirale

Le compresseur à spirale en orbite est composé d'une spirale fixe et d'une spirale mobile. Il est entraîné par la poulie du vilebrequin. En raison de l'action de l'arbre excentrique, l'hélice mobile est proche et éloignée de l'hélice fixe.

Par conséquent, l'air comprimé dans cet espace est comprimé et déplacé vers le centre du compresseur (sortie), puis évacuer vers le tuyau d'admission du moteur. Dans un compresseur à spirale Co-rotatif, les deux centres des spirales sont décalés avec une précision suffisante pour que les deux spirales soient en contact l'une avec l'autre.

Les deux spirales tournent autour de leurs centres respectifs et elles tournent dans le même sens et à la même vitesse. Selon le sens de rotation de la volute, le système peut être utilisé soit comme compresseur soit comme turbine.

Le volume du sac formé entre les deux spirales change avec la rotation et provoque une compression du fluide [10].

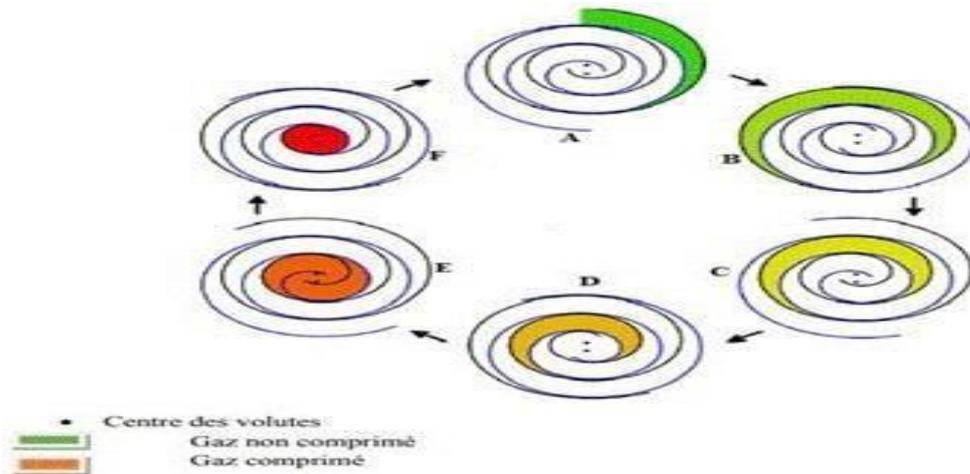


Figure I.10 Compresseur spirale

I.2.3.2 Compresseur dynamique

Souvent employé pour de grandes puissances, le compresseur dynamique est le choix idéal. Leur conception est soit axiale soit radiale (centrifuge) et ils sont souvent désignés comme turbocompresseurs [10].

a) Centrifuge (radial)

Le compresseur centrifuge se caractérise par son débit de refoulement radial. L'air est aspiré au centre de la roue radiale rotative et est poussé vers la circonférence de la roue par la force centrifuge.

Avant que l'air ne soit amené au centre de l'étage de compresseur suivant, il passe à travers un diffuseur et un serpentin où l'énergie cinétique est convertie en pression [10].

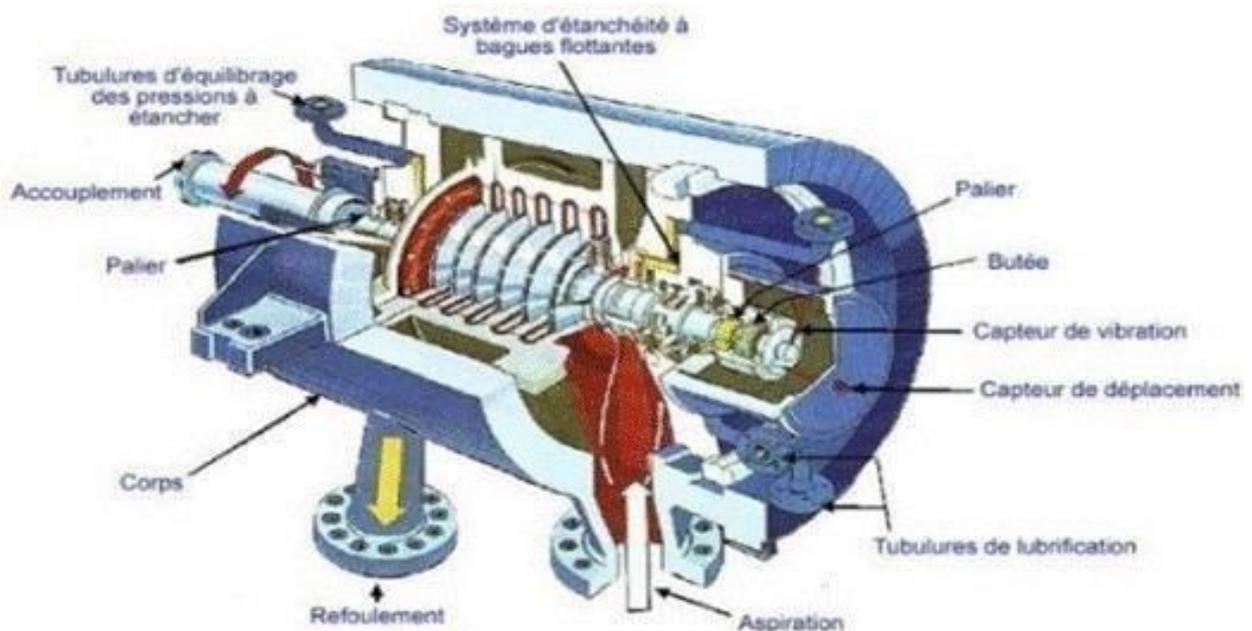


Figure I.11 : Compresseur centrifuge

b. Compresseur axial

Un compresseur axial a un débit axial, grâce auquel l'air ou le gaz passe le long de l'arbre du compresseur à travers des rangées de pales rotatives et stationnaires.

De cette manière, la vitesse de l'air augmente progressivement à mesure que les pales stationnaires convertissent l'énergie cinétique en pression. Un tambour d'équilibrage est généralement intégré dans le compresseur pour contrebalancer la poussée axiale [10].



Figure I.12 : *Compresseur axial*

Conclusion

C'est une présentation générale de l'ensemble de généralités et de définitions des différents types de compresseurs et leur principe de fonctionnement.

II. Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur la maintenance des compresseurs et la définition des concepts de base de cette maintenance pour l'absence de défauts causés par ces compresseurs en raison de leur importance dans cette entreprise.

Introduction

L'air comprimé joue un rôle essentiel dans le monde industriel d'aujourd'hui, chaque entreprise industrielle doit être équipée d'un système de production d'air comprimé pour faciliter et permettre plusieurs tâches essentielles, de ce fait, avoir la possibilité de fabriquer la plupart des produits qu'on utilise quotidiennement.

II.1 L'air comprimé

L'air atmosphérique est un mélange de gaz principalement composé de 78% d'azote, de 21% d'oxygène et d'une quantité plus ou moins importante de vapeur d'eau et il contient également de petites quantités de gaz inertes et, malheureusement, beaucoup de pollution sous la forme d'hydrocarbures produits par l'homme [11].

L'air peut être comprimé, c'est-à-dire qu'un volume d'air donné peut être réduit, entraînant une augmentation de la pression dans le nouveau volume obtenu. Le compresseur permet d'effectuer cette compression pour obtenir un air comprimé propre, simple et efficace sans risque d'échappement de gaz dangereux ou d'autres produits nocifs.

L'air comprimé est utilisé comme une source d'énergie qui n'est ni combustible ni polluante. Il est généralement utilisé pour des tâches diverses comme l'actionnement d'outils et de pistons afin de déplacer ou de refroidir des matériaux [11].

II.2 Description de l'installation à air comprimé

L'installation de production d'air comprimé industriel ne se limite pas au seul élément de compression, mais c'est tout un ensemble de composants qui assurent la compression et le conditionnement de l'air (Figure II.1).

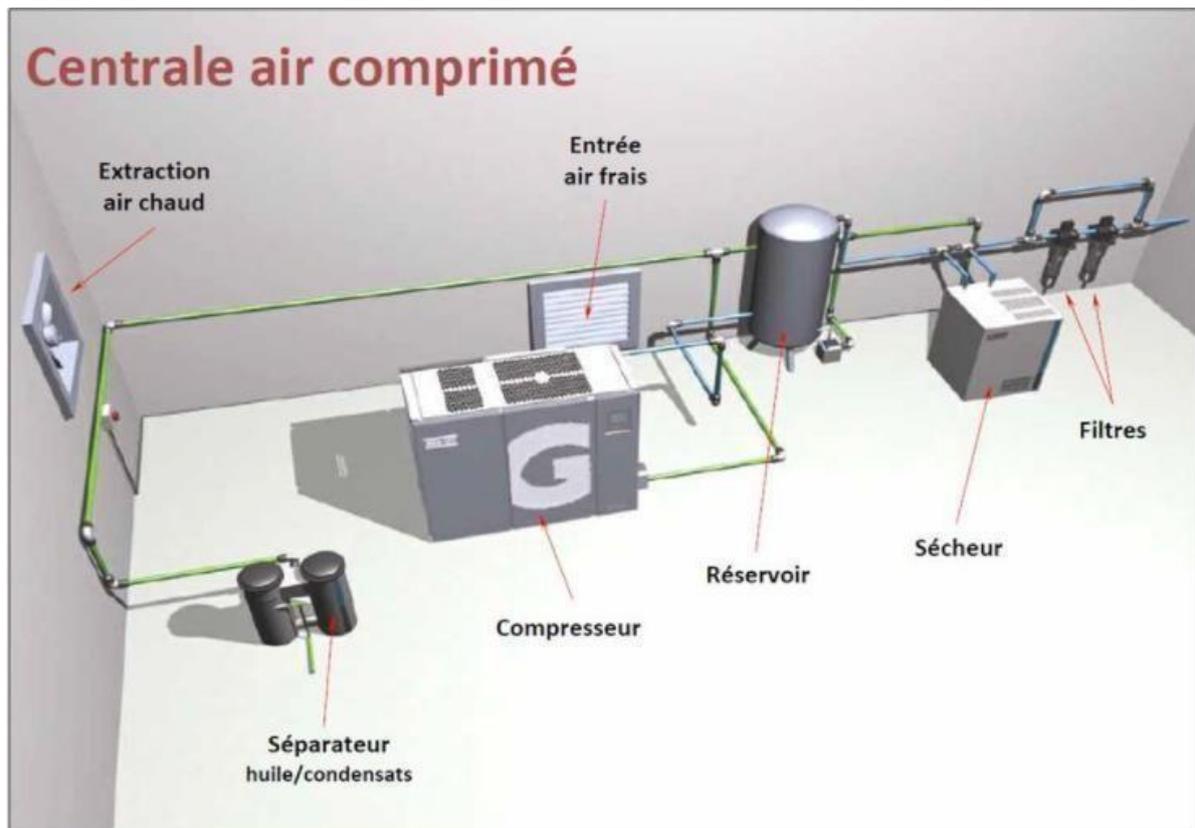


Figure II.1 : Centrale à air comprimé

Les composants principaux de l'installation à air comprimé sont :

Compresseur

Il est actionné par un moteur électrique qui comprime l'air aspiré à la pression Désirée.

Un séparateur

Sa fonction est de séparer l'huile de l'eau, évitant ainsi tous risques de rejet polluant.

Un réservoir

Il permet d'obtenir momentanément une distribution d'air supérieur au débit délivré par

le compresseur, maintenir la pression quasi constante dans un circuit, refroidir l'air comprimé et récupérer le condensat.

Un sécheur

Le rôle du sécheur est de diminuer la teneur en vapeur d'eau de l'air comprimé

Les filtres

Ils limitent la concentration des particules, de l'huile et de l'eau qui sont véhiculées par l'air comprimé dans le réseau.

Un système d'aspiration de l'air chaud

C'est un système motorisé d'aspiration de l'air chaud ambiant qui aspire de l'air du milieu extérieur afin de le comprimer.

Purgeurs de condensats

Ils évacuent les condensats (eau condensée mélangée avec de l'huile ...) Générés par la production de l'air comprimé.

Régulateur de pression

Utilisé pour alimenter les installations pneumatiques de mesure, de contrôle et de régulation en énergie auxiliaire constante.

Système de refroidissement de l'air et de l'huile

Il permet de refroidir l'huile avant de le reconduire à son réservoir et de refroidir l'air avant de l'éjecter pour l'utilisation.

La production d'air comprimé répond à des besoins industriels et médicaux. Pour répondre aux normes et aux besoins, l'air comprimé parcourt un circuit permettant de l'épurer et de le filtrer. L'air comprimé sera donc traité par des filtres à air, sécheurs d'air comprimé, réfrigérant, élimination des condensats et par optimisation sur les économies d'énergie.

Les éléments composant un circuit de traitement de l'air comprimé sont :

Séparateur (déshuileur)

Le déshuilage se fait par des filtres équipés de cartouches utilisant la propriété de coalescence. L'huile est évacuée par des purgeurs, si possible vers des bidons récupérateurs. Selon le degré de filtration demandé, il existe des cartouches macroniques et submicroniques qui peuvent être installées en série. Si nécessaire, des cartouches ou des bidons remplis de charbon actif piègent les vapeurs d'huile. Ces cartouches ne se régénèrent pas. Elles doivent être chargées dès une augmentation de leur perte de charge. Leur efficacité est meilleure lorsque la température d'air est basse.

II.3 Traitement de l'air comprimé

Filtres pour air comprimé

L'air comprimé porte de nombreux polluants qui doivent être éliminés, sinon le processus de production se terminera. Ses filtres vont éliminer ses particules d'huile et de l'eau sous forme aérosols ou vapeur. Il est à noter qu'aucun filtre ne sèche l'air comprimé. Les filtres ne peuvent éliminer l'eau que sous forme liquide, à l'endroit où ils sont installés, grâce à leur système de purge.

Sécheur de l'air comprimé

Il élimine la vapeur d'eau contenue dans l'air comprimé afin qu'il n'y ait plus de condensation ultérieure. Le degré de séchage souhaité (ou point de rosée) détermine le type de sécheur à employer.

Les sécheurs d'air comprimé forcent la condensation de l'humidité en refroidissant l'air comprimé jusqu'à une température d'environ +3°C. A ce stade l'eau condensée est évacuée du réseau par un purgeur automatique. L'air comprimé sec est ensuite réchauffé et distribué.

Refroidisseur final

La chaleur de l'air comprimé est un polluant trop souvent négligé. Les réfrigérants finaux permettent de traiter cette anomalie et de produire un air comprimé. Ils abaissent la température de l'air comprimé et ce qui évite de surdimensionner les sécheurs et permettent d'obtenir une meilleure efficacité de filtration et obtenir un air comprimé conforme aux besoins industriels. Deux types de refroidissement existent, le refroidissement à eau et le refroidissement à air.

II.4 La salle de compression

La salle de compression comprend trois compresseurs reliés en parallèle dont deux sont en marche et le troisième en stand-by.



Figure II.2 : *Compresseur Atlas Copco GA 110*

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| (1) Ventilateur | (6) Purgeur au niveau de l'huile |
| (2) Filtre à air | (7) Sécheur d'air |
| (3) Moteur d'entraînement | (8) Séparateur d'huile |
| (4) Système de refroidissement | (9) Filtre d'entrée d'air |
| (5) Bloc de compresseur | (10) Système de commande |

a) Bloc de compresseur

C'est un compresseur à vis lubrifié constitué d'un rotor (vis), d'un roulement, d'un carter et d'un engrenage d'entraînement.

Les compresseurs à vis birotor sont des machines volumétriques où la compression se fait par réduction de volume. Ils sont de type à piston rotatif avec un effet de piston dû à l'engrenage de deux rotors à l'intérieur d'un carter. La forme hélicoïdale de ces compresseurs est à l'origine du nom compresseur à vis [13].

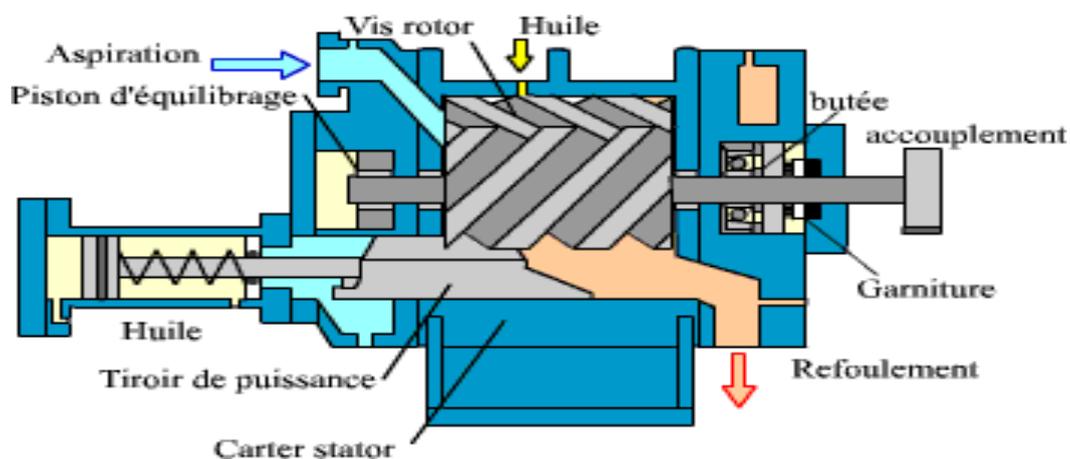


Figure II.3 : Compresseur à vis birotor

Le rotor primaire est, en général, composé de quatre lobes espacés de 90° , d'un rotor secondaire composé de six lobes (ou cannelures). Les lobes de rotor primaire s'inscrivent dans des cannelures du rotor secondaire et impliquent un sens de rotation inverse du rotor.

La rotation des deux rotors emprisonne à l'intérieur du carter un volume d'air qui est transporté d'un bout à l'autre des vis. On trouve donc l'orifice d'aspiration au bout des rotors et l'orifice de refoulement à l'autre bout. Ce volume d'air qui est transporté de façon continue subit une diminution de volume, donc une augmentation de pression. Une huile est injectée pour fermer hermétiquement les rotors et éviter l'usure et un meilleur refroidissement du processus de compression ce qui nous permet d'avoir qu'un seul étage de compression.

Le cycle de fonctionnement est assuré par trois transformations qui sont :

Aspiration

La rotation des rotors induit l'aspiration de l'air à travers l'orifice d'admission jusqu'à que les espaces inter lobaires soient remplis. Ces espaces augmentent jusqu'à leur développement complet par rotation.

Lorsque ces espaces sont remplis, l'admission est fermée et l'aspiration se termine par un volume d'air emprisonné dans le compresseur.

Compression

Après la phase d'aspiration, la rotation continue, ce qui va induire la diminution des espaces inter lobaires donc le volume d'air enfermé va subir une diminution de volume et par conséquent la pression augmentera.

Refoulement

L'air atteint l'orifice de sortie à une certaine pression, et le refoulement commence jusqu'à la quantité d'air soit complètement évacuée dans un séparateur d'air/huile. L'huile sera récupérée, filtrée et refroidie et injectée pour être injectée dans l'orifice d'admission.

Le débit d'un compresseur dépendra de la taille et de la vitesse de rotation de l'élément compresseur et la puissance absorbée par le compresseur dépendra du débit fourni par le compresseur et de la pression de refoulement.

b) Le système de régulation des compresseurs GA

La régulation des compresseurs sert à varier le débit volumétrique en fonction de la quantité aspirée et de la demande du système et de la consommation.

Dans le système d'air comprimé, la régulation consiste à maintenir la pression dans une plage prévue, lorsqu'on a à faire à plusieurs compresseurs, la commande doit assurer la fonction de ces derniers, des variables de contrôle et de chaque compresseur du système de régulation GA.

Les compresseurs de type GA fonctionnent grâce à un principe TOR, avec une plage de pression de 0.1 à 0.5 bar. A l'origine pour réguler une les compresseurs, on utilisait une soupape de surpression pour évacuer l'excédent de pression dans l'atmosphère [12].

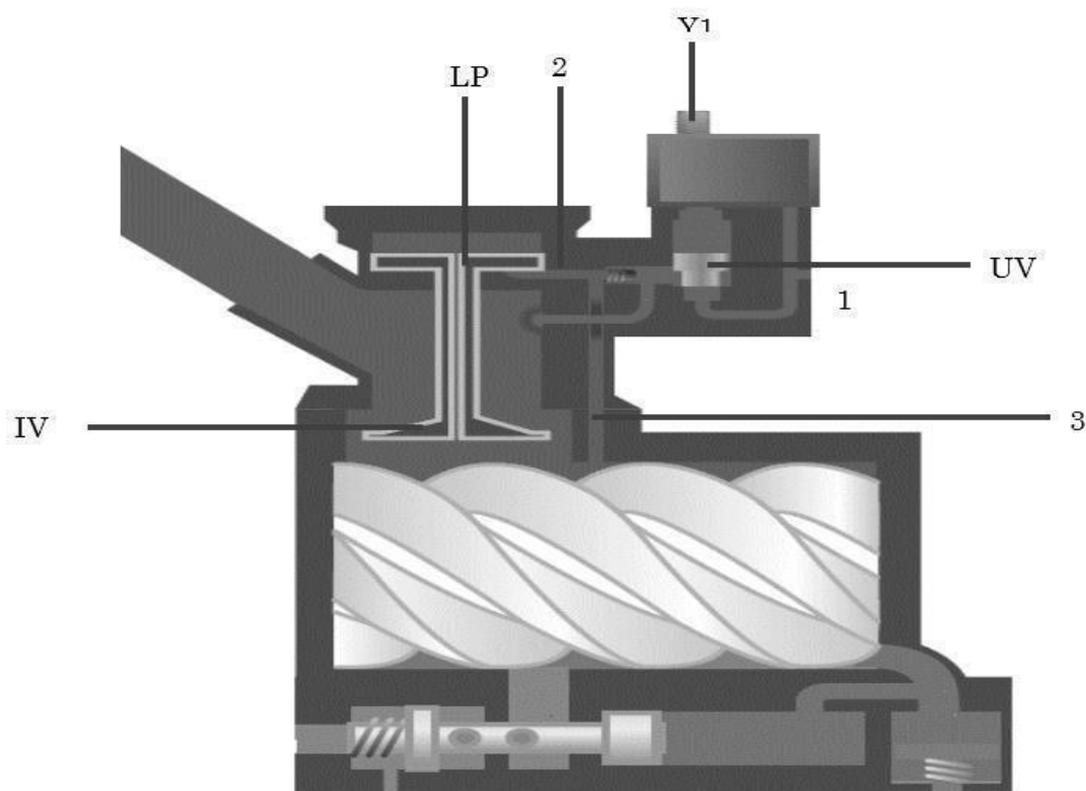


Figure II.4 : Cellule de régulation de compresseur GA

La décharge

Si la consommation d'air est inférieure au débit d'air du compresseur, la pression du réseau augmente. Lorsque la pression du réseau atteint la pression de décharge, l'électrovalve (V1) est désactivée.

Le plongeur de la valve se rétracte et l'électrovalve (V1) désactive la soupape de décharge/valve de décompression (UV). La soupape de décharge / valve de décompression (UV) relie la pression du réservoir d'air (1) à la chambre (2) et à l'ouverture de décompression (3).

La pression de la chambre (2) entraîne le soulèvement du plongeur de change (LP) et se stabilise à une valeur basse. Un apport minime d'air est aspiré en continu et refoulé vers le déchargeur [13].

La charge

Si la pression du réseau baisse pour atteindre la pression de charge, l'électrovalve (Y1) est activée. Le plongeur de l'électrovalve (Y1) monte.

L'électrovalve (Y1) contrôle la soupape de décharge/valve de décompression (UV) et la soupape de décharge/valve de décompression (UV) ferme l'ouverture de décompression d'air (3) et arrête l'apport vers la chambre (2). Cela entraîne la descente du plongeur de charge (LP) et l'ouverture complète de la vanne d'entrée (IV) [13].

c) circuit d'air et de l'huile

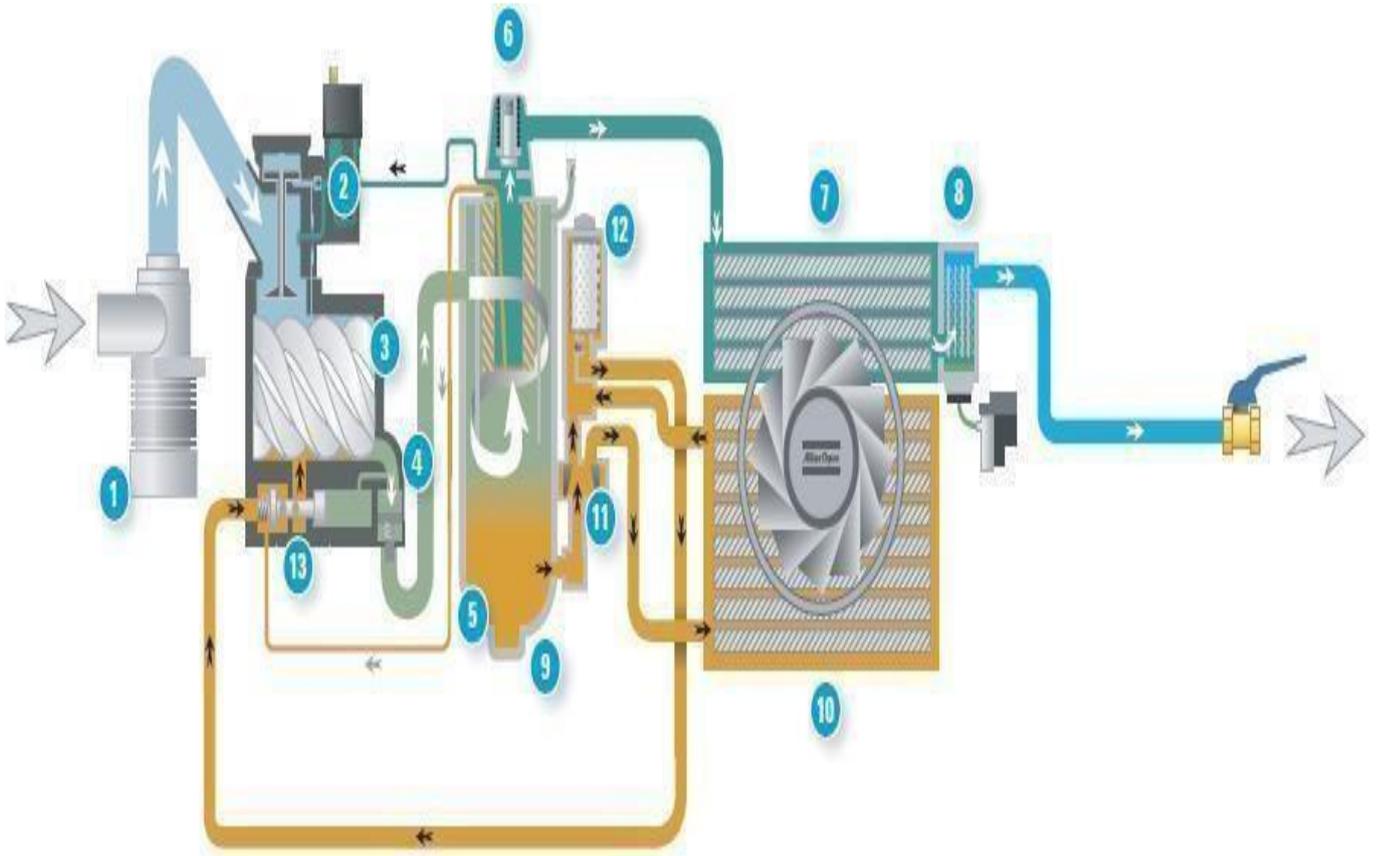


Figure II.5 : Circuits d'air et de l'huile dans le compresseur

Circuit d'air

Le compresseur (3) comprime l'air allant au filtre à air (1) et à la soupape d'entrée ouverte. Un mélange d'air comprimé/huile comprimée arrive dans le réservoir séparateur (5) par le clapet antiretour (13), l'air est évacué à travers la vanne de sortie (6) et le refroidisseur d'air (7) comprend un séparateur d'eau (8).

Circuit de l'huile

Dans le séparateur d'huile (5), la totalité de l'huile est éliminée par décantation et le séparateur de l'huile (9), le circuit d'huile est pourvu d'un by-passe thermostatique (11), si la température d'huile est inférieure à un point de consigne, le refroidisseur d'huile (10), l'air sous pression transporte l'huile à travers le filtre (12) et la vanne d'arrêt (13) pour atteindre le bloc compresseur pour lubrification.

d) Système de refroidissement

Le refroidisseur d'air (ca) (7) et le refroidisseur d'huile (Co) (17) de la figure (II.5) représentent le système de refroidissement.

(GA 110 ET GA 110FF) dispose de deux refroidisseurs dont le premier est un refroidisseur d'huile et un refroidisseur d'air, le débit d'air de refroidissement est assuré par le ventilateur.

Le GA 132W possède un système de refroidissement à eau et par le phénomène de conduction.

b) Sécheur d'air

L'air comprimé arrive dans un échangeur de chaleur (air/air) (8) et est refroidit par l'air de sortie sec et froid. Les particules d'eau dans l'air vont se condenser.

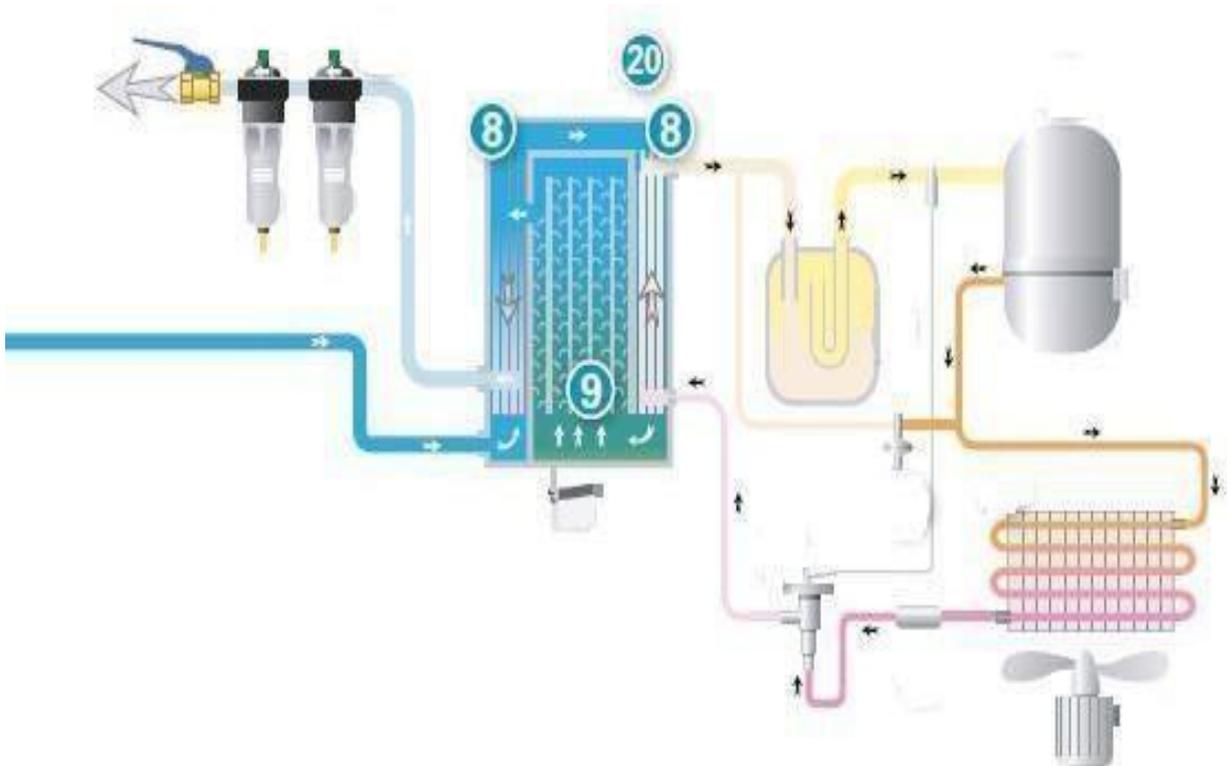


Figure II.6 : *Circuit d'air dans le sécheur*

L'air pénètre ensuite dans l'échangeur de chaleur/évaporateur (20) ou l'eau condensée va s'évaporer, refroidissant davantage d'air jusqu'à une température proche de la température d'évaporation du réfrigérant. L'air froid passe ensuite à travers le séparateur d'eau (9), où tous les condensats sont séparés de l'air. Les condensats sont automatiquement purgés via la sortie. L'air froid et sec passe à travers l'échangeur de chaleur (8) air/air où il est chauffé par l'air d'entrée [14].

c. Moteur d'entraînement

Les moteurs électriques constituent le moyen le plus courant d'entraînement des compresseurs. En tant que moteurs d'entraînement, ils doivent délivrer une puissance suffisante pour démarrer le compresseur, l'accélérer jusqu'à sa pleine vitesse, et assurer son fonctionnement dans les diverses conditions prévues. La plupart des compresseurs d'air utilisent des moteurs électriques triphasés à induction classiques.

Afin d'éviter le démarrage brusque et à courant élevé, on opte pour le démarrage étoile/triangle qui est le plus utilisé en industrie. Ce mode de démarrage est applicable uniquement avec les moteurs sur lequel les extrémités de chacun des trois enroulements statoriques sont ramenées sur la plaque à borne et le bobinage est obligatoirement réalisé de tel sorte que le couplage triangle correspond à la tension du réseau.

Le principe consiste à démarrer le moteur en couplant les enroulements en étoile sous la tension du réseau, donc le courant nominal absorbé est divisé par $\sqrt{3}$ et le couple est divisé par 3 et lorsque les caractéristiques sont admissibles, on passe au couplage triangle.

En cliquant sur le bouton de démarrage du compresseur, le moteur est couplé en étoile pendant 5s puis couplé en triangle. Au cours du démarrage, le compresseur travaille à vide pendant quelques secondes avant qu'il travaille en charge pour des raisons de sécurité.

c) Système de contrôle

Les compresseurs ATLAS COPCO sont dotés d'un système de contrôle et d'un régulateur Elektronikon qui assure le contrôle et la protection du compresseur.

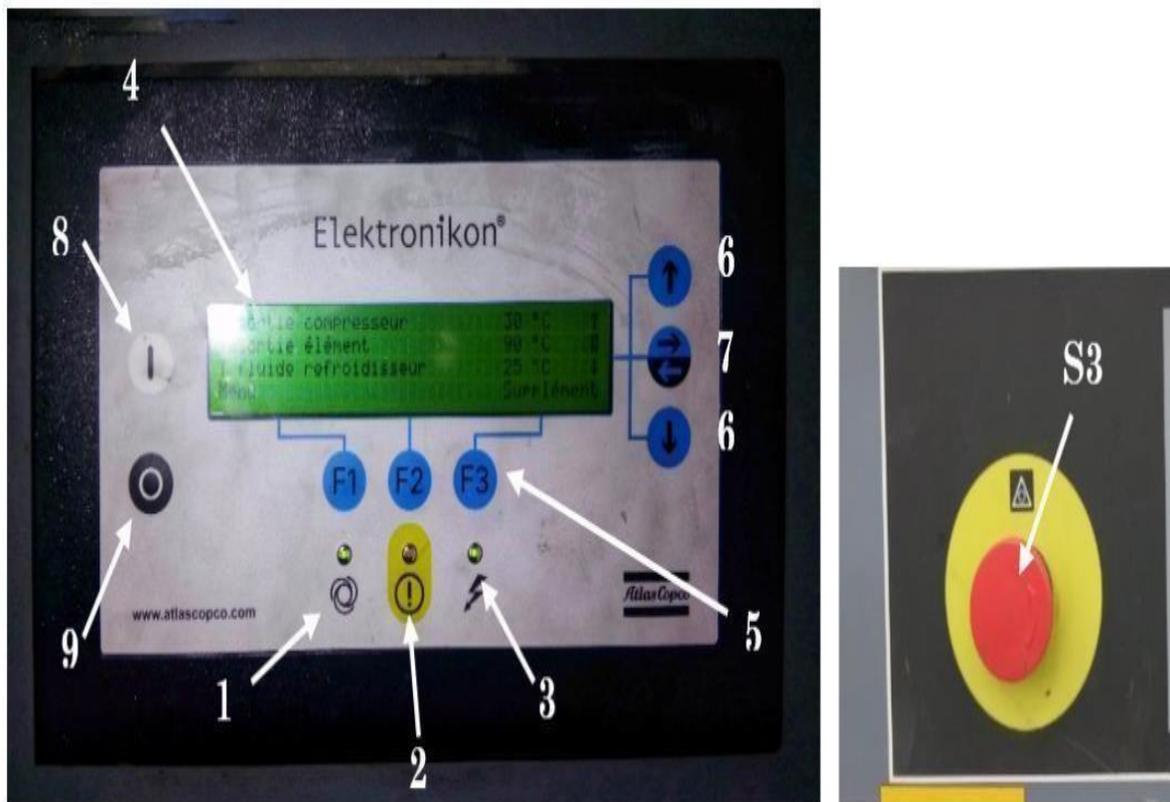


Figure II.7 : Régulateur Elektronikon

Le régulateur maintient la pression du réseau entre les limites programmable (charger et décharger automatiquement le compresseur). Les réglages programmables sont obligatoires. Par exemple les pressions de charge et de décharge, le temps d'arrêt minimum et le nombre maximum de démarrage du moteur.

Pour réduire la consommation d'énergie, le régulateur arrête le compresseur à tout moment et redémarre automatiquement lorsque la pression diminue. [10]

d) Protection du compresseur

Mise a l'arrêt

Lorsque la température de sortie du bloc compresseur dépasse la température seuil programmée de la mise à l'arrêt en cas de défaut, un affichage l'indique et la LED d'alarme générale clignote et s'allume pour nous avertir.

Le compresseur sera également arrêté en cas de surcharge du moteur d'entraînement et de ventilation [10].

Avertissement d'arrêt par défaut

Avant le niveau d'arrêt de la sortie de l'élément compresseur, la température est atteinte et un message apparaîtra à l'écran et la LED d'alarme générale s'allume pour avertir l'opérateur que le niveau d'avertissement d'arrêt est dépassé. Le niveau d'avertissement d'arrêt est un réglage programmable sous le niveau d'arrêt [10].

Conclusion

Dans ce chapitre que nous avons présenté, on conclut que l'air aspiré de l'extérieur subit une transformation pointue afin de refouler un air comprimé exempté de toutes impuretés et ceci grâce à un processus continue de l'entrée jusqu'à la sortie.

Introduction

Dans ce chapitre nous avons élaboré des plans de maintenance dans le but d'entretenir tous les équipements du système d'air comprimé en respectant les spécifications des fabricants. Ensuite, appliquer l'AMDEC dans le but d'identifier et caractériser les conséquences afin d'éliminer le plus vite possible les défaillances.

Ceci vaut plus particulièrement pour les inspections, essais, opérations d'entretien et calendriers de service recommandés qui sont spécifiés dans les manuels d'utilisation.

III.1 Arborescence

Voici les éléments qui doivent être maintenus en bon fonctionnement afin d'avoir une meilleure production :

- Compresseur
- Moteur électrique
- Armoire électrique
- Réservoir d'air
- Système de régulation
- Filtre à air et à l'huile
- Ensemble des dispositifs de commande et de surveillance
- Ensemble de canalisation
- Sécheur d'air

III.2 Plans de maintenance**III.2.1 Plan de maintenance préventive****III.2.1.1 Plan de maintenance recommandé par ATLAS-COPCO**

Il est recommandé d'effectuer l'entretien nécessaire au moment adéquat Programme d'entretien préventif comme le montre le tableau ci-dessus :

Fréquence	Totales d'heure	Fonctionnement
Tous les jours	8	Contrôler les données à l'écran
Tous les jours	8	Pendant la charge, contrôler l'évacuation des condensats
Tous les jours	8	Avant le démarrage contrôler le niveau d'huile

Tableau III.1a : *Programme quotidien d'entretien ATLAS-COPCO*

Fréquence	Totales d'heure	Fonctionnement
Chaque semaine	---	Contrôler le degré d'obstruction des filtres dans le boîtier électrique Contrôler le degré d'obstruction du pré filtre anti-poussière
Tous les 3 mois	500	Contrôler le niveau de l'huile Contrôler les branchements électriques et les serrer si nécessaire
Tous les 3 mois	500	Contrôler l'étanchéité
Tous les 3 mois	500	Contrôler les refroidisseurs ; les nettoyer si nécessaire
Tous les 3 mois	500	Déposer les éléments du filtre à air et les inspecter
Moins D'une Année	2500	Remplacement de la cartouche du filtre à l'huile Remplacement de la cartouche du filtre du déshuileur Remplacement de la cartouche du filtre à air Contrôle des joints Nettoyage du radiateur air-huile Graissage des roulements moteur
Tous les ans	4000	Faire tester la soupape de sécurité Faire inspecter tous les flexibles Remplacer le filtre à air Vidange Remplacer le filtre à l'huile
Moins de Deux années	12500	Graisser la soupape de pression Révision du déshuileur Remplacement joints toriques Remplacer les tuyaux flexibles
Tous les 2 ans	--	Remplacer l'élément séparateur d'huile Essaie de protection thermique Révision soupape d'aspiration Remplacement de tous les roulements

Tableau III.1b : Programme hebdomadaire, mensuel et annuel d'entretien ATLAS-COPCO

III.2.1.2 Plan de maintenance complémentaire recommandé par CO-GB Labelle

Élément composant	Remplacement systématique	Contrôle	Critère d'acceptation	Fréquence
Filtre d'aspiration		X	Contrôle Visuel	250 heures
Filtre à l'huile	X		Nettoyer Remplacer	250 heures 2500 h
Vanne de purge	X		Contrôle du fonctionnement	250 heures
Carter d'huile	X		Vidange	4000 heures
Séparateur d'huile		X	Remplacer les éléments en cas de chute de pression	800
Refroidisseur d'huile	X		Nettoyer	500 heures
Refroidisseur d'air	X		Nettoyer	500 heures
Circuit électrique	X		Serrage connexions	Chaque année
Appareil de régulation	X		Tester les interrupteurs	Chaque année
Moteur électrique	X		Graissage des paliers Nettoyage des canaux de refroidissement Enroulement du stator Mesure d'isolement Révision	3 mois 12 mois 12 mois 12 mois 5 ans
Élément compresseur	X		Révision	2000 heures

Tableau III.2 : Plan de maintenance recommandé par CO-GB Labelle

III.2.1.3 Les gammes de maintenance

Gamme de maintenance préventive N°= 1			Machine : Compresseur d'air		
Opération réalisée à l'arrêt			Intervenant : Technicien Equipe : maintenance		
Consigne de sécurité : Machine à consigner électriquement					
Ordre	Opération	Temps alloué	Matériel à employer	Fournitures pièces de rechange	Observation
1	Contrôler la cartouche du filtre d'air	10mn	Clé spéciale pour les filtres	-----	Visualiser
2	Contrôler le système de refroidissement	15mn	Thermomètre	-----	Faire le soufflage

Tableau III.3 : Gamme de maintenance niveau 1

Gamme de maintenance préventive N°= 2			Machine : Compresseur d'air		
Opération réalisée à l'arrêt			Intervenant : Technicien Equipe : maintenance		
Consigne de sécurité : Machine à consigner électriquement					
Ordre	Opération	Temps alloué	Matériel à employer	Fournitures pièces de rechange	Observation
1	Remplacer la cartouche du filtre à l'huile	30mn	Clé spéciale pour les filtres	Cartouche de filtre à l'huile	Remplacer
2	Nettoyer le dispositif de commande de surveillance	10mn	Chiffon	-----	Bien nettoyer le dispositif

Tableau III.4 : Gamme de maintenance niveau 2

Gamme de maintenance préventive N°= 3			Machine : Compresseur d'air		
Opération réalisée à l'arrêt			Intervenant : Technicien Equipe : maintenance		
Consigne de sécurité : Machine a consignée électriquement					
Ordre	Opération	Temps alloué	Matériel à employer	Fournitures pièces de rechange	Observation
1	Nettoyer la cartouche du filtre à air	15 mn	Siffleur	-----	Faire le soufflage
2	Contrôler l'étanchéité des raccords	15mn	Visuel	Joints	Changer en cas d'usure
3	Contrôler la soupape de sécurité	10mn	Visuel	-----	Régler ou changer en cas d'usure
4	Graisser les paliers du moteur	30mn	Pompe à graisse	-----	Faire l'appoint si nécessaire

Tableau III.5 : Gamme de maintenance niveau 3

Gamme de maintenance préventive N°= 4			Machine : Compresseur d'air		
Opération réalisée à l'arrêt			Intervenant : Technicien Equipe : maintenance		
Consigne de sécurité : Machine a consignée électriquement					
Ordre	Opération	Temps alloué	Matériel à employer	Fournitures pièces de rechange	Observation
1	Remplacer la cartouche du filtre à air	15 mn	Clé spéciale pour les filtres	Cartouche de filtre d'air	Remplacer
2	Vérifier le clapet du retour de l'huile	1h	Visuel	-----	Changer en cas d'usure
3	Vérifier l'état de la canalisation	30mn	Visuel	-----	Boucher en cas de fuite
4	Vérifier le clapet d'aspiration	1h	Visuel	-----	Changer en cas d'usure
5	Vérifier l'état de l'accouplement	15mn	Visuel	-----	Vérifier l'alignement
6	Surveiller le bruit du compresseur	10mn	Visuel	-----	À vide et en charge

Tableau III.6 : Gamme de maintenance niveau 4

Commentaire

Dès l'utilisation de ses compresseurs, l'entreprise COGB labelle a opté pour le plan de maintenance recommandé par ATLAS COPCO (concepteur de ces compresseur), par la suite l'équipe maintenance de l'entreprise a constaté que l'élaboration d'un plan de maintenance complémentaire est nécessaire pour des raisons sécuritaires est économique vu l'utilisation excessive de ses derniers.

III.2.2 Etude de fiabilité

Pour étudier la fiabilité de notre installation on a opté à la méthode AMDEC parmi la méthode d'aide à la maintenance qui a été expliquées dans le chapitre 1

III.2.2.1 Etablissement de l'AMDEC-machine

Les 4 étapes de la méthode AMDEC :

a) Etape 1 : initialisation

- **Objectif**
 - Poser les problèmes
 - Définir et caractériser les solutions
 - Définir la limite d'étude
- **Groupe de travail concerné**
 - Chef maintenance
 - Ingénieurs de maintenance et methodiste

Ce groupe va établir une fiche de synthèse pour chaque machine, celle-ci va servir un document qui va faciliter la tâche d'intervention aux techniciens en cas de panne

b) Etape 2 : Analyse de défaillance

- **Analyse fonctionnelle**

C'est une analyse qui est faite pour identifier toutes les fonctions de notre machine.

- **Décomposition fonctionnelle**

C'est cette décomposition qui va nous permettre de comprendre et définir tous composant du système à étudier, ainsi que sa probabilité et gravité de sa défaillance.

c) **Etape 3 : analyse des défaillances**

- **Analyse des mécanismes de défaillance**

Elle consiste à :

- Identifier les modes de défaillance,
- Les causes de défaillance,
- Rechercher les effets sur le système

- **Mode de défaillance**

C'est définir la forme laquelle le compresseur ne fonctionne plus, soit :

- Rupture (complète, partielle),
- Desserrage de vis,
- Coincement des roulements,
- Court-circuit,

- **Cause de défaillance**

Les causes de défaillance sont souvent apparues par :

- Les effets de l'environnement tels que l'humidité et la température,
- Les erreurs de conception ou de montage,
- Les erreurs de manipulation,

▪ **Effets de défaillance**

Il existe des défaillances qui peuvent provoquer l'arrêt total de la production, par contre d'autres ne nécessitent qu'une réparation à des arrêts programmés. Ces effets permettent de classer ses défaillances, pour cela on établit les critères de criticité.

▪ **Critères de criticité**

Pour évaluer la criticité de chaque combinaison (cause, mode et effet) trois critères de cotation (F, G, N) interviennent.

▪ **Critère de cotation**

Niveau de criticité			Action corrective
Criticité négligeable	$1 < C < 10$	1	Aucune modification de conception.
Criticité moyenne	$10 < C < 20$	2	Amélioration des performances de l'élément.
Criticité dangereuse	$20 < C < 40$	3	Révision de la conception. Surveillance particulière
Criticité interdite	$40 < C < 64$	4	Remise en cause de conception.

Tableau III.7 : Niveau de criticité

▪ **Fréquence d'occurrence**

- Si la défaillance est rare (moins d'une défaillance par ans) => une fréquence d'occurrence très faible (F = 1).
- Si la défaillance est probable (moins d'une défaillance par trimestre) => une fréquence d'occurrence faible (F = 2).
- Si la défaillance est fréquente (moins d'une défaillance par mois) => une fréquence moyenne (F = 3).
- Si la défaillance est courante (moins d'une défaillance par semaine) => une forte fréquence (F = 4)

▪ Niveau de gravité

Il existe quatre niveaux de gravité classés selon leurs effets sur la conception.

- Une défaillance provoquant l'arrêt de la production entre 2 min à 5 min sans engendrer aucune dégradation => défaillance mineur (G = 1).
- Une défaillance qui nécessite un arrêt de 5 min à 20 min afin de remettre en état de marche => Défaillance significative (G = 2).
- Une défaillance qui nécessite un arrêt de 20 min à 60 min afin de remettre en état après un changement d'un matériel défectueux => Défaillance moyenne (G = 3).
- Une défaillance qui nécessite un arrêt de 1 heure à 2 heures pour une intervention importante sur les sous-ensembles => Défaillance majeur (G = 4).
- Une défaillance qui nécessite un arrêt de plus de 2 heures pour une intervention complexe (avec des moyens coûteux) provoquant des problèmes de sécurité. => Défaillance catastrophique (G = 5).

▪ Probabilité de non-détection

Détection		Définition
Détection évidente	1	Dispositif de détection automatique (alarme).
Détection possible	2	Défaillance facile à détecter.
Détection improbable	3	Signe de défaillance difficilement détectable.
Détection impossible	4	Aucun signe de défaillance.

Tableau III.8 : *Probabilité de non-détection*

d) Etape 4 : Grilles d'AMDEC

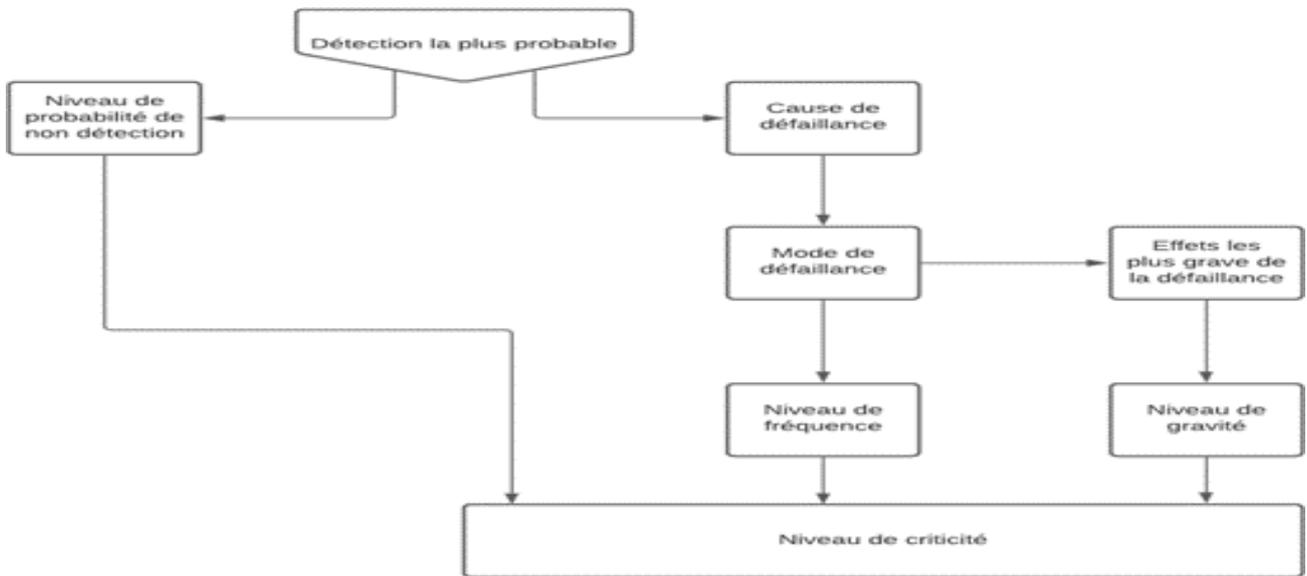


Figure III.1 : Grilles d'AMDEC

III.2.3 Application de l'AMDEC sur le central à air comprimé

III.2.3.1 Décomposition fonctionnelle de la centrale

L'unité de la centrale de l'air comprimé est composée de quatre sous-systèmes représentés dans le diagramme ci-dessus :

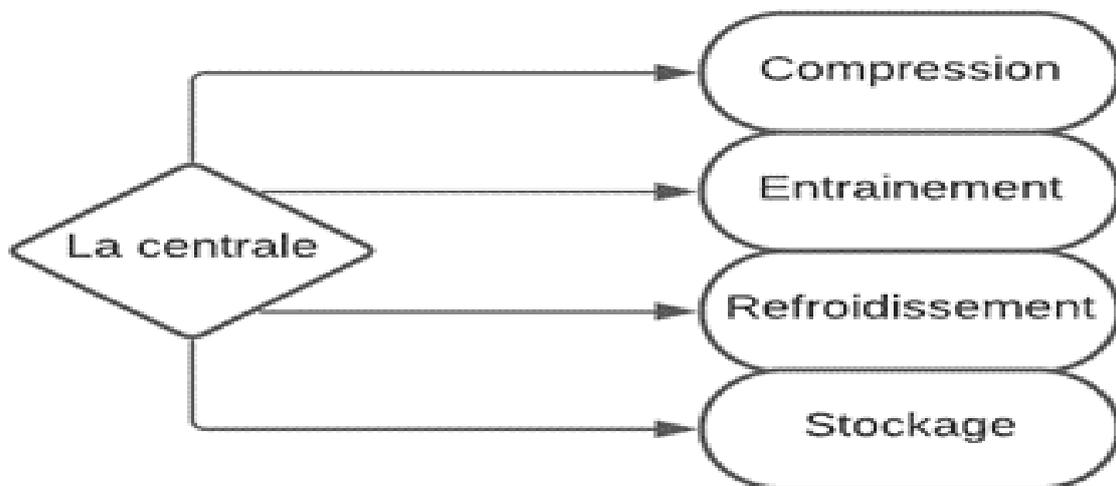


Figure III.2 : Diagramme de la centrale

III.2.3.2 La décomposition des sous-systèmes

Entrainement

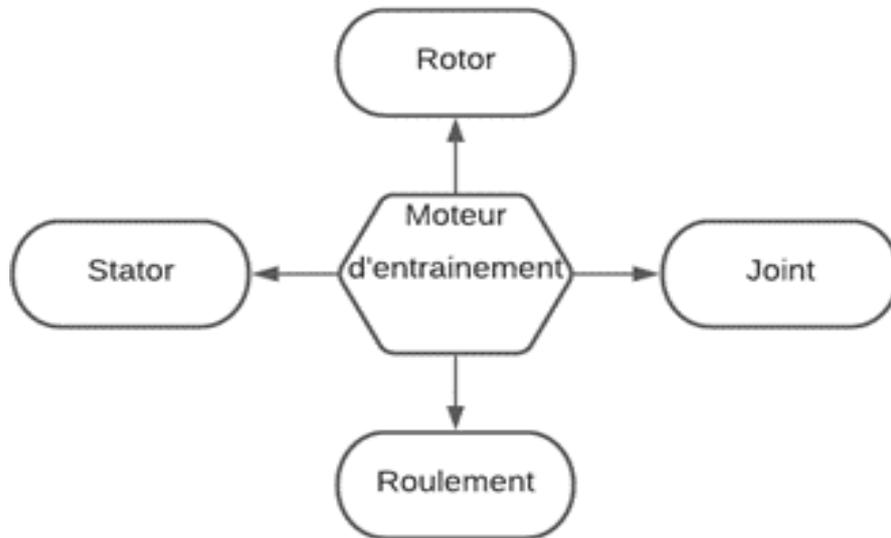


Figure III.3 : Diagramme du moteur d'entrainement

Compression

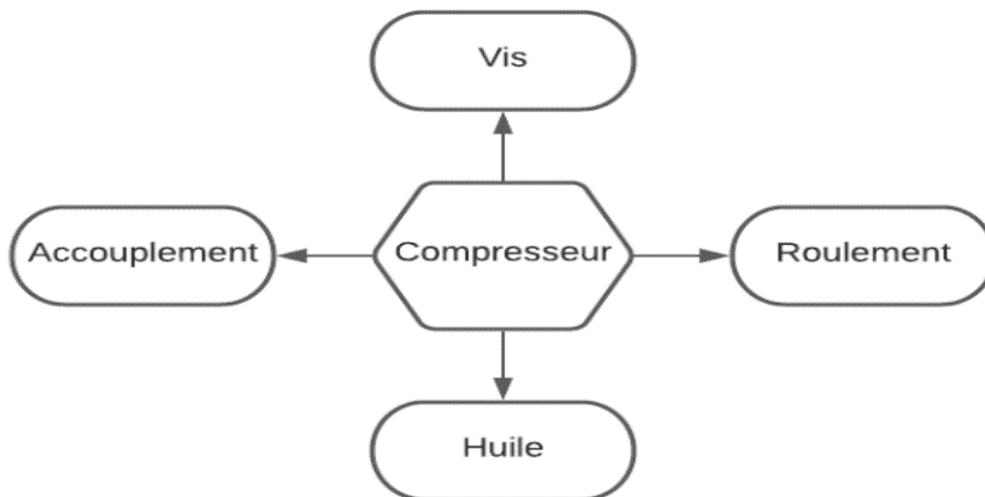


Figure III.4 : Diagramme du compresseur

Refroidissement

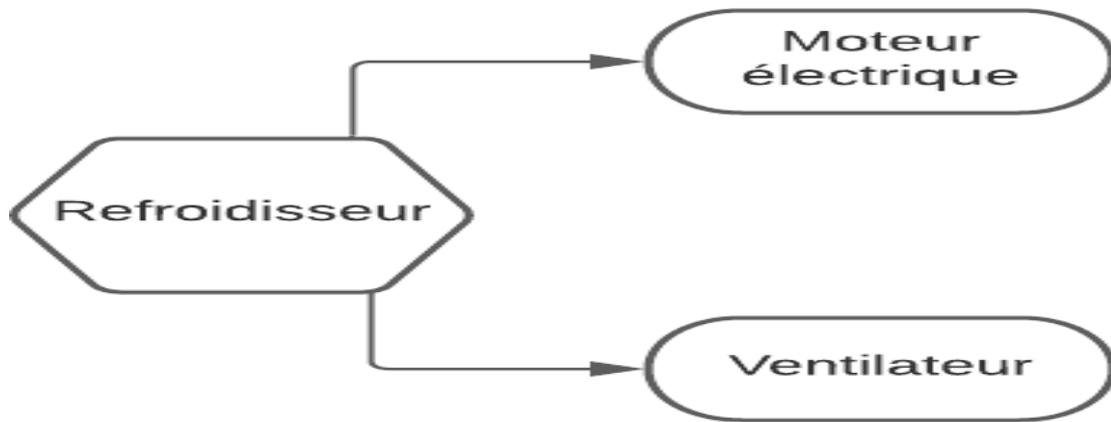


Figure III.5 : Diagramme du refroidisseur

Stockage

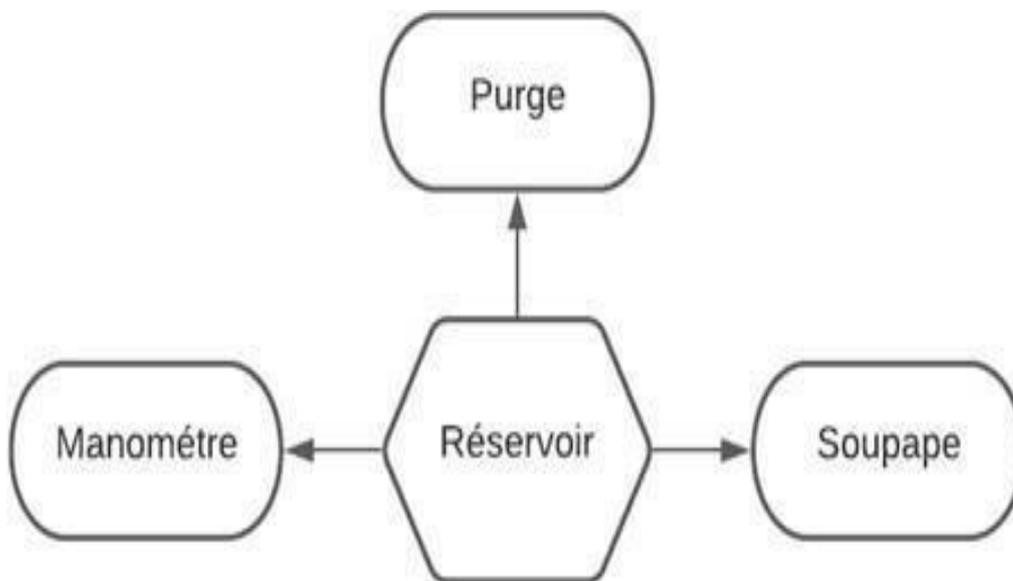


Figure III.6 : Diagramme du réservoir

III.2.3.3 Grille D'AMDEC

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement :				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-système : Entraînement			Machine normale				Nom :
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Moteur	Entrainer un compresseur	Le moteur ne tourne pas	Pas D'alimentation	Arrêt	Visuel	1	2	3	6	Alimenter
			Pas De commande	Arrêt	Visuel	2	2	4	16	Vérifier le disjoncteur et les contacteurs
		Rotation inverse du moteur	Câblage non conforme	Arrêt	Visuel	1	2	2	4	Vérifier le câblage

Tableau III.9 : AMDEC 1

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement :				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-ensemble : Moteur			Machine normale				Nom :
Sous-élément	Fonction	Mode	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Roulement	Rotation du rotor	Défectueux	Usure par frottement	Mauvaise rotation ou blocage	Bruit ou vibration	1	2	3	6	Changer le roulement
Stator	Créer un champ magnétique	Contacte stator-rotor	Déviaton de l'arbre	Arrêt	Visuel	1	4	2	8	Effectuer un équilibrage de l'arbre
Bobinage	Générer un champ magnétique	Défaut d'isolation	Sur-chauffage	Arrêt	Visuel	3	2	1	6	Contrôle périodique du moteur
Charbon	Alimenter le moteur	Mauvaise alimentation	Destruction des charbons	Arrêt	Visuel	2	2	2	8	Changer les charbons

Tableau III.10 : AMDEC 2

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement : Machine normale				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-système : Compression							Nom :
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Compresseur	Aspirer et comprimer l'air	Débit d'air trop faible ou nul	Filtre à air obstrué Electrovanne de régulation ne fonctionne pas	Arrêt	Visuel	1	4	3	12	-Nettoyer le filtre -Vérifier le réglage de l'électrovanne
		Pression de refoulement trop faible	-Manostat mal réglé -Débit demandé supérieur à celui du compresseur	Arrêt	Manomètre	2	1	2	4	-Régler le manostat -Vérifier la plage de réglage
		Echauffement filtre à l'huile	Manque d'entretien	Arrêt	Visuel	4	3	1	12	Changer le filtre
		Echauffement filtre d'admission d'air	Filtre obstrué	Arrêt	Visuel	4	3	2	24	Réparation du filtre

Tableau III.11 : AMDEC 3

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement: Machine normale				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-ensemble : Compresseur							Nom :
Sous Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Vis	Assurer le mouvement de rotation pour la pression du fluide	Usure	Manque de lubrification	Arrêt	Auditif	1	4	3	12	Changer les vis Lubrifier convenablement
		Fissure	Vieillessement							
Roulements	Fait tourner le rotor	Défectueux	Usure par frottement	Arrêt	Auditif	1	3	2	6	Changer le roulement
Joint	Eviter les fuites	Fuite d'air ou de l'huile	Fatigue		Visuel	3	2	2	12	Changer le joint

Tableau III.12 : AMDEC 4

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement : Machine normale				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-ensemble : Stockage							Nom :
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Robinet de purge	Evacuer le condensat	Fuite Blocage	Détérioration	La pression augmente où diminue	Manomètre	2	2	2	8	Changer le robinet
Réservoir	Emmagasiner l'air comprimé	Fuite d'air et de l'huile	Corrosion ou usure	Manque de pression Diminution du niveau de l'huile	Visuel	1	2	3	6	Réparer le réservoir
Soupape	Sécurité	Fuite	Usure	Sur pression	Manomètre	2	2	3	12	Remplacer la soupape

Tableau III.13 : AMDEC 5

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement : Machine normale				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-ensemble : Stockage							Nom :
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Déshuileur	Séparer l'huile de l'air	Colmatage	Résidus d'huile	Arrêt	Visuel	1	2	3	6	Voir le filtre à l'huile
Clapet anti-retour	Ciruler l'air et empêcher son retour	L'air ne passe pas	Clapet bouché	Arrêt	Visuel	2	3	3	18	Changer le clapet
		Retour d'air	Clapet fuyard	Arrêt	Visuel	2	3	3	18	Changer de clapet

Tableau III.14 : AMDEC 6

Date de l'analyse	AMDEC-Machine					Phase de fonctionnement : Machine normale				Page :
	Système : centrale d'air comprimée		Sous-ensemble : Refroidissement							Nom :
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	
Moteur du ventilateur	Entraine le ventilateur	Le ventilateur ne tourne pas	Détérioration du moteur	Arrêt	Visuel	1	2	3	6	Réparer ou changer le moteur
Ventilateur	Refroidir l'air	Défectueux	Poussière Fatigue	Température élevée	Visuel Auditif	1	2	3	6	Nettoyer ou réparer

Tableau III.15 : AMDEC 7

Conclusion :

Pour un fonctionnement fiable et maintenu, il est nécessaire pour toutes entreprises d'élaborer des plans de maintenance dans le but d'organiser les opérations à effectuer sur les équipements, déterminer les périmètres d'intervention et de sélectionner les niveaux de maintenance à appliquer.

Introduction

L'automatisation est un processus qui permet d'effectuer des tâches qui sont par le passé exécutées par l'opérateur humain.

Pour satisfaire le marché et répondre à la demande mondiale de produit, l'automatisation est indispensable, en vue d'apporter des solutions à des problèmes de nature technique, économique ou humaine comme

- Eviter les tâches répétitives, dangereuses et pénibles.
- Assurer la sécurité de personnel et de la machine en surveillant et en contrôlant les machines.

IV.1 Système automatisé

Pour réaliser la commande d'un système, on dispose de plusieurs outils technologiques qui sont présentés en deux catégories :

IV.2 Technologie câblée

Rarement utilisée en automatisation moderne en vue de plusieurs limitations telles que le poids, le volume, le manque de souplesse, le coût, la rentabilité et sa difficulté de répondre à des problèmes complexes. Elle met en œuvre des contacts, des relais thermiques et des bobines [14].

IV.3 Technologie programmée

Ce sont des outils informatiques destinés à traiter l'information, contrôler les résultats ou résoudre des problèmes, elle est la plus utilisée par rapport à sa souplesse et son apport économique [14].

IV.4 Structure du système automatisé

Un système automatisé est décomposé en trois parties :

IV.4.1 Partie commande

Elle regroupe les composants (relais électromagnétique, operateur logique, etc.) et les constituants destinés au traitement des informations qui sont fournies par la partie opérative et les consignes qu'elle reçoit à l'entrée de la partie relation pour élaborer l'ordre nécessaire à l'exécution du processus [15].

IV.4.2 Partie opérative

C'est la partie puissance, elle agit directement sur la matière d'œuvre à partir des ordres qu'elle reçoit par la partie commande elle regroupe les actionneurs, les effecteurs, et les pré-actionneurs [15].

IV.4.3 La partie relation

Qui comporte le pupitre de dialogue homme-machine, elle regroupe des organes qui permettent la mise en/hors énergie de l'installation, les modes de marche, la mise en référence ainsi que diverses visualisations tels que les voyants lumineux, les klaxons, les sonneries et les afficheurs [15].

IV.5 Automate programmable industriel API

L'automate programmable industriel est un appareil de commutation entièrement statique et électronique, il est aujourd'hui le plus utilisé en automatisme, il se présente sous un ou plusieurs supports dans lesquels s'affichent les différents modules fonctionnels tels que [14] :

- L'alimentation 110/220 VCA ou 24 VCC,
- L'unité centrale de traitement à base de microprocesseur,
- Des cartes d'entrée/sorties logiques (TOR),
- Des cartes d'entrée/ sortie analogique (ANA),
- Des cartes de comptage rapide,
- Des cartes de communication (CP),

- Des cartes spécifiques pour : réseaux, régulations commande d'axe.

IV.5.1 Structure d'un automate

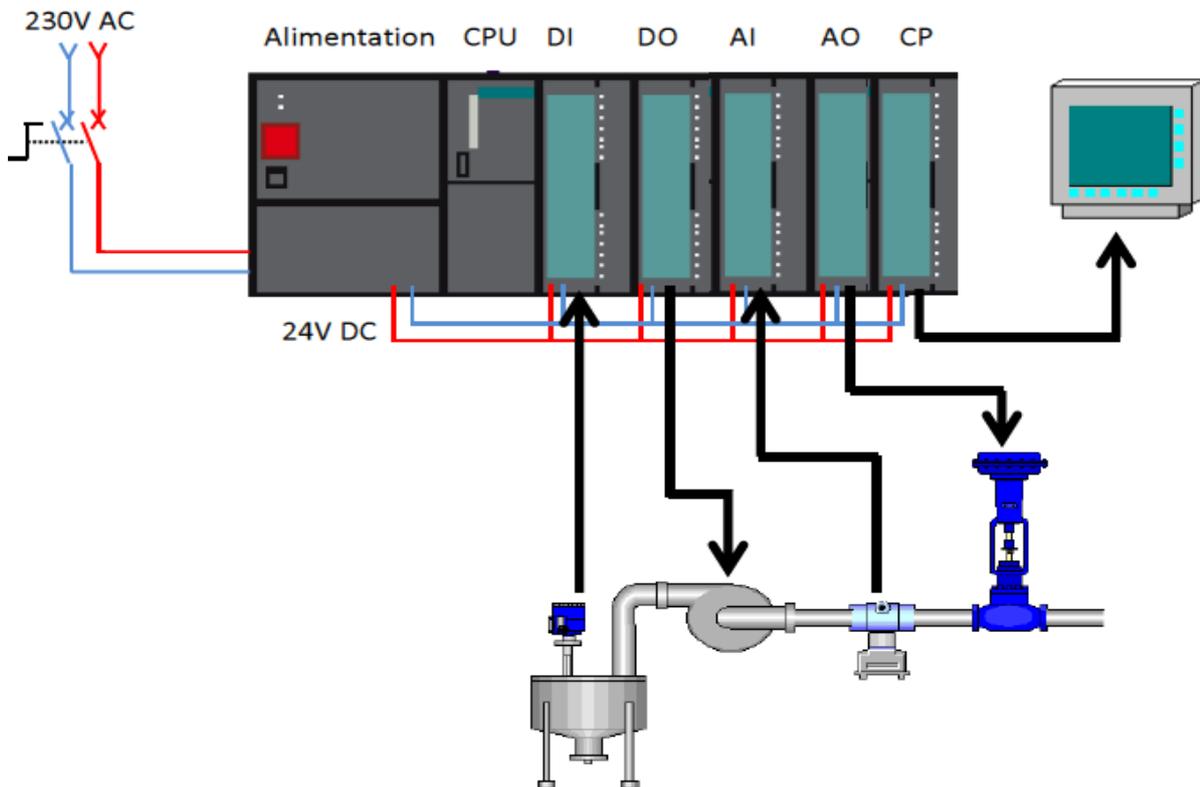


Figure IV.1 : *principe de lecture et de commande de l'API*

Son fonctionnement sert à envoyer des informations et à surveiller des paramètres qui sont cités ci-dessous :

IV.5.2 Listes des paramètres à surveiller (entrées de l'automate)

Suivant cette technologie, on trouve des capteurs qui surveillent l'appareil où les informations suivantes [9]:

- Disjoncteur général ou sectionneur de l'armoire électrique ;
- Démarrage effectué (contact effectif en fin de démarrage, par exemple le passage effectif de la position étoile triangle) ;
- Thermique des moteurs électriques ;

- Thermostat d'air au refoulement d'étages du compresseur ;
- Contrôleur de niveau de condensats ;
- Contrôleurs de circulation du liquide de refroidissement ;
- Pression au refoulement du compresseur ;
- Pression d'huile de lubrification du palier ;

- Colmatage de filtre ;

IV.5.3 Liste des paramètres de commande (sortie de l'automate)

- Marche et l'arrêt du moteur, du compresseur et du ventilateur ;
- Electrovalve de régulations ;
- Alarme d'avertissement d'arrêt par défaut ;

IV.5.4 Critère du choix d'un automate

- Le nombre d'entrée et de sortie ;
- Type d'entrées /sorties (logique, analogique, booléennes) ;
- Unité centrale ;
- Alimentation ;

IV.6 Le langage de programmation

IV.6.1 Généralités et définitions

Les API se programment dans des langages spécifiques qui s'adaptent à leurs champs d'activité, souvent tourné vers la manipulation des variables TOR ou numérisées.

Les premiers langages étaient inspirés des schémas à contacts, le début des années 1980, sont apparues des langages issus du GRAFCET.

Une grande hétérogénéité règne entre les constructeurs, et même, chez un même constructeurs, entre différente série, les besoins de cohérence et la percée des utiles

informatiques (PC) à possibilité graphique ont entraîné une évolution qui s'est traduite par la promulgation de la norme CEI 1131-3, reprise dans la norme Française EN 61131-3. Celle-ci s'unifie pas les langages, n'ont plus la portabilité ni les conformités, mais elle assure une clarté et elle instaure des règles dans ce domaine, elle définit le logiciel suivant trois entités tels que :

- La fonction (le ET booléen, la comparaison de valeurs numériques ...), à sortie unique ;
- Le bloc fonction ; composant logiciel réutilisable dans tous les langages (par exemple, un capteur), qui peut comporter plusieurs sorties ;
- Le programme.

Elle fixe le mode de représentation des variables, des constantes numériques, des dates et durées, des fonctions, des commentaires non exécutables facilitant la lecture du programme, etc. Elle autorise quatre types de langage, deux littéraux deux graphiques, ainsi que des éléments de schémas structurant les programmes c'est à partir de là que le GRAFCET apparaît [13].

IV.6.2 GRAFCET OU SFC (sequential function chart)

a) Définition du GRAFCET ou SFC

Le GRAFCET est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier de charge, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel, il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception ou à l'utilisation de la machine à automatiser [16].

- La fonction (le ET booléen, la comparaison de valeurs numériques ...), à sortie unique ;
- Le bloc fonction ; composant logiciel réutilisable dans tous les langages (par exemple, un capteur), qui peut comporter plusieurs sorties ;
- Le programme.

Elle fixe le mode de représentation des variables, des constantes numériques, des dates

et durées, des fonctions, des commentaires non exécutables facilitant la lecture du programme, etc. Elle autorise quatre types de langage, deux littéraux deux graphiques, ainsi que des éléments de schémas structurant les programmes c'est à partir de là que le GRAFCET apparaît [13].

IV.6.3 GRAFCET OU SFC (sequential fonction chart)

b) Définition du GRAFCET ou SFC

- Le GRAFCET est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier de charge, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel, il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception ou à l'utilisation de la machine à automatiser [16]. La fonction (le ET booléen, la comparaison de valeurs numériques ...), à sortie unique ;
- Le bloc fonction ; composant logiciel réutilisable dans tous les langages (par exemple, un capteur), qui peut comporter plusieurs sorties ;
- Le programme.

Elle fixe le mode de représentation des variables, des constantes numériques, des dates et durées, des fonctions, des commentaires non exécutables facilitant la lecture du programme, etc. Elle autorise quatre types de langage, deux littéraux deux graphiques, ainsi que des éléments de schémas structurant les programmes c'est à partir de là que le GRAFCET apparaît [13].

IV.6.4 GRAFCET OU SFC (sequential fonction chart)

c) Définition du GRAFCET ou SFC

Le GRAFCET est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier de charge, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel, il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception ou à l'utilisation de la machine à automatiser [16].

- **Etape :**

L'étape initiale est représentée par un double carré et les autres étapes par des carrés.

Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action, pendant une certaine durée, elle définit souvent une action qui est citée en rectangle à gauche, l'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas, on numérote chaque étape par un entier positif.

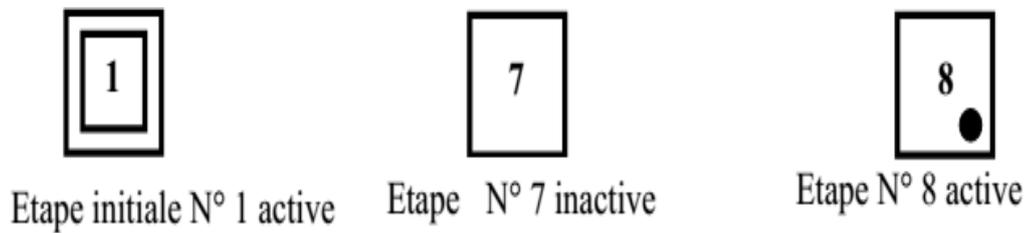


Figure IV.2 : Structures d'une étape

- **Transition :**

Une transition est une condition de passage d'une étape à une autre, elle est définie par une réceptivité qui est généralement une expression booléenne.

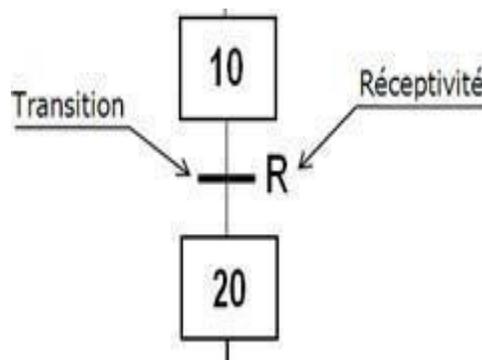


Figure IV.3 : Représentation d'une transition et une condition

IV.7 Déroulement du processus de fonctionnement d'un compresseur

Les moteurs des compresseurs ont un démarrage étoile/triangle. Après appuie sur le bouton de démarrage le moteur est couplé en étoile, pendant 5s puis il passe au couplage triangle, à ce moment le moteur tourne à vide 7s avant qu'il fonctionne en charge, si la

consommation d'air est inférieure au débit du compresseur, la pression du réseau augmente lorsque cette dernière atteint la pression de décharge, le compresseur travaillera alors en décharge jusqu'il atteint le seuil minimal programmée. A ce moment-là le compresseur démarrera automatiquement et reprend son cycle de fonctionnement.

Si on veut arrêter le compresseur volontairement, on doit attendre la décharge et on appui sur le bouton d'arrêt. Si on veut arrêter le compresseur en cas d'urgence on appuie sur le bouton d'arrêt d'urgence qui arrête le processus.

IV.8 Déroulement de processus de gestion des compresseurs

Notre installation dispose de trois compresseurs : GA110FF, GA110 et GA132W qui est en stand-by. La gestion de ses compresseurs sur chaque période est comme suit :

a) Période du dimanche à jeudi (P1) :

- Marche ou continuité de marche des compresseurs GA110FF et GA110
- Le compresseur GA132W en stand-by

Si l'un des compresseurs en marche s'arrête par défaut de panne ou pour maintenance préventive, le compresseur GA132W sera mis en marche.

b) Période du vendredi à samedi (P2) :

- Marche ou continuité de marche du compresseur GA110FF.
- Arrêt du compresseur GA110.

IV.9 Présentation du logiciel de programmation (AUTOMGEN)

AUTOMGEN est un logiciel de conception et d'automatisation, il permet de programmer des systèmes piloter par des API, il utilise le langage de programmation compatible avec la norme CI 11313 : Logigramme, Ladder, Bloc fonctionnel.

Produit par la société IRA, grâce au travail de son responsable la huitième version est déjà mise au marché après seulement 4 ans de la précédente, les principales évolutions sont l'intégration d'un moteur physique rende réaliste la simulation de la partie opérative en 3D ainsi qu'un mode simplifié (Easyprogramming), dans le détail une bibliothèque d'objets 3D permet de concevoir la partie opérative en quelques clics.

De nouveaux modes de création de programme permettent de concevoir des applications en utilisant uniquement la souris. Les éléments peuvent être directement récupérés par (drag and drop) depuis un schéma automatisme ou une partie opérative IRIS 3Dest placé sur un folio AUTOMGEN. Quant au nouveau moteur physique 3D, il intègre la notion de gravité [13].

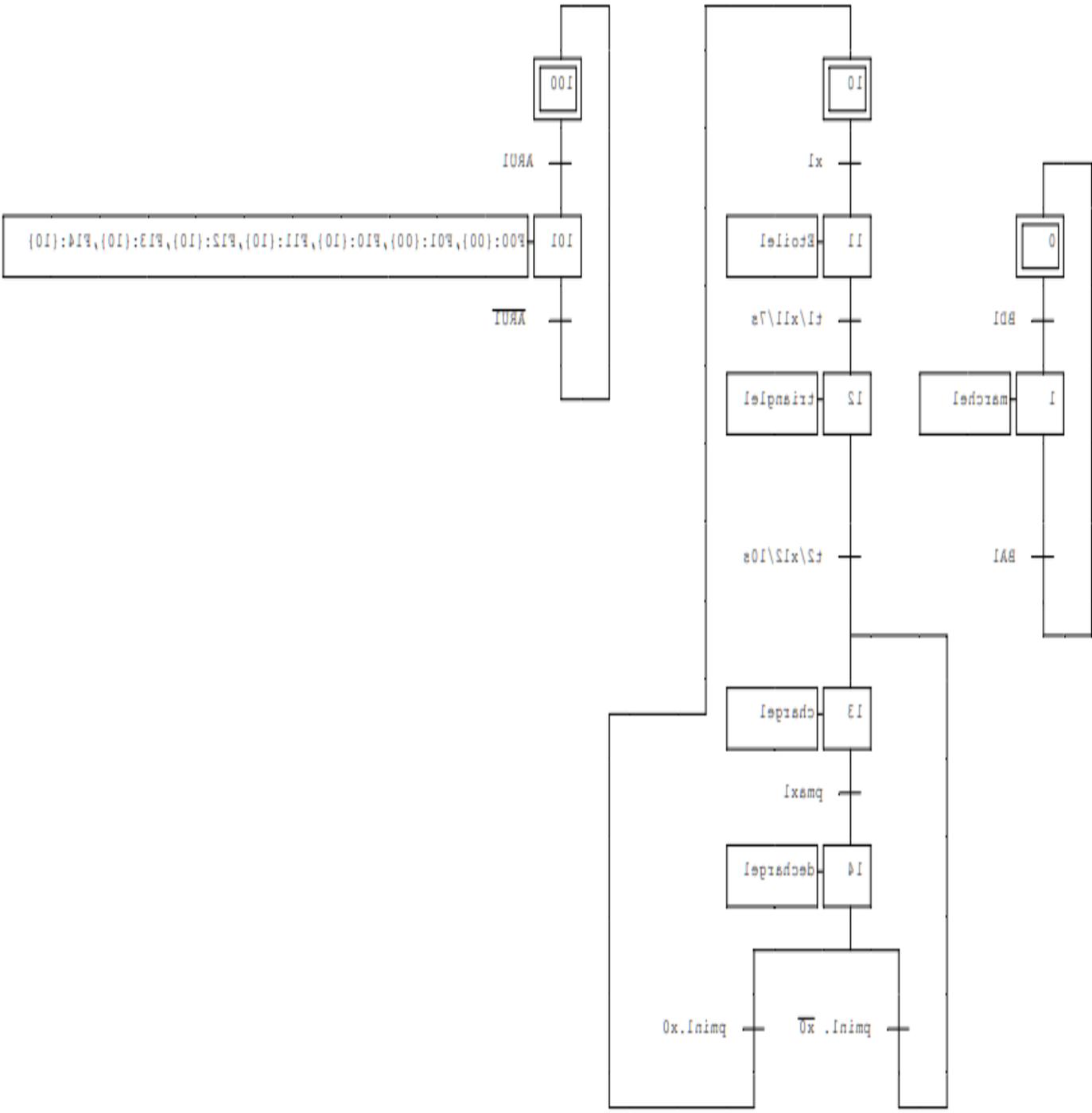
IV.9.1 Simulation des GRAFCETS de fonctionnement des compresseurs par AUTOMGEN

Dans le but de cohérer entre le GRAFCET et le processus décrit auparavant, nous avons opté pour une simulation par AUTOMGEN.

a) Nomenclature

Symboles	Variables	Commentaires
pmin1	i0	pression minimal du compresseur GA100 FF
bd1	i2	Bouton de demarrage de compresseur GA110 FF
ba1	i3	Bouton d'arret du compresseur GA110 FF
pmax1	i4	Pression maximal du compresseur GA110 FF
pmin2	i5	Pression minimale du compresseur GA110
aru2	i6	bouton d'arret d'urgence du compresseur GA110
bd2	i7	Bouton de demarrage du compresseur GA110
ba2	i8	bouton d'arret du compresseur GA110
pmax2	i9	pression maximal du compresseur GA110
pmin3	i10	Pression minimale du compresseur GA132 W
aru3	i11	Bouton d'arret d'urgence du compresseur GA132 W
bd3	i12	Bouton de demarrage du compresseur GA132 W
ba3	i13	Bouton d'arret du compresseur GA132 W
pmax3	i14	pression maximal du compresseur GA132 W
p1	i25	periode de marche du dimanche a jeudi
p2	i40	periode de marche du vendredi au samedi
Etoile1	o0	Demarrage etoile du compresseur GA110 FF
triangle1	o1	Demarrage triangle du compresseur GA110 FF
charge1	o2	Le compresseur GA110 FF travaille en charge
decharge1	o3	compresseur GA 110 Travaille de décharge
etoile2	o4	demmarage etoile du compresseur GA110
triangle2	o5	Demarrage triangle du compresseur GA110
charge2	o6	Le compresseur GA110 travaille en charge
decharge2	o7	Le compresseur GA110 travaille en decharge
marche1	o8	Le compresseur GA110 FF en etat de marche
marche2	o9	Le compresseur GA110 en etat de marche
etoile3	o10	Demarrage etoile du compresseur GA132 W
triangle3	o11	Demarrage triangle du compresseur GA132 W
charge3	o12	Le compresseur GA132 W travaille en charge
decharge3	o13	Le compresseur GA132 W travaille en decharge
marche3	o14	Le compresseur Ga132 W en etat de marche

- Grafcet de fonctionnement du compresseur Ga110 FF



- GRAFCET de fonctionnement du compresseur GA110

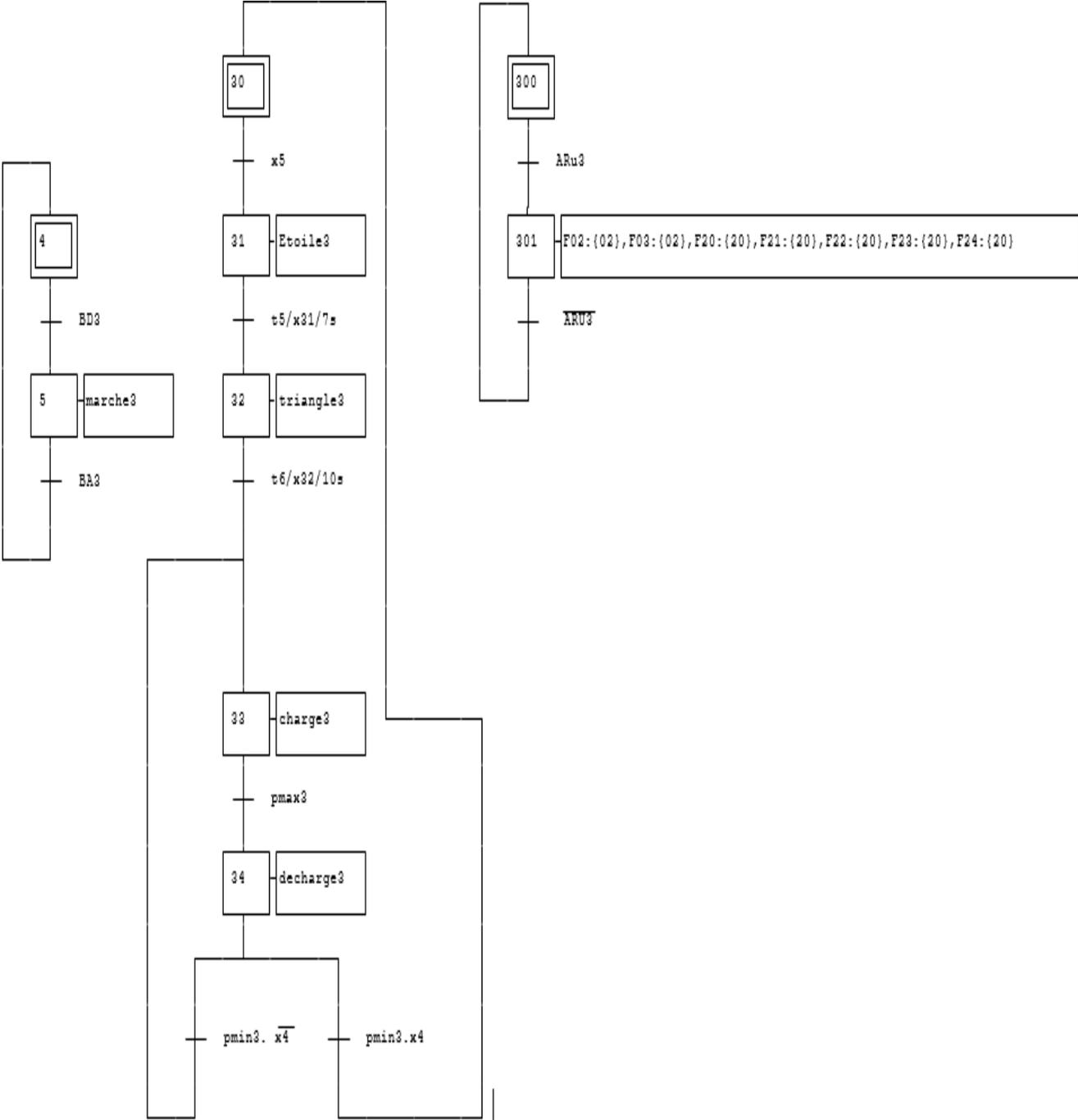
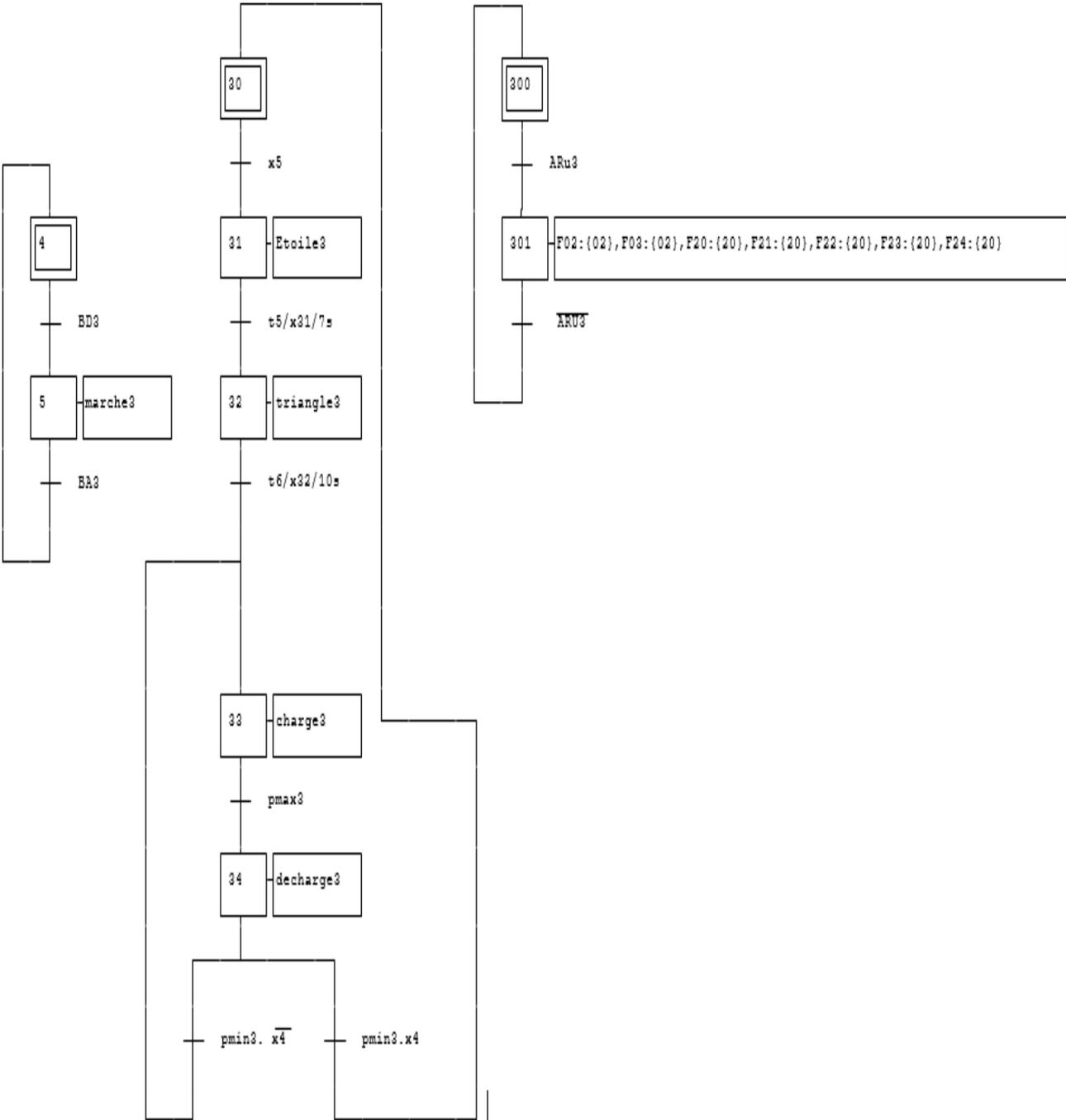


Figure IV.6 : GRAFCET de fonctionnement du compresseur GA110

GRAFCET de fonctionnement du compresseur GA132 :



Commentaire

Les trois compresseurs ont un cahier de charge identique, donc un même principe de De fonctionnement. Les graphes représentés au-dessus comporte trois paragraphe fonctionnement.

Chaque grafcet comporte :

Un grafcet synchronisé marche/arrêt et fonctionnement (**graphe maitre-esclave**)

- Un grafcet d'arrêt d'urgence qui sont pour remédier le problème d'arrêt à tout le moment et en cas d'urgence.

- La mise en service du démarrage du compresseur est assurée par une action sur le bouton poussoir BD.

Le moteur démarre en connexion étoile et une temporisation de 7 secondes est lancé afin d'assurer une commutation étoile/triangle, la fermeture du contact triangle et l'ouverture de celui de l'étoile.

Le moteur tourne à vide pendant 10 secondes pour que les courants de démarrage élevés nuisent pas au fonctionnement du compresseur.

Après ses 10 secondes, le compresseur travaille en charge (l'ouverture de l'orifice d'aspiration) jusqu'a ce qu'il atteint sa pression maximale. A ce moment, le compresseur travaillera en décharge (fermeture de l'orifice d'aspiration).

Lorsque on appui sur le bouton d'arrêt BA, le compresseur suit une séquence d'arrêt contrôlé. En cas de panne ou de défaut, l'appuis sur le bouton d'arrêt d'urgence BAU, provoque l'arrêt du système.

- GRAFCET de gestion des trois compresseurs dans les deux périodes de la semaine :

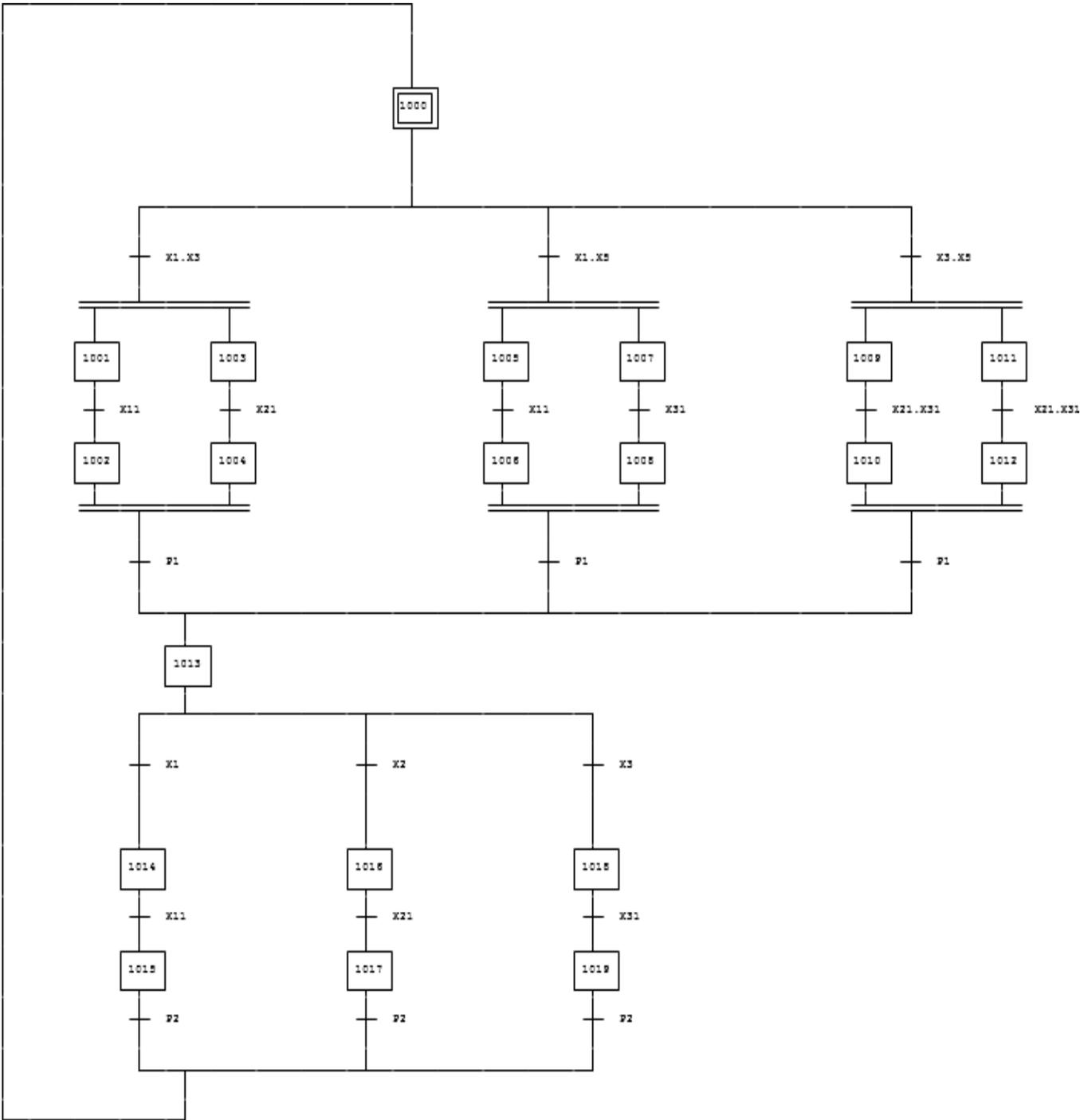


Figure IV.7 : Grafcet de gestion des trois compresseurs dans les deux périodes de la semaine

Commentaire

La figure au-dessus représente le GRAFCET de gestion de la centrale. Pendant les jours de semaine, la mise en marche des deux compresseurs simultanément assure la production de l'air comprimé nécessaire.

Pendant les weekends, un seul compresseur suffit pour satisfaire les besoins de l'usine (travail en permanence).

Conclusion

Dans ce dernier chapitre nous avons abordé des généralités sur l'automatisation, puis sur l'élaboration des grafjets de fonctionnement des trois compresseurs ainsi que leur grafjet de gestion qui gère la station de l'air comprimé.

La validation de ces grafjets est réalisée avec le logiciel AUTOMGEN version 8.

Conclusion générale

Dans le cadre de notre projet, nous avons étudié une centrale de production d'air comprimé au sein de la société agroalimentaire CO.GB Labelle de Bejaia.

Pour se placer dans le contexte de notre problématique (maintenance ; automatisation), il est nécessaire de mener une étude approfondie sur notre système ainsi que son processus.

La défaillance de la centrale est inévitable, mais peut être contrôlé par une maintenance planifiée et bien organisée qui améliore le rendement de cette dernière, ainsi que les conditions de travail dans le but de minimiser les coûts de réparation et d'éviter l'arrêt total de la production.

Afin d'enrichir nos connaissances en maintenance, nous avons assisté à la faire face aux divers défauts en utilisant la méthode de l'AMDEC qui consiste à éliminer le plus possible les causes et les défauts potentiels fréquents qui peuvent engendrer l'arrêt du système.

D'après le cahier de charge, nous avons élaboré des grafjets (fonctionnements, gestion) des trois compresseurs pour vérifier leurs simulations et nous avons opté pour logiciel AUTOMOGEN (annule tout risque d'erreur dans le lexique de programme GRAFCET) afin de mettre en pratique des connaissances déjà acquises en automatisme.

Nomenclature

Abréviations et symboles	Définition
CO.GB	Corp Gras Bejaia
MTBF	Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
MTTR	Moyenne des Temps Technique de Réparation
TTR	Le Temps Technique durant lequel on intervient
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance de leur Effet de
C	Criticité
D	Détection
G	Gravité
F	Fréquence
TOR	Tout Ou Rien
V	Electrovalve
UV	Soupape
IV	Valve de sortie
LP	Plongeur de charge
P	Pression

Référence bibliographique

Référence bibliographique

[1] Mr M. CHOUCHEM, Mme FRAJ et Mme MERHEBEN, Cours maintenance industrielle, ISET Nabeul, Tunisie.

[2] Cours stratégie de maintenance, ENIET, Cameroun.

[3] Introduction à la maintenance d'un équipement.

Site internet : <https://www.maxicours.com/se/cours/introduction-a-la-maintenance-d-un-equipement/>, consulté le 11/06/2021

[4] Y. BRAHIMI et S. ACHOURI, « Etablissement d'une AMDEC pour une centrale à air comprimé au niveau de l'usine CO-GB Labelle. », mémoire fin d'étude en vue d'obtention d'un master, université de Bejaïa, 2020

[5] A.BELHOMME, cours stratégie de maintenance, forges des eaux.

[6] Cours stratégie de maintenance, université d'Ouargla 2017.

[7] Pr. R.LAGGOUNE, cours stratégie de maintenance, université de Bejaia.

[8] M. Djami, « Mise en place d'un plan de maintenance des groupes électrogène et des compresseurs. » concours d'entrée à l'ENSAI, filière : MIP, ENSAI, 2018

[9] T.DESTOOP, « compresseur volumétrique », technique d'ingénieur.

[10] Document Atlas Copco, site internet : www.atlascopco.com, consulté le : 22/05/2021

[11] Guide de l'air comprimé : Le principe de l'air comprimé.

[12] F. MENDIL et A. DJERADA « Etude et dimensionnement d'une centrale à air comprimé. » Bejaïa 2018

[13] K. MASSINISSA et A. RACHID « Etude et automatisation d'une centrale à air comprimé au niveau CO-GB Labelle » en vue d'obtention d'un master, option : électromécanique, université de Bejaïa 2009.

[14] M.LOUCIF et H. SAOU « Automatisation et supervision d'un compresseur à 40 bars Cevital. » mémoire fin d'étude en vue d'obtention d'un master, option : électromécanique, université Bejaïa 2014

[15] M. BIRTLAND, Automate programmable industrielle, référence 58015. Technique d'ingénieur.

[16] A. LAIFAOU, cours automatisme industrielle, université de Bejaïa.