

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique

Mémoire de Fin de Cycle

Pour l'obtention du diplôme de master en Électromécanique

Thème

**Etablissement d'une AMDEC pour une centrale
d'air comprimé au niveau de l'usine « labelle »**

Préparé par :

BRAHIMI Yacine.

ACHOURI Saad.

Dirigé par :

Dr A.AMRI.

Devant le Jury composé de :

Président : Pr. Y .ZABBOUDJ

Examineur : Dr. M.LARBAA

Encadreur : Dr. A.AMRI

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciement

Nous remercions le bon DIEU qui nous a aidé dans nos pas, qui nous a donné le courage et la volonte pour continuer nos études

Nous tenons expressément et chaleureusement à remercier nos parents pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de nos études

Nous tenons particulièrement à remercier le DR ATHMANE AMRI, pour l'attention qu'elle a apporté à notre travail. Elle a encadré ce mémoire avec une grande rigueur scientifique et a répondu à nos demandes faisant preuve d'une grande disponibilité.

Il est également très agréable de remercier toutes personnes ayant participées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance, aux membres de jury.

Nous exprimons aussi nos remerciements à l'ensemble des enseignants de génie électrique.

Qui ont contribué à notre formation de master

Dédicaces

Je dédicace cette mémoire à tous ceux qui

M'ont soutenu de près et de loin,

A ma mère, et mon père,

A mes sœurs

A MES FRÈRES

A MES PROCHES

GROUPE DOPI

W.CHIBANI

A tous mes ami(e)s



B.YACINE

Dédicaces

Je dédicace cette mémoire à tous ceux qui

M'ont soutenu de près et de loin,

A ma mère, et mon père,

A MES FRÈRES

A mes sœurs

A mes proches

A tous mes ami(e)s

Groupe EDC



A.SAAD

Listes des figures :

Figures	CHAPITRE I	N°
Figure I.1	Organigramme de politique de maintenance	03
Figure I.2	diagramme en arêtes de poissons	08
	CHAPITRE II	
Figure II.1	schéma représente les composants d'une centrale d'air comprimé	16
Figure II.2	schéma classique d'installation du réseau de distribution	18
Figure II.3	schéma représente les types de compresseurs	20
Figure II.4	schéma représente les composants d'un compresseurs rotatifs à vis.	21
Figure II.5	schéma représente les composants d'un compresseur à pistons.	22
Figure II.6	schéma représente les composants d'un compresseur à palettes.	23
Figure II.7	Schéma d'un compresseur à lobe	24
Figure II.8	Schéma d'un compresseur axial	25
Figure II.9	Schéma d'un compresseur centrifuge	26
Figure II.10	Les composants d'un compresseur à vis	27
Figure II.11	Schéma présente l'admission	28
Figure II.12	schéma présente la compression	29

Liste des figures :

Figure II.13	Schéma présente l'extraction	29
	CHAPITRE III	
Figure III.1	Fiche de synthèse de l'étude AMDEC	35
figure III.2	Principe d'évaluation de la criticité	42
Figure III.3	Décomposition de moteur électrique	44
Figure III.4	Symbole moteur électrique	44
Figure III.5	les composants d'un compresseur à vis	45
Figure III.6	Symbole d'un compresseur à vis	45
Figure III.7	Système de refroidissement	46
Figure III.8	Réservoir d'air comprimé	47
Figure III.9	Diagramme de la centrale d'air comprimé	47
Figure III.10	Décomposition de sous système de compression	48
Figure III.11	Décomposition de sous système d'entraînement	48
Figure III.12	Décomposition de sous système de refroidissement	49
Figure III.13	Décomposition de sous système de stockage	49

Liste des tableaux :

Tableau II.1 tableau de conversion des unités de pression.....	15
Tableau III.1 niveau de criticité.....	38
Tableau III.2 niveau de fréquence.....	39
Tableau III.3 niveau de gravité.....	40
Tableau III.4 probabilité de non détection.....	41
Tableau III.5 AMDEC 1.....	50
Tableau III.6 AMDEC 2.....	51
Tableau III.7 AMDEC 3.....	52
Tableau III.8 AMDEC 4.....	53
Tableau III.9 AMDEC 5.....	54
Tableau III.10 AMDEC 6.....	55
Tableau III.11 AMDEC 7.....	56

Nomenclature

Symboles	Définitions	Unité SI
p	Pression de gaz	Pa
m	Masse d'air	Kg
T	Température	K
Qv	Débit volumique	m ³ /s
C	criticité	
N	Probabilité de non-détection de défaillance	
G	Gravité de défaillance	
F	Fréquence d'apparition de défaillance	

SOMMAIRE

SOMMAIRE

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

Table des matières

CHAPITRE I

Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction.....	2
I.2 Définitions.....	2
I.2.1 Notions de la maintenance	2
I.3 les différents types de maintenance:	3
I.3.1 La Maintenance Corrective	3
I.3.1.1 Les différents types de maintenance corrective :	4
I.3.2 La maintenance préventive	4
I.3.2.1 Les différents types de maintenance préventive :	4
I.3 Les niveaux de la maintenance :	5
I.4 Différents méthodes d'aide à la maintenance	7
I.4.1 la TPM	7
I.4.2 Le Diagramme d'ISHIKAWA	8
I.4.3 Le QQQCCP	8
I.4.4 l'analyse ABC	10
I.4.4.1 Méthodes.....	10
I.4.5 L'AMDEC :.....	10
I.4.5.1 TYPES D'AMDEC.....	11
I.4.6 Arbre de défaillances	12
I.4.6.1 Définition	12
I.4.6.2 Formalisme:.....	12
I.4.6.3 Modélisation:.....	12

I.4.6.4 Méthodologie :	12
I.5 Conclusion	13

CHAPITRE II

Constitution d'une installation de production d'air comprimé

II.1 Introduction	14
II.2 Propriétés de l'énergie pneumatique	14
II.3 Composants d'une unité de production d'air comprimé	16
II.3.1 Une installation de production comporte :	16
II.3.2 Les composants qui influencent sur le rendement de production d'air comprimé sont :	16
II.3.3 Distribution de l'énergie pneumatique	17
II.4 Traitement de l'air comprimé	18
II.5 Les types des moteurs et des compresseurs	19
II.5.1 Moteurs :	19
II.5.2 Compresseurs :	19
II.5.2.1 Compresseurs rotatifs à vis	20
II.5.2.2 Compresseurs à pistons	21
II.5.2.3 Compresseurs à palettes	22
II.5.2.4 Compresseurs à lobes	23
II.5.2.5 Les compresseurs axiaux	24
II.5.2.6 Les compresseurs centrifuges	25
II.6 Compresseur à vis :	26
II.6.1 Application et composition :	26
II.6.2 Principe de fonctionnement :	28
II.6.3 Avantages	29
II.6.4 Limitations	30
II.7 Conclusion	30

CHAPITRE III

Etude de fiabilité AMDEC

III.1 Introduction	32
III.2 L'histoire de l'AMDEC	32
III.3 Le but de l'AMDEC	33
III.4 Types d'AMDEC	33
III.4.1 AMDEC-produit	33
III.4.2 AMDEC-processus	33
III.4.3 AMDEC-moyen de production (ou machine)	34
III.4.4 AMDEC sécurité	34
III.5 Déroulement d'AMDEC	34
III.5.1 Etape 1 : initialisation	34
III.5.1.1 But	34
III.5.1.2 Composition du groupe de travail	34
III.5.2 Etape 2 :	35
III.5.2.1 Analyse fonctionnelle	35
III.5.2.2 Décomposition fonctionnelle	35
III.5.3 Etape 3 : analyse des défaillances	35
III.5.3.1 Analyse de mécanismes de défaillance	35
III.5.3.1.1 Mode de défaillance	36
III.5.3.1.2 Cause de défaillance	36
III.5.3.1.3 Effet de défaillance	37
III.5.3.2 Evaluation de la criticité	36
III.5.3.3 Les critères de cotation	37
III.5.3.3.1 Niveau de criticité	38
III.5.3.3.2 Fréquence d'occurrence	39
III.5.3.3.3 Niveau de gravité	40
III.5.3.3.4 Probabilité de non détection	41
III.5.3.4 Proposition des actions corrective :	42
III.5.4 Etape 4 : la grille d'AMDEC	42
III.6 Application de la méthode AMDEC à une centrale d'air comprimé	43
III.6.1 Schéma d'installation d'air comprimé (voir la figure 16)	43
III.6.2 Analyse fonctionnelle des éléments constitutifs	44
III.6.2.1 Moteur électrique	44

III.6.2.2 Compresseur à vis	45
III.6.2.3 Système de refroidissement	46
III.6.2.4 réservoir d'air comprimé.....	47
III.6.3 Décomposition fonctionnelle de la centrale d'air comprimé.....	47
III.6.3.1 Organigramme de la décomposition fonctionnelle des sous systèmes :.....	48
III.6.3.1.1 Le sous système compression :	48
III.6.3.1.2 Le sous système d'entrainement.....	48
III.6.3.1.3 Le sous système de refroidissement.....	49
III.6.3.1.4 Le sous système de stockage.....	49
III.7 Tableaux AMDEC	50
III.8 Conclusion.....	57
Conclusion Générale.....	58

Bibliographie

Résumé

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale :

La vie sur terre dépend d'une bulle de gaz qui en tour le globale : l'atmosphère. Cette bulle protectrice s'étend à environ 1000 km dans l'espace. Ce que nous appelons communément l'air est un mélange de gaz principalement composé d'azote, d'oxygène et d'une quantité plus ou moins importante de vapeur d'eau.

L'air contient également de petites quantités de gaz inertes et, malheureusement, beaucoup de pollution sous la forme d'hydrocarbures produits par l'homme.

L'utilisation de l'air comprimé de nombreux avantages varies : de l'entraînement d'une visseuse et d'outils similaires à la génération d'un mouvement, ou pour les nettoyages, le refroidissement...etc. considérant comme la quatrième énergie, après l'électricité, le gaz naturel et l'eau, C'est le plus utilisé comme énergie dans l'industrie en raison de sa flexibilité dans la mise en œuvre.

La compression de l'air se fait à l'aide des compresseurs qui sont juste pour aspirer l'air, le comprimé puis le refouler, cela nous à encourager à étudier le fonctionnement, les types et les options de cette machine précieuse.

Notre étude composée de trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré aux généralités sur la maintenance, quelque notion, types, niveaux de la maintenance et les différents d'aide à la maintenance.

Dans le deuxième chapitre, constitution d'une installation de production d'air comprimé, on a défini les composants de la centrale d'air comprimé, propriétés de l'énergie pneumatique, et types des moteurs et des compresseurs.

Dans le troisième chapitre nous avons appliqué la méthode AMDEC sur les composants d'une centrale d'air comprimé.

Enfin, notre travail établissement AMDEC pour une centrale d'air comprimé est pour bute d'éliminer les défaillances et les causes répétitif et une conclusion générale résumera le travail fait.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LA MAINTENANCE

I.1 Introduction

Dans le monde industriel ou la concurrence est de plus en plus sévère, il est indispensable de fournir un produit ou un service de qualité à moindre coût. On dit le temps c'est de l'argent cela veut dire aussi qu'il faut produire toujours plus vite. Ceci implique de réduire la probabilité de défaillance d'un bien, altération des fonctions des moyens de production ou la dégradation d'un service rendu.

Il faut s'assurer aussi que l'exploitation d'un bien soit dans des conditions de sécurité optimales. D'où l'importance de la maintenance.

I.2 Définitions

D'après l'Afnor (FD X 60-000), « la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». Dans une entreprise, maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

[1]

I.2.1 Notions de la maintenance

1. Un bien (norme x50-500) : c'est un produit conçu pour assurer un service déterminé.

- **bien durable:** c'est un bien conçu pour assurer une fonction donnée pendant un temps relativement long compte tenu des opérations Maintenance. Ex.: machine-outil.

- **bien semi-durable:** bien conçu pour assurer une fonction donnée est caractérisé par l'usure assez rapide d'au moins un constituant fondamental est irremplaçable conduisant à une mise hors service. Ex.: lampe.

- **bien éphémère:** bien conçu pour se servir qu'une fois pendant un temps très court.
Ex. : briquet.

2. Maintenir : qui suppose un suivi et une surveillance.

3. **Rétablir** : qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut.
4. **Etat spécifié et service déterminé** : qui précise le niveau de compétences et les objectifs attendus de la maintenance.
5. **Coût optimal** : qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique.

I.3 les différents types de maintenance:

La maintenance déterminée en fonction de sa finalité, de son résultat et des moyens techniques d'intervention. Il existe différents types de maintenance agissant des machines, et tout autant en matière de logiciels. [2]

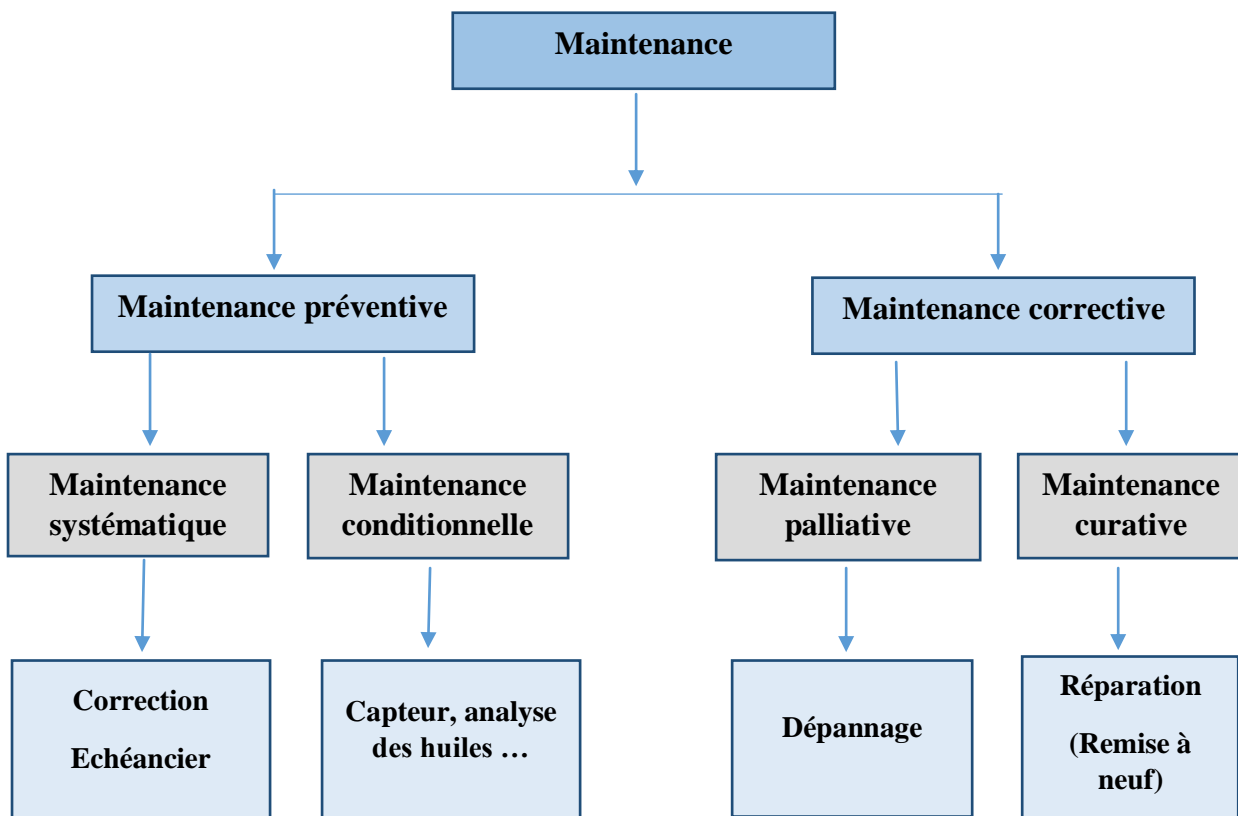


Figure I.1 : Organigramme de politique de maintenance

I.3.1 La Maintenance Corrective

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins

provisoirement : ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, le remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement.

I.3.1.1 Les différents types de maintenance corrective :

A- Maintenance palliative:

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

B- Maintenance curative:

Contrairement à la maintenance corrective palliative, la maintenance curative s'applique lorsque 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.

I.3.2 La maintenance préventive

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique), et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle). [2]

I.3.2.1 Les différents types de maintenance préventive :

A. Maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien (EN 13306 : avril 2001) Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits

fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

B. Maintenance préventive conditionnelle:

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001).

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

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

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.

I.3 Les niveaux de la maintenance :

NIVEAUX DE MAINTENANCE : (X 60- 010 de 1994) caractérisation de la complexité des actions de maintenance limitée à la complexité des procédures et / ou la complexité d'utilisation ou de mise en œuvre des équipements de soutien nécessaires.

Ils sont au nombre de 5 et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise, selon le type de bien à maintenir.

[3]

1^{er} niveau : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.....

Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.

2^{ème} niveau : Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

3^{ème} niveau : Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réalignement des appareils de mesure. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

4^{ème} niveau : Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

5^{ème} niveau : Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

I.4 Différents méthodes d'aide à la maintenance

La gestion de la maintenance industrielle est une question épineuse pour bon nombre d'entreprises. Pourtant, il est possible de la maîtriser grâce à de nombreux outils et méthodes de maintenance.

La clef de la réussite se trouve dans une bonne organisation, dans une communication optimale entre les collaborateurs et dans le choix des différentes méthodes d'aide à la maintenance.

Il existe différentes méthodes d'aide à la gestion de la maintenance, parmi celle-ci on peut citer la TPM, AMDEC, ISHIKAWA...

I.4.1 LA TPM

La TPM (de l'anglais « *total productive maintenance* », ou maintenance productive totale) est une technique qui a vu le jour au Japon, en 1971. [4]

Elle s'intéresse essentiellement à l'organisation du service maintenance, pour cela on propose d'appliquer les actions suivantes appelées les 5s.

Les 5s :

- A. Seiri** – ordonné
- B. Seiton** – rangé
- C. Seiso** – dépoussiérer
- D. Seiketsu** – rendre évident
- E. Shitsuke** – être rigoureux

I.4.2 Le Diagramme d'ISHIKAWA

Le diagramme de causes et effets, ou diagramme d'Ishikawa, ou diagramme en arêtes de poisson ou encore 5m, est un outil développé par kaoru Ishikawa en 1962 et servant dans la gestion de la qualité. [5]

La méthode d'Ichikawa permet d'identifier les différents éléments qui entre dans la réalisation d'un objectif. Chaque élément est lui aussi sujet à un diagramme d'Ichikawa, ce qui permet d'arriver aux actions élémentaires pour la réalisation de l'objectif. Donc par exemple si on prend le matériel: on établit un autre diagramme pour identifier toutes les actions nécessaires pour avoir un matériel en état de fonction.

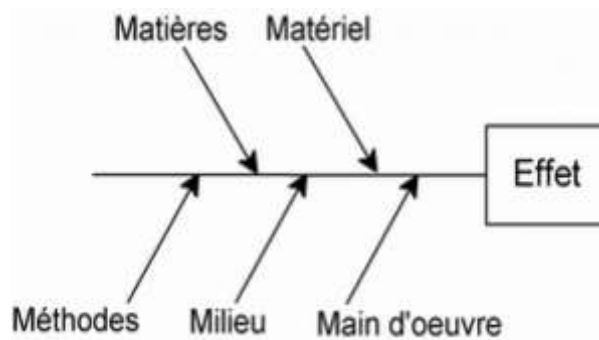


Figure I.2 diagramme en arêtes de poissons

I.4.3 Le QQQQCCP

Le QQQQCCP (Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi), appelé aussi méthode du questionnement est un outil d'aide à la résolution de problèmes comportant une liste quasi exhaustive d'informations sur la situation.

Très simple d'utilisation, le QQQQCCP s'utilise également dans diverses configurations telles que l'élaboration d'un nouveau processus ou encore la mise en place d'actions correctives.

La méthode QQQQCCP : Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi, est un outil adaptable à diverses problématiques permettant la récolte d'informations précises et exhaustives d'une situation et d'en mesurer le niveau de connaissance que l'on possède. Elle s'intègre parfaitement dans diverses démarches permettant entre autres :

- de définir un processus ou de rédiger une procédure,
- de préparer un rapport,
- de donner les lignes directrices pour le lancement d'un plan d'action (PDCA),
- d'élaborer un diagnostic,
- de déployer un 5S,
- d'animer un brainstorming.

Dans le cadre de l'utilisation de la méthode QQQQCCP pour la résolution de problème, il convient d'abord d'identifier l'écart avec le nominal ou les différences entre ce qui est conforme et ce qui ne l'est pas, puis ensuite de décomposer le problème.

Une fois les raisons d'un problème identifiées et avant de proposer des solutions, il convient de faire l'analyse des problèmes élémentaires grâce aux questions **Combien** et **Pourquoi**. L'utilisation des **Combien** et **Pourquoi**, permet de définir des modalités d'actions les plus efficaces, en tenant compte des moyens investis et de leurs coûts et donc de renforcer l'analyse.

Ainsi la méthode QQQQCCP se décompose en 3 grandes étapes :

- Décrire la situation initiale
- Isoler du problème global, les problèmes élémentaires
- Proposer des actions pertinentes et efficaces. [6]

I.4.4 L'ANALYSE ABC

Définition : Cette méthode est aussi appelée : Loi de PARETO ou loi des 20-80. Par cette méthode nous pouvons mettre en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin d'orienter Notre action, de ce fait les détails sans importance seront éliminés. La méthode ABC permet de définir les priorités d'actions. C'est un outil d'aide à la décision. [7]

I.4.4.1 Méthodes

Les éléments seront classés par ordre d'importance en indiquant les pourcentages pour un critère déterminé.

Cette étude nécessite une approche en trois étapes :

- Définir la nature des éléments à classer : ces éléments peuvent être ; des matériels, des causes de pannes, des natures de pannes, des bons de travail, des articles en stock, etc.
- Choisir le critère de classement : Les critères les plus fréquents sont les coûts et les temps, selon le caractère étudié, d'autres critères peuvent être retenus tel que :
 - Nombre d'accidents, nombre d'incident
 - Nombre de rebuts, nombre d'heure d'utilisation
 - Nombre de kilomètre parcouru
- Définir les limites de l'étude et classer les éléments en cumulant les valeurs décroissantes du critère étudié, la courbe ABC fait apparaître 03 zones d'où l'appellation de «courbe ABC »

I.4.5 L'AMDEC : AFNOR (Norme X-510)

L'AMDEC (**Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité**) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances et les conséquences affectant le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.

Son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production.

L'utilisation de l'AMDEC peut paraître pénible; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances.

Son utilisation très tôt en phase de conception (du produit, du procédé ou de l'outil de production) révèle la volonté de l'entreprise d'anticiper les problèmes potentiels plutôt que d'en subir les conséquences à terme. [7]

I.4.5.1 Types d'AMDEC

Il existe plusieurs types d'AMDEC, parmi les plus importants, mentionnons : [8]

- L'AMDEC-organisation s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système Marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.
- L'AMDEC-produit ou l'AMDEC-projet est utilisé pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. si le produit comprend plusieurs composants, on applique L'AMDEC-composants.
- L'AMDEC-processus s'applique à des processus de fabrication, elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes des défaillances potentielles d'un produit engendré par son processus.
- L'AMDEC-moyen s'applique à des machines, des outils des équipements, et appareils de mesure, des logiciels et des systèmes du transport interne.

- L'AMDEC-service s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.
- L'AMDEC-sécurité s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés ou il existe des risques pour ceux-ci.

I.4.6 Arbre de défaillances

I.4.6.1 Définition

Un arbre de défaillances (aussi appelé arbre de pannes ou arbre de fautes) est une technique d'Ingénierie très utilisée dans les études de sécurité et de fiabilité des systèmes statique. [9]

I.4.6.2 Formalisme:

Cette méthode consiste à représenter graphiquement les combinaisons possibles d'évènements qui permettent la réalisation d'un évènement indésirable **prédéfini** (appelé communément évènement redoute « **er** »).

La Représentation Graphique Met Donc En Evidence Les Relations Causes A Effet.

I.4.6.3 Modélisation :

Cette technique est complétée par un traitement mathématique qui permet la combinaison des défaillances simples ainsi que de leur probabilité d'apparition. Elle est basée sur l'algèbre de Boole relative à la théorie des ensembles.

Elle permet ainsi de quantifier la probabilité d'occurrence d'un évènement indésirable. Egalement appelé « évènement redouté ».

I.4.6.4 Méthodologie :

L'arbre de défaillance est formé de niveaux successifs d'évènements qui s'articulent par l'intermédiaire des portes (initialement logique). En adoptant cette représentation et la logique déductive (**allant des effets vers les causes**) et booléenne,

il est possible de remonter d'effets en causes de l'évènement indésirable à des évènements de base indépendants entre eux et probabilistes. [9]

I.5 Conclusion

Au cours de ce premier chapitre nous avons établi une présentation générale sur la maintenance et ensemble de généralités et définitions des différents types de maintenance. Nous avons commencé par une définition, notions, et types de la maintenance, passant aux niveaux de la maintenance, différents moyens d'aide de la maintenance, et arbre de défaillances.

Dans les chapitres suivants nous allons appliquer la méthode AMDEC à une installation de production d'air comprimé.

CHAPITRE II : CONSTITUTION
D'UNE INSTALLATION DE
PRODUCTION D'AIR
COMPRIMÉ

II.1 Introduction

L'air comprimé est l'une des formes les plus anciennes qui sert à faire fonctionner des machines ou des procédés industriels. Désormais, toute entreprise industrielle est équipée d'un système central de production d'air comprimé.

La compression de l'air comprimé se fait par des compresseurs, dans ce chapitre nous avons choisi le compresseur rotatif à vis.

II.2 Propriétés de l'énergie pneumatique

Cette énergie est obtenue par compression de l'air ambiant à pression atmosphérique.

Cet air, constitué à 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et 1% d'hydrogène, de gaz carbonique et de gaz rares, est un fluide élastique qui se comporte comme un gaz parfait.

Néanmoins, l'air puisé ainsi à l'atmosphère contient deux constituants nuisibles: les poussières et la vapeur d'eau.

On verra un peu plus tard les moyens à mettre en œuvre pour les éliminer. [10]

➤ La pression

La pression constitue la première grandeur fondamentale de la pneumatique. La mesure de la pression des fluides se fait souvent en relatif, c'est-à-dire en donnant la différence entre la pression du fluide et la pression atmosphérique.

Elle est appelée pression relative ou manométrique, si l'on admet que la pression atmosphérique de référence est de 1 bar en absolu, alors on a la relation suivante :

$$P \text{ absolue} = P \text{ relative} + P \text{ atmosphérique}$$

$$P \text{ absolue} = P \text{ relative} + 1$$

Avec P en bars.

Le tableau 1 donne les conversions pour toutes les autres unités usitées. Cela signifie que lorsque nous lisons 6 bars sur un manomètre, il faut comprendre que c'est une valeur de pression relative. En pression absolue, sa valeur est $6 + 1 = 7$ bars.

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

bar	kg/cm ²	Atm	m d'eau	cm de mercure	PSI *
1	1,019	0,987	10,19	75	14,5
0,981	1	0,968	10	73,6	14,2
1,013	10,33	1	10,33	76	14,7
0,0981	0,10	0,0968	1	7,36	1,42
0,0133	0,0136	0,00132	0,136	1	0,193
0,0689	0,0703	0,0681	0,703	5,18	1
6,89	7,03	6,81	70,3	518	100

1 torr = 1,33 mbar * Utilisée aux États-Unis : Pound per Square Inch

Tableau II.1 tableau de conversion des unités de pression

➤ Le volume

Les gaz étant compressibles, donner le volume d'une quantité d'air n'a aucun sens si l'on ne précise pas la pression et la température de ce volume. Afin d'unifier cette valeur, on définit des conditions normales, à savoir une température de + 20 °C et une pression atmosphérique.

➤ Le débit volumique

Le débit est un volume d'air traversant une section par unité de temps. On notera usuellement Nm³/h ou bien alors NI/min.

Exemple: $Q_v = 1300 \text{ NI/min}$ (1 300 normaux litres par minute).

➤ Propriété physique

1 m³ à 0° C (273° K) et à la pression de 101300 Pascal (1,013 bar) à une masse de 1, 293 Kg

Une masse d'air de 1 Kg occupe dans ces conditions 0,774 m³.

L'air se liquéfie à - 192°C. [19]

II.3 Composants d'une unité de production d'air comprimé

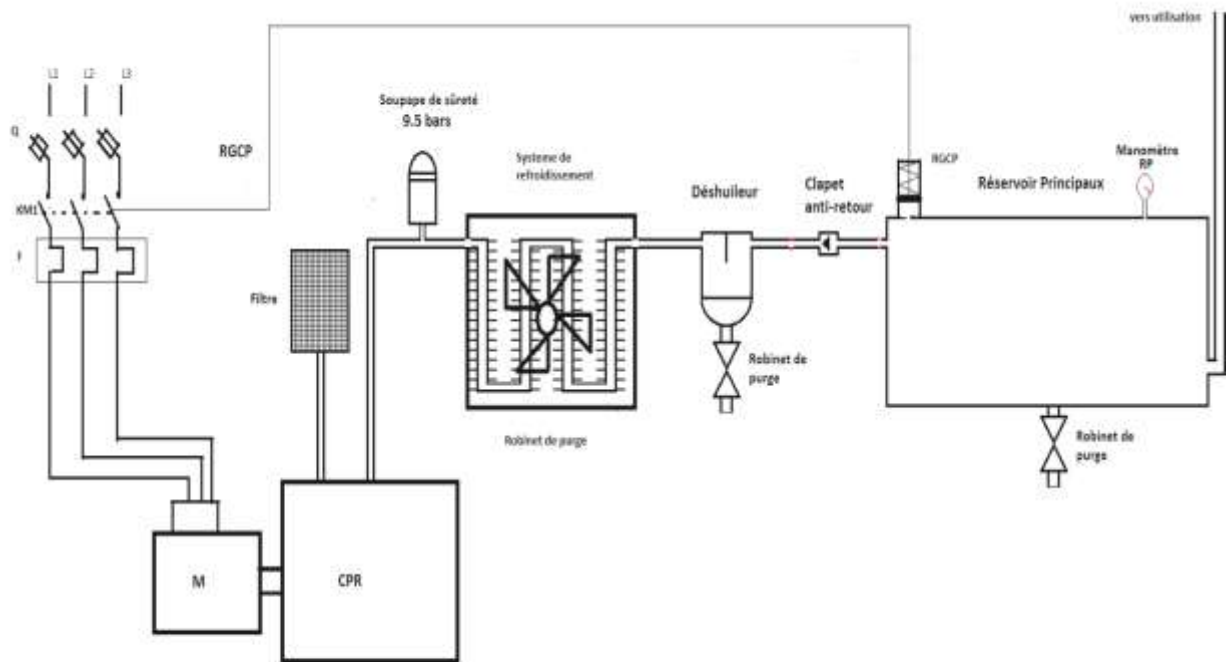


Figure II.1 schéma représente les composants d'une centrale d'air comprimé

II.3.1 Une installation de production comporte :

- un ou des compresseurs
- un moteur électrique
- un séparateur d'huile
- un réservoir
- un système de refroidissement
- des filtres à air

II.3.2 Les composants qui influencent sur le rendement de production d'air comprimé sont :

- les pertes de charges des filtres à air d'alimentation du compresseur
- le taux de purge des séparateurs de d'huile
- le volume du réservoir qui influence sur le taux de marche à vide du compresseur.

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

- les pertes de charge du système de refroidissement
- les pertes de charge des filtres à huile et des filtres à air. [11]

II.3.3 Distribution de l'énergie pneumatique

L'air comprimé produit par la centrale doit être amené à pied d'œuvre au moyen d'un réseau de distribution judicieusement établi. Rappelons, à ce sujet, quelques principes généraux à prendre en compte lors de l'étude d'une installation :

- concevoir un réseau évolutif capable d'extensions ou de branchements nouveaux et, de ce fait, prévoir pour le réseau principal une canalisation largement dimensionnée,
- éviter d'enterrer les canalisations (difficultés de surveillance et d'entretien),
- rechercher le nombre minimal de restrictions brusques (raccords, tés, coudes...), qui sont autant d'obstacles et de freins au débit du fluide. Elles génèrent des pertes de charges affaiblissant la pression d'utilisation,
- éviter la condensation de l'humidité de l'air dans le réseau en assurant une légère pente aux canalisations (notamment le collecteur principal), en plaçant à chaque point bas un réservoir équipé d'un purgeur et en prévoyant tous les piquages de prises d'air sur la génératrice supérieure des canalisations,
- utiliser une robinetterie et des outillages parfaitement étanches afin de réduire au minimum les risques de fuite et les pertes de puissance.

La figure II.2 illustre un réseau classique de distribution. [10]

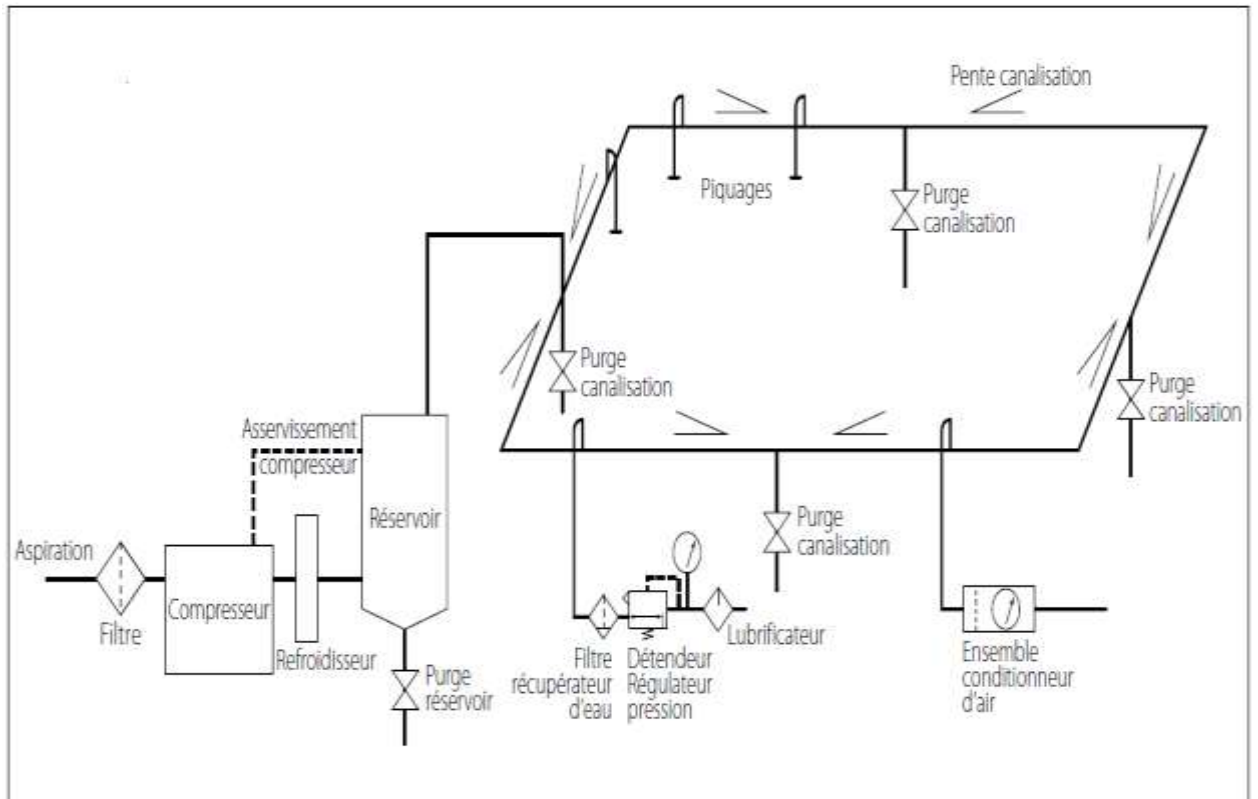


Figure II.2 schéma classique d'installation du réseau de distribution

II.4 Traitement de l'air comprimé

La sécurité et la longévité des machines dépendent pour beaucoup du conditionnement de l'air comprimé en entrée de chacune d'elles.

L'air contient toujours de la vapeur d'eau. Lorsqu'il est comprimé, il s'échauffe, il se refroidit ensuite dans le réseau de distribution, ce qui entraîne la condensation sous forme de brouillard d'une partie de la vapeur d'eau. Cette eau se mélange à l'huile émise par le compresseur et aux poussières de rouille des tuyauteries du réseau.

Malgré les précautions prises en amont, une partie de ces impuretés liquides et solides atteint les machines. Dans tous les cas, il y a donc lieu de filtrer l'air en entrée de machine et de retenir les impuretés liquides.

Le compresseur de l'installation travaille entre une pression minimale (mise en marche) et une pression maximale (arrêt).

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

Sur chaque machine, cette fluctuation de la pression du réseau peut être accentuée par les variations de la demande en air des machines voisines. Pour obtenir une constance de travail des machines, il est donc important de réguler cette pression et de l'ajuster à la valeur optimale pour chaque machine. [10]

II.5 Les types des moteurs et des compresseurs

II.5.1 Moteurs :

Dans une centrale de l'air comprimé on utilise généralement deux types de moteur : Moteur électrique ou moteur mécanique (diesel / essence).

II.5.2 Compresseurs :

- La compression « dynamique radiale » concerne les compresseurs à spirales
- La compression « dynamique axiale » concerne les compresseurs turbo
- La compression « volumétrique » est plus couramment utilisée en industrie (compresseurs à pistons et à vis).

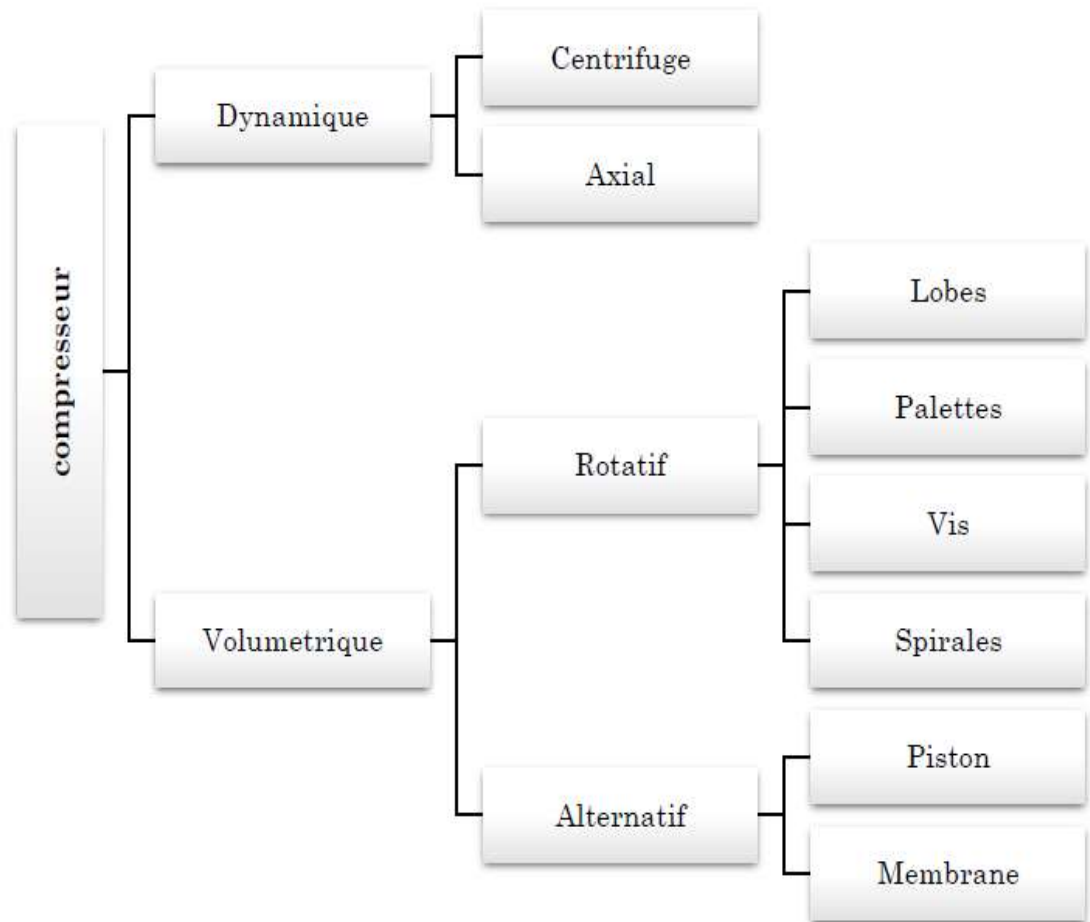


Figure II.3 schéma représente les types de compresseurs

II.5.2.1 Compresseurs rotatifs à vis

Principe de fonctionnement :

La variation du volume occupé par l'air que l'on désire comprimer est obtenue par le déplacement relatif de deux rotors à l'intérieur d'un carter de forme appropriée.

Les deux rotors ont des profils conjugués, l'un formant des lobes (rotor primaire), l'autre formant des alvéoles (rotor secondaire).

Ces profils sont décalés le long de l'axe de la machine suivant une hélice à pas constante, d'où le nom d'hélico-compresseur également donné à la machine. [12]

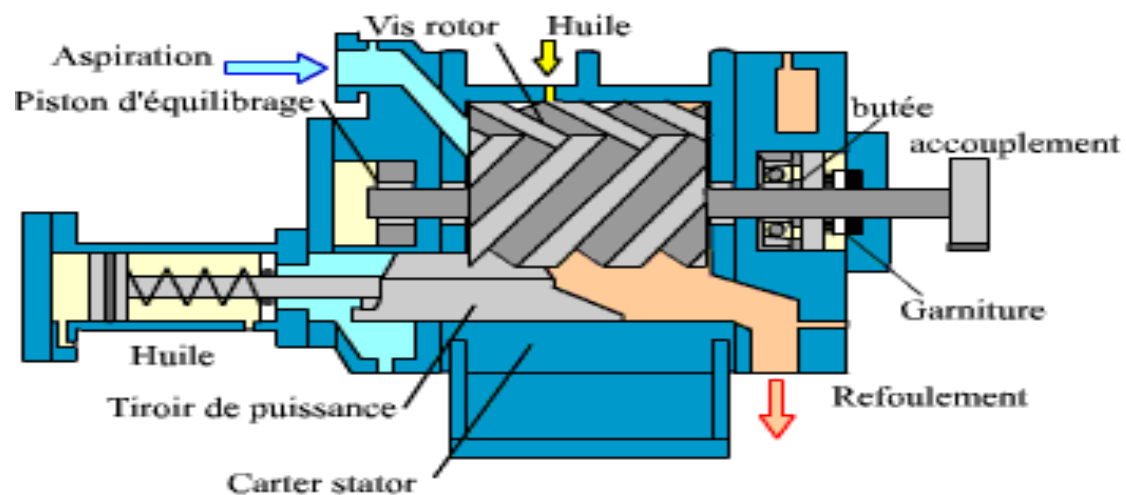


Figure II.4 schéma représente les composants d'un compresseurs rotatifs à vis.

II.5.2.2 Compresseurs à pistons

Les compresseurs de ce type comportent un piston entraîné par un vilebrequin et un moteur électrique. Les compresseurs à piston à usage général sont disponibles sur le marché dans des puissances comprises entre moins de 1 HP et 30 HP environ. Ils sont souvent employés pour fournir de l'air à des dispositifs de régulation et d'automatisation dans les bâtiments. [18]



Figure II.5 schéma représente les composants d'un compresseur à pistons.

II.5.2.3 Compresseurs à palettes

Le principe de fonctionnement d'un compresseur à palettes est le même que celui de nombreux moteurs d'expansion à air comprimé. Les palettes sont habituellement fabriquées en alliages spéciaux et la plupart des compresseurs à palettes sont lubrifiés à l'huile. Un rotor avec des palettes radiales mobiles en forme de lames est monté de manière excentrique dans un boîtier de stator. Lorsqu'il tourne, les palettes sont pressées contre les parois du stator par la force centrifuge. L'air est aspiré lorsque la distance entre le rotor et le stator augmente. L'air est emprisonné dans les différentes poches du compresseur, dont le volume diminue avec la rotation. L'air est évacué lorsque les palettes dépassent l'orifice de sortie. [14]

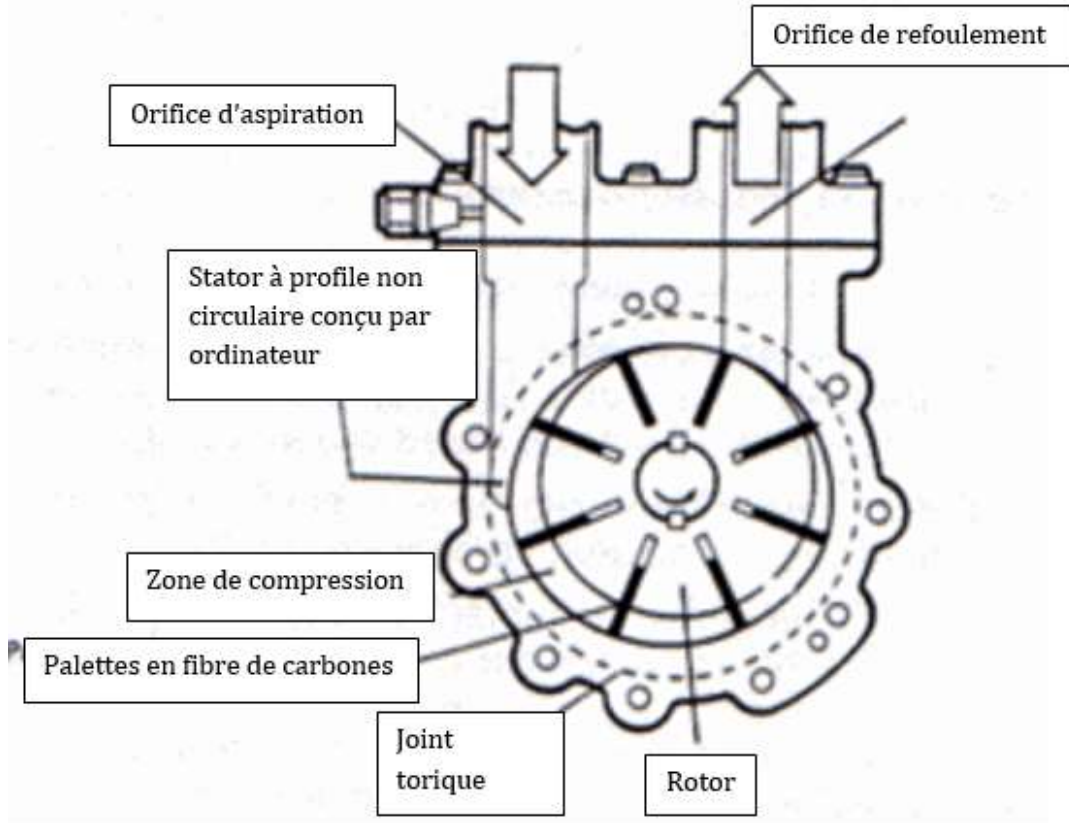


Figure II.6 schéma représente les composants d'un compresseur à palettes.

II.5.2.4 Compresseurs à lobes

Principe de fonctionnement :

Compresseurs à dents ou à piston rotatifs pour les uns, à lobes pour les autres, ils utilisent un principe identique. Dans un même stator se trouvent deux rotors non lubrifiés.

Ces deux rotors, synchronisés en rotation, tournent en sens inverse et comportent chacun une ou deux dents qui vont permettre en un tour d'effectuer un ou deux cycles aspiration, compression puis refoulement, et cela en masquant ou dégageant des orifices d'aspiration et de refoulement pratiqués sur les côtés du carter. [12]

Principe de base

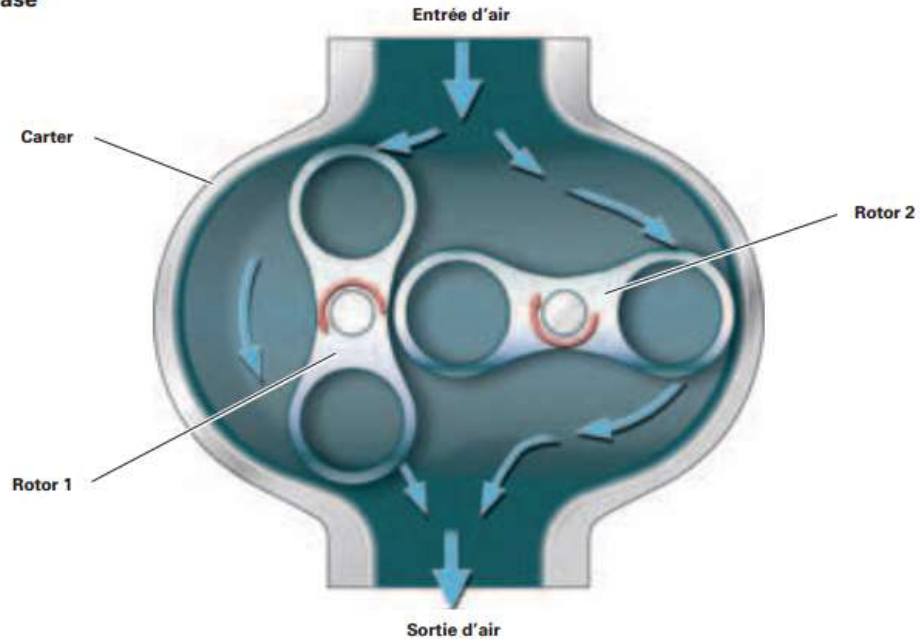


Figure II.7 schéma d'un compresseur à lobe

II.5.2.5 Les compresseurs axiaux

Un compresseur axial a un flux axial, dans lequel l'air ou le gaz passe le long de l'arbre du compresseur à travers des rangées de pales rotatives et fixes. De cette façon, la vitesse de l'air augmente progressivement au même temps que les lames fixes convertissent l'énergie cinétique à une pression. Un tambour d'équilibrage est généralement intégré dans le compresseur pour contrebalancer la poussée axiale.

Les compresseurs axiaux sont généralement plus petits et plus légers que leurs équivalents les compresseurs centrifuges et fonctionnent normalement à des vitesses plus élevées. Ils sont utilisés pour des débits constants et élevés à une pression relativement modérée, par exemple dans les systèmes de ventilation. Compte tenu de leur vitesse de rotation élevée, ils sont idéalement couplés à des turbines à gaz pour la génération d'électricité et la propulsion des avions. [12]



Figure II.8 schéma d'un compresseur axial

II.5.2.6 Les compresseurs centrifuges

Un compresseur centrifuge se caractérise par son flux de décharge radial. L'air est aspiré au centre d'une roue rotative à pales radiales et est poussé vers le périmètre de la roue par des forces centrifuges. Le mouvement radial de l'air entraîne simultanément une augmentation de la pression et une génération d'énergie cinétique. Avant que l'air soit conduit au centre de la roue de l'étage suivant de compresseur, il passe par un diffuseur et une volute où l'énergie cinétique est convertie en pression. [12]

➤ **Les composants :**

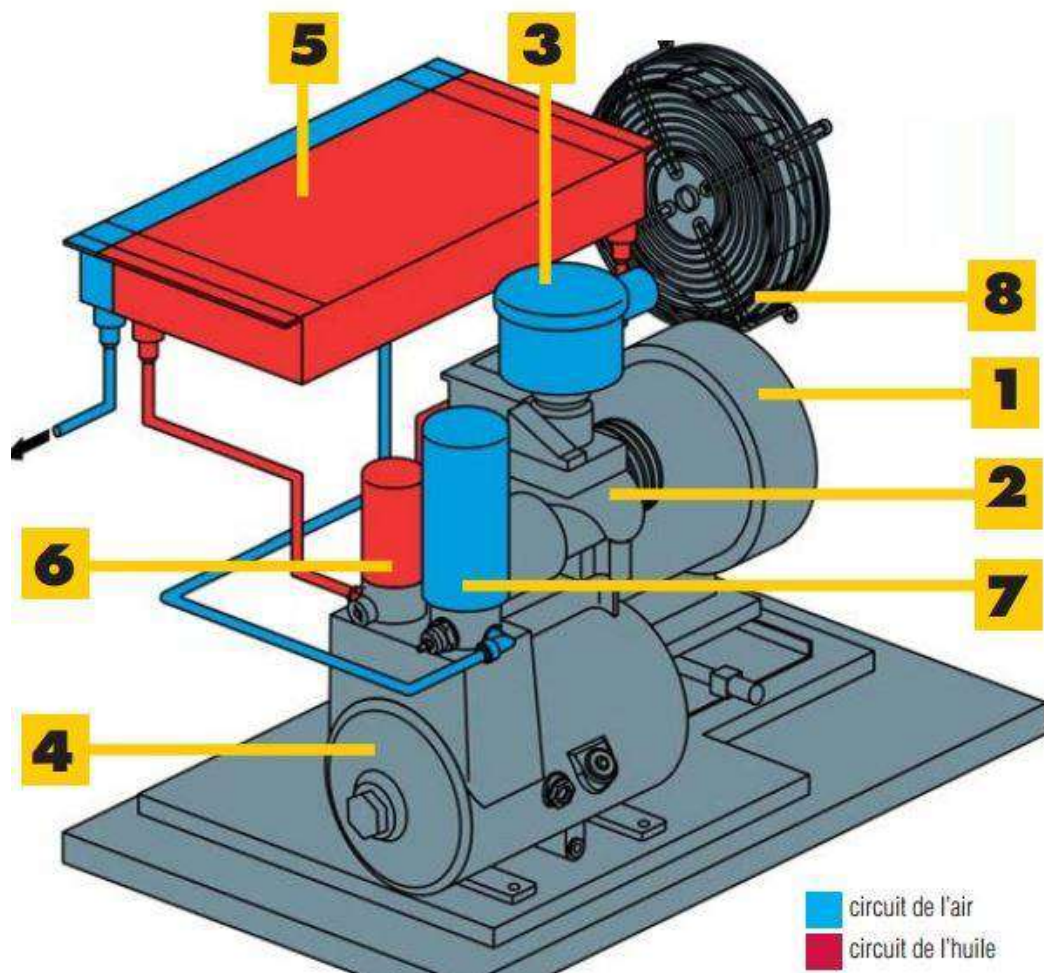


Figure II.10 Les composants d'un compresseur à vis

- | | | |
|------------------------|---------------|------------------|
| ① Moteur électrique | ② Bloc à vis | ③ Filtre à air |
| ④ Réservoir-Séparateur | ⑤ Radiateur | ⑥ Filtre à huile |
| ⑦ Filtre-Séparateur | ⑧ Ventilateur | |

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

II.6.2 Principe de fonctionnement :

La partie mobile est composée de deux vis s'engrenant l'une dans l'autre. Ces deux vis tournent en sens contraire.

Le passage du gaz s'effectue parallèlement aux axes des deux vis. La vis femelle comporte toujours un pas de plus que la vis mâle avec un profil différent.

Le gaz est comprimé progressivement en traversant des capacités de plus en plus petites jusqu'à la tubulure de refoulement (les chambres sont formées par les parois du corps et les filets des deux vis). On peut dire qu'une cannelure joue le rôle d'un cylindre dont le volume est réduit progressivement par un lobe qui l'obstrue et remplit le rôle du piston. [13]

- **Admission:** L'air entre par l'orifice de prise d'air au même temps les pas des deux vis du rotor sont ouverts du côté de l'aspiration. [15]

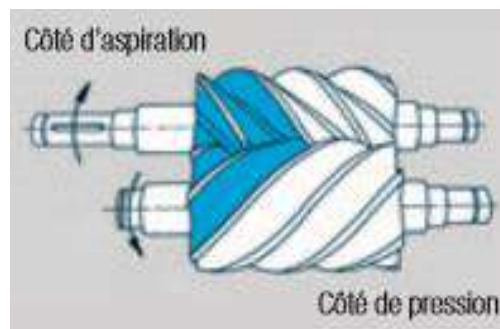


Figure II.11 schéma présente l'admission

- **Compression :** La rotation progressive des deux vis verrouille l'orifice de prise d'air donc le volume des chambres se réduit ce qui donne l'augmentation de la pression, au même temps l'huile est injecté pour lubrifié les vis rotoriques pour diminuer la température des vis à cause des frottements.

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

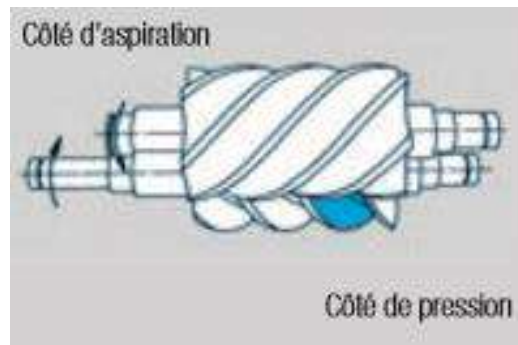


Figure II.12 schéma présente la compression

- **Extraction :** La compression est terminée et on obtient un mélange air huile à température élevée.

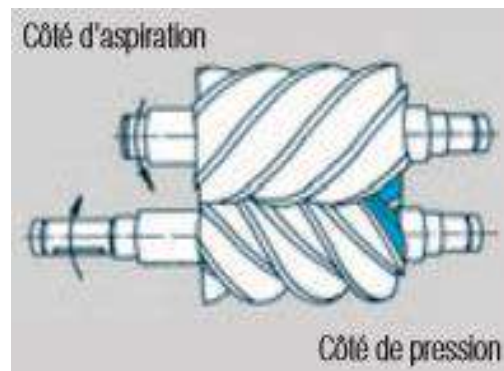


Figure II.13 schéma présente l'extraction

- **Séparation :** Le mélange air huile subi une séparation par gravité dans le séparateur puisque l'huile est plus lourde se dépose au fond puis passe vers le radiateur pour qu'il soit refroidie et filtré puis injecté à nouveau dans le bloc de la vis pour la lubrification (recyclage de l'huile), l'air humide aussi filtré passe vers le radiateur pour le refroidissement puis il subit une filtration. [15]

II.6.3 Avantages

- moins sensibles que les compresseurs centrifuges à la variation de masse molaire du gaz.
- peu sensibles à l'encrassement et acceptent des entraînements de liquides ou poussières.

CHAPITRE II : constitution d'une installation de production d'air comprimé

- plus efficaces que les compresseurs à anneau liquide. - plus petits et moins coûteux que les compresseurs alternatifs. [16]

II.6.4 Limitations

- la température au refoulement est limitée,
- les performances se dégradent rapidement en cas de corrosion ou usure des vis ou du stator,
- ils génèrent un bruit important et des vibrations,
- le choix des matériaux de construction est limité,
- le contrôle du débit est plus difficile qu'avec un compresseur centrifuge. [16]

II.7 Conclusion

Dans le milieu industrielle, l'air comprimé a connu une utilisation très importante, vue le développement industrielles.

La distribution de l'air comprimé doit être propre et sec, pour répondre à ces besoins, l'installation de production d'air comprimé est composé des accessoires de filtrages et séchage ainsi des purgeurs.

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les différents types d'appareils qui assurent le bien de la compression.

Ces appareils appelés compresseurs sont très variés et leur utilisation dépend du niveau de pression, de débit souhaité par l'utilisateur.

CHAPITRE III : ÉTUDE DE FIABILITÉ AMDEC

III.1 Introduction

Les responsables de maintenance leur souci et de fournir à les clients internes des heures de bon fonctionnement de l'outil de production. Ainsi doit envisager des actions visant à éradiquer le dysfonctionnement.

L'AMDEC (analyse des modes de défaillance, de leur effets et de leur criticité).consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié de recherche, et d'identifier les causes de défaillance.

Dans ce chapitre, nous allons appliquer la méthode AMDEC à une centrale de production de l'air comprimé.

III.2 L'histoire de l'AMDEC

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d'un dispositif puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter au dispositif.

L'AMDEC a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil, domaine aéronautique, spatial, grands travaux), Elle a fait son apparition en France dans le domaine aéronautique (Concorde puis Airbus) au cours des années 1960 (cf. encadré). Introduite dans l'industrie manufacturière de série depuis les années 1980, puis a été intégrée dans les projets industriels De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production. [17]

1950 : la méthode **FMECA** (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) est introduite aux États-Unis dans le domaine des armes nucléaires.

1960 : cette méthode est mise en application en France sous le nom d'**AMDEC** pour les programmes spatiaux et aéronautiques.

1970 : son application est étendue aux domaines du nucléaire civil, des transports terrestres et des grands travaux.

1980 : l'AMDEC est appliquée aux industries de produits et de biens d'équipement de production.

III.3 Le but de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

L'AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, afin qu'il soit fiable et maintenable dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l'installation exige : qu'elle soit intrinsèquement fiable, de disposer des pièces de rechange et des outillages adaptés, de disposer des procédures ou aides minimisant les temps d'immobilisation du moyen par la diminution du temps d'intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service), que les personnels (d'exploitation et de maintenance) soient formés, qu'une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d'apparition de la panne. [17]

III.4 Types d'AMDEC

Il existe globalement quatre types d'AMDEC :

III.4.1 AMDEC-produit

L'AMDEC-produit est utilisé pour identifier les défaillances potentielles d'un nouveau produit et leurs causes, faire des modifications pour l'amélioration, prévoir des tests et essais pour valider le produit.

III.4.2 AMDEC-PROCESSUS

L'AMDEC-processus utiliser pour analyse les défauts d'un procédé existant ou nouveau, l'AMDEC-processus en permettra d'éliminer les causes de défaut qui pouvant influencer sur le nouveau produit. Si un produit existant il permettra de l'améliorer.

III.4.3 AMDEC-moyen de production (ou machine)

Il permet de réaliser une analyse d'un équipement lors de sa conception ou pendant l'exploitation son objectif est de modifier la conception, lister les pièces de rechange et améliorer la sécurité on identifie assez tôt les points critiques, prévoir une maintenance préventive, l'amélioration, l'optimisation.

III.4.4 AMDEC sécurité

C'est une analyse des défaillances et les causes amenant à un événement redouté, son objectif est d'améliorer la sécurité et la fiabilité.

III.5 Déroulement d'AMDEC-machine

La méthode AMDEC est divisée en **4 étapes** :

- Initialisation
- Analyse fonctionnelle
- Analyse des défaillances
- La grille AMDEC.

III.5.1 Etape 1 : initialisation

III.5.1.1 But

C'est une étape très importante, elle consiste à poser le problème et définir la limite de l'étude avec un groupe de travail.

III.5.1.2 Composition du groupe de travail

Le groupe de travail se compose d'hommes de maintenance, d'hommes du service qualité, des hommes de la production et d'hommes de bureau d'étude.

Le groupe de travail établit une fiche de synthèse pour chaque machine. Celle-ci va servir de documents pour les techniciens lors de leurs interventions. La figure suivante montre l'exemple de fiche de synthèse, cette fiche accompagne l'étude tout au long de sa durée.

III.5.3.1.1 Mode de défaillance

C'est la forme de dysfonctionnement d'un produit ou un système, il s'exprime par :

- la manière dont un système vient à ne plus remplir sa fonction.
- en termes physiques :
 - * Rupture
 - * Desserrage
 - * Coincement
 - * Court-circuit

III.5.3.1.2 Cause de la défaillance

Les causes de défaillances apparaissent généralement par :

- Les effets de l'environnement
- Les erreurs de conception
- Les erreurs de montage
- Les erreurs humaines.

III.5.3.1.3 Effet de la défaillance

Certaines défaillances peuvent provoquer l'arrêt total de la production, par contre certaines défaillances peuvent être réparées pendant des arrêts programmés. Ces effets nous permettent de classer les défaillances, pour cela on établit des critères de criticité.

III.5.3.2 Evaluation de la criticité

L'évaluation de la criticité de chaque combinaison (cause, mode, effet) se fait par des critères de cotation, qui sont donnés par niveau :

- La fréquence d'apparition de la défaillance notée F
- La gravité de la défaillance notée G
- La probabilité de non-détection de la défaillance notée N

La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation, elle est donnée par la formule suivante :

$$C = F.G.N \quad \text{où } C : \text{criticité}$$

III.5.3.3 Les critères de cotation

Dans ce paragraphe, nous allons donner les différents critères de cotation.

III.5.3.3.1 Niveau de criticité

Niveau de criticité		Action corrective à engager
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	1	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$10 \leq C < 20$ Criticité moyenne	2	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
$20 \leq C < 40$ Criticité élevée	3	-Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments. -Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle /prévisionnelle
$40 \leq C < 64$ Criticité interdite	4	Remise en cause complète de la conception.

Tableau III.1 Niveau de criticité

III.5.3.3.2 Fréquence d'occurrence

Fréquence d'occurrence		Définition
Trais faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par ans
Faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre
Moyenne	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par mois
Forte	4	Défaillance très fréquente : moins d'une défaillance par semaine

Tableau III.2 Niveau de fréquence

III.5.3.3.3 Niveau de gravité

Niveau de gravité		Définition
Mineure	1	Défaillance mineure arrêt de production < 2min Aucune dégradation notable
Significative	2	Défaillance significative arrêt de production de 2min à 20min, remis en état de courte durée ou petite réparation, déclenchement du produit
Moyenne	3	Défaillance moyenne arrêt de production de 20min à 60min, changement matériel défectueux nécessaire
Majeure	4	Défaillance majeure arrêt de production de 1h à 2h, intervention importante sur le sous-ensemble production des pièces non conformes non
Catastrophique	5	Défaillance catastrophique arrêt de production. 2h, intervention lourde nécessite des moyens coûteux, problèmes de sécurité

Tableau III.3 Niveau de gravité

III.5.3.3.4 Probabilité de non détection

Détection		Définition
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100, Détection certaine de la défaillance Signe évident d'une dégradation Dispositif de détection automatique (alarme)
Détection possible	2	Défaillance détectable Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite...)
Détection improbable	3	Défaillance facilement détectable Signe de la défaillance difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant une action ou d. moyens complexe.
Détection impossible	4	Démontages...) Défaillance indétectable Aucun signe de défaillance

Tableau III.4 Probabilité de non détection

III.5.3.4 Proposition des actions corrective :

Après la mise en évidence des risques de défaillance critique, il est temps de faire des actions correctives pour éviter l'apparition des défauts répétitifs.

III.5.4 Etape 4 : la grille d'AMDEC

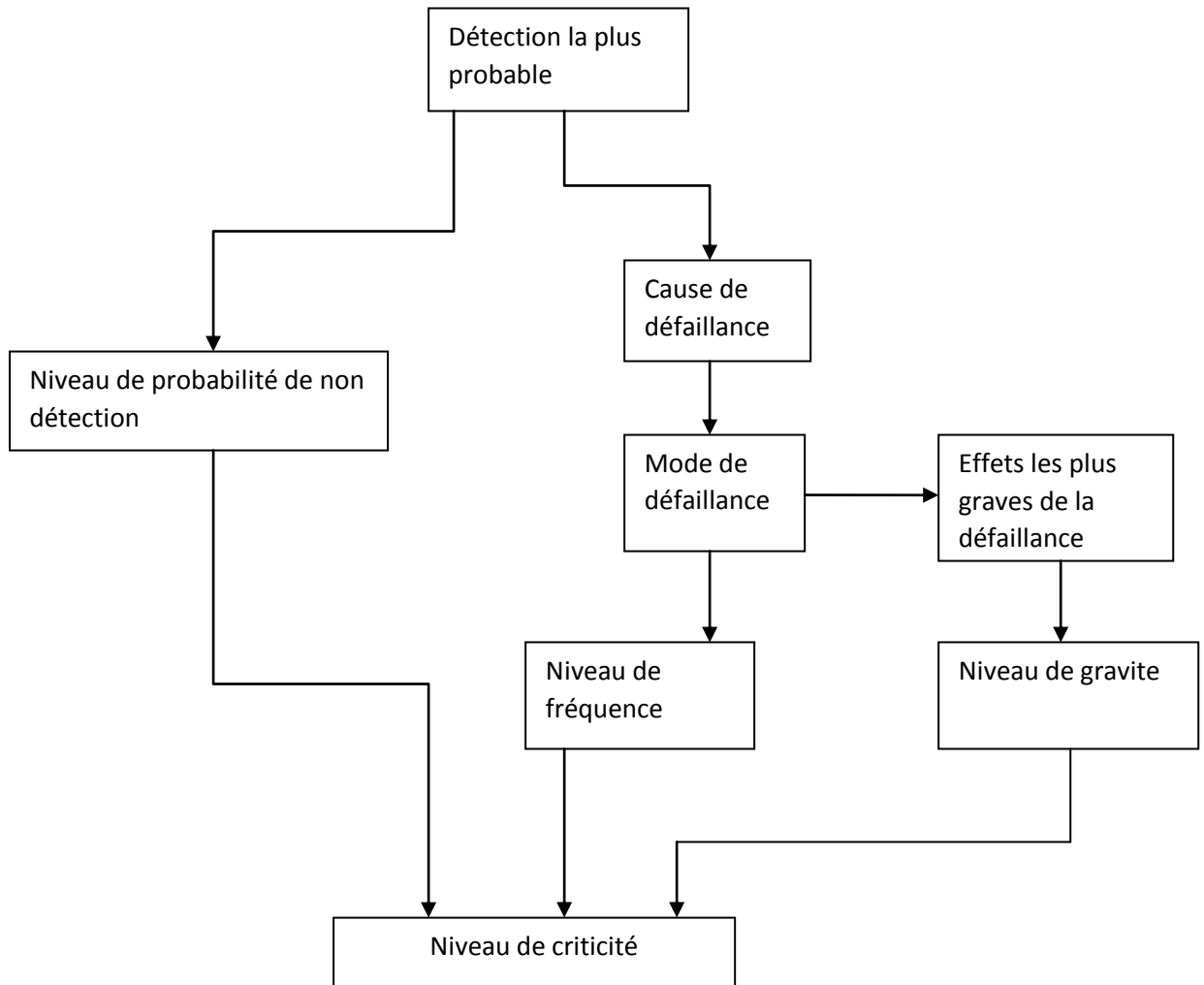


Figure III.2 Principe d'évaluation de la criticité

III.6 Application de la méthode AMDEC à une centrale d'air comprimé

Cette AMDEC est établie pour l'installation donnée en page 16, les éléments considérés sont :

- Le moteur électrique
- Le compresseur à vis
- Le réservoir
- Déshuileur
- Clapet anti-retour
- Système de refroidissement
- Système de sécurité ; soupape
- Système de stabilisation de la pression

III.6.1 Schéma d'installation d'air comprimé (voir la figure II.1 page 16)

1. Moteur électrique : pour fonction d'entraîner le compresseur
2. Compresseur : pour fonction de produire de l'air comprimé
3. Système de refroidissement : pour fonction de refroidir l'eau
4. Déshuileur : pour fonction de séparé l'huile de l'air comprimé
5. Réservoir principaux : pour fonction de stocké l'air comprimé
6. Clapet anti-retour : pour fonction de circuler l'air dans un seul sens
7. Soupape de sureté : pour fonction de protection de la centrale de surpression
8. Relais thermique : pour fonction de protection contre les surcharges et les coupures de phase
9. Sectionneur porte fusible : pour fonction de protéger la ligne d'alimentation.

III.6.2 Analyse fonctionnelle des éléments constitutifs

III.6.2.1 Moteur électrique

La motorisation et de type asynchrone triphasé son rendement et ça fiabilité font de lui le moteur le plus utilisé dans les centrales d'air comprimé, il permet l'entraînement de compresseur à vis.

1. Décomposition de moteur électrique

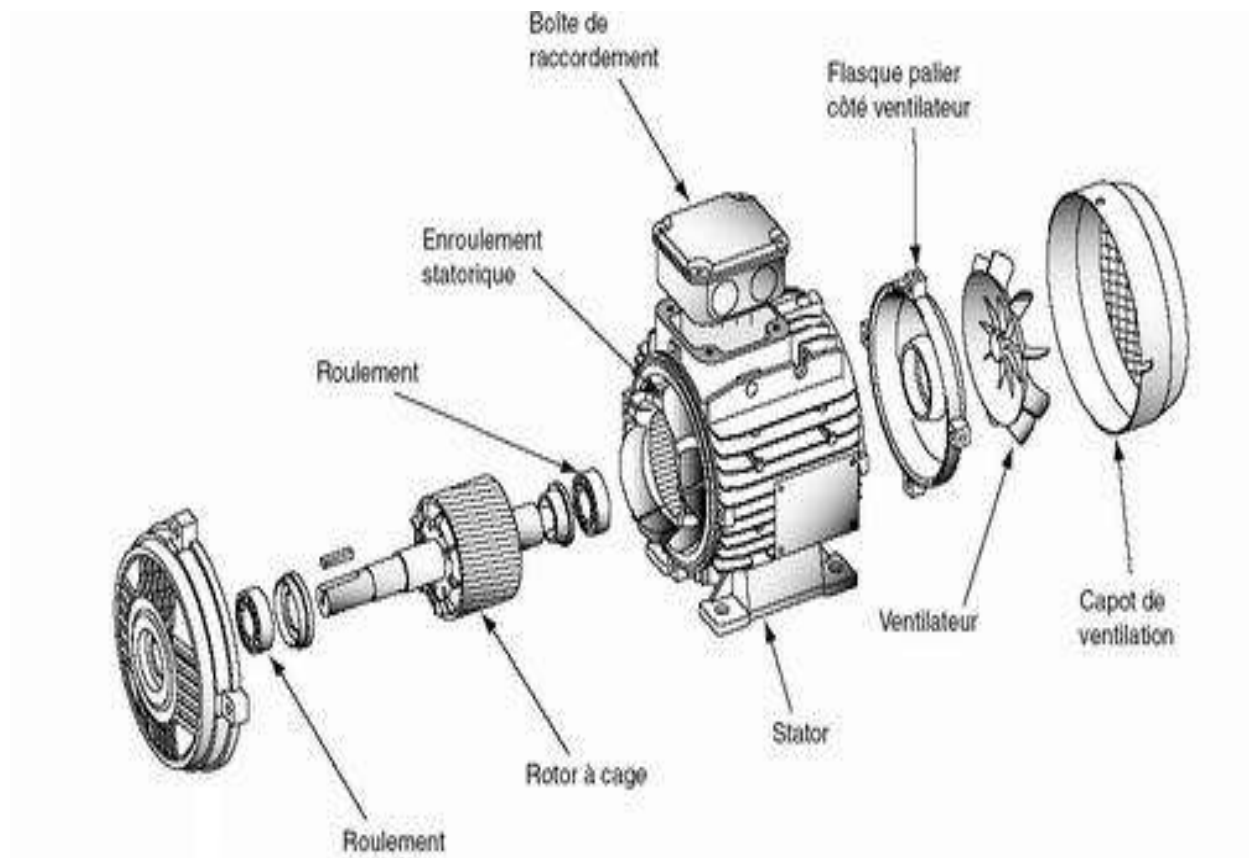


Figure III.3 Décomposition de moteur électrique

2. Symbole



Figure III.4 Symbole moteur électrique.

III.6.2.2 Compresseur à vis

Un compresseur est une machine qui produit de l'air comprimé à haut débit stable sous des conditions de pression variable.

1. Décomposition d'un compresseur à vis :

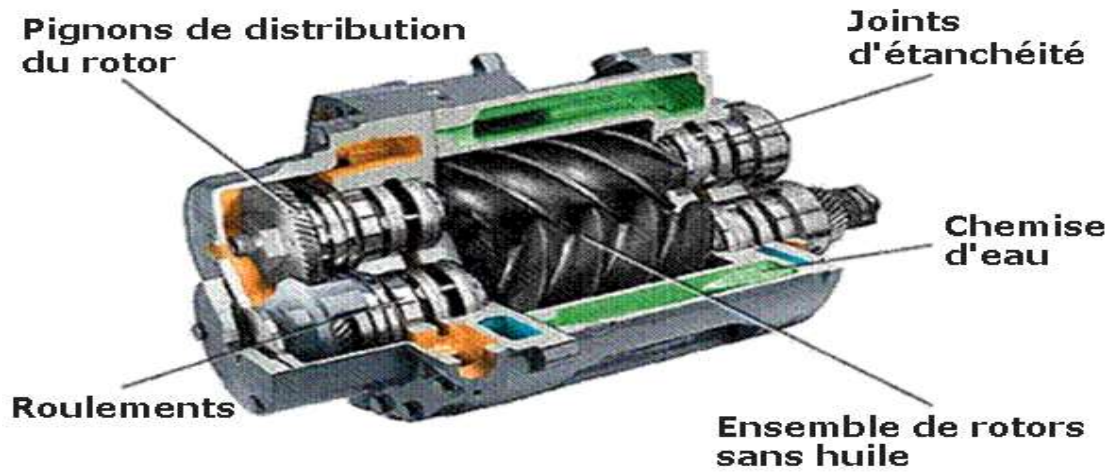


Figure III.5 Les composants d'un compresseur à vis

2. Symbole

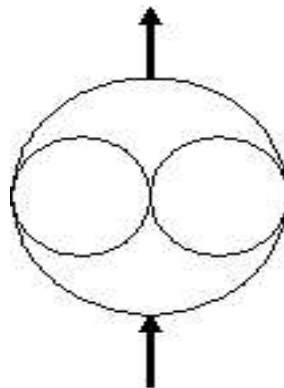


Figure III.6 Symbole de compresseur à vis

III.6.2.3 Système de refroidissement

Et un système qui sert à diminuer la température de l'air comprimé.

1. Constitution de système de refroidissement



Figure III.7 Système de refroidissement

1. Moteur électrique

2. Ventilateur

III.6.2.4 réservoir d'air comprimé

Il est indispensable dans la production d'air comprimé, il sert à stocker l'air comprimé.

1. Composition

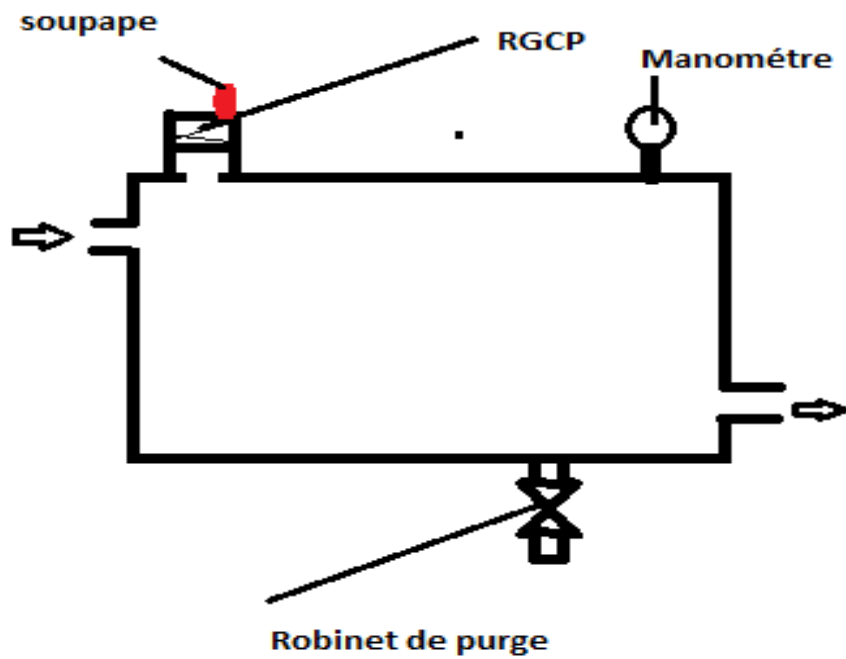


Figure III.8 réservoir d'air comprimé

III.6.3 Décomposition fonctionnelle de la centrale d'air comprimé

La centrale d'air comprimé est décomposée en quatre sous système.

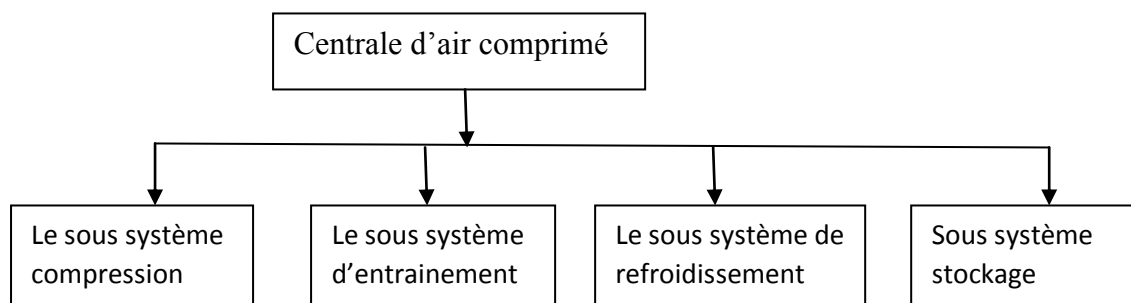


Figure III.9 Diagramme de la centrale d'air comprimé

III.6.3.1 Organigramme de la décomposition fonctionnelle des sous systèmes :

III. 6.3.1.1 Le sous système compression :

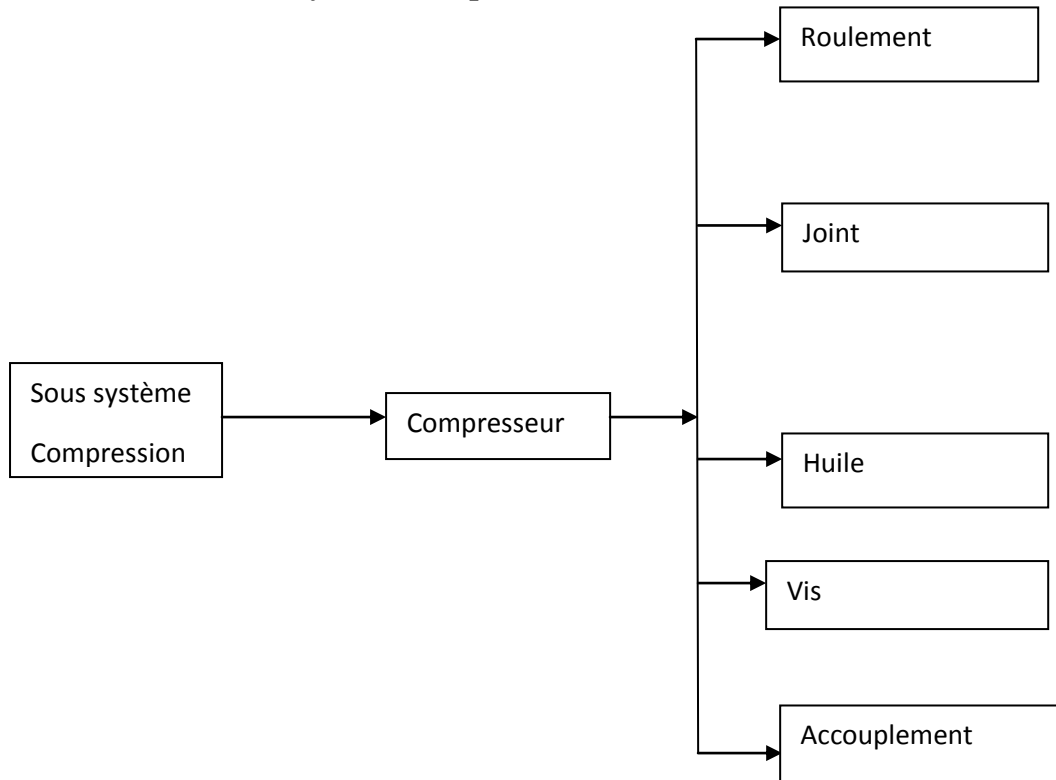


Figure III.10 Décomposition de sous système de compression

III.6.3.1.2 sous système d'entraînement

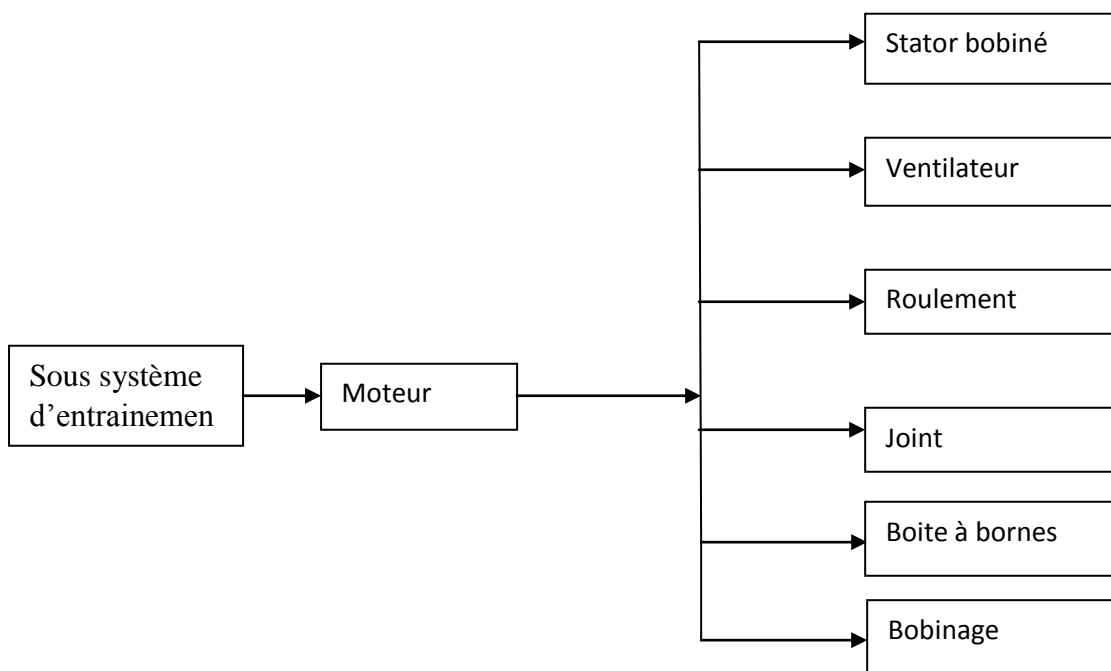
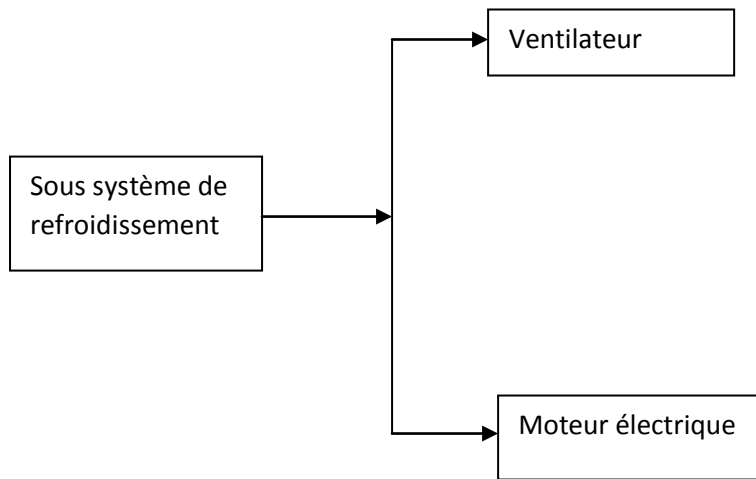
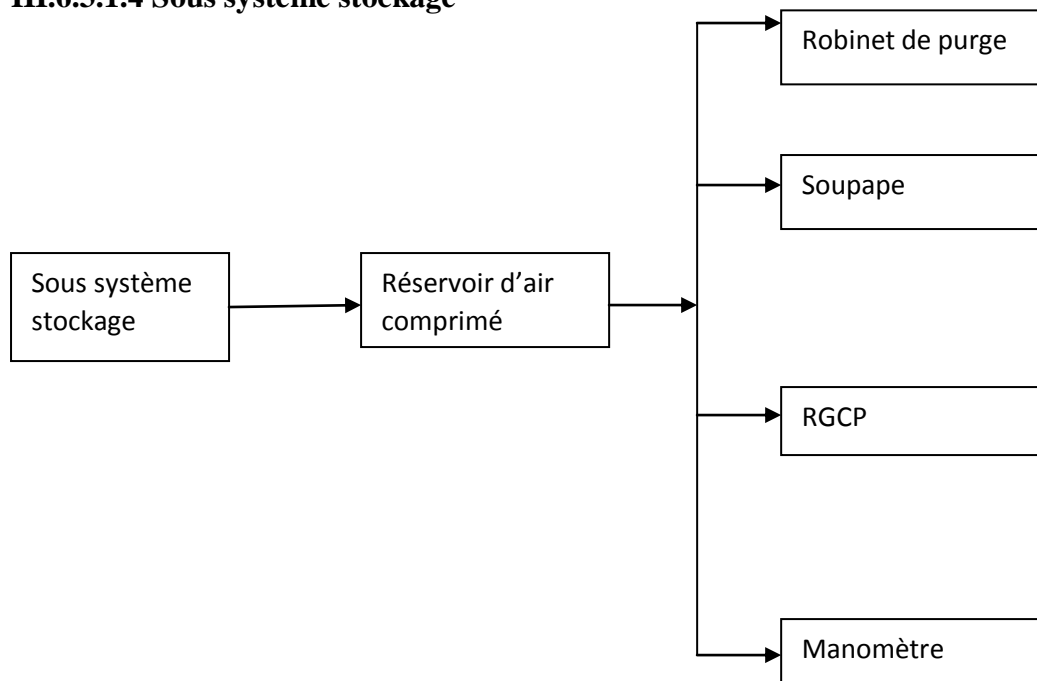


Figure III.11 Décomposition de sous système d'entraînement

III.6.3.1.3 sous système de refroidissement**Figure III.12** Décomposition de sous système refroidissement**III.6.3.1.4 Sous système stockage****Figure III.13** Décomposition de Sous système stockage

III.7 TABLEAUX AMDEC

Date de l'analyse:		AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				Phase de fonctionnement : Machine normale		page : 1/7		
		Système : Centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : Compression				Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Compresseur	Comprimé de l'air	Défaut température d'air	manque d'huile	Arrêt	visuel	1	2	2	4	vérifier le niveau d'huile.
			température ambiante trop élevée	Arrêt	visuel	1	3	2	6	faire des ouvertures ou la canalisation pour évacuer l'air chaud.
			colmatage de système de refroidissement	Arrêt	visuel	2	4	2	16	examiner le système de refroidissement.
		Débit d'air insuffisant	filtre à air obstrué	Arrêt	visuel	1	2	2	4	nettoyer le filtre
			le débit demandé est supérieur à celui de compresseur			2	2	3	12	vérifier la consommation et fuites éventuelles

Tableau III.5 AMDEC 01

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page : 2/7	
	Système : centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : compresseur à vis							Nom :	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective	
						F	G	N	C		
joint	Eviter les fuites	fuite externe	usure par le temps	Arrêt	visuel	1	2	3	6	PR : 1 joint	
			mauvais position	Arrêt	visuel	1	2	3	6	Remise en place ou changer le joint	
			fuite structurelle	usure par le temps	Arrêt	visuel	1	2	3	6	Remplacer
				défaut de conception	Arrêt	visuel	1	2	2	4	Remplacer
huile	Lubrification	Fin de la durée de vie de l'huile			4000 H de marche	2	2	2	8	Changement d'huile	
Roulement	Assure la rotation de rotor femelle	défectueux	Usure par frottement	Mauvaise rotation	vibration	1	2	3	6	Changement de roulement	

Tableau III.6 AMDEC 02

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page :3/7
	Système : Centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : entrainement							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Moteur électrique	Entrainer un compresseur	Pas de rotation	Pas d'alimentation	Arrêt	visuel	1	2	4	8	
			Absence de commande	Arrêt	visuel	2	2	4	16	MPA : Contrôle contacteur
			Moteur HS	Arrêt	visuel	1	4	4	16	PA : 1 Moteur
		Rotation inversé	Erreur de câblage	Arrêt	visuel	1	2	2	4	Instruction maintenance

Tableau III.7 AMDEC 03

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :				page :4/7
	Système : centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : entrainement							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
bobine	Génère un champ magnétique	Mauvais entrainement	Température d'enroulement de moteur très élevé	Arrêt	visuel	3	1	2	6	Contrôle périodique de l'état général de moteur
Charbons	alimenter la partie rotative du moteur en courant	Mauvais fonctionnement	Charbons de moteur détruis	Arrêt	visuel	4	3	1	12	PR : charbons
Roulement	Assure une bonne rotation de rotor	Défectueux	Usure par frottement	Mauvaise rotation du rotor ou blocage	Vibration	1	2	3	6	Changement de roulement
Corps de boite a bornes	Alimentation du moteur	Oxydation	Présence d'agent chimique	Perte de fonction du moteur	visuel	1	2	2	4	Maintenance corrective
Stator bobiné	Production du flux	Rupture du bobinage	Défaut d'isolement	Arrêt	Teste électrique	1	3	3	9	échange
Clavette	Accouplement	défectueuse	Défaut de montage	Arrêt	Visuel	1	1	1	1	Echange

Tableau III.8 AMDEC 04

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :		page : 5/7		
	Système : Centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : stockage					Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Robinet de purge	Evacuée l'eau accumuler dans le réservoir	Fuite Coincer	Usure	Manque de pression	Manomètre	1	2	2	4	PR : 1 robinet de purge
Réservoir	Stocker l'air comprimé	Corrosion inter	L'eau à l'intérieur de réservoir	Arrée	visuel	1	1	2	2	PR : réservoir
Soupape	Sécurité	fuite	Usure ou sur pression	Manque de pression	Manomètre	2	1	3	6	Changer la soupape
RGCP	Stabilisation de la pression	Le compresseur ne s'arrêt pas	Fatigue	Déclanchement de la soupape de sécurité	visuel	1	3	3	9	Remplacer le RGCP

Tableau III.9 AMDEC 05

Date de l'analyse :		AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ				Phase de fonctionnement :		page : 6/7		
		Système : Centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble :				Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Déshuileur	Séparer l'huile de l'air	Colmatage	Les résidus	Arrée	visuel	1	2	3	6	PR : 1 filtre à huile
Clapet anti-retour	Circuler l'air dans un seul sens	Clapet fuyard	défaut de conception	Arrée	visuel	1	2	2	4	PR : 1 clapet anti-retour
		Clapet bouché	Les résidus	Arrée	visuel	1	3	3	9	MPA : nettoyage de clapet
		Clapet rouillé	Bulle d'eau	Arrée	visuel	1	3	2	6	PR : 1 clapet anti-retour

Tableau III.10 AMDEC 06

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :		page : 7/7		
	Système : Centrale d'air comprimé		Sous - Ensemble : refroidissement					Nom :		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
moteur de ventilateur	faire tourner le ventilateur	Pas de rotation	moteur HS	le temps de marche de compresseur très petit	visuel	1	2	3	6	Réparer ou remplacer le moteur
Ventilateur	Refroidir l'air	Blocage Défectueux	Défaut de montage Poussier	le temps de marche de compresseur très petit	Visuel bruit	1	2	3	6	Réparer ou nettoyage

Tableau III.11 AMDEC 07

III.8 Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qu'on peut l'appliquer à une organisation, un composant, un moyen, un processus, ou un produit dans le but d'éliminer, le plus possible, des causes et les défauts potentiels.

L'AMDEC est un moyen qui sert à identifier et étudier les conséquences de certaine défaillance, selon les critères (niveau de fréquence, détection, gravité)

Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude qui est pour une étude de la maintenance d'une centrale d'air comprimé, a été partagé en trois parties essentielles qui sont :

- Généralité sur la maintenance
- Constitution d'une installation de production d'air comprimé
- Etude de fiabilité AMDEC

Au début nous avons commencé par une étude sur la généralité de la maintenance, parlons sur les différents types, niveaux, et différents moyen d'aide à la maintenance

Passant aux composants d'une unité de production, ainsi ces appareils de mesure appelés compresseurs, ensuite nous avons appliqué la méthode AMDEC à les éléments de la centrale d'air comprimé.

A la fin de notre étude on peut conclure :

- Le choix de compresseur se fait selon les caractéristiques, débit, pression qu'il doit fournir dans le domaine de l'industrie et la puissance du moteur installé.
- La pression et le débit de travail nécessaire au fonctionnement des consommateurs du réseau doit être disponible à tout moment.

Lors de ce projet de fin d'étude, nous avons pu apprendre des informations scientifiques, technique, et méthodologiques grâce à la recherche d'information très poussée que nous avons fait. Cela nous a aidé pour appliquer tous nos connaissances théorique concernant la production d'air comprimé.

Bibliographies

- [1] K. DJARMOUNI « cours maintenance industrielle » université A/MIRA Bejaia.
- [2] M. BRAHIM « analyse de la fonction maintenance à l'unité tss – sider Annaba » université badji Mokhtar. 2016.
- [3] ISET Nabeul « introduction à la maintenance ». 2013.
- [4] Outil méthode maintenance : 8 techniques à connaître <https://www.mobility-work.com/fr/blog/methode-maintenance-industrielle>, publié le 31 MAI 2018 | célia sagnier.
- [5] Wikipedia Matthew A. Barsalou, Root Cause Analysis: A Step-By-Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time, CRC Press, 9 janvier 2015 ([lire en ligne \[archive\]](#)), p. 17.
- [6] Siham BENTALAB, La méthode QQQQCCP, un outil d'analyse simple et performant.
- [7] A.CHALAL « étude AMDEC de la fraiseuse huron mu par les outils de la maintenance industrielle au niveau de l'unité AMM Arcelormittal – Annaba » UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA.
- [8] sous la direction du prof, J.kélada, l'AMDEC, école des HEC-1994
- [9] Mr B. Kassas « application de l'arbre de défaillance « fault-tree » pour le système du ballon à vapeur au niveau de l'unité production ammoniac » université badji mokhtar-annaba.2016.
- [10] PHILIPPE TAILLARD, Guide de dimensionnement, La production d'énergie pneumatique, Novembre-décembre 2000.
- [11] <https://energie.wallonie.be/fr/production-de-l-air-comprime-en-industrie.html>
- [12] F.BENAISSA I.BABKAR « Etude et dimensionnement d'une centrale de production d'air comprimé – CO.G.B « La Belle » Bejaia » UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA 2019
- [13] Z.HAMMADI « Optimisation énergétique d'une unité de production d'air comprimé » université badji Mokhtar Annaba.2019.
- [14] <https://www.atlascopco.com/fr-dz/compressors/wiki/compressed-air-articles/vane-compressors>
- [15] C. MAHDI B. IHAB « Conception d'un système d'échappement d'air chaud émis par 4 compresseurs d'air à vis lubrifiée » Université Sidi Mohammed Ben Abdellah 2016

[16] <http://processs.free.fr/Pages/VersionWeb.php>

[17] O. ELMOUSTAPHA DIDI O. ELBARMAKI S. ELNAIRY Y. A. AMKASSOU
« Mini projet gestion de production industrielle : AMDEC » UNIVERSITÉ
HASSAN 1ER SETTAT ECOLE NATIONALE DES SCIENCES APPLIQUÉES
KHOURIBGA 2012/2013

[18] <https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/propos-denergy-star-canada/annonces-relatives-au-programme/publications/guide-de-reference-sur-lefficaci/types-de-compresseurs-dair-et-dispositifs-de-regulation/14974>

[19] ISF, Pneumatique Élément de technologie (référence module : TTA-BPN 1),
2004

Résumé

Dans ce projet de fin cycle, nous avons étudié l'air comprimé, c'est une énergie pneumatique qui est devenue essentiel dans la plupart des domaines industriels, cette énergie est reçu à partir d'une machine appeler compresseur d'air.

Dans ce présent travail on a étudié le type de compresseur rotatif à vis, cette étude à une généralité de certains types de compresseurs et leur fonctionnement ainsi qu'une description de la centrale de production d'air comprimé puis on a appliqué la méthode AMDEC sur les composants de cette centrale.

Abstract

In this end-of-cycle project, we studied compressed air, it is pneumatic energy that has become essential in most industrial fields, and this energy is received from a machine called an air compressor.

In this present work we have studied the type of rotary screw compressor, this study covers a generality of certain types of compressors and their operation as well as a description of the compressed air production plant and then we applied the AMDEC method on the components of this plant.