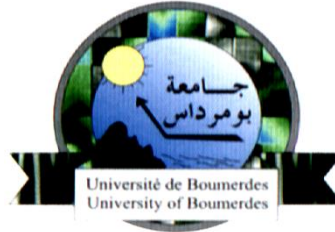


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**



**Faculté de Technologie**  
**Département Génie Mécanique**

**Mémoire de Master**

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

**Filière : Electromécanique**  
**Spécialité : Maintenance industrielle**

**THEME**

**Gestion et amélioration le plan de la maintenance d'un**  
**compresseur**

**40 bar (4HA-6-TER-LT)**

Présenté par :

Promoteur : Dr. MECHAKRA HAMZA

DIF SEIF EDDINE

Encadrant : Mr. KAMEL BITAM

BOUKHEDIMI MOURAD

**Promotion 2021- 2022**

## Resumé

Le travail effectué dans ce mémoire est le développement d'une stratégie de maintenance en utilisant de nouvelles méthodes sur le compresseur volumétrique de type ABC 4HA\_6\_TER\_LT, qui est utilisé pour souffler des bouteilles en plastique sur la ligne de production de l'usine Fruital Coca-Cola dans la zone industrielle de Rouiba, Algérie, le but de cette étude était de réduire les coûts et les dépenses et de réduire les temps d'arrêt de maintenance

Mot clé : Compresseur abc (4HA-6-TER-LT) - Type de maintenance - La TPM -Maintenance curative - La maintenance préventive conditionnelle - La méthode AMDEC .

## Abstract

The work done in this dissertation is the development of a maintenance strategy using new methods on the positive displacement compressor type ABC 4HA\_6\_TER\_LT, which is used to blow plastic bottles on the production line of the Fruital Coca-Cola in Rouiba Industrial Zone, Algeria, the purpose of this study was to reduce costs and expenses and reduce maintenance downtime

Key word: ABC compressor (4HA-6-TER-LT) - Type of maintenance - TPM - Curative maintenance - Conditional preventive maintenance - AMDEC method

## ملخص

العمل المنجز في هذه المذكرة هو تطوير إستراتيجية الصيانة باستعمال أساليب جديدة حول الضاغطة الحجمية التي نوعها

ABC 4HA\_6\_TER\_LT ، المستخدمة في نفخ قارورات بلاستيكية على خط الإنتاج في مصنع فرويتال كوكا كولا في المنطقة الصناعية بالروبية ، الجزائر ، كان الغرض من هاذة الدراسة هو تخفيض التكاليف والمصاريف وتقليص أوقات التوقف عند الصيانة

الكلمة الأساسية: ضاغط (4HA-6-TER-LT) - نوع الصيانة - TPM - الصيانة العلاجية - الصيانة الوقائية  
المشروطة - طريقة AMDEC

# *REMERCIEMENT*

*Avant tout nous tenons à remercier Allah Le Tout puissant de nous avoir donné la foi et la confiance, ainsi que la volonté et le courage pour accomplir ce mémoire de fin d'étude.*

*Nous tenons également à adresser nos remerciements à notre encadrant **Dr. MECHAKRA Hamza**, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Nos remerciements s'étendent également à **Mr. KAMEL BITAM, Mr. ABDELATIF BRAHIMI** et l'équipe industrielle chez la société **SPA FRUITAL** pour ses bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec nous dans l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je remercie Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.*

*À mes cher parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, et le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère, à mon père que j'adore, à mon frère, et mes sœur. Que Dieu les donne longue vie et une bonne santé.*

*A tous mes amis et tous les étudiants de l'université. Je leur souhaite à tous de très beaux succès dans la vie. À tous mes amis et tous les étudiants de l'université. Je leur souhaite à tous de très beaux succès dans la vie.*

*Aussi, je cite tous les professeurs et enseignants qui ont participé à ma formation et qui ont plantés et arrosés dans mon esprit l'arbre de la science.*

**MOURAD**

# *Dédicace*

ابدا شكري الى الرزاق الرحيم الرؤوف بعباده ذي الأسماء الحسنى هو الذي سدد خطاياي ووفقني وقدر لي ان تخرج اليوم احمده على كل نعمه منحي اياها..... اما بعد اشكر والدي الاب علي والام صفيه الذين حين انذكر اسمائهم يأتي شعورا بالسرور والبهجة والامل كونهم اول من علمني الحياه وسهلوا علي حتى اكبر في امان وأتحلى بالأخلاق و اشكر ابي الذي غطى عني اي قسوة قد كنت لأتعرض لها في الحياه ودائما ما جعل من الحزن فرحا وبهجه واشكر والدي التي علمتني أن أعيش ولو بالقليل هي التي علمتني ان الفرج يأتي بعد الصبر دائما ودائما ما قالت لي "شوف ربي واش راه الكاتب وما تعرف واش راه مخبي لك" كلامك يا والدي كان له تأثير كبير في اجتياز الصعاب ادعوا الله ان يطول في عمرك انت وابي ويرزقكم بحج لبيتته الحرام ويرزقكم بجنات النعيم.

ثم اود ان ابعث رسالة شكرا الى اخوتي بالترتيب بداية بأخوتي التوائم اتمنى لهم النجاح وان شاء الله اراهم في اعلى المراتب وبعدهم في الترتيب تأتي اختي الوحيدة التي هي نور بيتنا والتي تجعل بيتنا منيرا بعدها يأتي اخوتي الصغار علاء ويونس اتمنى لهم ان يكبروا في طاعة الله وان يحفظهم وان يرعاهم وان يتخرجوا بأذن الله واراهم في أعلى المراتب ان شاء الله

وفي الاخير اسال الله ان يحفظ لنا الجد والجدة الذين بدعائهم وبركتهم وصلنا الى ما نحن عليه ادعو الله ان يجعلنا موحدين متحابين عائلة واحده متماسكة غير منفصلة وحتى لا أنسي اصدقائي المقربين ادعو الله ان يرزقهم حياه كريمة وبارك لهم

وفي الاخير اسال الله ان ينصر امه محمد صلى الله عليه.

**SEIF EDDINE**

# *Sommaire*

# SOMMAIRE

Introduction générale

Présentation de société

Chapitre I-Etude bibliographie de la maintenance

I.1	Définition.....	1
I.2	Types de maintenance.....	1
I.2.1	La maintenance corrective.....	1
I.2.2	La maintenance préventive.....	3
I.2.3	La maintenance préventive systématique :.....	4
I.2.4	La maintenance préventive conditionnelle :.....	5
I.2.5	La maintenance Prévisionnelle : .....	5
I.3	Les niveaux de la maintenance .....	6
I.4	Les Méthodes d'analyse .....	6
I.4.1	TPM.....	6
I.4.2	PDCA .....	7
I.4.3	Le diagramme d'Ishikawa .....	7
I.4.4	QOQCCP.....	8
I.4.5	Le kaizen .....	8
I.4.6	Pareto ou l'analyse ABC .....	9
I.4.7	L'AMDEC.....	9
I.4.8	L'outil Méride .....	9
I.5	Fiabilité.....	9
I.6	Conclusion.....	11

Chapitre II-Présentation du compresseur

II.1	Introduction .....	12
II.2	Définition et classification générale .....	12
II.3	Avantages et inconvénients des différents types de compresseurs .....	14
II.4	Les compresseurs à piston .....	15
II.4.1	Principe de fonctionnement des compresseurs à piston .....	15
II.4.2	Classification des compresseurs à piston.....	17
II.5	Le Compresseur (ABC 4HA-6-TER-LT) :.....	18
II.5.1	Caractéristiques techniques .....	19
II.5.2	Description générale.....	21
II.5.3	Fonctionnement de l'équipement.....	25
II.5.4	Cycle de compression.....	26

II.5.5	Les organes du compresseur .....	27
II.6	La régulation :.....	35
II.6.1	System récupération d'Aire :.....	36
II.7	Système de refroidissement :.....	38
II.8	Système de graissage :.....	39
II.9	Lubrification .....	40
II.10	Contrôles visuels.....	41
II.11	Sécurités.....	41
II.12	. Conclusion .....	41
Chapitre III- application de plan de maintenance sur le compresseur		
III.1	Introduction.....	42
III.2	Stratégie de la maintenance .....	42
III.3	La stratégie adoptée par SPA FRUITAL .....	42
III.3.1	La TPM .....	42
III.4	Plan de maintenance systématique (plan constructeur) .....	44
III.4.1	Planification d'entretien .....	45
III.4.2	Exemple sur le plan d'entretien.....	46
III.4.3	Traitement des opérations .....	58
III.5	Maintenance curative .....	58
III.5.1	Cas d'une électrovanne défectueuse sur le compresseur .....	59
III.6	Organisation de l'intervention .....	61
III.6.1	Consigne de sécurité.....	61
III.6.2	Ordre de travail.....	61
III.6.3	Gestion de personnel .....	62
III.6.4	Bon de sortie de pièce de rechange du magasin.....	62
III.6.5	Rapport d'intervention .....	63
III.7	Analyse de la stratégie .....	65
III.8	Conclusion .....	65
Chapitre IV- Amélioration du plan de maintenance		
IV.1	Introduction.....	66
IV.2	La maintenance préventive conditionnelle .....	66
IV.2.1.1	Différentes formes .....	67
IV.2.1.2	Conditions de mise en place.....	67
IV.3	Analyse préalable nécessaire a la mise en place d'un plan de maintenance preventive.....	67

IV.3.1	Etats et évènement relatif à un bien .....	68
IV.3.2	Fiabilité et maintenance des équipements industriels .....	69
IV.4	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)..	72
IV.4.1	Modes de défaillance. ....	73
IV.5	Mise En Place D'un Plan De Maintenance Preventive Conditionelle Sur Le « Cmpresseur 4ha-6-Ter-Lt » .....	80
IV.5.1	Sources disponibles et utilisées. ....	80
IV.5.2	Documents techniques des équipements .....	80
IV.6	L'effet de la maintenance préventive conditionnelle sur la rentabilité .....	88
IV.7	L'évaluation d'un plan de maintenance préventif.....	89
IV.7.1	Ratios économiques.....	89
IV.7.2	Ratios techniques.....	89
IV.7.3	Causes d'échec .....	90
IV.7.4	Facteurs de réussite .....	90
IV.8	Conclusion .....	91
	Conclusion générale	
	Bibliographie	

*Liste des  
Figures*

## Chapitre I

Figure I.1 organigramme de plan de maintenance.....	1
Figure I.2 Diagram by Karan G. Bulbul.....	7
Figure I.3 le diagramme d'Ishikawa.....	8
Figure I.4 : Courbe en baignoire du taux de défaillance.....	10

## Chapitre II

Figure II.1. Principe d'un compresseur.....	12
Figure. II.2. Classification des compresseurs.....	14
Figure. II.3. Cylindre – Piston.....	16
Figure. II.4. L'ensemble cylindre – piston – clapets.....	17
Figure II.5 Compresseur (ABC 4HA-6-TER LT).....	18
Figure II.6 Caractéristique technique.....	19
Figure II.7 la chaine cinématique.....	20
Figure II.8 schémas des cylindres du compresseur.....	22
Figure II.9 dessin descriptif du compresseur.....	24
Figure. II.10. Cycle de compression 1er temps.....	26
Figure. II.11. Cycle de compression 2ième temps.....	26
Figure II.12 La partie mécanique.....	27
Figure II.13 moteur électrique.....	30
Figure II.14 la plaque signalétique.....	31
Figure II.15 schéma électrique.....	33
Figure II.16 Schéma de variateur de vitesse.....	34
Figure II.17 armoire électrique.....	35
Figure II.18 Circuit régulation d'Aire.....	37
Figure II.19 circuits d'air.....	38
Figure II.20 circuits de refroidissement.....	39

Figure II.21 la toure de refroidissement.....	39
---	----

### **CHAPITER III**

Figure III.1 Caractéristiques du matériel des courroies.....	48
--	----

Figure III.2 circuits refroidissement .....	49
---	----

Figure III.3 cylindres du compresseur.....	55
--	----

Figure III. 4 Segments Porteur.....	56
-------------------------------------	----

Figure III.5 Organigramme des cinq pourquoi.....	60
--	----

Figure III.6 Demande d'intervention.....	62
--	----

Figure III.7 Bon de sortie de magasin courant.....	63
--	----

Figure III.8 Fiche d'intervention.....	64
--	----

### **CHAPITRE IV**

Figure IV.1 Facteurs importants de disponibilité.....	68
---	----

Figure IV.2 Courbes de baignoire.....	71
---------------------------------------	----

Figure IV.3 Les étapes d'analyse AMDEC.....	73
---	----

Figure IV.4 analyse des deaillances du compresseur.....	75
---	----

Figure IV.5 arbre decisionnel desactions de maintenance.....	82
--	----

Figure IV.6 plan de maintenance preventive.....	86
---	----

Figure IV.7 plans de lubrification et nettoyage.....	87
--	----

*Liste des  
Tableaux*

## **CHAPITRE II**

Tableau II.1 Avantages et inconvénients des différents types de compresseurs.....	14
Tableau II. 2 Nomenclature de la chaîne cinématique.....	21
Tableau II. 3 tableau descriptif de la figure II.8.....	23
Tableau II.4 tableau descriptif de la figure II.12.....	28
Tableau II.5 descriptions de la plaque signalétique.....	32

## **CHAPITRE III**

Tableau III.1 Tableau d'entretien.....	44
Tableau III.2 entretiens des filtres.....	51
Tableau III.3 périodes de control des segments.....	57
Tableau III.4 Tableau des tolérances.....	57

## **CHAPITRE IV**

Tableau IV.1 facteurs influçant la maintenabilité.....	72
Tableau IV.2 modes des défaillances.....	74
Tableau IV.3 causes de défaillances.....	75
Tableau IV.4 facteurs d'évaluation de la criticité.....	76
Tableau IV.5 echelle de criticité ( $C=G*O*D$ ).....	77
Tableau IV.6 matrices des défaillances.....	78
Tableau IV.7 planning annuel de la maintenance préventive.....	83

# Introduction générale

Les entreprises sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des pertes par les défaillances accidentelles des systèmes de production. Nous sommes de plus en plus conscients qu'elle peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise. La complexité des mécanismes de dégradation des équipements a fait en sorte que la durée de vie de ces derniers soit toujours traitée comme une variable aléatoire. De plus, on a constaté que l'absence des données fiables et d'outils efficaces de traitement de ces données a réduit la fonction maintenance à des tâches de maintenance corrective, et par le fait même, à une fonction dont les coûts ne cessent d'augmenter et dont la contribution à la performance de l'entreprise n'est pas évidente. La société FRUITAL se voit donc dans l'obligation d'assurer sa mise à niveau par l'optimisation de ses moyens humains, techniques et matériels, en vue d'assurer sa compétitivité dans un contexte où seuls les plus performants seront viables. Cette compétitivité ne se repose pas en terme de production seulement, mais aussi en terme de qualité de gestion de son service de maintenance. Aujourd'hui, FRUITAL est très conscient de ce problème, pour cela, ses dirigeants nous ont confié cette mission « **l'amélioration de la stratégie de maintenance sur un compresseur** », dans le but d'apporter des améliorations au niveau de l'analyse des défaillances, du diagnostic, de la qualité des interventions, de réduire les coûts de maintenance, mais aussi au niveau des méthodologies de travail.

Ce mémoire sera à cet effet structuré en quatre parties : la première pour la définition de la maintenance et ses différents types, la deuxième pour la présentation du compresseur, la troisième partie pour l'étude de la maintenance appliquée sur le compresseur et la dernière partie s'agit d'une amélioration où on passe d'une maintenance systématique vers la maintenance conditionnelle en réalisant un plan qui traduit notre travail.

# Présentation de société

## **Introduction**

Embouteiller de Coca Cola depuis 1993, Fruital Coca Cola filiale du groupe ECCBC est le plus important producteur et distributeur des produits de The Coca Cola Company en Algérie.

Fruital Coca Cola SPA, filiale du groupe Espagnol ECCBC, une entreprise internationale spécialisée dans le métier de l'embouteillage présente dans 13 pays dont l'Algérie, 16 usines d'embouteillage, 43 lignes de production et un environnement multiculturel par excellence.

Fruital Coca Cola avec un effectif de plus de 1300 collaborateurs, une usine à Rouïba comprenant 7 lignes de production dont 2 lignes RGB, 4 lignes PET et 1 ligne CAN, produit et commercialise plus de 56 références sous les marques Coca Cola, Fanta, Schweppes et Pulpy à travers son réseau de distribution qui compte parmi les plus performants de la zone pour le plus grand plaisir des consommateurs Algériens.

Profitant du support international de The Coca Cola Company, Fruital Coca Cola enregistre d'excellentes performances et des taux de croissance importants sur le marché Algérien, grâce à sa marque et l'engagement de ses employés. Elle distribue ses produits dans 13 wilayas dont Alger, Blida, Boumerdes, Tizi-Ouzou, Tipaza, Médéa, Ain Defla, Bouira, Bordj Bou Arreridj, Djelfa, Tamanrasset, Lagouat et Ghardaïa.

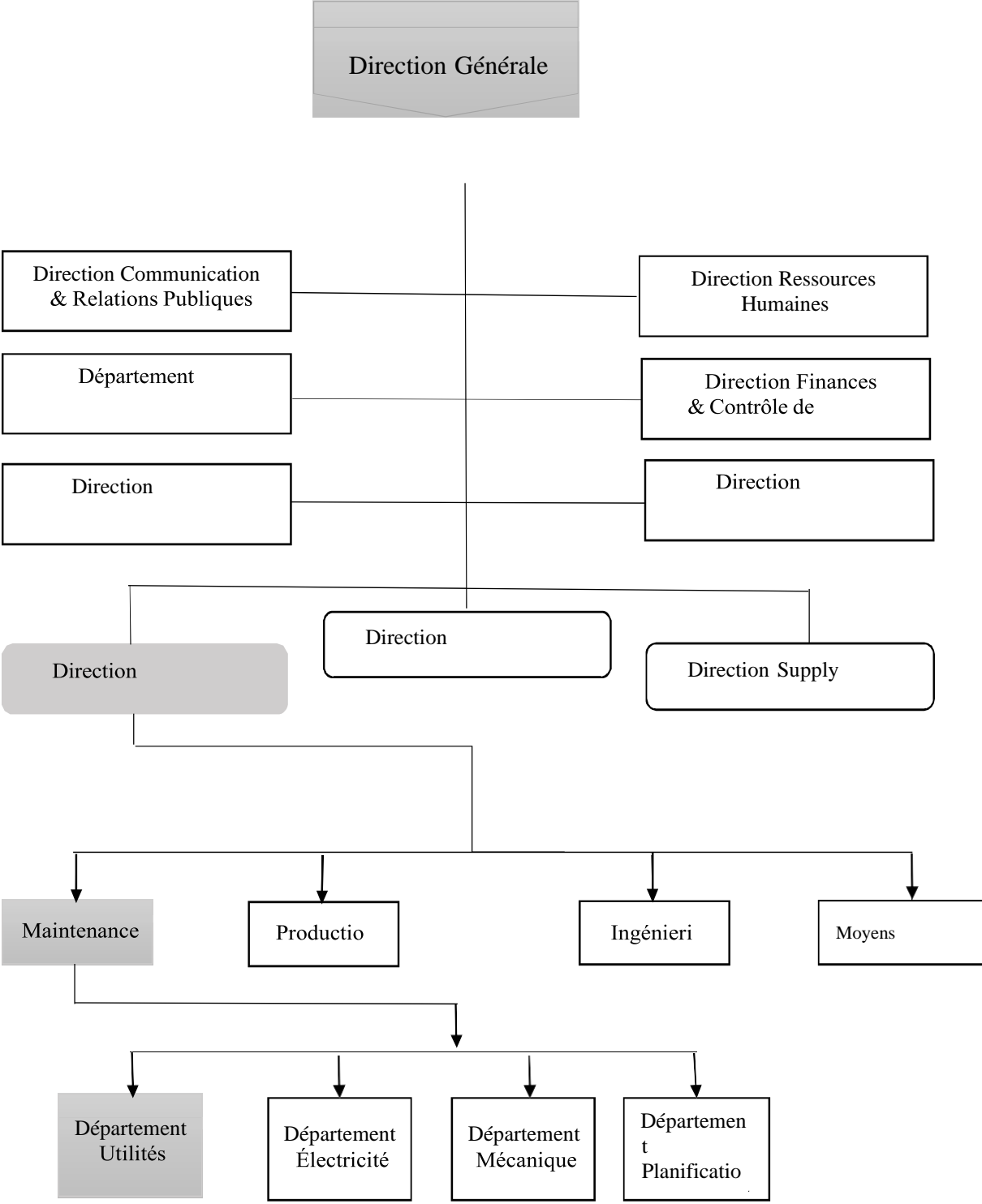
Fruital Coca Cola offre à ses collaborateurs un excitant challenge avec un plan de développement ambitieux, en leur permettant de mettre toutes leurs aptitudes et expertises au service de l'une des entreprises qui compte parmi les plus dynamiques du marché Algérien.

### **Description Service Utilités**

Le département utilités est considéré comme le cœur d'une usine. Il a le rôle de fournir des différentes énergies et fluides pour le fonctionnement d'une industrie. Le service utilités de la Fruital Coca Cola ECCBC est composée de :

- Une station de production d'air comprimé composée de 4 compresseurs à 7 bars et 4 compresseurs à a 40 bars ;
- Une station de production de vapeur composée de 3 chaudières ;
- Une station de stockage de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) composée de 4 citernes ;
- Une station de froid industrielle composée de 5 compresseurs ;
- Une station de traitement des eaux ;
- Une station de Siroperie.

Organigramme Fruitall Coca Cola ECCBC :



# CHAPITRE I

## Etude bibliographique sur la maintenance

## I.1 Définition

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 cette définition, les termes « maintenir » et « rétablir » introduisent les deux grands aspects de la maintenance. Pour le premier, la notion de prévention est sous-entendue sur une entité supposée encore en fonctionnement. Pour le second, nous assimilons le verbe

« Rétablir » à une notion de correction sur une entité qui n'est plus en mesure d'accomplir convenablement sa fonction. En s'appuyant sur cette définition, cette partie a pour objectif de présenter les notions générales liées à la maintenance. Nous nous focalisons en premier lieu sur les différents types de maintenance et les moyens d'actions associés avant de se concentrer sur l'évaluation des performances.

## I.2 Types de maintenance

Pour classifier les différents types de maintenance, deux grandes catégories composées elles-mêmes de sous-catégories se distinguent (figure 1.1)

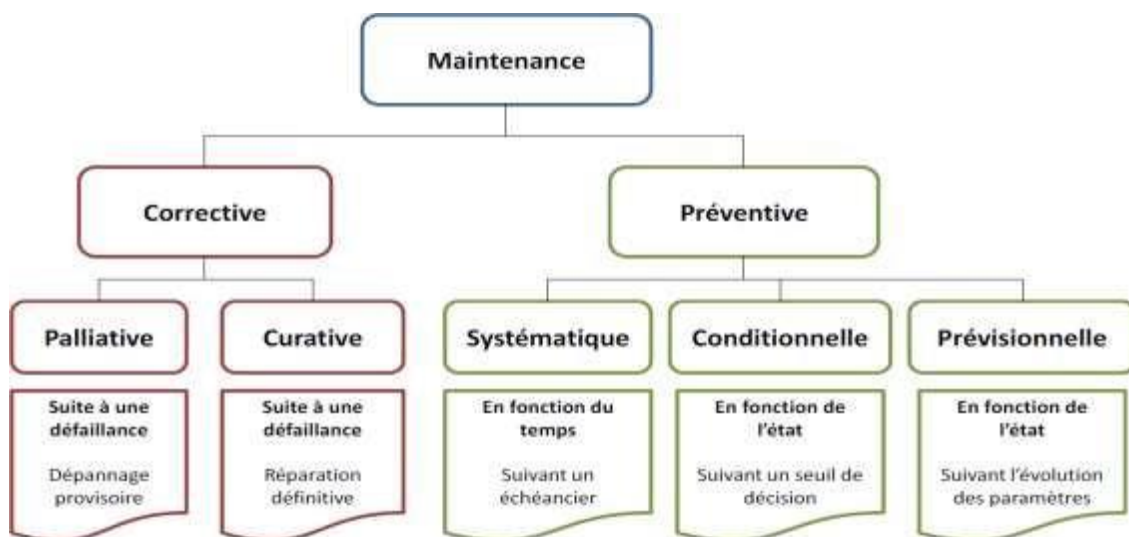


Figure I.1 organigramme de type de maintenance

### I.2.1 La maintenance corrective

Définition AFNOR (norme X 60-010) : « Opération de maintenance effectuée après défaillance ». La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

### ➤ Opérations de la maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, la maintenance doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **Test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **Détection** : ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **Localisation** : ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **Diagnostic** : ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **Dépannage** : réparation ou remise en état (avec ou sans modification).
- **Contrôle** : du bon fonctionnement après intervention.
- **Amélioration éventuelle** : c'est-à-dire éviter la réapparition de la panne.
- **Historique** : ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

### ➤ Le temps en maintenance corrective

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Elle peut être faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Elle peut être très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation)

- Elle peut être majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

Le responsable maintenance doit donc tenir compte de ces distorsions et avoir à sa disposition une équipe « réactive » aux événements aléatoires. Pour réduire la durée des interventions, donc les coûts directs et indirects (coûts d'indisponibilité de l'équipement),

## I.2.2 La maintenance préventive

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

### ➤ Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).

- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.

- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.

- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence Ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.

- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « opérations de surveillance ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour sa voir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non,

calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

➤ **Objectifs de la maintenance PREVENTIVE :**

- La durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

### **I.2.3 La maintenance préventive 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 telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués,

La distance parcourue, 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. Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

**Cas d'application :**

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc....
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production Automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au

cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc.

#### **I.2.4 La maintenance préventive conditionnelle**

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc...). 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 de meurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tout le matériel est concerné ; 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 du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.
- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

#### **I.2.5 La maintenance Prévisionnelle**

Est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien (AFNOR, 2001). Précisons que cette maintenance prévisionnelle intègre également les conditions d'utilisations et l'environnement futurs du système. Contrairement à la maintenance conditionnelle, elle associe une prévision sur les indicateurs de santé pour la prise de décision de maintenance. Pour envisager la mise en place de cette maintenance prévisionnelle, il est nécessaire de maîtriser en détails le comportement de l'entité concernée. L'utilisation de cette connaissance permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention doit être exécutée.

Notons que la maintenance conditionnelle (ou prévisionnelle) nécessite souvent plus d'investissements que les autres formes de maintenance. Cette augmentation du coût s'explique principalement par les technologies de surveillance utilisées (capteurs, instrumentation, logiciels...). Dans ce cadre, l'enjeu de la modélisation est de réaliser une analyse coût/bénéfice pour évaluer si la mise en place de ce type de maintenance est pertinente pour une entité donnée.

Ces définitions nous donnent une vision globale des différents types de maintenance qui peuvent s'appliquer à une entité. Cependant, dans la réalité, on emploie généralement une maintenance mixte qui va combiner maintenance préventive et corrective. L'équilibre optimal entre préventif et correctif est déterminé grâce à la modélisation de maintenance.

### I.3 Les niveaux de la maintenance

➤ **1<sup>ier</sup>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<sup>ème</sup>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<sup>ème</sup>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 réaligement 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<sup>ème</sup>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<sup>ème</sup>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.

La **gestion de la maintenance industrielle** peut parfois sembler être une question épineuse pour bon nombre d'entreprises. Pourtant, il est possible de la maîtriser parfaitement grâce à de nombreux **outils méthode maintenance** très faciles à comprendre.

### I.4 Les Méthodes d'analyse

#### I.4.1 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. Elle consiste en une évolution des techniques de maintenance et a pour but final d'augmenter le rendement des machines

d'une entreprise. Elle vise à bannir les arrêts non planifiés, les pertes de temps lorsqu'un technicien démarre une machine ou encore les retouches et les déchets engendrés par des performances machines dégradées. On évite ainsi les pertes de productivité dues à des équipements défaillants ou au possible manque d'attention de certains techniciens.

Pour parvenir à cet objectif, la TPM se divise en trois outils distincts :

Le TRS, ou taux de rendement synthétique, qui est un indicateur mesurant le taux d'utilisation des machines ;

Le 5s :

Siri – ordonner

Seaton – ranger

Seiko – dépoussiérer

Keiretsu – rendre évident

Ishitsuki – être rigoureux ;

L'auto-maintenance, qui permet aux opérateurs de production de réaliser des tâches simplifiées de maintenance.

#### I.4.2 PDCA

Le PDCA, plus connu en français sous le nom de Roue de Deming, est une technique qui permet d'améliorer l'anticipation et la gestion de vos projets industriels. Cet outil aide à mettre ses idées en pratique et à découper le travail à réaliser en plusieurs étapes pour en suivre le bon déroulement. L'acronyme PDCA correspond à :

P – « Plan » : planifier ce que l'on va faire

D – « Do » : faire ce qui a été prévu

C – « Check » : vérifier que le travail effectué correspond à ce qui était prévu au départ

A – « Acta » : réagir et ajuster en dressant un bilan du travail réalisé.

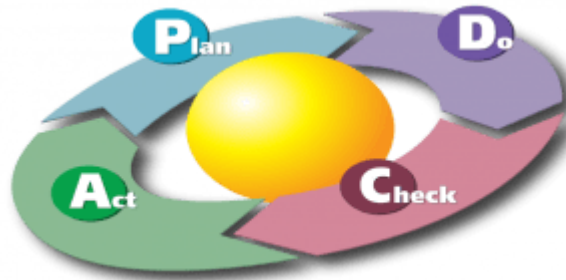


Figure I.2 Diagram PDCA

#### I.4.3 Le diagramme d'Ishikawa

Également appelé diagramme de causes et effets, 5M (voir l'image ci-après) ou encore diagramme en arêtes de poissons, est utilisé dans la gestion de la qualité. Il aide à identifier les différentes causes et effets d'une problématique donnée.

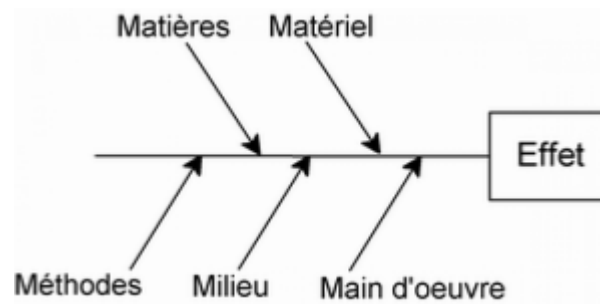


Figure I.3 le diagramme d'Ishikawa

Son fonctionnement est simple : il vous suffit de lister l'ensemble des potentielles causes imputables à la problématique que vous rencontrez et de les classer selon différentes catégories. Sur une machine donnée, on pourrait par exemple créer les catégories électrique, mécanique, hydraulique, automatisme, et retrouver sous chacune d'entre elles tout un ensemble de problèmes que l'on peut rencontrer sur la machine en question.

Cet outil, assez visuel, est particulièrement utilisé dans la gestion des risques, propre à la gestion de projet, puisqu'il vous permet d'**anticiper tout un éventail de difficultés** qui pourraient avoir des retombées assez catastrophiques sur l'activité de votre entreprise.

#### I.4.4 QQQQCCP

Le **QQQQCCP** est une méthode de questionnement par rapport à un problème précis, qui a le mérite d'être simple et rapide à utiliser. L'objectif est de prendre une problématique industrielle et de répondre à l'ensemble des questions suivantes :

- Qui ?
- Quoi ?
- Où ?
- Quand ?
- Comment ?
- Combien ?
- Pourquoi ?

Grâce à cette méthode, vous pouvez rassembler tout un ensemble d'informations qui vous permettront sûrement de mieux isoler votre problématique. Vous dégagez ainsi des priorités, les classez selon leur importance et pouvez agir rapidement en trouvant les solutions et propositions adéquates.

#### I.4.5 Le kaizen

Le **Kaizen** est une méthode japonaise qui consiste à améliorer l'efficacité et la qualité de production d'une usine à travers de petites améliorations continues. Pour que cette méthode puisse fonctionner, chaque employé doit s'impliquer dans ce processus d'amélioration continue et tous doivent rassembler leurs efforts pour parvenir à l'objectif fixé. Pour mettre en place cette méthode, il est nécessaire :

- D'organiser des sessions de sensibilisation pour pousser les employés à s'impliquer et à se sentir concernés ;
- De former les managers et techniciens à cette méthode pour qu'ils mesurent toute son utilité ;
- De standardiser l'ensemble des processus et de mettre en place des outils comme le PDCA, présenté ci-dessus, ou encore de gestion de la qualité, qui permettent à chacun de s'exprimer

librement et de donner son avis.

#### **I.4.6 Pareto ou l'analyse ABC**

L'analyse Pareto, autrement appelée méthode des 20-80, permet d'analyser les pannes les plus importantes, aussi bien en termes de fréquence d'intervention que de temps passé. Elle permet d'affirmer que 20 % (voire moins) des causes sont responsables de 80 % des problèmes rencontrés dans une usine, et donc d'analyser toutes les problématiques pour trouver une réponse adaptée.

L'analyse ABC, quant à elle, se base sur le même principe que l'analyse Pareto puisqu'elle en découle directement. C'est une méthode de classification très utilisée dans l'analyse des stocks.

#### **I.4.7 L'AMDEC**

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) a pour but d'aider à mener une analyse poussée de vos **interventions de maintenance** et de votre **parc machine**. L'AMDEC vous permet de gérer votre maintenance industrielle puisque cet outil de sûreté de fonctionnement est aussi très utilisé dans le cadre de démarches qualité. Pour l'utiliser au mieux, il vous suffit de suivre ces quelques étapes :

- Déterminer le mode de défaillance ainsi que la cause ;
- Mesurer les effets sur le système, la fonction touchée ainsi que le dommage induit identifier les critères suivants :

**N** : Nombre de pannes

**F** : Fréquence

**G** : Gravité

**E** : Évidence ;

Calculer la criticité d'après la formule suivante : Fréquence \* Gravité \* Évidence.

La **forme de l'AMDEC** peut être multiple (fonctionnelle, produit, processus, moyen de production, flux) et avoir chaque fois des effets différents, mais qui permettront toujours d'obtenir un document de travail incontournable pour savoir quelles actions entreprendre, quelles interventions réaliser, etc.

En définitive, cette méthode permet d'**augmenter la production** en limitant les problèmes de défaillance, d'analyser les défauts de production, de constamment chercher à s'améliorer...

#### **I.4.8 L'outil Méride**

La méthode d'évaluation des risques industriels et des dysfonctionnements des équipements (MÉRIDE) est particulièrement appréciée dans le cadre de la **planification d'opérations de maintenance**. Pour l'utiliser au mieux, il faut évaluer lesdites défaillances et finalement réaliser une étude générale d'évaluation des risques.

### **I.5 Fiabilité**

La fiabilité d'un composant exprime la probabilité qu'il fonctionne correctement sans

Défaillance pendant un temps déterminé dans des conditions fixées de manière précise

La définition de la fiabilité montre bien que son domaine englobe les probabilités, donc

les statistiques et les mathématiques. Il faut avoir aussi conscience qu'un phénomène de fiabilité ne peut se réduire à l'application de lois statistiques. Une étude de fiabilité nécessite obligatoirement une expertise physique des organes ou des composants étudiés et elle peut être élargie à tous ceux qui leur sont liés.

Apprendre la fiabilité, c'est déjà comprendre le besoin de qualité de retour d'expérience et savoir organiser la collecte des informations.

On doit aussi garder à l'esprit que les statistiques ne s'appliquent qu'à des phénomènes aléatoires donc au hasard. Or un composant ou un équipement font partie d'un système qui est soumis à un grand nombre de contraintes dont les causes appartiennent à deux familles différentes :

- Causes communes ou aléatoires : dues au hasard, fréquentes et à effet individuel faible, elles sont d'origines nombreuses et variées, indépendantes les unes des autres et aucune d'entre elles n'étant prépondérante est que le spectre des contraintes subies par un composant.

- Causes spéciales : elles sont soudaines, peu fréquentes, issues d'événements passagers peu nombreux et difficilement identifiables telles que : erreurs de manipulation, mauvais montages ou réglages et pièces de mauvaise qualité.

On ne peut faire des prévisions rationnelles relatives à la fiabilité d'un équipement que s'il est dans un état stable ou sous contrôle statistique lorsqu'on a supprimé dans celui-ci toutes les causes spéciales.

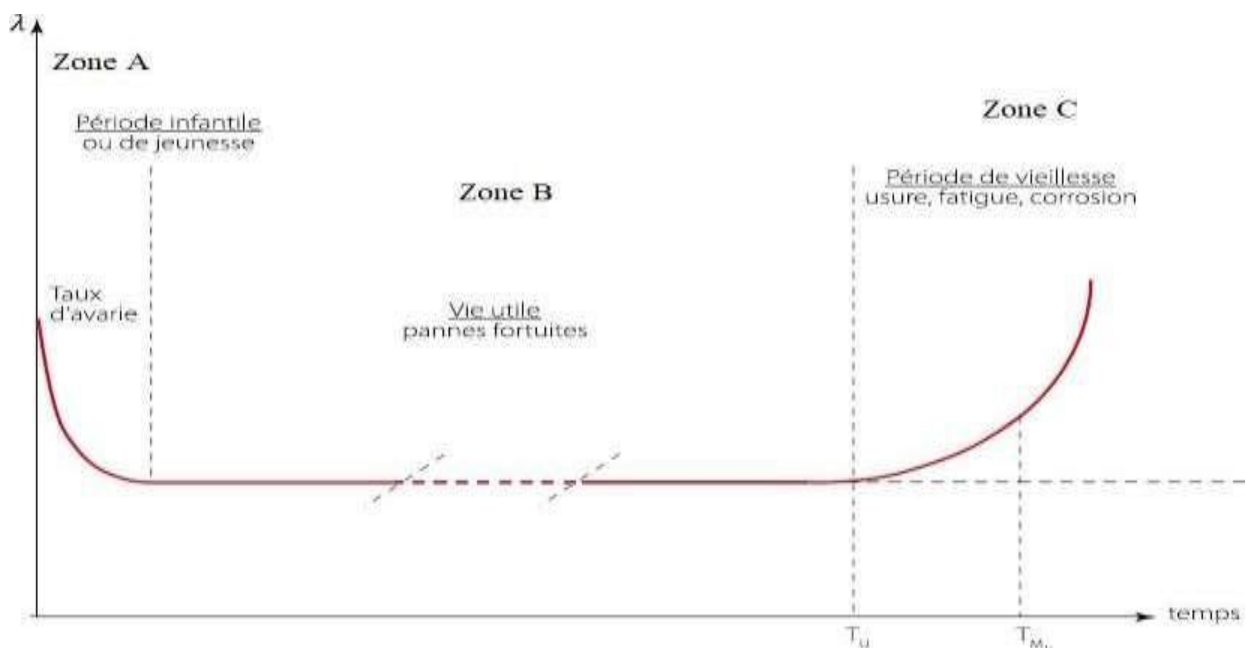


Figure I.4 : Courbe en baignoire du taux de défaillance

➤ Zone (A) : Période de jeunesse (rodage).

La première zone définit la période de jeunesse, caractérisée par une décroissance rapide du

taux de défaillance. Pour un composant électronique cette décroissance s'explique par l'élimination progressive de défauts dus aux processus de conception ou de fabrication mal maîtrisé ou à un lot de composants mauvais. Cette période peut être minimisée pour les composants vendus aujourd'hui. En effet, les fabricants de composants électroniques se sont engagés à vérifier la qualité de leurs produits en sortie de fabrication.

➤ Zone (B) : Période de maturité (pleine activité).

La deuxième zone définit la période de vie utile généralement très longue. Le taux de défaillance est approximativement constant. Le choix de la loi exponentielle, dont la propriété principale est d'être sans mémoire, est tout à fait satisfaisant. Les pannes sont dites aléatoires, Leur apparition n'est pas liée à l'âge du composant mais à d'autres mécanismes d'endommagement. Les calculs prévisionnels de fiabilité se font presque souvent dans cette Période de vie utile.

➤ Zone (C) : Période de vieillesse ou d'usure.

La dernière phase est la période de vieillissement, elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance avec l'âge du dispositif. Ceci est expliqué par des phénomènes de vieillissement tels que l'usure, l'érosion, etc. Cette période est très nettement au-delà de la durée de vie réelle d'un composant électronique. Parfois, on réalise des tests de vieillissement accélérés pour révéler les différents modes de défaillance des composants.

## **I.6 Conclusion**

Dans ce chapitre nous vous donnons une vue générale sur la maintenance et ses différents types et les niveaux, ainsi que la fiabilité des systèmes et leur maintenabilité pour mieux comprendre le terme maintenance.

# CHAPITRE II

## Présentation sur les compresseurs

## II.1 Introduction

Un compresseur est une machine qui a pour fonction d'élever la pression du fluide compressible qui le traverse. Son nom traduit le fait que le fluide se comprime (son volume diminue) au fur et à mesure de l'augmentation de pression.

Les compresseurs sont utilisés dans de nombreux domaines comme par exemple l'industrie alimentaire. De l'air comprimé peut entrer autres être utilisé pour contrôler les électrovannes des secteurs de transport et d'emballage ou pour procéder aux opérations de séchage ou de nettoyage.

Dans ce chapitre on présente la classification des différents types de compresseurs à noter les compresseurs à pistons et la description du compresseur sujet de notre étude.

## II.2 Définition et classification générale

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

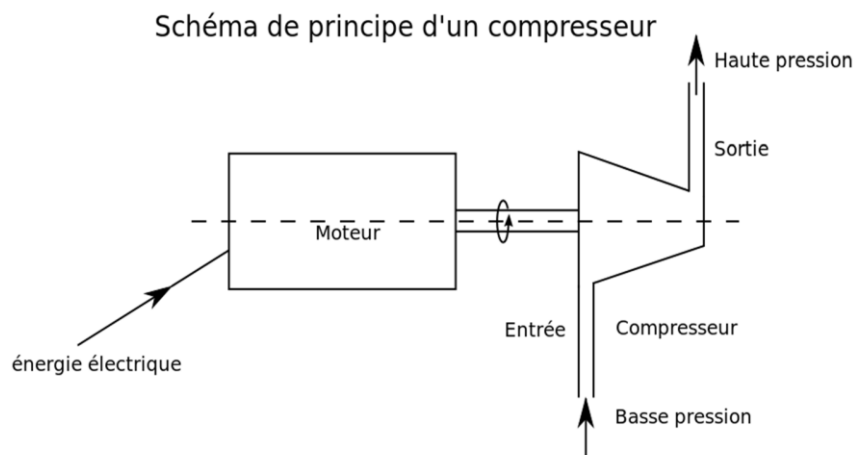


Figure II.1. Principe d'un compresseur

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

L'équation fondamentale :

$$pv = RT \quad (1)$$

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

P- est la pression ;

V- est le volume ;

T- est la température absolue.

La relation (1) montre immédiatement que pour augmenter la pression d'un gaz, on peut agir soit sur sa température, soit sur son volume, soit encore pour ces deux grandeurs à la fois. Examinons d'abord le premier de ces moyens. En chauffant une masse donnée de gaz dans une enceinte de volume constant, on obtient un accroissement simultané de température et de pression. Pour une dépense de chaleur égale à  $\theta$  Kcal/kg, l'élévation de température résulte de la relation :

La relation (1) montre immédiatement que pour augmenter la pression d'un gaz, on peut agir soit sur sa température, soit sur son volume, soit encore pour ces deux grandeurs à la fois. Examinons d'abord le premier de ces moyens. En chauffant une masse donnée de gaz dans une enceinte de volume constant, on obtient un accroissement simultané de température et de pression. Pour une dépense de chaleur égale à  $\theta$  Kcal/kg, l'élévation de température résulte de la relation :

$$\theta = C_v (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Où  $C_v$  – est la chaleur spécifique du gaz a volume constant.

La pression finale  $P_2$  est donnée par

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (3)$$

Où les indices 1 et 2 correspondent aux états initial et final du gaz.

Particularité : le gaz chaud doit être utilisé immédiatement par exemple le cas de la turbine à explosion.

Si la température d'un gaz est maintenue constante, sa pression est inversement proportionnelle au volume spécifique ; un accroissement de pression peut donc être obtenu au moyen d'une réduction du volume occupé par le gaz. Dans ce cas l'élévation de pression résulte d'une compression, c'est à dire d'une action directe sur le volume d'une masse gazeuse donnée. La diminution du volume du gaz conduit toujours à un accroissement de la pression.

Les appareils fonctionnant suivant ce principe sont des compresseurs volumétriques. Dans ces appareils, l'énergie nécessaire pour produire l'élévation de pression est dépensée

Sous forme de travail qui est fourni par un moteur d'entraînement (moteur thermique, électrique, etc....).

A leur tour les compresseurs volumétriques sont divisés en deux types : alternatifs et rotatifs.

Dans les turbocompresseurs l'élévation de pression résulte précisément d'une action sur la vitesse du fluide. Ici encore, l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur est dépensée sous forme de travail, celui-ci est transformé en énergie cinétique du fluide à

compresser, et cette dernière à son tour, est transformée en pression. La mise en vitesse est obtenue en soumettant le fluide à l'action de roues à aubes qui sont calées sur un arbre ayant habituellement une grande vitesse de rotation. Au point de vue de l'écoulement du fluide dans le compresseur, les turbocompresseurs se divisent en appareils centrifuges et axiaux. Certains turbocompresseurs sont d'un type mixte : le fluide entre dans ces appareils suivant une direction parallèle à l'axe de rotation et, ensuite s'éloigne de l'axe vers la périphérie.

Finalement on a la classification des compresseurs :

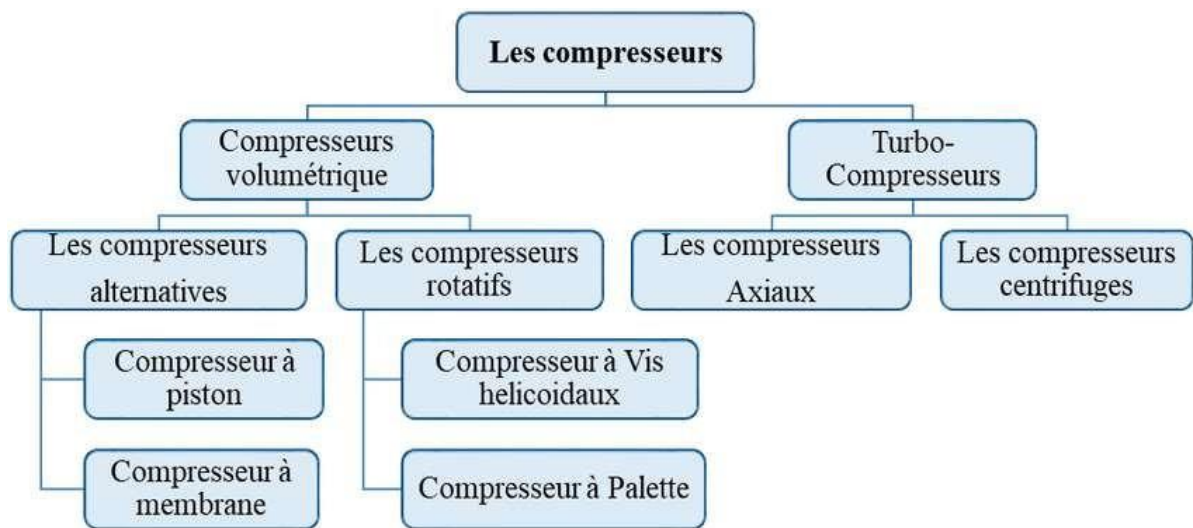


Figure. II.2. Classification des compresseurs

### II.3 Avantages et inconvénients des différents types de compresseurs

Tableau II.1 Avantages et inconvénients des différents types de compresseurs

Types de compressor	Compressors colometries		Turbo - compressors	
	Alternatives	Rotates	Centrifuge	Adieux
<b>Avantages</b>	Bien adapts aux petits debits;  Prevent vehicular du gas à tous les pressions;  Retirement souple à exploiter;	Prevent vehicular du gas dans use large place de debit;  Debit regular;  Friability Friability;	Bien adapts aux moneys et grands debits de gas;  Retirement souple à exploiter;  Excellent friability;	Très bon tenement;  Bien adapts aux très grands debits et aux pressions moderates;  Excellent friability

<b>Inconvenient</b>	Debit pulsé; Friability Moyenne Nivea des soup apes; Avoid use machine end secours;	Pea appliqué aux hates pressions;	Pas adapt aux foibles debits; Phenomena de pomp age à foible debit rend exploitation delicate	Rotors de Grandetaille, delicate à construer et cortex
---------------------	---	--------------------------------------	---	--

## II.4 Les compresseurs à piston

Les compresseurs à piston avec système bielle-manivelle sont les plus connus et les plus utilisés. Son principe de fonctionnement est basé sur la variation de volume et la compression du gaz obtenues par le mouvement alternatif d'un piston à l'intérieur d'un cylindre, ce mouvement étant créé par un système bielle-manivelle.

Les premiers compresseurs sont d'écoulés de la construction des machines à vapeur, en position horizontale, avec une ou deux lignes disposées de part et d'autre d'un volant, vers le 19<sup>ème</sup> siècle, la connaissance de principe de la thermodynamique a permis de voir l'intérêt

D'une compression multi-étages équipée d'un système de refroidissement intermédiaire. Des clapets automatiques ont été ensuite utilisés à fin d'augmenter les performances et de réduire l'encombrement du compresseur.

Les compresseurs à piston comportent un moteur électrique qu'entraînent un ou plusieurs pistons dans un cylindre au moyen d'une bielle et d'un vilebrequin. C'est un mouvement d'avant en arrière qui permet de comprimer l'air.

On trouve les compresseurs à pistons dans toutes les industries : alimentaire, chimie, pétrole, électronique, verrerie, fonderie etc.

### II.4.1 Principe de fonctionnement des compresseurs à piston

Dans un compresseur à pistons, chaque piston a un mouvement alternatif dans un cylindre. Lors de l'aller, le piston aspire l'air à une certaine pression puis le compresse au retour. Pour cela chaque piston est muni d'une entrée et d'une sortie à clapet antiretour.

Le clapet d'admission ne peut laisser passer l'air que vers la chambre du piston. A l'inverse le clapet d'échappement ne peut laisser passer le fluide que vers le circuit extérieur. De plus, le clapet d'échappement a une certaine résistance de façon à ce qu'il ne s'ouvre que quand la pression à l'intérieur de la chambre du cylindre a une valeur suffisante.

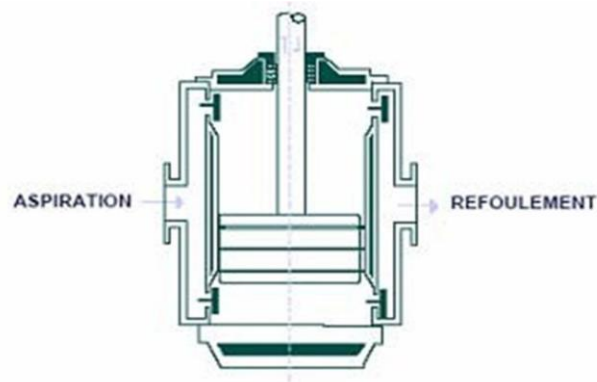


Figure. II.3. Cylindre – Piston

Le fonctionnement se présente comme suit :

- Le piston "descend", la dépression créée à l'intérieur du cylindre entraîne l'ouverture du clapet d'admission et l'air est aspiré. Le clapet d'échappement est fermé car il ne marche que dans un sens (le clapet est conçu fermé).
- Le piston commence sa "remontée", l'air commence à comprimer car il ne peut sortir par le clapet de refoulement. Il se comprime car la "remontée" du piston diminue le volume dans le cylindre.
- La pression d'air atteint la pression voulue, cette pression est suffisante pour ouvrir le clapet d'échappement et l'air sous pression s'échappe donc. Le piston finissant sa remontée, il chasse l'air tout en maintenant sa pression.
- Un nouveau cycle recommence alors, le clapet d'échappement se fermant lorsque le piston redescend.
- Un compresseur à piston est souvent muni de plusieurs pistons dont les phases d'admission et d'échappement sont décalées pour avoir une sortie d'air constante dans le compresseur.
- En effet, pour chaque piston la sortie d'air comprimé n'occupe qu'une petite partie du cycle.

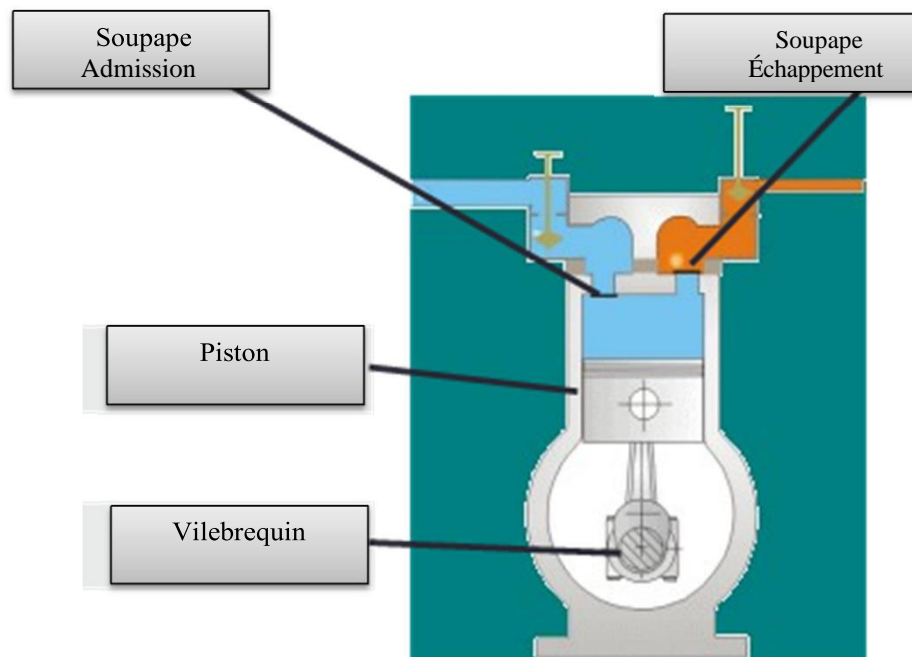


Figure. II.4. L'ensemble cylindre – piston – clapets

### II.4.2 Classification des compresseurs à piston

On classe les compresseurs à piston d'après différents indices :

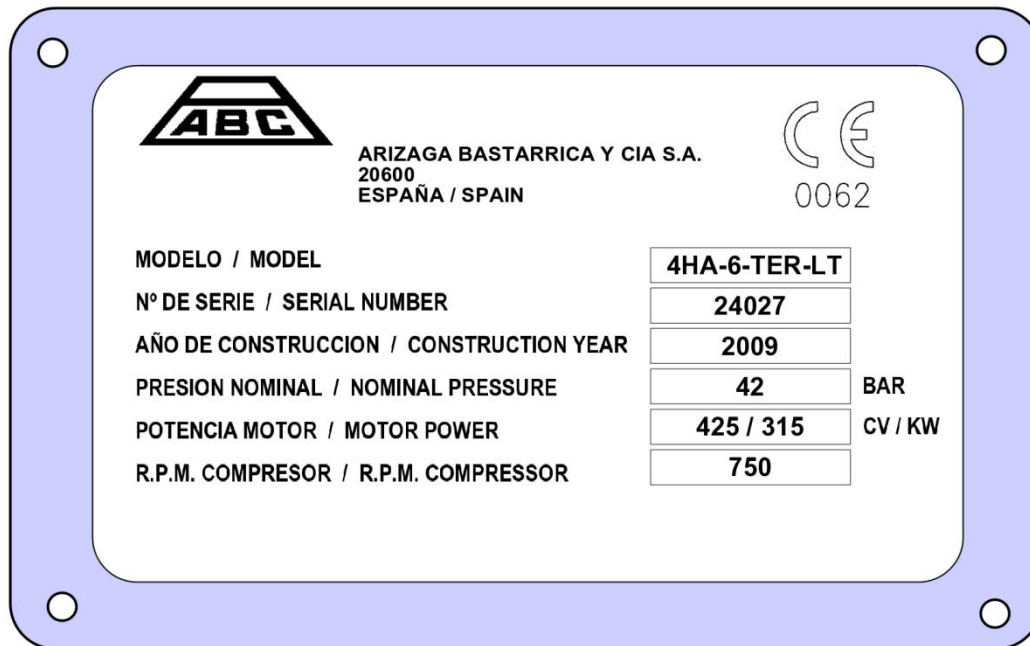
- 1) Disposition des cylindres (horizontale, verticale et en coin) ;
- 2) Nombre de cylindres (monocylindriques, polycylindriques-en série et en parallèle) ;
- 3) Principe de fonctionnement ;
- 4) Partie d'entraînement (bielle et manivelle, moteur-compresseur quand le moteur à gaz et le compresseur ont l'arbre vilebrequin commun, compresseurs à pistons libres ou bien diesel compresseur) ;
- 5) Méthode de refroidissement (par l'air, par l'eau) ;
- 6) Méthode de graissage (barbotage, sous pression) ;
- 7) Valeur de débit :
  - Débit faible :  $0 < q_v \leq 160 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
  - Débit moyen :  $160 < q_v < 4000 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
  - Grand débit :  $q_v \geq 4000 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
- 8) Pression de refoulement :
  - Basse pression  $p < 25 \text{ bars}$  ( $2,5 \text{ MPa}$ ) ;
  - Moyenne pression  $25 < p \leq 100 \text{ bars}$  ( $\leq 10 \text{ MPa}$ ) ;
  - Haute pression  $p > 100 \text{ bars}$  ( $> 10 \text{ MPa}$ )

**II.5 Le Compresseur (ABC 4HA-6-TER-LT) :**



Figure II.5 Compresseur (ABC 4HA-6-TER-LT)

### II.5.1 Caractéristiques techniques



Fluide	<b>AIR</b>
Débit en m3/h	<b>1634</b>
Pression d'aspiration en bars	<b>-</b>
Puissance absorbée sur l'arbre du compresseur en CH / KW	<b>373,41 / 274,6</b>
Transmission	<b>COURROIES</b>
Graissage des cylindres	<b>NO</b>
Nombre de etages	<b>4</b>
_ Ø Cylindre 1er étage ( mm )	<b>310 (x2)</b>
_ Ø Cylindre 2ème étage ( mm )	<b>185 (x2)</b>
_ Ø Cylindre 3ème étage ( mm )	<b>140</b>
_ Ø Cylindre 4ème étage ( mm )	<b>95</b>
Course ( mm )	<b>150</b>
Débit d'eau de refroidissement du compresseur en m3/h	<b>24,86</b>
Pression de l'air de régulation en bar	<b>9,5</b>
Masse du compresseur en kg	<b>4750</b>
Masse du moteur en kg	<b>1500</b>
Masse de l'équipement complet en kg	<b>10400</b>
Température ambiante min./max. °C	<b>0 / 40</b>
Température de l'eau de refroidissement min./max. °C	<b>5 / 40</b>
Pression de l'eau de refroidissement max. ( bar )	<b>4</b>
Tension de Puissance en Volts	<b>400</b>
Tension de Commande en Volts	<b>220</b>
Fréquence en Hz	<b>50</b>
Puissance totale à installer CV / KW	<b>446,5 / 328,5</b>

Figure II.6 Caractéristique technique

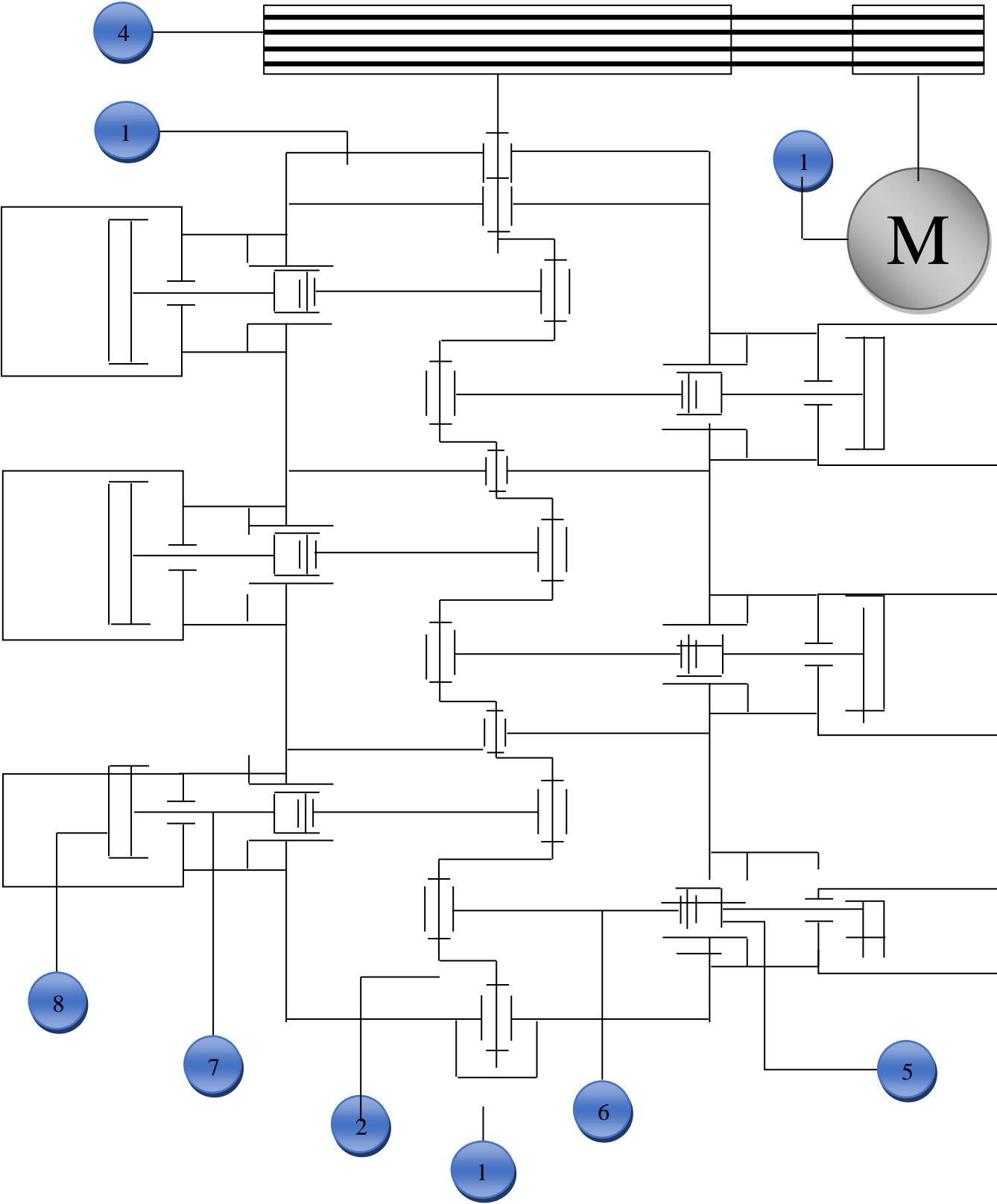


Figure II.7 la chaine cinématique

Tableau II. 2 Nomenclature de la chaîne cinématique :

Repère	Nombre	Désignation
01	01	Moteur
02	01	Vilebrequin
03	01	Poulie motrice
04	01	Poulie réceptrice
05	06	Crosse
06	06	Bielles
07	06	Tiges de piston
08	06	Pistons
09	07	Courroies
10	01	Pompe de graissage
11	01	Carter

➤ **Principe de fonctionnement de la chaîne cinématique :**

Le mouvement principal est donné par le moteur électrique (1) ce dernier transmet le mouvement de rotation au vilebrequin (2) par l'intermédiaire des poulies (3) et (4) et les courroies trapézoïdales (9), le vilebrequin à son tour entraîne la pompe à l'huile (10) et en même temps convertit le mouvement de rotation à un mouvement de translation à l'aide des bielles (6) et les tiges de pistons (7) pour entraîner les pistons (8) en translation.

## II.5.2 Description generale

Compresseur du type horizontal à cylindres apposés à double effet - à crosses

Le type HA-2 comporte 1 ligne de 2 cylindres.

Le type HA-4 comporte 2 lignes de 2 cylindres.

Le type HA-6 comporte 3 lignes de 2 cylindres.

Chaque ligne est commandée par deux manetons décalés de 180° Ce type de compresseur est parfaitement équilibré car :

Le 2 pistons de chaque ligne se déplacent en sens inverse.

Les forces composées primaires et secondaires s'annulent et suppriment toutes possibilités de vibration, de pilonnage sur les massifs.

Les efforts résultants à chaque maneton opposé sont égaux et créent un couple axial sans réaction sur les coussinets de palier.

Chaque étage de compression est réfrigéré par eau, tant au niveau des cylindres et des fonds que des échangeurs, dans lesquels un flux d'eau à contre-courant permet d'obtenir des températures de sortie de l'air ou du gaz dépassant de 10° la température d'entrée de l'eau.

La transmission de puissance est assurée par l'intermédiaire d'un volant d'inertie conçu pour obtenir la plus faible irrégularité possible.

Vilebrequin en fonte nodulaire tout d'une pièce, équilibré, appuyé sur coussinets antifricction.

Les cylindres sont construits en fonte de haute résistance, avec chambres d'eau pour le

refroidissement.

Les compresseurs avec graissage de cylindres ont bloqué normales. Le reste de compresseurs ont bloqués longues. En demande on peut ajouter un bloque Independent pour des éventuelles balayages de la zone avec un Gas inerte.

Les compresseurs avec graissage de cylindres ont un graisseur mécanique directement commande par le vilebrequin, pour le graissage de cylindres de façon Independent, on peut régler la quantité d'huile de graissage.

Bielles en acier forgé, montées sur coussinets de friction, munies d'un alésage intérieur pour le graissage forcé des boulons de pied de bielle.

Les soupapes sont automatiques. De construction très résistance, elles disposent d'un espace mort très réduit.

Le graissage des parties mécaniques est effectué à pression, de manière forcée, par l'intermédiaire d'une pompe à engrenages commandée par le vilebrequin. Certains modèles sont équipés également d'une pompe de graissage auxiliaire.

Le carter est fermé, étanche et robuste. Il est conçu pour pouvoir largement supporter les efforts mécaniques du compresseur et pour assurer la fonction de réservoir d'huile.

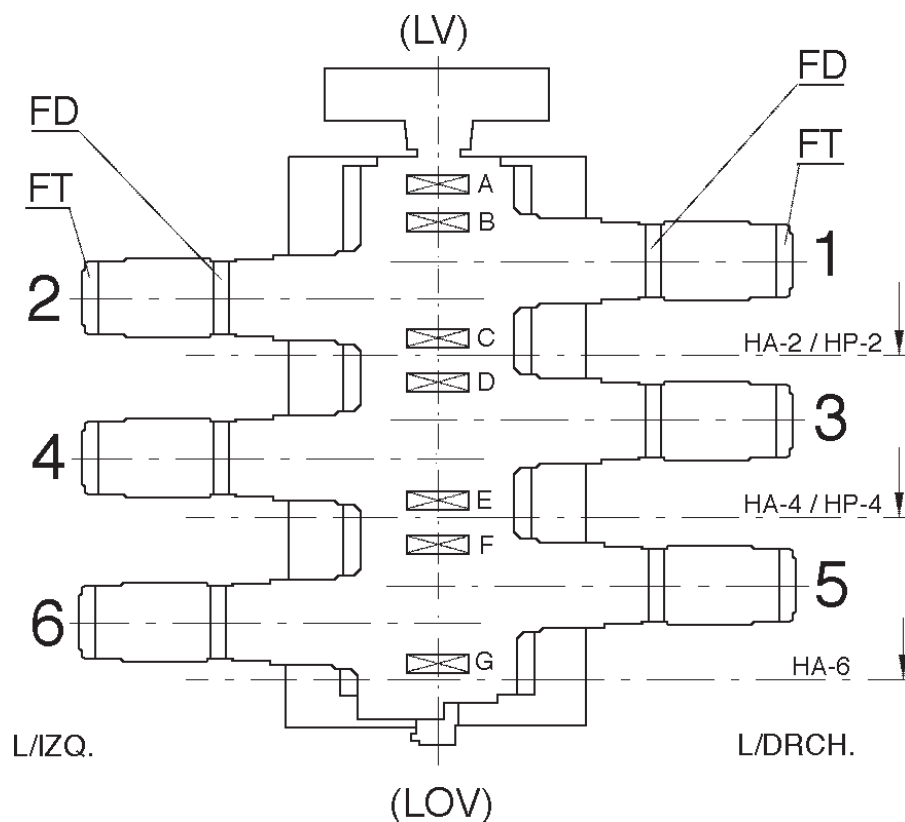


Figure II.8 schémas des cylindres du compresseur

Tableau II.3 tableau descriptif de la **figure II.8**

<b>Réf</b>	<b>Description</b>	<b>Réf</b>	<b>Description</b>
1	Cylindre 1	L/DRCH	Côté droit
2	Cylindre 2	FD	Fond avant
3	Cylindre 3	FT	Fond arrière
4	Cylindre 4	A	Coussinet de palier A
5	Cylindre 5	B	Coussinet de palier B
6	Cylindre 6	C	Coussinet de palier C
LV	Coté volant	D	Coussinet de palier D
LVO	Coté pompe d'huile	E	Coussinet de palier E
L/IZQ	Côté gauche	F	Coussinet de palier F
		G	Coussinet de palier G

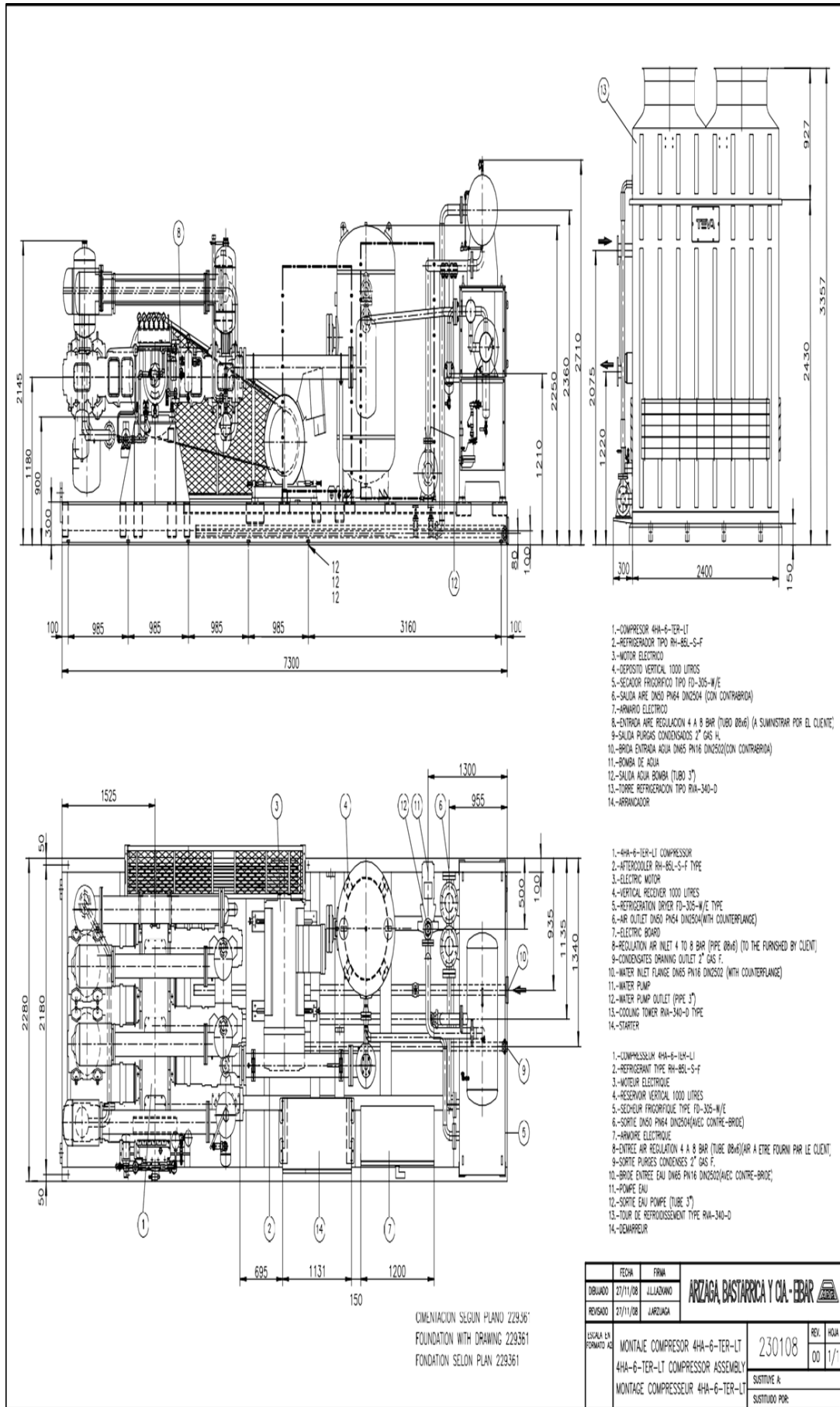


Figure II.9 dessin descriptif du compresseur

### II.5.3 Fonctionnement de l'équipement

L'air/gaz aspiré à travers les filtres d'aspiration est comprimé dans les cylindres, ce qui entraîne une augmentation de la pression et de la température dans ceux-ci.

Les séries HA-HP parviennent à baisser la température de l'air/gaz comprimé en le refroidissant par eau, d'abord dans les cylindres puis dans les refroidisseurs où le flux d'eau circule à l'extérieur des tubes du faisceau tubulaire et à contre-courant.

Les condensats produits lors du refroidissement de l'air/gaz dans les refroidisseurs sont séparés de l'air/gaz dans les Récipients de sortie des refroidisseurs qui font office de Séparateurs de Décantation. Ces condensats sont évacués au moyen de Purgeurs Manuels et/ou Automatiques. Lorsqu'il y a des risques de formation de condensats dans le réseau de tuyauterie ou si l'utilisateur nécessite de l'air sec pour son installation, l'équipement doit être doté d'un dessiccateur, soit frigorifique (points de rosée + 1 à + 3°C), soit à adsorption (points de rosée inférieurs à 0°C). Normalement un dessiccateur frigorifique est suffisant.

L'eau utilisée pour le refroidissement de l'équipement peut être en circuit ouvert (Réseau local) ou en circuit fermé, auquel cas il faut refroidir cette eau soit au moyen soit d'une Tour de refroidissement, soit d'un arrière.

Le PLAN D'ENSEMBLE montre l'équipement complet, tandis que le DIAGRAMME DE FLUX permet un suivi du processus de compression de l'air/gaz et de son traitement ultérieur afin de le délivrer au réseau de l'utilisateur dans les meilleures conditions. Ce DIAGRAMME DE FLUX indique également les paramètres usuels de travail, telles que pressions, températures, etc., ainsi que les valeurs de tarage des sécurités prévues

Le compresseur nécessite un Réservoir pour assurer sa régulation (Charge-Vide) et pour constituer une réserve d'air, de façon à pouvoir répondre immédiatement aux besoins de l'utilisateur dès le démarrage du compresseur.

### II.5.4 Cycle de compression

- 1<sup>er</sup> temps

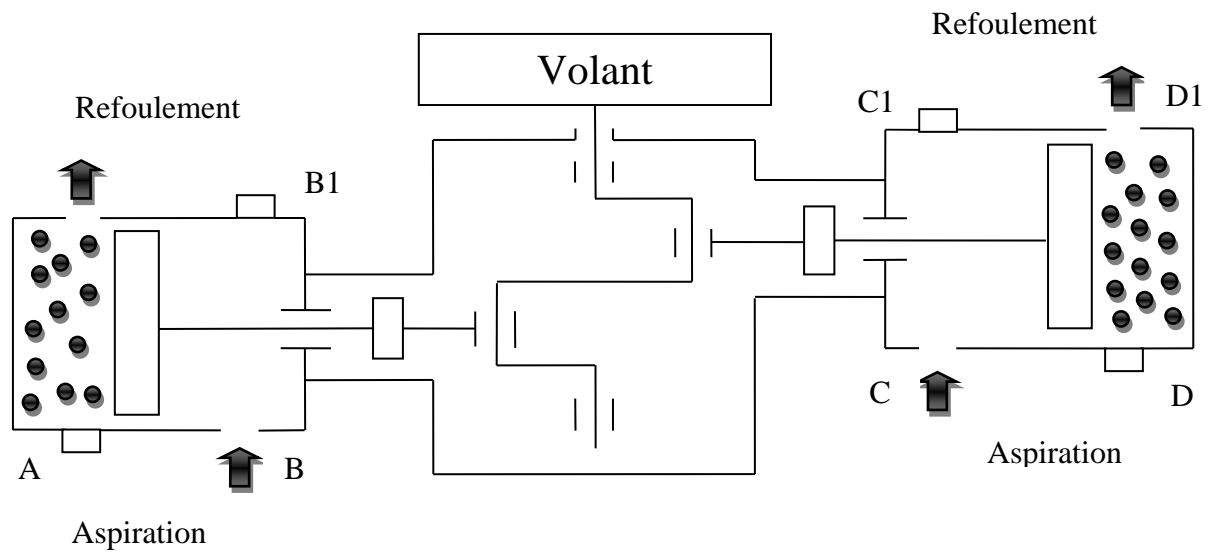


Figure. II.10. Cycle de compression 1er temps

Lors du premier temps la chambre se remplit par les orifices B et C. Les orifices de refoulement B1 et C1 sont alors fermés.

Le refoulement de l'air emmagasiné se fait par les orifices A1 et D1 pendant que les orifices d'aspiration A et D sont fermés.

- 2<sup>ème</sup> temps

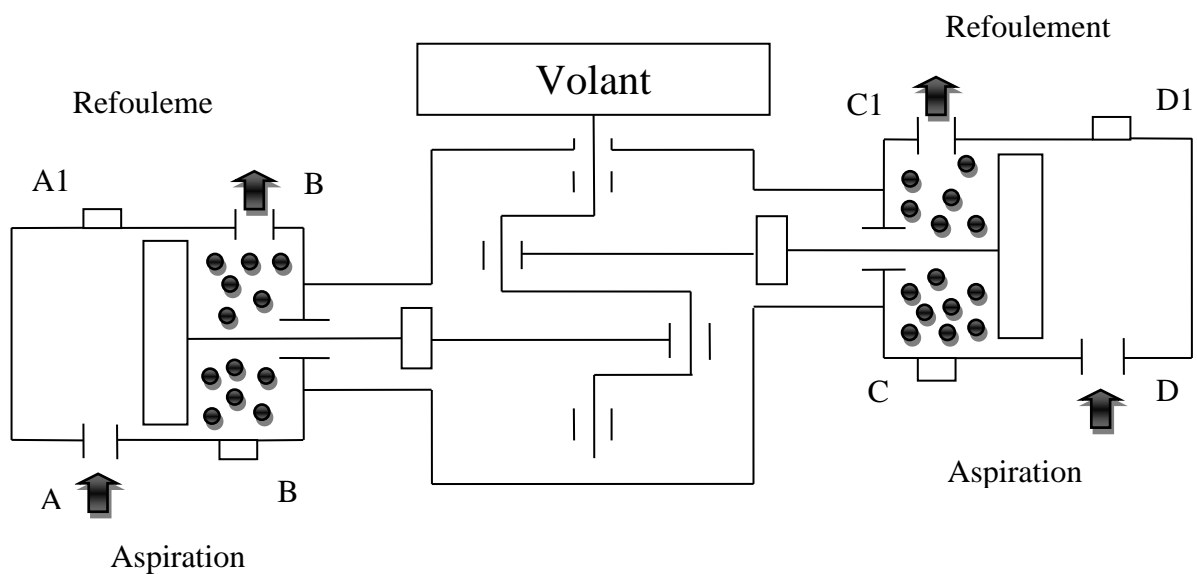


Figure. II.11. Cycle de compression 2ième temps

Lors du deuxième temps (après rotation du vilebrequin de  $180^\circ$ ) l'air emmagasiné lors du premier temps s'évacue par les orifices de refoulement B1 et C1, les orifices d'aspiration B et C étant fermés.

La compression provoque un échauffement du gaz comprimé. La température de refoulement est en fonction de la nature de ce gaz, de sa température d'aspiration, du rapport de compression et du refroidissement des cylindres.

### II.5.5 Les organes du compresseur

➤ **Partie mécanique :**

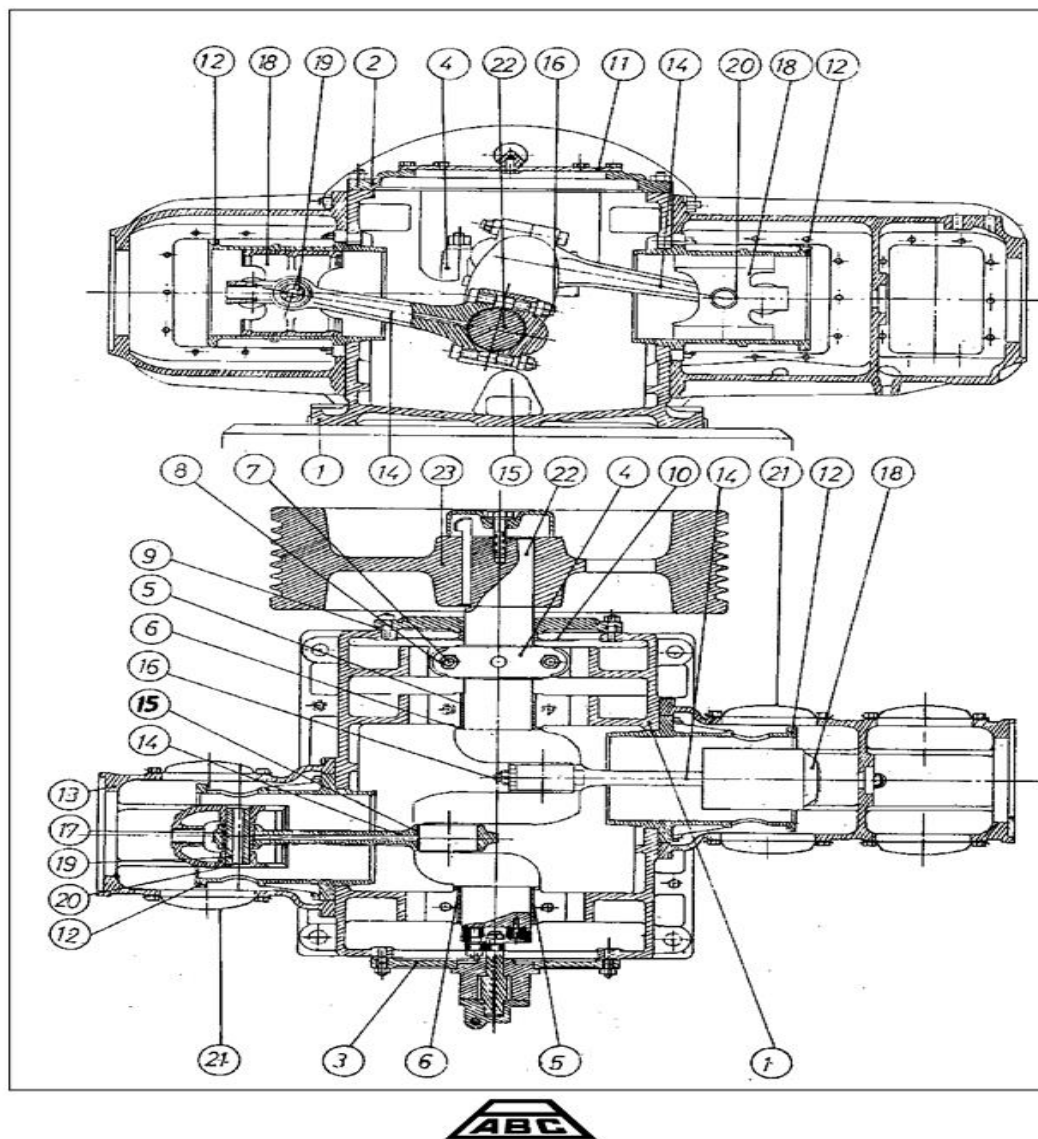


Figure II.12 La partie mécanique

Tableau II.4 tableau descriptif de la **figure II.12**

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>
1	Bâti
2	Plaque supérieur
3	Carter de bâti, coté pompe
4	Chapeau de palier
5	Coussinet en deux pièces
6	Butée en deux pièces
7	Goujon de palier
8	Ecrou M20
9	Carter de bâti, coté volant
10	Déflexeur
11	Portes de visites
12	Glissière
13	Entretoise
14	Bielle
15	Coussinet de tête de bielle en deux pièces
16	Boulon de tête de bielle
17	Coussinet de pied de bielle
18	Crosse
19	Axe de crosse
20	Ci clips
21	Porte de visite avec grille
22	Vilebrequin
23	Volant

- **Bâti** : pour assurer l'ensemble des organes mécaniques. Fabriqués en fonte, du type fermé, fortement nervuré, il possède une réserve d'huile, équipé de paliers dont 2 côtés volant et de portes de visite largement dimensionnées pour faciliter la maintenance ;
- **Volant d'inertie** : servant à régulariser la rotation du vilebrequin.
- **Arbre vilebrequin** : il reçoit l'effort transmis par les pistons et les bielles et fournit un mouvement circulaire. Réalisé en fonte ou acier estampé avec contrepoids monobloc évitant tout risque de désolidarisation en cours de fonctionnement et autorisant des courses de 150 à 165 millimètres. Garniture d'étanchéité côté volant.
- **Pompe à huile à engrenage** : attelée au vilebrequin, elle permet la distribution d'huile sous pression à l'intérieur du réseau de graissage.

Coussinets de ligne d'arbre : servant à guider et à supporter des organes tournants. Du type mince revêtu d'anti friction avec bagues de butée. Double palier, placé côté volant.

- **Bielles** : elles transmettent la force du piston au vilebrequin. Fabriquées en acier forgé, avec chapeau rapporté boulonné sur le corps. Équipées de coussinets de tête de bielle du type mince revêtu de cuproplomb et de coussinets de pied de bielle en bronze dur. Entretoise : elle sert à faire une liaison entre le bâti et le cylindre. Elle est munie de bagues d'arrêt d'huile évitant le passage du lubrifiant de la partie mécanique vers les cylindres et de portes de visite largement dimensionnées pour accéder aux crosses
- **Crosses** : elles assurent la transformation du mouvement rotatif du vilebrequin en mouvement alternatif. Elles sont reliées aux bielles à l'aide d'un axe appelé axe de crosse. Du type monobloc en fonte graphite-sphéroïdale.
- **Axe de crosse** : en acier traité en surface. Arrêté en translation par des circlips.
- **Cylindres** : ils sont conçus pour un échange thermique optimum entre la chambre de compression, les chapelles de soupapes et l'eau de refroidissement, et sont équipés de larges portes de visite pour permettre le nettoyage aisé des chambres d'eau. Les fonds de cylindre sont également refroidis par circulation d'eau.
- **Tiges de piston** : en acier, elles sont munies de déflecteur interdisant tout passage de lubrifiant dans le cylindre. Elle assure la liaison entre la crosse et le piston.
- **Piston** : il assure la compression de l'air, équipé des segments porteurs et d'étanchéité.
- **Garnitures mécaniques** : assurent la meilleure étanchéité possible entre la cellule de compression et l'extérieur à la sortie de la tige de piston du cylindre.
- **Soupapes (clapets)** : automatiques à disques avec ressorts et amortisseurs à grande section de passage utilisés très en dessous de leurs possibilités. Elles assurent la distribution d'air entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule de compression tant à l'aspiration qu'au refoulement.

- **Réfrigérants** : du type a faisceau tubulaire dilatable et démontable, l'air circulant dans les tubes et l'eau à l'extérieur à contre-courant. Ils sont équipés d'anti pulsateur à l'entrée et de séparateur de condensats à la sortie munie d'un robinet de purge. Collecteur d'air : pour fournir à chaque cylindre, la quantité d'air nécessaire. Le compresseur comprend également d'autres équipements complémentaires tels que
  - **Condenseurs** : pour refroidir l'eau au niveau de l'installation.
  - Ballon de stockage d'air : pour accumuler et garantir une plus grande stabilité de pression de l'air.
  - **Courroie trapézoïdale** : Elles sont utilisées, par exemple, dans les variateurs de vitesse. La courroie trapézoïdale est une courroie de section trapézoïdale. La forme trapézoïdale de la courroie lui donne un bon contact sans glissement, avec les poulies, par principe mécanique de coincement (elles ne doivent pas être tendues sous peine d'usure rapide anormale).
- **Partie électrique :**



Figure II.13 moteur électrique

**Définition :**

C'est une machine électrodynamique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à deux circuits électrique « circuit statorique » et « circuit rotorique » liés entre eux par une liaison magnétique.

Comme toutes les machines d'induction, le moteur asynchrone à cage triphasé comporte :

Une partie magnétique.

Une partite électrique.

Une partie mécanique

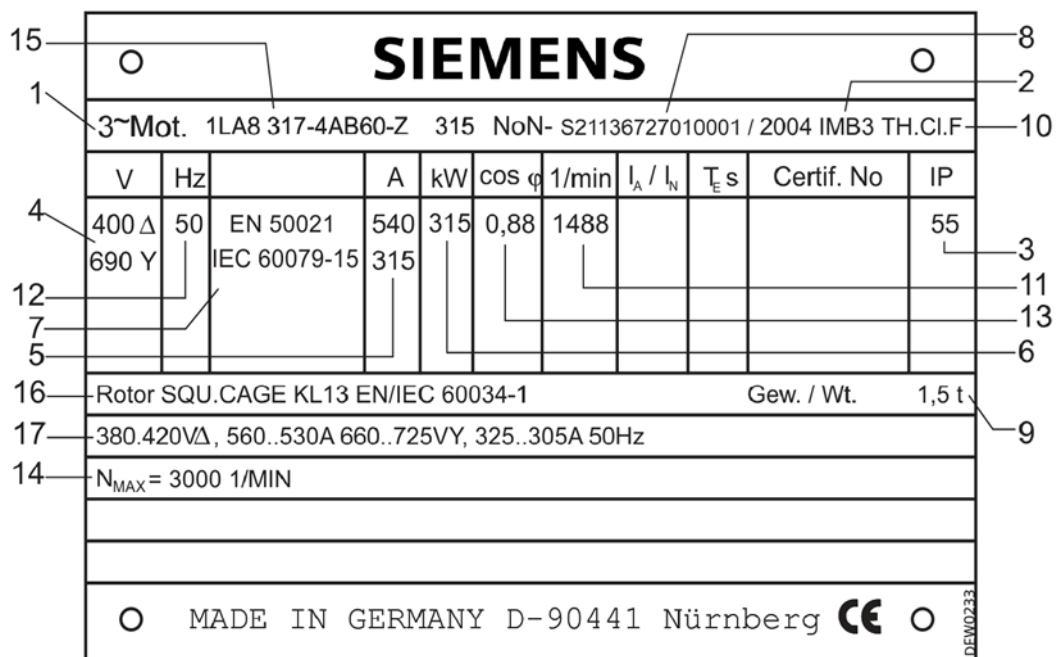


Figure II.14 la plaque signalétique

Tableau II.5 descriptions de la plaque signalétique

REP	DESCRIPTION	REP	DESCRIPTION
1	Type de moteur : moteur triphasé à basse tension	10	Classe thermique
2	Forme de construction	11	Vitesse assignée (tr /min)
3	Degré de protection	12	Fréquence assignée (Hz)
4	Tension assignée (v) et couplage	13	Facteur de puissance (cos)
5	Courant assigné (A)	14	Vitesse maximale (tr/min)
6	Puissance assignée (KW)	15	Type de moteur
7	Normes de prescriptions	16	Classe du rotor
8	N° de série	17	Indication complémentaires(option)
9	Poids du moteur Kg)		

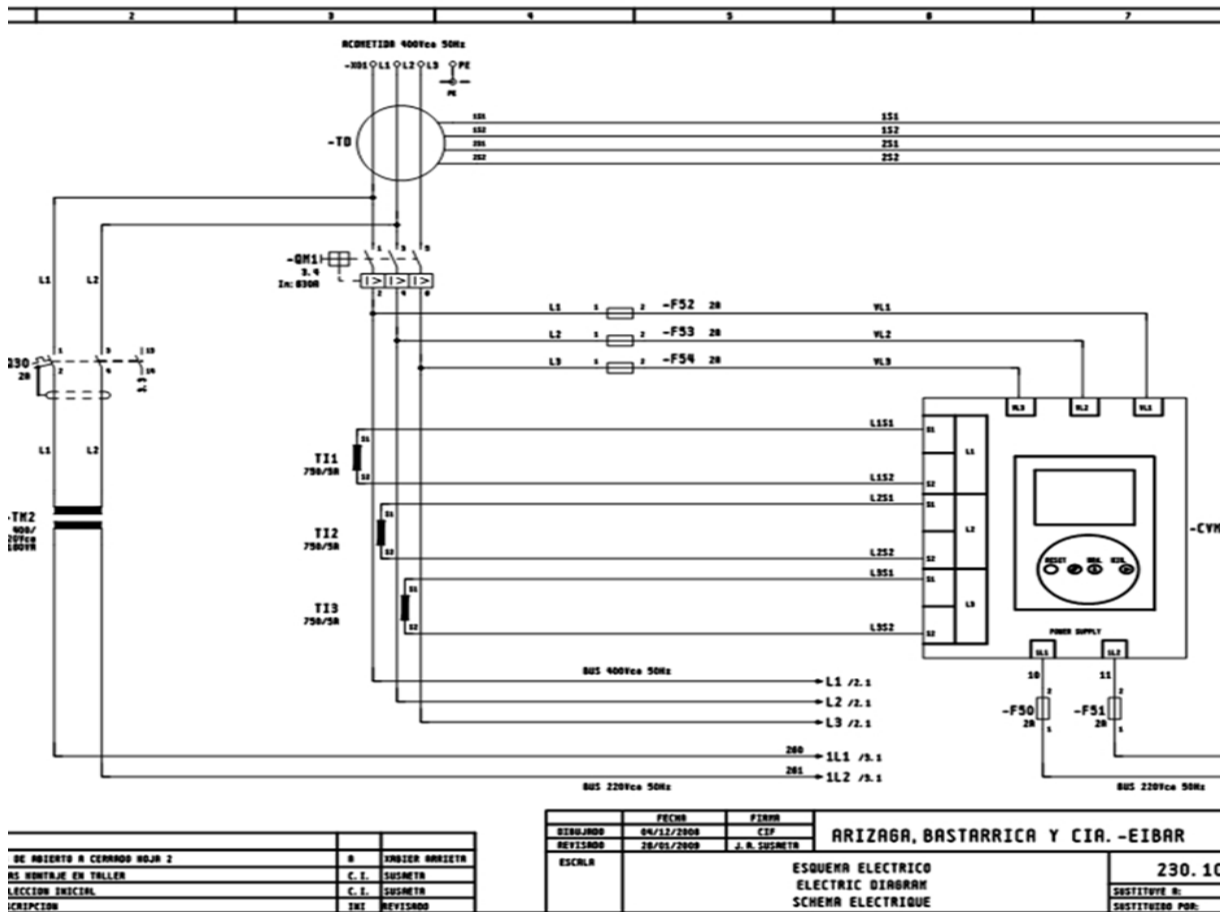


Figure II.15 schéma électrique

**Principe de fonctionnement du schéma électrique :**

- ❖ Fermeture du sectionneur principale.
- ❖ Alimentation de l'automate.
- ❖ Impulsion sur la touche de mise en marche du compresseur sur l'écran tactile de l'automate.
- ❖ Excitation des bobines K13, K19, K17 et K21 par l'automate.
- ❖ Fermeture des contacts K13, K17, K19, K21, et K22.
- ❖ Fermeture des sectionneurs :
  - QA1 « contacte QA1 (43, 44) » »
  - QA5 « contacte QA5 (43, 44) » »
  - QA6 « contacte QA6 (43, 44) » »
  - QA7 « contacte QA7 (43, 44) » »
  - QA8 « contacte QA8 (43 ,44) » »
- ❖ Excitation des bobines KA1, KA5, KA6, KA7, KA8.
- ❖ Fermeture des contacteurs :
  - KA1 —> démarrage de la pompe à huile

- KA5 → démarrage de la pompe à eau N°1
- KA6 → démarrage de la pompe à eau N°2
- KA7 → démarrage du ventilateur N°1
- KA8 → démarrage du ventilateur N°2

❖ Fermeture du contacte K2 (6, 10) « ordre marche variateur » ».

❖ Fermeture des contacts de confirmation de marche :

- KA1 (83, 84) pour la pompe à huile
- KA5 (83, 84) pour la pompe à eau N°1
- KA6 (83,84) pour la pompe à eau N°2
- KA7 (83, 84) pour le ventilateur N°1
- KA8 (83, 84) pour le ventilateur N°2

Démarrage final du moteur électrique du compresseur

### Variateur de fréquence :

Le variateur fournit au moteur asynchrone une onde de tension à amplitude et fréquence variables tout en maintenant le rapport (tension / fréquence) sensiblement constant. En modifiant la fréquence de la tension d'alimentation du moteur, le variateur permet de modifier la vitesse du champ tournant du stator et donc la vitesse de rotation du moteur. La génération de cette onde de tension est réalisée par un dispositif électronique de puissance schématisé à la figure 1.

Le principe général du variateur de vitesse est de transformer la tension d'alimentation sinusoïdale triphasée du réseau en une tension continue, de façon à disposer d'une « matière première » permettant de générer une nouvelle tension sinusoïdale triphasée de la fréquence désirée.

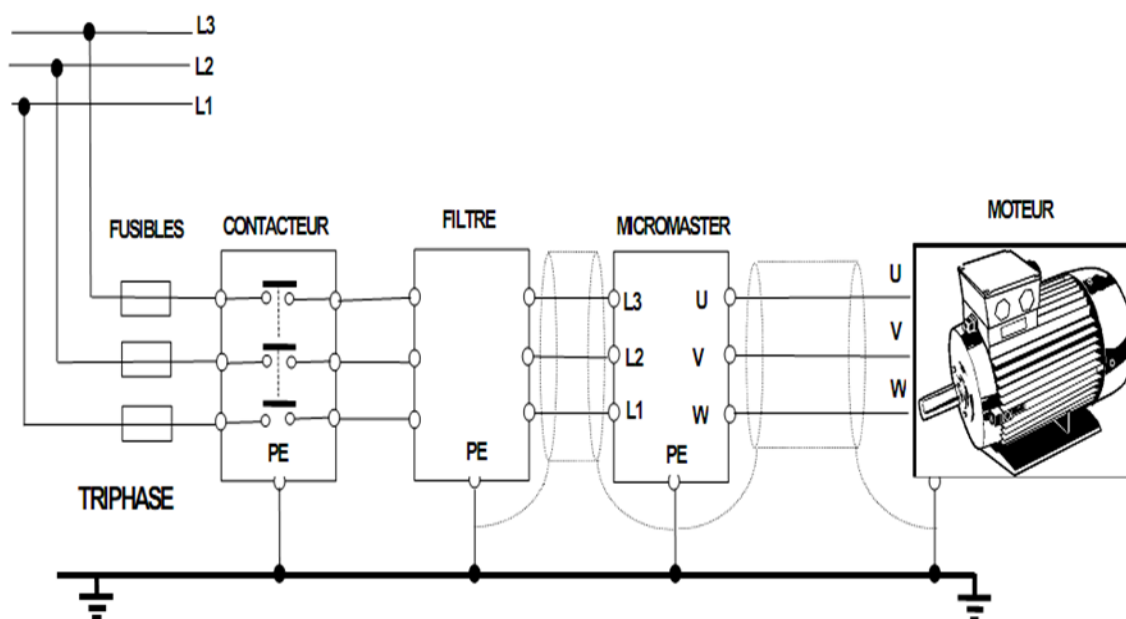


Figure II.16 Schéma de variateur de vitesse

**L'armoire électrique :**

Elle regroupe l'ensemble de systèmes électriques nécessaires au démarrage du moteur d'entraînement, l'automate ainsi que les dispositifs de visualisation et de commande.

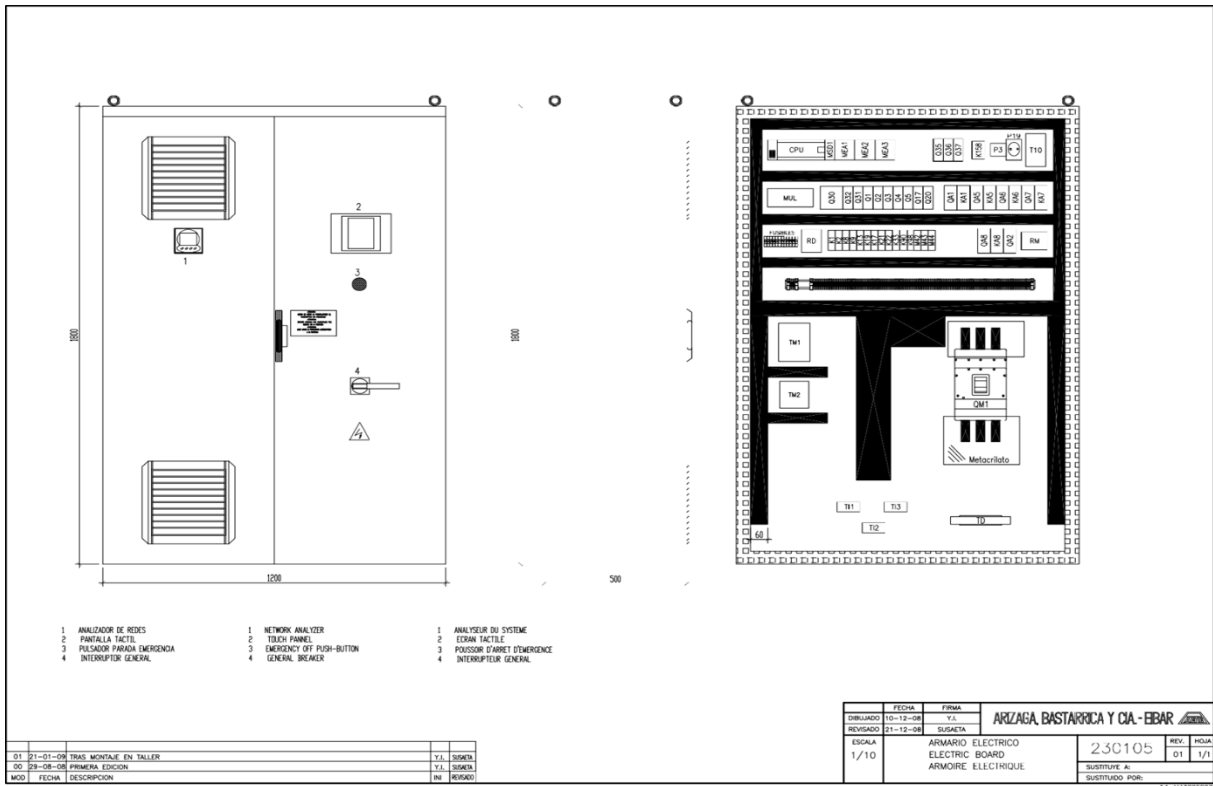


Figure II.17 armoire électrique

**II.6 La régulation**

Du compresseur est assurée par une électrovanne, transmetteur de pression et des pistons de décharge, de la façon suivante :

Sauf au démarrage, le compresseur fonctionne toujours dans les limites d'une différence de pression, différence qui est d'autant plus petite que le réservoir de stockage est plus grand. Le compresseur fonctionne en charge jusqu'à ce que la pression d'air/gaz à l'intérieur du réservoir atteigne le maximum fixé. A ce moment-là, le transmetteur de pression ouvre les contacts chargés d'exciter l'électrovanne. Celle-ci, qui est normalement ouverte (ouverte sans tension), laisse passer l'air/gaz de régulation qui actionne les pistons de décharge et maintient ouvertes les soupapes d'aspiration : l'air/gaz aspiré par les soupapes ressort donc par celles-ci jusqu'à ce que la pression à l'intérieur du réservoir redescende jusqu'au minimum préfixé. Le transmetteur de pression alimente alors de nouveau en courant la bobine de l'électrovanne et coupe l'air/gaz de régulation, tandis que la pression agissant sur les pistons de décharge est évacuée. Les pistons de décharge sont ainsi relâchés et le compresseur recommence à travailler en charge.

Si le compresseur tourne à vide pendant un temps préalablement fixé, dans ce cas, le

compresseur s'arrête et reste en automatique, puis redémarre automatiquement dès que la pression est redescendue jusqu'au minimum du pressostat. Le compresseur est arrêté physiquement, mais son cycle de travail ne l'est pas et pour arrêter le cycle, il faut donc appuyer sur le bouton d'arrêt.

Si pendant le cycle de travail, il se produit une chute de tension, le compresseur arrête automatiquement le cycle en cours et reste en position d'arrêt au retour de la tension. Il faut appuyer sur le bouton de marche pour remettre en marche le cycle.

Ce compresseur est fourni avec un variateur de fréquence, ce qui permet un gain énergétique important en diminuant la vitesse du moteur. La variation de vitesse présente les avantages suivants :

- Amélioration de la régulation.
- Démarrage soft programmable.
- Grande plage de vitesse, de couple et de puissance.
- Amélioration du facteur de puissance.

Le principe de fonctionnement de base des convertisseurs de fréquence pour moteurs asynchrones est le suivant ; Obtenir cette variation de fréquence par un système bi-étagé. Un premier étage redresseur qui transforme le courant alternatif en courant continu et un deuxième étage inverseur qui transforme le courant continu en courant alternatif, avec une fréquence et une valeur de tension variables suivant les signaux de consigne. De cette manière, on obtient une tension variable aux bornes du moteur et il devient possible de faire démarrer le moteur asynchrone de manière performante à différentes vitesses.

Le transmetteur de pression TP1 assure la régulation de la pression de fonctionnement finale et c'est lui qui envoie le signal au convertisseur. La pression finale fixée par ABC est de 39 bars. Si la demande est inférieure à celle correspondant à la vitesse minimale établie par ABC, la pression continue de monter dans le réservoir jusqu'à une valeur maximale de 42 bars, après quoi la machine se met à vide. Lorsque la pression redescend à 40 bars, le compresseur se remet en charge.

Si l'on décide de modifier la pression finale de fonctionnement du transmetteur TP1, il faut se rappeler que la pression S1 (à vide) doit toujours être réglée 3 bars au-dessus et que la commande de mise en charge doit être réglée au moins 1 bar au-dessus du réglage du transmetteur.

La modification du réglage du TP1 s'effectue sur le panneau de commande du convertisseur. Pour plus d'informations sur ce panneau, voir le chapitre relatif au convertisseur de fréquence

### II.6.1 System récupération d'Aire

- **Les éléments ajoutés :**
  - Une électrovanne
  - Un transmetteur de pression (Capteur)
  - Un réservoir de récupération d'air
- **Principe de fonctionnement :**

- Quand l'air revient à partir de la souffleuse et cela est causé par l'échappement de bouteilles soufflées, puis il part vers le réservoir de récupération d'air de compresseur avec une pression entre 7,8 et 8,8 bars.
  - Quand l'air arrive au réservoir, le transmetteur de pression (capteur) donne un signal à l'automate, puis ce dernier excite la bobine de l'électrovanne et cela ouvre les soupapes d'aspiration de 3<sup>ème</sup> étage pour aspirer l'air à partir de réservoir.
- **La raison de l'amélioration :**
- Permet d'économiser de l'énergie.
  - Prolongé la durée de vie de la machine.
  - Minimiser les heures des pièces.

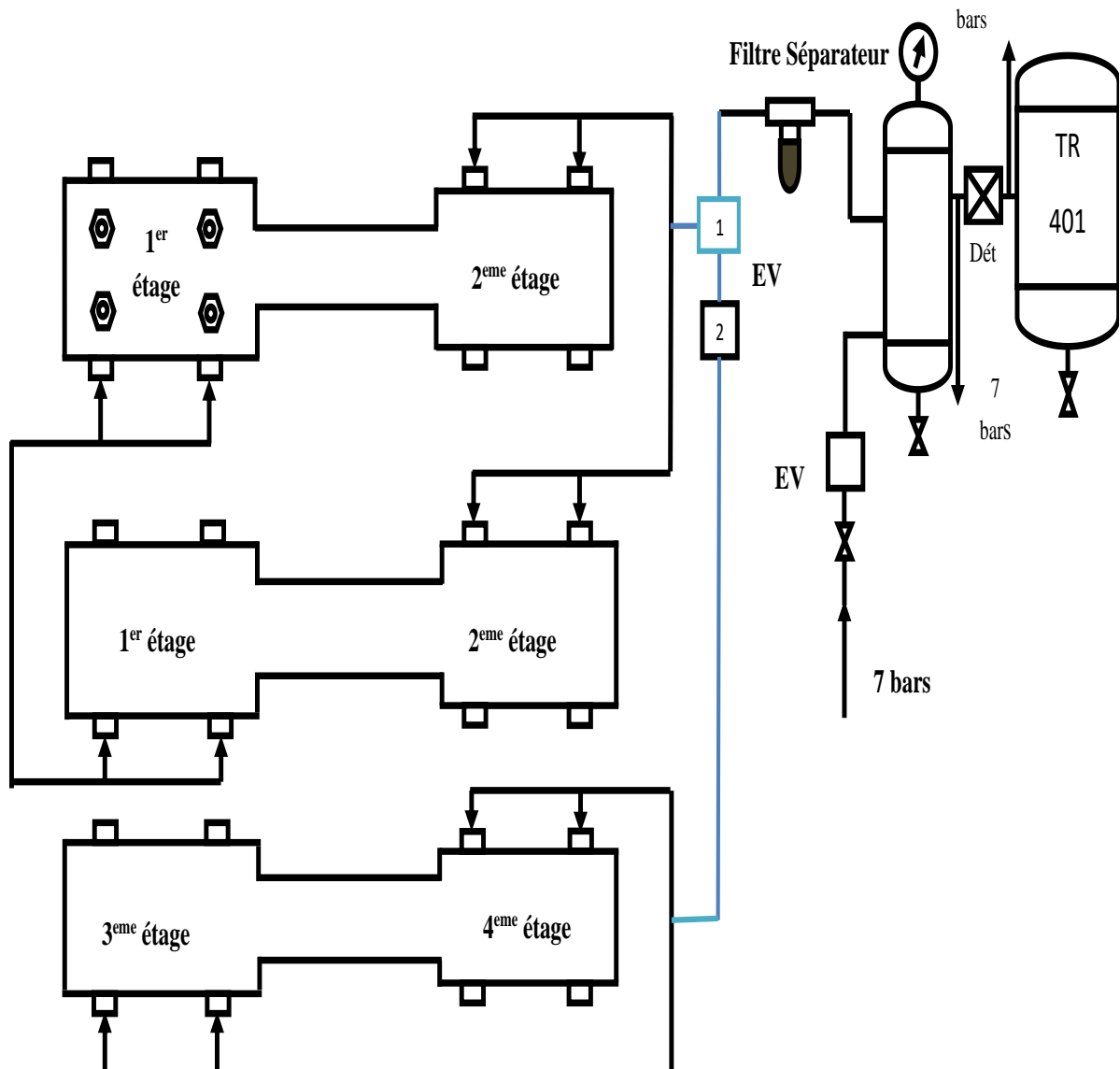


Figure II.18 Circuit régulation d'Aire

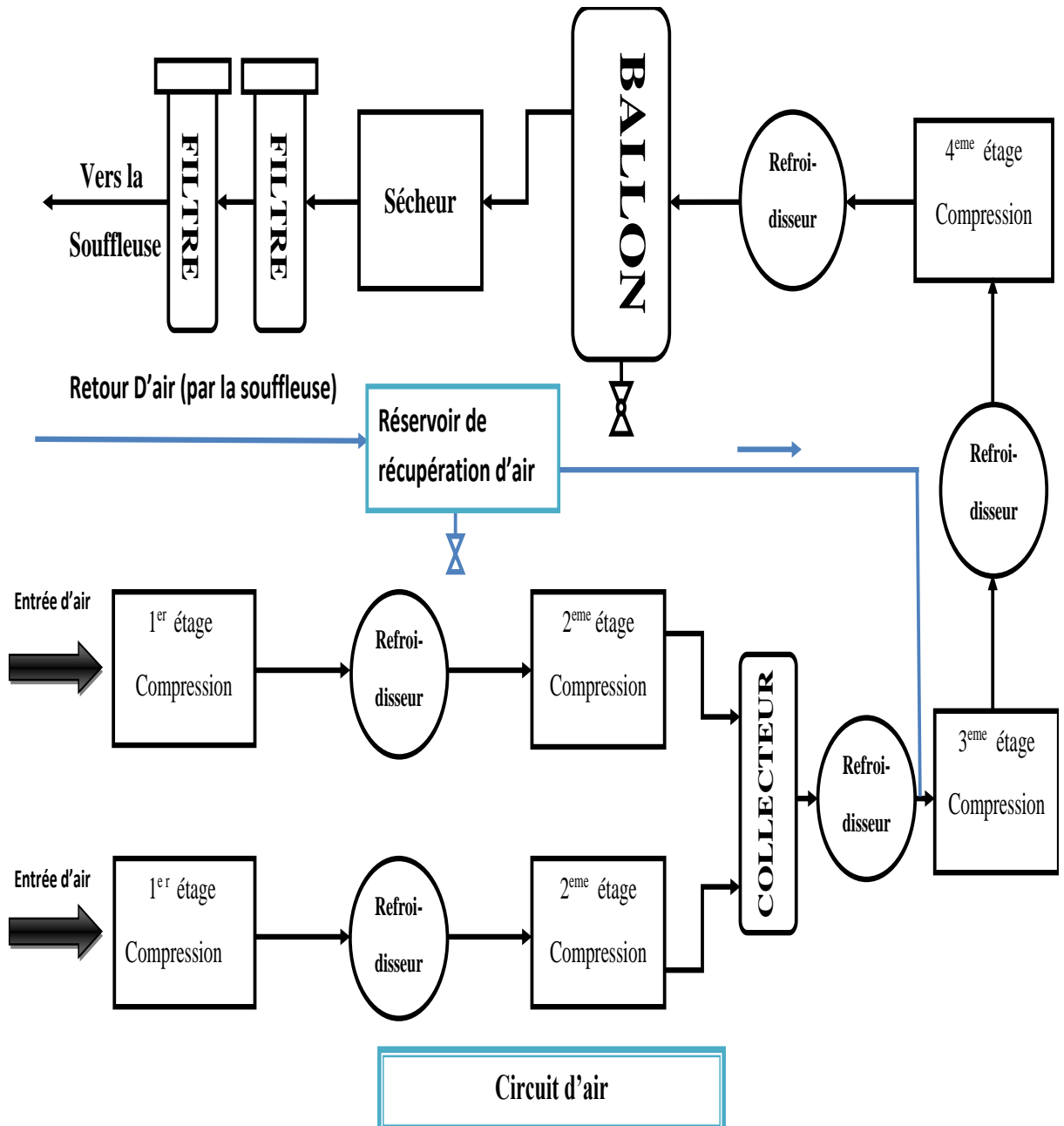


Figure II.19 circuits d'air

### II.7 Système de refroidissement :

Le refroidissement des compresseurs sert à éviter la surchauffe de certaines parties d'une part, et d'autre part, à refroidir l'air comprimé dans les cylindres dans le but d'obtenir une diminution de la température de l'air, ce qui permet d'éviter la surchauffe et d'optimiser la puissance de compression.

Le compresseur sujet de notre étude utilise un système de refroidissement (échangeurs) à circulation d'eau effectué par une pompe d'eau.

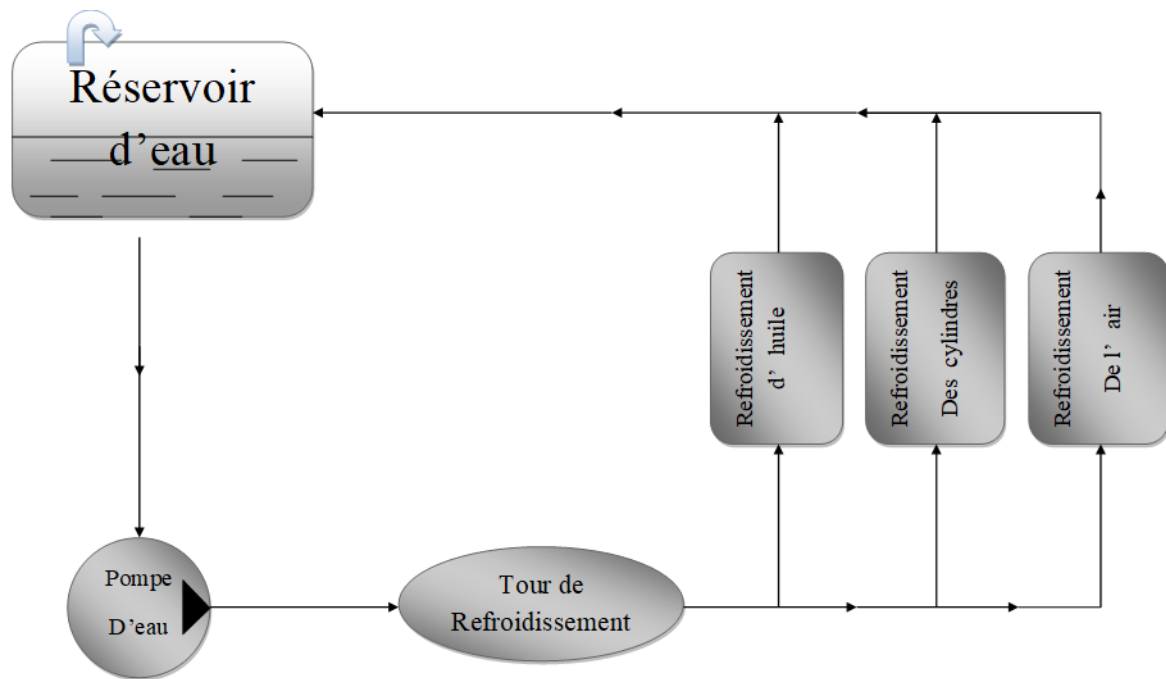


Figure II.20 circuits de refroidissement

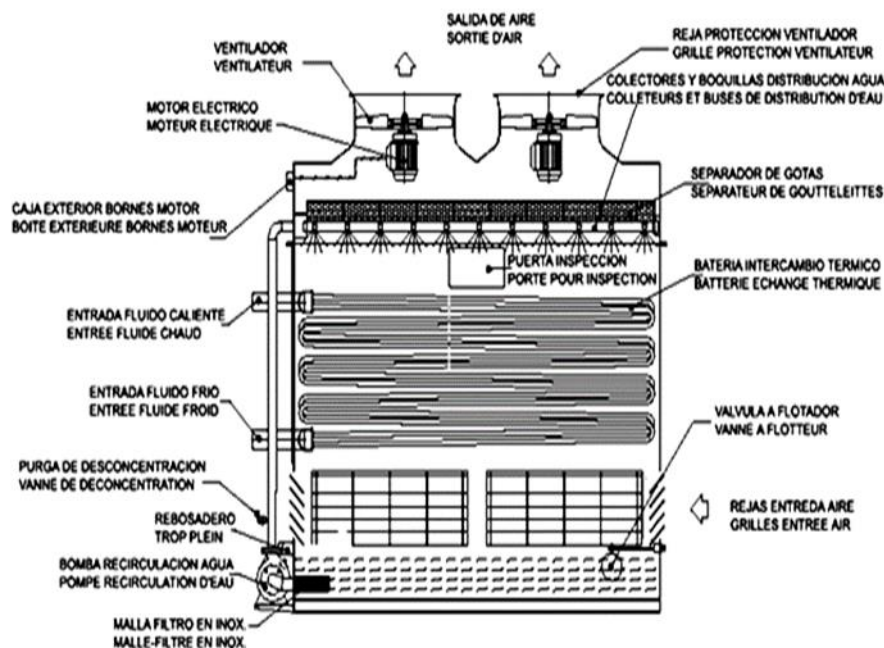


Figure II.21 la torre de refroidissement

## II.8 Système de graissage

Le fonctionnement d'une centrale d'air comprimé à pistons est très dépendant de la qualité de l'huile de graissage employée. Les préconisations du constructeur doivent être impérativement respectées.

En raison des conditions de service spécifiques, l'huile doit posséder de bonnes propriétés de résistance à l'oxydation, de désémulsion, de protection contre la corrosion, de bonnes caractéristiques anti-mousse, et un point éclair suffisamment élevé. D'autre part, l'huile doit être stable, peu volatile, insensible à la présence de l'eau et avoir une viscosité compatible avec le démarrage à froid, et le bon rendement du compresseur. Le lubrifiant utilisé, ne doit laisser aucun dépôt carbonneux, après distillation.

La lubrification de compresseur est de type à circulation d'huile sous pression, elle est assurée par une pompe à engrenage directement entraînée par l'arbre vilebrequin avec soupape de réglage de pression. L'action de la pompe conductrice fait circuler l'huile, qui se trouve dans le carter du bâti à travers des conduites centralisées vers les éléments à graisser (tête de bielle, coussinets et palier).

En aval de la pompe un filtre à cartouche jetable d'une finesse de filtration de 25 microns assure l'alimentation en huile propre de la rampe de graissage des paliers et des glissières. En bout de rampe un pressostat d'huile décèle immédiatement toute baisse anormale de pression et arrête le compresseur.

Purges :

Il permet d'évacuer les condensats des différents étages de compression de l'équipement.

Il peut être déclenché soit automatiquement (par ordre de l'automate) soit manuellement par l'appui sur la touche "test purge".

La fréquence de purge s'est faite à chaque 10 minutes pendant 3 secondes.

## II.9 Lubrification

L'huile employée doit être stable, supporter l'oxydation ou l'émulsion en présence de l'eau pouvant pénétrer dans le carter. Toute huile qui ne se sépare pas facilement de l'eau et des impuretés entraîne des dépôts, bouche les trous de graissage et finit par ne pas arriver aux couvercles des coussinets en quantité suffisante, ce qui est très dangereux.

En outre, si l'huile est sale, la surface des coussinets s'use d'une façon anormale.

On évacuera l'eau et les dépôts pouvant se former dans l'huile du carter en purgeant régulièrement une certaine quantité d'huile par l'orifice de vidange. Laisser reposer l'huile 24 heures avant de faire cette opération.

La température à laquelle l'huile est soumise est relativement basse et la viscosité à cette température a une valeur convenable. Pour une température ambiante de 15 à 20° il faut une viscosité de 5 à 8 ENGLER à 50°C.

### - Capacité d'huile du carter :

HA-2 20 Litres

HA-4 40 Litres

HA-6 60 Litres

HP-2 150 Litres

HP-4 300 Litres

Au moment du remplissage du carter on vérifiera que le niveau soit compris entre les deux traits maximum et minimum indiqués sur le viseur.

Les principales caractéristiques de l'huile à utiliser doivent correspondre aux données suivantes :

Viscosité ENGLER à 50°C	<b>5 à 8</b>
Inflammation	<b>200°C minimum</b>
Combustion	<b>220 à 230° C</b>
Congélation	<b>-12 à -15° C</b>
Résidus de carbone	<b>Moins de 0,10 %</b>

Nous recommandons **SAE-30-HD** qui remplit ces caractéristiques.

Les huiles doivent être parfaitement propres et filtrées avant remplissage. Ne jamais mélanger des huiles d'origine différente. Tout changement d'huile doit être précédé d'une vidange et d'un nettoyage complète.

## II.10 Contrôles visuels

Un tableau de contrôle supportant les manomètres de pression d'air comprimé ainsi que la pression d'huile de graissage du mécanisme

- Thermomètre à l'entrée et à la sortie des réfrigérants d'air comprimé
- Viseur, pour contrôle du niveau d'huile du carter
- Contrôle visuel de circulation d'eau sur le circuit de chaque cylindre (option).

## II.11 Sécurité

- Thermostat de contrôle de la température d'air ou refoulement
- Soupape de sureté sur chaque réfrigérant d'air comprime ;
- Pressostat de contrôle de la pression d'huile du mécanisme ;
- Contrôleur de circulation d'eau ;
- Electrovanne de circulation d'eau ;
- Thermostat de contrôle de la température d'eau de refroidissement

## II.12 . Conclusion

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

Un compresseur à piston se compose d'un ou plusieurs cylindres dotés de pistons entraînés par un moteur. L'air est aspiré dans le cylindre puis comprimé dans un ou plusieurs étages jusqu'à la pression opérationnelle. Après la compression, l'air comprimé passe dans le refroidisseur final et poursuit son chemin jusqu'au réservoir d'air.

# CHAPITRE III

## Application de plan de maintenance sur le compresseur

### **III.1 Introduction**

Souvent informelle, rarement définie, la stratégie de maintenance d'une entreprise ou d'un site industriel fait pourtant partie des fondations sur lesquels un service maintenance doit s'appuyer pour travailler efficacement.

Les choix qui sont faits au moment où ont lieu les réflexions sur la stratégie de maintenance constituent le socle qui permet à l'ensemble du service maintenance de se positionner. Elle donne un but, une vision, une intention qui l'orientent vers l'état futur souhaité pour la maintenance et pour le service maintenance.

### **III.2 Stratégie de la maintenance**

La stratégie de maintenance s'inscrit dans, et fait partie de la stratégie industrielle.

Comme pour tout choix stratégique elle concerne les orientations de long terme, d'autant plus que les choix techniques influent longtemps le comportement des équipements.

La norme NF X60.000 qui distingue politique et stratégie de maintenance apporte peu de précisions. Pour nous les deux termes sont proches, et la politique concerne plutôt les choix et arbitrages faits au moment des investissements d'équipements.

La particularité et la complexité de ces choix en maintenance, est qu'ils concernent trois niveaux d'analyse :

- Le niveau politique (celle des choix d'investissement des équipements),
- Le niveau stratégique (les orientations importantes et de long terme),
- Le niveau tactique (comment réaliser ce qui doit être fait en fonction des choix induits par les deux niveaux précédents).

### **III.3 La stratégie adoptée par SPA FRUITAL**

Etant une société production alimentaire, Fruita SPA est l'une des plus grandes sociétés en Algérie elle possède une liste des produits diverse aussi qu'une demande considérable dans le marché des produits alimentaire pour cela on voit la direction avec ses différentes branches se tournent vers une stratégie qui base beaucoup plus sur la production pour répondre à la demande du marché, une stratégie qu'on peut la définir par la TPM (total productive maintenance) pour assurer la disponibilité des unités de production et réduire les temps d'arrêt de la machine ainsi que le gaspillage et les essayer d'éliminer les coûts supplémentaires.

#### **III.3.1 La TPM**

L'approche de maintenance productive totale nous vient originellement du Japon et fut rapidement promue et répandue par le Japan Institute of Plant Maintenance (Institut japonais pour la maintenance industrielle). Nippones fut le premier fabricant japonais de composants automobiles à recourir à la TPM dès 1961. Rapidement, Toyota et d'autres constructeurs japonais déployèrent cette approche au sein de leurs organisations.

Comme bien d'autres stratégies de maintenance, la TPM vise à atteindre un cycle de production continue, sans temps d'arrêt, en maintenant et en améliorant l'intégrité des systèmes de production et de qualité.

Cette démarche naît d'une volonté de la direction pour :

- Instaurer une politique d'Amélioration Continue
- Impliquer tout le personnel en le responsabilisant
- Améliorer les performances QUALITES / COÛTS / DELAIS
- Améliorer le rendement des équipements (productivité, efficacités, et...).

### **III.3.1.1 Avantages de la TPM**

La mise en œuvre des 5S et des piliers associés dépend de la taille, des besoins, des processus et de la culture de votre entreprise. Cependant, quels que soient vos objectifs, vous pourrez certainement tirer le meilleur des bonnes pratiques de la Total productive maintenance. Voici un aperçu des plus importantes :

- Réduction des coûts
- Optimisation des horaires de travail des employés
- Efficacité accrue de la main-d'œuvre
- Sécurité et propreté du lieu de production
- Fiabilité de l'équipement
- Réduction des retards, des pannes et des arrêts de production

### **III.3.1.2 Le type de maintenance appliqué sur les équipements**

La méthode TPM, permet le passage progressif d'un système de maintenance curative à la maintenance préventive donc en effet on voit l'équipe de maintenance de FRUITAL se base sur la maintenance préventive des équipements et pour cette étude qui consiste de détailler l'opération de la maintenance sur le compresseur 4HA-6-TER-LT. On va voir l'ensemble des plans de maintenance préventive et curative.

### III.4 Plan de maintenance systématique (plan constructeur)

Tableau III.2 Tableau d'entretien

INTERVENTION	PERSONNEL	JOURNALIERE	HEURES									
			200	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	
Vérifier le niveau d'huile du carter. Sur les compresseurs à cylindres graissés, garnir le réservoir du graisseur	OP	●										
Changement d'huile	EM				●		●		●			●
Nettoyer / remplacer le filtre d'air	OP	Air		●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Gaz										●
Vérifier températures et pressions	OP	●										
Contrôler le serrage des écrous.	EM			●	●	●	●	●	●	●	●	●
Inspecter la transmission moteur-compresseur. Si l'accouplement est direct, consulter les instructions qui s'y réfèrent	OP			●	●	●	●	●	●	●	●	●
Contrôler le fonctionnement des purgeurs des refroidisseurs et les nettoyer si nécessaire.	OP	●	●	●								●
Nettoyez les filtres des purges	OP		Chaque 200 heures									
Nettoyer les refroidisseurs.	EM		Lorsque la température de sortie de l'air/gaz du refroidisseur dépasse de 20° celle d'entrée de l'eau, le débit d'eau Etant supposé suffisant.									
Contrôler et nettoyer le préfiltre du gaz d'aspiration	OP		●									●
Vérifier le branchement des tuyauteries	OP			●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tester le fonctionnement des soupapes de sûreté au banc d'essais	EI											●
Démonter les clapets d'admission et d'échappement pour une inspection.	EM	Cylindres	Graissés			●		●		●		●
			Sans graisse					●				●
Inspecter la partie mécanique	SM <sub>AB</sub> C											●
Change le filtre d'huile	OP											●
Inspecter les cylindres, les pistons et les segments (après avoir enlevé le fond arrière).	SM <sub>AB</sub> C											●
Inspecter les segments porteurs sur les compresseurs † cylindres sans graisses. (Enlevé un clapet).	EM							●				●
Nettoyer le filtre à air de la régulation.	OP											●

DESCRIPTION DU PERSONNEL

EM	Spécialiste Mécanicien
OP	Opérateur
SM <sub>ABC</sub>	Service de Maintenance ABC
EI	Spécialiste en Appareillages

### III.4.1 Planification d'entretien

Au préalable de cette démarche, il aura été essentiel d'analyser et d'identifier la criticité de vos équipements.

Une fois cette première étape réalisée, un plan de maintenance solide pourra être établi en suivant ces trois étapes :

#### III.4.1.1 Définir les exigences relatives aux actifs

Chaque équipement a besoin d'un suivi spécifique et le niveau d'exigence sera défini à partir de :

- L'expérience des ingénieurs de maintenance
- Les recommandations des fabricants
- Les directives réglementaires vis-à-vis de la conformité

#### III.4.1.2 Créer les fiches de maintenance préventive

La création de fiches d'instruction claires permet d'assurer un protocole pour un travail sécurisé et optimal :

- Les instructions étape par étape,
- Les ressources nécessaires
- Une estimation du temps nécessaire pour établir un calendrier de maintenance efficace

#### III.4.1.3 Planifier à l'avance

La réussite d'un plan de maintenance s'appuie sur deux piliers distincts :

- La disponibilité des compétences humaines indispensables à l'instant T
- La présence des pièces détachées dans votre magasin de stock

**Assurer la sécurité du site de travail :** Afin d'assurer la sécurité et la fluidité de la maintenance, il faut établir des consignes de sécurité que les techniciens doivent suivre selon la méthode des 5S.

**Réaliser un descriptif de chaque opération de maintenance :** Décrire les opérations à réaliser en détails et préciser les outils à utiliser pendant le processus.

**Communication entre les équipés :** Avoir une communication entre les équipés de maintenance et celles du ligne de production pour arrêter la production sans issues dans le cas d'une maintenance qui exige l'arrêt des machines.

**Application de la maintenance préventive sur le compresseur (selon le constructeur) :**

Comme tous les constructeurs, ABC Compressons exige une maintenance préventive systématique pour garantir leur produit en ce qui suit quelques opérations de la maintenance systématique appliquées aux organes du compresseur 4HA-6-TER-LT :

### III.4.2 Exemple sur le plan d'entretien

#### III.4.2.1 Instructions d'entretien des soupapes

- Avant d'effectuer toute intervention, s'assurer que le compresseur est débranché de son alimentation électrique et qu'il ne reste aucune pression à l'intérieur.
- Il est conseillé d'avoir toujours un jeu de soupapes de rechange, afin de pouvoir les remplacer très rapidement, si nécessaire.
- Enlever les soupapes du compresseur comme indiqué dans le procédé de montage des soupapes.
- Inspecter visuellement chaque ensemble pour détecter les traces de saleté, les taches de corrosion, les éléments cassés, etc.
- Nettoyer les culasses des soupapes.
- Poser des joints neufs lorsque ceux-ci sont détériorés.
- Remonter les soupapes jugées en bon état après cette inspection visuelle. Réparer ou remplacer par des soupapes neuves celles qui ont été trouvées en mauvais état.

#### Remise en état des soupapes

- Après démontage des soupapes, toutes les pièces doivent être soigneusement nettoyées au moyen de brosses douces, tout particulièrement les orifices de communication. Ne jamais utiliser de brosses métalliques ni d'outils pointus sur les surfaces d'étanchéité, car cela risquerait de les endommager. Ce nettoyage ne peut être effectué au pétrole que dans le cas où les soupapes ne vont pas être utilisées immédiatement. La nature volatile de ce solvant peut, en effet, être une cause d'explosion. Il est préférable d'utiliser une dissolution de savon et d'eau dans la proportion de 1 :12 ou 15.
- Nettoyer soigneusement la partie fileté du goujon et la graisser.
- Toutes les pièces très usées ou présentant des amorces de rupture, doivent être remplacées.
- Le remontage des soupapes doit s'exécuter en respectant l'ordre et la position prescrite sur les plans.

#### Démontage d'une soupape

- Utiliser deux boulons de même diamètre vissés sur un banc, ou mieux encore, prévoir un montage composé d'une plaque ayant en relief deux boulons pénétrant dans les orifices de communication de la soupape. Prévoir deux montages, l'un pour les soupapes d'aspiration et l'autre pour les soupapes d'échappement.
- Tenir le montage dans une main afin de ne pas faire pression sur les boulons au desserrage.

**ATTENTION** : Ne jamais serrer une soupape directement sur le banc, ni en la prenant par son diamètre extérieur ni, encore moins, dans le sens de l'épaisseur.

### Remontage d'une soupape

- En suivant l'ordre indiqué par la composition de la soupape, monter soigneusement toutes les pièces les unes sur les autres.
- Le montage qui a servi pour la dépose, doit être de nouveau utilisé. Serrer l'écrou à l'aide d'une clé dynamométrique au couple de serrage préconisé. Dans le cas d'écrous à clavette indesserrable où il faut procéder à l'alignement du trou de la clavette, on peut procéder en inter- posant sous l'écrou des rondelles métalliques dont l'épaisseur est facilement calculable en fonction du passage du goujon. Il est néanmoins préférable d'enlever quelques dixièmes de milli- mètres sur la base de l'écrou, à condition que la face d'appui demeure parfaitement perpendiculaire au terme de cette opération.

### III.4.2.2 Vérification de la tension des courroies

- Faire quelques tours manuels pour qu'il n'y ait pas de concentrations de tensions sur les courroies avant de mesurer.
- Mesurer la distance "S" entre les points de tangence des courroies.
- Enlever le couvercle supérieur du protecteur et appliquer au milieu de l'embrasure d'une courroie un déplacement du 2% de S. (Ce point moyen est indiqué sur l'armature).
- La force qu'il a fallu faire pour obtenir cette flèche doit être de :

Série HA      Série HP

Pour la courroie "SPC" : 10,5 kg. (1) Pour la courroie "SPC" : 12 kg. Pour la courroie "SPC" : 9,5 kg.

Pour la courroie "SPB" : 7,5 kg.

Pour la courroie « B » : 5 kg. (1) Seulement pour 4HA-6-TER-LT

Si la force à faire pour obtenir une flèche de 2% de "S" est supérieure à celle qui est indiquée pour chaque courroie, la courroie est trop tendue et il faut diminuer la distance entre les poulies.

- Chaque fois qu'on modifié la distance entre les poulies pour tendre les courroies, il faut vérifier si elles sont alignées.

**NOTE :**

Pour les caractéristiques du matériel des courroies, il est possible que toutes les courroies ne soient pas tendues de la même façon, il suffit que la moyenne s'approche aux valeurs de force et de flèche cités plus haut.

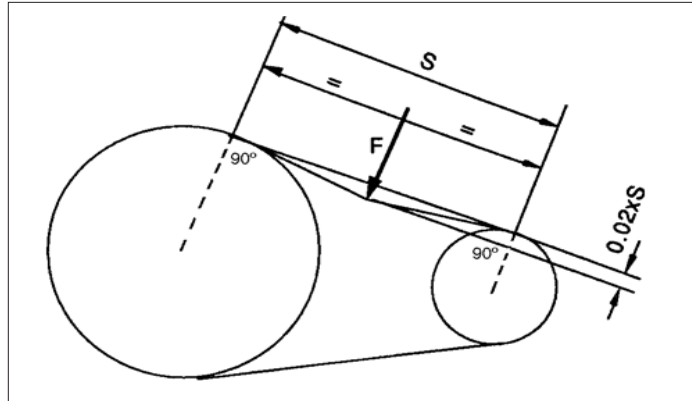


Figure III.1 Caractéristiques du matériel des courroies

### III.4.2.3 Circuit de refroidissement

S'il est utilisé de l'eau de réfrigération provenant d'un équipement de production de froid, il est recommandé de consulter afin d'éviter de risque de condensations à l'intérieur du circuit d'air.

Les circuits de réfrigération doivent être traités d'une manière appropriée, avec l'assistance des spécialistes, afin d'éviter de développements biologiques, de dépôts calcaires, ou d'autres effets pernicieux pour les équipements et les personnes.

Au cas de que le circuit d'eau soit vidé, veuillez-vous assurer que l'alimentation électrique est coupée.

Si on observe que la température de sortie de l'air/gaz d'un refroidisseur dépasse de 20°C la température d'entrée de l'eau, commencer par vérifier si le débit d'eau est celui requis. Par ailleurs, si le refroidisseur est sale, l'eau se réchauffe à peine pendant son passage dans le refroidisseur et on ne constate que très peu de différence de température entre les tuyauteries de sortie et d'entrée d'eau du refroidisseur, lorsque la machine travaille aux conditions nominales.

Suivant qu'il s'agisse de boue ou de tartre, causés l'un comme l'autre par la mauvaise qualité de l'eau, le procédé de nettoyage à suivre est le suivant :

Les deux procédures sont aussi valables pour les chambres d'eau des cylindres, tuyaux du circuit de refroidissement, refroidisseur d'huile, ....

#### **En cas d'encrassement par la BOUE :**

- Vider l'eau du refroidisseur et enlever le faisceau de tubes.

- Nettoyer le faisceau de tubes au jet d'eau à pression.

### En cas d'encrassement par IE TARTRE :

- Vider l'eau du refroidisseur.
- Sans démonter le refroidisseur, enlever les raccords d'entrée et de sortie de l'eau.
- Brancher l'entrée et la sortie du refroidisseur à un circuit de détartrant, par exemple de SILITOL, et laisser passer le produit pendant environ 5 heures, en respectant le mode d'emploi ci-joint.

### MODE D'EMPLOI DU DÉTARTRANT "SILICOL"

Le SILICOL doit TOUJOURS être utilisé diluer dans deux ou trois parties d'eau (suivant la dureté du tartre).

IL NE DOIT JAMAIS ETRE UTILISE sur des Surfaces en zinc ou galvanisées.

Au terme du détartrage, l'objet doit être nettoyé à l'eau claire, de préférence sous pression.

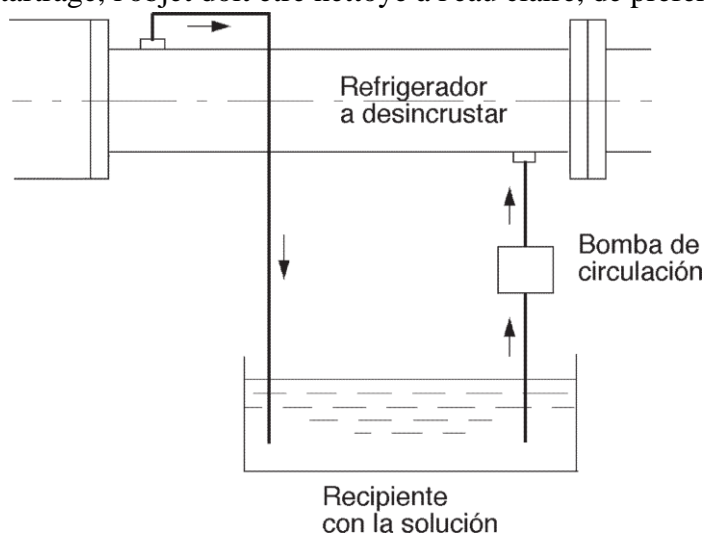


Figure III.2 circuits refroidissement

#### • Préparation

1° - Préparer un récipient qui peut être en bois, caoutchouc, plastique, etc., mais jamais en zinc ni en métal galvanisé, et y verser une quantité suffisante d'eau pour pouvoir établir une circulation dans le circuit à détartrer, comme indiqué sur le schéma ci-joint. Prévoir en plus une certaine quantité d'eau qui restera dans le récipient pour permettre l'aspiration par la pompe chargée ensuite de faire circuler le produit.

2° - Aspirer le liquide avec une pompe appropriée et l'introduire à l'intérieur de l'appareil à détartrer, en lui faisant faire un circuit complet puis en le faisant revenir au récipient, afin de vérifier que le circuit est parfait et qu'il n'y a aucune fuite.

3° - Après s'être assuré que la circulation à établir marche bien, vider complètement le récipient et procéder au détartrage.

- **Détartrage**

1° - Préparer un mélange avec une partie de SILITOL et deux ou trois parties d'eau (suivant la nature du tartre) dans le récipient prévu à cet effet. Aspirer ce mélange à l'aide d'une pompe appropriée de façon à le faire passer dans le circuit à détartrer puis à le faire revenir dans le récipient.

2° - Il faut laisser passer le mélange dans le circuit pendant environ 4 ou 5 heures. Passé ce temps, un entartrage normal, causé par l'eau, aura complètement disparu. Ceci dépend, bien sûr, du volume de l'appareil à détartrer.

3° - Au terme de cette opération, vous observerez que le détartrage de l'objet à traiter est fini car le mélange ne réagit plus (ce que vous pourrez vérifier en versant quelques gouttes du mélange par terre). Vider complètement le circuit et le rincer à l'eau claire pendant 15 minutes en suivant le même procédé. Pour ce nettoyage final, vous pouvez également utiliser une dissolution à 2

% de soude Solvay afin de faire disparaître l'acidité de l'objet traité et de la pompe utilisée pour la circulation.

4° - Il peut arriver que la circulation soit arrêtée à cause d'un bouchon, qui soit existait déjà au moment du passage de l'eau seule, soit s'est formé au cours du détartrage par suite du détachement d'une particule de tartre pendant la circulation du mélange qui bouche maintenant le passage. Dans ce cas, susceptible d'arriver surtout lors du détartrage de tuyauteries de faible diamètre, le mélange doit être introduit à pression, par exemple à l'aide d'une petite pompe à main, afin de libérer le passage et pouvoir continuer le détartrage.

5° - Si l'entartrage est très important ou le volume de mélange insuffisant, il peut arriver aussi que la solution préparée perde toute efficacité et qu'il soit nécessaire de rajouter du produit dans le récipient où la pompe aspire le mélange pour le faire passer dans le circuit.

### **Caractéristiques techniques du détartrant SILITOL**

Dénomination technique : Acide Chlorhydrique Dénomination commerciale : SILITOL

Formule chimique :  $CLH + H_2O$

Poids moléculaire : 36,5

Concentration : 20 %

**Caractéristiques physiques et chimiques du SILITOL**

Couleur : Bleu-Vert transparent

Densité : 1,10 - 1,11

Impuretés : Fragments de matière organique - Ne contient pas d'arsenic ni d'autres métaux.

- **Précautions**

Le processus de passivation n'entraîne aucun changement dans le risque chimique. Les mesures à prendre pour la manipulation et les soins de premier secours sont donc les mêmes que pour l'Acide Chlorhydrique. Le produit attaque la peau et les muqueuses humaines. Il est conseillé d'observer les mêmes mesures de protection individuelle que pour l'Acide Chlorhydrique, c'est-à-dire port de lunettes, gants en caoutchouc, bottes en caoutchouc, etc.

Si la substance pénètre dans les yeux, laver abondamment avec de l'eau propre durant au moins quinze minutes. En cas de contact avec la peau, par suite de déversement accidentel ou autres, laver immédiatement avec de l'eau propre durant au moins quinze minutes.

Si le faisceau tubulaire a quelque part es inoxydable, il faut ajouter un inhibiteur liquide à l'Acide Chlorhydrique dilué, dans une certaine proportion.

Par exemple, on peut utiliser "LITHSOLVENT 620" de KRAFF, dans une proportion de 2,5 kg d'inhibiteur dans 1000 litres d'acide dilué.

**III.4.2.4 Filtres**

Tableau III.2 entretiens des filtres

<b>FILTRE</b>	<b>FREQUENCE</b>	<b>MATIERE</b>	<b>ENTRETIEN</b>
<b>FILTRE D'ASPIRATION</b>	1000 HEURES	MIOVYL	<p>Le nettoyer ou le remplacer s'il est endommagé.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêter le compresseur.</li> <li>- A l'aide d'une clé, enlever la bride du filtre.</li> <li>- Déposer les clips du couvercle du filtre.</li> <li>- Enlever l'élément filtrant.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Souffler à l'air comprimé. Il est recommandé de porter des lunettes de protection.</li> <li>- Nettoyer au trichloréthylène.</li> <li>- Souffler à nouveau à l'air comprimé.</li> <li>- Remettre l'élément filtrant en place.</li> <li>- Refermer les clips du couvercle.</li> <li>- Fixer la bride du filtre au cylindre.</li> </ul>
<b>PREFILTRE HUILE</b>	<b>A</b>	<b>8000 HEURES</b>	<p><b>TOILE METALLIQUE</b></p> <p>Le nettoyer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêter le compresseur.</li> <li>- Déposer le bouchon en s'aidant d'une clé.</li> <li>- Enlever l'élément filtrant.</li> <li>- Souffler à l'air comprimé. Il est recommandé de porter des lunettes de protection.</li> <li>- Remettre l'élément filtrant en place.</li> <li>- Remettre le couvercle en place et le visser avec une clé.</li> </ul>

<b>FILTRE A HUILE</b>	8000 HEURES	PAPIER	<p>Le remplacer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrêter le compresseur.</li> <li>- Dévisser la cartouche du filtre.</li> <li>- La remplacer par une autre.</li> </ul>
<b>FILTRE DU PURGEUR</b>	200 HEURES	TOILE METALLIQUE	<p>Le nettoyer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il n'est pas nécessaire d'arrêter le compresseur.</li> <li>- Isoler le purgeur au moyen des robinets situés à cet effet.</li> <li>- S'assurer qu'il ne reste pas de pression à l'intérieur du purgeur. Pour cela, utiliser le drainage manuel.</li> <li>- Déposer le bouchon à l'aide d'une clé.</li> <li>- Enlever l'élément filtrant.</li> <li>- Souffler à l'air comprimé. Il est recommandé de porter des lunettes de protection.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remettre l'élément filtrant en place.</li> <li>- Remettre le bouchon en place et le visser avec une clé.</li> <li>- Ouvrir les robinets d'isolement.</li> <li>- Si le compresseur a été arrêté pour l'entretien, il suffit d'ouvrir la purge manuelle avant de déposer le bouchon du filtre.</li> </ul>
<b>FILTRE DE REGULATION</b>	8000 HEURES	BRONZE SYNTHETISE	<p>Le nettoyer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profiter de l'arrêt annuel du compresseur.</li> <li>- S'assurer qu'il ne reste pas de pression dans le filtre, en utilisant la purge manuelle.</li> <li>- Enlever le vase à la main. Normalement la fermeture est du type à baïonnette ou à visser.</li> <li>- Enlever à la main l'élément filtrant.</li> <li>- Souffler à l'air comprimé. Il est recommandé de</li> </ul>

			<p>porter des lunettes de protection.</p> <p>- Remettre l'élément filtrant en place.</p> <p>- Remettre le vase en place.</p>
--	--	--	--

### III.4.2.5 Segments

Les segments porteurs sont ceux qui supportent le poids du piston sur le cylindre.

Leur parfait entretien est d'une très grande importance, car en cas d'usure du segment au-delà de la limite fixée pour le paramètre "H" dans le tableau de la "FEUILLE DE CONTROLE DES SEGMENTS" de cette Notice, le piston peut arriver à toucher la surface du cylindre, ce qui provoquerait une très grave panne mécanique.

Pour le contrôle de la valeur "H", - qui devra être effectué à la fréquence indiquée dans le "Calendrier d'entretien" de cette Notice - procéder comme suit :

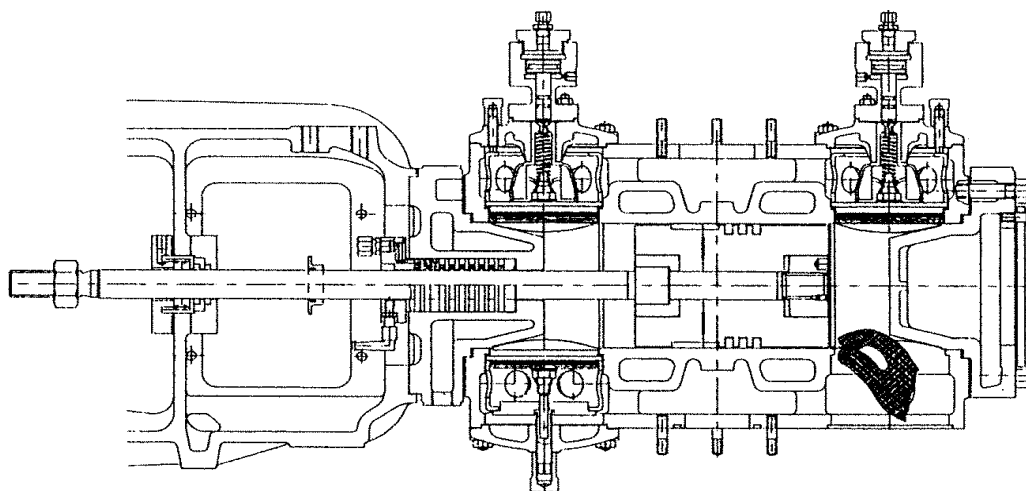


Figure III.3 cylindres du compresseur

**NOTE :** Le cylindre représenté sur le schéma peut ne correspondre à aucun des cylindres du compresseur.

1° - Le compresseur étant arrêté, prendre toutes les mesures nécessaires pour empêcher la mise en marche intempestive de la machine pendant l'intervention. Avant de commencer, s'assurer que la machine est arrêtée depuis au moins une demi-heure, afin de prévenir toute brûlure au contact des surfaces chaudes et d'éviter que d'éventuelles dilatations de matière faussent la mesure.

2° - Déposer une des soupapes de la partie inférieure externe du cylindre, en suivant le procédé indiqué dans cette Notice.

3° - Tandis qu'une personne fait tourner la transmission, comme indiqué dans cette Notice au paragraphe "PROCEDE DE ROTATION A LA MAIN DU COMPRESSEUR", une autre personne doit observer à travers le logement de la soupape démontée à quel moment le piston arrive en bout de course dans le cylindre, sans rien introduire à l'intérieur du cylindre afin d'éviter tout risque de coincement.

4° - La transmission étant arrêtée, introduire la jauge correspondante par le logement de soupape en veillant à ne pas rayer la surface du cylindre.

5° - Annoter la valeur lue sur la jauge sur la "FEUILLE DE CONTROLE DES SEGMENTS".

6° - Remonter la soupape.

7° - Faire tourner tout l'ensemble quelques tours à la main, hors tension, suivant le "PROCEDE DE ROTATION A LA MAIN DU COMPRESSEUR", afin de s'assurer de l'absence de toute entrave mécanique.

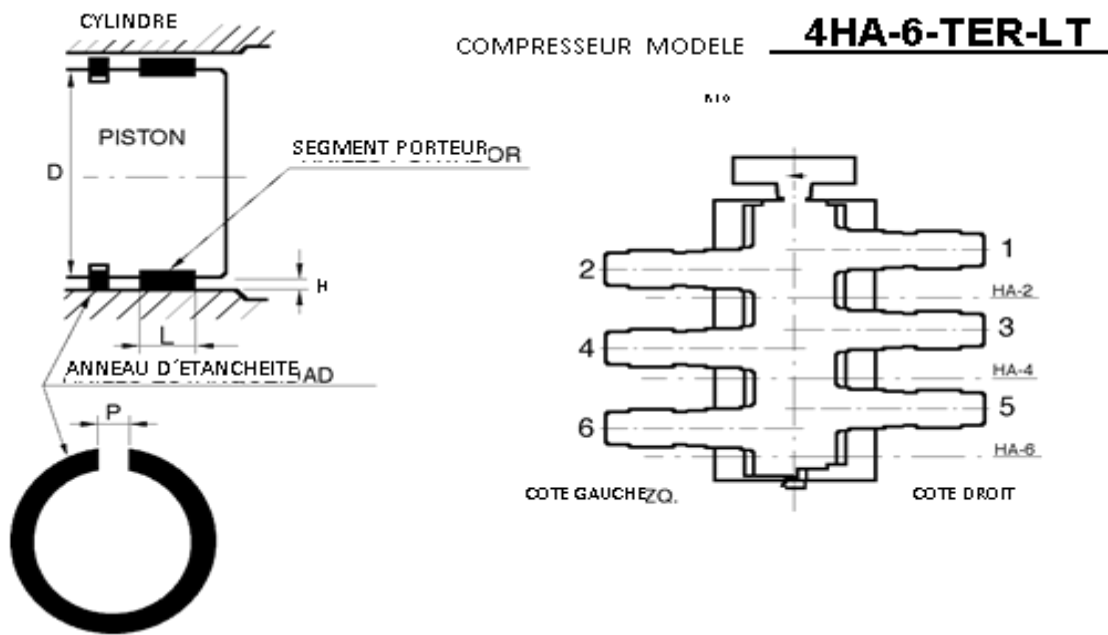


Figure III. 4 Segments Porteur

Tableau III.3 périodes de control des segments

PERIOD DE CONTROL DE H.						
SIT.	QUALITE	Ø CYL	DATE HEUR			H MINIME PERMIS

1		<b>185</b>					<b>0,35 MM</b>
2		<b>310</b>					<b>0,35 MM</b>
3		<b>185</b>					<b>0,35 MM</b>
4		<b>310</b>					<b>0,35 MM</b>
5		<b>95</b>					<b>0,35 MM</b>
6		<b>140</b>					<b>0,25 MM</b>

Tableau III.4 Tableau des tolérances

	<b>JEU MINIME P PERMIS</b>	<b>JEU MAXIME P PERMIS</b>
ANNEAU D'ETANCHEITE Ø 310	7.5 MM	24.8 MM
ANNEAU D'ETANCHEITE Ø 185	4.5 MM	14.8 MM
ANNEAU D'ETANCHEITE Ø 140	3.5 MM	11.2 MM
ANNEAU D'ETANCHEITE Ø 95	1.75 MM	7.6 MM

### III.4.2.6 Graissage

Toutes les opérations de vidange et de remplissage doivent être effectuées le compresseur arrêté. L'utilisation d'une huile de lubrification inadéquate peut entraîner une rapide détérioration des éléments du compresseur soumis à frottement. Huile préconisée : SAE-30-HD.

- **Opérations de graissage et fréquence des interventions :**

#### **Tous les jours**

- Vérifier le niveau d'huile du carter qui doit être situé entre les repères de maxi et mini du niveau visible. Sur les compresseurs à cylindres graissés, garnir le réservoir du graisseur.
- Vérifier la lecture du manomètre de pression d'huile qui doit indiquer autour de 2 bars. Sinon, régler la pression de la pompe à huile en agissant sur la vis de réglage de celle-ci, comme indiqué au paragraphe GRAISSAGE du chapitre DESCRIPTION. Tenir compte que le circuit de graissage n'atteint la pression nominale qu'une fois qu'il est chaud.

#### **Toutes les 2000 heures**

- Vidanger 6 à 8 litres à l'aide du trou de vidange à la partie basse du socle. N'effectuer cette vidange partielle qu'après avoir laissé reposer l'huile pendant plusieurs heures. Cette quantité est approximative. Elle dépend de l'état de l'huile (eau, crasse, etc.).

- Remplir le carter d'huile propre jusqu'au repère maximum du niveau visible.
- Aux compresseurs avec graissage de cylindres serrer légèrement le presse-étoupe, vérifiant que les anneaux de la garniture ne pressent excessivement la tige.

#### **Toutes les 8000 heures**

- Vidanger complètement l'huile du carter.
- Nettoyer soigneusement le carter avec un torchon propre. Pour cela, il convient de déposer la trappe de visite.
- Remplir le carter d'huile propre jusqu'au repère maximum du niveau visible.

#### **NOTES :**

- 1 - Il est normal qu'avec le temps, il y ait de l'huile du carter qui passe au bloc à travers les racleurs et se dépose dans la partie basse de celui-ci. Cette huile peut être récupérée par le robinet disposé à cet effet dans la partie inférieure du bloc et être remise dans le carter, après avoir été convenablement filtrée.
- 2 - Nous vous rappelons que les huiles usées ne peuvent pas être éliminées librement. Il est impératif de respecter la législation locale concernant les rejets industriels.

### **III.4.3 Traitement des opérations**

Pour une maintenance bien organisée sur les deux plans, gestion et pratique l'équipe de maintenance responsable de la section des compresseurs élabore les opérations en suivant toutes les instructions établis par le bureau des méthodes, soit les consignes de sécurité ou les instructions de travail par exemple :

- L'équipe ne peut bouger qu'après avoir pris un bon de travail signé par leur responsable.
- Récupérer les pièces de rechange avec un bon de sortie de magasin.
- Déclarer l'arrêt de compresseur aux équipés de production
- Acquérir tous les outils nécessaires pour effectuer la tâche.
- Equipements de sécurité.
- Appliquer la méthode des 5S au site de travail (Eliminer, Ranger, Nettoyer, Standardiser, Respecter)
- Ecrire un rapport descriptif du travail effectué et noter toutes les observations concernant l'état du matériel.
- Laisser des remarques aux autres équipés si nécessaire.
- Enregistrer toutes les informations et les détails prélevée sur un registre afin d'avoir une historique sur la machine et pour les revoir quand en a besoin.

### **III.5 Maintenance curative**

Dans l'industrie le plan de maintenance et sa réalisation n'est jamais parfaite pour cela on voit des détails qui s'émergent, des défaillances inattendues et non prévenues et c'est là que la maintenance corrective va jouer son rôle pour empêcher des temps d'arrêt qui vont affecter

la production. Pour intervention rapide il est toujours conseillé aux équipés de maintenance d'avoir un plan ou une méthode selon quoi on va réagir a des cas parelle.

Les procédures de maintenance corrective varient selon l'équipement, les ressources allouées et les exigences de l'entreprise, entre autres facteurs. Par exemple, les machines utilisant des technologies modernes peuvent réduire le temps nécessaire au diagnostic d'un problème et diminuer le coût des réparations tout en maintenant les temps de fonctionnement. Voici un processus général d'étapes pour aider les responsables et les techniciens à démarrer :

### **III.5.1 Cas d'une électrovanne défectueuse sur le compresseur**

#### **III.5.1.1 Description de la défaillance**

En remarque que le compresseur marche en charge et ne se mit pas à vide, une augmentation de pression continue et cette dernière dépasse la consigne de régulation qui est de 36 bars cela a provoqué l'arrêt de compresseur, par conséquence les techniciens sont allés au couloir des compresseurs pour inspecter le problème

**Étape 1 :** Soyez conscient d'un dysfonctionnement détecté dans le système

Une fois détectée, la défaillance de la machine doit être confirmée par des techniciens sur place. S'il est prouvé qu'il n'y a pas de défaut, le système est généralement remis en service. Cependant, si un dysfonctionnement est confirmé, des actions de maintenance correctives doivent être prises. Normalement, un rapport de défaillance doit également être rempli avant d'effectuer des tâches de maintenance corrective.

**Étape 2 :** Localiser le défaut à un équipement spécifique du système.

La localisation des défauts, parfois appelée isolement des défauts, est le processus qui consiste à déterminer l'emplacement d'un défaut dans la mesure nécessaire pour effectuer la réparation. Dans le contexte de la maintenance corrective, il s'agit de localiser le défaut dans un équipement spécifique du système. Les techniciens doivent identifier dans quel équipement de l'ensemble du système la panne s'est effectivement produite.

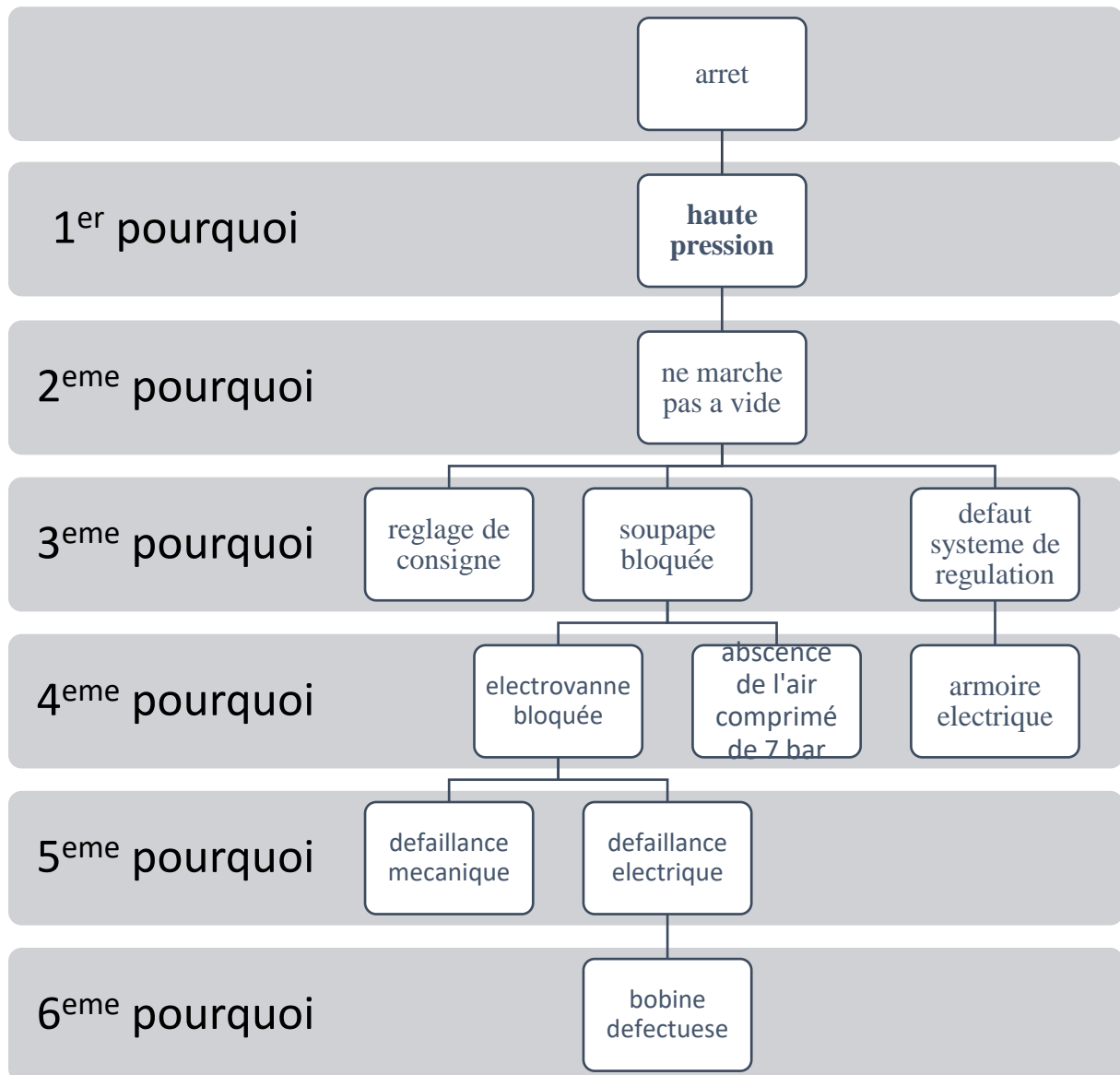


Figure III.5 Organigramme des cinq pourquoi

**Étape 3** : Diagnostiquer le problème

Après avoir identifié l'endroit exact de la panne, on procède au diagnostic de la partie défectueuse de l'équipement. Certains matériels, logiciels ou autres moyens documentés sont généralement utilisés pour déterminer la cause du dysfonctionnement. Dans la plupart des machines, une capacité de test intégrée avec des composants matériels et/ou logiciels existants peut aider à diagnostiquer le problème d'une pièce défectueuse.

**Étape 4** : Réparation ou remplacement de la pièce ou de l'élément défectueux de l'équipement.

Dans le processus de maintenance corrective, c'est lorsque les techniciens mettent en œuvre des corrections telles que la réparation ou le remplacement de pièces de machines, entre autres actions. Cette étape peut également être appelée « correction des défauts », c'est-à-dire que des tâches de maintenance sont effectuées pour rectifier le dysfonctionnement. Les mesures de base

de la maintenabilité, comme le temps moyen de réparation ou le temps de maintenance, englobent souvent cette étape.

**Étape 5 :** aligner et calibrer la pièce réparée ou nouvelle par rapport au système.

Après avoir corrigé l'élément défectueux, on procède généralement à l'alignement et à l'étalonnage, ce qui marque le début de la vérification, c'est-à-dire la série de tests effectués sur l'élément pour déterminer son état ou son statut. Il est crucial d'effectuer les ajustements nécessaires lors de la restauration d'un élément à un fonctionnement spécifique. En outre, une comparaison d'un dispositif de mesure avec une norme établie et un alignement ultérieur doivent être appliqués afin d'éliminer les déviations.

**Étape 6 :** Nettoyer et lubrifier l'équipement en conséquence Après l'étalonnage, un contrôle de la contamination et une lubrification sont généralement effectués pour maintenir l'article en bon état de fonctionnement. Il est essentiel d'utiliser un lubrifiant propre et en quantité suffisante. Un nettoyage approfondi de l'équipement et de ses composants permet non seulement de découvrir plus facilement les problèmes potentiels et de prolonger la durée de vie, mais aussi d'améliorer la fiabilité et de réduire les coûts.

**Étape 7 :** Valider les performances avant de remettre le système en service

Enfin, des tests doivent être effectués afin de vérifier que les performances de l'article ont atteint l'état spécifié. Cette étape complète le contrôle et l'échantillon général d'un processus de maintenance corrective. Si les résultats révèlent que l'élément relatif à l'équipement fonctionne de manière satisfaisante, alors le système peut être remis en service et les opérations commerciales peuvent reprendre.

## **III.6 Organisation de l'intervention**

### **III.6.1 Consigne de sécurité**

L'équipe de maintenance doit suivre des instructions strictes pour garantir le bon déroulement de l'intervention et la sécurité contre les accidents de travail

- Assurer l'arrêt totale de compresseur
- Débrancher l'alimentation électrique
- Acquérir les outils nécessaires à réaliser la tâche
- Bien nettoyer le site de travail ainsi que le compresseur (avant et après).
- Porter les chaussures de sécurité et la blouse de travail.

### **III.6.2 Ordre de travail**

Pour mobiliser l'équipe de maintenance il faut un ordre de travail de la part de leur responsable décrivant la nature d'intervention et le niveau de maintenance.

Date:     /     /	<b>DEMANDE D'INTERVENTION</b>	N° DI:
Zone d'atelier : _____	Type : _____	Système : _____
Marque : _____		Energies : _____
Demandeur : _____	Date de la demande : ____/____/____	Degré d'urgence : 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>
Interferants: _____		Service (classes): _____
NATURE de L'INTERVENTION		
<b>CONSIGNES DE SECURITE :</b> Port de chaussures de sécurité & blouse obligatoire <input type="checkbox"/> Intervention après mise HORS ENERGIES du système	<b>TYPE D'INTERVENTION :</b> - <input type="checkbox"/> Dépannage - <input type="checkbox"/> Réparation - <input type="checkbox"/> Réglage-contrôle - <input type="checkbox"/> Reconstruction - <input type="checkbox"/> Rénovation - <input type="checkbox"/> Défaillance partielle - <input type="checkbox"/> totale d'origine <input type="checkbox"/> Mécanique - <input type="checkbox"/> Elec. - <input type="checkbox"/> Pneuma. - <input type="checkbox"/> Hydra. - <input type="checkbox"/> Sécurité -	

Figure III.6 Demande d'intervention

### III.6.3 Gestion de personnel

Le personnel est orienté selon le type de défaillance qu'elle soit électrique, mécanique ...etc.

Après avoir diagnostiquer le compresseur un spécialiste compétent dans son domaine est désigné pour la réparation dans certains cas l'intervention des techniciens de différents domaines est exigée dans le cas d'une défaillance compliquée ou plusieurs défaillances à la fois.

### III.6.4 Bon de sortie de pièce de rechange du magasin

Après avoir détecter la défaillance et la pièce défectueuse une commande est délivrée au magasin de stock elle contient plusieurs informations tel que la référence de la pièce la quantité le nom de demandeur ainsi que le nom de magasinier

**BON DE SORTIE DE MAGASIN COURANT**

DATE  N°

<b>SERVICE DEMANDEUR</b>	<b>SERVICE DESTINATAIRE</b>	<b>LANCEMENT</b>	<b>A IMPUTER</b>

N° DE REFERENCE	DÉSIGNATION DE LA MATIÈRE OU DE L'ARTICLE	QUANTITÉ		PRIX	
		DEMANDÉE	LIVRÉE	UNITAIRE	TOTAL

<b>VISA DEMANDEUR</b>	<b>VISA ET TAMPON MAGASIN</b>	<b>VISA FICHIER</b>	<b>CIRCUITS DES BONS</b>
			Rose → Demandeur Vert → Dem. Mag. → Fichier → Comp. Inst. Bleu → Dem. Mag. → Dest. de la marchandise

Modèle Ag. n. 1439  
34800 NOURÈZE

Figure III.7 Bon de sortie de magasin courant

### III.6.5 Rapport d'intervention

Le rapport d'intervention doit être écrit par l'intervenant ou il fait une description de l'opération et noter les observations, l'objectif du rapport est d'archiver les interventions et créer une historique pour la machine afin de faciliter la diagnostique lors des prochaines défaillances, faire les statistiques financières, améliorer la maintenance préventive...etc.

## FICHE INTERVENTION

<b>Client</b>		<b>Date de la demande</b>	
<b>Type</b>	<input type="checkbox"/> Installation <input type="checkbox"/> Maintenance <input type="checkbox"/> Contrôle <input type="checkbox"/> Autre :		

**Equipement**


---

<b>Marque, modèle et type</b>	
-------------------------------	--

**Détails de l'intervention**


---

<b>Intervenant(s)</b>		<b>Date</b>		<b>Fin</b>	
		<b>Début</b>		<b>Durée</b>	
<b>Nature de l'intervention</b>					
<b>Observations</b>					

**Produits**


---

Ref.	Produit	Qté	PU HT	Total HT
			<b>Total HT</b>	
			<b>TVA %</b>	
			<b>Total TTC</b>	

**Signature de l'intervenant**


---

**Signature du client**


---

Figure III.8 Fiche d'intervention

### **III.7 Analyse de la stratégie**

La maintenance systématique est une opération de maintenance réalisée par un technicien de manière régulière selon un certain cycle de temps. En général, sa fréquence est déterminée par le constructeur, mais peut aussi être ajustée selon l'utilisation qui en est faite. Ainsi, on peut réaliser des opérations de maintenance systématique toutes les trois semaines de fonctionnement ou selon d'autres variables (nombre de cycles, de pièces produites, etc.). Dans certains cas, l'opération peut être programmée selon l'historique des pannes ou des défaillances, en s'appuyant sur des données historiques ou l'expérience du personnel.

La maintenance systématique est une opération de routine dans le sens où elle est planifiée et organisée et est souvent simple et rapide. Ce n'est normalement pas une tâche trop dérangeante pour la ligne de production, même si elle requiert un arrêt momentané qui doit être anticipé. Les routines de maintenance systématique sont capables de fournir des résultats rapidement et peuvent mettre en lumière l'état de vos actifs industriels. Vous savez ainsi où vous en êtes dans votre cycle de vie et pouvez également détecter et corriger d'éventuels problèmes avant qu'ils ne se produisent.

La maintenance systématique peut toutefois coûter cher sur le long terme, car elle est automatique et peut s'avérer inutile dans bien des cas. Cela signifie qu'elle représente du temps perdu dans la production, et mobilise vos équipes techniques sans que vous ne sachiez vraiment si elle est nécessaire.

Au niveau du notre compresseur les techniciens ont à chaque fois fait des remarques à propos de plusieurs pièces qui sont changées dans un bon état et qui aurait pu performer encore et ça va influencer directement la rentabilité de la maintenance.

Comme exemple on prend les segments soit les segments porteurs ou d'étanchéités, ils sont très chers et toujours remplacés avant leur usure.

Les équipés sont parfois mobilisés

### **III.8 Conclusion**

Dans ce chapitre on a présenté la stratégie de maintenance adopté par FRUITAL soit le plan de maintenance systématique donné par le constructeur et l'organisation de l'intervention corrective puis on s'est terminé par l'analyser.

# CHAPITRE IV

## Amélioration du plan de maintenance

## IV.1 Introduction

Ce chapitre on fait le sujet d'une amélioration ou on passe de la maintenance systématique vers conditionnelle, alors on aborde les différentes étapes de mise en place d'un plan de maintenance préventive, depuis l'analyse des équipements jusqu'à la rédaction de la documentation. Dans une première étape, nous décrirons les différents outils qui permettent d'analyser les défaillances pouvant intervenir sur chacun des organes d'un équipement. Puis dans un deuxième temps, nous prendrons en exemple d'un compresseur, pour décrire les différentes étapes de la mise en place d'un plan de maintenance préventive.

## IV.2 La 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.

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 Etc.

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa

compréhension autorise la prise de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle.

La surveillance est soit périodique, soit continue.

Avantage : la connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale.

Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement.

Cette méthode de maintenance, pour être efficace, doit dans tous cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel. Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques) ; ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel.

Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être de plus en plus fiables, la

proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle.

#### **IV.2.1.1 Différentes formes**

- forme stricte : suivi continu : des capteurs sont fixés en permanence à la machine. Reliés à une chaîne de télémessure, ils permettent d'obtenir un signal d'alarme, un arrêt automatique du fonctionnement, un enregistrement continu des paramètres mesurés.
- Forme large : suivi périodique : l'intervalle entre opérations de surveillance doit être proportionné à la vitesse de dégradation estimée, de façon à éviter des défaillances survenant entre les surveillances.
- Forme intégrée : pas de surveillance : la prise en compte de la maintenance conditionnelle dès la conception permet de simplifier l'instrumentation. Exemple : témoin d'usure de plaquette de frein automobile.

#### **IV.2.1.2 Conditions de mise en place**

- La condition première est que le matériel s'y prête (existence d'une dégradation progressive et détectable) et qu'il mérite cette prise en charge (criticité du matériel).
- Pour que le matériel s'y prête, il est nécessaire de trouver une corrélation entre un paramètre mesurable et l'état du système. Exemple :
  - paramètres physiques divers (pressions, débit, températures...);
  - niveau de vibrations et de bruits (décibel dB);
  - fréquences de vibration;
  - teneur en résidus d'usure (analyse de lubrifiant);
  - épaisseurs de sous-couches, par contrôle non destructif.
- Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer le seuil d'admissibilité, suivant le temps de réaction et la vitesse de dégradation, on fixera un seuil d'alarme.

Au niveau de FRUITAL ce type de maintenance est très approprié car ça va réduire énormément les frais de maintenance ainsi que le nombre de l'intervention.

### **IV.3 Analyse préalable nécessaire a la mise en place d'un plan de maintenance préventive**

Elaborer un plan de maintenance préventive, c'est lister et décrire toutes les opérations de maintenance préventive qui devront être effectuées sur chacun des organes d'un équipement. La réflexion sur l'affectation des opérations de maintenance se fait en balayant chacun de ces organes et en tenant compte de son utilisation, de sa technologie, de son risque de défaillance et de son impact sur la production et sur la sécurité (humaine, produit fini et matérielle). L'affectation des opérations de visite ou de contrôle a donc pour objet la détection des dysfonctionnements pouvant intervenir sur chacun des organes d'un équipement, et les effets que ces dysfonctionnements pourraient induire. Pour chaque organe, lors de l'affectation des opérations, on se pose la question «est-ce nécessaire et est-ce suffisant?», et ce afin de conforter la réflexion.

### IV.3.1 Etats et évènement relatif à un bien

Dans le monde industriel actuel, la course à la rentabilité ne permet pas de faire l'impasse sur la recherche d'une plus grande efficacité d'exploitation des équipements. La mise en place d'un plan de maintenance préventive permet d'optimiser les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment. L'objectif étant d'améliorer le taux de disponibilité des équipements et ainsi d'augmenter la productivité de l'entreprise. Un tel plan vise à réduire les coûts des pannes mais aussi ceux de la maintenance. En effet, la plupart des réparations et immobilisations coûteuses peuvent être réduites ou évitées par un entretien constant et préventif. La disponibilité est définie comme « l'aptitude d'un dispositif, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de la logistique de maintenance, à remplir ou à être en état de remplir une fonction à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné » (Norme Française. NF EN 13306 X 60-319)

Cette définition comporte trois parties importantes :

- « . . . sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de la logistique de maintenance,

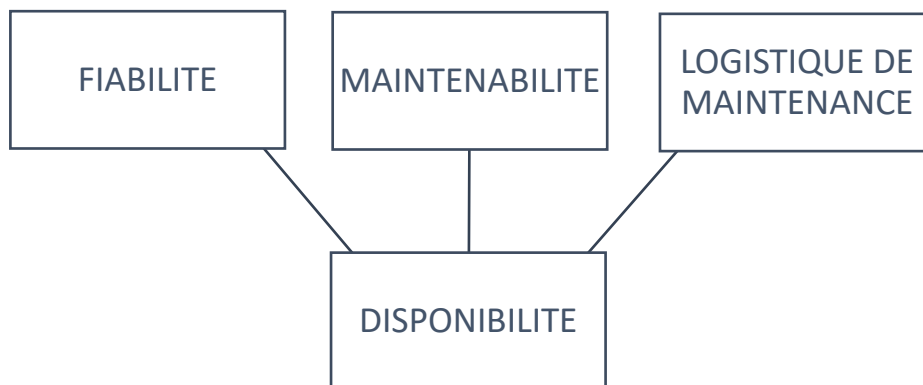


Figure IV.1 facteurs importants de disponibilité

La disponibilité est impactée par trois facteurs : la fiabilité, la maintenabilité et la logistique de maintenance.

Il est facile de concevoir que plus la fiabilité et la maintenabilité sont élevées (respectivement, moins de défaillances et temps de réparation plus faibles), meilleure sera la disponibilité. Le terme «logistique de maintenance» désigne l'organisation autour du dispositif, souvent génératrice de temps annexes : attente de pièces de rechange, attente des techniciens de maintenance, temps nécessaire à la consignation de certaines installations avant l'intervention,... Ces temps annexes ne modifient pas la maintenabilité des dispositifs (il s'agit d'une caractéristique intrinsèque du matériel), mais s'ajoutent aux temps de réparation, ils diminuent donc la

disponibilité.

- « ... à remplir ou en état de remplir une fonction, ... »

Le dispositif doit être opérationnel, c'est-à-dire soit en état de marche, soit prêt à fonctionner mais non utilisé.

En effet, un dispositif peut être disponible (opérationnel) sans être en état de fonctionnement : c'est le cas, par exemple, d'un équipement de production en attente de produits (matières premières, articles de conditionnement...). Par contre, le dispositif est indisponible lorsqu'il fait l'objet d'opération de maintenance nécessitant son arrêt. C'est pourquoi trop de maintenance préventive peut conduire à une diminution de la disponibilité.

- « ... à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné... »

La disponibilité est exprimée, dans tous les cas, par un pourcentage, mais il y a lieu de distinguer la disponibilité instantanée et la disponibilité stationnaire. On parlera de disponibilité instantanée lorsque l'on s'intéresse à l'état d'un dispositif à un instant donné. La disponibilité instantanée est alors définie comme la probabilité que le dispositif Soit opérationnel à cet instant donné.

On parlera de disponibilité stationnaire lorsque l'on s'intéresse à l'état« moyen» d'un dispositif dans un intervalle de temps donné. La disponibilité stationnaire est alors définie comme la proportion du temps durant lequel le dispositif reste opérationnel. Dans une organisation en flux tendus (juste à temps), le dispositif doit être disponible à l'heure prévue pour le lancement du lot de fabrication. Il s'agit alors d'une préoccupation de disponibilité instantanée.

Dans une organisation en flux poussés (production sur stocks), le dispositif doit être disponible, par exemple, pendant 90 ou 95 % du temps possible de production. Les stocks permettent alors de

rendre transparents pour les clients les 5 ou 10 % d'indisponibilité. Il s'agit ici d'une préoccupation de disponibilité stationnaire

### **IV.3.2 Fiabilité et maintenance des équipements industriels**

L'évaluation de l'état de dégradation des équipements industriels s'avère un élément indispensable à la définition des opérations de maintenance destinées à garantir, pour un coût maîtrisé et préétabli, un niveau maximum de disponibilité et de sécurité de ces équipements. En termes de statistique, la fiabilité est une fonction du temps  $R(t)$ , qui représente la probabilité de bon fonctionnement d'un matériel

En termes de qualité, la fiabilité d'un matériel est définie comme l'aptitude à maintenir l'entité identique à sa spécification d'origine Il existe deux types de fiabilité

- La fiabilité intrinsèque, qui est propre à un matériel, selon un environnement donné elle ne dépend que de la qualité de ce matériel

- La fiabilité extrinsèque, qui résulte des conditions d'exploitation et de la qualité de la maintenance ; elle est relative à l'intervention humaine.

La fiabilité peut être estimée par le taux de défaillance  $\lambda(t)$  (exprimé en pannes par heure). Il est présenté par le rapport :

$$\lambda = \text{Nombre de défaillances} / \text{Durée d'usage}$$

Ainsi, liée aux risques de défaillance, la vie des équipements se présente en trois phases :

- Phase de jeunesse :  $\lambda(t)$  décroît rapidement. C'est la période de mise en service et de rodage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage. Dans cette phase, seule la maintenance corrective est applicable.
- Phase de maturité :  $\lambda(t)$  est pratiquement constant. C'est la période de vie utile où les défaillances apparaissent sans dégradation préalable visible, pour des causes diverses. Le taux de défaillance est constant ou légèrement croissant, correspondant au rendement optimal de l'équipement. Dans cette phase une maintenance préventive est applicable.
- Phase de vieillesse :  $\lambda(t)$  croît rapidement. Un mode de défaillance prédomine et entraîne une dégradation accélérée : c'est la période d'obsolescence, souvent due à l'usure mécanique, la fatigue, l'érosion ou la corrosion. A un certain point de  $\lambda(t)$  le matériel est hors service. Une maintenance préventive conditionnelle peut éventuellement être mise en place.

Dans la première phase, seule la maintenance corrective est pratiquée. C'est seulement dans la seconde phase (phase de maturité) qu'intervient la maintenance préventive. La figure 13, représentant la variation du taux de défaillance en fonction du temps, est appelée « courbe en baignoire ».

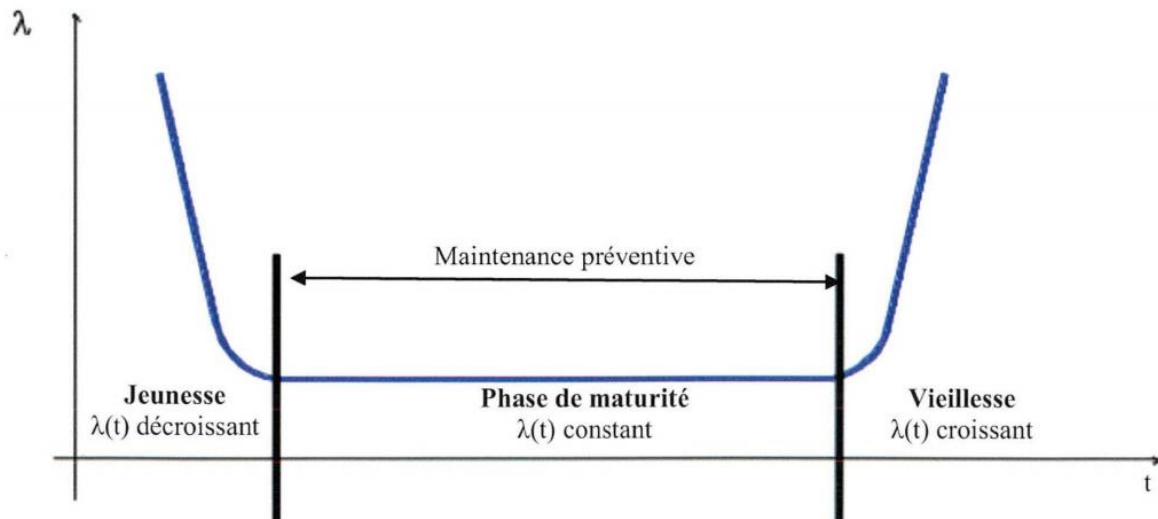


Figure IV.2 Courbes de baignoire

Cette courbe en baignoire montre bien que la maintenance préventive n'est réellement justifiée que pour la phase de maturité. Dans cette période, le taux de défaillance est sensiblement

constant et égal à l'inverse de l'indice de fiabilité : MTBF (Mean Time Between Failure). La MTBF, ou moyenne des temps de bon fonctionnement, est la valeur moyenne des temps entre deux

défaillances consécutives. Ainsi faut-il retenir que durant la phase de maturité de l'équipement, le taux de défaillance est constant :

MTBF = Somme des Temps de Bon Fonctionnement/ nombre de défaillances.

Et

MTBF =  $1/\lambda$

Le concept de maintenabilité. La maintenabilité est aussi une notion importante à prendre en considération lors de la mise en place d'un plan de maintenance préventive. Dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité d'une entité est son "aptitude à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et moyens prescrits" (Norme NF EN 13306X60-500). La maintenabilité caractérise donc la faculté à remettre ou à maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Elle dépend de nombreux facteurs, décrits dans le tableau 2. Ces facteurs peuvent être liés à l'équipement, au constructeur ou au service de maintenance.

Tableau IV.1 facteurs influençant la maintenabilité

Facteurs liés à l'équipement	Facteurs liés au constructeur	Facteurs liés à la maintenance
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentation</li> <li>- Aptitude au démontage</li> <li>- Facilité d'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception</li> <li>- Facilité d'obtention des pièces de rechange</li> <li>- Coût des pièces de rechange</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation et formation des personnels</li> <li>- Moyens adéquats</li> <li>- Etudes d'améliorations (maintenance améliorative)</li> </ul>

La maintenabilité d'un équipement peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore temps moyen pour réparer. L'indicateur MTTR est calculé en additionnant les temps actifs de maintenance ainsi que les temps annexes de maintenance, le tout divisé par le nombre d'interventions.  $MTTR = \text{Temps d'arrêt Total} / \text{nombre d'arrêts}$

Les temps actifs regroupent l'ensemble des temps :

- de localisation de la défaillance
- de diagnostic
- d'intervention
- de contrôles et d'essais.

Les Temps annexes comprennent les temps :

- de détection
- d'appel à la maintenance
- d'arrivée de la maintenance
- propres à la logistique de l'intervention.

#### **IV.4 Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité**

##### **(AMDEC)**

Dans le cas d'organes spécifiques et mal connus, une analyse de type AMDEC peut s'avérer nécessaire. La réalisation d'une AMDEC permet de considérer les causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production. Il s'agit d'une analyse critique qui se déroule en six étapes (figure 14). Cette analyse a pour objectif d'identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines, puis à en rechercher les origines et leurs conséquences.

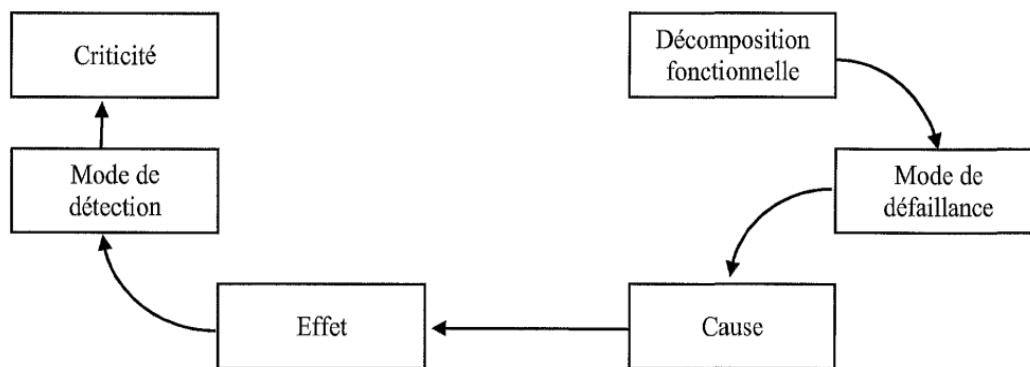


Figure IV.3 Les étapes d'analyse AMDEC

### Décomposition fonctionnelle.

Il s'agit d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement.

#### IV.4.1 Modes de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Ceci peut intervenir de quatre manières différentes :

- Plus de fonction : la fonction cesse de se réaliser.
- Pas de fonction : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite.
- Fonction dégradée : la fonction ne se réalise pas parfaitement : altération des performances.
- Fonction intempestive : la fonction se réalise alors qu'elle n'est pas sollicitée.

Le tableau 3 illustre par des exemples les différents modes de défaillances que ce soit pour des composants électriques, hydrauliques ou mécaniques.

Tableau IV.2 modes des défaillances

Modes de défaillance	Composants électriques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
<b>Plus de fonction</b>	- composant défectueux	- composant défectueux - circuit coupé ou bouché	- blocage / grippage - rupture
<b>Pas de fonction</b>	-composant ne répondant pas à la sollicitation dont il est l'objet - connexions débranchées - fils desserrés	- connexions / raccords débranchés	
<b>Fonction dégradée</b>	- dérive des caractéristiques	- mauvaise étanchéité - usure	- désolidarisation -Jeu
<b>Fonction intempestive</b>	- perturbations (parasites)	- perturbations (coups de bélier)	

### Causes de défaillance.

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance.

Il existe trois types de causes conduisant à une défaillance :

- Causes internes au matériel.
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu, à l'exploitation.
- Causes externes dues à la main d'œuvre.

Le tableau 3 illustre, par des exemples, les différentes causes de défaillance\_ que ce soit pour des composants électriques, hydrauliques ou mécaniques.

Tableau IV.3 causes de défaillances

<b>Causes de défaillance</b>	<b>Composants électriques</b>	<b>Composants hydrauliques</b>	<b>Composants mécaniques</b>
<b>Causes internes. Matériel</b>	- vieillissement - composant HS	- vieillissement - composant HS - colmatage - fuites	- contraintes mécaniques - fatigue mécanique - états de surface
<b>Causes externes Milieu d'exploitation</b>	- pollution (poussières, huile, eau) - chocs - vibrations - échauffement local - parasites, etc.	- pollution (poussières, huile, eau) - vibrations - échauffement local - choc, coup de bélier	- pollution (poussières, huile, eau) - vibrations - échauffement local - choc
<b>Causes externes Main d'œuvre</b>	- montage - réglages - mise en œuvre - utilisation	- montage - réglages - mise en œuvre - utilisation	- conception - montage - réglages - mise en œuvre - utilisation

**Effet de la défaillance.**

L'effet d'une défaillance est, par définition, la conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple mode-cause de la défaillance et correspond à la perception finale de celle-ci. Exemple : arrêt de production, détérioration d'équipement, pollution, etc.

**Mode de détection.**

Le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur est susceptible de détecter la présence d'une défaillance.

Exemple : détection visuelle, élévation de température, odeurs, bruits, ...

### IV.4.1.1 Criticité.

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par l'analyse du scénario mode-cause-effet détection de défaillance. La criticité est alors évaluée à partir de la combinaison de trois

facteurs (tableau 5 et 6) :

- La gravité de l'effet.
- La fréquence d'apparition du couple mode-cause.
- La possibilité d'utiliser des signes de détection.

Tableau IV.4 facteurs d'évaluation de la criticité

<b>Gravité G : Impact des défaillances sur le produit ou l'outil de production</b>			
1	Sans dommage: défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de production et aucune dégradation notable du matériel.	3	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessitant une intervention importante
2	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de production et nécessitant une intervention mineure.	4	Catastrophique : défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes majeurs.
<b>Fréquence d'occurrence 0 : Probabilité d'apparition d'une cause ou d'une défaillance.</b>			
1	Exceptionnelle : la possibilité de défaillance est pratiquement inexistante.	3	Certaine : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé.
2	Rare : une défaillance occasionnelle s'est déjà produite ou pourrait se produire.	4	Très fréquente : il est presque certain que la défaillance se produira souvent.
<b>Non-détection D : Probabilité de la non-perception de l'existence d'une cause ou d'une défaillance.</b>			

1	Signes avant-coureurs : l'opérateur pourra détecter facilement la défaillance.	3	Aucun signe : la recherche de la défaillance n'est pas facile.
2	Peu de signes : la défaillance est décelable avec une certaine recherche.	4	Expertise nécessaire : la défaillance n'est pas décelable ou encore sa localisation nécessite une expertise approfondie.

L'indice de criticité, qui vise à évaluer le niveau de risque associé à la fonctionnalité d'un équipement permet de décider l'action à entreprendre (tableau 6). Cet indice est déterminée par :

*Indice de criticité (C)*

*= Indice de Gravité (G) x Indice de fréquence d'Occurrence (O) x*

*"Indice de non Détection (D)"*

Tableau IV.5 echelle de criticité (C=G\*O\*D)

Criticité (C)	Action à entreprendre
$C < 16$	Ne pas tenir compte
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif fréquence faible
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif fréquence élevée
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration
$48 \leq C$	Reprendre la conception

Pour bâtir un plan de maintenance préventive, l'utilisation d'une matrice de défaillance simplifiée, à deux indices (Tableau 7), peut être suffisante :

- Préventif de fréquence élevée pour A 1, A2, A3, B 1, B2 et C 1.
- Préventif de fréquence faible ou pas de préventif pour B3 et C2.
- Pas de préventif pour C3

Tableau IV.6 matrices des défaillances

Echelle d'occurrence		Probable	Possible	Quasi impossible
Classe de gravité		A	B	C
Très critique (arrêt de production)	1			
Critique (ralentissement ou risque d'arrêt dans quelques jours)	2			
Sans influence (la dégradation ne peut avoir une influence qu'à moyen terme)	3			

#### IV.4.1.2 Analyse de défaillance de compresseur

En suivant les étapes de l'analyse AMDEC on a réalisé le tableau au-dessous où les modes, les causes et les effets des défaillances sont notés pour faciliter leur détection.

Analyse des défaillances							
Equipement	Sous-ensemble	Organe	Fonction	Défaillances fonctionnelles potentielles	Conséquences de la défaillance	Cause potentielle (défaillance matérielle)	
COMPRESSEUR ABC 20/18	Moteur	Moteur	Transmission de mouvement	Blocage moteur	Arrêt compresseur	1- Roulement endommagés 2- corps étranger 3- Hélice de refroidissement hennommagé 4- Moteur grillé 5- Echauffement du moteur	
		Variateur de fréquence	Commander le moteur	Défaut variateur	Arrêt compresseur	1- Déséquilibre des phase 2- Disjoncteur ou contacteur endommagés 3- Variateur male paramétré 4- Variateur endommagé 5- pousstere 6- humidité	
		Armoire électrique	Commander le compresseur	Dysfonctionnement	Arrêt compresseur	1- Composants électrique endommagé	
	Compresseur		Les etages	Compression de l'air	Mauvaise compression	Déséquilibre de compression	1- Soupapes endommagées 2- Segments d'étanchéité endommagés 3- Segments porteurs endommagés 4- Piston endommagé 5- Cylindre endommagé
			Les échangeurs	Refroidissement de l'air	T° élevée au niveau des étages	Arrêt compresseur	1- Pompe de circulation endommagée 2- Manque d'eau
			Courroies	Transmission	Pas de transmission	Arrêt compresseur	1- Courroies males tendus 2- Courroies endommagés 3- corps étranger
			Circuit de d'huile	Lubrification des etages	Pas de lubrification	Arrêt compresseur	1- Pompe d'huile endommagée 2- garnitures d'huile endommagé
			Purgeurs automatique (bicomat)	Purge de condensa	presence d'eau dans le réservoir	Arrêt compresseur	1- Purgeurs endommagés 2- Conduite bouchée
	Secheur		Partie réfrigérative	Eliminer l'humidité	Air humide	Arrêt compresseur	1- compresseur endommagé 2- Manque de fréon (fuite) 3- Bouchage au niveau de tendeur
			Tour de refroidissement	Pompe de circulation	Circulation d'eau	T° élevée	Arrêt compresseur
	Extracteur	roidissement de circuit d'		T° élevée	Arrêt compresseur	1- Extracteur endommagé	

Figure IV.4 analyse des deaillances du compresseur

## **IV.5 Mise en place d'un plan de maintenance préventive conditionnelle sur le « COMPRESSEUR 4HA-6-TER-LT »**

Les outils d'analyse, exposés dans la première partie de ce chapitre, ont été utilisés pour mettre en place un plan de maintenance préventive conditionnelle sur un compresseur de production d'air comprimé livré vers la ligne de production 20/18 dans la société de production alimentaire FRUITAL. Ce compresseur, sert ci-après d'exemple pour illustrer la démarche qui a été suivie pour l'élaboration d'un plan de maintenance préventive conditionnelle.

### **IV.5.1 Sources disponibles et utilisées**

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce chapitre, la réalisation d'un plan de maintenance préventive sur une ligne de conditionnement nécessite, au préalable, un important travail d'analyse. Ainsi, afin de déterminer les dysfonctionnements pouvant intervenir sur chacun des organes des équipements de la ligne liquide 1, et les effets que ces dysfonctionnements

portaient induire, plusieurs sources ont été utilisées :

- Les documents techniques des équipements.
- Les cahiers de suivi des équipements.
- Les cahiers de suivi de box.
- L'expérience de chacun (opérateurs, techniciens de maintenance, responsable de production,). 35

### **IV.5.2 Documents techniques des équipements**

Ces documents permettent de connaître d'une manière approfondie la machine à étudier. En général, on peut trouver les renseignements suivants :

- Précautions particulières.
- Consignes de sécurité.
- Paramètres de surveillance, de réglage.
- Modes opératoires de maintenance.
- Types et références des articles.
- Type de lubrifiant, consommables.
- Pièces d'usure, pièces de rechange.
- Schémas électriques.

#### **IV.5.2.1 Cahiers de suivi des équipements**

Ces documents contiennent toutes les opérations de maintenance, de nettoyage et de remplacement de pièces qui ont été effectuées sur un équipement (il existe un cahier pour chaque équipement de la ligne liquide 1). Cet historique permet de déterminer la nature et la fréquence d'apparition des défaillances, la fréquence des dépannages, et ainsi est-il possible de :

- Trouver les outils pour détecter les défaillances avant leur apparition.

- Déduire la périodicité des opérations de contrôle.
- Calculer la fréquence de remplacement systématique de telle ou telle pièce.

#### **IV.5.2.2 Cahier de suivi de box**

Ce cahier trace tous les évènements ou actions se déroulant dans un box de la zone production et plus particulièrement :

toute opération de pesée, fabrication ou conditionnement (ex : production, changement de lot, mise en place de clichés, prise de poste, tri, ...).

Toute opération de nettoyage (équipements, locaux, ...).

Toute opération de maintenance (remplacement de pièces, réglages machines, ...).

Toute autre opération ponctuelle (validation, étalonnage, entretien des locaux, essai, ...).

#### **IV.5.2.3 Expérience des utilisateurs**

En général, les documents sont souvent insuffisants. Les avis des opérateurs de production et des techniciens de maintenance sont très intéressants. En effet, ils sont en contact direct avec les équipements, ce qui leur permet d'avoir une bonne connaissance des machines et de leurs défaillances récurrentes.

#### **IV.5.2.4 Définition des actions de maintenance à prévoir dans le plan.**

Suite au travail d'analyse effectué en amont, la démarche utilisée pour définir les actions de maintenance à entreprendre sur le compresseur est décrite ci-dessous

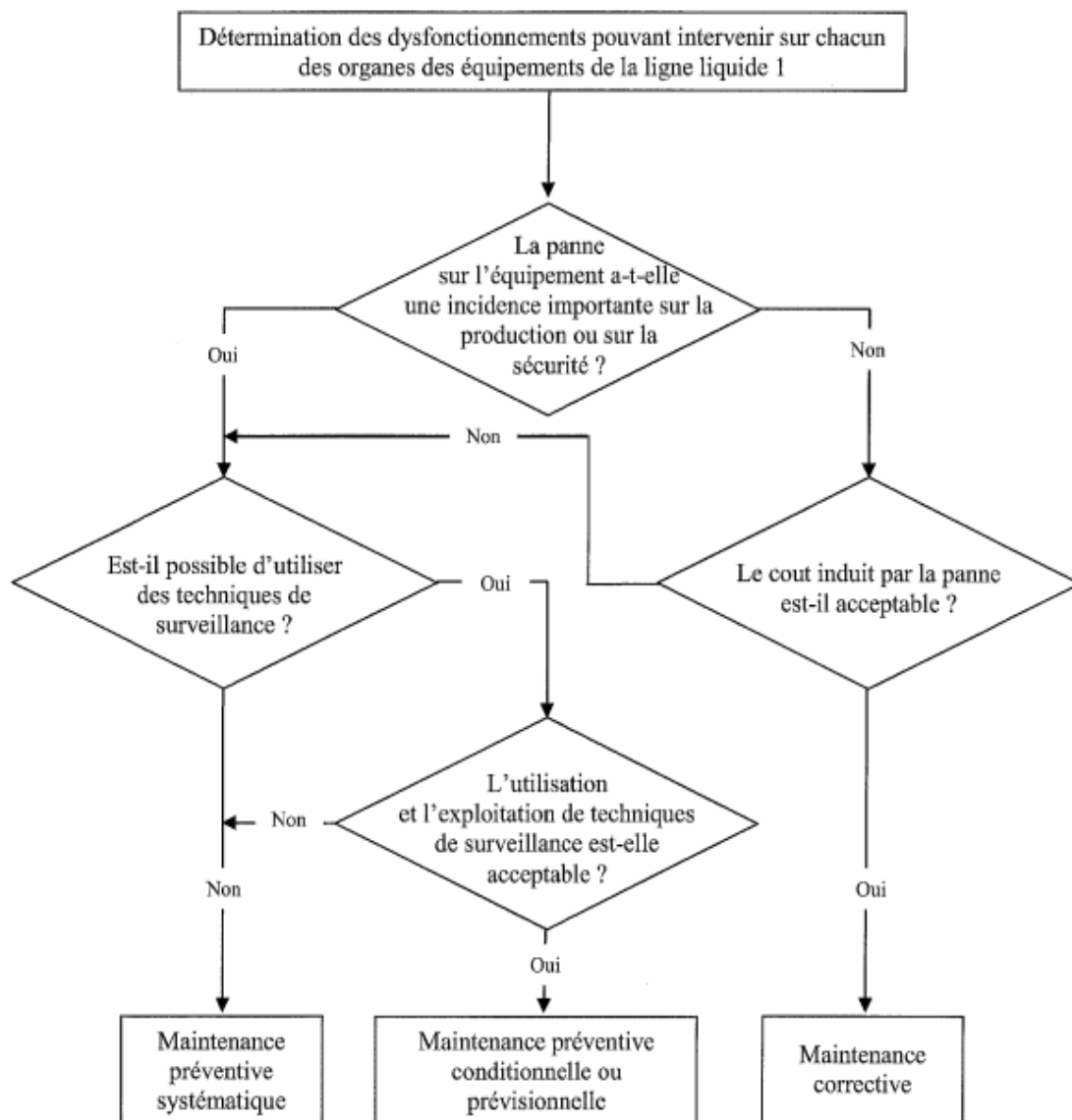


Figure IV.5 arbre decisionnel desactions de maintenance

L'arbre décisionnel de définition des actions de maintenance (figure03) Penner de déterminer les types de maintenance à effectuer sur chaque organe et pour chaque type de défaillance. L'étape suivante est de déterminer la fréquence d'apparition des défaillances afin de déterminer la périodicité de réalisation des actions de maintenance préventive sur le compresseur

### IV.5.2.5 Définition des périodicités des interventions de maintenance préventive sur le compresseur

Tableau IV.7 planning annuel de la maintenance préventive

PLANNING ANNUEL DE MAINTENANCE PREVENTIVE												
Compresseur	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
10/14												
14/20												
20/18												
10/10												

	Annuel
	Semestriel
	Mensuel

**Remarque : les compresseurs n'ont pas un temps d'arrêt précisé et ne s'arrête jamais à la fois, ils fonctionnent en alternance**

Idéalement, les périodicités d'intervention se déterminent à partir :

- Des préconisations du constructeur.
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement en maintenance corrective.
- De résultats fournis par les visites préventives initiales.
- D'une analyse prévisionnelle de : fiabilité (quantification d'un arbre de défaillance).
- D'une analyse de type AMDEC.

Dans tous les cas, la périodicité n'est pas fixée « une fois pour toute » ; elle doit, en effet, évoluer en fonction du retour de l'expérience et de l'évolution de l'équipement. L'optimisation des périodicités d'intervention se fait lors de la révision générale du plan de maintenance préventive.

#### Définition des périodicités.

Du fait du nombre élevé d'opération de maintenance préventive à effectuer et de la faible disponibilité des équipements, la périodicité des interventions a été déterminée, autant que possible, en fonction des niveaux de maintenance requis. 39 La maintenance mensuelle sur les équipements de compresseur ne sera constituée que de maintenance de premier niveau facile et rapide à mettre en œuvre : cette maintenance ne nécessite aucun démontage de l'équipement.

### **Documentation et stratégie de maintenance mis en place sur le compresseur .**

Aucune action technique importante ne peut se faire en maintenance sans référence documentaire. Un des rôles essentiels de la fonction maintenance est « d'assurer la maîtrise de la documentation relative aux équipements » avec pour objectif principal la connaissance technologique et opérationnelle des équipements. Cet objectif permet :

- Une préparation à des interventions plus sûres et plus efficaces.
- Une aide aux agents de maintenance.
- Une traçabilité des activités de terrain à des fins d'amélioration de l'organisation.
- Une analyse du comportement des matériels à des fins d'améliorations techniques et d'optimisation économique. La qualité du système documentaire en maintenance est une condition nécessaire à la qualité de la maintenance. Tout système de qualité implique :
  - D'écrire ce que l'on va faire ► préparation des interventions, définition des procédures.
  - De faire ce que l'on a écrit ► encadrer l'intervention.
  - D'écrire ce que l'on a fait ► traçabilité. 42

### **Modes opératoires.**

Les modes opératoires décrivent de manière détaillée l'ensemble des opérations de maintenance préventive à effectuer sur les équipements. Ce type de document permet une vision globale de toutes les actions à apporter sur un équipement d'une ligne de production. Il doit présenter un contenu adapté à l'intervenant devant réaliser l'intervention (lisibilité, schéma). Toutefois les explications fournies ne seront efficaces que si elles se suffisent à elles-mêmes ; pour cela elles doivent être claires, pratiques et formulées dans un langage accessible par l'utilisateur. Ainsi rédigés, les modes opératoires constituent à la fois un guide journalier, une image du savoir-faire de l'entreprise, et un support documentaire pour la formation du personnel.

### **Cahier de suivi des opérations de maintenance préventive.**

Des cahiers de suivi des opérations de maintenance préventive sont disponibles pour chaque équipement. Ils contiennent, sous forme de tableaux, la liste des opérations de maintenance préventive mensuelle, semestrielle et annuelle à effectuer sur chaque équipement. Ces cahiers permettent non seulement de tracer les opérations de maintenance préventive mais aussi de faire participer les intervenants à l'amélioration des plans de maintenance.

### **Cahier de suivi des équipements.**

Il fait partie de la documentation de maintenance qui enregistre les défaillances, pannes et informations relatives à la maintenance d'un bien. D'une manière plus globale, ce document recense la chronologie de toutes les défaillances et de toutes les interventions relatives à un équipement pendant une période significative. C'est le carnet de santé d'un équipement. Il contribue au suivi dans le temps de tous les équipements, et permet de retrouver facilement la chronologie des interventions.

**Plan de maintenance mensuelle**

A l'aide d'analyse de la défaillance et les informations initiales qu'on a sur le compresseur, on est arrivés à réaliser un plan de maintenance préventive qui rallie entre la maintenance visuel et la maintenance conditionnelle selon une échelle mensuelle, hebdomadaire et journalière.

Equipement	Sous-ensemble	Organe	Défaillances fonctionnelles potentielles	Tâche d'inspection	Limites	Etat de machine	Type d'inspection	Fréquence	Intervenant	Nbrs d'intervenant	Durée (minute)
COMPRES ABC 2018	Moteur	Moteur	Blocage ou dysfonctionnement du moteur	Vérifier le fonctionnement du moteur	Bon état/pas d'usure/Pas de bruit	M/A	V/A	170H	Opérateur	1	10Min
		Variateur de fréquence	Dysfonctionnement	Vérifier les paramètres du variateur	bons paramètres	A	M	700H	Electricien	1	20min
	Armoire Electrique	Armoire Electrique	Dysfonctionnement	Vérifier la partie électrique (serrage, différentiel,...)	Bon état/bon serrage	A	V/M	170H	Electricien	1	30min
			Température ou pression élevée	Vérifier les pressions (huile eau) sur les manomètres selon les plages de fonctionnements	Bonne	A	M	700H	Opérateur	1	20min
	Compresseur	Les etages de compression	Dysfonctionnement des purgeurs	Tester le bon fonctionnement des purgeurs	Bon état	M	M	24H	Opérateur	1	15min
			Mauvais fonctionnement des clapets	Vérifier le bon fonctionnement des clapets	Bon état	A	M	24H	Opérateur	1	10min
			Niveau d'huile insuffisant	Controler le niveau d'huile sur la jauge	Bon	A	M	24H	Opérateur	1	5min
			Dysfonctionnement des vannes	Controler les vannes	Bon état /pas d'usure	M	M	24H	Opérateur	1	5min
			Température élevée	Vérifier la température de l'eau	Bonne	M	M	24H	Opérateur	1	5min
			Température élevée	Vérifier la circulation d'eau au niveau des échangeurs	Bonne	M	M	24H	Opérateur	1	5min
	Echangeur	Echangeur	Température élevée	Vérifier les vannes	Bon état /pas d'usure	M	M	24H	Opérateur	1	5min
			Température élevée	Vérifier la température de l'eau	Bonne	M	V	24H	Opérateur	1	2min
			Température élevée	Vérifier la température et les pressions d'eau sur le manomètre selon la plage de fonctionnement	Bonne	M	V	24H	Opérateur	1	3min
	Courroies de transmission	Courroies de transmission	Mauvaise transmission	Vérifier les courroies	Bonne état/pas d'usure	A	V	170H	Opérateur	1	5min
			Température élevée	Vérifier la température ±3	Bonne	M	V	24H	Opérateur	1	2min
			Température élevée	Vérifier la valeur de la dureté de l'eau	Bonne	M	M	24H	Opérateur	1	2min
			Mauvaise aspiration	Vérifier l'aspiration	Bonne	M	M	24H	Opérateur	1	2min
	Secheur	Partie frigorifique	Mauvais refoulement	Vérifier le refoulement	Bonne	M	M	24H	Opérateur	1	2min
			Mauvaise circulation d'eau	Vérifier la pompe de circulation	Bonne/pas de bouchage	M	V	24H	Opérateur	1	2min
			Niveau d'eau de refroidissement	Vérifier le niveau du niveau	Bon	M	V	170H	Opérateur	1	2min
Tour de Refroidissement	Refrigerateur	Mauvais refroidissement	Vérifier les douchettes	Pas de bouchage	A	V	170H	Opérateur	1	10min	
		Température élevée	Vérifier le fonctionnement de l'extracteur	Bon état/ pas d'usure	A	V	170H	Opérateur	1	5min	
		Température élevée	Vérifier le fonctionnement de l'extracteur	Bon état/ pas d'usure	A	V	170H	Opérateur	1	5min	

Figure IV.6 plan de maintenance preventive

## Plan de nettoyage et lubrification

Ensemble	Sous-ensemble	Organe	Défaillances fonctionnelles	Tâche Lubrification / Nettoyage	Moyen / Outil	Etat de machine	Fréquence	Intervenant	Nbres d'intervenant	Durée (minutés)
COMPRE ABC 20/18	Moteur	Moteur	Moteur sale	Nettoyer le moteur	Chiffon/air comp	A	170H	Op	1	15min
			Mauvais graissage	Graisser du moteur	Graisse EP90	A	2000H	Op	1	20min
	Partie Electrique	Variateur de fréquence	Dysfonctionnement du variateur	Nettoyer le Variateur	Aspiration/air comp	A	170H	ELE	1	15min
			Armoire Electrique	Armoire électrique sale	Nettoyer l'exterieure de l'armoire électrique	Chiffon	A	170H	ELE	1
	Armoire Electrique	Dysfonctionnement	Nettoyer l'interieur de l'armoire électrique	Chiffon/aspiration	A	170H	ELE	1	20min	
			Compresseur sale	Nettoyer le compresseur	Chiffon/Eau/produit	A	170H	Op	2	30min
	Cylindres, bâti et chassis	Mauvais fonctionnement de compresseur	vindanger et changer l'huile	Nettoyer les filtres a Air	l'huile TISKA 100	A	8000H	Op	1	60min
			Nettoyer les filtres a Air	Air comp	A	170H	Op	1	15min	
			Echangeur sale	Nettoyer l'echangeur	Chiffon/leau	A	170H	Op	1	15min
	Secheur	Carénage	Carénage sale	Nettoyer le chassis	Chiffon/Eau	A	170H	Op	1	30mi
			Refrigerisseur	Filtre sale	Nettoyer le filtre	jet d'eau	A	170H	Op	1
	Tour de Refroidissement	Mauvaise qualité d'eau (T° élevée)			Vidanger le bac d'eau	jet d'eau et grattoir	A	1400H	Op	1
			Extracteur de chaleur	Blocage de l'extracteur	Nettoyer l'extracteur	Brosse/air comp	A	170H	Op	1

Figure IV.7 plans de lubrification et et nettoyage

## **IV.6 L'effet de la maintenance préventive conditionnelle sur la rentabilité**

La maintenance conditionnelle constitue également une opération de maintenance préventive. Celle-ci n'est, en revanche, réalisée qu'en cas de besoin réel. Elle se base sur des données et des indicateurs réels qui suivent l'état de l'équipement. Si une machine montre régulièrement une perte de cadence ou des signes de baisse de rendement, cela signifie qu'une maintenance est à prévoir rapidement.

La maintenance conditionnelle nécessite donc un déclencheur qui va lancer la procédure de contrôle. Cela peut être un événement particulier, un diagnostic posé dans le cadre d'une maintenance systématique, un niveau d'usure ou un signal en particulier. C'est un type de maintenance qui peut aussi reposer sur l'utilisation de capteurs IoT capables de mesurer régulièrement l'activité de l'équipement (bruit, température, vibration, humidité, niveau de lubrifiant, etc.). En transmettant ces données en temps réel dans une plateforme dédiée, on peut mettre sous surveillance n'importe quel équipement afin de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Il est donc essentiel de savoir analyser et interpréter les résultats du comportement de l'équipement pour savoir comment prédire les risques de défaillance.

Les avantages de la maintenance conditionnelle sont nombreux, car elle permet de :

- choisir le meilleur moment pour procéder à l'intervention, en limitant les impacts sur la production ;
- n'intervenir qu'au bon moment pour ne pas se baser uniquement sur des intuitions ou des données statistiques basées sur une extrapolation pas toujours fiable ;
- limiter le coût de la maintenance en ne mobilisant vos équipes qu'au moment où c'est vraiment nécessaire ;
- mieux gérer vos pièces de rechange et vos stocks en évitant d'avoir à acheter des outils de maintenance et des équipements qui ne sont pas nécessaires ;
- faciliter la transition vers une smart maintenance, ou maintenance 4.0, où votre site industriel est connecté pour travailler plus efficacement grâce à un partage optimal des informations.

## IV.7 L'évaluation d'un plan de maintenance préventif

### IV.7.1 Ratios économiques

$$R1 = \frac{\text{Coûts de maintenance} + \text{Coûts d'indisponibilité}}{\text{Valeur ajoutée}}$$

Les coûts d'indisponibilité ou coûts de perte de production sont en général supérieurs aux coûts de maintenance. En premier lieu, il est préférable de chercher à les optimiser.

$$R2 = \frac{\text{Coût total de maintenance}}{\text{Valeur des actifs immobilisés à maintenir}}$$

Le ratio R2 demande une actualisation des valeurs actives immobilisées.

$$R3 = \frac{\text{Coût cumulé de maintenance depuis sa mise en service}}{\text{Nombre d'heures de fonctionnement depuis sa mise en service}}$$

L'évolution du ratio R3 dans le temps permet de suivre la rentabilité du matériel.

### IV.7.2 Ratios techniques

$$R4 = \frac{\text{Temps de réalisation de maintenance préventive}}{\text{Temps programmé pour maintenance préventive}}$$

Le ratio R4 ou taux de réalisation de maintenance préventive permet de connaître l'implication des services maintenance et production dans la politique de préventif, suivre la réalisation de la maintenance préventive et analyser les causes de non-respect du planning.

Les causes de non-respect du programme prévisionnel sont en général : manque des pièces de rechange, manque de matériel, machine non disponible, absence des intervenants, priorité au dépannage...

$$R5 = \frac{\text{Temps de maintenance préventive}}{\text{Temps total de maintenance}}$$

Le ratio R5 permet de mesurer la maîtrise de la politique de maintenance.

$$R6 = \frac{\text{Temps de maintenance corrective}}{\text{Temps total de maintenance}}$$

Le ratio R6 ou taux de maintenance corrective permet de suivre l'efficacité du plan de maintenance préventive. La maintenance préventive doit réduire la maintenance corrective et le nombre de défaillances et optimiser le temps de maintenance.

$$R7 = \frac{\text{Temps total de maintenance}}{\text{Temps total de fonctionnement}}$$

Le ratio R7 permet de mesurer l'efficacité du service maintenance s'il est calculé d'une manière globale. Il permet de vérifier l'évolution de comportement du bien matériel s'il est calculé pour une installation.

Pour une machine donnée, l'évolution des ratios R3 et R7 permet de décider d'une étude de rentabilité qui peut emmener à des actions d'amélioration ou de déclassement.

**Remarque :**

Pour faciliter la mise en place des ratios R4, R5 et R6 : Nombre de gammes de maintenance préventive réalisées, Nombre de gammes de maintenance préventive programmées, Nombre des OT de maintenance préventive, Nombre des OT de maintenance corrective et Nombre total des OT peuvent être utilisés respectivement à la place de Temps de réalisation de maintenance préventive, Temps programmé pour la maintenance préventive, Temps de maintenance préventive, Temps de maintenance corrective et Temps total de maintenance.

### **IV.7.3 Causes d'échec**

Le premier service qui devra soutenir le projet de l'application de la maintenance préventive est la production.

Les causes probables emmenant à l'échec de la mise en place de la maintenance préventive sont les suivantes :

- La production ne sent pas le service rendu, n'accompagne pas la mise en place et ne libère pas la machine pour les interventions de maintenance préventive.
- Le plan de maintenance n'est pas bien adapté, c'est le « vouloir faire trop ».
- Les interventions sont très souvent ratées pour différentes raisons (problème de charge, machine non disponible...).
- Le manque de suivi ou l'absence de suite d'après les appréciations ou remarques rapportées par les intervenants.
- Le manque de compétence des intervenants.

### **IV.7.4 Facteurs de réussite motivation**

Il faut tout d'abord obtenir l'accord de la Direction et la convaincre de la nécessité de la maintenance préventive, puis s'assurer de la bonne entente entre la maintenance et la production, entre les méthodes et les intervenants. Cela implique une motivation générale.

Dans la pratique, l'aspect routinier du préventif rend celui-ci peu attractif pour les exécutants. Il est essentiel qu'ils soient informés de la démarche rigoureuse de la maintenance préventive.

#### **Amélioration permanente**

Il est difficile d'avoir un plan de maintenance qui soit parfait dès le départ. Les critiques

et constatations des intervenants sont très utiles et bienvenues. Le suivi, la prise en compte des remarques, la vérification sur place et l'analyse des retours d'appréciations permettent d'améliorer le plan de maintenance. Cette adaptation est permanente car il se peut que l'installation se modifie, le plan de maintenance lui aussi doit être modifié convenablement. Un plan de maintenance doit vivre et évoluer avec le vieillissement de la machine.

### **Maîtrise des charges**

Le besoin en terme de main-d'œuvre pour réaliser le plan de maintenance est traduit en charge. Une charge est la résultante de deux éléments : effectif et durée. L'unité utilisée pour exprimer une charge est l'homme-heure. La planification permet d'étaler la charge globale de la maintenance préventive sur une année. Elle doit :

- assurer l'équilibre entre la charge de travail et la capacité de charge de la maintenance ;
- prendre en compte les aspects aléatoires des estimations de temps et les imprévus ;
- faciliter la distribution du travail.

Il est évident que le point fort de la planification est dans la bonne estimation du temps et la bonne définition de moyens humains. Mais il ne s'agit pas seulement que les travaux soient bien planifiés, il faut aussi que les travaux soient bien pré- parés pour que la planification ait du succès.

### **IV.8 Conclusion**

Dans ce chapitre on a fait épreuve d'une amélioration du plan de maintenance de compresseur d'une maintenance systématique vers conditionnelle on basant sur l'analyse AMDEC qui s'agit de mettre en priorités les défaillances critiques puis on a réalisé un plan de maintenance personnalisé et énumérer les facteurs d'évaluation d'un plan de maintenance préventive.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale

Dans ce mémoire on a défini d'une façon générale la maintenance et ses différents types et niveaux, ainsi que la maintenabilité pour mieux comprendre le terme maintenance puis présenter le compresseur et toutes ces organes et son principe de fonctionnement, sa fonction principale est la compression d'air, une fonction qu'on peut définir comme nécessité technique de déplacer une certaine quantité de gaz d'un système à une certaine pression, vers un autre système à une autre pression plus élevée. Un compresseur à piston se compose d'un ou plusieurs cylindres dotés de pistons entraînés par un moteur. L'air est aspiré dans le cylindre puis comprimé dans un ou plusieurs étages jusqu'à la pression opérationnelle. Après la compression, l'air comprimé passe dans le refroidisseur final et poursuit son chemin jusqu'au réservoir d'air.

Dans le troisième chapitre on a analysé le plan de maintenance systématique du compresseur donné par le constructeur et comment traiter une intervention corrective et l'organiser puis analyser la stratégie qui est en place.

En fin on a fait l'objet d'une amélioration du plan de maintenance de compresseur d'une maintenance systématique vers conditionnelle on basant sur l'analyse AMDEC qui s'agit de mettre en priorités les défaillances critiques en passant par plusieurs étapes puis on a réalisé un plan de maintenance personnalisé et énumérer les facteurs d'évaluation de rentabilité d'un plan de maintenance préventive.

L'objet principal de ce mémoire s'agit d'améliorer la maintenance et le fonctionnement de l'équipement afin de réduire les couts de maintenance qui augmentera automatiquement la rentabilité pour l'entreprise.

## **Reference Bibliographique**

- [1] Ahmed Bellaouar, M.A. Salima Beleulmi, Fiabilité, maintenabilité, disponibilité, Université de Constantine, 2014
- [2] François Monchy, Jean-Pierre Vernier, Maintenance méthodes et organisations, DUNOD, Paris, 2000
- [3] Rausand & Høyland, La maintenance corrective et la maintenance préventive, 2004
- [4] ISET Nabeul, Introduction à la maintenance, 2014.
- [5] document entreprise SPA FRUITAL service maintenance
- [6] TOTAL, Manuel de formation COURS EXP-PR-EQ130 Revision 0.3