

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences & Technologie

Filière : Electro-Mécanique

Parcours : Master

Option : Maintenance industrielle

THÈME

**Etude de maintenance et entretien d'un
compresseur centrifuge**

Préparé par : Ghilani Houssam Eddine

Krama Imad Eddine

Devant le jury :

Noms et prénoms	Grade	Lieu d'exercice	Qualité
Saad Mohamed	MAA		Président
Guentri Houcine	Chargé de cours		Examineur
Mekroussi Said	MCA		Encadreur

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur qui nous a donné la force pour accomplir ce modeste travail.

Ce présent mémoire de fin d'étude, n'aurait pu avoir le jour sans contribution de nombreuses personnes, dont nous faisons aujourd'hui un plaisir et un devoir de les remercier.

*Avant tout, nous tenons à remercier messieurs les membres du jury pour leurs collaborations durant l'examen de ce travail et leurs participations à la soutenance. Nous adressons tout particulièrement notre reconnaissance à notre promoteur **MR : Mekroussi. S** pour la direction de cette thèse, pour ses conseils et son aide. Sans oublier les enseignants de la faculté des sciences des appliquées.*

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce présent mémoire, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitude et respect.



Dédicace

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et
matériellement pendant les moments plus difficiles
Durant ma vie.*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir
de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi A
mon très cher père*

A toute ma grande famille : ghilani

A tous mes amis partout et en particuliers

*Et sans doute, à mes très chers amis à l'Université de
ibn khalidoun Tiaret*

*A la fin je dédie très chaleureusement Mr :
mekroussi. Saïd*

❖ Ghilani houssam eddine



Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et
matériellement pendant les moments plus difficiles
Durant ma vie.*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir
de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi A
mon très cher père*

A toute ma grande famille : krama

A tous mes amis partout et en particuliers

*Et sans doute, à mes très chers amis à l'Université de
ibn khaldoun Tiaret*

*A la fin je dédie très chaleureusement Mr :
mekroussi .Saïd*

❖ *Krama imad eddine*

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la région HRM et généralité sur les compresseurs	3
I.1.1. Situation géographique	4
I.1.2. Description des différentes unités à Hassi R'mel	4
a) -Zone centrale	5
b) -Zone du nord	5
c)-Zone du Sud.....	5
d)-Le Boosting	5
I.1.3. Organigramme de La direction régionale de Hassi R'mel	6
I.1.4. Organigramme de La direction Maintenance	7
I.2. Introduction	8
I.2.1. Différents types des compresseurs	8
I.2.2. Les différentes applications	9
I.2.2.1. Les compresseurs volumétriques.....	9
a) -Compresseur à piston	9
b) -Compresseurs rotatifs volumétriques	10
I.2.2.2. Les Turbo-Compresseurs.....	10
a) - Les compresseurs axiaux.....	10
b) - Les compresseurs centrifuges.....	11
a) -1. Compresseurs centrifuges avec corps ouverts horizontalement.....	11
b) -2. Compresseurs centrifuges avec corps ouverts verticalement.....	11
I.2.3. Présentation d'un compresseur centrifuge.....	11
a) -Vue externe.....	11
b) -Vue interne	12
c)-Dispositif d'entraînement	12
I.2.4. Description du Compresseur 20-K-001	14
I.2.4.1. Explication du numéro du modèle.....	15
I.2.4.2. Types de compresseurs utilisés à hassi r'mel	16
a) -Corps à plan de joint vertical	16
b) -Corps à plan de joint horizontale.....	16
I.2.4.3. Principe de Fonctionnement du Compresseur 9H-7B	17
I.2.4.5. Courbe de performance d'un compresseur centrifuge.....	19
I.2.4.6. Limites d'utilisation importantes.....	19

Sommaire

I.2.5. Eléments constitutifs du compresseur	20
I.2.5.1. Corps.....	20
I.2.5.2. Diaphragmes.....	20
a)-Diaphragme d'aspiration	21
b)-Diaphragmes intermédiaires.....	21
c)-Diaphragme de refoulement	21
I.2.5.3. Ensemble rotor du compresseur	21
a)-L'arbre	21
b) -Hélices.....	21
c)-Les roues.....	22
I.2.5.4. Les paliers.....	22
a)-Paliers porteurs	22
b) - Paliers butée.....	23
I.2.5.5. Disque de butée.....	24
I.2.5.6. Dispositif d'étanchéité.....	24
a)-Etanchéités à labyrinthe (internes)	24
b) -Etanchéités à huile (étanchéités en bout d'arbre).....	25
Conclusion	26
Chapitre II : maintenance et entretien d'un compresseur centrifuge	27
Introduction.....	28
II.1. Définition de la maintenance.....	28
II.2. Notions générales sur la maintenance	28
II.3. Objectif de la maintenance	28
II.4. Politique de la maintenance.....	29
II.5. Types de maintenance	29
II.5-1. Maintenance corrective (de maintien)	30
II.5-2. Maintenance d'amélioration	30
II.5-3. Maintenance préventive	31
a. Maintenance préventive systématique	31
b. Maintenance préventive conditionnelle	31
II.6. Les opérations de la maintenance.....	32
II.6-1. Dépannage.....	32
II.6-2. Réparation	32

Sommaire

II.6-3. Inspection	32
II.6-4. Visite	32
II.6-5. Contrôle.....	33
II.6-6. Révision	33
II.7. Les niveaux de maintenance	33
II.8. Entretien du compresseur	34
II.8-1. Mise en route.....	34
II.8-2. Arrêt	35
II.8-3. Entretien courant.....	36
a. Une fois par jour.....	36
b. Une fois par semaine.....	37
c. Tous les trois mois:	37
d. Une fois par an ou à intervalles correspondant à un cycle complet de l'installation (révision général)	37
II.9. Définition de la méthode AMDEC.....	38
II.9-1 Démarche de la méthode.....	39
a) Endommagement des paliers porteurs	Error! Bookmark not defined.
b) Endommagement du palier de la butée	Error! Bookmark not defined.
Conclusion	44
Chapitre III : pompage et système anti-pompage.....	45
Introduction.....	46
III.1. Définition	46
III.2. System de protection anti pompage	46
III.2-1 Contrôle anti-pompage	46
III.2.2 Vanne anti-pompage (vanne de recyclage).....	49
III.2.3 Transmetteur (Indicateur) de pression	50
III.2.4 Transmetteur (Indicateur) de débit.....	50
III.2.5 Régulateur électronique	51
III.2.6 Régulateur anti-pompage foxboro 762	51
III.2.6.1 Mode de fonctionnement	52
III.2.6.2 Affichage en mode normale	52
III.2.6.3 Fonction des touches	52
III.2.6.4 Configuration du régulateur	54

Sommaire

III.2.6.5 Affichage du régulateur C1	54
III.2.6.6 Affichage du régulateur C2	54
III.2.7 Système de protection de pompage par recyclage	54
III.2.8 Méthodes pour éviter le pompage	55
III.2.9 Events et by-pass	56
III.2.10 Démarrage d'un compresseur	57
Conclusion	57
Conclusion générale	58

Liste des figures

FIG I. 1	POSITION GEOGRAPHIQUE DE HASSIR'MEL.....	4
FIG I. 2	ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION REGIONALE DE HASSIR'MEL	6
FIG I. 3	ORGANIGRAM DE LA DIRECTION DE MAINTENANCE	7
FIG I. 4	DIFFERENTS TYPES DES COMPRESSEURS	8
FIG I. 5	LA CRITER DE CHOIX D'UN COMPRESSEUR.....	9
FIG I. 6	COMPRESSEUR ALTERNATIF	9
FIG I. 7	COMPRESSEUR AXIAL.....	10
FIG I. 8	COMPRESSEUR CENTRIFUGE	12
FIG I. 9	ENTRAINEMENT PARTURBINE.	13
FIG I. 10	ENTRAINEMENT PAR MOTEUR	13
FIG I. 11	COMPRESSEUR 9H-7B SECTION BP	14
FIG I. 12	CODIFICATION DE COMPRESSEUR 9H-7B	15
FIG I. 13	SCHEMA D'UNE ROUE MOBILE - TRIANGLE DES VITESSES	18
FIG I. 14	COURBE CARACTERISTIQUE	19
FIG I. 15	DIAPHRAGMES DU COMPRESSEUR 9H-7B.....	20
FIG I. 16	ENSEMBLE ROTOR DU 9H7B	21
FIG I. 17	PALIE PORTEUR	22
FIG I. 18	SCHEMA DE PLIE DE BUTEE.....	23
FIG I. 19	EMPLACEMENT DE DISQUE A BUTEE	23
FIG I. 20	DISQUE À BUTÉE	23
FIG I. 21	LABYRINTHE DE DIAPHRAGME.....	24
FIG II. 1.	DIFFERENT TYPE DE MAINTENANCE -----	30
FIG III. 1	LIGNE ISO VITESSE ET LIMITE GAUCHE DE FONCTIONNEMENT SUR -----	47
FIG III. 2	THEORIE DE TUYAU DE DECHARGER COMME MOYEN DE PROTECTION -----	47
FIG III. 3	CIRCUIT ANTI POMPAGE A RECYCLAGE DU GAZ -----	49
FIG III. 4	VANNE ANTI-POMPAGE-----	49
FIG III. 5	TRANSMETTEUR DE PRISSION -----	50
FIG III. 6	TRANSMETTEUR DE DEBIT-----	51
FIG III. 7	REGULATEUR FOXBORO 762 -----	51
FIG III. 8	AFFICHAGE DE REGULATEUR EN MODE NORMALE -----	52
FIG III. 9	POURCENTAGE D'OUVERTURE LA VANNE ANTI-POMPAGE -----	55
FIG III. 10	SYSTEME DE PROTECTION DE POMPAGE PAR RECYCLAGE -----	55
FIG III. 11	INSTALLATION AVEC EVENT-----	56

TABLEAU I. 1 COMPARAISON ENTRE LES DEUX COMPRESSEURS.....	17
TABLEAU II. 1 LES NIVEAUX DE MAINTENANCE.....	33
TABLEAU II. 2 CRITERES DE FREQUENCE D'OCCURRENCE.....	40
TABLEAU II. 3 CRITERE DE GRAVITE DE DEFAILLANCE.....	40
TABLEAU II. 4 CRITERE DE DETECTION D'ANOMALIE.....	41
TABLEAU II. 5 REPRESENTE LA FREQUENCE.....	41
TABLEAU II. 6 REPRESENTE DE GRAVITE	41
TABLEAU II. 7 REPRESENTE DE LA DETECTION	41
TABLEAU II. 8 TABLEAU DE L'AMDEC	42
Tableau .II.8. Les niveaux de criticité et actions correctives a engagé.....	42
Tableau .II.9. Endommagement des paliers porteurs.....	43
Tableau .II.10. Endommagement du palier de la butée	44
TABLEAU III. 1 FONCTION DES TOUCHES	52

Introduction

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain. Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir de nouvelles ressources énergétiques, à savoir tous les produits à vocation énergétique dont nous citons, le pétrole et le gaz naturel, seuls capables de répondre à l'accroissement des besoins en énergie.

Le gaz naturel est classé en deuxième rang après le pétrole mais son importance devient de plus en plus intéressante car c'est une source énergétique propre et qui n'altère pas l'environnement.

L'Algérie classée parmi les premiers pays producteurs du gaz naturel au monde. la grande partie de sa production est assurée par le gisement gazier de la région de HassiR'mel, a connu ces dernières années une amélioration considérable.

L'utilisation de gaz notamment dans la production de l'électricité joue un rôle très important introduit des techniques développées allant de la stimulation des anciens puits jusqu'à la récupération de gaz des torches ; C'est grâce à l'électricité que les différents équipements peuvent fonctionner ; Une coupure ou un problème électrique signifie l'arrêt de la production ce qui est indésirable.

Dans le cadre de notre stage, nous sommes affectées à la SONATRACH, Direction Régionale de Hassi R'mel « Société National de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures », Direction Maintenance et spécifiquement dans le service Electromécanique, Pour objectif de nous mettrons à la situation professionnelle et d'enrichir nos connaissances théorique et l'adaptation dans le domaine pratique et suivre de près.

Parmi les machines ayant un rôle primordial dans les domaines d'activité industrielle, on peut citer par exemple les compresseurs. Pour être en mesure de choisir des compresseurs selon les exigences technologiques et de les exploiter d'une façon compétente, un spécialiste doit parfaitement connaître les constructions de ces machines, leur principe de fonctionnement et la base théorique qui sert à expliquer leurs caractéristiques.

Les compresseurs sont des appareils qui transforment l'énergie mécanique fournie par une machine motrice en énergie de pression, en réalisant un accroissement de pression d'un fluide à l'état gazeux. Le mécanicien doit être en mesure de choisir des compresseurs selon les

Introduction général

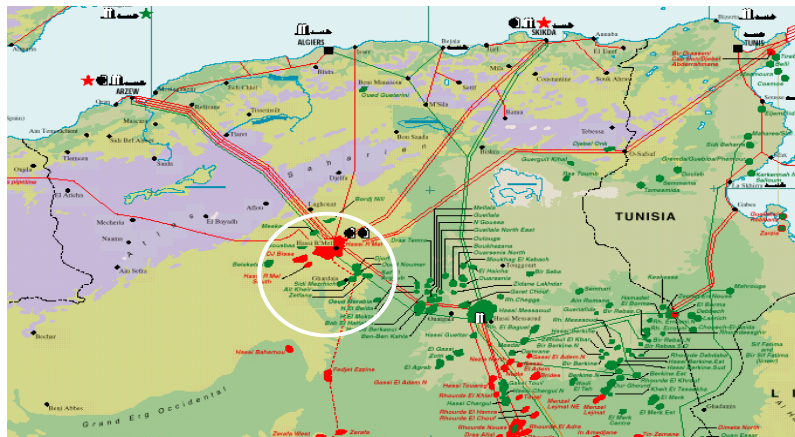
exigences technologiques, les paramètres principaux, les règles de l'entretien et la base théorique pour prévoir l'état de la machine dans les différentes conditions d'exploitation.

Chapitre I

Présentation de la région HRM et généralité sur les compresseurs

I.1. Situation géographique

Hassi R'mel porte du désert, se trouve à 525 Km au sud d'Alger, dans cette région relativement plate du Sahara septentrional, l'altitude moyenne est d'environ 750 m. Le climat est caractérisé par une faible pluviométrie (140mm /an) et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver. Les amplitudes thermiques sont importantes et les températures variant entre -5°C en hiver, et $+45^{\circ}\text{C}$ en été. Les vents dominants sont de direction Nord-Ouest.



- Hassi R'Mel est situé à 525 km au sud d'Alger.
- Le champ s'étale sur plus de 3500 km².
- Découvert en 1956, il est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale.

Fig I.1 . Position Géographique de hassi r'mel

I.2. Description des différentes unités à Hassi R'mel

Le champ gazier de Hassi R'mel a une forme elliptique qui s'étend sur une longueur de 70 km et sur une largeur de 50 km environ, sa périphérie est riche beaucoup plus d'huile qui est appelé anneau d'huile. IL est divisé en trois zones principales.

a) -Zone centrale

Elle comporte 3 modules (usines de traitement de gaz) « 0 », « 1 », « 4 » et le commun (phase B), plus un centre de stockage et transfert des liquides (CSTF), ces modules sont alimentés par les puits de centre.

Elle comporte aussi deux centres de traitement d'huile (CTH1et3, station de déshuilage centre et la station de récupération des gaz associés)

b) -Zone du nord

Elle comporte le module « 3 », alimenté par les puits du nord, et une station de compression pour la réinjection.

Elle comporte aussi deux centres de traitement d'huile (CTH2et4, station de déshuilage nord)

c)-Zone du Sud

On trouve le module « 2 » identique aux modules « 3 » et « 4 », il est alimenté par les puits du sud, une station de compression pour la réinjection qui est identique à celle du Nord, un centre de traitement de gaz (CTG/DJEBEL-BISSA) et un centre de traitement de gaz HR-Sud.

Elle comporte un centre de traitement d'huile (CTH sud, station de déshuilage sud)

d)-Le Boosting

La pression d'entrée du gaz brut aux modules décroît avec le temps, ce qui influe sur la quantité et la qualité des produits de chaque catégorie, et sur les unités de traitement de gaz car ils sont conçus pour fonctionner à une pression minimale de 100 Bars à l'entrée.

Le rôle des stations Boosting est la compression de ces gaz brut issus des puits afin d'avoir une détente importante, donc une meilleure séparation. Chaque zone est dotée de sa propre station de boosting.

- Module Processing Plant (MPP).
- Centre de traitement de Gaz (CTG).
- Central de Stockage et Transfert des fluides (CSTF).
- Station de Récupération des Gaz Associés (SRGA).
- Centre de traitement d'huile (CTH).
- Station de compression Nord ou Sud (SCN, SCS).

I.3. Organigramme de La direction régionale de HassiR'mel

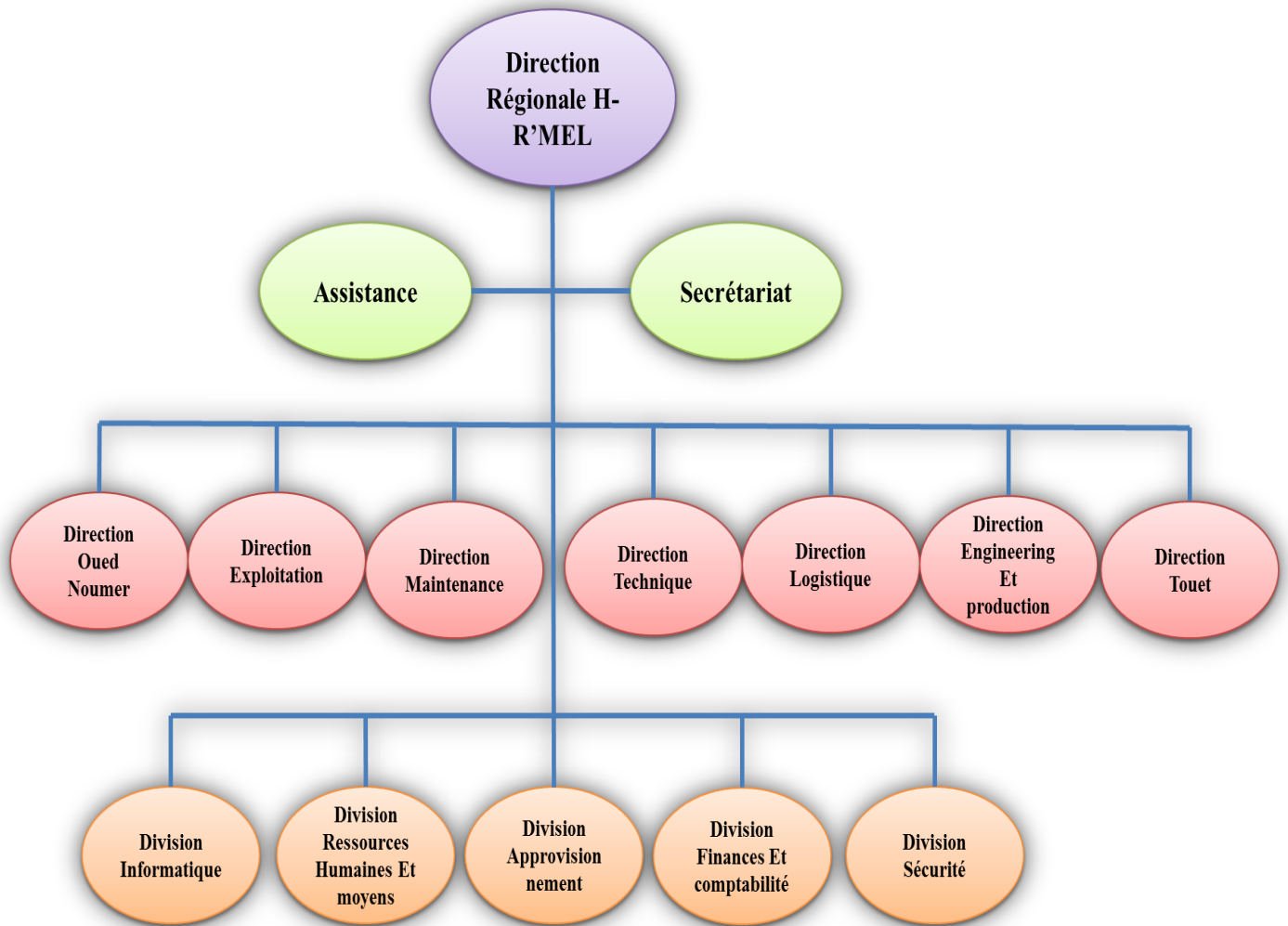


Fig I. 2 .Organigramme de La direction régionale de Hassi R'mel

I.4. Organigramme de La direction Maintenance

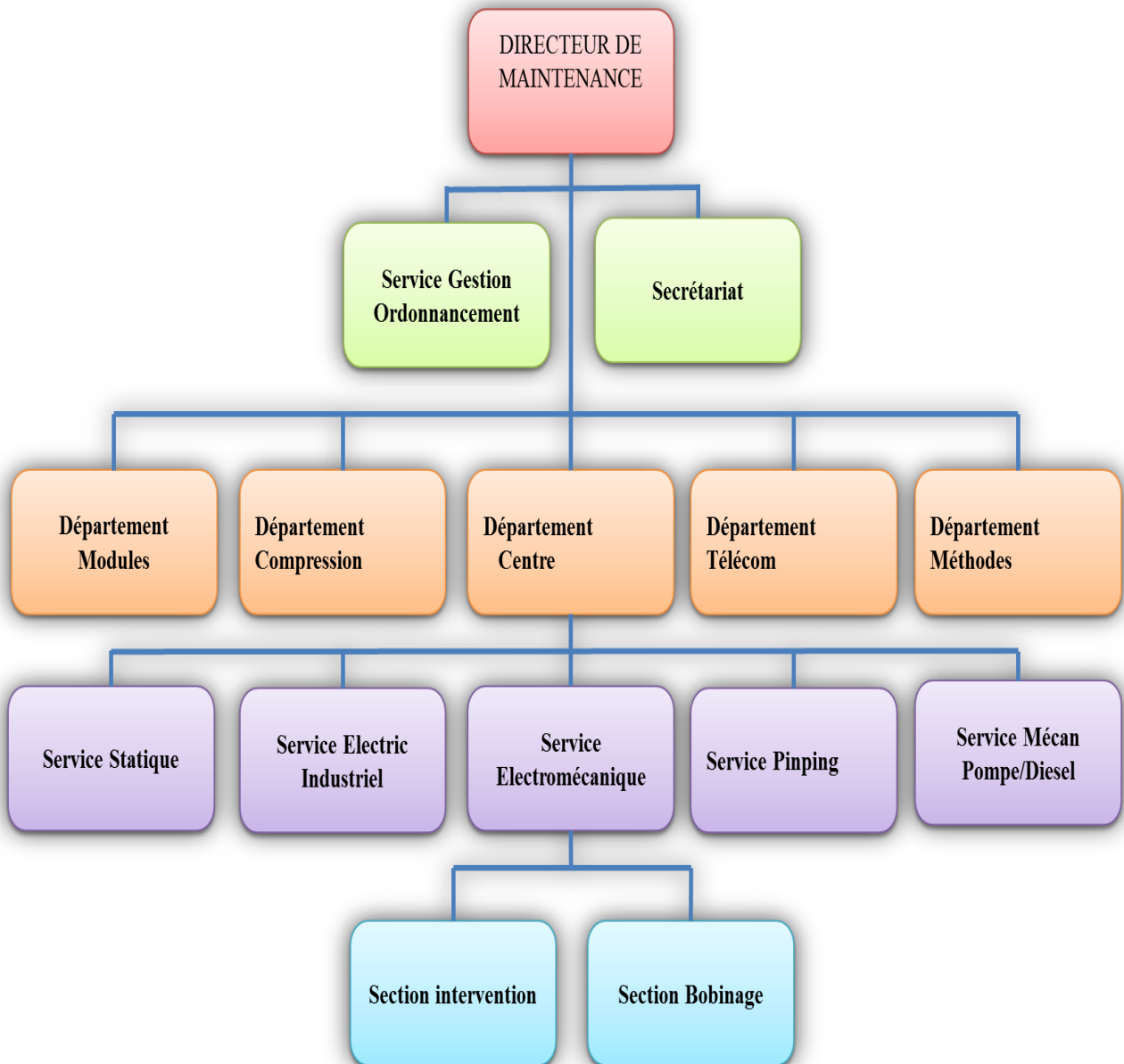


Fig I.3. Organigram de la direction de maintenance

I.5. Définition de compresseur

Compresseur, ou pompe à air, c'est une machine qui réduit le volume et accroît ainsi la pression d'une quantité d'air donnée par des moyens mécaniques. L'air ainsi comprimé possède une énergie potentielle élevée: lorsque l'on supprime la pression extérieure, l'air se dilate rapidement. La force d'expansion contrôlée de l'air comprimé a de nombreuses applications par exemple:

- Fabrication d'air comprimé (air instrumentation, nettoyage de pièces, peinture...)
- Compression et déplacement des gaz procédés;
- Transport des matières pulvérulentes (transports « pneumatiques » des poudres)
- Réalisation de vide et de dépression (distillation cristallisation sous vide, évaporation...)
- Assainissement des locaux (ventilation, climatisation...)
- Brassage de bassins de fermentation.

I.6. Différents types des compresseurs

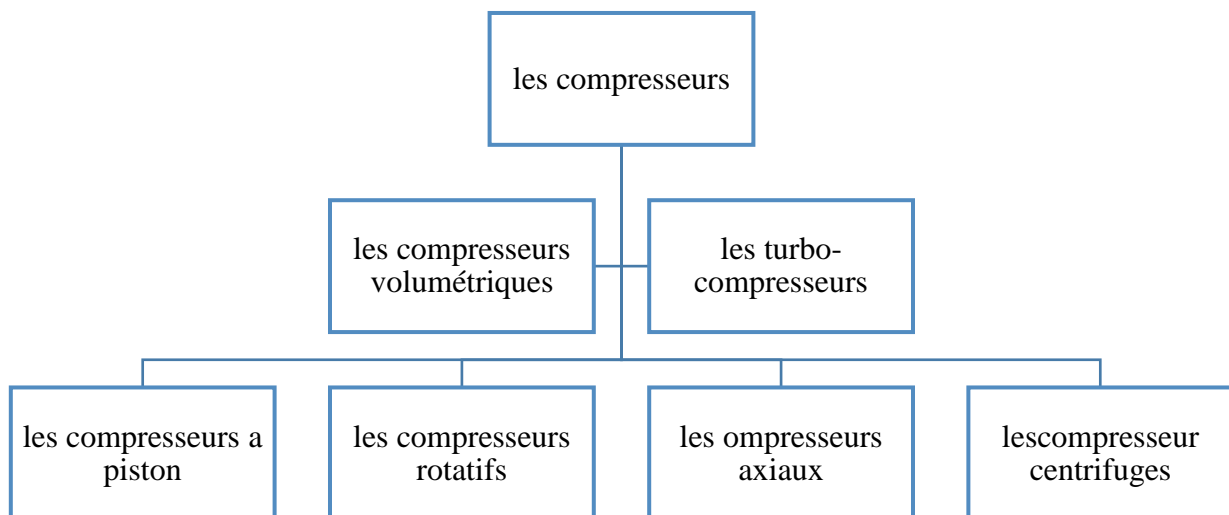


Fig I.4 . Différents types des compresseurs

I.7. Les différentes applications

Le choix d'un compresseur alternatif ou centrifuge sera tributaire des débits et pressions que l'on souhaite obtenir. D'autres paramètres seront à prendre en compte pour le choix final (taille, poids, prix, etc...).

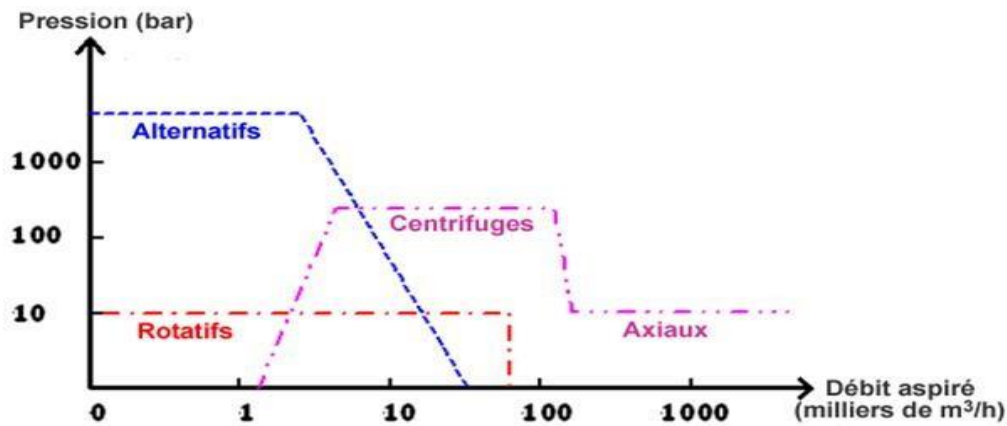


Fig I. 5. La critère de choix d'un compresseur

I.7.1. Les compresseurs volumétriques

a)-Compresseur à piston

Ces compresseurs réalisent la compression du gaz par réduction du volume qui lui est offert, la variation du volume et le déplacement du gaz sont obtenus par le mouvement alternatif d'un piston à l'intérieur d'un cylindre, on classe les compresseurs à piston d'après les différents indices:

- Disposition des cylindres (horizontale, verticale);
- Nombre des cylindres (monocylindrique, bicylindrique);
- Principe de fonctionnement;
- Méthode de refroidissement (air, eau);
- Méthode de graissage (barbotage, souspression,).



Fig I.6. Compresseur alternatif

b) -Compresseurs rotatifs volumétriques

Ces compresseurs comme les compresseurs à piston compriment les gaz par réduction du volume, parmi ces appareils les uns réalisant la compression progressivement dans une capacité fermée de volume décroissant suivant un cycle semblable à celui qui est obtenu dans les compresseurs à piston, les autres transportant le gaz d'une enceinte à basse pression à une autre pression élevée.

Le cycle est alors tout différent, parmi les compresseurs rotatifs volumétriques on distingue:

- Compresseur à palettes mobiles ;
- Compresseur à anneau liquide ;
- Compresseur à rotors hélicoïdaux s'engrenant entre eux.

I.7.2. Les Turbo-Compresseurs

Les turbocompresseurs peuvent être classés en deux catégories.

a)- Les compresseurs axiaux

Un compresseur axial est formé par la réunion en série d'un certain nombre de cellules axiales. Chacune comporte un aubage mobile et aubage fixe. Ils fonctionnent généralement avec des vitesses périphériques plus élevées par comparaison aux compresseurs centrifuges à savoir ($u=200:300$ m/s) dans les compresseurs stationnaires et même avec (400 m/s) pour les compresseurs reliés directement aux turbines.

Ils possèdent un bon rendement, dans le cas d'un grand débit ils sont moins encombants.

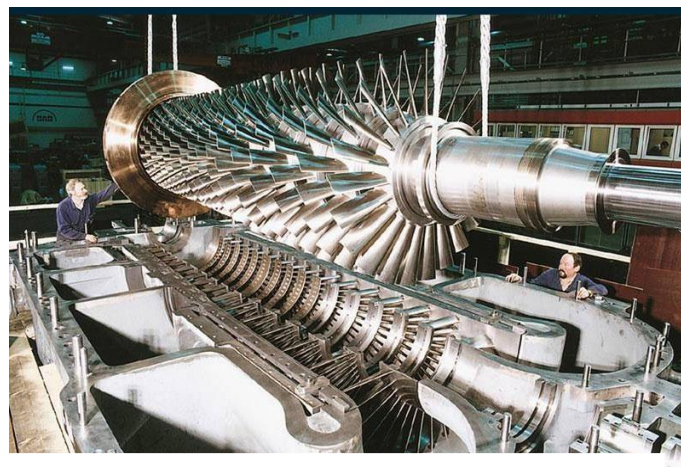


Fig I.7.Compresseur axial

b) - Les compresseurs centrifuges

Les compresseurs centrifuges sont utilisés dans le cas des débits plus faibles, jusqu'à des valeurs de pression de six cent Kg/Cm² environ.

On distingue deux groupes principaux:

b)-1. Compresseurs centrifuges avec corps ouverts horizontalement

Les corps ouverts horizontalement, constituent évidemment de demi- corps unis sur le plan de joint horizontal.

Les compresseurs sont utilisés pour de pression de fonctionnement restant au-dessous de 60 bars , les tubulures d'aspiration et refoulement ainsi que celles intermédiaires , s'il y en a les tuyauteries de l'huile de graissage et tous les autres raccordements du compresseur avec le reste de l'installation se font normalement moyennant le demi corps inférieure , grâce à ce système il suffit d'enlever les boulons de liaison du plan de joint horizontal pour pouvoir soulever le demi corps supérieur et accéder facilement à tous les organes internes du compresseur tel que rotor ,diaphragmes et joints alabyrinthe.

Les compresseurs avec corps ouvert horizontalement sont indiqués par sigle H et peuvent être subdivisés à leur tour suivant les nombres d'étages.

b)-2. Compresseurs centrifuges avec corps ouverts verticalement

Les corps ouverts verticalement sont constitués d'un cylindre ferme aux extrémités par deux flasques.

Ces compresseurs généralement multi-étages, peuvent fonctionner à des pressions élevées (jusqu' à 700bars).

I.8. Présentation d'un compresseur centrifuge

a)-Vue externe

Extérieurement un compresseur centrifuge se présente généralement sous la forme d'une machine à un ou plusieurs corps.

Le nombre de corps mis en œuvre dépend du taux de compression.

Le corps est à plan de joint horizontal quand la pression est inférieure à 35 ou 40 bars, il est à plan de joint vertical pour les pressions plus élevées (type barrel).



Fig I. 8. Compresseur centrifuge

b)-Vue interne

Un compresseur centrifuge est composé d'une ou plusieurs roues dans lesquelles le gaz reçoit de l'énergie.

Les diffuseurs récupèrent le gaz de sortie de roue et, le ramène vers la roue suivante.

c)-Dispositif d'entraînement

Les compresseurs centrifuges peuvent être entraînés par une turbine à vapeur ou à gaz (Groupe turbocompresseur), ou bien par un moteur électrique (groupe moto- compresseur).

✓ **Entraînement par une turbine à gaz ou à vapeur**

La turbine à gaz est sauf exception est associée directement au compresseur à l'aide d'un accouplement, et tourne donc à la même vitesse que lui ou par l'intermédiaire d'un multiplicateur.

Cette disposition permet de réguler le débit du compresseur de manière économique par simple variation de la vitesse de rotation de la turbine.

✓ **Entraînement par un moteur électrique**

Le moteur électrique entraîne dans ce cas le compresseur à haute vitesse, par l'intermédiaire d'un multiplicateur.

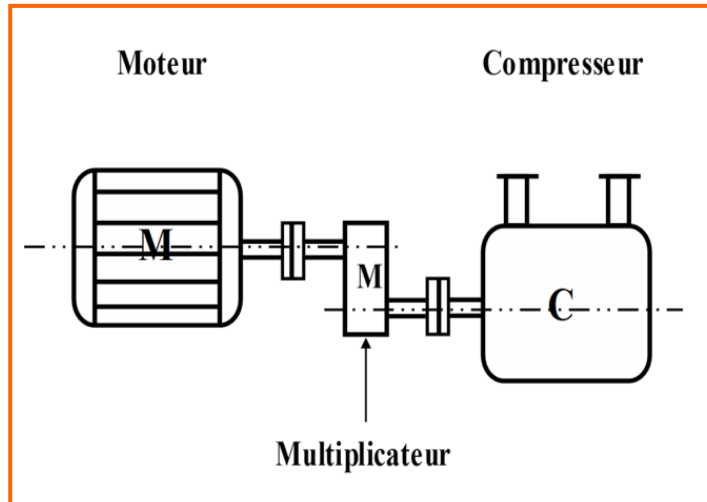


Fig I.9. Entraînement par moteur

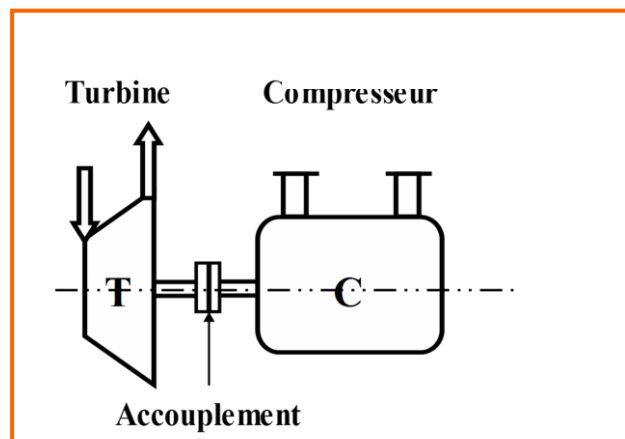


Fig I.10. Entraînement parturbine.

I.9. Description du Compresseur 20-K-001

Le compresseur 20-K-001 est un compresseur centrifuge de type cylindrique modèle 9H-7B_4V-8B. Ce compresseur est à deux sections. La première section c'est pour une basse pression "BP" ayant 7 roues a joint horizontal, et la deuxième section à haute pression "HP" ayant 8 roues ajointverticale.

Le compresseur 20-K-001 ayant un rotor avec des roues montées "dos-à-dos", sur lequel les roues de la 2^{ème} section regardant dans le sens opposé de celle de la 1^{ère} section. Cette disposition diminue la poussée axiale du rotor à une valeur nominale qui peut être supportée par les patins actifs du palier de butée. A cause de la différence de l'augmentation de pression à travers chaque section du compresseur, un piston d'équilibrage est soumis à la pression de refoulement de sa section respective. La pression de la 2^{ème} section étant supérieur à celle de la 1^{ère} section, il se produit une poussée opposée à celle des roues de la 2^{ème} section, ce qui équilibre les poussées en combinaison avec la poussée des roues de la 1^{ère} section à une valeur nominale mais positive pour une longue durée de vie de palier.



Fig I. 11. Compresseur 9H-7B Section BP

I.9.1. Explication du numéro du modèle

Les modèles de compresseur centrifuges de Mitsubishi sont généralement indiqués en code alphanumérique à quatre chiffres.

Par exemple, 9H-7B montré ci-dessus indiquent la taille et la structure du modèle.

- ✚ Le premier chiffre correspond à la taille du modèle définie à partir de critère physique (par exemple diamètre de passage ducorps).
- ✚ Le deuxième chiffre du numéro du modèle correspondant au type de montage de compresseur (verticale, horizontale).
- ✚ Le troisième chiffre correspond au nombre d'impulseur du compresseur.
- ✚ La lettre B désigne le type de montage des roues « dos à dos » ou « back toback ».

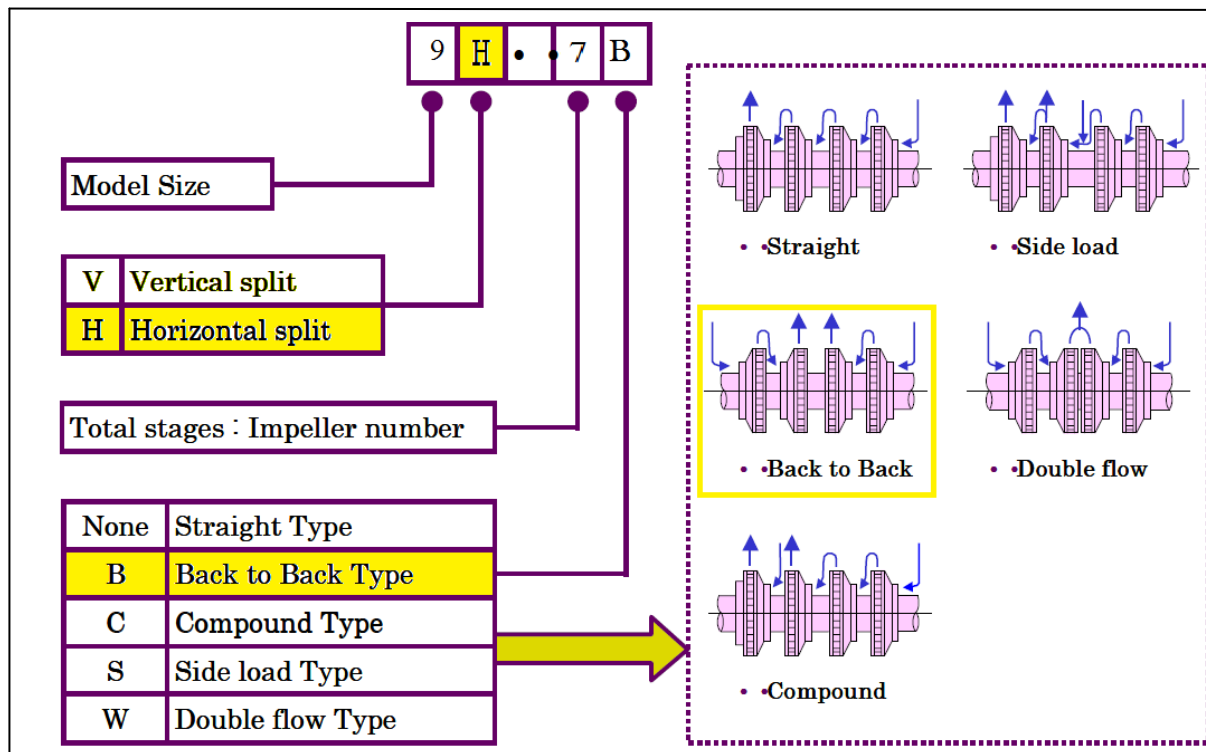


Fig I.12. Codification de compresseur 9H-7B

I.9.2. Types de compresseurs utilisés à Hassi R'mel

a) -Corps à plan de joint vertical

Compresseur centrifuge de type cylindrique, model 4V-8B ayant 8 roues a joint verticale.

b)-Corps à plan de joint horizontale

Compresseur centrifuge de type cylindrique, basse pression model 9H-7B ayant 7 roues a joint verticale

C'est un compresseur centrifuge à bas rendement.

Tout d'abord, chaque hélice utilisée le coefficient d'écoulement le plus élevé possible afin d'améliorer le rendement. En général, plus le coefficient d'écoulement est élevé, plus le rendement de compresseur sera élevé.

De plus, avec les hélices à trois dimensions utilisées à tous les étages, le compresseur a été conçu de façon optimale pour délivrer les performances de la spécification du client. Il s'ensuit que le compresseur centrifuge Mitsubishi possède une vaste plage d'utilisation ainsi qu'un rendement qui s'en trouve accru d'autant.

E Ce compresseur est équipé d'une unité d'étanchéité à film d'huile qui a une fonction d'atténuation de vibration d'arbre pour atténuer toutes vibrations instables du rotor immédiatement, même si les vibrations sont sur le point de se générer. Ainsi, le rotor est d'une conception orientée stabilisation.

Le compresseur 20-k-001 est composé de deux sections, section a haut pression et section a basse pression accouplée par un multiplicateur de vitesse de facteur de service 1,6.

Les deux compresseur HP et BP ayant le même principe de fonctionnement, et les mêmes éléments constitutifs ils ont une différence de nombre des roues et des caractéristiques qui est situé dans le tableau ci-dessous:

Caractéristique	Section BP	Section HP
modèle	9H-7B ISO	4V-8B ISO
numéro de série	20-K-001	20-K-001
Gaz	gaz naturel (gaz lift)	gaz naturel (gaz lift)
pression d'aspiration	1.1 bar	7 bar
température d'aspiration	43,2 °C	55 °C
pression de refoulement	8,59 bar	68,013 bar
température de refoulement	130,2 °C	152,4 °C
vitesse maximale	6269 tr/min	12 153 tr/min
Température opérationnelle	180°C	180°C
vitesse critique maximale	3000 tr/min	4 900 tr/min
poids du compresseur	12000 Kg	55000 Kg
sens de rotation	anti horaire	anti horaire

Tableau I. 1. Comparaison entre les deux compresseurs

I.9.3. Principe de Fonctionnement du Compresseur 9H-7B

Le compresseur centrifuge est une machine dynamique à écoulement continu de fluide, les roues solidaires à l'arbre fournissent de l'énergie à ce dernier.

Une partie de cette énergie est transformée en une augmentation de pression directement dans les roues, le reste dans le stator c'est-à-dire dans les diffuseurs.

Ce type de machine est constitué par un corps extérieur contenant la partie du stator dite ensemble des diaphragmes où est introduit un rotor formé par l'arbre, les roues et les douilles intermédiaires.

Le rotor entraîné par la machine motrice (Turbine à gaz), tourne sur les paliers porteurs et guidé dans sa position axiale le palier de butée.

Des dispositifs d'étanchéité à labyrinthe et des étanchéités à film d'huile d'extrémité agissant sur le rotor.

Le gaz est aspiré par le compresseur à travers la volute d'aspiration, est converge uniformément vers les centres de toutes les directions radiales dans la chambre annulaire du côté opposé par rapport à la bride d'aspiration, il existe une ailette pour éviter la formation de tourbillon de gaz.

Le gaz entre dans le diaphragme d'aspiration et donc aspiré par la première roue.

En suite d'un mouvement spirale le gaz parcourt une chambre circulaire fermée d'un diffuseur ou la vitesse diminue et donc la pression augmente (dans le cas d'un mouvement des fluides dans une conduite).

Puis le gaz transite par canal de retour, en suite le gaz est aspiré par la deuxième roue, et pour chaque roue le même parcours se répète.

La dernière roue envoie le gaz dans un diffuseur qui mène à une chambre annulaire appelée volute de refoulement.

La volute de refoulement, est la chambre annulaire collectant le gaz du périphérique des diffuseurs et le dirige vers la bride de refoulement.

Après cette dernière, il y'a une autre ailette qui empêche le gaz de continuer à tourner dans la volute et qui l'envoie à la bride de refoulement.

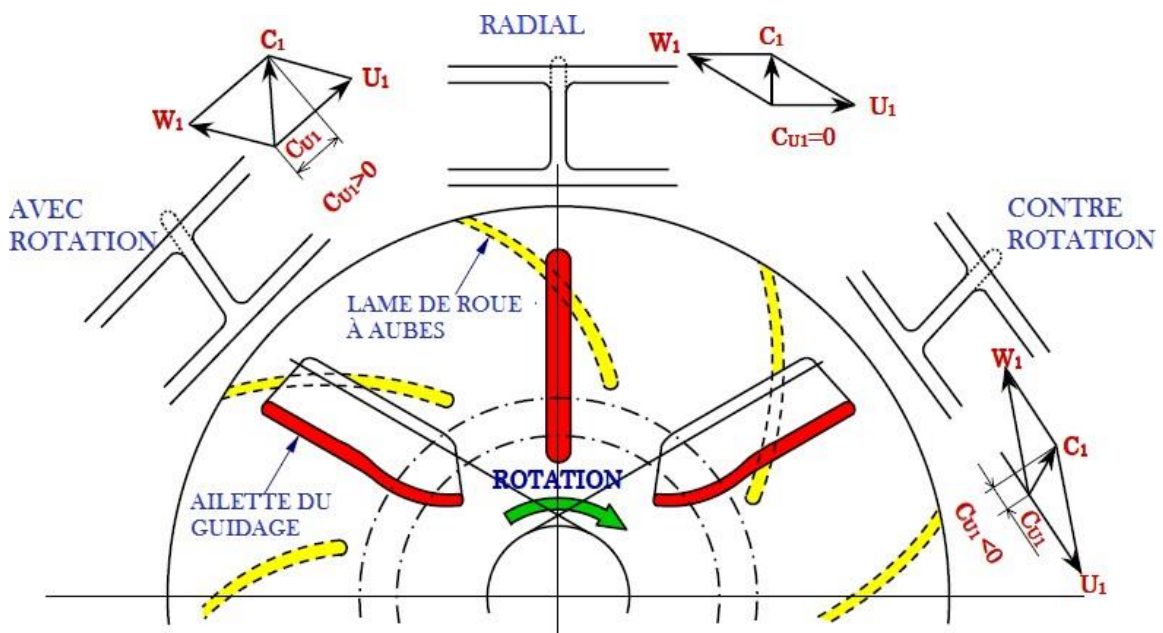


Fig I.13 Schéma d'une roue mobile - triangle des vitesses

I.9.4. Courbe de performance d'un compresseur centrifuge

Les courbes de performances sont fréquemment appelées également courbes pression / volume ou hauteur / débit. Quelle qu'en soit leur dénomination, leur but est le même, à savoir représenter graphiquement comment la pression et la puissance varient avec le débit.

I.9.5. Limites d'utilisation importantes

De plus, les courbes caractéristiques de pression / volume représentent également les limites d'utilisation importantes. La plus importante est le point de pompage ou limite de débit minimum en dessus duquel le compresseur devient instable. Cette instabilité se manifeste par des pulsations dans le débit et la pression qui peuvent créer de graves dégâts au compresseur.

C'est pourquoi on utilise un système d'anti-pompage pour maintenir constamment le débit au-dessus de la valeur limite correspondant au pompage. La zone de pompage et sa limite sont clairement indiquées sur les courbes. si ce n'était pas le cas, il faut savoir que l'extrémité gauche des courbes correspond à la limite de pompage.

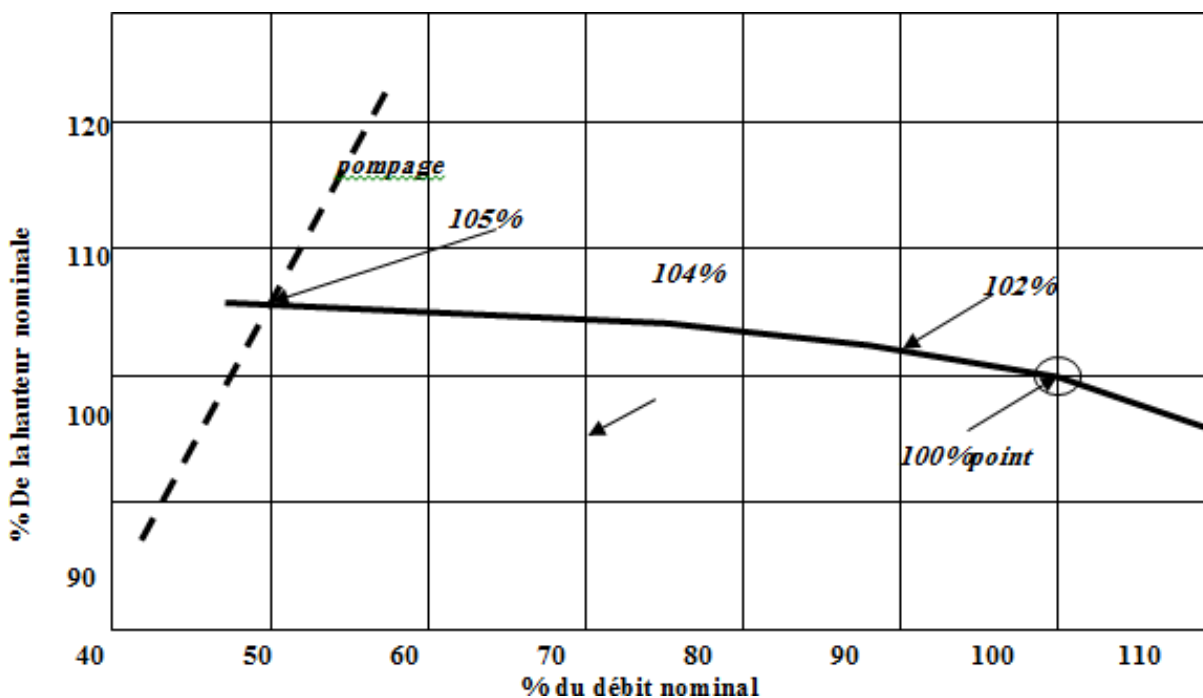


Fig I.14. Courbe Caractéristique

I.10. Elements constitutifs du compresseur

I.10.1. Corps

Il est fermé par deux brides horizontale ou têtes du corps.

Les surfaces de contact entre les brides et le corps sont usinées et assemblées avec précision. Les supports de paliers et les étanchéités en bout d'arbre sont fixés sur les têtes de corps.

Les têtes de corps sont en forme d'entonnoir afin de vaincre la pression maximale et réduire l'intervalle entre paliers porteurs et paliers butées.

I.10.2. Diaphragmes

Le passage du diaphragme possède une forme optimale pour s'adapter à chaque étage.

Le diaphragme de type à fente horizontale possède un joint torique inséré entre les étages sur sa surface de contact horizontale pour supprimer les fuites potentielles de gaz.

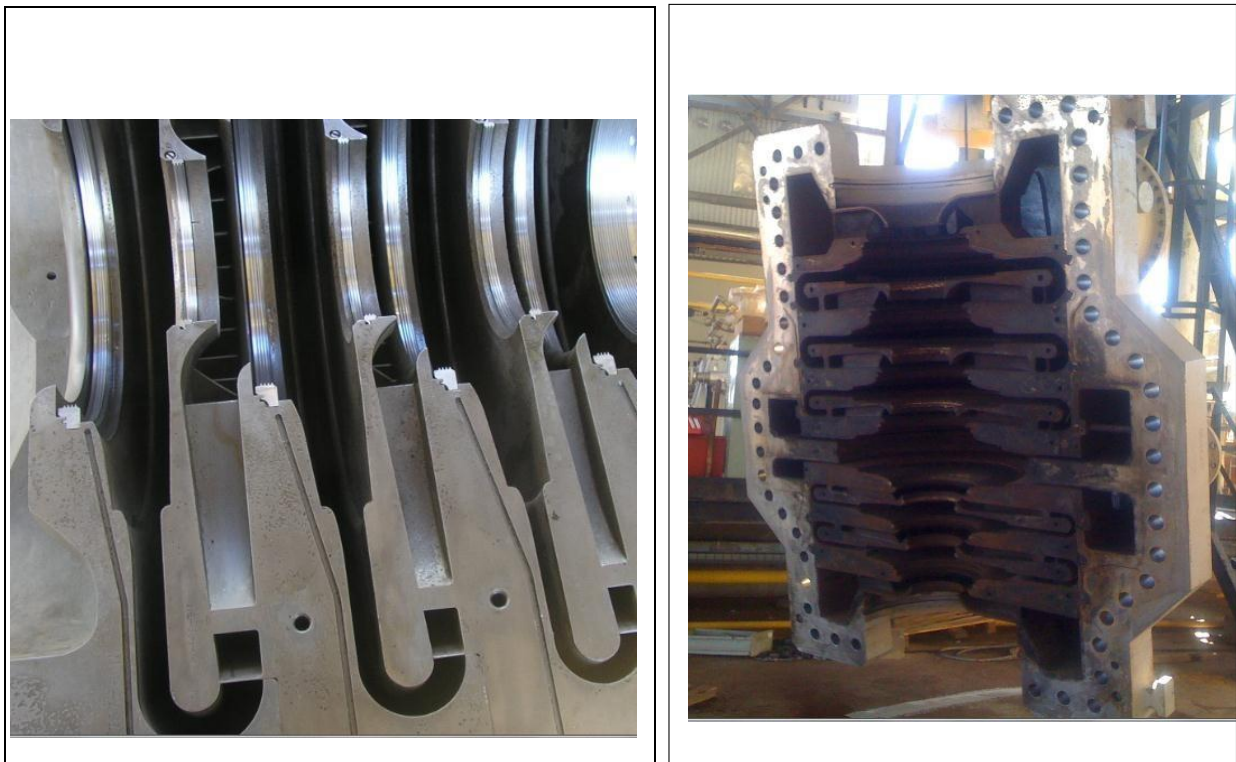


Fig I.15. Diaphragmes du compresseur 9H-7B

a)-Diaphragme d'aspiration

A la tâche d'acheminer le gaz à l'entrée de la première roue.

b)-Diaphragmes intermédiaires

Ils ont une double tâche, former le diffuseur où la transformation de l'énergie cinétique en celle de pression, le canal de retour pour diriger le gaz vers l'entrée de la roue suivante.

c)-Diaphragme de refoulement

Forme le diffuseur de la dernière roue et la volute de refoulement.

Chaque diaphragme contient des anneaux en labyrinthe qui servent d'étanchéité sur le contre-disque de la roue.

I.10.3. Ensemble rotor du compresseur

Le rotor du compresseur est composée de l'arbre sur lequel est monté, les sept roues à aubes, les douilles intermédiaires, le collet de buté, et le moyeu d'accouplement.



Fig I. 16. Ensemble rotor du 9H7B

a)-L'arbre

Il est constitué d'une partie centrale à diamètre variable où sont montées les roues et les douilles intermédiaires. Il est en acier à des propriétés mécaniques meilleures 40NCD7.

b) -Hélices

L'hélice utilisée est de type à trois dimensions à haut rendement, et sa forme est optimale pour s'adapter à chaque étage.

De plus, l'hélice est finie avec précision sur la surface interne pour réduire toute perte de frottement.

En d'autres termes, l'hélice à toutes ses lames découpées du couvercle au moyen d'une machine à commande numérique pour garantir une rugosité de surface fine, par ailleurs les hélices sont uniformément soudées par soudure automatique industrielle

c)-Les roues

Les roues sont freinées sur l'arbre avec un serrage de tolérance négative pour éviter leur desserrage aux hautes vitesses de vibration due aux forces centrifuges. Elles sont constituées d'un disque, les aubes et un contre disque. Leur construction est en acier allié (la norme AFNOR : 35NCD6) ayant des propriétés mécaniques élevées mais à faible pourcentage de carbone pour obtenir une bonne soudure.

I.10.4. Les paliers

a)-Paliers porteurs

Le rotor est porté par deux paliers lisses à patins oscillants et à lubrification forcée.

L'huile sous pression arrive aux paliers radialement et passe à travers des orifices pour lubrifier les patins et les taquets. L'huile sort ensuite latéralement.

Les patins porteurs sont réalisés en acier revêtu de métal blanc. Ils sont solidaires des taquets en acier et sont en place dans leur logement formé par le carter et par deux bagues d'étanchéité d'huile. Chaque palier est bridé au support de palier par un chapeau de palier.

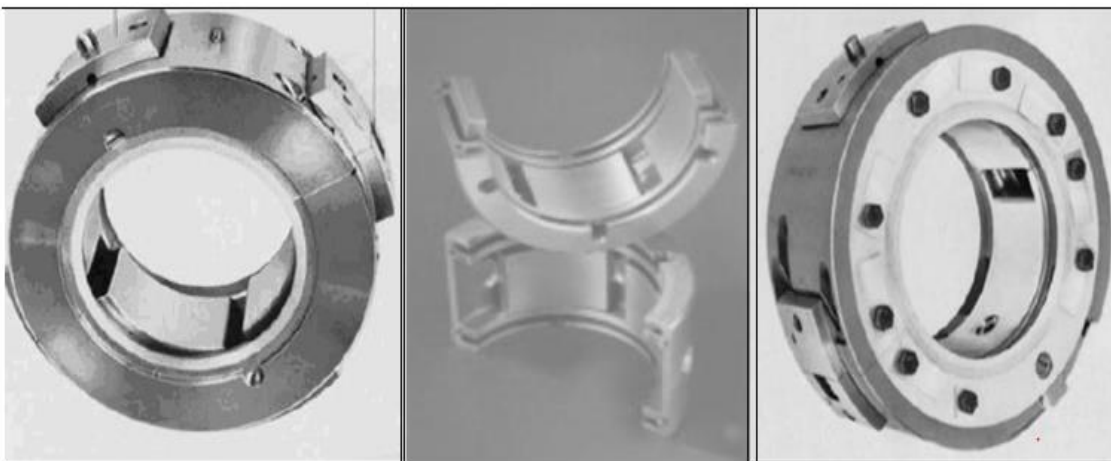


Fig I.17.Palier porteur

b)- Paliers butée

Le palier de butée est du type à secteur flottant. La butée se compose de deux paliers (actif et inactif) chacun avec six patins oscillants, séparés par un collet en acier; Labuté est capable de

supporter des charges dans les deux directions et les patins son conçus de façon à distribuer la poussée axiale du rotor également à chaquepatin.



Fig I.18. Schéma de palier de butée

I.10.5. Disque de butée

Les butées sont à double effet à patins oscillants, largement dimensionnées pour supporter les charges normales (poussées aérodynamiques, réaction d'accouplements) et les charges accidentelles (pompage du compresseur).

Le disque de butée est trempé et rectifié sur ces deux faces il est monté sur l'arbre pour maintenir le rotor dans sa position axiale correct

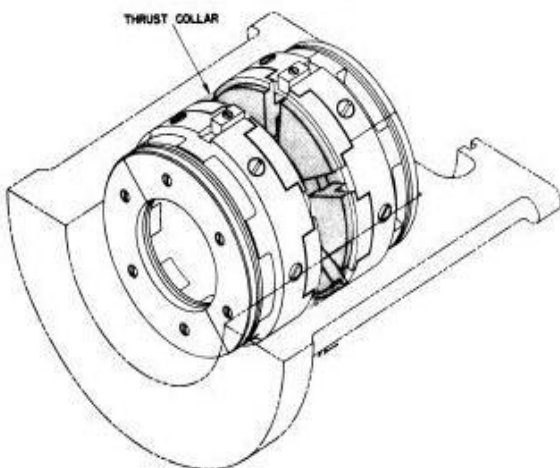


Fig I. 19. Emplacement de disque à butée



Fig I. 20. disque à butée

I.10.6. Dispositif d'étanchéité

a)-Etanchéités à labyrinthe (internes)

Les étanchéités internes installées entre les ensembles statorique et rotorique du compresseur et servant à réduire les pertes de gaz pouvant se produire entre des zones à pression différentes, sont du type labyrinthe.

Une étanchéité à labyrinthe se compose d'une bague dont la périphérie porte une série de lames ayant un jeu réduit avec le rotor.

Les bagues sont en alliage léger résistant à la corrosion et de dureté inférieure à celle du rotor afin d'éviter d'endommager le rotor en cas de contact accidentel. Ces bagues sont fabriquées en deux moitiés.

La moitié supérieure de chaque bague est vissée au diaphragme correspondant. Les demis-bagues inférieures peuvent être facilement enlevées en les faisant tourner dans leur logement sur les diaphragmes.

Les étanchéités sont montées en correspondance avec les composants suivants de l'arbre : les disques des roues, les manchons de l'arbre situés entre les roues et le tambour d'équilibrage.

Le même type d'étanchéité est installé en bout d'arbre pour réduire les pertes de gaz de la partie interne du compresseur.



Fig I. 21. Labyrinthe de diaphragm

b)-Étanchéités à huile (étanchéités en bout d'arbre)

L'étanchéité à film d'huile est employée pour le scellement d'arbre externe aux deux bouts d'arbre, le métal blanc est déposé sur l'anneau d'étanchéité d'huile sur le côté alésage.

L'étanchéité à une pression d'huile consignée à une valeur plus élevée de 0.35 kgf/cm² environ que la pression de gaz adjacente, dans l'anneau d'étanchéité sur le côté gaz, une pression différentielle de 0.35 kgf/cm² force d'huile d'étanchéité à s'écouler vers le côté gaz, empêchant ainsi l'écoulement vers l'extérieure.

L'huile ainsi écoulée est récupérée dans un collecteur d'étanchéité, pour minimiser l'écoulement, il est nécessaire de réduire un espace libre de l'anneau d'étanchéité, pour empêcher une expansion de l'espace due à la chaleur générée par l'huile agitée, l'anneau d'étanchéité est construite de façon à réaliser un haut niveau d'efficacité de radiation.

Au moyen de film d'huile, l'anneau d'étanchéité est capable de suivre la vibration d'arbre et protégée ainsi contre le brulage dû au contact pouvant se produire, l'écoulement d'huile de l'anneau d'étanchéité sur le côté air libre, est mélangé avec le lubrifiant et retourne au réservoir d'huile pour le recyclage.

L'anneau d'étanchéité sur le côté air libre à un espace un peu plus large que ceux dans l'anneau d'étanchéité sur le côté gaz.

L'anneau amortisseur est employé entre les anneaux d'étanchéité sur le côté gaz et le côté air libre pour atténuer les vibrations d'arbre se produisant durant l'opération.

A l'aide des pièces circonférentielles intérieures à arcs multiples, l'anneau amortisseur est capable de suivre l'arbre parfaitement. D'autre part, une fosse à huile étant localisée sur la circonférence extérieure, son effet de compression de film est conçu de façon à atténuer la vibration.

Du fait que le rotor est supporté par les paliers lisses, la charge de rotor n'agit pas sur le joint torique dans la fosse d'huile sur la circonférence, les anneaux d'étanchéité sont capables de suivre normalement le mouvement du rotor, renforçant ainsi l'effet d'atténuation

Conclusion

Les compresseurs centrifuges sont des groupes de force dont l'utilisation dans le transport de gaz par canalisation est très répandue, compte tenu des puissances unitaires développées élevées, à de faciles adaptations, à des régimes variables des processus d'exploitation et à de modes de démontage en blocs qui permettent des périodes de fonctionnement entre réparations de plus en plus élargies.

Chapitre II

Maintenance et entretien d'un compresseur centrifuge

Introduction

Après un certain temps d'exploitation tout équipements tend a se détériorer sous l'action de plusieurs phénomènes internes et externes tel que:

- L'usure corrosive et érosive.
- Déformation et dégradation due à l'excès de température et de pression.
- Détérioration ou défaillance dues a la négligence des consignes techniques d'exploitation.

Tous ces phénomènes peuvent endommager l'équipement et même de causer des dangers pour le personnel ainsi que des pertes de matériels qui vont entraîner des pertes de productions considérables.

Pour assurer le maintien des équipements industriels et de diminuer leur taux de défaillance, il faut mettre en œuvre un système de maintenance adéquat, et agir rapidement lorsqu'elle survient afin d'augmenter la possibilité du matériel (production continue).

II.1. Définition de la maintenance

Le terme de maintenance désigne l'ensemble des techniques d'entretien et des vérifications qui sont en œuvre pour permettre une utilisation optimale des machines dans une installation industrielle.

II.2. Notions générales sur la maintenance

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un dispositif, un équipement ou un système dans des états spécifiques ou en mesure d'assurer un service bien déterminé.

C'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, etc....)

Qui permettent de conserver le potentiel du matériel, pour assurer la continuité et la qualité de la production et garantir la finalité des équipements en moindre coût.

II.3. Objectif de la maintenance

La fonction maintenance joue un rôle de plus en plus central dans l'entreprise, elle contribue a augmenter la productivité et diminue les coûts engendrés par les arrêts de production causes par les pannes, assurer un bon état des équipements et des installations elles tendent a occuper une place prépondérante dans l'entreprise grâce a ses objectifs qui sont :

- Assurer la production prévue;

- Respecter les délais prévus;
- Maintenir la qualité du produit fabriqué;
- Rechercher le coût optimum;
- Améliorer la sécurité du travail.

II.4. Politique de la maintenance

Pour assurer la réalisation de ces objectifs, il est nécessaire de définir les différents aspects, et ce en fonction de la nature de l'équipement et des moyens disponibles. Pour ce la, on doit tenir compte des :

- **Prévision à long terme** liée à la politique de l'entreprise et permettent l'ordonnement des stocks d'investissements.
- **Prévision à moyen terme** la volonté de maintenir le potentiel d'activité, conduit à diminuer les fréquences de mobilisations du matériel et l'arrêt qui perturbe la production. Dès lors il faut fournir nécessairement tôt le calendrier des interventions de maintenance, celle-ci ayant une influence sur l'ordonnement de production.
- **Prévision court terme** dans ce cas, le service de maintenance s'efforcera de réduire les immobilisations du matériel et le coût de ces interventions.

II.5.Types de maintenance

Les différents types de maintenance sont résumés dans le schéma suivant , le choix et l'adoption du type de maintenance dépendent de

- L'objectif de l'entreprise
- Du comportement et exploitation du matériel
- Du coût de la maintenance
- Du fonctionnement du matériel
- Du coût des pertes de production

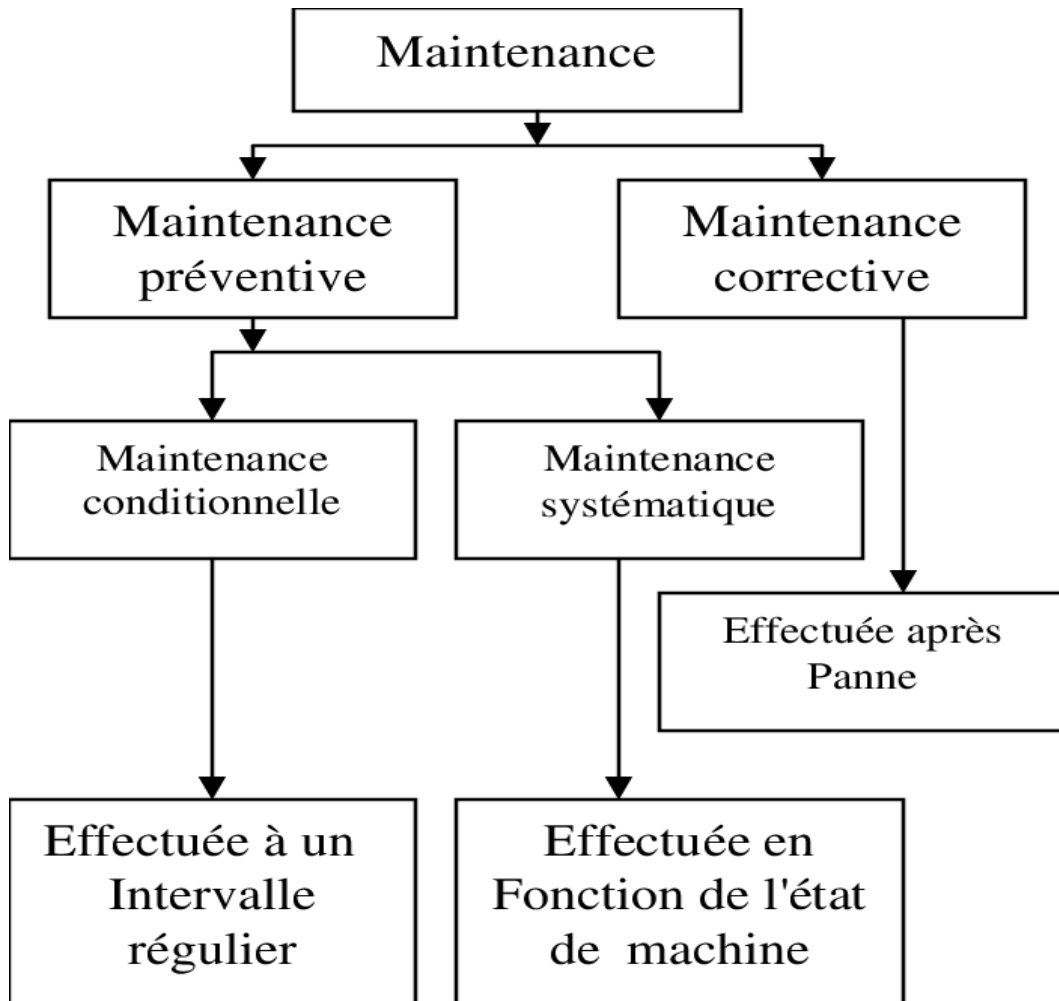


Fig. II. 1. différent type de maintenance

II.5-1.Maintenance corrective (de maintien)

C'est la maintenance effectuée après défaillance. Cette dernière est définie comme étant l'altération ou la cessation d'un équipement qui donne à accomplir la fonction requise. Elle peut, en effet, être accidentelle, programmée ou d'inspection.

a) **Maintenance de maintien accidentel** répare, après la panne, en rétablissant le bon fonctionnement initial.

b) **Maintenance de maintien programmé** se subdivise à son tour en trois volets:

- ❖ Cyclique : il s'agit d'un entretien à cycle de temps fixé par avance en fonction du temps de panne.
- ❖ D'arrêt : il s'agit d'une concentration d'entretien cyclique, d'inspection et accidentelle en une période de temps fixée.
- ❖ D'opportunité : il s'agit d'un entretien à effectuer au premier arrêt occasionnel

provoqué par une panne, ou au premier arrêt provoqué par une évaluation économique de la réduction de rendement du à une accumulation de pannes qui, en soi, ne provoquent pas d'arrêt.

c) **Maintenance de maintien d'inspection** peut s'effectuer à deux conditions:

1- Avec la machine ou l'appareil à l'arrêt : l'inspection peut être programmée ou effectuée dans ce cas à la suite d'une panne soit par l'inspection visuelle, ou la méthode non destructrice.

2- Avec la machine ou l'appareil en marche : On le définit comme entretien sur condition ou productif. Il peut compléter ou remplacer l'entretien cyclique et, simultanément, faciliter la limitation de l'entretien accidentel lorsque les coûts le justifient.

Le personnel chargé des inspections utilise l'inspection visuelle et la méthode non destructrice.

II.5-2. Maintenance d'amélioration

Il s'agit d'une simple amélioration qui permet d'obtenir une meilleure efficacité (le coût de modification et/ou de remplacement est comparé avec la différence du coût de l'entretien).

En laissant le coût de l'entretien « d'amélioration », moins intéressant, l'entretien peut être subdivisé en entretien programmé ou préventif, et en entretien accidentel ou d'urgence.

II.5-3. Maintenance préventive

C'est la maintenance qui permet d'éviter la défaillance du matériel pendant son utilisation, l'analyse du coût doit mettre en évidence un gain par rapport à la défaillance qu'elle permet d'éviter. La maintenance préventive pour objectif :

- L'augmentation de la durée de vie du matériel;
- La diminution de la probabilité des défaillances en service;
- La prévention et la prévision des interventions de maintenance corrective coûteuses;
- La permission de bonnes conditions à la maintenance corrective;
- Eviter la consommation anormale de l'énergie;
- L'amélioration des conditions de travail du personnel de production;
- La diminution des causes d'accidents graves.

Cependant nous pouvons distinguer deux sortes de maintenance préventive,

l'une systématique et l'autre conditionnelle.

a. Maintenance préventive systématique elle est effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. Elle s'applique dans les cas suivants : réservoirs sous pression, équipements dont l'accident risque de provoquer des conséquences graves (avions, trains, etc.), et enfin les équipements ayant un coût de défaillance élevé.

b. Maintenance préventive conditionnelle c'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événements prédéterminés (auto, diagnostics, information d'un capteur, mesure d'une usure...). Elle dépend donc et fait intervenir des informations recueillies en temps réel.

Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles et leur mise sous surveillance pour prendre une décision d'une intervention lorsque le seuil est atteint, mais le contrôle y demeure systématiquement.

Tous les matériels sont concernés par ce type de maintenance préventive.

II.6. Les opérations de la maintenance

II.6-1. Dépannage

C'est l'action sur un équipement en vue de la remettre en état de fonctionnement. Le dépannage est une opération de maintenance corrective et n'a pas de condition d'application particulière. La connaissance du comportement du matériel et du mode de dégradation est indemnisable.

Le dépannage s'applique en générale sur équipement qui travail en continu.

II.6-2. Réparation

C'est une intervention limite de la maintenance corrective après panne et défaillance.

L'application de la représentation peut être décidée immédiatement à la suite d'un incident ou défaillance soit après un dépannage pour la maintenance corrective, soit après une visite pour une maintenance préventive.

II.6-3. Inspection

Ce sont des activités de surveillance constante à relève périodiquement des anomalies simple d'exécution et ne nécessitent pas d'outillages spécifiques ou l'arrêt des équipements.

II.6-4. Visite

Ce sont des opérations de surveillance de la maintenance préventive systématique.

II.6-5. Contrôle

Ils correspondent a des vérifications de conformité par rapport a des données près établies suivis d'un jugement le contrôle peu comporte une activité d'information ; inclure une décision acceptation, rejet.

II.6-6. Révision

C'est l'ensemble des actions examens de contrôle et des interventions effectuées en vue d'assure l'équipement, contrôle toutes défaillance majeures, pendant un temps ou pour membre d'unité d'usage donnée .on distingue les révisions partielles et les révisions générales.

Il est toute fois nécessaire d'effectuer une série d'inspection cyclique et de contrôle en mesure de garantir la continuité de fonctionnement des machines.

II.7. Les niveaux de maintenance

Niveaux	Définition	Personnel d'intervention	Moyens
1	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun Démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Exploitant sur place	Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation.
2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives(rondes)	Technicien habilité, sur place	Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
3	Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance.	Outillage prévu, plus des appareil de mesure, banc d'essai, contrôle...
	Travaux importants de maintenance corrective	Equipe encadrée par un	Outillage général plus spécialisé,

4	ou préventive.	technicien spécialisé(atelier central).	matériel d'essai, de contrôle...
5	Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète, polyvalente (atelier central)	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

Tableau II. 1. les niveaux de maintenance

II.8. Entretien du compresseur

II.8-1. Mise en route

Les instructions forment un guide pour aider l'opérateur au moment de la mise en service et ensuite pendant le fonctionnement du compresseur centrifuge.

Il est évident que le compresseur ne doit jamais tourner sans pression ni débit d'huile de lubrification. Pour éviter un endommagement des paliers. De même il est tout aussi indispensable d'avoir un débit d'huile d'étanchéité, car c'est cet huile qui assure la seule lubrification des anneaux d'étanchéité. Les anneaux seraient sérieusement endommagés si on les faisait tourner à sec. Il ne faut donc en aucun cas faire tourner le compresseur tant que les circuits d'huile de lubrification et d'étanchéité ne sont pas tous deux en service.

De même, on n'alimentera jamais le compresseur en gaz sans qu'il y ait un débit d'huile dans les joints d'étanchéité prévenant toute fuite et passage de gaz dans le compartiment des paliers.

Si l'on doit purger la tuyauterie de gaz de procédé avant la mise en service et faire passer tout le débit de gaz de purge par le compresseur, il faut que le circuit d'huile de lubrification soit en service. Ceci est nécessaire pour éviter l'endommagement des paliers car le débit de gaz de purge pourrait mettre en mouvement le rotor du compresseur.

1. Se conformer aux instructions de mise en service des fabricants de l'entraînement principal et des équipements auxiliaires.
2. Regarder si la purge des corps de compresseur est complètement fermée après évacuation de tout condensat et avant de mettre le groupe sous pression.
3. Vérifier que le système d'huile de lubrification est en service et que l'alimentation

d'huile du compresseur est sous pression et température.

4. Les appareils de régulation de procédé pour ce compresseur sont fournis par d'autres constructeurs. Les instructions données ci-après constituent une procédure générale à respecter en plus des instructions que l'on trouve dans le manuel opératoire.

5. Si l'on doit fermer la vanne d'aspiration principale sur la tuyauterie de gaz technologique du compresseur, soit pour faciliter la mise en route, soit pour des raisons technologiques liées à l'unité, il faut la rouvrir le plus vite possible pour éviter une surchauffe des corps de compresseur et du rotor.

6. S'il existe une soupape de balayage sur la tuyauterie de refoulement, il faut l'ouvrir complètement avant le démarrage, puis la refermer progressivement lorsque le compresseur est monté en vitesse.

7. Il ne faut pas faire fonctionner un compresseur lorsqu'il y a pompage. Un fort pompage est facilement détectable par un « battement » audible du compresseur, des vibrations et de grandes fluctuations de pression et de débit au refoulement. Un pompage partiel n'est toujours audible mais peut être détecté en cas de conditions instables de pression et de débit au refoulement.

II.8-2. Arrêt

1. Lorsque cela est possible, réduire la charge, ou bien à la fois la charge et la vitesse de l'entraînement principale, en assurant un refroidissement, si cela est prévu dans les instructions du constructeur éviter de provoquer le pompage du compresseur.
2. Arrêter l'entraînement principal en ce conformant aux instructions de constructeur. Les pompes à huile d'étanchéité et de lubrification doivent être laissées en fonctionnement jusqu'à l'arrêt de la rotation du groupe par inertie. Eviter de provoquer le pompage du compresseur.
3. Si cela est spécifié dans le manuel opératoire, fermer les vannes d'aspiration et de refoulement du compresseur. Si on les laisse ouvertes et que le système est sous pression, le circuit d'étanchéité doit rester en fonctionnement.
4. Le compresseur est soumis à la pression maximale.
 - a) Laisser le système d'étanchéité en fonctionnement.
 - b) Ne pas laisser la pression dépasser la valeur indiquée dans la section spécifications.
 - c) Poursuivre une surveillance « de service » de la console d'huile et du compresseur (réservoir d'huile d'étanchéité sous pression et purgeurs d'huile).

II.8-3. Entretien courant

Entretien courant, y compris la périodicité des révisions partielles et générales, il dépend en grande partie du type du gaz comprimé et du régime de fonctionnement du groupe en continu ou non. Le degré d'encrassement, d'érosion ou de corrosion internes du compresseur ne peut être estimé d'une façon précise. On envisagera de procéder à des contrôles pour évaluer le degré d'encrassement, etc. surtout si l'on constate une baisse progressive des performances du compresseur.

Les instructions peuvent aider à mettre au point des modalités d'entretien convenant à l'utilisation donnée du groupe :

a. Une fois par jour

1. Relever et noter toutes les pressions et températures qui ne sont pas enregistrées automatiquement par des appareils de mesure. La liste si-dessous des principaux relevés à faire. Cependant, toutes les installations sont différentes et c'est de la bonne connaissance de l'installation que l'opérateur déduira quels sont les relevés vitaux pour la bonne marche des équipements.

- a) Température des paliers du compresseur;
- b) Température et pression au refoulement et à l'aspiration du gaz procédé du compresseur;
- c) Température et pression de l'huile de lubrification et d'étanchéité en amont et en aval de refroidisseur et du filtre.
- d) Pression de l'huile de lubrification aux paliers du compresseur.
- e) Pression différentielle de l'huile d'étanchéité aux joints d'étanchéité du compresseur.

2. Il est recommandé à l'opérateur de faire une liste des valeurs normale de service des pression, température, pression différentielle, etc..., spécifiées dans le présent manuel et les autres manuels des constructeurs des équipements associés. En outre, il est recommandé de faire également une liste des écarts maximaux admissibles par rapport aux conditions normales.

Note : un enregistrement continu de ces valeurs, visuellement ou par des moyens automatiques, n'est d'aucune utilité si ces relevés ne sont pas contrôlés et des mesures de sécurité prises si nécessaire. Dans les conditions normales de service, la durée de vie de toutes les pièces mécaniques dépend du bon sens et du soin apporté par l'opérateur.

3. En plus de l'équipement principal, toutes les pompes à huile de lubrification, etc..., doivent être contrôlées en ce qui concerne leurs performances par rapport aux instructions du constructeur.

4. Si les lignes d'air instrument sont équipées de purgeurs à commande manuelle pour l'évacuation des condensats, ouvrir le robinet de purge et le refermer après.

b. Une fois par semaine

1. L'installation comprend des filtres à huile. Contrôler la pression différentielle (qui indique le degré d'encrassement) et mettre en service le filtre qui n'est pas en fonctionnement. Ne pas passer d'un ensemble à l'autre si la pression différentielle n'est pas excessif. Avant de passer à l'ensemble de réserve, s'assurer qu'il est rempli d'huile et qu'il a été purgé de tout air. On peut commuter les ensembles duplexe à simple vanne de transfert sans qu'il y ait nécessité d'arrêt de l'ensemble du groupe. S'assurer que l'ensemble qui été en service est nettoyé et prêt à être employé.

2. Contrôler la commande de la pompe à huile auxiliaire, si cela est possible pendant la procédure d'entretien.

c. Tous les trois mois

1. Si le fonctionnement de l'installation le permet, contrôler tous les dispositifs d'arrêt d'urgence.

2. Réétalonner tous les appareils de mesure dont la précision est sujette à caution.

3. Contrôler l'acidité, la sédimentation, la viscosité et la teneur en eau de l'huile de lubrification. Si le contrôle en montre la nécessité, changer l'huile et la cartouche filtrante. La perte de charge au filtre ne doit pas être supérieure à 1,05 Kg / Cm² de pression différentielle.

d. Une fois par an ou à intervalles correspondant à un cycle complet de l'installation (révision général)

1. Préparer préalablement tout le matériel nécessaire pour procéder à un contrôle de l'alignement des accouplements immédiatement après l'arrêt du groupe compresseur / entraînement. Enregistrer les mesures prises et procéder au recalage de l'alignement pendant la révision, si nécessaire. A chaque extrémité du compresseur sont prévues des deux côtés des tiges d'alignement visuel servant à contrôler l'alignement « à chaud ».

2. Ouvrir et inspecter les refroidisseurs d'huile. Les nettoyer si nécessaire. Si possible, nettoyer complètement le réservoir d'huile.

1. Démontez le compresseur et vérifiez l'état des paliers, joints d'étanchéité, roues,

membranes, etc. vérifier tous les jeux entre extrémités des ailettes et les parois du corps. Nettoyer tous les éléments internes et remplacer tous les anneaux et garnitures d'étanchéité, etc., qui auraient été endommagés pendant le démontage.

2. Remonter le compresseur et régler l'alignement si nécessaire.
3. Contrôler le degré d'usure, de frottement des accouplements et les remplacer, si nécessaire.
4. resserrer tous les boulons d'ancrage, les boulons des brides, les raccordements de la ligne d'air instrument, etc.
5. inspecter tous les équipements auxiliaires : accouplements des pompes, vannes de réglage, etc.
6. Procéder à la révision générale de l'entraînement principale et de la transmission suivant les instructions du constructeur.

Avant de remettre en service le compresseur après un arrêt normal, s'assurer que toutes les purges du corps sont ouvert pour évacuer tous les condensats.

Avant le démarrage ou la mise en pression du corps, refermer tous les robinets de purge.

Si l'arrêt du groupe a été provoqué par le déclenchement d'une alarme automatique, s'assurer que l'on a effectivement détecté la cause de cet arrêt et qu'on y a remédié. Avant redémarrage.

*Pour applique la maintenance sur le compresseur il ya plusieurs méthodes et parmi ces méthodes l'AMDEC

II.9. Définition de la méthode AMDEC

L'AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité) est une méthode inductive permettant d'identifier des événements indésirables susceptibles de se produire dans le cycle de vie des biens d'équipement. On recherche, à partir d'un sous-ensemble d'un composant qui a une fonction, les modes de défaillances, les causes, les effets et comment l'on peut détecter le mode de défaillance. Ensuite, calcule la criticité, qui est la multiplication de la fréquence d'apparition du mode de défaillance par la détection de l'effet et par la gravité sur l'équipement.

Il y a trois types d'AMDEC : produit, moyen et process. Dans le cadre de la maintenance c'est l'AMDEC moyen (bien d'équipement) qui est utilisé.

L'AMDEC est principalement utilisée dès la conception des biens d'équipement pour rechercher les actions correctives (de conception) ou de prévention afin de construire un plan

de maintenance préventive prévisionnel. Il existe des progiciels pour réaliser des études AMDEC qui permettent de construire une base de données, des bibliothèques de mots génériques [livre pratique de la maintenance].

II.9-1 Démarche de la méthode

La réalisation d'une étude AMDEC doit suivre les étapes suivantes :

- Constitution de l'équipe de travail : notre groupe de travail dans ce cas est constitué par le responsable de l'usine, agent maîtrise, chef d'équipe mécanique.
- Décomposition de l'équipement en éléments simples.
- Etude qualitative :
 1. Identification des mécanismes de défaillance de chaque élément.
 2. Identification des causes probable de la défaillance.
 3. Identification des effets du mode de défaillance.
- Etude quantitative : Evaluation de la criticité de chaque élément.
- Hiérarchisation par la criticité.
- Détermination des actions à mener.

Pour évaluer la criticité de chaque élément, on se base sur trois indicateurs suivants : la gravité, la fréquence d'occurrence et la détectabilité. La criticité est alors le produit des trois indicateurs :

L'évaluation de la criticité permettra de hiérarchiser les modes de défaillance et de déterminer les points les plus critiques sur lesquels on doit focaliser l'attention et de déterminer les actions préventives à mener pour les fiabiliser.

Les tableaux suivants nous donnent les critères de chaque indicateur :

- a. **L'indice F** : relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance. Cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance.

***La fréquence d'occurrence**

Notation	Occurrence	Critère
1	Pratiquement inexistante	Anomalie pratiquement inexistante sur du matériel similaire en exploitation (une fois ou plus d'une anomalie par an)
2	Rare	Anomalie rarement apparue sur du matériel similaire en exploitation (1 anomalie par semestre)
3	Occasionnelle	Anomalie apparue occasionnellement sur du matériel similaire en exploitation (1 fois ou plus par mois)
4	Fréquente	Anomalie apparue fréquemment sur du matériel similaire en exploitation (1 fois ou plus par semaine)

Tableau II. 2 . Critères de fréquence d'occurrence

b. L'indice G : relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de temps d'intervention, qualité et sécurité.

***La gravité**

Notation	Gravité	Critères
1	Mineur	Défaillance minimale ne provoquant pas d'arrêt de production, et aucune dégradation notable du matériel
2	Significatif	Défaillance provoquant un arrêt de production, et nécessitant une petite intervention ($10\text{min} < T < 1\text{h}$)
3	Moyenne	Défaillance moyenne provoquant un arrêt de production ($1\text{h} < T < 1\text{J}$), dommage matériel mineur
4	Critique	Défaillance majeure provoquant un arrêt de production ($T > 1\text{J}$), dommage matériel important
5	Catastrophique	Défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes de sécurité des personnes

Tableau II. 3. Critère de gravite de défaillance

c. L'indice D : relatif à la possibilité de détecter la défaillance (couple mode de défaillance cause) avant qu'elle ne produise l'effet.

***La détection**

Notation	Détection	Définition
1	Totale	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou de l'anomalie (signe avant l'apparition de la défaillance évident)
2	Probable	L'anomalie est détectable mais le risque de ne pas être perçue existe (signe avant l'apparition de la défaillance facilement détectable)
3	Faible	L'anomalie est difficilement détectable
4	Aucune	Rien ne permet de détecter l'anomalie avant que l'effet ne se produise (aucun signe avant l'apparition de la défaillance)

Tableau II. 4. Critère de détection d'anomalie

les tableaux suivant représente les critères de ce compresseur

***Tableau de fréquence**

Notation	Fréquence
1	Une défaillance max par 4 Anne
2	Une défaillance max par 3 Anne
3	Une défaillance max par 2 Anne
4	Une défaillance max par 1 Anne

Tableau II. 5. représente la fréquence

***Tableau de gravite**

Notation	Gravite
1	Arrêt < 1 jour
2	1 jour < arrêt < 7 jour
3	Arrêt > 7 jour
4	Arrêt > 15 jour

Tableau II. 6. représente de gravite

***Tableau de la détection**

Notation	Détection
1	Détection par operateur
2	Détection par technicien
3	Détection par ingénieur
4	Détection par instrument de mesure

Tableau II. 7. représente de la détection

Maintenance et entretien d'un compresseur centrifuge

Date de l'analyse :	AMDEC_ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE				Phase de fonctionnement : Normale				Page :1/1	
	System :Turbo-compresseur	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	détection	F	G	M		C
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	détection	F	G	M	C	Action corrective
L'arbre	Transmission on rotation et assurer l'accouplement	Erosion	Mauvaise graissage Mauvaise alignement	Pompage de compresseur Mauvaise fonctionnement	bruit	1	3	4	12	Vérifier le système de graissage et le système de refroidissement Changer l'arbre
Les Roues	Renfermer les aubes, assurer la rotation des rotors et assurer l'équilibrage des rotors	Usure Rupture	Fatigue Mauvaise refroidissement	Pompage de compresseur	bruit	1	2	2	4	Vérifier le système de graissage et le système de refroidissement Changer les roues
Les paliers porteurs	Supportant l'ensemble du broyeur par l'intermédiaire des fonds entrés et sorties	Grippage du palier Arrachement du métal Manque d'huile Mauvaise entretènement	Débit bas d'huile fusion de régule Température élevé d'huile niveau d'huile insuffisant	fusure des paliers	les capteur de vibration	4	2	3	24	Changement les taquets
Les paliers butée	Supportant les charger dans les deux directions et diminué la poussée axial	grippage du palier Arrachement du métal	débit bas d'huile désalignement	fusure des paliers	les capteurs de vibration	4	2	3	24	Changement les taquets
Les joints	Assurer l'étanchéité	Fissure Découpage	encrassement haute pression	Trouve une fuite	visuel	4	1	1	4	Changement les joints

Le calcul de la criticité se fait, pour chaque combinaison cause /mode /effet, a partir du niveaux atteint par les critères de cotation.

La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de notation : $C = F \times G \times N$

Niveau De Criticité	Actions Correctives A Engager
1<C<6 Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
6<C<12 Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
12<C<18 Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble Surveillance particulières, maintenance préventive conditionnelle /prévisionnelle
18<C<24 Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

Tableau .II.8. Les niveaux de criticité et actions correctives a engagé

Nous remarquons que: la criticité de palier porteur et palier butée est $18 < C < 24$
Maintenant : les palier porteur et palier butée elle est Classifié dans les éléments criticité interdite

Les tableaux suivant contient les défauts les plus communs pour les compresseurs centrifuges, les causes possibles de ces défauts et les remèdes recommandés.

a) Endommagement des paliers porteurs

Cause possible	Remèdes
Mauvais graissage	S'assurer que l'huile utilisée soit du type recommandé. Vérifier régulièrement l'absence d'eau et d'encrassement dans l'huile.
Désalignement	Vérifier l'alignement et le corriger s'il y a lieu.
Jeu des paliers hors cotes	Vérifier le jeu et le corriger s'il y a lieu.

Tableau .II.9. Endommagement des paliers porteurs

b) Endommagement du palier de la butée

Cause possibles	Remèdes
Poussée axiale excessive	S'assurer que l'accouplement soit propre et qu'il soit monté de manière à ne pas transmettre une poussée excessive sur le compresseur.
Mauvais graissage	S'assurer que l'huile utilisée soit du type recommandé. Vérifier régulièrement l'absence d'eau et d'encrassement dans l'huile.

b) Tableau .II.10. Endommagement du palier de la butée

Conclusion

La maintenance est une fonction complexe qui, selon le type de processus, peut être déterminante pour la réussite d'une entreprise. Les fonctions qui la composent et les actions qui les réalisent doivent être soigneusement traitées pour que les performances globales de l'outil de production soient optimisées.

Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives (nombre de pannes, temps de réparation, cout de maintenance préventive, cout du stockage des matière, action de communication, etc.). Il faut ensuite mesurer ces grandeurs et construire des indicateurs pour juger de l'état du système maintenance.

Chapitre III

Pompage et système anti- pompage

Introduction

Dans un compresseur centrifuge , il existe pour toute vitesse une certaine capacité en-dessous de laquelle le fonctionnement est instable. Ce point de rupture est appelé le point de pompage. Le fonctionnement instable pulsatoire en dessous de ce point est appelé pompage. Le chapitre suivant dans une définition du pompage, de ses effets et les moyens de l'éviter .

III.1. Définition

Par principe, le compresseur est relié à deux réseaux aux pressions différentes, l'aspiration (basse pression) et le refoulement (haute pression). Le pompage d'un compresseur se produit lorsque le réseau à haute pression du refoulement se vide dans le réseau à basse pression de l'aspiration par un débit à contre courant dans le compresseur. Ce phénomène, qui peut avoir plusieurs causes, provoque une instabilité momentanée du réseau d'aération (cas où le gaz est de l'air). Quand le réseau de refoulement s'est suffisamment vidé dans l'aspiration, le compresseur retrouve des conditions de fonctionnement lui permettant de rétablir le débit dans la bonne direction, jusqu'à ce qu'un nouveau cycle d'instabilité recommence. Ces grandes fluctuations de débit portent donc le nom de pompage, en raison de la nature oscillatoire du phénomène de va-et-vient du débit.

III.2. System de protection anti pompage

III.2-1 Contrôle anti-pompage

Le pompage est un phénomène tellement grave qu'il faut l'éviter. Le pompage peut endommager les étanchéités et les paliers. Dans certains cas, il peut résulter en des ruptures catastrophiques. La figure 1 montre la ligne de pompage, elle montre aussi la limite inférieure de débit volumétrique, nécessaire pour obtenir une marge de pompage optimum ΔQ . ça sera la limite gauche de fonctionnement sûr. Le point représentatif du compresseur doit suivre cette ligne si possible, ou, du moins, il doit rester à sa droite.

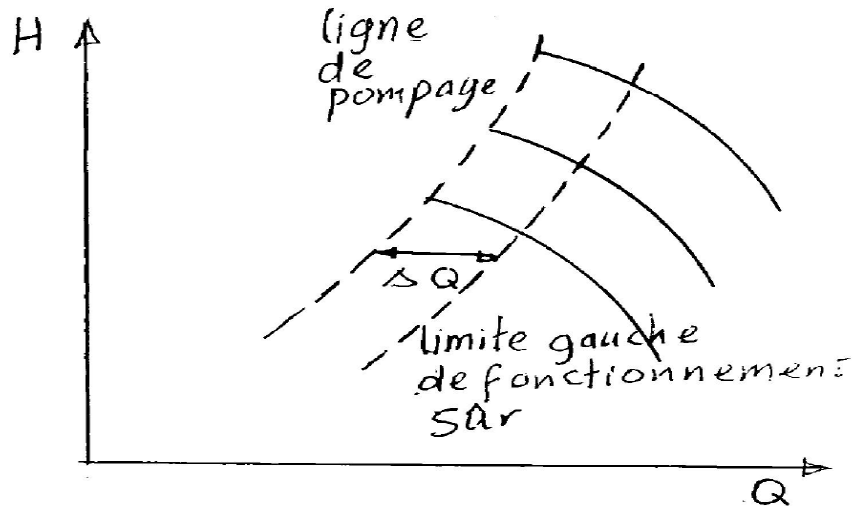


Fig III. 1. ligne iso vitesse et limite gauche de fonctionnement sur

L'idée de principe de la plupart des systèmes de protection de pompage est de "shunter" ou connecter en parallèle avec la charge, un tuyau de "décharge" ou "off-loading". La décharge sera soit par drainage (Blow-off) ou par recyclage. Le choix entre les deux techniques dépend du gaz comprimé, de sa valeur et de son effet sur l'environnement. Le tuyau de décharge aura pour but de « décharger » le compresseur. Pour comprendre la fonction du système, considérons un compresseur tournant à une certaine vitesse. La courbe caractéristique a cette vitesse est montrée à (figure 2).

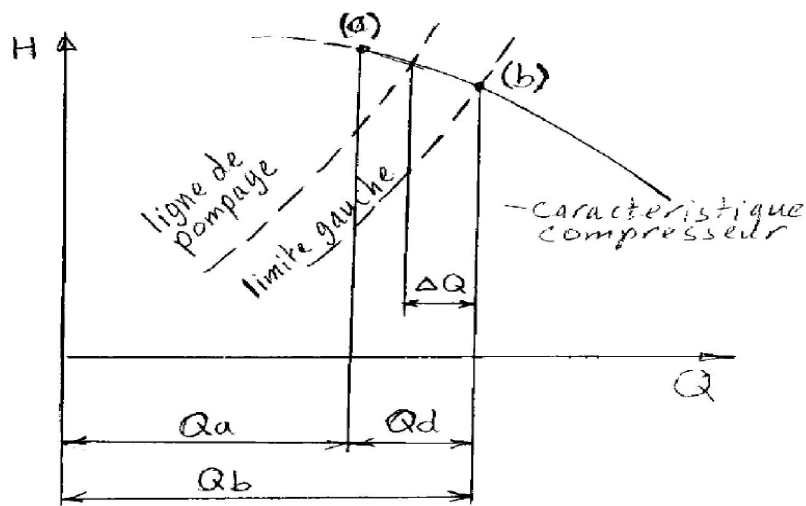


Fig III. 2. Théorie de tuyau de décharger comme moyen de protection

L'optimum c'est de garder le point représentatif du compresseur (a cette vitesse de rotation) au point (b). La position du point (b) est choisie la plus proche possible de la ligne de

pompage. La distance horizontale entre le point b et la ligne de pompage s'appelle la marge au pompage. Elle a la dimension d'un débit volumétrique, on l'appelle ΔQ .

La valeur de la marge au pompage ΔQ dépend de la précision du système de contrôle. En fait, il y a ici un compromis. Plus la marge au pompage, plus la puissance consommée, moins la pression obtenue, et moins le rendement. Tout débit drainé ou recyclé représente une perte de la puissance qui a été investie dans la compression de ce débit. De l'autre côté, on ne veut pas

courir le risque de tomber dans la zone a gauche de la ligne de pompage, zone d'instabilité.

Une valeur moyenne de la marge au pompage est de l'ordre de 5-10% du débit compresseur.

Soit :

Q_a = Le débit volumétrique actuel consommé par la charge a cet instant.

Q_b = le débit volumétrique que doit traverser le compresseur a cette vitesse de rotation de façon à situer le point représentatif du compresseur a la position (b), c.à.d. pour obtenir la marge au pompage requis, ΔQ .

Q_d = le débit volumétrique a travers la ligne de décharge, requis pour obtenir le débit total compresseur requis, Q_b .

En absence de système de protection anti-pompage, le point représentatif du compresseur serait à la position (a), a gauche de la limite gauche de fonctionnement sûr, ce qui n'est pas acceptable. La ligne de décharge doit décharger un certain débit Q_d , de façon à ce que le débit total qui traverse le compresseur sera égal à Q_b

$$Q_b = Q_a + Q_d$$

Un circuit typique de contrôle anti pompage est montré à figure 3. La position d'introduction du débit recyclé dans le compresseur doit être vérifiée par test avant la réalisation du circuit. Un logiciel (software) doit être préparé qui mémorise la ligne de pompage (obtenue par test), et qui en déduit la position de la limite gauche de fonctionnement sûr. Les points de la limite gauche se déduisent des points de la ligne de pompage par l'ajout de la marge de pompage ΔQ à l'abscisse de chaque point de ligne de pompage. C'est à dire la limite gauche de fonctionnement sûr est obtenue par un simple décalage de la ligne de pompage vers la droite par la valeur de la marge au pompage optimum ΔQ . Le circuit se profite des mesures qui pour la plupart sont prises pour le monitoring normal de l'unité, telles que P_1 , T_1 , P_2 , le débit volumétrique a l'entrée (plutôt, on mesure ΔP sur un orifice calibré inséré dans la ligne d'aspiration). Le software a des informations suffisantes pour calculer le rapport de chaleurs spécifiques k et le coefficient de compressibilité z .

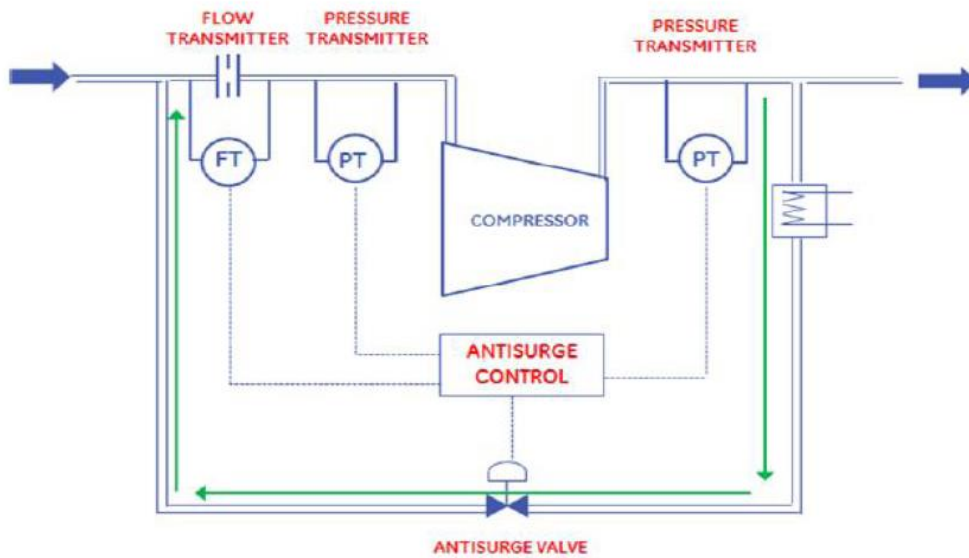


Fig III. 3. Circuit anti pompage a recyclage du gaz

III.2.2 Vanne anti-pompage (vanne de recyclage)

Est une vanne de régulation, afin d'éviter les recyclages excessives de débit qui permettront de réduire la sortie de la machine, Recycles découler de la décharge à l'aspiration afin de réduire la résistance du système.

La vanne est conçue pour être capable de recycler le débit entier du gaz du compresseur.



Fig III. 4. Vanne anti-pompage

III.2.3 Transmetteur (Indicateur) de pression

Un transmetteur de pression a pour fonction d'acquérir la pression et de transmettre cette information à un régulateur, un afficheur ou encore un enregistreur.

Un transmetteur de pression est conçu pour fournir un des différents types d'information suivant pression relative, pression absolue, pression différentielle.



Fig III. 5. Transmetteur de pression

III.2.4 Transmetteur (Indicateur) de débit

Ces débitmètres utilisent des capteurs ultrasonores émetteurs ou récepteurs d'ultrasons qui peuvent être en contact avec le liquide ou fixés sur la canalisation dans laquelle circule le liquide dont on veut mesurer le débit. Un capteur est constitué par une céramique excitée par un signal électrique en général impulsionnel. Les fréquences des ondes ultrasonores utilisées sont relativement élevées et se situent entre 200 kHz et 5 MHz. La mesure du débit passe par la mesure de la vitesse du liquide dans la canalisation. Plusieurs principes physiques sont utilisés mais le plus répandu est celui de la mesure par différence de temps de transit. Dans cette méthode (cf. figure ci-dessous), deux capteurs ultrasonores émetteur-récepteur sont placés de manière diamétralement opposée sur une canalisation et distants d'environ 10 cm (sonde amont et sonde aval). L'onde ultrasonore est transmise de la sonde aval à la sonde amont et inversement et les temps de transit des ondes dans le liquide peuvent être mesurés.



Fig III. 6. transmetteur de débit

III.2.5. Régulateur électronique

Un régulateur est un mécanisme automatique qui élabore un signal de commande **U** en fonction

de l'écart de réglage **M-C** selon un algorithme donné $f : U=f((M-C))$

M : mesure, elle provient du transmetteur (grandeur à régler).

C : Consigne externe (elle provient d'un instrument extérieur) ou interne.

U : Sortie du régulateur, signal de commande, qui actionne l'organe de réglage (vanne)

III.2.6 .Régulateur anti-pompage foxboro 762

Le contrôleur est capable de connaître le point réel de travail du compresseur en le comparant

avec le point de pompage programmé, stocké sur la mémoire du compresseur.



Fig III. 7. régulateur FOXBORO 762

III.2.6.1. Mode de fonctionnement

Le régulateur peut fonctionner sur un des trois modes suivants :

- Mode **NORMAL** : le régulateur assure les fonctions normales d'un régulateur.
- Mode **READ** (lecture) : permet à l'opérateur de lire la valeur ou l'état des différents paramètres de régulation.
- mode **SET** : permet à l'opérateur de modifier les paramètres qui lui sont autorisés au moment de la configuration.

III.2.6.2 Affichage en mode normale

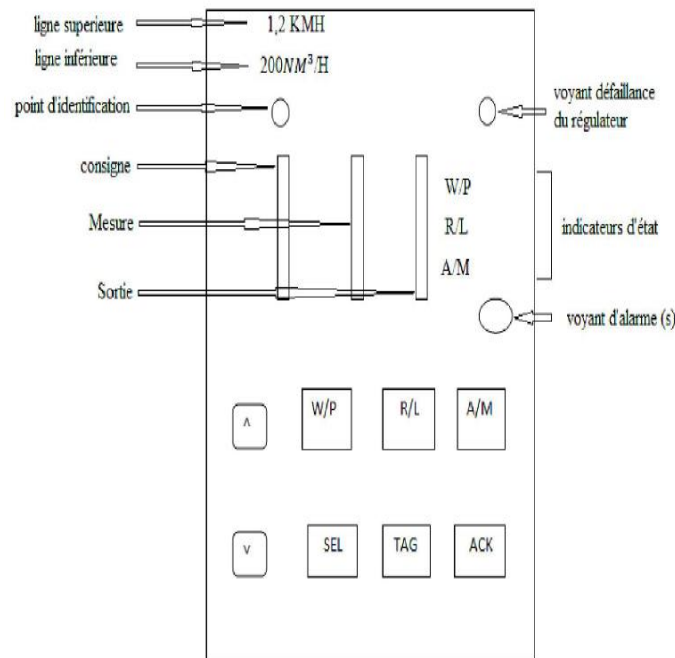


Fig III. 8. Affichage de régulateur en mode normale

III.2.6.3 Fonction des touches

touche	Description générale	Utilisation dans notre application
W/P	Permet de contrôler le procédé du poste de conduite (W) d'un système numérique ou du panneau (P) avant du régulateur	Toujours P

R/L	Permet à l'opérateur de choisir un point de consigne à distance (R) ou local (L)	Toujours R
A/M	Permet à l'opérateur de choisir entre une régulation en manuel (M) ou en automatique (A)	M :permet uniquement d'ouvrir la vanne
TAG	1-permet de passer du mode Normal au mode READ (ou SET) 2-permet de retourner directement d'un point quelconque du mode READ ou SET au mode Normale	
V ou ^	1- En mode normal, permet de modifier la sortie (en position manuelle uniquement) 2- En mode READ ou SET, permet de modifier le mode, l'alarme et les réglages de seuils et de passer en revue toute la série des catégories de paramètres.	
ACK	1- En mode NORMAL, permet d'acquitter un état d'alarme 2- En mode READ ou SET, permet de passer successivement par tous les paramètres de la structure, de valider une valeur ou un état modifier.	
SEL	1- En mode normal, permet de sélectionner un des indicateurs à segments sur	

	<p>l’affichage numérique inférieur.</p> <p>2- En mode READ ou SET, ramène l’affichage en mode NORMAL par petits incréments, en passant par toute la structure du programme (permet un retour en arrière progressif.</p>	
--	---	--

Tableau III.1. fonction des touches

III.2.6.4. Configuration du régulateur

Le régulateur 762 contient (02) boucles de régulation (Controller C1 et C2)
 C1 est configuré pour assurer la fonction de régulation anti-pompage.
 C2 est configuré pour assurer la commande manuelle de la vanne anti-pompage.
 Pour passer de C1 à C2 appuyer sur la touche (SEL) pendant plus de 02 secondes.

III.2.6.5 Affichage du régulateur C1

Ligne supérieure Delta P en Kmh
 Ligne inférieure = valeur en numérique de l’indicateur à segments sélectionner
 Consigne = la ligne de contrôle (un point)
 Mesure = débit en Nm³/H (x 1000)
 Sortie = sorties vers la vanne

III.2.6.6 Affichage du régulateur C2

Ligne supérieure = Température d’aspiration en C°
 Ligne inférieure = valeur en numérique de l’indicateur à segments sélectionner
 Consigne = pression de refoulement
 Mesure = pression d’aspiration
 Sortie = sortie désirée vers la vanne (en commande manuelle)

III.2.7 Système de protection de pompage par recyclage

Pour empêcher les phénomènes de pompage il faut maintenir le compresseur en arrière de la ligne de pompage (ligne rouge), mais il est obligatoire d’insérer une conduite de régulation du

pompage (la bleue) pour informer le système de protection de l'endroit où travaille la machine et de la distance à laquelle elle se trouve de la zone de pompage.

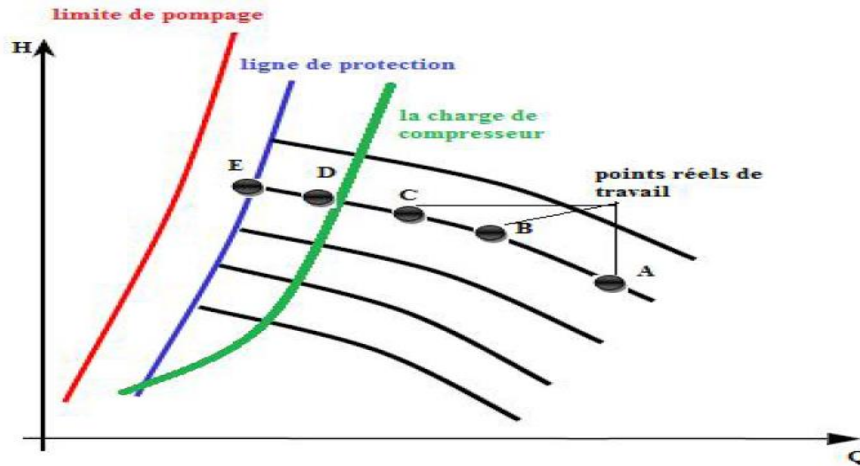


Fig III. 9. pourcentage d'ouverture de la vanne anti-pompage

- 1) Si le point du travail réel indiquée dans la position A sur la figure, la vanne anti-pompage n'est pas ouverte parce qu'il était loin de la ligne de protection.
- 2) Si le point du travail entre dans la position B, le système ouvre la vanne anti-pompage C'est-à-dire 4%.
- 3) Dans la position C la vanne continue à être ouverte à 4%.
- 4) Si le point de travail a la tendance de se déplacer vers la ligne de protection (position D) le contrôleur commence à ouvrir la vanne anti-pompage de 5% chaque seconde.
- 5) Si le point arrive à la ligne de protection (position E), le contrôleur ouvre la vanne à 100%.

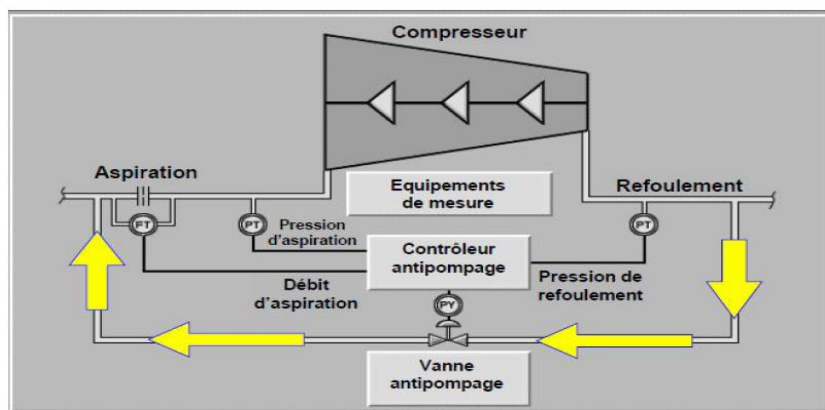


Fig III. 10 . système de protection de pompage par recyclage

III.2.8 Méthodes pour éviter le pompage

Plusieurs cas peuvent être réalisés pour sortir le compresseur du pompage

- augmenter le débit du process vers l'aspiration du compresseur.
- augmenter le débit à travers le compresseur en retournant par un by-pass et un réfrigérant une partie du gaz pompé du refoulement à l'aspiration de l'unité.
- diminuer le rapport de pression à travers le compresseur en diminuant la pression de refoulement ou en augmentant la pression d'aspiration, ou les deux si le débit doit rester constant.

III.2.9 Events et by-pass

Le pompage survient quand le débit de gaz diminue en dessous du point de pompage. A ce moment, l'écoulement de gaz retourne par le refoulement dans le compresseur.

Le pompage se produit quand la pression de refoulement est trop haute. La plupart des compresseurs centrifuges sont équipés soit avec des événements ou avec des by-pass pour les protéger du pompage.

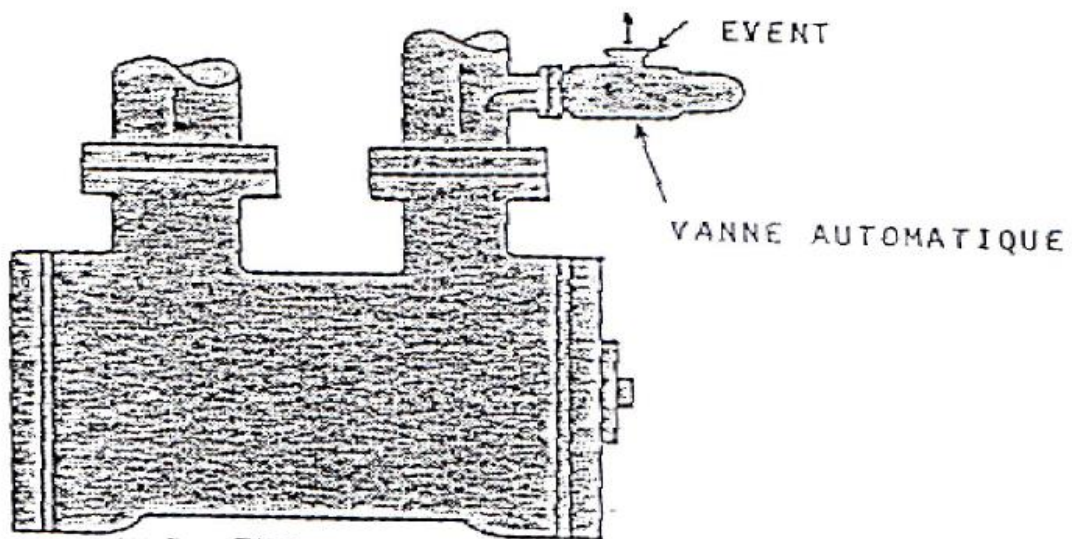


Fig III. 11. installation avec event

Dans ce compresseur, la pression de gaz peut être libérée par l'évent sur la conduite de refoulement.

Comme le gaz s'échappe de la ligne de refoulement, son débit augmente.

Une augmentation de débit écarte le compresseur de sa zone de pompage.

Par l'évent le gaz s'échappe directement à l'atmosphère.

Ce type d'évent est utilisé quand le gaz à compresser n'est ni explosif ni trop cher.

Quand un compresseur se rapproche de son point de pompage, son débit diminue.

Les événements automatiques sont réglés pour s'ouvrir pour ces basses valeurs de débit

Si le gaz est dangereux ou rare, on utilise un by

Dans une installation avec by-pass le refoulement n'est plus mis à l'atmosphère.

Le by-pass renvoie le gaz du refoulement vers l'aspiration.

Pendant la compression, la température du gaz augmente.

Si le by-pass renvoyait directement le gaz sortant du refoulement, la température à l'admission augmenterait.

Pour éviter cette augmentation de température, la ligne de by-pass se situe après le réfrigérant.

La vanne de by-pass, comme l'évent, est contrôlée automatiquement de façon à ouvrir pour les basses valeurs de débit.

Le pompage est un phénomène qui, quand il est mieux compris permettra d'installer et d'exploiter correctement le compresseur centrifuge.

III.2.10. Démarrage d'un compresseur

Un compresseur sera mis en service avec sa vanne d'anti-pompage ouverte, pour rester dans la plage des grands débits. Cela doit être pris en compte pour la détermination de la capacité en couple de démarrage du moteur.

Conclusion

Pour éviter les phénomènes de pompage, il est possible de protéger le compresseur par un système anti-pompage directement installé sur lui.

Le système anti-pompage est composé essentiellement par une vanne anti-pompage (nommée aussi vanne de recyclage) et un contrôleur électronique.

La vanne est conçue pour être capable de recycler le débit entier du gaz du compresseur, par des transmetteurs installés directement sur la machine, le contrôleur est capable de connaître le point réel de travail du compresseur en le comparant avec le point de pompage programmé, stocké sur la mémoire du compresseur.

Le système est capable d'ouvrir la vanne pour rendre le compresseur dans la zone normale de travail.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail nous avons traité un sujet d'une grande importance pour l'unité de production de HASSI R'MEL dans la région de Laghouat .

L'étude concernant la protection mécanique, nous a permis d'élucider le phénomène indésirable de pompage et leur cause et leur conséquence.

L'accent a été mis sur l'importance d'instaurer une politique de maintenance appropriée, se basant sur le préventif et non pas seulement sur la correctif. Elle permettrait d'évaluer et prolonger la durée de vie de l'équipement.

Enfin, cette étude nous a été d'une grande utilité. Elle nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques sur les différents équipements utilisés dans l'industrie pétrolière algérienne ; en particulier sur les compresseurs centrifuges qui sont très répandus dans cette dernière.

Bibliographie

- [1] A. S. Rangwala.
TURBO-MACHINERY DYNAMICS.
The McGraw-Hill Companies.NY.2005.
- [2] PAUL C. HANLON.
COMPRESSOR HANDBOOK
The McGraw-Hill Companies.NY.2001.
- [3] Claire Soares
Process Engineering Equipment Handbook
The McGraw-Hill Companies.NY.2002.
- [4] R. BIGRET, J-L. Féron,
Diagnostic - maintenance, disponibilité des machines tournantes.
MASSON. Paris.1995.
- [5] R.BIGRET.
Stabilité des machines tournantes et des systèmes.

Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM).Paris.1997.
- [6] Jean FRÊNE
Technique de l'ingénieur : Butées et paliers hydrodynamiques.

Doc. B 5 320
- [7] Manuel de service – fonctionnement et instruction (20-k-001)
- [8] Pompage de compresseur par (Jean-Marc PUGNET)
- [9] Manuel de formation TOTAL (les compresseurs)
- [10] Les rapports de révision personnel de Sonatrach

Résumé

Résumé

Ce travail entre dans le cadre de fin d'étude effectuée dans les usines de la société Sonatrach sous le parrainage de département de génie mécanique de la faculté de science et technologie de Ibn Khaldoun de Tiaret.

Le but de notre travail est d'élucider un phénomène très péjoratif pour le fonctionnement d'un compresseur en l'occurrence « le pompage » par un système appelé « système anti-pompage ».

Enfin notre étude a mis aussi l'accent sur l'importance de la maintenance programmée dans la prolongation de la durée de vie de compresseur et le rendre plus performant.

ملخص

هذا العمل يندرج ضمن مشروع نهاية الدراسة و الذي تم في مصانع شركة سونطراك تحت إشراف كلية الهندسة الميكانيكية لجامعة العلوم و التكنولوجيا ابن خلدون تيارت .

الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد حل لظاهرة الضخ التي تسبب أضرار جسيمة للضاغط أثناء عمله وذلك بواسطة نظام مضاد للضخ

و في الأخير أظهرت هذه الدراسة أهمية الصيانة المبرمجة في حماية و إطالة عمر الضاغط و تحسين أدائه.