



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Fès

Faculté de Sciences et techniques de Fès-
Saïss

Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

Maîtrise et Fiabilisation des compresseurs de secteur
adaptation de la laverie DAOUI

Lieu :

OCP KHOURIBGA LAVERIE SIDI DAOUI

Présenté par :

- *LADRAA AICHA*
- *OUKICHA NAJWA*

Encadré par :

- *M. JABRI ABDELOUAHAB*
- *M. LAZRAG TARIK*

Soutenu le 15/06/2015 devant le jury :

- *Pr. EL-KHALFI*
- *Pr. JABRI*

Table des matières

Liste des figures :	4
Liste des tableaux :	4
Introduction générale	7
Chapitre I : Présentation du groupe OCP et la laverie SIDI DAOUI	8
Introduction :	8
I.Présentation de groupe OCP :	8
II.Descriptions du complexe de la laverie SIDI DAOUI :	8
III.Description du circuit de traitement du produit brute :	9
1. L'OPERATION DE LAVAGE	9
a. Définition	9
b. But de lavage.....	9
2. logigramme d'une chaine de lavage :	9
3. Description fonctionnelle des équipements :	10
a. Débourage :	10
b. Criblage :	11
c. Cyclonage :	12
d. Les convoyeurs séparateurs :	13
e. Les cuves :	13
f. Décantation :	14
g. Unité de broyage :	15
h. Unité de flottation :	15
Conclusion :	16
Chapitre II : Principe de fonctionnement du compresseur à vis	17
Introduction :	17
I. Généralité sur les compresseurs	17
1. l'air comprimé	17
2. Généralité sur les compresseurs :	17
3. Utilisation du compresseur :	17
4. Critère du choix du compresseur :	17
5. Types de compresseur :	18
II. Compresseur à vis.....	18
1. Principe de fonctionnement :	19
2. Vision générale du compresseur à vis :	20
4. Avantages et inconvénients du compresseur à vis :	20
4. Explication du fonctionnement du compresseur à vis :	21
5. Caractéristiques du mécanisme :	22
Conclusion :	23
CHAPITRE III : ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UN COMPRESSEUR A VIS .	24

Introduction :	24
I. La méthode QOOQCP appliquée à l'étude de fiabilisation des compresseurs à vis :	24
II. Analyse ABC :	25
1. Généralités sur la méthode ABC :	25
2. Construction de diagramme PARETO	26
3. Tableau de données :	26
4. Analyse globale de toutes les causes d'arrêt :	27
5. Détermination des zones A, B et C	27
6. Interprétation de résultat :	29
III. Analyse des causes-effets ou diagramme d'Ishikawa :	29
1. Généralités sur la méthode d'Ishikawa (ou méthode des 5M) :	29
2. Construction de diagramme d'Ishikawa :	30
3. Elaboration de diagramme d'Ishikawa :	31
IV. Analyse des causes des panne	31
1. Présentation de la méthode AMDEC :	32
a. Définition de la méthode :	32
b. Les objectifs de la méthode	32
c. Déroulement de la méthode :	32
2. amdec appliquée sur les compresseurs :	34
a. Décomposition fonctionnelle :	35
b. Arbre de défaillance :	36
V. Les pannes dans un compresseur et leurs solutions :	40
VI. La maintenance	43
1. Elaboration du plan de maintenance préventif :	43
Conclusion:	46
Chapitre IV : étude des risques liés au compresseur	47
Introduction :	47
I. Les risques :	47
II. Analyse des risques aux postes de travail :	48
Introduction :	48
III. Les outils d'analyse de risques au poste de travail:	48
Conclusion :	50
Conclusion et perspectives	51
Bibliographie	52
Annexe A	53

Liste des figures :

Figure 1 : logigramme d'une chaine de lavage.....	10
Figure 2 : déboureur.....	11
Figure 3: Criblage.....	11
Figure 4: hydro cyclone.....	13
Figure 5: Convoyeurs séparateurs.....	13
Figure 6: Décanteur D1 et D2.....	15
Figure 7:Vis.....	19
Figure 8: Principe de fonctionnement des deux rotors du compresseur.....	20
Figure 9: Composantes du compresseur à vis.....	21
Figure 10: Graphe des résultats ABC.....	27
Figure 11: les Zones A, B et C.....	29
Figure 12: Le diagramme d'ISHIKAWA.....	31
Figure 13: Diagramme de pieuvre.....	35
Figure 14: Arbre de défaillance du débit d'air.....	36

Liste des tableaux :

Tableau 1: Les types des compresseurs.....	18
Tableau 2: avantages et inconvénients du compresseur à vis.....	21
Tableau 3: Conditions de fonctionnement du compresseur CSDX 140.....	22
Tableau 4: La méthode QQQCP.....	24
Tableau 5: historique des pannes du compresseur.....	26
Tableau 6: Les Résultats ABC pour le compresseur.....	27
Tableau 7: Valeurs de Ratio Discrimination.....	28
Tableau 8: les indices de défaillance.....	33
Tableau 9: Fonctions et leurs significations.....	35
Tableau 10: Les composants d'un compresseur et leurs fonctions.....	36
Tableau 11: Analyse des modes de défaillance.....	37
Tableau 12: les pannes des compresseurs leurs causes et leur solution.....	40
Tableau 13: le plan de maintenance.....	44
Tableau 14: les risques des compresseurs leurs causes, effets et leur gravité.....	49

Dédicace

Nous dédions cette modeste mémoire de stage à :

Dieu qui nous a octroyé cette opportunité de passer notre 1^{er} stage au sein d'une société, si prestigieuse que l'OCP et d'en profiter beaucoup.

Nos parents pour leurs grands sacrifices.

Nos frères et nos sœurs pour leurs considérables contributions.

Tout le personnel du service MNK/TD/LM.

Nos professeurs.

Tout participant de près ou de loin dans le succès de cette œuvre.

Remerciement

Nous tenons à travers cette mémoire, à exprimer nos sincères remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribuées à l'aboutissement de ce présent travail :

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que toute notre reconnaissance à notre encadrant de la FST M. JABRI ABDELOUAHHAB qui nous a fait bénéficier de son savoir faire, de ses conseils appréciables, de sa disponibilité et pour l'intérêt manifeste qu'il a porté à ce stage.

De même, nous voulons présenter nos respects, nos reconnaissances et nos profondes gratitudes à tout le personnel du service mécanique (atelier 421) de la laverie Sidi DAOU qui était généreux à nous faire part du maximum possible de ses connaissances et ses expériences professionnelles. Et plus particulièrement M. LAZRAG, M. KABAB, M. KADIRI, M. QAROUN pour leur esprit de collaboration et leurs sacrifices pour que nous pouvons passer ce stage dans des bonnes conditions en acquérant certaines connaissances et expériences professionnelles.

Nous avons le plaisir d'exprimer nos sincères remerciements et notre gratitude à tous nos formateurs qui ont assuré notre formation.

Enfin, nous remercions tous ceux dont nous n'avons pas cité le nom, et qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Introduction générale

Le phosphate provient de la composition des fossiles des animaux de mer qui ont vécu il y a plusieurs millions d'années. Il est constitué de plusieurs éléments dont les principaux sont : Calcium, Cilice, et d'autres éléments faibles tel que l'uranium. Il est utilisé pour la fabrication des engrais chimique pour le développement des végétaux et la fabrication des produits pharmaceutiques.

Le stage que nous avons effectué au sein de l'office chérifien de phosphate (OCP) nous a donné les outils nécessaires pour la compréhension, la connaissance du travail de base, les mécanismes de fonctionnement de l'entreprise. De plus, il nous a permis de s'ouvrir sur un environnement plus vaste et plus complexe et de renforcer la formation théorique par l'exécution des travaux jugés nécessaires permettant au stagiaire de dégager le maximum possible d'expérience.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans le cadre d'une amélioration de la maintenance au sein de la laverie Sidi DAOUI. Il porte sur l'étude des compresseurs de secteur adaptation. L'objectif de ce travail est de faire une analyse PARETO, dans un premier temps ,des compresseurs en se basant sur l'historique des pannes. Ensuite nous avons étudié les causes et les effets de l'organe le plus critique par la méthode d'ISHIKAWA.

Dans un deuxième temps, nous sommes établis une analyse AMDEC sur tous les organes de compresseurs à vis et nous avons déterminé leurs criticités et décelé les plus critiques.

Avant de terminé notre rapport nous avons établi un plan de maintenance préventive pour tenter de prévenir la panne qui peut causer l'arrêt de la production.

Enfin nous avons fait une analyse des risques pour protéger la vie des personnels.

Le présent rapport est constitué de quatre chapitres. Le premier est réservé à la présentation de groupe OCP et la laverie SIDI DAOUI. Le deuxième chapitre a pour objectif de définir le compresseur et son fonctionnement. Le troisième chapitre présente l'étude de compresseur. Finalement le quatrième chapitre est consacré au risque et la sécurité de personnel.

Chapitre I : Présentation du groupe OCP et la laverie SIDI DAOUI

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter d'une manière générale le groupe OCP, plus particulièrement La Laverie Sidi DAOUI et les démarches à suivre pour traiter le phosphate brute.

I. Présentation de groupe OCP :

Office Chérifien de Phosphate est l'un des leaders mondiaux sur le marché du phosphate et de ses produits dérivés. Présent sur toute la chaîne de valeur, OCP extrait, valorise et commercialise de l'acide phosphorique et des engrais phosphatés. Il est classé le troisième exportateur mondial des produits phosphatés et ses réserves s'estime à 35 millions de tonnes de phosphate.

Le groupe OCP fût créé par le DAHIR du statut du 7 AOUT 1920, qui réservait à l'état du MAROC les droits de recherche, d'exploitation et de commercialisation des Phosphates, pour éviter que les richesses des phosphates tombent en mains d'organismes privés ; et ce n'est qu'en 1921 qu'il s'est organisé en groupe nommé « Groupe OCP ». Ce groupe bénéficie de l'autonomie d'une entreprise privée, l'Etat n'intervient en aucun cas dans la gestion financière de l'OCP, son Directeur Général est nommé par Dahir Royal. Il est doté d'un conseil d'administration présidé par M. le Premier ministre.

II. Descriptions du complexe de la laverie SIDI DAOUI :

Le secteur SIDI DAOUI a comme fonction le lavage de phosphate, et ceci pour obtenir un phosphate plus concentré vers 60% ou 70% alors qu'au début lorsqu'il est extrait il ne représente que 40%.

Ce secteur se compose de :

- La laverie (six chaînes de lavage, deux lignes de broyage, deux unités de flottation).
- Liaison sidi CHENANE liant la découverte sidi CHENANE avec Parc el WAFI.
- Carreau TS.
- Parc El WAFI (Stockage du produit lavé)
- Unité de Criblage du produit de TS.

Le complexe SIDI DAOUI se constitue de la chaîne de traitement du phosphate qui s'effectue essentiellement à base d'eau selon un circuit bien enchaîné se qui nécessite la disponibilité en même temps du produit brut provenant non seulement de la TREMIE SUD

(6Km de la laverie) mais aussi de SIDI CHENNANE (27Km de la laverie), et la disponibilité des machines et des installations déjà mises en service ; c'est la raison pour laquelle il y a une multitude de services mis en place soit pour la maintenance mécanique ou électrique, soit la régulation ou le renouvellement des installations .

La laverie DAOUI se situe à 25Km à l'est de la ville de Khouribga, elle comporte une station de criblage humide et un atelier d'enrichissement par lavage des phosphates pauvres et une unité de flottation. Il constitue la plus importante usine de lavage du phosphate pauvre de l'OCP, elle s'occupe du traitement des phosphates et la fabrication des qualités marchandes. Elle est alimentée par du phosphate en provenance du carreau TS (trémie sud) et de SIDI CHENNANE. A proximité de la laverie de SIDI DAOUI est implanté le parc EL WAFI des stockages et de reprise dont la capacité est de 1 Million de tonnes.

La laverie DAOUI consiste à débarrasser le minerai de ses fractions granulométriques les plus pauvres, à savoir les grains supérieurs à 2,5mm et les grains inférieurs à 40 μ m. La tranche comprise entre 2,5mm et 40 μ m constitue donc le phosphate lavé.

III. Description du circuit de traitement du produit brute :

La laverie est alimentée par deux entrées, l'une provient du parc El WAFI cette qualité alimente la trémie principale directement et l'autre provient de TS (trémie sud) et qui alimente d'abord l'unité de criblage puis la trémie principale.

1. L'opération de lavage

a. Définition

Le lavage est un traitement physique par voie humide de phosphate pour augmenter sa teneur en BPL (Bone phosphate of line) afin de satisfaire les exigences des clients.

b. But de lavage

Le but de lavage est d'enrichir le minerai en éliminant les tranches pauvres par simples coupures granulométrique, Ces opérations peuvent être réalisées par criblage à 2.5mm pour éliminer la tranche grossière et par cyclonage pour éliminer la fines particule (< 40 μ m).

2. logigramme d'une chaîne de lavage :

La chaîne de lavage comprend trois étapes majeures : le débouillage, le criblage et la classification humide.

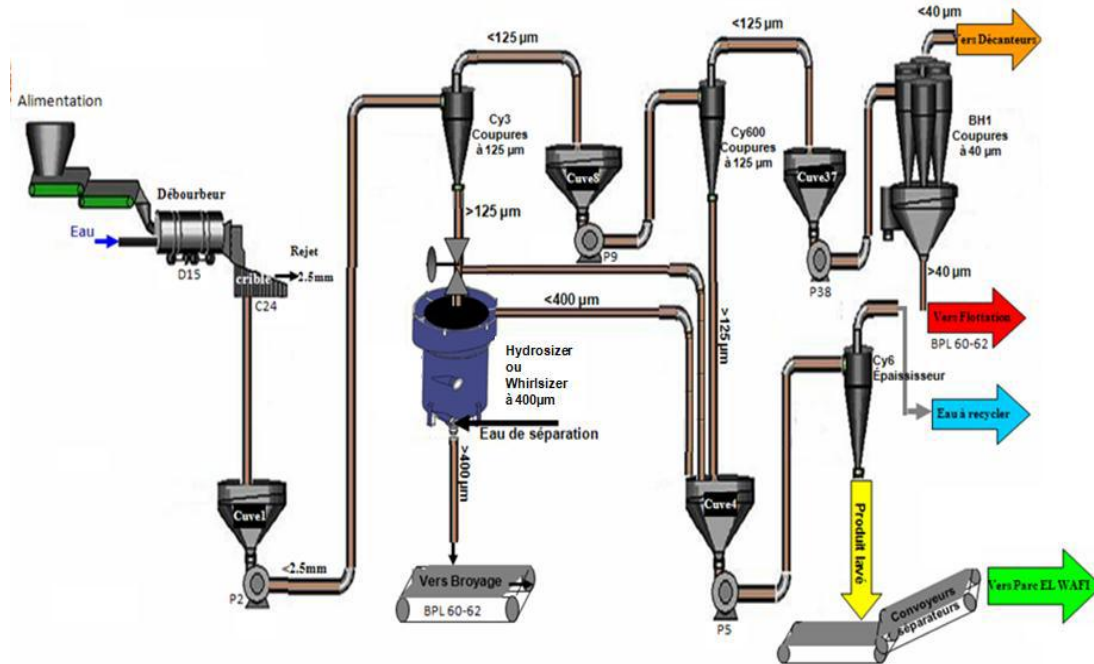


Figure 1 : logigramme d'une chaîne de lavage.

Les appareils utilisés au niveau de chaque chaîne de lavage sont :

- ✓ Débourbeur : c'est un tambour débourbeur type SF 30.90, cylindrique, creux à axe horizontal. Il est constitué d'une virole équipée de 14 plaques releveuses permettant le malaxage, le délitage et la mise en pulpe, et de 14 palettes permettant l'avancement du produit dans le tambour. Il est entraîné par quatre moteurs de puissance unitaire de 37 kW et 16 roues assurant une vitesse de rotation de 8 tr/min. Sa capacité de solide varie de 300 à 370 t/h.
- ✓ Trémie : de capacité égale à 100 t.
- ✓ Crible (EUROCLASS) : c'un crible vibrant linéaire (0°) de surface égale à 9.9 m² et de maille 2,5mm.
 - Cy3: Hydro cyclone 3
 - Cy600: Hydro cyclone 600
 - Cy6: Hydro cyclone 6
 - BH: Batterie d'hydro-cyclones constituée de 2 cyclones dont le diamètre est 400mm et 4cyclones avec un diamètre de 280mm.

3. Description fonctionnelle des équipements :

a. Débourage :

C'est une opération qui consiste à malaxer le minéral de phosphate mis en pulpe dans un débourbeur tournant, afin de libérer par attrition les grains phosphatés de leurs gangues argilo-calcaire.

Cette opération est réalisée à l'aide d'un débourbeur comme la figure au dessus le montre.



Figure 2 : débourbeur.

b. Criblage :

La pulpe ainsi formée au niveau du débourbeur, passe au crible par débordement pour subir un traitement physique ; il s'agit de la première coupure qui consiste à éliminer les particules de dimensions supérieures à 2.5mm.

L'opération est réalisée au moyen d'un crible vibrant (voir la figure 3), constitué d'une surface comportant des ouvertures de dimensions bien calibrées. Les particules solides de dimensions inférieures à la maille passent à travers la grille, constituant le passé, tandis que les grosses particules restent au-dessus de la grille, constituant le refus du crible.

L'opération du criblage est facilitée à l'aide d'un système d'arrosage par l'eau sous pression, pulvérisée par les buses, afin de libérer les grains phosphatés adhérents à la surface du crible.



Figure 3: Criblage.

c. Cyclonage :

Le cyclonage est une opération qui permet une classification des grains suivant leurs dimensions et une séparation entre les fines particules et les grosses, c'est une séparation par équivalence de densité et de granulométrie, cela veut dire qu'un grain gros léger est identique à un petit et lourd.

L'hydro cyclone est un appareil de classification hydraulique qui se compose de trois parties :

- Partie cylindrique où se fait l'alimentation tangentielle en pulpe.
- Une partie conique.
- Une buse par laquelle sort le produit.

Le principe de fonctionnement d'un hydro-cyclone se base essentiellement sur le concept de la force centrifuge qui se crée le moment de l'alimentation de la pulpe mise sous pression, le premier contact de la pulpe avec l'intérieur de l'hydro cyclone et les parois élimine la vitesse des gros grains constituant alors la sous verse. En même temps il y a naissance d'une colonne d'air due à l'effet de la force centrifuge, et qui engendre avec elle les grains fins et qui représentent la sur verse.

Tout hydro-cyclone est alimenté en pulpe par un réservoir appelé cuve qui assure la continuité d'alimentation des hydro cyclones par des pompes.

Dans un hydro cyclone on peut effectuer deux types d'opération :

- ✓ **Classification** : Dans ce type d'appareil, on récupère deux suspensions, une à la sur verse et l'autre à la sous verse. Le fonctionnement est caractérisé par une faible concentration en solide de la pulpe d'alimentation.

Le tourbillon central est traversé par une colonne d'air ; et la décharge s'effectue sous forme d'un parapluie, avec une concentration en solide qui reste assez faible. (Pulpe diluée).

- ✓ **Épaississement** : Dans ce genre d'opération, la concentration en solide de la pulpe d'alimentation est de l'ordre de 40% en masse. La colonne d'air disparaît à peu près complètement, tandis que la sous verse s'effectue sous forme d'un boudin très concentré, la sur verse ne contient que très peu de solide.

La figure représente l'hydro-cyclone qui sépare entre les fines et les grasses particules.



Figure 4: hydro cyclone.

d. Les convoyeurs séparateurs :

Le convoyeur séparateur se compose d'une partie horizontale et une partie inclinée. La pulpe épaissie à 65% par le cyclone 6 est admise à la partie quarte de la partie horizontale et l'on recueille un gâteau égoutté de 23% à 25% au niveau du tambour de décharge ; « les filtrats » d'égouttage sont éliminés par débordement dans la zone d'amorçage de pente 150 de la partie inclinée. Le principe de fonctionnement est basé sur les hydrodynamiques des particules solides dans un milieu aqueux.

Les convoyeurs séparateurs transmettent le phosphate lavé vers PARC EL-WAFI pour le stockage (voir la figure 5).



Figure 5: Convoyeurs séparateurs

e. Les cuves :

La circulation de la pulpe le long de la chaîne se fait soit par l'action de pesanteur, soit par des pompes, chaque pompe est précédée d'une cuve pour qu'elle soit tout le temps sous

charge ; toutes les cuves jouent un rôle secondaire des petits décanteurs dont les débordements vont directement à la fosse 45.

f. Décantation :

Le traitement du minerai du phosphate par lavage et flottation consomme une grande quantité en eau. Pour pallier à ce problème et éviter une consommation abusive, l'importance est de plus en plus donnée au recyclage des eaux comme ressources intéressante.

Les grains inférieurs à 40 μ m issues de la batterie sont envoyés vers deux bassins appelés décanteurs qui servent à récupérer le maximum d'eau claire séparée des fines particules.

Cette récupération se base sur le phénomène de décantation, on distingue deux types de décantation : Naturelle et artificielle. La décantation naturelle se fait sans l'ajout des produits accélérant la décantation ce qui demande un temps long, par contre la décantation artificielle a pour but d'augmenter la vitesse de décantation en ajoutant un flocculant.

Le décanteur est un bassin circulaire à fond conique, au centre un dôme qui reçoit la pulpe argileuse de la conduite issue de la sur verse de la batterie, ce bassin est équipé d'un système de raclage qui mène les boues vers le centre pour qu'elles soient aspirées par les pompes de soutirages.

Le débordement des trois décanteurs va vers le bassin 51 qui alimente la cuve 4 à l'aide de la pompe 46.

Le décanteur doit être suivi d'une manière permanente, pour cela l'opérateur doit prélever chaque heure :

- La hauteur de l'eau claire des 2 décanteurs.
- Détermination des concentrations à l'entrée et à la sortie de chaque décanteur.
 - Le nombre de chaîne alimentant chaque décanteur.
 - L'ampérage du bras D2.
 - Le couple moteur du décanteur D1.

Ainsi l'opérateur doit faire la relève deux fois par poste de la consommation d'eau des vannes 800 et 400, et relever l'état des galets de D2 et la couronne D1, et s'assurer de la disponibilité du groupe électrogène.



Figure 6: Décanteur D1 et D2.

g. Unité de broyage :

L'objectif principal de l'atelier du broyage est de répondre aux modifications imposées par le Revamping sur les chaînes de lavage, et aussi aux exigences des qualités marchandes en traitant des qualités de basses teneurs de la couche III.

Le broyage vise à libérer le phosphate (minéral de valeur) de la gangue (exo-gangue et endo-gangue) et créer de nouvelles surfaces pour l'adsorption des réactifs de flottation.

Le procédé de broyage à Sidi DAOUI a été installé en 2006 pour traiter les sous verses des hydro classificateurs MS et DOOR OLIVER ayant une granulométrie (400 – 2500 μ m) afin de produire une tranche granulométrique (< 180 μ m) destinée à être enrichi par flottation. Cette tranche représente (~ 30 % en masse) de la qualité TBT SC.

h. Unité de flottation :

Le but de la flottation est d'enrichir la tranche granulométrique 40-125 μ m de basse teneur en BPL (56%) en procédant par une flottation inverse. Le concentré de flottation titre 70% en BPL.

Le principe de flottation est basé sur les propriétés hydrophobes et hydrophiles des surfaces des solides. Ces propriétés peuvent être naturelles ou stimulées, à l'aide d'un réactif approprié qui est ajouté dans l'eau baignant les particules solides. Lorsque de l'air est introduit sous forme de petites bulles dans un tel milieu, il se produit un transport sélectif des particules hydrophobes. Les particules présentant des surfaces hydrophobes se fixent aux bulles d'air lorsqu'elles entrent en collision avec elles. Ce phénomène est dû à la grande affinité des surfaces hydrophobes pour l'air. Les bulles d'air entraînent ces particules jusqu'à la surface de la pulpe où elles forment une mousse chargée, par contre les particules présentant des surfaces hydrophiles ne se lient pas aux bulles d'air et reste en suspension dans la pulpe.

La flottation consiste à flotter les carbonates qui sont collectés par l'ajout de l'ester et les silicates qui sont collectés par l'ajout de l'amine. Alors que le phosphate est déprimé par l'ajout de l'acide phosphorique : c'est la flottation inverse.

Ce procédé est caractérisé par les étapes suivantes :

- ✚ Attrition en pulpe épaisse du minerai à traiter.
- ✚ Deschlammage par hydro cyclonage après attrition.
- ✚ Conditionnement du minerai deschlammé à l'aide des réactifs.
- ✚ Flottation simultanée des carbonates et silicates conduisant à un résidu de flottation (concentré de phosphate).

Conclusion :

L'Office Chérifien des Phosphate est l'une des grandes entreprises Marocaines, il se compose de plusieurs unités parmi ses unités on trouve la laverie SIDI DAOUI qui joue un rôle très important dans le circuit de phosphate dès l'extraction jusqu'à la transmission de phosphate lavé vers le stock pour qu'il sera envoyé vers EL -JADIDA ou bien le port de CASABLANCA.

Chapitre II : Principe de fonctionnement du compresseur à vis

Introduction :

L'ensemble du compresseur à vis est un équipement qui a un rôle très important au niveau de la laverie DAOUI qui permet de produire l'air comprimé nécessaire.

Donc, Dans ce chapitre, nous allons voir un petit rappel sur les compresseurs, leurs types et nous parlerons bien précisément sur les compresseurs à vis, leurs avantages et inconvénients puis leurs caractéristiques.

I. Généralité sur les compresseurs

1. L'air comprimé

L'air comprimé est utilisé pour l'ouverture et la fermeture des vannes c'est de l'air atmosphérique sous pression, un mélange de gaz et un véhicule d'énergie. L'utilisation de l'air comprimé comme source d'énergie est très répandue dans les branches les plus diversifiées de l'industrie.

2. Généralité sur les compresseurs :

Le compresseur mécanique est un organe mécanique destiné à augmenter par un procédé uniquement mécanique la pression d'un gaz, il aspire l'air nécessaire et le comprime à la pression désirée.

Son rôle est de fournir de l'air à haute pression non toxique.

Il existe plusieurs sortes de compresseurs différenciés par leur :

- débit (en litres/minute ou m³/heure),
- système de compression (piston ou membrane),
- mode d'entraînement (moteur électrique ou thermique),
- système de refroidissement (à air, à eau ou mixte).

3. Utilisation du compresseur :

Le compresseur mécanique (aussi appelé compresseur volumétrique) est utilisé dans des automobiles, des avions mais aussi sur des bateaux à moteur et dans l'industrie pour produire de l'air comprimé.

4. Critère du choix du compresseur :

- ✚ Comprendre les principes et les différents usages de l'air comprimé.

- Comprendre le fonctionnement d'un compresseur : motorisation, puissance, capacité, etc.

5. Types de compresseur :

les compresseurs peuvent être classés tels que présentés dans le tableau. Chaque type de compresseur peut être réparti en deux catégories : volumétrique et dynamique basées sur le principe utilisé pour augmenter la pression du gaz.

Tableau 1: Les types des compresseurs

Compresseur		
Type	Catégorie	
Volumétrique	Alternatif	A simple effet
		A double effet
		Piston libre
		Diaphragme
		Labyrinthe
	Rotatif	A lobes
		A vis
		A palettes
		A anneau liquide
		A spirale
Dynamique	Axial	
	Axial	
	Ejecteur	

II. Compresseur à vis

Un Compresseur rotatif: est un compresseur volumétrique dans lequel la compression est obtenue par rotation de deux organes faisant varier le volume d'une chambre de compression.

Ce type de compresseur est muni de rotors à la place de pistons, et évacue l'air (ou le gaz) comprimé de façon continue, sans pulsations. Le compresseur rotatif le plus commun est le compresseur à vis.



Figure 7: Vis

Le compresseur rotatif consiste en deux rotors à rainures hélicoïdales, situés à l'intérieur d'un boîtier étanche où ces rotors compriment le gaz. Ces systèmes sont habituellement refroidis à l'huile (munis de refroidisseurs d'huile à air ou eau) où l'huile scelle tous les jeux mécaniques internes pouvant être présentés dans la chambre de compression.

Il est le résultat de nombreuses années de recherche et développement, ils sont les systèmes les plus utilisés par le grand public on les appelle aussi, hélico compresseur. Inventé en 1878 par l'ingénieur GRIGAR, ils ont connus de puis la fin des années 1970 diverses améliorations qui a permis de développer une nouvelle génération de compresseurs à vis de petite et moyenne puissance, dédiés au domaine du froid.

1. Principe de fonctionnement : (1)

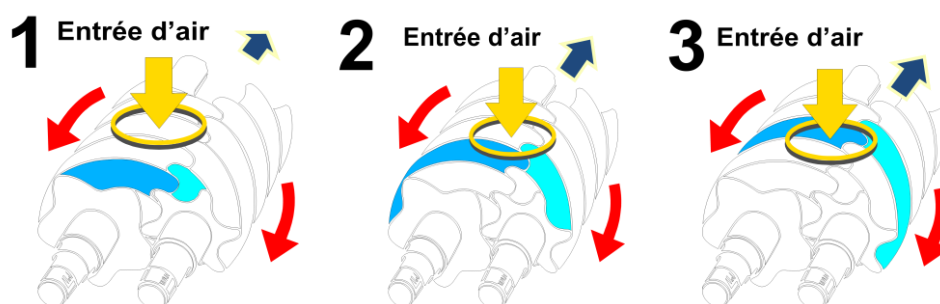
Le principe de fonctionnement d'un compresseur à vis est simple.

Ce type de compresseur se constitue d'un rotor male et d'un rotor femelle à denture hélicoïdale. La rotation à grande vitesse dans des sens opposés des deux rotors mal et femelle provoquent l'entraînement et la compression de l'air. Ce dernier est transporté le long de la vis de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement d'une façon continue.

Dans un compresseur à huile, la compression s'effectue telle qu'illustrée :

Vue du dessus

Principe d'aspiration



Vue du dessous

Principe de compression

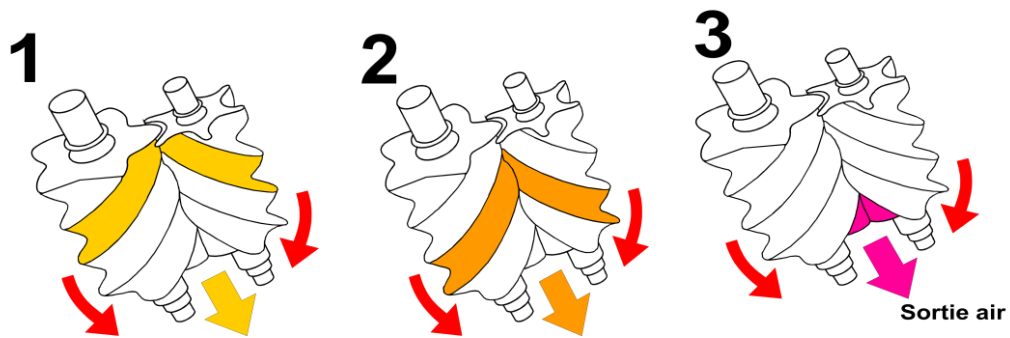


Figure 8: Principe de fonctionnement des deux rotors du compresseur

1. Aspiration: l'air entre par l'orifice d'aspiration dans les spires des rotors ouvertes de la cote aspiration.
2. Compression : la rotation progressive des rotors provoque la fermeture de l'orifice d'admission d'air, le volume est réduit et la pression monte, l'huile est injectée lors de ce processus.
3. Evacuation : la compression est terminée, la pression finale est atteinte, le refoulement commence.

2. Vision générale du compresseur à vis :

Le système du compresseur à vis est constitué par quatre éléments essentiels à savoir:

- un réservoir ;
- un refroidisseur ;
- un séparateur ;
- un filtre.

4. Avantages et inconvénients du compresseur à vis :

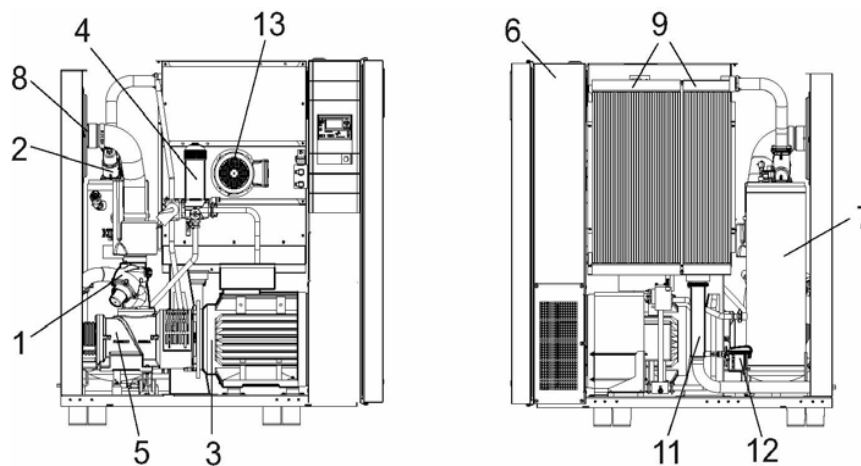
Le compresseur à vis a plusieurs avantages à titre exemple il permet des débits importants et continu sans pulsation, facile à installer, peu bruyant et très fiables.

En revanche ce compresseur a un taux de compression limité il ne dépasse pas en sortie une pression de 15 bars.

Tableau 2: avantages et inconvénients du compresseur à vis

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Ils permettent des débits importants. -Le débit est continu sans pulsations, ce qui est préférable pour la filtration. -Ils sont faciles à installer directement à même le sol. -Ils sont peu bruyant, très fiables. -L'entretien se résume au changement de l'huile et des filtres. -Pas de soupapes et peu de pièces en mouvement, excellent rendement (indiqué et volumétrique). -L'absence de vibrations. -Le taux de compression élevés. -La relative insensibilité aux coups de liquide. -La régulation de puissance possible de 10 à 100 %. -Les rotors à profils asymétriques, ce qui est préférable au point de vue énergétique. 	<ul style="list-style-type: none"> Ces compresseurs ont un taux de compression limité. -Ils ne dépassent généralement pas en sortie une pression de 15 bars. -Leur coût est assez élevé. -Consomme plus d'énergie que les autres types de compresseurs. -Le moteur plus rapide donc groupe moto-compresseur assez bruyant. -La nécessité d'usiner avec une grande précision. -Uniquement utilisable pour de fortes puissances.

Le dessin suivant illustre le mécanisme du compresseur à vis :


Figure 9: Composantes du compresseur à vis.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 Soupape d'admission | 2 Clapet anti retour à pression minimale |
| 3 Moteur | 4 Filtre à huile |
| 5 Bloc compresseur | 6 Armoire électrique |
| 7 Réservoir séparateur | 8 Filtre à air D'huile |
| 9 Refroidisseur air/huile | 11 Séparateur cyclonique |
| 12 Purgeur de condensats | 13 Moteur ventilateur (à vitesse variable) |

4. Explication du fonctionnement du compresseur à vis : (4)

L'air atmosphérique est aspiré à travers le filtre à air 8 pour être épuré. Il est ensuite comprimé dans le bloc compresseur 5. Le bloc compresseur est entraîné par un moteur

électrique 3. Le ventilateur pour le refroidissement de la machine est entraîné par un moteur électrique à vitesse variable 13.

De l'huile de refroidissement est injectée dans le bloc compresseur. Elle assure la lubrification des pièces en mouvement et l'étanchéité des rotors entre eux et par rapport au carter. Ce refroidissement direct dans la chambre de compression permet d'obtenir une température finale de compression très basse.

L'huile de refroidissement est séparée de l'air comprimé dans le réservoir séparateur d'huile 7 et refroidie dans le refroidisseur d'huile 9. Elle passe par le filtre 4 pour revenir au point d'injection. La pression interne de la machine maintient l'huile en circulation. Une pompe n'est pas nécessaire.

Une vanne thermostatique (régulateur de température d'huile) régule et optimise la température de l'huile de refroidissement.

Après déshuilage dans le réservoir séparateur d'huile 7, l'air comprimé passe par le clapet anti retour à pression minimale 2 pour être amené dans le refroidisseur 9. Le clapet anti retour à pression minimale permet de maintenir dans le circuit une pression minimale qui assure la circulation de l'huile de refroidissement dans la machine.

Dans le refroidisseur d'air, l'air comprimé est ramené à une température de seulement 5 K à 10 K environ au-dessus de la température ambiante. La plus grande partie de l'humidité retenue dans l'air comprimé est éliminée et évacuée par le séparateur cyclonique 11 équipé d'un purgeur de condensats 12.

5. Caractéristiques du mécanisme :

Il existe plusieurs caractéristiques selon le type du compresseur, sa fréquence, sa température et son débit. Le compresseur utilisé dans l'installation est CSDX 140 avec une fréquence $f=50\text{Hz}$, il est caractérisé par:

Tableau 3: Conditions de fonctionnement du compresseur CSDX 140.

Caractéristique	Valeur
Poids [kg]	1830
Température minimale de démarrage [°C]	3
Température finale de refoulement typique pendant le fonctionnement [°C]	65_100
Température finale de compression maximale [°C]	110
Altitude maximum d'utilisation [m]	1000
Température ambiante admissible [°C]	3_45

Température d'air de refroidissement [°C]	3_45
Température d'air d'aspiration [°C]	3_45
Quantité de remplissage [l]	52
Appoint [l] (minimum – maximum)	5
Puissance nominale [kW]	75
Vitesse nominale [min-1]	2978
Classe de protection	IP 55
Intervalle de graissage du roulement moteur [h]	2000

Conclusion :

Le compresseur à vis est un élément important dans le secteur adaptation il comprime l'air pour faciliter l'ouverture de 72 vanne dans ce secteur. Ce genre de compresseur est caractérisé par un poids de 1830 kg, une puissance nominale de 75 kw ce qu'il permet de produire un débit très important. Le compresseur à vis fonctionne selon trois principe l'aspiration, la compression et l'évacuation.

CHAPITRE III : étude de la performance d'un compresseur à vis

Introduction :

Le compresseur est un équipement qui a un rôle très important au niveau de la laverie Sidi DAOUI puisqu'il est chargé de fournir de l'air comprimé à l'installation en quantité suffisante et sous la pression voulue. Cependant, ces compresseurs tombent souvent en pannes.

Les arrêts de production dus aux pannes au niveau des équipements, sont la cause majeure des pertes. Pour garantir une production stable dans un niveau optimal, il faut lutter contre toute sorte de perte (pannes).

Notre tâche consiste à chercher l'origine de ces pannes fréquentes. Pour cela nous allons faire une étude critique des conditions de fonctionnement de ces compresseurs, leurs maintenance afin d'en déduire les améliorations à mettre en place pour éviter les pannes fréquentes.

Pour mener une étude structurée de base scientifique, nous avons fait appel à plusieurs méthodes, comme principalement ABC pour déterminer les compresseurs critiques, Ishikawa et l'AMDEC pour l'analyse des modes de défaillances.

I. La méthode QQQQCP appliquée à l'étude de fiabilisation des compresseurs à vis :

Cette méthode est établie sous forme d'un questionnaire ou nous avons répondu sur quelques questions comme en quoi consiste l'intérêt de la fiabilisation ? à qui l'amélioration rendra service ?

Tableau 4: La méthode QQQQCP.

Quoi ?	
De quoi s'agit-il ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etude de la fiabilisation des compresseurs à vis.
en quoi consiste l'intérêt de la fiabilisation ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pouvoir établir une politique de maintenance pour l'amélioration de disponibilité ▪ Minimisation des temps d'arrêt (gain en productivité)
En quoi consiste la situation insatisfaisante ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besoin d'une amélioration de la politique de maintenance préventive
Quelles actions doit-on entreprendre ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instauration d'une politique de maintenance préventive ▪ Une mise à niveau par une analyse des causes
Qu'est ce qui manque en termes de politique de maintenance des compresseurs ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besoin d'une amélioration de maintenance conditionnelle ▪ Besoin d'une amélioration de planification de la maintenance préventive

Qui ?	
Qui est concerné par cette situation ?	▪ Service maintenance
A qui l'amélioration rendra-t-elle service ?	▪ Service production
Où ?	
Dans quel secteur ?	▪ Secteur adaptation
Sur quel équipement ?	▪ Les compresseurs à vis.
Où apparait le problème exactement ?	▪ Les Filtres, séparateur, réservoir, etc.
Quand ?	
Quand on a recours à la maintenance des compresseurs à vis ?	▪ Une fois la panne s'est produite
Comment ?	
Comment améliorer la disponibilité des compresseurs à vis ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En réduisant le temps de réparation. ▪ En intégrant un système de suivi continu des paramètres de fonctionnement de compresseur.
Comment améliorer la politique de maintenance et diminuer ses coûts ?	▪ Améliorer la politique de la maintenance des compresseurs à vis actuel.
Pourquoi ?	
Pourquoi une telle étude ?	▪ Améliorer la disponibilité des compresseurs à vis.
Qu'est ce qui peut justifier une telle action ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gain on production ▪ Gain en coût de maintenance

II. ANALYSE ABC :

Nous allons nous appuyer sur une analyse ABC (PARETO) pour déterminer les compresseurs dont les pannes sont les plus fréquentes et dont l'intervention dure plus longtemps, ce qui résulte en un arrêt de production plus prolongé

1. Généralités sur la méthode ABC :

Le diagramme de Pareto se présente sous la forme d'un histogramme de distribution, dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche, on y porte en abscisse les différents équipements suivant la valeur décroissante de leurs criticité. Une courbe de cumul indique l'importance relative cumulée de criticité des colonnes.

L'objectif de cette méthode est de classer les équipements selon l'importance d'un critère bien déterminé. Pour cette raison, on va choisir le temps d'arrêt global comme un critère de classement.

2. Construction de diagramme PARETO

La construction d'un diagramme de PARETO nécessite de :

- Cerner le problème et les facteurs à considérer.
- Recueillir.
- Effectuer les calculs:
 - Faites le total des unités mesurées pour chaque facteur ;
 - Calculez les pourcentages du total des facteurs que représente cette mesure ;
 - Reportez les résultats dans un tableau ou une matrice à quatre colonnes.

D'abord, après le calcul du cumulé des temps des arrêts et de leur pourcentage, on va tracer le diagramme de Pareto pour déterminer le ratio de discrimination RD, ce dernier permet de séparer trois zones A, B et C. La catégorie la plus importante est la classe A, et ainsi de suite.

L'étape de l'analyse commence par la mise du tableau qui montre la présentation par ordre décroissant des temps des arrêts et les valeurs cumulées (voir les tableaux ci-dessous). Les résultats des tableaux sont obtenus à partir de l'historique des temps des arrêts de l'installation.

3. Tableau de données :

Il existe dix défauts à titre d'exemple le colmatage de filtre, séparateur, échauffement anormal, circuit plein d'eau, circuit plein d'eau, entretien planifier, chute de pression, problème de système de transmission, déclenchement des éléments et température d'huile.

Le tableau ci-dessous représente l'historique des pannes de compresseur pendant 5 mois.

Tableau 5: historique des pannes du compresseur.

Date	Défaut	Durée
26/12/2014	Colmatage des filtres	02 :26
24/12/2014	Séparateur	01 :40
22/12/2014	Echauffement anormal	02 :30
19/12/2014	Circuit plein d'huile	01 :00
13/12/2014	Chute de pression	01 :21
13/12/2014	Réservoir plein d'eau	00 :18

4. Analyse globale de toutes les causes d'arrêt :

Le tableau suivant résume toutes les données nécessaires à la réalisation du diagramme, notamment le classement des fréquences cumulés, des durées d'intervention et les pourcentages.

Tableau 6: Les Résultats ABC pour le compresseur.

Défaut	Durée /h	Fréquence cumulé	% cumulé
Colmatage des filtres	23,57	23,57	42%
Entretien planifié	10,32	33,89	60%
Séparateur	5,12	39,01	69%
Echauffement anormal	4,31	43,32	77%
Chute de pression	3,37	46,69	83%
Réservoir plein d'eau	3,23	49,92	88%
Circuit plein d'huile	2,97	52,89	93%
Problème de système de transmission	2,4	55,29	98%
Déclanchement des éléments	0,96	56,25	99%
Température d'huile	0,32	56,57	100%

Le graphe ci-dessous montre les résultats de notre analyse :

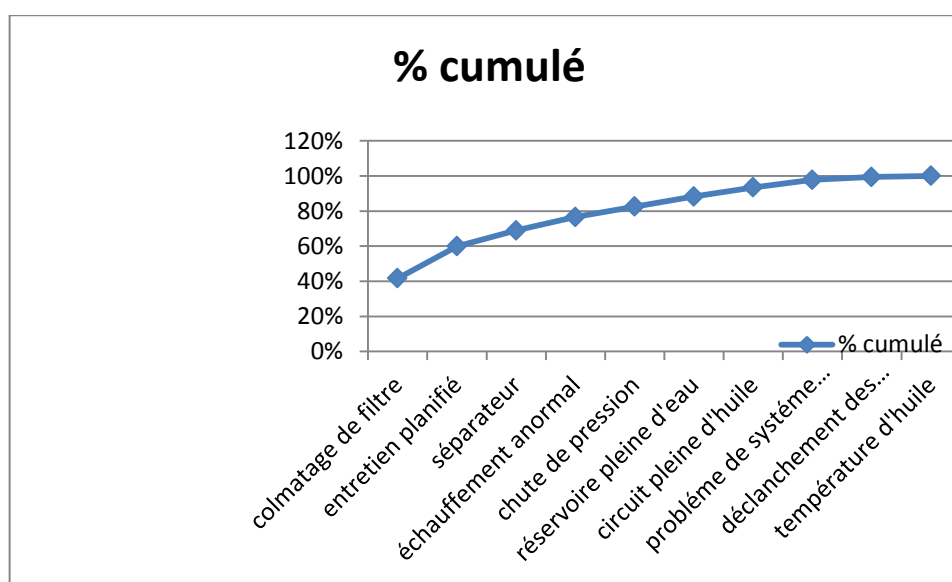


Figure 10: Graphe des résultats ABC.

5. Détermination des zones A, B et C

Calculons le Ratio discrimination RD:

On a $RD = P_2P_3/P_1P_3=0,675$

Tableau 7: Valeurs de Ratio Discrimination

Valeur de RD	A	B	C
$0,9 < RD < 1$	10%	10%	80%
$0,85 < RD < 0,9$	10%	20%	70%
$0,75 < RD < 0,85$	20%	20%	60%
$0,65 < RD < 0,75$	20%	30%	50%
$RD < 0,65$	Non interprétable		

D'après le tableau du ratio discrimination on peut déterminer les différentes zones selon l'appartenance du RD.

On a : $0,65 \leq RD < 0,75$ ce qui implique que les zones $A=20\%$, $B=30\%$ et $C=50\%$.

Et puisqu'on a dix causes d'arrêt. Donc, pour la zone :

A : 2causes

B : 3causes

C : 5causes

Les zones A, B et C sont présentées dans le graphe suivant :

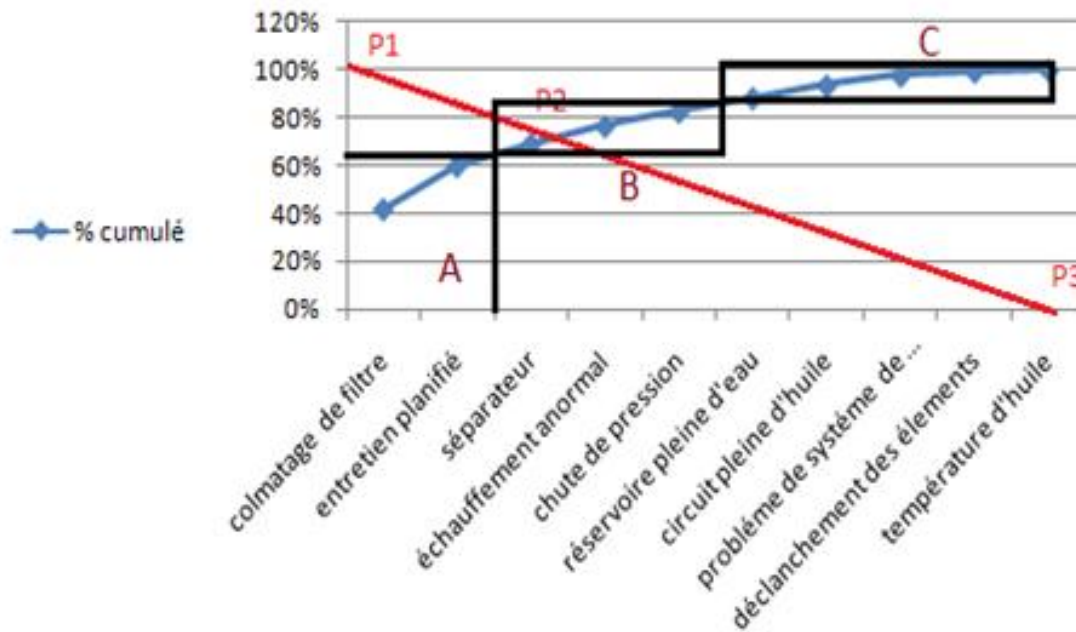


Figure 11: les Zones A, B et C

6. Interprétation de résultat :

Zone A : montre que 20% des arrêts sont l'origine de 62% du temps d'arrêt total.

Zone B : montre que 30% des arrêts sont l'origine de 22% de temps d'arrêt total.

Zone C : montre que 50% des arrêts sont responsables seulement de 16% de temps d'arrêt total.

D'après le graphe, nous avons constaté qu'il existe deux équipements classés dans la zone A ; ces équipements sont : le colmatage des filtres et l'entretien planifié de ces compresseurs. Donc, Ils nécessitent une grande importance au niveau de la maintenance, et surtout les filtres qui ont des temps des arrêts très élevés à cause de plusieurs problèmes qu'on va traiter par la suite.

III. Analyse des causes-effets ou diagramme d'Ishikawa : (6)

1. Généralités sur la méthode d'Ishikawa (ou méthode des 5M) :

Le diagramme de cause-effet ou diagramme d'Ishikawa ou encore méthode des 5M est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet).

Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées.

L'objectif de cette méthode est d'identifier, d'explorer et de représenter graphiquement de façon de plus en plus détaillée toutes les causes possibles d'un problème posé en vue d'identifier les causes fondamentales.

Le diagramme d'Ishikawa se présente sous la forme d'un graphe en arrêtes de poisson. Dans ce dernier, sont classées par catégories. Les causes selon la loi des 5M (matière, matériaux, main d'œuvre, méthode, milieu)

Matériel : c'est tout ce qui nécessite un investissement : les locaux, les machines, les outils, les équipements...

Main d'œuvre : ce sont les personnes qui œuvrent à la réalisation d'un service, d'un produit : le personnel, l'encadrement, la direction...

Méthodes : c'est la manière de faire : les instructions, les spécifications, les consignes, les procédés...

Milieu : c'est l'environnement physique et humain.

Matière : c'est tout ce qui entre dans la composition d'un bien ou d'un service : matières premières, composantes fournitures.

L'utilisation de cette méthode évite de passer trop de temps pour choisir les familles des causes quand le consensus est difficile à atteindre.

2. Construction de diagramme d'Ishikawa :

Il faut dans un premier temps définir clairement l'effet sur lequel on souhaite directement agir.

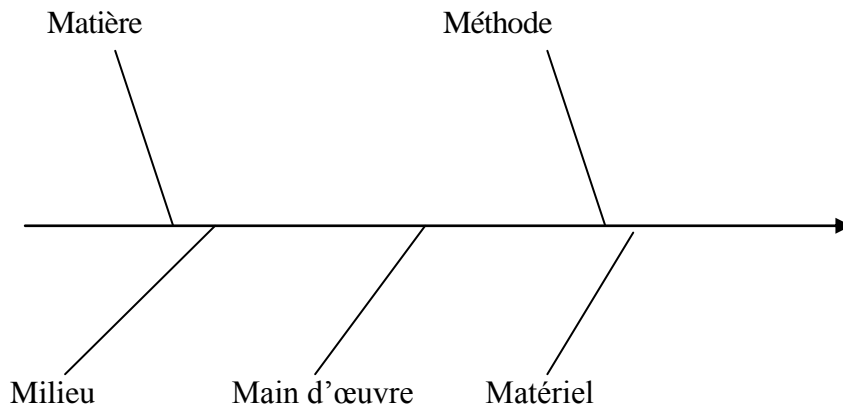
Pour cela il faut :

1. Lister toutes les causes susceptibles de concerner le problème considéré.
2. Il faut bien approfondir et explorer toutes les dimensions d'une situation donnée.
3. Classer par famille toutes les causes d'un problème déterminé.

Le diagramme d'Ishikawa se construit en cinq étapes :

1. Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché.
2. Regrouper les causes potentielles en familles, appelées les cinq M.
3. Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de famille de causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie des familles de causes potentielles.
4. Inscrire sur des minis flèches, les causes rattachées à chacune des familles. Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.
5. Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger.

Le diagramme d'Ishikawa sera finalement sous la forme suivante :



3 .Elaboration de diagramme d'Ishikawa :

L'élaboration d'un diagramme d'ISHIKAWA c'est la classification de toutes les causes qui influent sur chaque organe. Dans notre cas on va établir le diagramme pour les filtres.

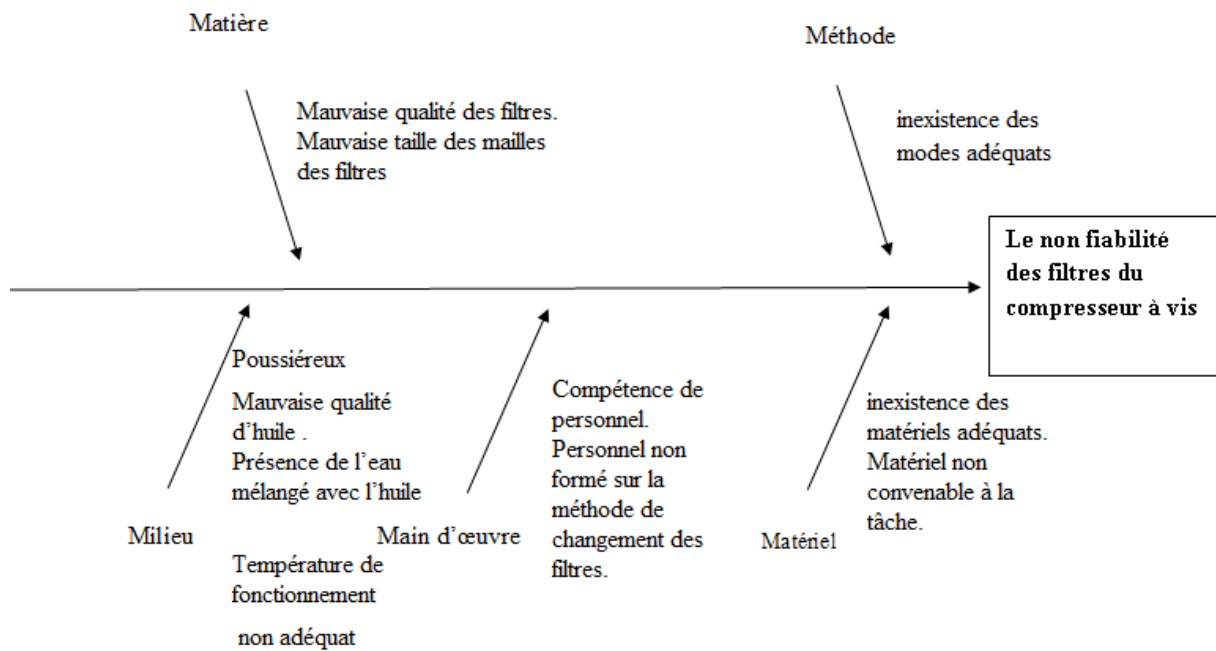


Figure 12: Le diagramme d'ISHIKAWA

IV. Analyse des causes des pannes : (5)

Nous allons faire une analyse AMDEC, en commençant par une présentation générale de la méthode plus nous allons l'appliquer sur les compresseurs pour construire à la fin un tableau illustrant notre travail.

1. Présentation de la méthode AMDEC :

Historiquement, la méthode **AMDEC** est une extension de La méthode **AMDE** (Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets) a un calcul de Criticité Prêt.

- ✓ Créé aux Etats-Unis par la société Mc DONNEL Douglas en 1966.
- ✓ Mise au point par la NASA et le secteur de l'armement et l'industrie aéronautique sous le nom FMEA (**Failure Mode and Effects Analysis**).

a. Définition de la méthode :

L'Association Française de Normalisation (**AFNOR X 60-510**) définit l'**AMDEC** comme étant : « Une Méthode inductive d'analyse de système utilisée pour l'étude systématique des causes et la maîtrise des effets des défaillances susceptibles d'affecter les composants de ce système ».

Autrement dit: C'est une technique d'analyse préventive de la Sûreté De Fonctionnement (SDF) d'un système (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité).

b. Les objectifs de la méthode

Il a comme objectifs :

Identification systématique des Risques de dysfonctionnement des équipements

- ✚ (MODES DE DEFAILLANCES)
- ✚ Recherche des origines et des conséquences de ces dysfonctionnements (CAUSES / EFFETS)
- ✚ Mise en évidence des points critiques
- ✚ Proposition d'actions correctives adaptées :
 - remise en cause des consignes d'exploitation,
 - de nettoyage et de Maintenance
 - remise en cause de la Conception

c. Déroulement de la méthode :

La méthode AMDEC se déroule en 5 étapes :

- **Initialisation.**
- **Analyse fonctionnelle :** Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire avant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage.

- **Analyse des défaillances** : A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche consiste en une recherche des modes de défaillance (par ex.: perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive)

- **Cotation des défaillances** : C'est une façon d'approcher la criticité. La formule établie pour tenir compte de la détection, ou du moins de la non détection est la suivante: $C=G.F.N$.

Avec G: indice de gravité. F : Indice de fréquence. N : indice de non détection.

Tableau 8: les indices de défaillance

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence F	1	Défaillance pratiquement inexistante
	2	Défaillance rarement apparue (un défaut par an)
	3	Défaillance occasionnellement apparue (un défaut par trimestre)
	4	Défaillance fréquemment apparue (un défaut par mois)
Indice de gravité G	1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel (TI <10 min).
	2	Défaillance moyenne = une remise en état de courte durée (10 min < TI <30 min).
	3	Défaillance majeure = une intervention de longue durée (30 min < TI < 90 min). Où Non-conformité du produit, constatée dans l'entreprise et corrigée.
	4	Défaillance catastrophique = une grande intervention (TI > 90 min) où Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise).
	5	Sécurité/Qualité : accident provoquant des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention. Où Non-conformité du produit envoyé en clientèle.
Indice de non détection	1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant d'éviter les effets sur la production.
	2	Il existe un signe avant coureur la défaillance mais il y a risque

N		que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable.
	3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. La détection est faible
	4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection.

- **Actions correctives menées** : Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques, il est impératif que des actions correctives ou préventives soient entreprises.

- ✓ Une diminution de la criticité pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme(s) du produit. Pour cela, Il faudra optimiser la maintenance, qu'elle soit préventive, corrective, améliorative.

2. AMDEC appliquée sur les compresseurs :

Nous allons effectuer une analyse AMDEC sur un compresseur, dont les résultats vont être généralisés à tous les autres compresseurs installés à l'usine.

L'objectif de cette étude est d'aboutir aux différents modes de défaillance des constituants du compresseur, afin d'évaluer leurs criticités et proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de la pompe dont la phase d'étude est la marche normale.

a. Décomposition fonctionnelle :

Diagramme pieuvre :

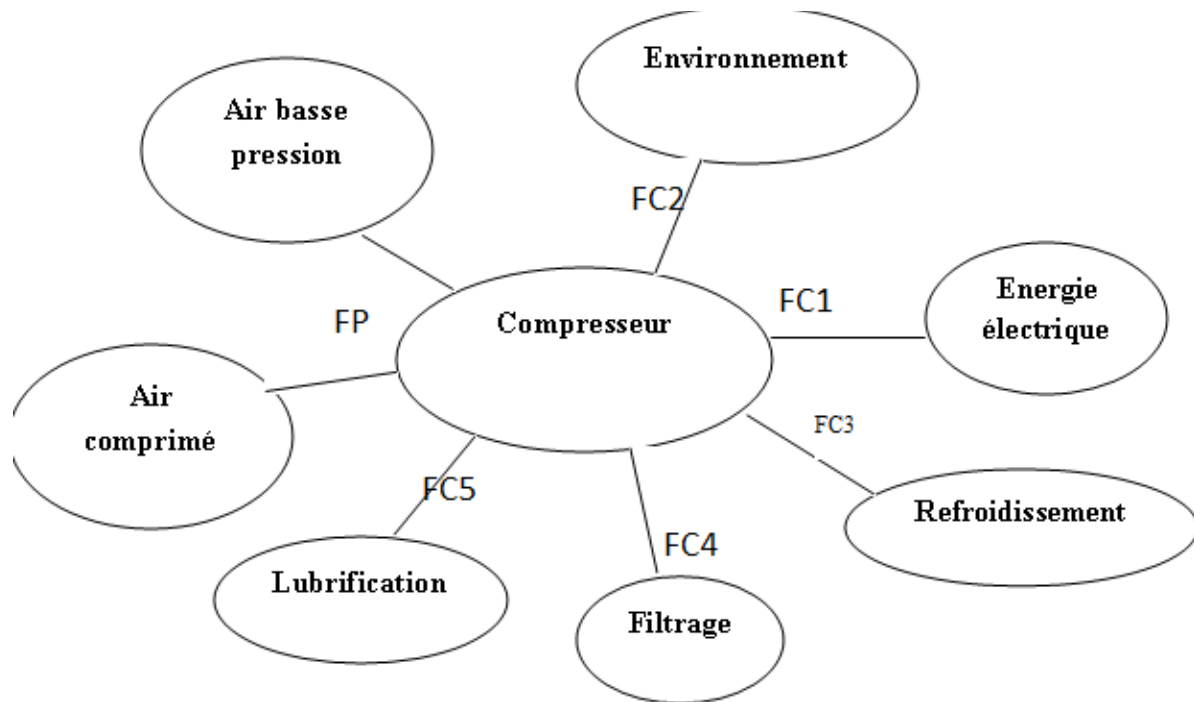


Figure 13: Diagramme de pieuvre.

Chacune de ses fonctions sont bien expliquer dans le tableau suivant :

Tableau 9: Fonctions et leurs significations

Fonctions	Significations
FP	Transformation de l'air a pression atmosphérique en air comprimé
FC1	Protéger l'environnement en utilisant de l'air non toxique.
FC2	Une consommation minimum d'énergie électrique.
FC3	Assurer le fonctionnement à une température optimal
FC4	Utiliser l'eau ou l'huile filtré
FC5	Réduire le coefficient de frottement

Le tableau suivant montre chaque composants de compresseur avec leurs fonctions, parmi ses composants on a le séparateur qui sépare les gouttelettes de l'air.

Tableau 10: Les composants d'un compresseur et leurs fonctions

L'élément	Sa fonction
Séparateur	Séparer les gouttelettes de l'air.
Refroidisseur	Augmenter la surface d'échange de chaleur
Clapet	Maintenir une pression minimum dans le réservoir Evite le retour d'air comprimé dans le réservoir
Soupape	Régler le débit d'air a l'aspiration du compresseur
Vanne thermostatique	Maintenir une température minimum de fonctionnement
Filtre d'air	Débarrasser l'air des particules abrasives
Soupape de sécurité	Permet l'échappement de l'air comprimé lorsque la pression est trop élevée
Indicateur de colmatage	Renseigne sur l'état du filtre

b. Arbre de défaillance : (1)

Nous avons fait un arbre de défaillance pour quelques défaillances du compresseur:
Par exemple si le débit d'air comprimé est trop faible ou bien nul donc c'est à cause de Filtre à air obstrué, le débit demandé est supérieur à celui du compresseur, l'électrovanne de régulation ne fonctionne pas, manostat mal réglé.

Débit d'air

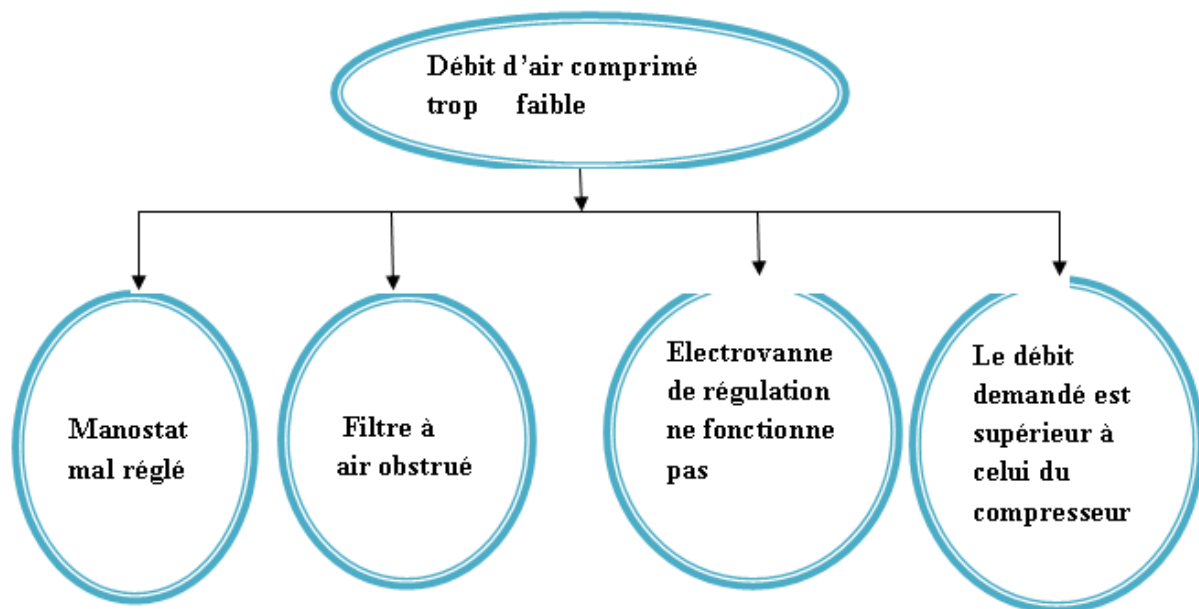


Figure 14: Arbre de défaillance du débit d'air.

Tableau 11: Analyse des modes de défaillance

Date de l'analyse: JUI N 2015	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement: marche normale										
	Système : Compresseur à vis KAESER					Criticité				Action Corrective	Nouvelle Criticité					
	Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N		C	F'	G'	N'	C'	
Moteur	Mettre le compresseur en marche	Déclenchement de la protection thermique du moteur électrique	tension d'alimentation insuffisante	Arrêt de compresseur	Visuel	1	3	4	12	vérifier la tension	1	3	2	6		
			surcharge du moteur			2	2	3	12		vérifier son branchement et la pression d'air	2	2	1	4	
			roulement moteur			1	4	2	8			Entretien systématique des roulements.	1	4	1	4
			réglage de la protection thermique			1	1	3	3				vérifier la plage de réglage	1	1	2
			défaut d'isolement			1	3	3	9			vérifier l'isolement		1	3	1
La vanne thermostatique	Maintenir une température de bon fonctionnement	Température de compresseur élevée	Débit d'air obstrué	Arrêt de compresseur	Contact	1	2	2	4	Nettoyer l'extérieur du compresseur et vérifier les filtres	1		2	1	2	
		Température	Refroidissement difficile du			1	2	2	4		Vérifier les recommandations	1	2	1	2	

		ambiante élevée	compresseur							de fabricant pour déterminer la température maximal de l'opération				
Clapet	Maintenir une pression minimum dans le réservoir	Basse pression au point d'utilisation	manostat mal régler	Chute de pression	Visuel	1	3	3	9	régler le manostat	1	3	2	6
			le débit demandé est supérieur à celui de compresseur			1	1	3	3	vérifier la consommation et fuites éventuelles	1	1	2	2
			clapet d'aspiration fermé			2	2	3	12	vérifier l'électrovanne, manostat, clapet	2	2	1	4
Soupape	Régler le débit d'air a l'aspiration du compresseur	Débit d'air comprimé trop faible	filtre à air obstrué	Arrêt de compresseur	Visuel	3	1	1	3	nettoyer le filtre	3	1	1	3
			l'électrovanne de régulation ne fonctionne pas			1	2	3	6	vérifier la plage de réglage	1	2	2	4
			manostat mal			1	3	3	9	régler le manostat	1	3	2	6

			régler											
Conduite d'air	Transmettre l'air comprimé	Eau dans les conduites	Purgeur de vapeur défectueux	Disfonctionnement	Sans	1	2	1	2	Nettoyer, réparer ou remplacer le purgeur	1	2	1	2
			Sécheur d'air comprimé fiable			1	2	1	2	Réparer ou remplacer le sécheur	1	2	1	2
	Huile dans les conduites	Séparation air/huile difficile	3			3	1	9	Vérifier le système de séparation air/huile. Changer l'élément du séparateur.	3	3	1	9	

V. Les pannes dans un compresseur et leurs solutions :

Dans toute industrie de procès il existe un réseau d'air comprimé.

On estime que la production d'air comprimé absorbe 10% de la consommation d'électricité industrielle. Même en marche à vide, un compresseur peut consommer de 15 à 95% de sa puissance nominale. Certains compresseurs sont donc très couteux à charge partielle. Notre rôle est d'identifier les pertes d'air à l'intérieur du réseau de distribution pour limiter les dépenses énergétiques.

Le tableau suivant présente les pannes d'un compresseur, les causes probables pour chaque défaut et les solutions proposées.(3)

Tableau 12: les pannes des compresseurs leurs causes et leur solution.

DEFAUT	CAUSE	Solution
Compresseur ne démarre pas	-alimentation en courant défaillante.	-enclencher disjoncteur, mettre le courant.
	-Tension de commande défaillante.	-Vérifier que la diode électroluminescente « marche » n'est pas allumée.
La lampe ne s'allume pas même si la machine est sous tension	La tension contrôle n'arrive pas à l'armoire.	Vérifier le coupe-circuit de contrôle. Vérifier les transformateurs secondaires.
Le compresseur n'atteint pas la pression désirée	La demande du client est trop élevée.	Vérifier les fuites, les vannes du circuit et les besoins en air du client.
	Pression de mise à vide trop basse	Vérifier la pression.
Le contrôleur indique que des sécurités sont enclenchées	Le circuit de contrôle est ouvert à cause d'une information de sécurité.	Vérifier l'origine du défaut en question. Réenclencher le contrôleur Si le défaut persiste poursuivre l'investigation.
Désamorçage du compresseur indiquant une température de sortie élevée	Faible niveau de liquide de refroidissement.	Vérifier et ajouter du liquide le cas échéant.
	Température ambiante élevée.	Faire le nécessaire pour améliorer la ventilation du local compresseur.

		Vérifier que la température est inférieure à 46C.
	Radiateurs sales/obstacles.	Nettoyer les radiateurs. Vérifier que le passage de l'air de refroidissement n'est pas obstrué.
	Clapet de dérivation thermostatique ne fonctionnant pas correctement.	Remplacer le clapet thermostatique.
	Sonde thermique défectueuse.	Vérifier/remplacer la sonde thermique.
	Fil débranché dans le circuit de protection.	Vérifier/remplacer les fils débranchés.
	Canalisation de dimension incorrecte.	Contacter kaeser pour avis complémentaire.
	Faible débit du liquide de refroidissement.	Vérifier et corriger le débit du liquide de refroidissement.
	Filtre de liquide de refroidissement bouché.	Remplacer la cartouche du filtre de liquide de refroidissement.
	Panne du ventilateur de refroidissement.	Vérifier et rectifier le fonctionnement de ventilateur de refroidissement
Haute température	Un refroidissement insuffisant à lieu.	le clapet thermostatique ne fonctionne pas. Niveau d'huile bas.
Surcharge moteur	Un courant excessif a excité la sécurité de surcharge thermique.	Vérifier la pression d'exploitation et abaisser le calage s'il est trop élevé.
		Isoler l'alimentation électrique et vérifier que le bloc compresseur et le moteur tournent librement.
		Vérifier qu'il n'y a pas une chute de pression trop importante au passage de l'élément séparateur.

Arrêt de compresseur	Vanne d'isolation fermée.	Ouvrir la vanne et redémarre.
	Système de mise à vide inefficace.	Vérifier le fonctionnement de la vanne solénoïde et la vanne de délestage.
Mauvais débit	La vanne d'aspiration ne s'ouvre pas	Vérifier le fonctionnement de la vanne d'aspiration.
		Vérifier le fonctionnement de la vanne solénoïde.
		Vérifier les pressions de la mise à vide et en charge.
		Vérifier le filtre d'air.
Consommation d'huile	orifice de recyclage d'huile bouche. fuite des raccords	Débouche la ligne. Elimination des fuites.
	Elément séparateur encrassé ou détruit.	Le remplacer.
Huile dans la conduite à air.	Conduite du drain colmaté.	Contrôler, nettoyer.
	Cartouche de séparateur d'huile défectueuse.	Remplacer
	niveau d'huile trop élevé dans le récipient du séparateur.	Mettre au niveau normal.
	Pression mini/trop faible.	Contrôler la pression mini.
Après l'arrêt de compresseur l'huile sort par la tubulure d'aspiration.	Régulation d'aspiration ne ferme pas.	Vérifier, remplacer le cas échéant.
Compresseur démarre difficilement.	Tension de réseau trop faible.	Prévoir une alimentation suffisante en énergie.
	Temps de communication étoile triangle trop long.	Régler la communication en triangle juste après avoir atteint la vitesse de rotation nominale.
	Soupape de commande défectueuse.	Remplacer
	Marche sue 2 phases.	Vérifier le câble d'alimentation.
	Soupape de pression mini défectueuse.	Vérifier.

VI. La maintenance

Chaque entreprise doit adopter une stratégie de maintenance ayant pour objectif le maintien du matériel dans un état assurant la production voulue au coût optimal.

La fonction maintenance a été considérée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant des dépendances non productives. On l'assimilait souvent à l'entretien qui consistait aux réparations et aux dépannages des outils de production.

1. Elaboration du plan de maintenance préventif :

L'élaboration d'un plan de maintenance se fait au niveau d'une unité de maintenance. Elaborer un plan de maintenance préventive, c'est décrire toutes les opérations de maintenance préventive qui devront être effectués sur chaque organe.

La réflexion sur l'affectation des opérations de maintenance se fait en balayant tous les organes de la décomposition fonctionnelle et en tenant compte de leur technologie, de leur environnement, de leur utilisation, de leur probabilité de défaillance et de leur impact sur la production et sur la sécurité humaine et matérielle. (1)

Nous avons établi ce plan de maintenance à partir du dossier machine KAESER pour augmenter la disponibilité des compresseurs.

Par exemple si on veut contrôler la cartouche de filtre d'air on doit le contrôler tout les 3000 heures par un mécanicien à l'arrêt du compresseur et c'est la même chose pour les autres opérations.

Tableau 13: le plan de maintenance

Plan de maintenance	Compresseur d'air KAESER										
	Opération	Exécutant	fréquence/h						Observation	La gamme de maintenance	
			JOUR	3000	6000	9000	12000	36000		Temps alloué	matériel à Employer
Vérifier le niveau d'huile du compresseur.	Mécanicien	X						Contrôle	Chaque jour avant le démarrage	Visuel	
Contrôler la cartouche de filtre d'air.	Mécanicien		X					A l'arrêt	10min	Visuel	
Nettoyer la cartouche de filtre d'air.	Mécanicien			X				A l'arrêt	15min		
Remplacer la cartouche de filtre d'air.	Mécanicien					X		A l'arrêt	15min	clé pipe 10	
Changer la cartouche de filtre d'huile.	Mécanicien		X					A l'arrêt	15min	clé pour filtre	
Vérifier le clapet de retour d'huile.	Mécanicien		X					A l'arrêt	1h	Visuel	
Contrôler l'étanchéité des raccords.	Mécanicien			X				A l'arrêt	15min	Visuel	
Vérifier l'état des canalisations.	Mécanicien					X		A l'arrêt	30 min	Visuel	
Contrôler le système de refroidissement.	Mécanicien				X			A l'arrêt	15min	Thermomètre	
Contrôler la soupape de sécurité.	Mécanicien			X				A l'arrêt	10min	Visuel	
Graisser le palier du moteur.	Mécanicien			X				A l'arrêt	30min	pompe à	

										graisse
Vérifier le clapet d'aspiration.	Mécanicien				X			A l'arrêt	1h	Visuel
Vérifier l'état de l'accouplement.	Mécanicien		X					A l'arrêt	15min	Visuel
Nettoyer le dispositif de commande.	Mécanicien		X					A l'arrêt		
Surveiller le bruit compresseur.	Mécanicien							En marche	10min	Auditif
Vérifier le robinet de vidange.	Mécanicien	X							chaque jour	Visuel
vérifier le filtre d'huile et à air	Mécanicien		X					En marche	chaque jour	indicateur de Colmatage
Vérifier les nattes filtrantes	Mécanicien	X								
Contrôler le serrage des connexions électriques.	Electricien		X					A l'arrêt		
Remplacer les clapets	Mécanicien					X		A l'arrêt		les clés+ Montage
Remplacer les accouplements	Mécanicien						X	A l'arrêt		Clés
Remplacer les roulements moteurs graissés	Electricien					X		A l'arrêt		pompe à Graisse

Conclusion:

Dans un premier temps, l'historique des pannes nous a permis de représenter, sous forme d'un diagramme Pareto en utilisant le logiciel graphique Excel, les différentes zones de criticités de l'ensemble d'équipement afin d'en déterminer les plus critique qui seront l'objet prioritaire pour établir le diagramme d'ISHIKAWA.

Nous allons, dans un 2eme temps faire une étude de défaillance en utilisant la méthode d'AMDEC qui permet de faire ressortir les points faibles de compresseur. A partir de ces données, nous pouvons déterminer des actions d'amélioration à mettre en œuvre afin de réduire la criticité des points les plus importants.

Enfin nous avons établi un plan de maintenance à l'aide de dossier machine.

Chapitre IV : étude des risques liés au compresseur

Introduction :

Les compresseurs représentent un risque pour la sécurité du personnel. Le gaz comprimé est une forme d'énergie potentielle qui doit toujours être respectée. En combinant ce risque au risque d'incendie relié à des gaz inflammables, cela peut provoquer une combinaison potentiellement mortelle.

Dans certains cas, le gaz à compresser peut être une source de risques potentiels selon sa température, sa pression, son inflammabilité, etc. Les gaz inflammables ne peuvent être comprimés que dans des compresseurs spécialement conçus à cet effet.

I. Les risques : (4)

On trouve plusieurs risques qui menacent la vie des personnels à titre d'exemple :

Haute pression: typiquement un compresseur fournit un gaz sous pression, à une pression plus élevée que la pression atmosphérique. Les risques potentiels associés à cette augmentation de pression sont principalement des fuites, ou même des explosions

Température: plusieurs compresseurs, moteurs et composants fonctionnent à des températures pouvant brûler quiconque entrant en contact avec les surfaces chaudes, incluant les émissions ou fuites de gaz. Pour cette raison, une signalisation appropriée doit être visible pour informer le personnel de ces risques.

Espace clos: les compresseurs peuvent transporter des gaz dangereux. Dans ce cas, une composante assez spacieuse pour permettre l'entrée de personnel lors d'un entretien doit être considérée «espace clos» ces zones peuvent servir de point bas où le gaz s'accumulent, ce qui représente des risques.

Bruit: des compresseurs peuvent générer un niveau sonore élevé et ainsi un risque pour le personnel.

Toujours être vigilant près des compresseurs, de multiples risques sont présents:

- Des gaz sous pression circulent dans les compresseurs et les conduites en aval.
- Plusieurs composantes des compresseurs fonctionnent à de hautes températures et peuvent être brûlantes.
- Les compresseurs peuvent transporter des gaz dangereux.
- Les compresseurs peuvent générer un niveau sonore élevé.

II. Analyse des risques aux postes de travail :

Introduction :

Depuis longtemps, le Groupe OCP s'intéresse et donne de la valeur à la sécurité, dont l'objectif d'atteindre 0 accident et cela parmi les préoccupations des clients.

La mobilisation permanente de l'ensemble du personnel, permet au Groupe OCP d'atteindre des résultats appréciables, notamment en matière de réduction des accidents et d'amélioration des conditions de travail.

1. Les causes :

Il existe plusieurs causes qui mènent à des grave accident de travail parmi ses causes on peut citer la fatigue, excès de confiance, stress, pression, méconnaissance et l'attitude du héros.

Erreurs critiques:

- « Je ne fais plus attention aux mouvements de la machine. »
- « Je ne fais plus attention à mes gestes. »
- « Je ne fais plus attention à l'environnement. »

III. Les outils d'analyse de risques au poste de travail:

QUOI ?

Un outil d'analyse qui permet d'identifier les dangers particuliers sur :

- Les équipements,
- Les méthodes et les modes opératoires,
- Les comportements.
- les risques selon des critères spécifiques : Probabilité, Impact, Détectabilité.

QUI ?

- Managers, chef de poste et son équipe.

OÙ ?

- Sur le terrain, dans les ateliers.

QUAND ?

- En prévision d'un chantier,
- Sur un poste, une opération régulière.

COMMENT ?

Définir la zone et les opérations à analyser (début-fin).

Rassembler une équipe de travail.

Prendre le formulaire et se rendre sur le terrain.

Identifier les actions à réaliser (actes simples).

Identifier les risques potentiels pour chaque action.

Donner une valeur aux différents critères d'apparition des risques.

Évaluer les priorités.

Établir une carte des risques.

Décider des mesures préventives pour maîtriser les risques.

Établir un plan d'actions (Quoi ? Qui ? Quand ? Avancement).

Réaliser les actions préventives dans le délai imparti.

Vérifier la réalisation des actions décidées.

Comprendre pourquoi certaines ne sont pas réalisées.

Aider le cas échéant ses collaborateurs à les mener à bien.

Réévaluer les risques après contre-mesures.

Assurer l'élimination définitive des risques

Former, éduquer, vérifier le savoir.

Communiquer avec les autres équipes sur les problèmes, les solutions.

Identifier les bonnes pratiques, Les formaliser sur des standards, des règles, des leçons ponctuelles.

Le tableau suivant présente les risques qui menace les vis de personnel ainsi leurs causes et les effets.

Tableau 14:les risques des compresseurs leurs causes, effets et leur gravité.

Risque	Cause	Effet	Gravité
Risques d'explosion	-Combustion d'huile de graissage (mélange d'air plus huiles de graissage ou leurs	-Risques de blessures graves ou mortelles.	4

	déchets). -augmentation anormale de la température (>180°C). -augmentation de la pression.		
Risques de brûlures.	-Augmentation de la température.	-Risques de brûlures.	3
La perte d'acuité auditive.	-l'exposition au bruit sur le lieu de travail.	-Le bruit peut causer des problèmes de santé chroniques et il peut même rendre sourd. -Le bruit peut provoquer du stress et gêner la concentration. -Une brève exposition à un bruit excessif peut causer une perte d'ouïe temporaire. -L'exposition au bruit sur une longue période peut causer une perte d'ouïe permanente.	2
Risques d'intoxication	-Le travail dans un espace clos et la respiration des gaz dangereux (monoxyde de carbone (CO)).	Intoxication	3

Conclusion :

Il faut que chaque membre de ce groupe soit prudent pour ne pas mettre sa vie en danger c'est pour ça que nous avons fait une analyse des risques pour garantir le travail en sécurité, par exemple au cas ou le compresseur fait un bruit ça peut causer des problèmes de santé chroniques et il peut même rendre sourd, peut provoquer du stress et gêner la concentration. Une brève exposition à un bruit excessif peut causer une perte d'ouïe temporaire.

Conclusion et perspectives

Arrivant à la fin de notre projet de fin d'étude portant sur la maîtrise et la fiabilisation des compresseurs du secteur adaptation de la laverie SIDI DAOUI nous présentons le bilan du travail que nous avons effectué. D'abord il a fallu bien s'intégrer et comprendre le fonctionnement de la société et ses différents services afin de pouvoir bénéficier de la collaboration du personnel.

Ensuite, nous avons commencé notre étude par une analyse de l'existant pour bien comprendre les problèmes du système et afin de trouver les axes d'améliorations prioritaires à traiter. Cette analyse a été faite à partir de l'historique des arrêts de l'unité de compresseur enregistré durant cinq mois, ce qui a servi de document de base pour appliquer la règle du 20/80 (diagramme Pareto) et pour trouver les causes des problèmes nous avons utilisé le diagramme ISHIKAWA, ces causes sont classés selon les 5M par exemple des personnes non formé, le compresseur se trouve dans un milieu poussiéreux et les filtres sont de mauvaise qualité .

Nous avons fait une analyse des défaillances de compresseur via la méthode AMDEC, ensuite nous avons évalué leurs criticité afin de déceler les plus critiques pour mettre en œuvre des actions correctives ainsi que préventives par exemple le surcharge de moteur peut mener l'arrêt de compresseur c'est pour il faut vérifier son branchement et la pression d'air.

Ensuite nous avons élaboré un plan de maintenance préventive des compresseurs, Nous nous sommes basés essentiellement sur les préconisations des constructeurs et le retour d'expérience, ce qui nous a menés à déterminer les périodicités d'interventions optimales.

Durant ces deux mois de stage que nous avons effectué à l'OCP Khouribga, les employés nous ont offert un encadrement de grande qualité, lors des discussions chacun a mis ses connaissances, son savoir et son expérience à notre service, n'hésitant pas à prendre sur leur temps.

Nous avons appris aussi au cours de ce stage de nouvelles façons de travailler tout en mettant en application ce qui nous a été enseigné à l'université au niveau pratique que la théorique.

Ce stage nous a été d'une grande utilité. Nous espérons par ce travail avoir contribué à amener une valeur ajoutée au savoir de l'équipe de maintenance avec laquelle nous avons eu l'honneur de travailler pendant cette période de stage.

Bibliographie

Documentation interne de l'OCP K HOURIBGA :

1. Dossier machine (KAESER Compresseur).
2. L'historique de l'installation.
3. Formation OCP «TECHNOLOGIE ET MAINTENANCE DES COMPESSEURS A VIS »..

Site internet

4. www.kaeser.fr

Les livres :

5. Cours "gestion de maintenance industrielle" , Mr. Ahmed El BIYAALI ,2015.
6. Cours "gestion de la qualité", Mr. Jalil Abouchita, 2015.

Annexe A

Date	Défaut	Durée
26/12/2014	Colmatage des filtres	02 :26
24/12/2014	Séparateur	01 :40
22/12/2014	Echauffement anormal	02 :30
19/12/2014	Circuit plein d'huile	01 :00
13/12/2014	Chute de pression	01 :21
13/12/2014	Réservoir plein d'eau	00 :18
25/11/2014	Séparateur	01 :38
21/11/2014	Colmatage des filtres	01 :20
20/11/2014	Entretien planifié	01 :36
19/11/2014	Circuit plein d'huile	00 :17
19/11/2014	Réservoir plein d'eau	01 :16
18/11/2014	Chute de pression	00 :17
17/11/2014	Echauffement anormal	00 :18
10/11/2014	Colmatage des filtres	02 :45
28/10/2014	Echauffement anormal	00 :12
24/10/2014	Circuit pleine d'huile	00 :12
22/10/2014	Chute de pression	00 :10
21/10/2014	Entretien planifié	01 :54
17/10/2014	Circuit pleine d'huile	00 :35
17/10/2014	Colmatage des filtres	01 :14
11/10/2014	Séparateur	01 :27
11/10/2014	Echauffement anormal	00 :46
01/10/2014	Réservoir plein d'eau	00 :15
30/09/2014	Chute de pression	00 :40
30/09/2014	Entretien planifié	03 :36
30/09/2014	Circuit pleine d'huile	00 :48
27/09/2014	Colmatage des filtres	01 :54
13/09/2014	Echauffement anormal	00 :06
12/09/2014	Circuit pleine d'huile	00 :35
09/09/2014	Chute de pression	00 :44
09/09/2014	Echauffement anormal	00 :15

09/09/2014	Réservoir plein d'eau	00 :44
09/09/2014	Circuit pleine d'huile	00 :15
09/09/2014	Séparateur	00 :43
09/09/2014	Entretien planifié	00 :21
07/09/2014	Colmatage des filtres	03 :06
07/09/2014	Réservoir plein d'eau	00 :10
07/09/2014	Circuit plein d'huile	00 :10
07/09/2014	Entretien planifié	02 :30
06/09/2014	Chute de pression	00 :50
15/08/2014	Entretien planifié	00 :32
18/07/2014	Chute de pression	00 :20
16/07/2014	Echauffement anormal	00 :30
16/07/2014	Circuit pleine d'huile	00 :12
12/07/2014	Réservoir plein d'eau	01 :20
06/07/2014	Séparateur	00 :20
03/07/2014	Colmatage des filtres	04 :07
03/07/2014	Chute de pression	00 :15
18/07/2014	Echauffement anormal	00 :20
16/07/2014	Séparateur	00 :30
16/07/2014	Circuit pleine d'huile	00 :12
12/07/2014	Colmatage des filtres	01 :20
06/07/2014	Problème de système de transmission	00 :20
03/07/2014	Chute de pression	00:15
03/07/2014	Colmatage des filtres	02 :15
03/07/2014	Problème de système de transmission	01 :15
03/07/2014	Température d'huile	00 :15
03/07/2014	Déclanchement des éléments	00 :30
18/07/2014	Colmatage des filtres	02 :45
16/07/2014	Problème de système de transmission	01 :25
15/07/2014	Déclenchement des éléments	00 :36
09/09/2014	Température d'huile	00 :17
11/09/2014	Déclanchement des éléments	00 :30
13/10/2014	Colmatage des filtres	02 :05

