

N° d'ordre...../FT/UMBB/2023

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MHAMED BOUGARA DE BOUMERDÉS'



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Présentée par :

- **BERRABAH Alaa Eddine**
- **BOUCHOU Mohammed**

THEME

Etude et maintenance du compresseur centrifuge
BCL 306/355

Devant le jury :

BOUAMRANE Mohamed Said	MCB UMBB	Examineur
ATMANI Doria	MCB UMBB	Examineur
AKNOUCHE Hamid	Professeur UMBB	Promoteur
MIRI Bilal	ING MEC SH	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

Résumé

En résumé, cette mémoire explore les aspects généraux des compresseurs centrifuges, se penche sur deux modèles spécifiques, discute de la maintenance générale et spécifique des compresseurs centrifuges, et enfin examine les techniques d'équilibrage des rotors pour garantir des performances optimales.

ملخص

هذه الأطروحة تستكشف الجوانب العامة لضواغط الطرد المركزي، وتركز على نموذجين محددين، وتناقش كل من صيانة ضواغط الطرد المركزي بشكل عام والمحددة، وأخيرًا تفحص تقنيات توازن الدوارات لضمان أداء مثلى.

Abstract

This thesis explores the general aspects of centrifugal compressors, focuses on two specific models, discusses both general and specific maintenance of centrifugal compressors, and finally examines rotor-balancing techniques to ensure optimal performance.

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

*Tout d'abord, nous tenons à remercier notre professeur et directeur de mémoire, **Mr AKNOUCHE Hamid**, pour sa guidance experte, sa disponibilité constante et ses conseils éclairés. Votre expérience et vos connaissances approfondies ont été d'une aide inestimable dans la structuration de mon projet et l'orientation de ma recherche.*

*On remercie vivement notre encadreur **Mr. MIRI Bilal** pour son aide, sa disponibilité et ses conseils judicieux durant toute la période de réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions **Mr BOUCHAIR Fares**, Ingénieur en mécanique machine tournante Sonatrach, pour nous avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail de terrain.*

*Il nous est agréable d'adresser nos remerciements à Monsieur **BELARIBI Hakim** pour son soutien et ses conseils constants tout au long du déroulement de ce projet.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les personnels du CPF de champ ELM **Mr. BOUGUER Hichem** et **Mr. BENAROUS Nabil** et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à ma très chère mère et à mon cher père pour leur bien vaillance et leur abnégation de m'avoir encouragé à terminer mes études dans de bonnes conditions.

-A mes très chères sœurs.

-A tous ma famille.

-A tous mes amis chacun de son nom.

Enfin, je le dédie à mon binôme BERRABAH Alaa Eddine et a tous mes camarades de classe MMI/21.

BOUCHOU Mohammed

Dédicaces

Je dédie ce travail à mon père et ma mère, ils qui m'ont doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, ce travail est le vôtre.

A mes chères sœurs Samia, Souhila, Nassira qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège avec leurs familles et leurs offre la chance et le bonheur.

Enfin, je le dédie à mon binôme BOUCHOU Mohammed et à tous mes camarades de classe MMI/21.

BERRABAH Alaa Eddine

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviation	
Introduction générale.....	1

Chapitre I Présentation l'unité de traitement du gaz associé

Introduction :.....	3
I-1- Localisation du site : ([2]).....	3
I-2- Description générale du CPF : ([2]).....	5
I-3- Généralités sur le GPL : ([3]).....	7
I-3-1 Définition des GPL :.....	7
I-3-2 But de l'unité de récupération des GPL : ([3])	8
I-3-3 Caractéristiques / Spécifications :.....	9
I-4- Procède de récupération des GPL : ([2]).....	10
I-4-1 Origine des dégazages :.....	10
I-4-2 Déshydratation :.....	11
I-4-3 Liquéfaction des GPL ([2]).....	14
I-4-4 Fonctionnement :.....	16
I-4-5 Stockage et exporte :.....	21
I-5- Utilisations des GPL (pour information) :	22
Conclusion :	22

Chapitre II Généralités sur les compresseurs

Introduction :.....	23
II-1 Types des compresseurs :.....	24
II-1-1 Compresseurs volumétriques :.....	25
II-1-1-1 Compresseurs volumétriques alternatifs :.....	25
II-1-1-2 Compresseurs volumétriques rotatifs :.....	27
II-1-2 Les turbocompresseurs (compresseurs dynamiques) :.....	29
II-1-2-1 Compresseurs centrifuges :.....	29

II-1-2-2	Compresseurs axiaux :	30
II-2	Comparaison entre le compresseur axial et centrifuge :	31
II-3	Domaine d'application et critères de choix des compresseurs :	31
II-4	Principe de fonctionnement d'un compresseur centrifuge : ([4]) ([5]).....	33
	Conclusion :	36

Chapitre III Etude technologique du compresseur

Centrifuge BCL- 306/355

	Introduction :	37
III-1	Description :	37
III-2	Fonctionnement :	50
	Conclusion :	56

Chapitre IV Maintenance du compresseur centrifuge BCL306/355

	Introduction :	57
IV-1	La Maintenance :	57
IV-1-2-1	Définition et rôle de la maintenance :	57
IV-1-2-2	Les différents types de maintenance :	58
IV-1-2-2-1	Maintenance corrective :	58
a)	Maintenance corrective curative :	59
b)	Maintenance corrective palliative :	59
IV-1-2-2-2	Maintenance préventive :	60
a)	Maintenance préventive systématique :	61
b)	Maintenance préventive conditionnelle :	61
c)	Maintenance prévisionnelle :	62
IV-1-2-2-3	Les opérations de maintenance :	62
IV-1-2-2-4	Activités connexes de la maintenance :	64
IV-2	La maintenance appliquée au compresseur BCL 306/355	64
IV-2-1	Cycle de révision :	65
IV.2.1.1.	Révision partielle	65
IV.2.1.2.	Révision générale :	65
IV-2-2	Entretien :	66
IV.2.2.1.	Contrôles périodiques :	66
IV.2.2.2.	Recherche des pannes :	69
IV-2-3	Procédure de la mise en marche du compresseur BCL 306/355 :	71
IV.2.3.1.	Contrôles et vérifications préalables à la mise en marche du compresseur :	71
IV.2.3.2.	Démarrage du groupe de compression :	72

IV-3 Révision générale de compresseur centrifuge BCL 306/355 :.....	73
Conclusion :	77

Chapitre V Problème de vibration du compresseur BCL 306/355

V-1 Introduction et aperçu de la machine :.....	77
V-2 Compresseur de gaz d'injection :.....	79
V-3 Résumé exécutif du projet :.....	80
V-4 Recommandations:	82
V-5 Analyse :.....	82
Conclusion générale :	91
Bibliographie.....	92

Liste des figures

Figure I.1: zone de groupement berkine	3
Figure I.2 : les blocs 404 et 208	4
Figure I.3 : schéma bloc GPL simplifié	7
Figure I.4 : schéma simplifié récupération des GPL	8
Figure I.5 : origine du gaz traiter.....	10
Figure I.6 : déshydratation/élimination grossière d'humidité	12
Figure I.7 : liquéfaction des GPL	15
Figure I.8 : fonctionnement/absorbeur	17
Figure I.9 : fonctionnement/dé-éthaniseur C01-2701	18
Figure I.10 : fonctionnement/dé-butaniseur.....	20
Figure I.11 : stockage GPL et export.....	22
Figure II.12 : constituants d'un compresseur centrifuge ([5])	23
Figure II.13: schéma de différent types de compresseur (A- compresseurs volumétriques, B) - compresseurs dynamiques)	24
Figure II.14 : Compresseur à piston	26
Figure II.15 : Compresseur à membrane	27
Figure II.16 : compresseur à vis	27
Figure II.17 : Compresseur à palettes.....	28
Figure II.18 : Compresseur à lobes, (A-La forme huit de rotor, B- La circulation de gaz).....	29
Figure II.19 : Photo d'un compresseur centrifuge ([5]).....	30
Figure II.20 : Photo d'un compresseur axial.....	30
Figure II.21 : Plages d'application des différents types de compresseurs	32
Figure II.22 : Parcours du gaz à l'entrée du compresseur (brides d'aspiration)	34
Figure II.23 : Schéma de compression dans un étage de compresseur centrifuge	34
Figure II.24 : Parcours du gaz au niveau de diffuseur	35
Figure II.25 : Schéma présentant la volute compresseur (brides de refoulement)	35
Figure II.26 : les diagrammes de pression et l'énergie dans le diffuseur ([5])	36
Figure III.27 : la signification des symboles de code du compresseur BCL 306/A ou C	38
Figure IV.28 : Organigramme synthétique	58
Figure IV.29 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective curative.....	59
Figure IV.30 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective palliative.....	60
Figure IV.31 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive systématique	61
Figure IV.32 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive conditionnelle	61
Figure IV.33 : les jeux entre labyrinthe et l'arbre avant le nettoyage	74
Figure IV.34 : les jeux entre labyrinthe et l'arbre après le nettoyage en millimètre.	75
Figure IV.35 : L'alignement des compresseurs 1er et 2ème étage en millimètre.....	76
Figure IV.36 : L'alignement des compresseurs 2ème et 3ème étage en millimètre	76
Figure V.37 : Vue d'ensemble de la machine	78
Figure V.38 : Agencement du groupe de compresseurs.....	80
Figure V.39 : LP compressor vibration drive end.....	81
Figure V.40 : HP compressor vibration drive end	82

Figure V.41 : Spectre en cascade du compresseur LP Au démarrage.....	83
Figure V.42 : Spectre en cascade du compresseur HP Au démarrage	83
Figure V.43: Position de vecteur original $\rightarrow \top O$ sur le rotor HP	84
Figure V.44 : Position de vecteur $O + C$ dans le rotor HP	85
Figure V.45 : Position des vecteur C et $(- O)$ dans de le rotor HP	86
Figure V.46 : Position de vecteur original O sur le rotor LP.....	87
Figure V.47 : Position de vecteur $O + C$ dans le rotor LP.....	88
Figure V.48 : Position des vecteur C et $(- O)$ dans de le rotor LP.....	89

Liste des tableaux

Tableau I.3: composition moyenne du GPL export	9
Tableau II.4: Les avantages et les inconvénients de chaque compresseur ([4])	33
Tableau IV.5: Les niveaux de la maintenance	63
Tableau IV. 6 :Contrôles périodiques.....	66
Tableau IV.7 : Vibrations et bruit anormaux du compresseur	69
Tableau IV.8: Endommagement des paliers porteurs.....	70
Tableau IV.9 : Endommagement du palier de la butée	70
Tableau IV.10: Endommagement des bagues d'étanchéité à huile.....	70

Liste d'abreviation

CPF: Central Processing Facility

TAGI: Trais argilo gréseux inferieur

GPL: Gas propane liquefier

AGC: Compresseurs des gaz associés

BOPD: Barrels of oil per day

MM S m³/J : Millions standard mètre cube par jour

MMSCFD: 1,000 million standard cubic feet per day

BBL/jours: blue barils par jours

HP: high pression

LP: Low pression

Bar : unité de pression exactement égale à 100 000 pascals

API: interface de programmation

Kpa: Unité de mesure de pression du Système international (SI), valant 10³ pascals

Kpa g: kpa manometre

Bar g: bar manometre

Rad/s: défini comme le changement d'orientation dans l'espace d'un objet, en radians, à chaque seconde

µm : micromètre

Introduction générale

Il y'a encore quelques années les gaz associés étaient évacués vers les torches étant donné que ce gaz était considéré comme un déchet et ainsi détruit en torchère, ce qui constitue un gaspillage des ressources énergétiques non renouvelables et une pollution inutile vu que la structure de récupérations de ces gaz n'était pas économiquement rentable.

De nos jours, ces deux facteurs ont amené la compagnie SONTRACH à créer des stations de traitement et d'injection de gaz dans les puits ou gisements comme c'est le cas à El Merk Groupement Berkine, avec l'existence de certaines machines pouvant traiter des quantités énormes de gaz permettant non seulement de les récupérer mais aussi d'augmenter la production de brut.

Les machines, qui se sont avérées les plus indiquées sont les compresseurs, en l'occurrence les compresseurs centrifuges qui s'adjugent l'entière partie de notre étude faite, au sein de la SONATRACH exactement à El Merk L'installation de production centrale (CPF : Central Production Facility) de Groupement Berkine Parmi ces compresseurs centrifuges, le BCL-306/355 situé au premier et deuxième étage du train de compression, doit être sujet à une attention particulière, notamment en ce qui concerne le phénomène de vibration, et son influence sur le bon fonctionnement et les performances de ces machines.

Le but de notre travail est de faire une étude traitant la maintenance du compresseur BCL-306/C, 355/A, cette étude nous a mené à fractionner ce manuscrit en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre nous présenteront la structure d'accueil, ainsi que L'installation de production centrale et de l'ensemble du train compression qui est entre autre le lieu de notre stage, et aussi la présence du BCL-306/355 dans cette unité.

Dans le deuxième chapitre nous décriront les différents types de compresseurs centrifuges, et noteront quelques généralités sur ces machines.

Le troisième chapitre sera consacré au compresseur centrifuge BCL-306/355, il y sera décrit essentiellement les principaux constituants, l'étanchéité et système de lubrification ainsi que l'instrumentation et sécurité installées, il se termine par le contrôle systématique de ce compresseur.

Dans le quatrième chapitre nous feront éclat sur la maintenance en général et celle appliquée au sein de la Division-Maintenance d'El Merk Groupement Berkine, et son application sur les compresseurs séries BCL.

Le cinquième chapitre, sera consacré à l'étude d'une problématique signalée par le service de maintenance qui se traduit par un déséquilibre du rotor du BCL-306/C,355/A. On notera la cause et les conséquences des vibrations excessives à l'intérieur du compresseur par les méthodes équilibrage de rotor en utilisant un software Bently Nevada d monitoring et de surveillance des machines tournante.

Ce chapitre se terminera par des recommandations et des perspectives pour l'amélioration des performances du BCL-306/355.

Chapitre I

Présentation l'unité de traitement du gaz associé

Introduction :

En application de l'accord cadre de l'initiation, le groupement BERKINE créée entre SONATRACH et ANADARKO, est chargé de gérer l'ensemble des activités de production de l'association SONTRACH-ANADARKO dans le champ d'EL MERK. Le groupement est doté de pouvoir, de matériel est procédures fiables approuvées par les parties. Il a su tirer profit de toute l'expérience acquise par SONATRACH et les partenaires au bénéfice du projet et de la diversité culturelle, la règle et la conduite du groupement est l'équité, la transparence et la recherche du consensus.

Dans ce chapitre nous décrivons les caractéristiques ainsi que les activités réalisées dans le champ EL MERK par le groupement BERKINE.

I-1- Localisation du site : ([2])

Le projet EL MERK correspond à l'exploitation de dépôts isolés d'hydrocarbures situés approximativement à 220 km au sud-est d'Hassi Messaoud.

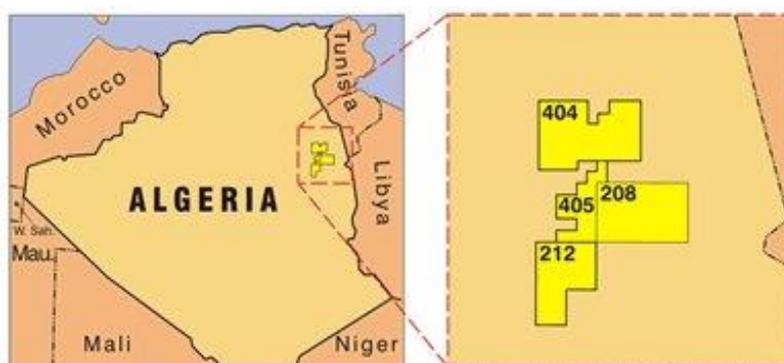


Figure I.1: zone de groupement berkine

La zone de production a été découpée en 4 secteurs :

Le block 208(EL MERK), qui regroupe 4 secteurs :

- EKT (EL KKEIT et TESSEKHA).
- EMN (EL MERK Nord).
- EME (EL MERK Est).
- EMK/MILSE (champ groupé d'EL MERK et de MENZEL LEDJMAT SUD-EST).
- Le block 405A (MENZEL LEDJMET), déjà partiellement exploité avec les installations de production et d'export de MENZEL LEDJMET Nord (MLN).

- Le gisement TAGI du sud-est de MENZEL LEDJMAT (MLSE) sera envoyé vers le CPF d'EL MERK et traité en même temps que la production du site.
- Les blocks 404 et 403a sont déjà opérés par le Groupement Berkine à l'aide du CPF d'Hassi Berkine qui traite la production des champs HBNS et de ses satellites, ainsi que les champs HBN. Ce CPF ne possède pas d'unité de récupération de GPL, les gaz riches récupérés pourraient, dans le futur, être envoyés vers le CPF d'EL MERK pour y être traités. ([7], (2020))

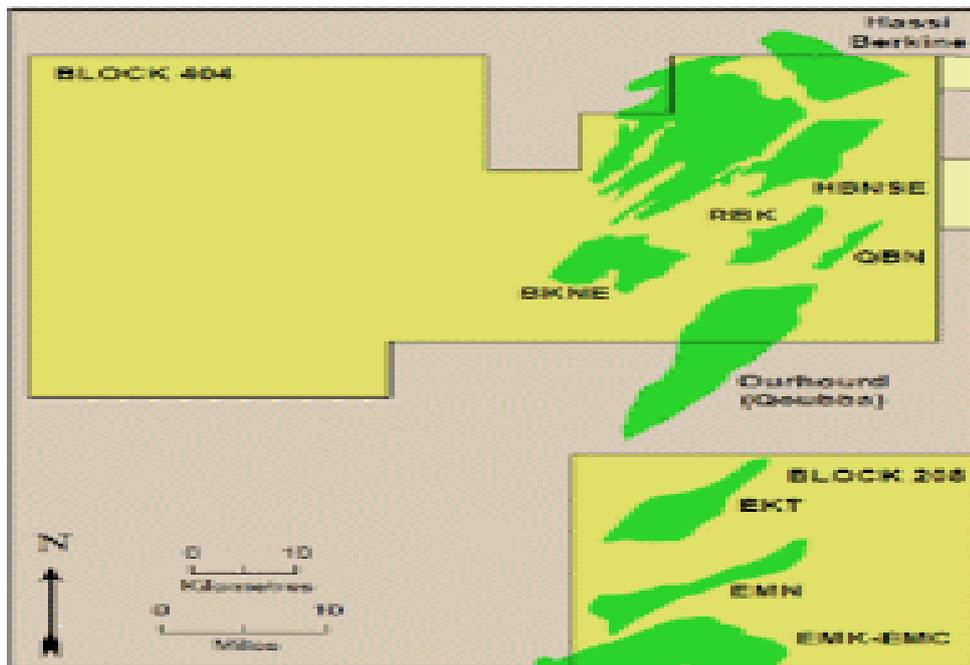


Figure I.2 : les blocs 404 et 208 ([7], (2020))

Le CPF D'EL MERK est voisin d'un certain nombre de pipeline d'export de gaz et de brut.
La production des installations rejoint un réseau de pipelines existant à GassiTouil, à environ 160 km à l'ouest d'EL MERK.

I-2- Description générale du CPF : (I2)

Deux trains identiques de traitement de brut et condensats.

- Capacité de traitement 63,500 BOPD/Train.
 - Zone de réception, commune aux 2 trains, est constituée de slug catcher type Ballon :
 - Un Slug catcher dédié u Block 208 TAGI (EKT, EMN et EME).
 - Un slug catcher dédié au Block 405/208 TAGI (EMK).
 - Un slug catcher dédié au Block 208 RKF/STR (Production Gaz à condensats)
 - Les trains d'huile sont composés de :
 - Un séparateur HP.
 - Deux dessaleurs en série.
 - Une colonne de stabilisation de brut.
 - Une section de récupération des condensats.
 - Une section d'huile chaude (utilisée comme fluide caloporteur).
 - Test Run (Essai) pour déterminer la charge maximale de traitement de chaque train :
 - Train d'huile OT1 : Le test a eu lieu au mois de Mars 2015. La production a atteint 75,000 BOPD (Huile et Condensats).
 - Train d'huile OT2 : le test a eu lieu au mois de Novembre 2014. La production a atteint 79,000 BOPD (Huile et Condensats).
 - Trois compresseurs de gaz associé AGC. (Capacité : 0.9 MMSM3/J chacun)
 - Deux compresseurs en service, le troisième est en standby. (3X50%)
 - Trois Compresseurs Booster BGC. (Capacité : 4.3 MMSM3/J chacun)
 - Trois compresseurs en service (3X33%)
 - Deux compresseurs de Gaz Résiduels RGC (capacité : 8.4 MMSM3/J chacun)
 - Deux compresseurs en service (2X50%)
 - Deux turbo-Expandeurs en parallèle TEC (Capacité : 8.4 MMSM3/J chacun)
 - Trois compresseurs du gaz d'injection en parallèle IGC (Capacité : 24.6 MMSM3/j)
 - Trois compresseurs en service (3X33%)
 - Une unité de déshydratation de gaz à tamis moléculaire composée de 4 lits d'une capacité totale de 17MMSM3/J.
 - Trois sont en service, un en régénération.
- La Capacité totale de traitement de l'unité NGL est de 600 MMSCFD (17 MMSM3J).
- Production moyenne de GPL : 31,000 BOPD.

Utilités :

- Deux unités de traitement d'eau de formation TAGI : 43,000 bbl/jour chacune
- Unités de traitement d'eau de formation RKF/Strunian : 6500 bbl/jour
- D'autres utilités tel que : Huile chaude, Fuel Gas, Air, Azote, eau de dilution, système de torchage, système de drainage, Système de traitement des eaux huileuses et Bassin d'évaporation, injection produits chimique.

Stockage du Brut :

- La Capacité totale de stockage huile onspec est de 276,269 barils (43,922 m). Stockage off spec huile/condensat de 35 000 barils (5563 m³).
- Trois pompes nourricières (Booster) d'une capacité de 57,000 BOPD chacune.
- Trois pompes d'expédition principales d'une capacité de 57,000 BOPD Chacune.
- Deux modes d'expédition :
 - Basse pression vers PK0 en utilisant uniquement les pompes nourricières.
 - Haute Pression vers HEH en utilisant les pompes nourricières et principales.

Stockage des condensats :

- La capacité totale de stockage est de 147,186 barils (23,400 m³).
- Trois pompes nourricières et Trois pompes d'expéditions principales d'une capacité de 17,000 BOPD chacune.

Stockage de GPL :

- La Capacité totale de stockage est de 6,300 barils (1,000 m³).500m³ pour chaque sphère. Une sphère off spec de capacité 500 m³
- Trois pompes nourricières et trois pompes principales d'une capacité de 20,000bblj/chacun

I-3- Généralités sur le GPL : ([3])

I-3-1 Définition des GPL :

-Un LPG (GPL) est une coupe pétrolière particulière constituée principalement des hydrocarbures à 3 et 4 atomes de carbone (respectivement le propane et les butanes). On y trouve également des traces de composés plus légers, principalement de l'éthane (C_2H_6) et plus lourds, comme les pentanes (C_5H_{12}).

- **GPL** : Gaz de Pétrole Liquéfié

- **LGP** : Liquéfié Petroleum Gas

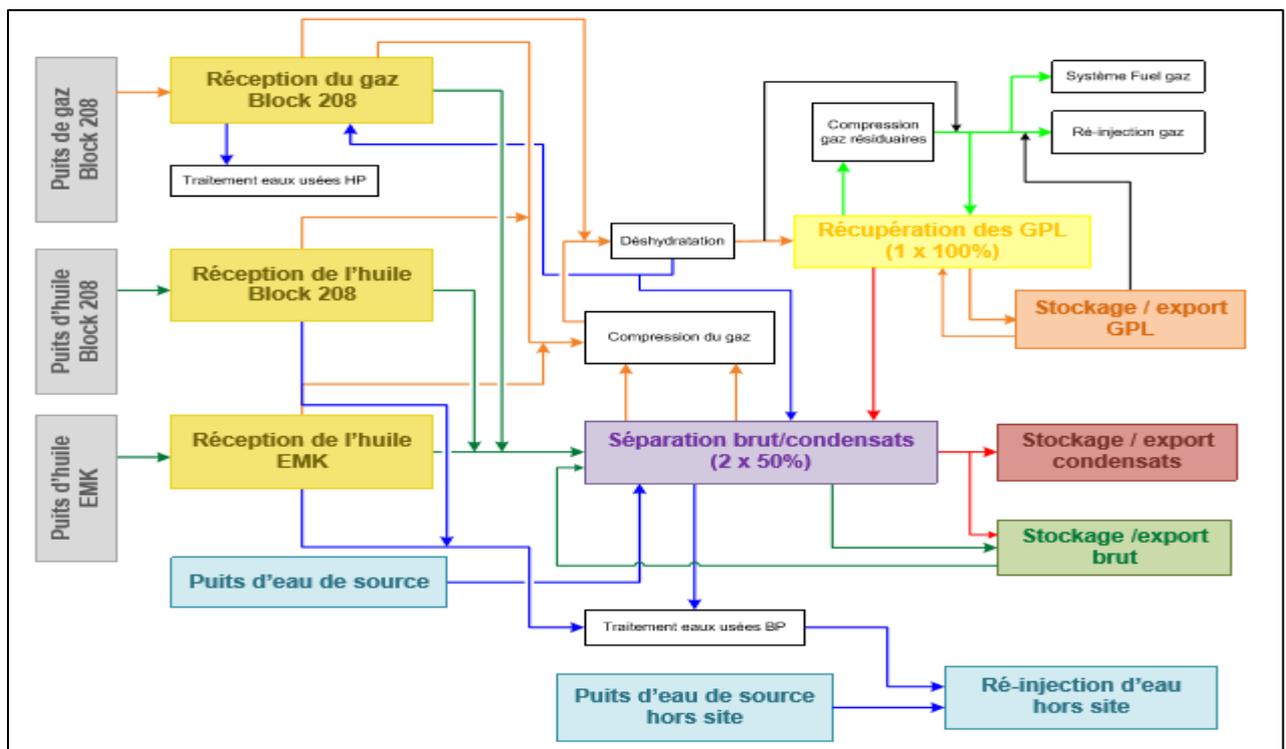


Figure I.3 : schéma bloc GPL simplifié

-Les GPL permettent d'avoir une source d'énergie :

- Facilement stockage et transportable, car liquide.
- Facilement utilisable car gazeuse aux températures ambiantes et à des pressions modérées (jusqu'à 30°C : les pressions sont inférieures à 10 bar pour le propane, et inférieures à 3 bar pour le butane).

I-3-2 But de l'unité de récupération des GPL : ([3])

L'unité de récupération des GPL permet de traiter les dégazages des différentes sections du site d'El Merk afin d'extraire les composés en C3/C4 dans ces flux pour les valoriser.

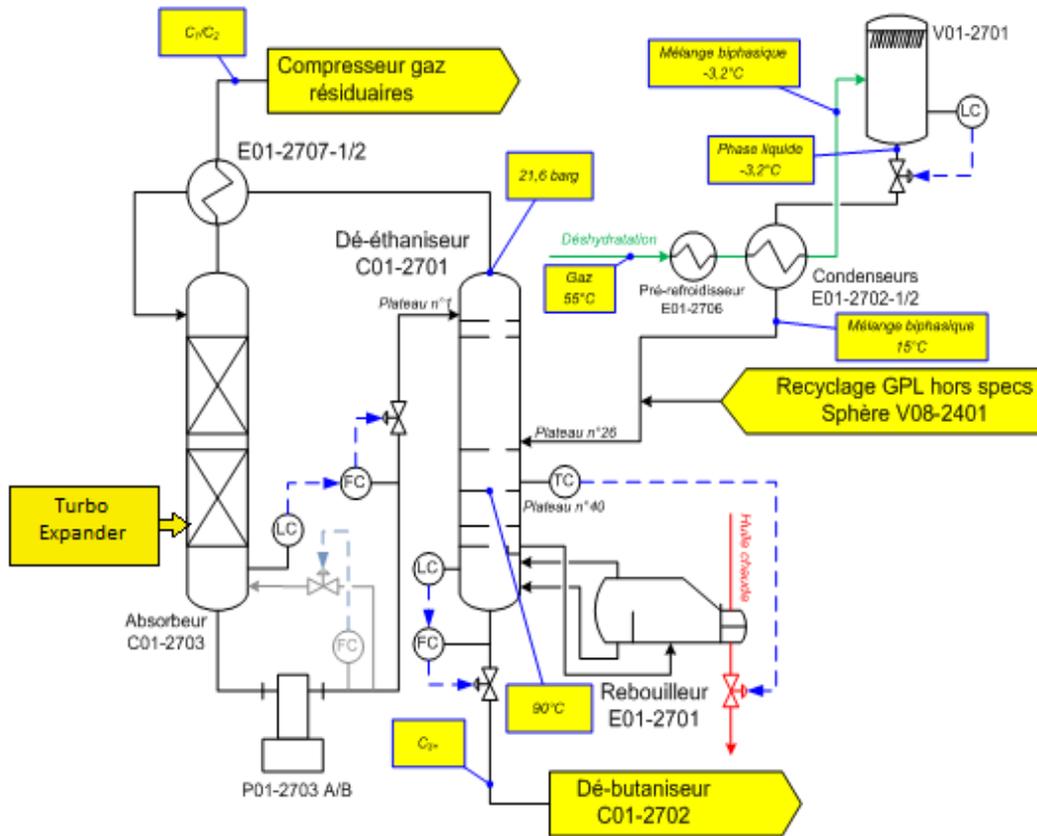


Figure I.4 : schéma simplifié récupération des GPL

-Les GPL sont liquéfiés en utilisant le refroidissement causé par leur détente à travers un turbo-expander, puis purifiés dans un procédé à 3 colonnes :

- Une colonne d'absorption, pour piéger les C3/C4 qui n'auraient pas été liquéfiés par la détente du gaz.
- Un dé-éthaniseur, pour éliminer les fractions légères (C2-) contenues dans le gaz liquéfié par détente.
- Un dé-butaniseur, pour éliminer les fractions lourdes (C5+) qui auraient été entraînées dans les dégazages.

Le GPL purifié est alors envoyé vers GassiTouil via un stockage intermédiaire composé de 3 sphères de 500 m³ chacune (2 sphères pour le GPL aux specs, 1 pour le GPL hors spec).

-Les composés légers (C1 et C2) sont ré-comprimés à 69 bar dans l'unité de compression des gaz résiduaire, puis utilisés comme :

- Gaz de combustion (« Fuel Gas »).
- Gaz d'injection.

-Le fond du débutaniseur est renvoyé vers les trains de séparation huile/condensats pour être mélangé aux condensats plus lourds afin de stabiliser leur tension de vapeur (RVP).

-En pratique, l'installation est calculée pour récupérer au minimum 87,5% des composés en C3/C4 présents dans le gaz produit sur les blocks 208 et 405a.

I-3-3 Caractéristiques / Spécifications :

Un GPL contient essentiellement du propane et du butane.

-Les spécifications principales des GPL concernent essentiellement :

- La teneur en légers.
- La teneur en lourds.
- Leur pouvoir calorifique.

Spécifications du GPL export :

Le GPL exporté vers le point PK504 à GassiTouil est un mélange comprenant environ 2/3 de propane et 1/3 de butane.

- La teneur maximale en légers (éthane) est de 2,6 % mol max.
- La teneur maximale en lourds (pentanes et sup.) est de 0,39 % mol max.

Tableau I.1: composition moyenne du GPL export

C₁	0 % _{mol}
C₂	1,4 – 1,5 % _{mol}
C₃	65 – 68 % _{mol}
C₄	33 – 30 % _{mol}
C₅	0,4 % _{mol}

- Le GPL doit être anhydre et débarrassé de toutes les impuretés.
- La température maximale d'envoi est de 60°C.

I-4- Procède de récupération des GPL : ([2])

I-4-1 Origine des dégazages :

Description :

L'unité de récupération des GPL permet de traiter l'ensemble des dégazages du site :

- **Block208 :**
 - Dégazage du piège sur les condensats
 - Dégazage du séparateur d'entrée des condensats
 - Dégazage du piège sur l'huile
- **EMK**
 - Dégazage du piège sur l'huile.
- **Trains de séparation et de traitement huile/condensats :**
 - Dégazage des ballons de séparation HP.
 - Dégazage des colonnes de stabilisation de l'huile.

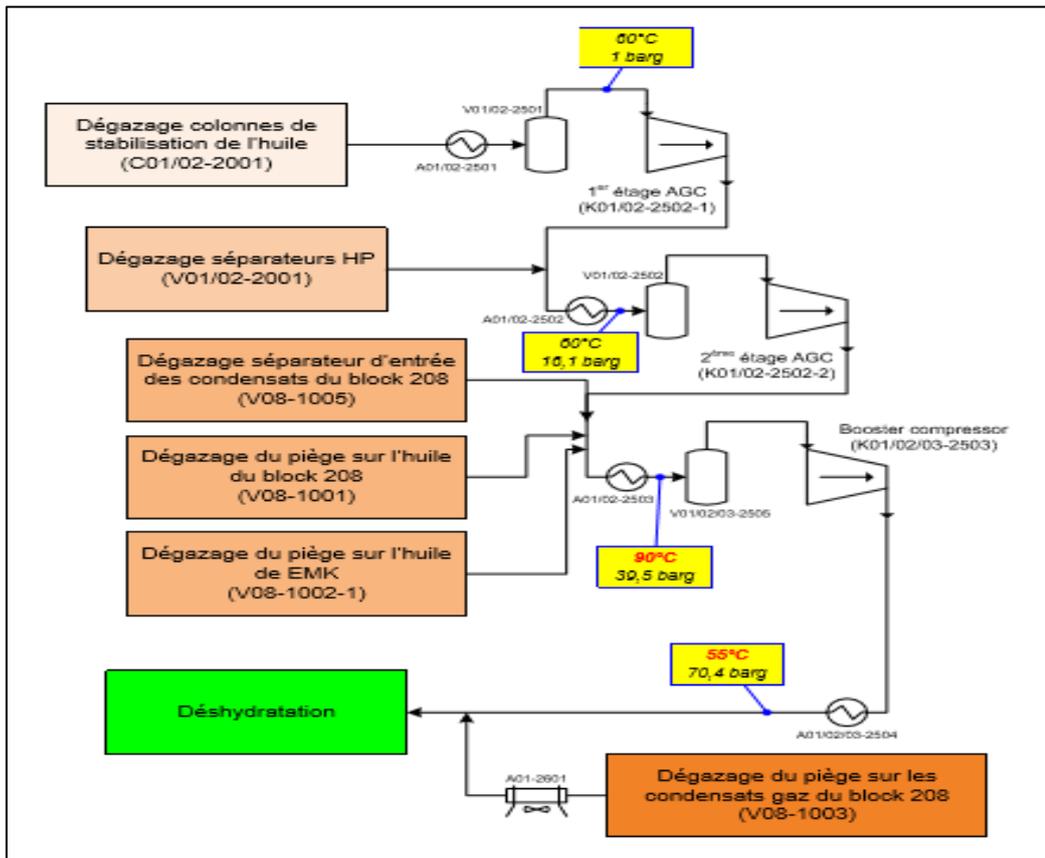


Figure I.5 : origine du gaz traiter

Paramètres de fonctionnement : ([3]),([4])

A) Compresseurs AGC (K01/02-2502-1 et K01/02-2502-2) :

La température du gaz HP au refoulement du 2nd étage de compression, en aval des refroidisseurs A01/02-2503 doit être maintenue à 90°C. Il faut éviter de trop refroidir le gaz, car les C3/C4 risquent de se condenser et de s'accumuler dans le train de HP séparateur huile/condensats.

B) Booster BGC (K01/02/03-2503) :

La température du gaz HP au refoulement des boosters, en aval des refroidisseurs A01/02/03-2504 doit être maintenue à 55°C. Il faut éviter de trop refroidir le gaz, car les C3/C4 risquent de se condenser et de s'accumuler dans le train de HP séparateur huile/condensats.

I-4-2 Déshydratation :

Objectifs :

Certains équipements de l'unité de récupération des GPL opèrent à basse température (< 0°C). L'eau présente à l'état de traces dans le gaz doit de ce fait être impérativement être éliminée, de façon à éviter tout risque de bouchage par formation de glace et/ou d'hydrates.

L'unité de déshydratation du gaz permet d'abaisser la teneur en eau à une valeur inférieure à 0,01 ppmv par adsorption sur des tamis moléculaires.

Principe de fonctionnement :

Le gaz humide provenant du piège sur les condensats gaz du block 208 (V08-1003 – « Block 208 Gas Condensate Slug Catcher ») est préalablement refroidi à 55°C par les aéro-réfrigérants A01-2601.

Il est ensuite mélangé au refoulement des compresseurs Booster BGC K01/02/03-2503, ainsi qu'au recyclage du gaz de régénération, puis est injecté dans le piège à liquide (KOD) V01-2607, qui permet de séparer la plus grosse partie des condensats présents dans le flux d'entrée. Il est également possible de réaliser un appoint de gaz sec, prélevé sur le manifold au refoulement du compresseur de gaz résiduaux, avec un contrôle de débit.

- Les condensats sont éliminés via une régulation de niveau vers :

- Le séparateur d'entrée des condensats du block 208 (V08-1005) en fonctionnement normal.
- Le séparateur HP (V01/02-2001) en cas d'indisponibilité du séparateur précédent.
- La sortie gaz est dirigée vers le filtre coalesceur V01-2601.

Le filtre coalesceur V01-2601 permet d'éliminer par coalescence (fusion des petites gouttelettes) la quasi-totalité des liquides encore présent dans le gaz. Il permet également de retenir toutes les particules solides éventuellement présentes.

- Les condensats sont éliminés par l'intermédiaire de régulations de niveau avec contrôle d'écart. Ils rejoignent la tuyauterie d'évacuation des condensats du piège V01-2607.
- La sortie gaz est dirigée vers les tamis moléculaires.

Le filtre coalesceur V01-2601 est équipé d'un by-pass manuel pour la maintenance. Cette vanne doit rester fermée en opération normale.

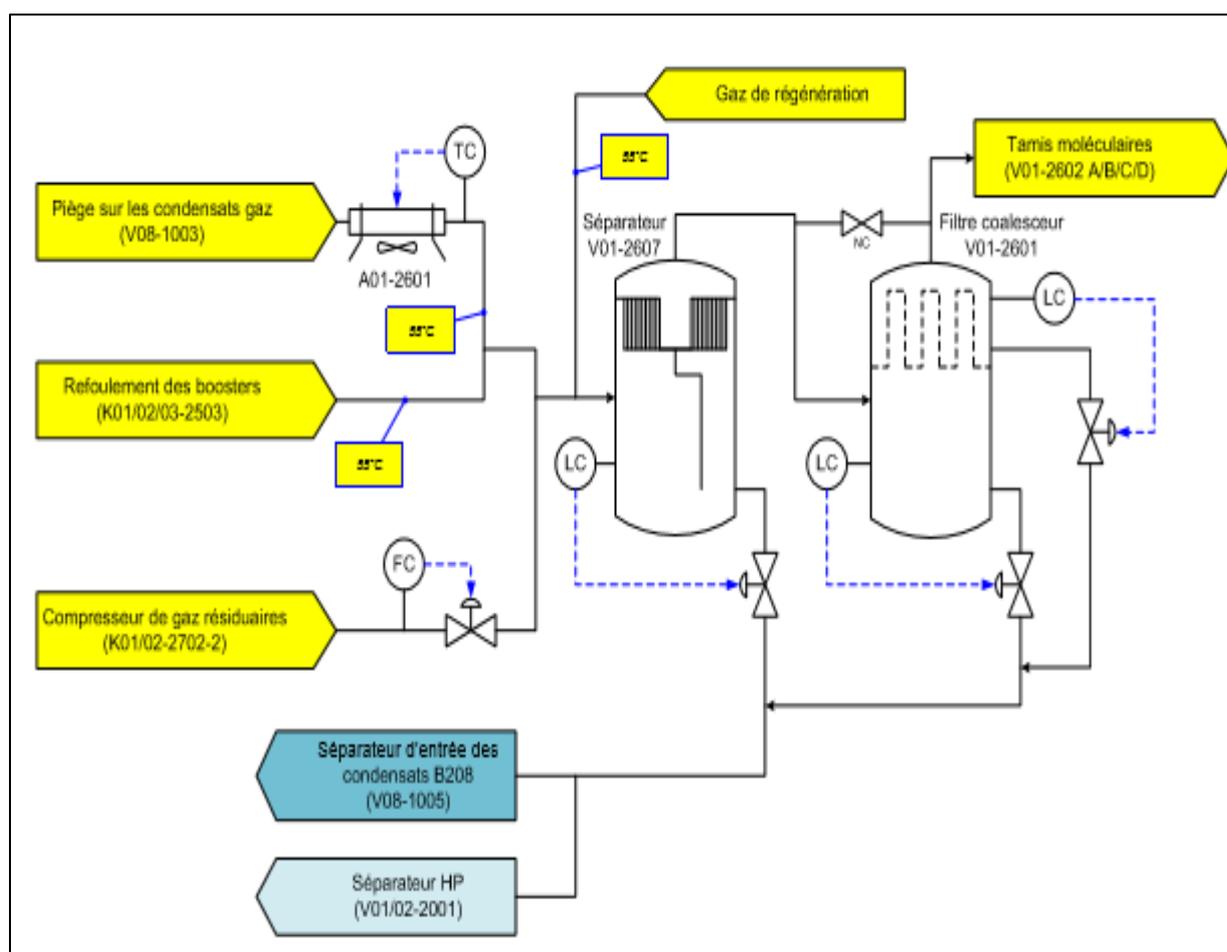


Figure I.6 : déshydratation/élimination grossière d'humidité

Avant d'être injecté sur les tamis moléculaire, le gaz est préalablement surchauffé de 2°C à l'aide d'une injection contrôlée de gaz de régénération chaud (régulation de débit proportionnelle au débit de gaz à traiter). Cette opération permet de prolonger la durée de vie des tamis moléculaires en évitant toute condensation du gaz sur ceux-ci.

Le gaz surchauffé est injecté au sommet des 4 tamis moléculaires V01-2602 A/B/C/D, disposés en parallèle. Il ressort de ces cuves par le bas, puis est filtré dans les S01-2602 A/B afin d'éliminer toute particule solide qui aurait été entraînée. Le gaz sec est ensuite envoyé vers le pré-refroidisseur de la partie liquéfaction. Un analyseur d'humidité en sortie de chaque cuve permet de s'assurer la spécification du gaz sec (0.01PPMV).

En marche normale, 3 cuves sont en adsorption et le dernier est en régénération.

I-4-3 Liquéfaction des GPL ([2])

Objectifs :

Le but de cette partie de l'installation est de séparer par liquéfaction les C3+ du gaz riche. La condensation des GPL est réalisée par refroidissement, par :

- Optimisation de la récupération d'énergie dans le processus.
- Détente adiabatique du gaz dans la turbine d'un turbo-expandeur, ou dans une vanne en cas d'indisponibilité de l'équipement précédent.

Le liquide riche en GPL est envoyé sur le dé-éthaniseur C01-2701, tandis que le gaz pauvre est injecté au pied de l'absorbeur C01-2703.

L'énergie récupérée dans la turbine du turbo-expandeur est utilisée pour comprimer les gaz résiduels avant leur envoi à l'aspiration du 1er étage des compresseurs RGC K01/02-2702-1.

En cas d'indisponibilité de l'unité de récupération des GPL, il est possible de continuer à fonctionner en by-passant celle-ci : le gaz sec, riche en C3/C4 est alors envoyé directement au refoulement de la compression des gaz résiduels (K01/022702-2) pour être utilisé tel quel comme gaz d'injection et gaz de combustion (« fuel gas »).

Dans ce cas de figure, le gaz de combustion est alors réchauffé à 90°C par des réchauffeurs électriques pour éviter la condensation des C3/C4 dans les lignes. La puissance de chauffe des fours fonctionnant au gaz de combustion est également abaissée pour tenir compte de l'augmentation du pouvoir calorifique du gaz.

Il faut également faire particulièrement attention à la température du gaz à l'aspiration des compresseurs de gaz d'injection, afin de bien s'assurer de l'absence de condensats dans les compresseurs.

Principe de fonctionnement :

Liquéfaction par refroidissement simple :

À la sortie de la section de déshydratation, les GPL sont tout d'abord condensés par refroidissement simple jusqu'à une température d'environ -3,2°C. Ce refroidissement est suffisant pour liquéfier une partie des GPL contenus dans le gaz. Le séparateur V01-2701 permet de séparer le liquide riche en GPL, qui est envoyé vers le dé-éthaniseur C01-2701, du gaz.

Le refroidissement est réalisé en 2 étapes :

- Un pré-refroidissement dans l'échangeur E01-2706 par échange thermique avec le gaz résiduaire provenant de la tête de l'absorbeur C01-2703 (la sortie du gaz résiduaire étant envoyée à l'aspiration de la partie compression du turbo-expandeur).
- Un refroidissement/liquéfaction dans deux séries d'échangeurs :
 - Une fraction du gaz est envoyée sur les échangeurs gaz/gaz E01-27011/2/3/4, qui refroidissent le gaz sec par échange thermique avec le gaz résiduaire provenant de la tête de l'absorbeur C01-2703 (la sortie du gaz résiduaire étant envoyée sur le pré-refroidisseur E01-2706).
 - L'autre fraction est refroidie dans les échangeurs liquide/gaz E01-2702-1/2 par échange thermique avec le GPL liquide provenant du séparateur V01-2701, détendu à travers la vanne de régulation de niveau.

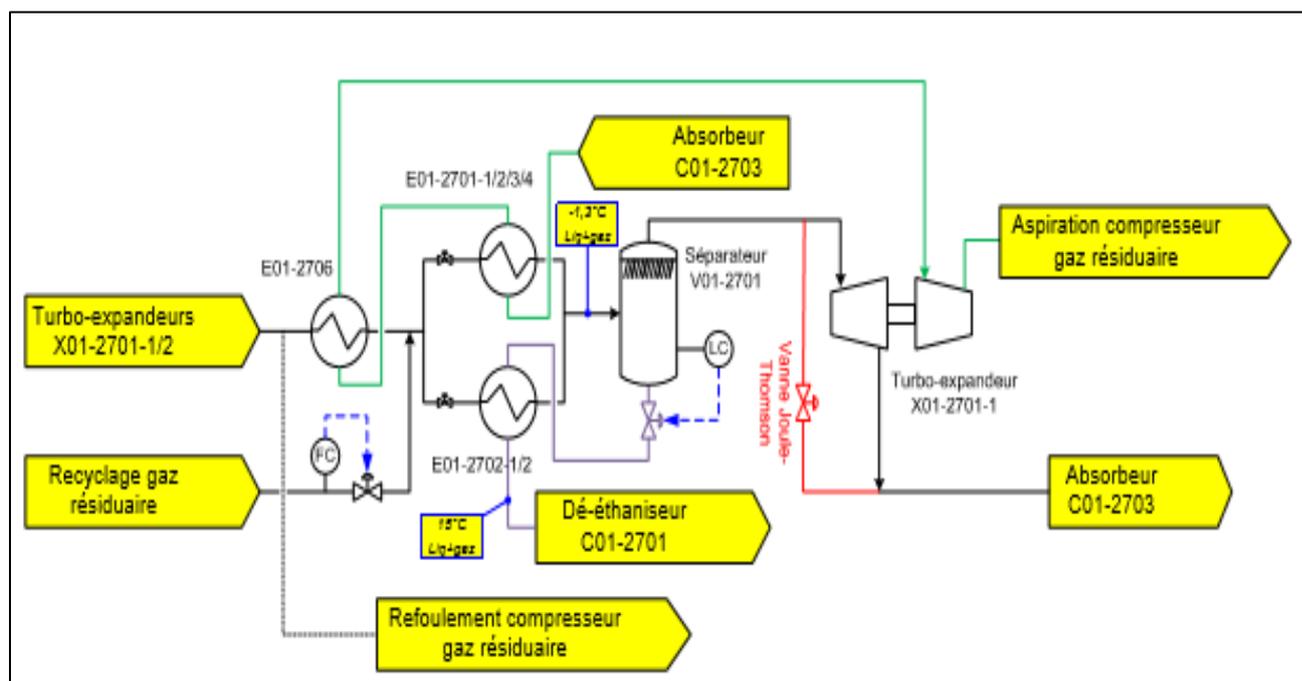


Figure I.7 : liquéfaction des GPL

I-4-4 Fonctionnement :

Objectif : Cette section permet de purifier le GPL produit par distillation :

- Les légers (C2-), ou gaz résiduaire, sont envoyés vers la compression des gaz résiduaire, afin de fournir le gaz de combustion (« fuel Gas ») et le gaz d'injection.
- Les lourds (C5+) retournent vers les trains de séparation huile/condensats.

Les gaz résiduaire, sortant de l'absorbeur à une température d'environ -55°C, sont utilisés comme fluide de refroidissement sur plusieurs échangeurs/condenseurs sur l'installation.

Principe de fonctionnement : La section « fractionnement » est composée de 3 colonnes :

- L'absorbeur C01-2703, dont le rôle est de laver le gaz résiduaire, pauvre en C3/C4, résultant de la détente adiabatique dans le turbo-expandeur.
- Le dé-éthaniseur C01-2701, qui permet d'éliminer les fractions légères du GPL brut, issu de la section liquéfaction et du fond de l'absorbeur.
- Le dé-butaniseur C01-2702, qui permet d'éliminer les fractions lourdes du GPL brut, issu du fond du dé-éthaniseur.

Absorbeur C01-2703 :

L'absorbeur C01-2703 est une colonne à garnissage permettant la rectification du gaz résiduaire après la détente dans les turbines (KE01-2701-1/2) des turbo-expandeurs.

L'absorbeur travaille à une pression d'environ 20 bar et une température de -55°C en tête de colonne.

Il est alimenté en fond de colonne par le mélange bi-phasique issu des turbo-expandeurs (en fonctionnement normal) ou de la vanne de détente Joule-Thomson (en cas d'indisponibilité des turbo-expandeurs).

La colonne utilise comme reflux les vapeurs sortant en tête du dé-éthaniseur C01-2701, partiellement condensées dans les échangeurs E01-2707-1/2. Ce reflux permet de « laver » le gaz résiduaire en absorbant tous les composés plus lourds que l'éthane.

Le gaz résiduaire, pauvre en C3/C4, sort de l'absorbeur à une température de -55°C. Il est utilisé successivement pour refroidir et condenser partiellement :

- Le gaz pauvre sortant en tête du dé-éthaniseur et alimentant la tête de l'absorbeur (condenseurs E01-2707-1/2).

- Le gaz riche sortie sécheur, avant le séparateur V01-2701 et les turbo-épandeurs, dans les condenseurs E01-2701-1/2/3/4, puis dans le pré-refroidisseur E01-2706.

Le liquide recueilli en fond de colonne est envoyé comme reflux vers le dé-éthaniseur à l'aide de la pompe de reprise. Le débit de reflux est régulé en cascade sur le niveau de l'absorbeur.

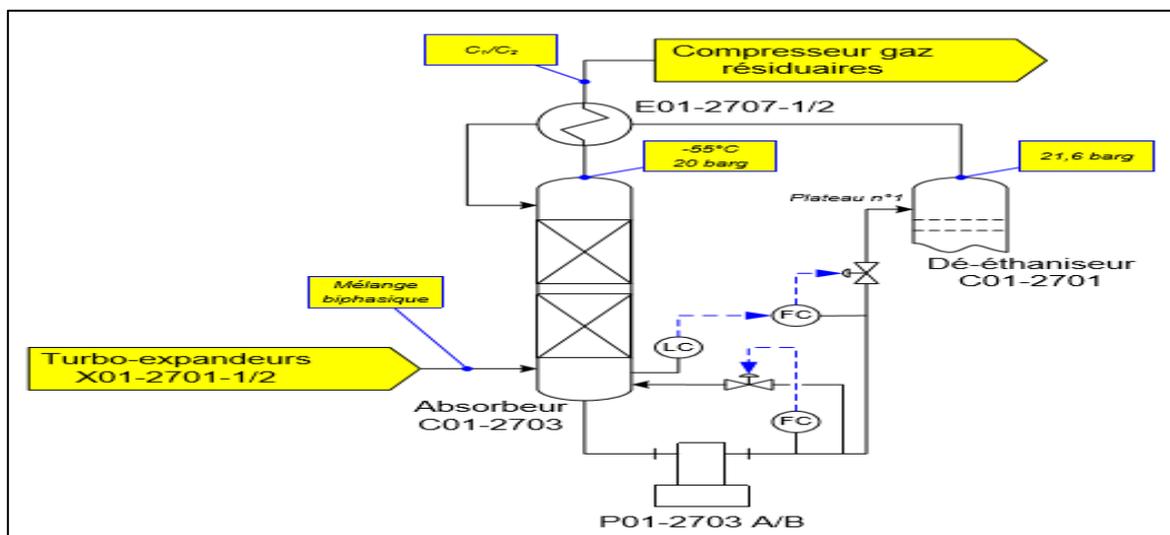


Figure I.8 : fonctionnement/absorbeur

Dé-éthaniseur C01-2701 :

Dans la section liquéfaction, le GPL brut, condensé par réfrigération simple, est séparé du gaz dans le séparateur. Il est soutiré à l'aide d'une régulation de niveau. Le passage à travers la vanne de régulation provoque également une dépressurisation du gaz liquéfié et son refroidissement. Ce phénomène est utilisé pour refroidir le gaz sec dans les échangeurs gaz/liquide.

Le GPL brut est ensuite injecté à une température d'environ 15°C sur le 26ème plateau de la colonne de dé-éthanisation C01-2701 (à peu près à mi-hauteur).

La colonne C01-2701 est une colonne de distillation comportant 51 plateaux.

Elle est équipée d'un rebouilleur de type Kettle. Ce rebouilleur est réchauffé par une circulation d'huile chaude, dont le débit est régulé sur la base de la température du 40ème plateau.

Le rebouilleur reçoit l'intégralité du liquide du plateau de fond de colonne. Son rôle est de réchauffer le fond du dé-éthaniseur à environ 90°C, tout en évaporant une fraction de ce flux afin de permettre le fonctionnement de la colonne de distillation.

La colonne C01-2701 est à soutirage total :

Le reflux du dé-éthaniseur est assuré par le retour du liquide soutiré du fond de l'absorbeur et repris par la pompe, l'injection de ce liquide est réalisée sur le 1er plateau, en tête de colonne.

Le gaz quittant le sommet de la colonne est condensé dans les condenseurs gaz/gaz par le gaz résiduaire froid quittant l'absorbeur. Le mélange bi-phasique qui sort du condenseur est envoyé en tête de l'absorbeur.

Le fond du dé-éthaniseur est soutiré vers le dé-butaniseur par l'intermédiaire d'une régulation de niveau.

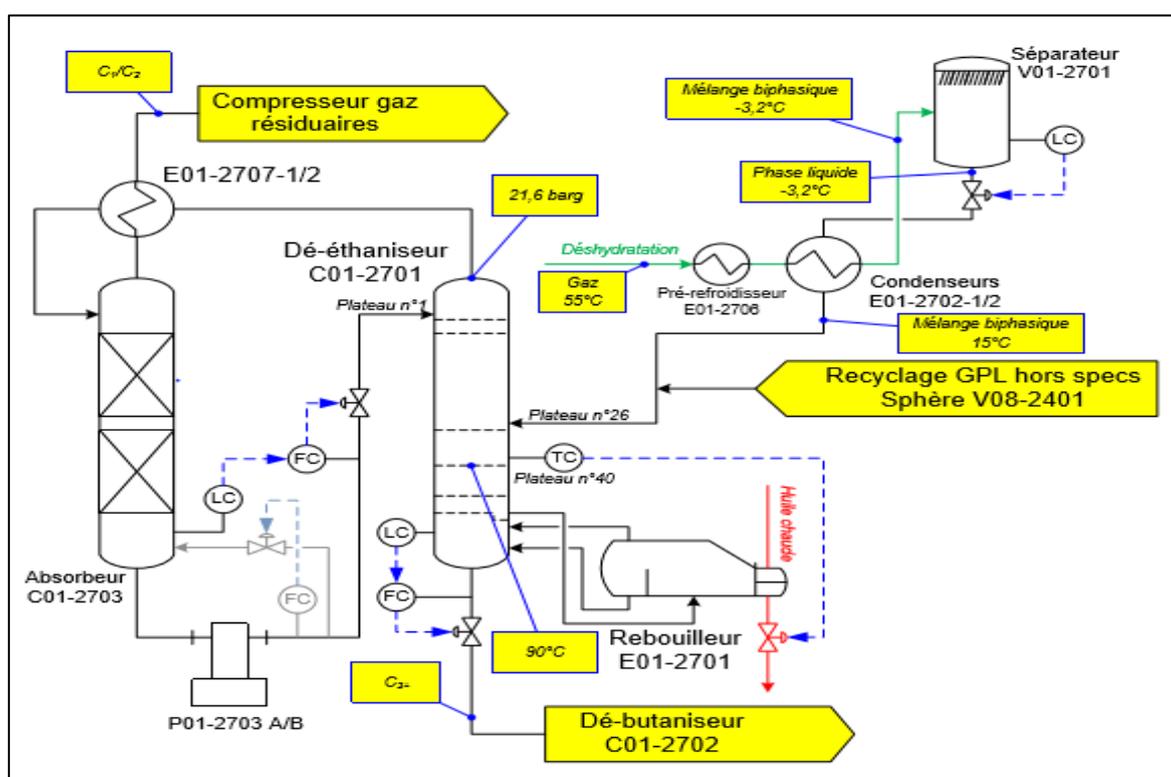


Figure I.9 : fonctionnement/dé-éthaniseur C01-2701

Dé-butaniseur :

Le dé-butaniseur C01-2702 est une colonne de distillation comportant 29 plateaux.

Elle est équipée de deux rebouilleurs de type Kettle (E01-2705-1/2), fonctionnant sur un principe similaire au rebouilleur du dé-éthaniseur :

- Ils sont réchauffés par une circulation d'huile chaude, dont le débit est régulé sur la base de la température du 18ème plateau.

- La colonne est à soutirage total : les rebouilleurs reçoivent la totalité du liquide du plateau de fond de colonne.

Les rebouilleurs permettent de maintenir une température de 180 à 190°C en fond de colonne.

L'alimentation à partir du fond du dé-éthaniseur est réalisée par différence de pression : le dé-éthaniseur travaillant à environ 21,6 barg et le dé-butaniseur opérant à environ 17,7 bar. La colonne C01-2702 est alimentée sur son 13ème plateau. Le flux d'entrée est préalablement réchauffé dans l'échangeur E01-2704 par échange thermique avec le soutirage du fond du dé-butaniseur.

Le liquide en fond de colonne est soutiré vers les ballons des condensats stabilisés par l'intermédiaire d'une régulation de débit (1 par train de séparation huile/condensats) en cascade sur la régulation du niveau dans le fond du dé-butaniseur. Ce flux est refroidi à 55°C dans l'échangeur E01-2704 (par l'alimentation de la colonne), puis dans la batterie d'aéro-réfrigérants A01-2703.

Les vapeurs sortant en tête de colonne sont condensées totalement à 65°C par les aérocondenseurs A01-2702, puis recueillies dans le ballon de reflux V01-2702.

- Une partie du distillat alimente le reflux du dé-butaniseur à l'aide de la pompe de reflux P01-2702 A/B.
- Le reste est envoyé vers le stockage, après sous-refroidissement dans les aéro-réfrigérants A01-2704. Le débit d'envoi au stockage est régulé en cascade sur le niveau du ballon de reflux. La teneur en éthane et en composés lourds est mesurée en ligne.

Le GPL est envoyé soit vers la sphère de produit hors specs (V08-2401), soit vers les sphères de produit conforme (V08-2402 A/B). Le paramètre contrôlant le basculement de l'envoi peut être sélectionné par l'opérateur entre :

- La température de tête du dé-butaniseur.
- Le résultat de l'analyse en ligne.

La régulation de pression dans le dé-butaniseur est réalisée à l'aide :

- D'un by-pass du condenseur par les gaz chauds, s'ouvrant en cas de baisse de pression.
- D'une vanne purge, permettant d'envoyer un excès de pression vers la torche NGL

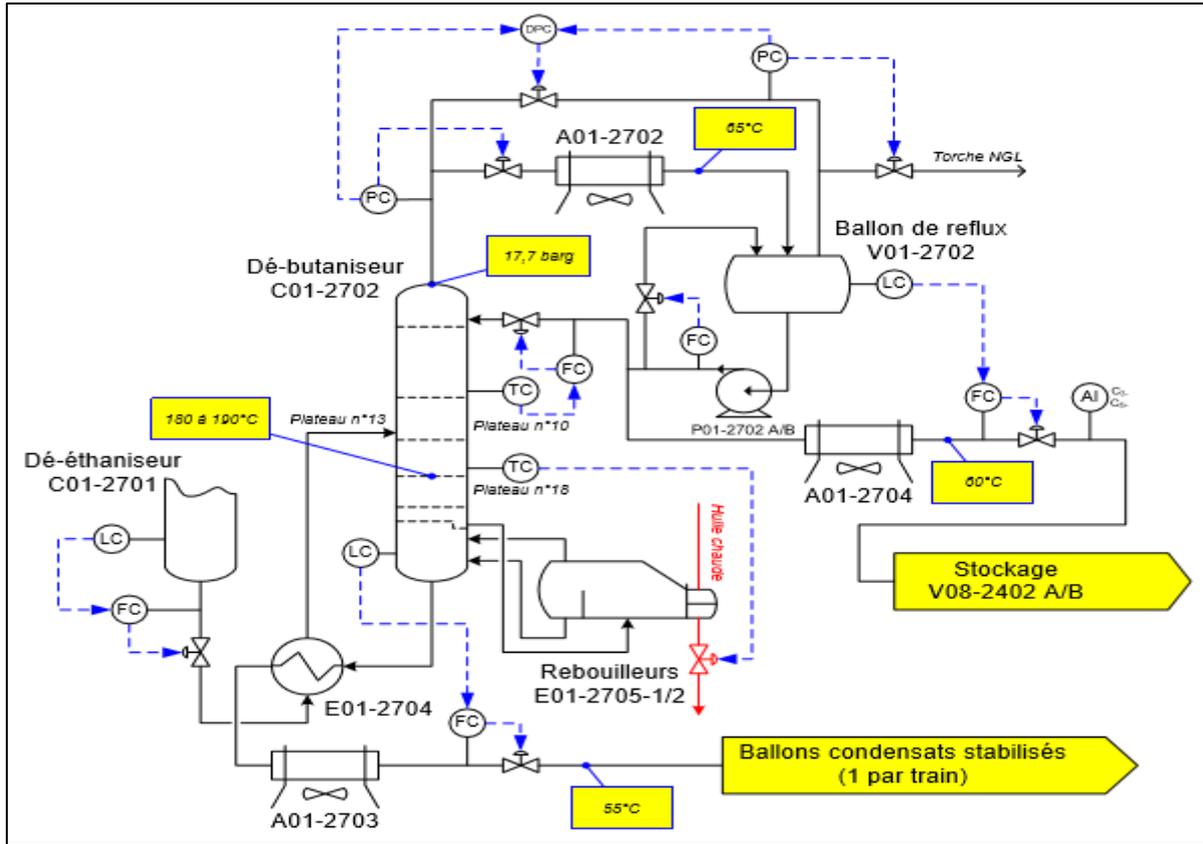


Figure I.10 : fonctionnement/dé-butaniseur

Recyclage du GPL hors specs

Le recyclage du GPL hors specs est réalisé à partir de la sphère V08-2401 par l'intermédiaire de la pompe de recyclage P08-2401-A/B.

Le GPL à recycler est envoyé vers le dé-éthaniseur. Il est mélangé au GLP séparé dans le V01-2701 et introduit sur le 26ème plateau de la colonne C01-2701.

Le débit de recyclage maximal est égal à 20% du débit de production.

I-4-5 Stockage et exporte :

Objectifs :

Le rôle du stockage GPL est double :

- Assurer une capacité tampon d'environ 2 heures pour éviter l'arrêt de l'ensemble du site en cas d'indisponibilité de l'export.
- Stocker temporairement le produit hors spec avant son recyclage dans l'unité de récupération des GPL.

Principe de fonctionnement :

Le GPL liquide est soutiré du bac de reflux V012702 du dé-butaniseur C01-2702 via une régulation de débit en cascade sur la régulation du niveau du bac de reflux. Le liquide est tout d'abord sous-refroidi dans l'aéro-réfrigérant A01-2704, puis est envoyé vers les sphères de stockage.

- Les sphères « produit fini » V08-2402A/B sont dédiées au produit dans les specs.
- La sphère V08-2401 est utilisée pour le produit hors specs, notamment pendant les démarrages.

Le GPL est envoyé vers un pipeline existant, situé à GassiTouil, à environ 160 km à l'ouest d'El Merk. Il est soutiré des sphères « produit fini » par une pompe booster (P08-2402 A/B/C) qui refoule à l'aspiration de la pompe d'export (P08-2403 A/B/C), qui permet de relever la pression du GPL à 77,7 bar à l'entrée du pipeline export

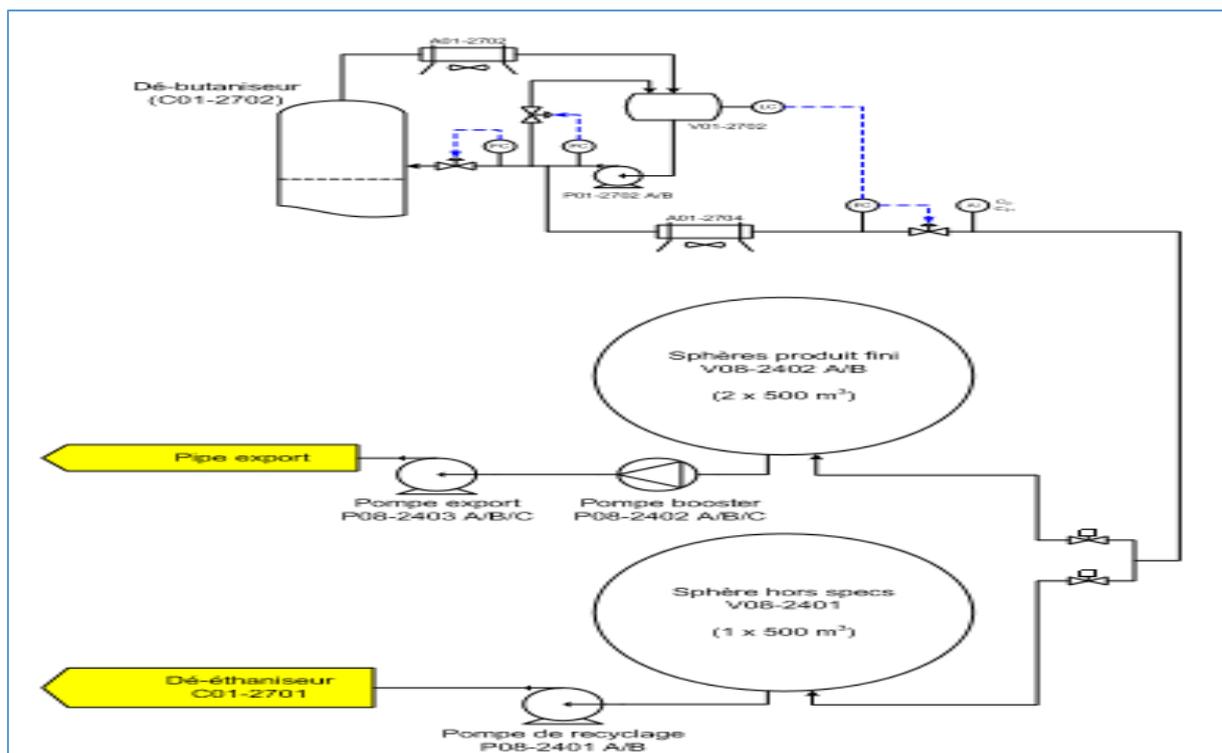


Figure I.11 : stockage GPL et export

I-5- Utilisations des GPL (pour information) :

- Source d'énergie domestique
- Source d'énergie industrielle
- Agent propulseur
- Carburant automobile
- Réfrigération

Conclusion :

Cette formation dans le domaine du traitement du gaz au niveau du champ d'El Merk nous a permis d'identifier les différentes méthodes et les équipements nécessaires au traitement, ainsi leur but, qui consiste à obtenir un produit répondant aux normes de transport et de commercialisation.

Cette formation nous a permis aussi de récolter le maximum d'informations théoriques et pratiques et prendre connaissance du rôle de chaque division à travers ces différents services et connaissance des procédures de travail de la région et de prendre connaissance de l'application stricte des consignes d'exploitation et de sécurité avant, pendant et après chaque intervention sur un équipement.

Chapitre II

Généralités sur les compresseurs

Introduction :

Le présent chapitre est une synthèse bibliographique sur les compresseurs, critères de choix et de présenter les caractéristiques de construction de ces compresseurs.

Un compresseur est un organe mécanique destiné à augmenter par un procédé uniquement mécanique la pression d'un gaz. Pour exercer la même fonction sur un liquide, quasi incompressible, on utilise une pompe.

Les fluides traversant les compresseurs peuvent être de nature diverse :

- Gaz pur.
- Mélange gazeux.
- Vapeur surchauffée ou saturée.

Pour obtenir un accroissement de pression des fluides il y a eu recours à l'une des deux méthodes suivantes :

- La première, et de loin la plus importante en termes de quantité, consiste à augmenter la pression en réduisant mécaniquement le volume d'un certain volume de gaz.
- Tandis que la seconde, la pression est élevée en convertissant, de façon continue, l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression.

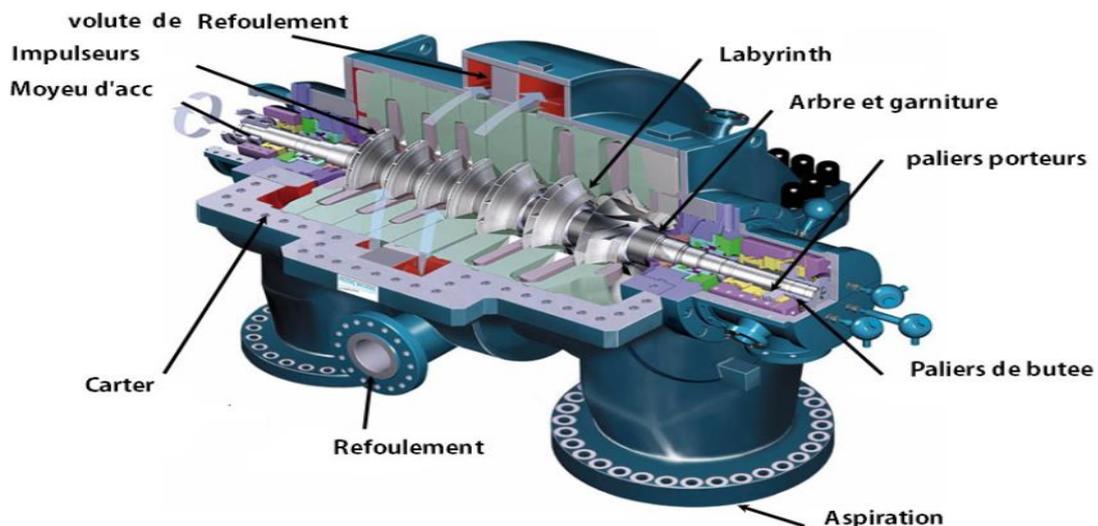


Figure II.12 : constituants d'un compresseur centrifuge ([5])

II-1 Types des compresseurs :

Les compresseurs peuvent être classés selon plusieurs paramètres :

- Principe de fonctionnement (volumétriques, dynamiques).
- Mouvement des pièces mobiles (mouvement linéaire, rotatif).
- Les compresseurs d'air.
- Les compresseurs des gaz.

En général il existe deux grandes familles de compresseur, les compresseurs volumétriques et les turbocompresseurs (compresseurs dynamiques).

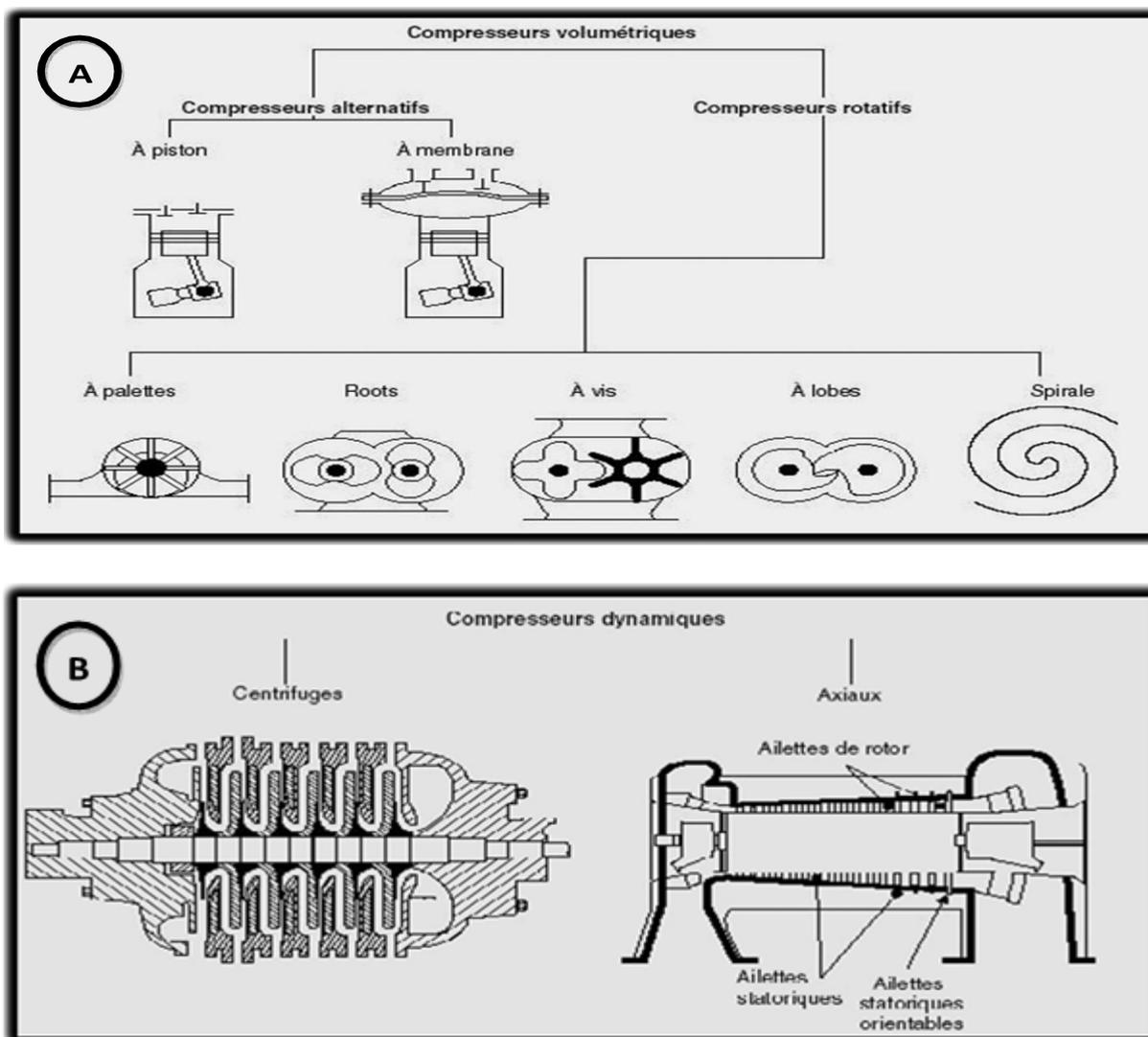


Figure II.13: schéma de différents types de compresseur (A- compresseurs volumétriques, B) - compresseurs dynamiques)

D'après leurs principes de fonctionnement, on distingue les types suivants :

II-1-1 Compresseurs volumétriques :

Ces compresseurs réalisent la compression du gaz par réduction du volume qui se distingue :

II-1-1-1 Compresseurs volumétriques alternatifs :

On a deux type de ces compresseurs sont :

•Compresseurs à piston :

Le compresseur à piston est l'un des tout premiers modèles de compresseurs, mais il reste le plus polyvalent et offre toujours un excellent rendement. Le compresseur à piston pousse un piston dans un cylindre au moyen d'une bielle et d'un vilebrequin. Si un seul côté du piston est utilisé pour la compression, le compresseur est appelé compresseur à simple effet. Si les deux côtés du piston (supérieur et inférieur) sont utilisés, le compresseur est alors un compresseur à double effet.

La polyvalence des compresseurs à piston ne connaît virtuellement aucune limite. Ils compriment aussi bien l'air que le gaz avec de très faibles altérations

La configuration d'un compresseur à piston peut être monocylindre pour de faibles pressions, de faibles volumes ou multi-étages pour comprimer un fluide à de très hautes pressions. Dans ce type de compresseurs, le gaz est comprimé par paliers, sa pression augmentant palier après palier jusqu'à devenir très élevée.

Les compresseurs à piston sont classés par différents indices :

- Disposition, nombres des cylindres (horizontale, verticale), monocylindrique, ...
- Méthode de refroidissement (air, eau) ou celle de graissage (barbotage, sous pression,).

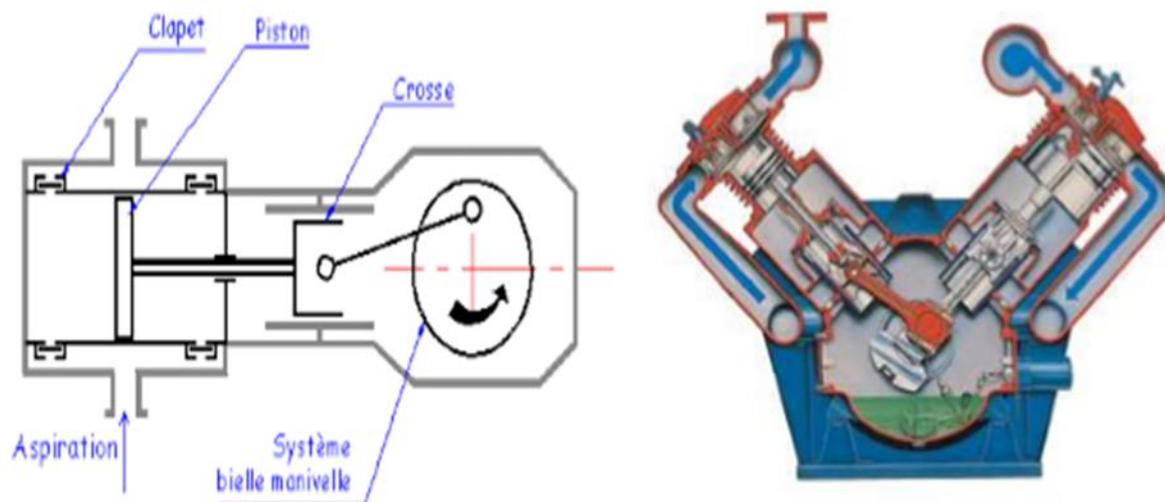


Figure II.14 : Compresseur à piston

•Compresseur à membrane :

Ce compresseur est caractérisé par une déformation élastique d'une membrane qui assure l'aspiration et la compression du gaz. Un système hydraulique permet d'assurer la flexion de la membrane ; un piston se déplace dans le cylindre et agit sur le fluide hydraulique qui transmettra son mouvement oscillatoire à la membrane. Le rôle du plateau à trous est d'assurer une bonne répartition du fluide sous la membrane. Celle-ci est souvent constituée de trois disques métalliques ; ce système a l'avantage de permettre la détection de la rupture de la membrane par une mesure de pression.

La membrane assure une étanchéité statique sur le côté gaz procédé. De ce fait, les compresseurs à membrane sont utilisés pour des gaz dangereux, nocifs et corrosifs. La membrane permet également de réaliser l'étanchéité vis à vis de la partie mécanique.

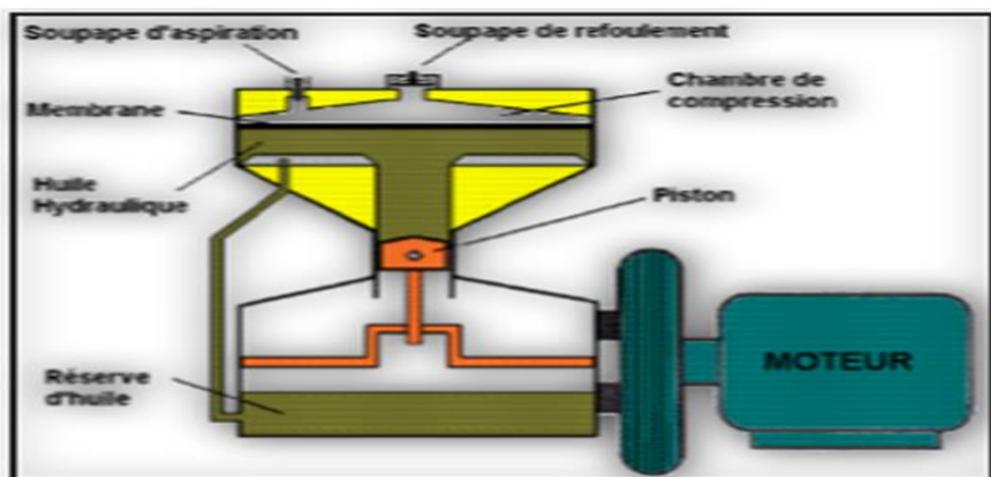


Figure II.15 : Compresseur à membrane

II-1-1-2 Compresseurs volumétriques rotatifs :

Parmi ces appareils on a :

- Compresseur à vis :

Le compresseur à vis est un compresseur volumétrique dont les pistons se présentent sous forme de vis. C'est le modèle de compresseur le plus utilisé de nos jours. Les principales pièces de l'élément de compression à vis comprennent un rotor mâle et un rotor femelle qui tournent l'un vers l'autre tandis que le volume situé entre eux et le carter diminue.

Le rapport de pression d'une vis dépend de la longueur et du profil de la vis d'une part, et de la forme de l'orifice de refoulement, d'autre part.

L'élément de compression à vis n'est équipé d'aucune soupape et il n'existe aucune force mécanique susceptible de créer un quelconque déséquilibre. Il peut par conséquent fonctionner à une vitesse d'arbre élevée et combiner un débit important et de faibles dimensions extérieures.



Figure II.16 : compresseur à vis

•Compresseur à palettes :

Conçu à partir d'une technologie approuvée, le compresseur à palettes à entraînement direct fonctionne à très faible vitesse (1450 tr/min) et offre ainsi une fiabilité incomparable. Le rotor, la seule pièce mobile continuellement mobile, comporte un certain nombre de fentes sur toute sa longueur où se logent des palettes coulissantes qui glissent sur un film d'huile.

Le rotor tourne dans un stator cylindrique. Lors de la rotation, la force centrifuge fait sortir les palettes de leur emplacement : elles forment alors des cellules de compression individuelles. La capacité comprise entre deux palettes est variable. Devant la tubulure d'aspiration, le volume croît : il y a donc aspiration du gaz. Ce gaz est ensuite emprisonné entre deux palettes et transporté vers la tubulure de refoulement. Dans cette zone, le volume décroît et le gaz comprimé s'échappe dans la tuyauterie de refoulement. La chaleur générée par la compression est contrôlée grâce à une injection d'huile sous pression. Le gaz sous haute pression est évacué par un orifice de sortie et les traces d'huiles restantes sont enlevées par le séparateur d'huile final.

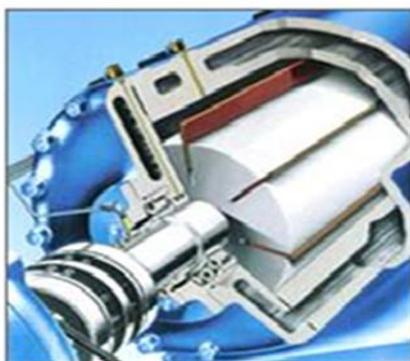


Figure II.17 : Compresseur à palettes

•Compresseur à lobes :

Le rotor est formé de deux lobes (ayant la forme d'un huit-8) s'imbriquant l'une dans l'autre. Le mouvement de rotation des rotors est synchronisé par des pignons extérieurs. Il n'y a aucun contact des rotors entre eux ou l'un d'eux avec le carter.

Le gaz à véhiculer arrive dans la tubulure d'aspiration puis transporté de force du côté du refoulement réalisant ainsi sa compression. La rotation des rotors se faisant sans contact, il n'y a aucune nécessité de les lubrifier.

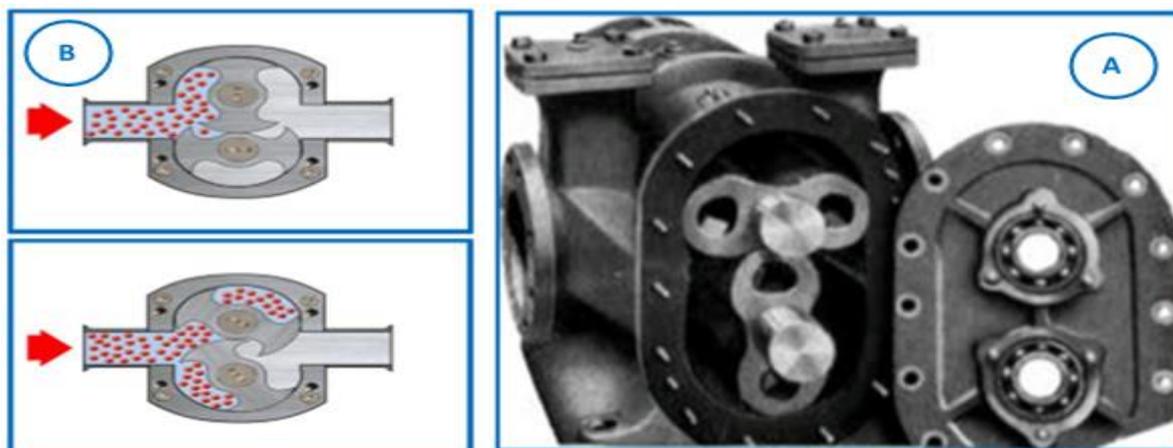


Figure II.18 : Compresseur à lobes, (A-La forme huit de rotor, B- La circulation de gaz)

II-1-2 Les turbocompresseurs (compresseurs dynamiques) :

Dans les turbocompresseurs, l'élévation de la pression résulte précisément d'une action sur la vitesse de fluide. Ici encore, l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur est dépensée sous forme de travail, celui-ci est transformé sous forme d'énergie cinétique au fluide à comprimer, et cette dernière à son tour est transformée en énergie de pression. La mise en vitesse est obtenue en soumettant le fluide à l'action des roues à aubes ayant une grande vitesse rotative.

Ces machines assurent la compression grâce à la force centrifuge, due au mouvement de rotation des roues munies d'aubes ou d'ailettes. Les turbocompresseurs sont divisés en deux types :

II-1-2-1 Compresseurs centrifuges :

Les turbocompresseurs peuvent être des compresseurs centrifuges, dans lesquels le parcours du gaz dans les roues est dirigé du centre vers la périphérie ; donc l'énergie de gaz comprimé augmente grâce à la force centrifuge. Les compresseurs centrifuges sont employés pour des hauteurs manométriques élevées.

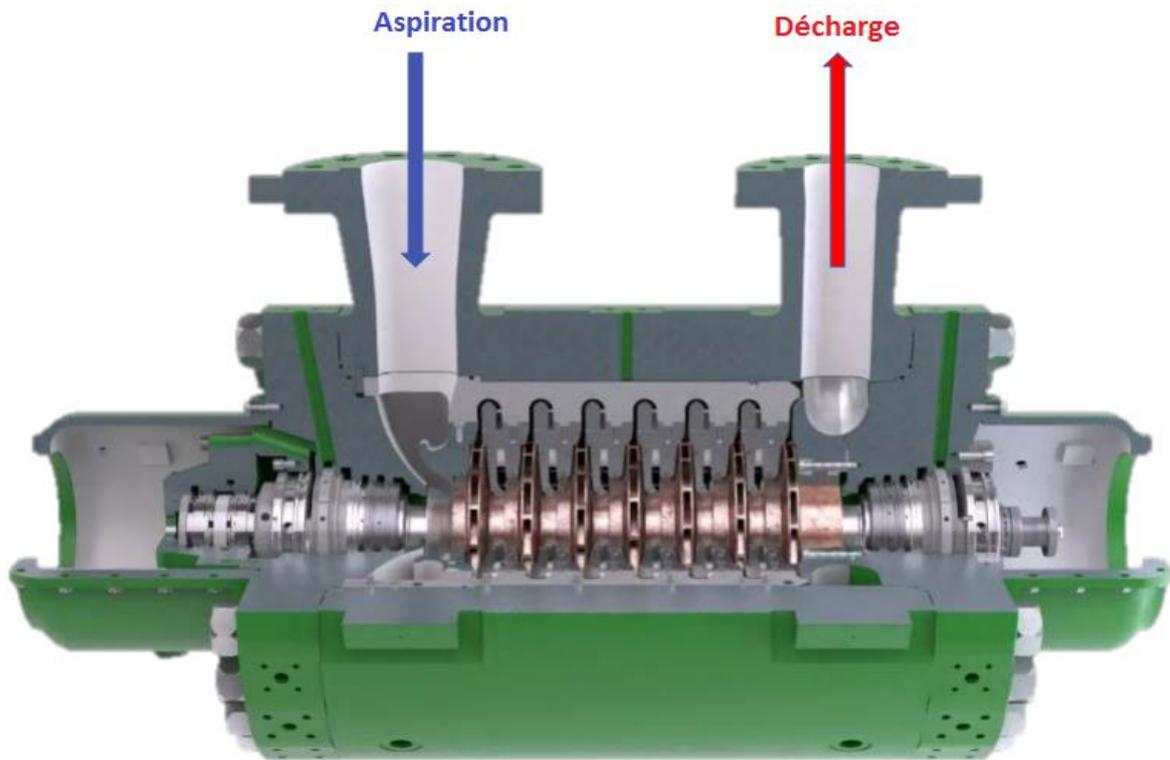


Figure II.19 : Photo d'un compresseur centrifuge ([5])

II-1-2-2 Compresseurs axiaux :

Les compresseurs axiaux comme les compresseurs centrifuges, sont des turbocompresseurs, dont l'accroissement de la pression résulte d'une action sur la vitesse de fluide.

Le travail fourni par la turbine sous forme d'énergie mécanique transmise aux aubes du compresseur puis en énergie cinétique du gaz à comprimer grâce à la rotation des aubes ; celle-ci est à son tour transformé en énergie de pression dans le diffuseur.

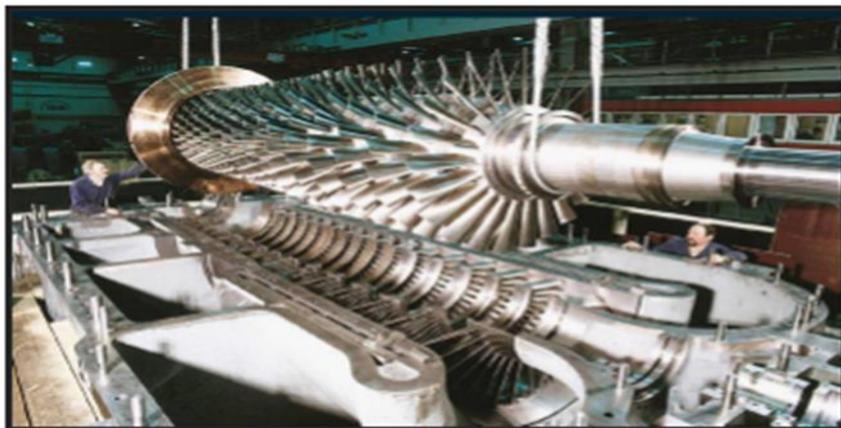


Figure II.20 : Photo d'un compresseur axial

II-2 Comparaison entre le compresseur axial et centrifuge :

-Le compresseur centrifuge est plus compact dans le sens axial que le compresseur axial pour la même performance, mais il a un diamètre plus grand.

* Le compresseur centrifuge à un rapport de pression par étage plus élevé.

* Le compresseur centrifuge est plus robuste et il est constitué de beaucoup moins de pièces (avantage de maintenabilité).

* Le compresseur centrifuge est plus stable vis-à-vis de pompage. Il a une plage de débit beaucoup plus vaste.

II-3 Domaine d'application et critères de choix des compresseurs :

Les applications des compresseurs sont très diversifiées, on donne quelques exemples d'utilisation de ces machines :

- Production d'air comprimé ou gaz comprimé (air ou gaz instrument nettoyage de pièces, etc...).

- Compression et déplacement des gaz procédés.

-Transport des matières pulvérulentes (transport pneumatiques des poudres).

-Réalisation de vide et de dépression (cristallisation sous vide, distillation, évaporation, etc...).

-Asservissement des locaux (ventilation, climatisation, etc...).

-Réinjection du gaz vers les puits.

Les critères de choix de compresseur dépendent des paramètres suivants :

-Qualité du gaz.

-Propreté du gaz.

-Nocivité du gaz.

-Débit de gaz.

-Pression (taux de compression).

Pour ces deux derniers paramètres, la donne une information sur les plages habituelles de fonctionnement des catégories de compresseur.

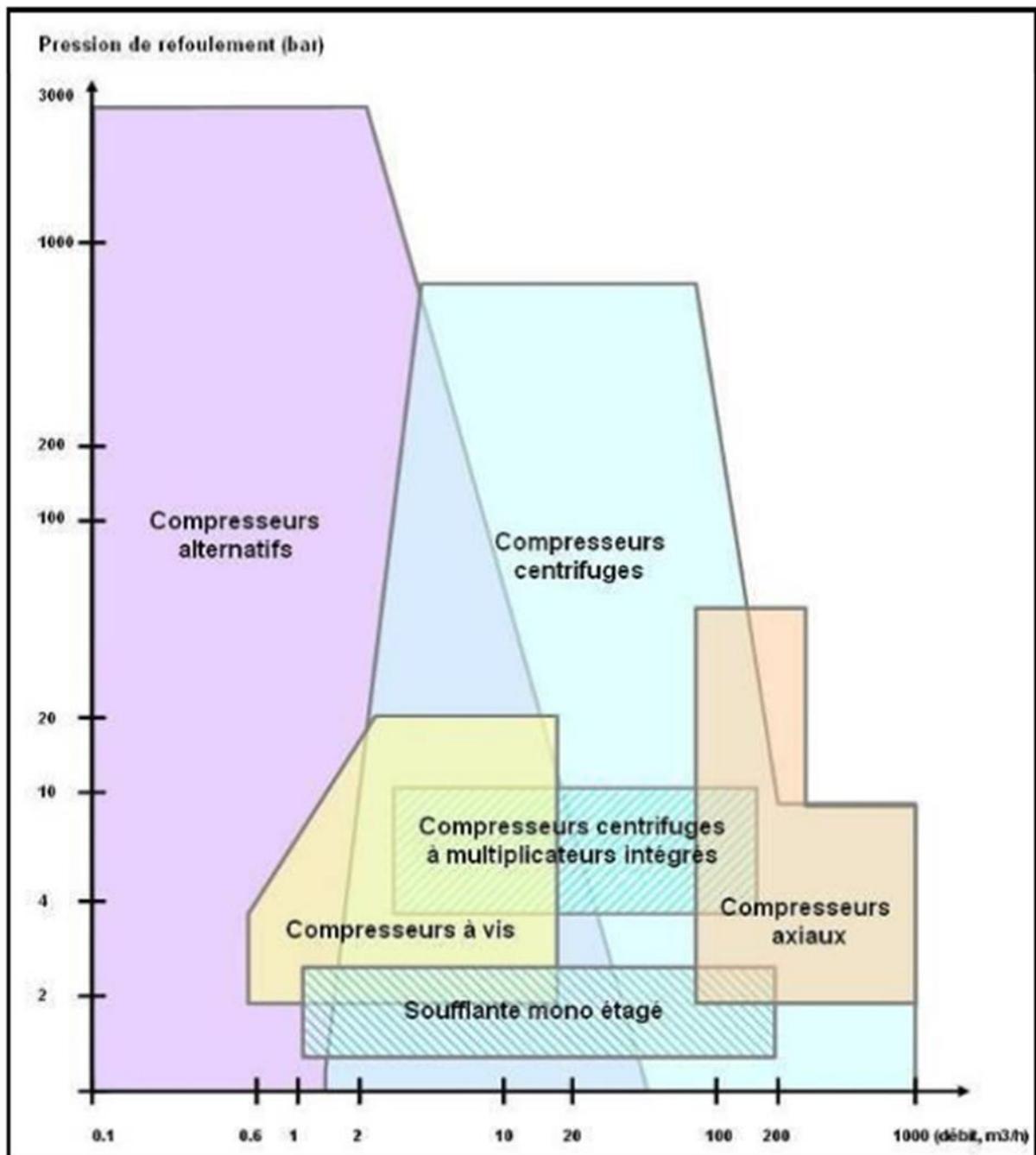


Figure II.21 : Plages d'application des différents types de compresseurs

Tableau II.2: Les avantages et les inconvénients de chaque compresseur ([4])

Type de compresseur	Compresseurs volumétriques		Compresseurs dynamiques	
	Alternatifs	Rotatifs	Centrifuge	Axiaux
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Bien adaptés aux petits débits. -Peuvent véhiculer du gaz à toutes les pressions. -Relativement souple à exploiter. 	<ul style="list-style-type: none"> -Peuvent véhiculer du gaz dans une large plage de débit. -Débit régulier. -Fiabilité Satisfaisante. -Débit plus régulier que les compresseurs Alternatifs. 	<ul style="list-style-type: none"> -Bien adaptés aux moyens et grands débits de Gaz -Relativement Souple à exploiter -Excellent fiabilité 	<ul style="list-style-type: none"> -Très bon rendement. -Bien adaptés aux très grands débits et aux pressions modérées. -Excellent fiabilité.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -Débit pulsé -Fiabilité moyenne au niveau des soupapes -Obligation d'avoir une machines secours 	<ul style="list-style-type: none"> -Pas appliqué Aux hautes pressions (maxi 50 Bars). 	<ul style="list-style-type: none"> -Pas adapté aux faibles débits. -Pompage à faible débit rend l'exploitation délicate. -Prix élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> -Rotors de grande taille délicats à construire et couteux.

II-4 Principe de fonctionnement d'un compresseur centrifuge : ([4]) ([5])

Le gaz est aspiré par le compresseur à travers la bride d'aspiration. Il entre dans une chambre annulaire appelée volute d'aspiration (pour éviter la turbulence à l'entrée de la roue) et converge uniformément dans 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 tourbillons de gaz. Ensuite le gaz entre dans le diaphragme d'aspiration et passe à la première roue à une vitesse C_1 et une pression P_1 (les roues sont constituées de deux disques, appelées disque et contre disque, unis par des aubes, elles sont calées à chaud sur l'arbre et fixées par une ou deux clavettes).

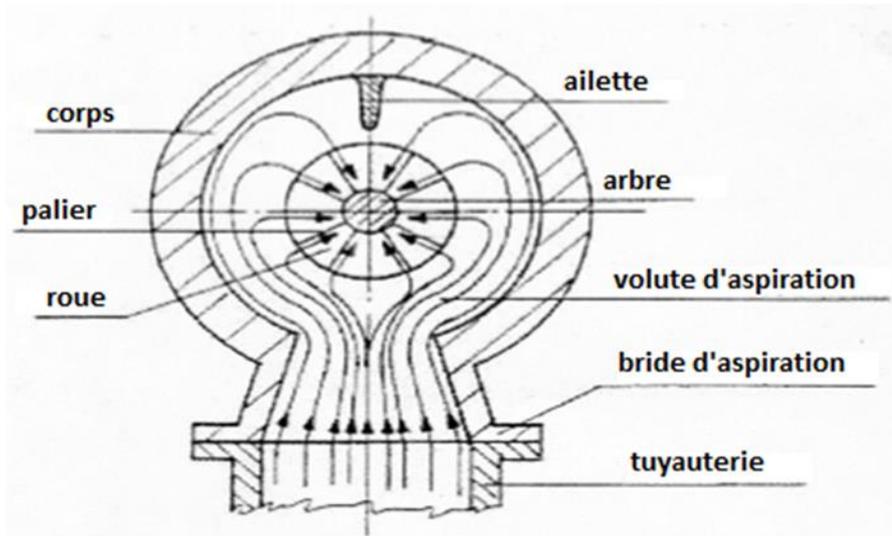


Figure II.22 : Parcours du gaz à l'entrée du compresseur (brides d'aspiration)

La roue pousse le gaz vers la périphérie en augmentant sa vitesse à la valeur C_2 , et la pression à la valeur P_2 qui est légèrement supérieur à P_1 ; la vitesse de la sortie aura une composante radiale et une composante tangentielle. Ensuite, d'un mouvement en spirale, le gaz passe dans une chambre circulaire appelée diffuseur où la vitesse sera réduite à la valeur C_3 qui est inférieure à C_2 , et cette diminution de vitesse contribue à une élévation de pression à la valeur P_3 qui est supérieure à P_2 (fig.23-II-4), puis le gaz parcourt le canal de retour; celui-ci est une chambre circulaire délimitée par deux anneaux formant le diaphragme intermédiaire où se trouvent les aubes, qui ont pour tâche de diriger le gaz vers l'aspiration de la roue suivante.

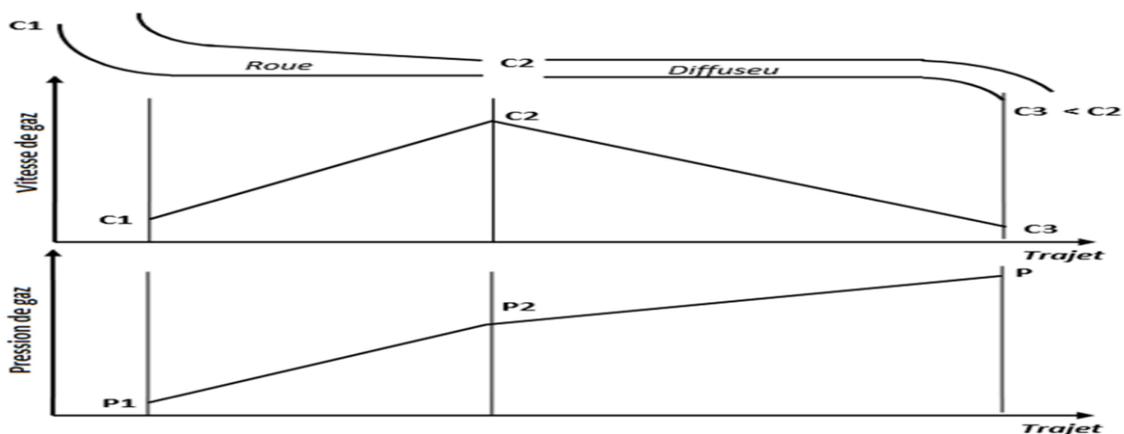


Figure II.23 : Schéma de compression dans un étage de compresseur centrifuge

La disposition des aubes est telle, à redresser le mouvement en spirale du gaz de manière à obtenir une sortie radiale et une entrée axiale vers la roue suivante. Ensuite le gaz est aspiré par la deuxième roue ; et pour chaque roue le même parcours se répète.

Pour réduire au minimum les fuites internes de gaz, des joints à labyrinthes de deux ou plusieurs segments de bague, sont montés sur le diaphragme.

La dernière roue de l'étage (par étage on entend la zone de compression entre deux brides consécutives) envoie le gaz dans un diffuseur qui l'amène à une chambre annulaire appelée volute de refoulement.

La volute de refoulement est une chambre circulaire collectant le gaz de la périphérie des diffuseurs, le dirigeant vers la bride de refoulement, près de cette dernière il y a une autre ailette qui empêche le gaz de continuer à tourner dans la volute.

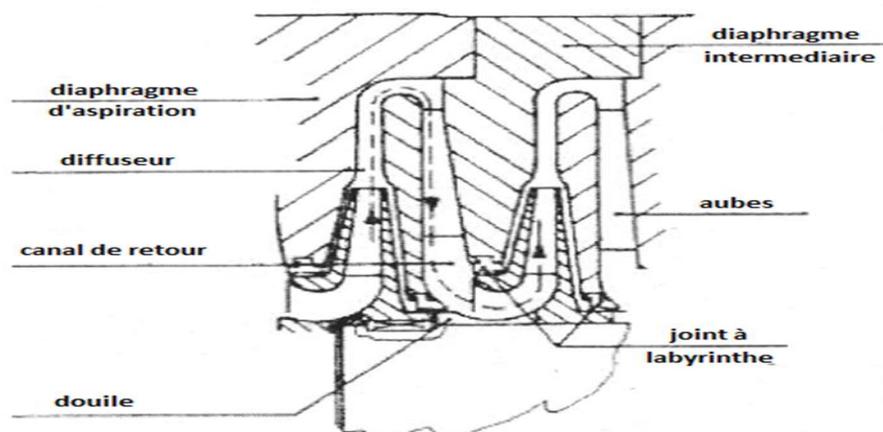


Figure II.24 : Parcours du gaz au niveau de diffuseur

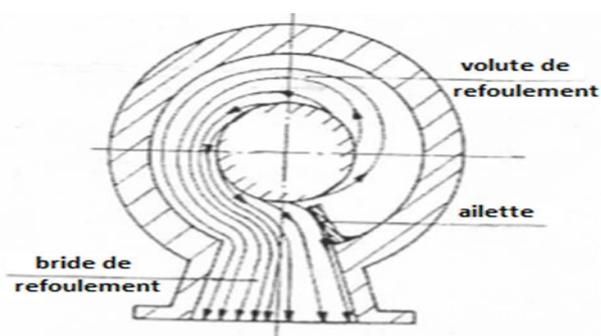


Figure II.25 : Schéma présentant la volute compresseur (brides de refoulement)

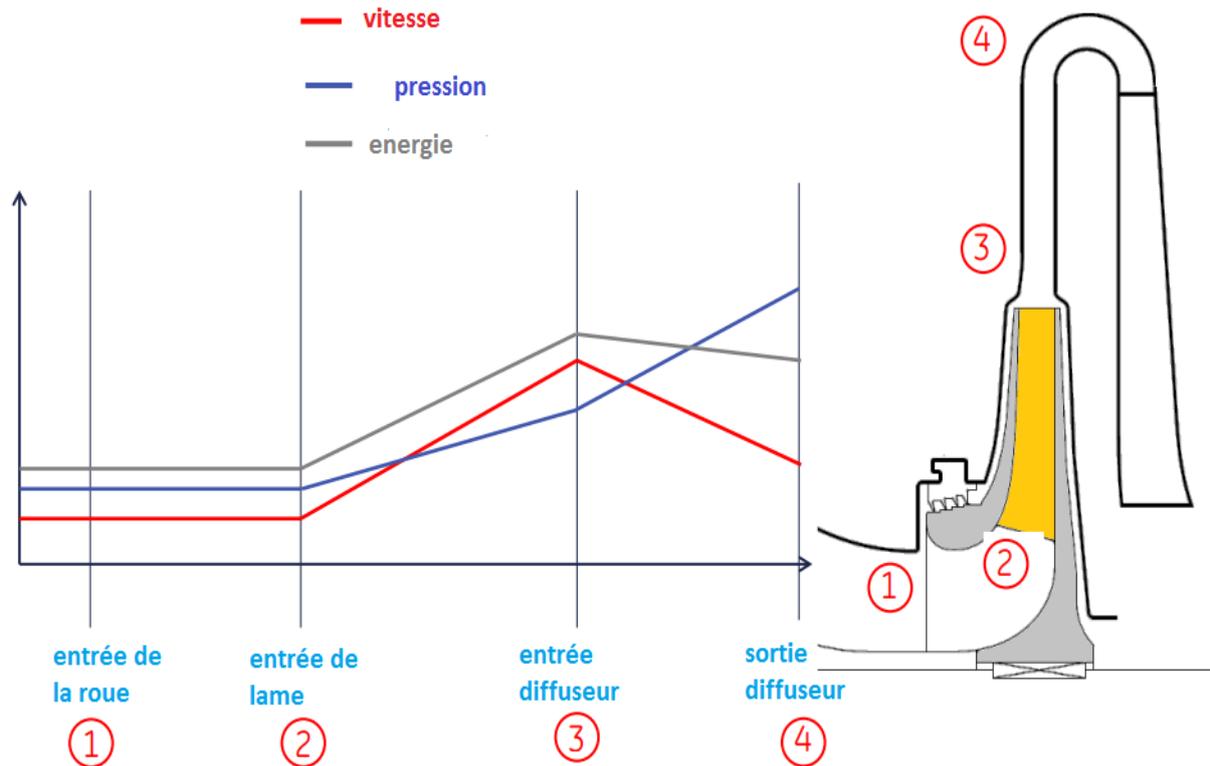


Figure II.26 : les diagrammes de pression et l'énergie dans le diffuseur ([5])

Conclusion :

Ce chapitre présente de manière générale les notions fondamentales et les définitions des différents types de compresseurs, ainsi que leur principe de fonctionnement. L'objectif de cette étude est de développer une expertise technique et professionnelle dans le domaine des compresseurs centrifuges, qui constituent le cœur de ce travail. Cela nécessite l'acquisition de connaissances théoriques et pratiques approfondies.

Chapitre III

Etude technologique du compresseur

Centrifuge BCL- 306/355

Introduction :

Les instructions figurant dans le présent manuel concernent un "train de compression pour injection de gaz``.

Le gaz de traitement est comprimé de 67,2 bars a (6 720 kPa a) à 344,6 bars a 134 460 kPa a) par deux étages de compression à l'aide de deux compresseurs centrifuges des types BCL 355/A et BCL 306/C.

Les compresseurs sont entraînés par une turbine à gaz fournie par Nuovo Pignone du type MS5002C LHE couplée aux compresseurs par l'intermédiaire d'une boîte à engrenages et d'accouplements.

Les machines sont montées sur une semelle séparée.

Ce volume du manuel d'utilisation et de maintenance inclut : la description des caractéristiques de construction, les instructions d'utilisation, de maintenance et de conservation, la description des systèmes d'huile de lubrification et de gaz d'étanchéité et des outils de montage et démontage.

Les instructions concernant l'équipement et l'instrumentation auxiliaires" fournies par Nuovo Pignone pour ces compresseurs figurent dans des volumes séparés de ce manuel.

Pour ce qui est de l'agencement des machines et des dimensions d'installation, se reporter au dessin "Charges sur fondation des machines et Remarques".

III-1 Description :

Compresseurs série BCL :

Les compresseurs centrifuges Nuovio Pignone sont désignés par une série de lettres majuscules et de chiffres.

Les lettres majuscules indiquent les caractéristiques de la carte : BCL indique un compresseur avec une carte divisée verticalement (type de carte en forme de baril).

Les chiffres placés après les lettres indiquent la-taille- nominale du compresseur et le nombre de roues.

Par exemple : la désignation BCL 306/355 indique un compresseur d'une -taille- nominale de 400, avec un étage de compression, un carter à division verticale et comportant un rotor avec six roues.

Lorsqu'une lettre minuscule (a, b, c, d) figure après les chiffres, cela indique une pression de conception du carter qui est supérieure à la conception standard pour ce type de compresseur.

Ce compresseur comporte un étage de compression et se compose principalement d'une unité statique (carter, têtes de carter, couvercles, membranes, joints et paliers) et d'une unité mobile (rotor constitué d'un arbre, de roues et d'un tambour d'équilibrage).

Les compresseurs de type BCL sont conçus expressément pour délivrer des gaz à haute pression.

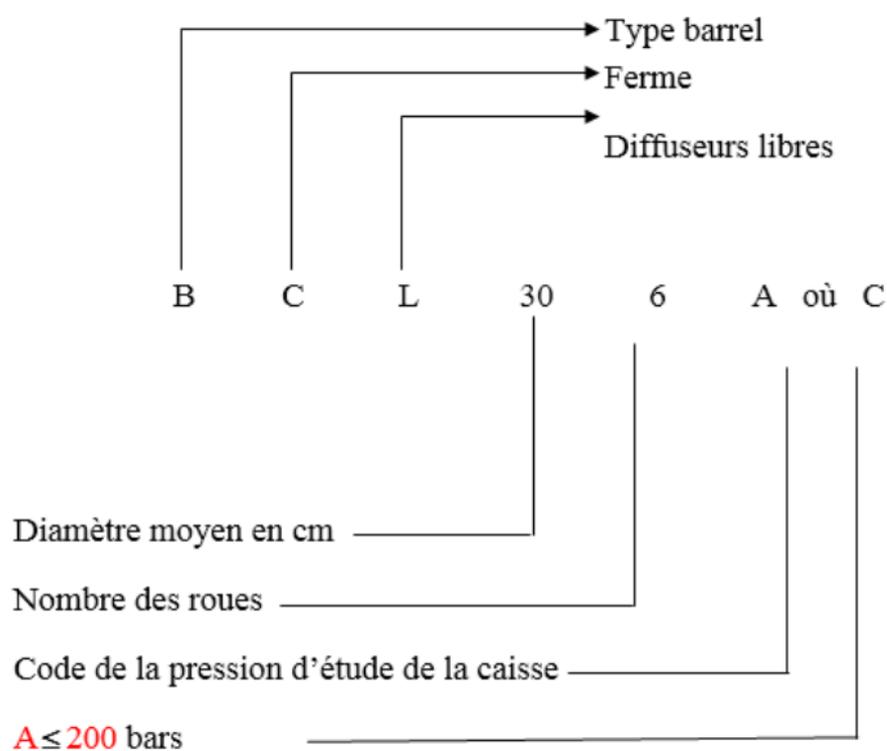


Figure III.27 : la signification des symboles de code du compresseur BCL 306/A ou C

Compresseur BCL 355/A :

Le compresseur décrit est du type BCL 355/A.

Les brides d'aspiration et de refoulement de ce compresseur sont dirigées vers le haut.

Le compresseur centrifuge BCL 355/A avec un étage de compression et une –taille- nominale 350 mm est pourvu d'un arbre avec cinq roues.

Le carter de ce compresseur est conçu pour une pression supérieure à la pression standard.

Les diamètres réels des roues sont indiqués sur les dessins du rotor de compresseur inclus dans le volume –Liste des pièces de compresseurs centrifuges- de ce manuel.

Le dessin en coupe de l'ensemble du compresseur BCL 355/A est : SOS9929686 inclus dans le volume (liste des pièces de compresseurs centrifuges) de ce manuel.

Le dessin simplifié à la page suivante identifie les principaux éléments constituant de ce compresseur.

Compresseur BCL 306/C :

Le compresseur décrit est du type BCL 306/C.

Les raccordements de gaz (aspiration et refoulement) de ce compresseur sont dirigés vers le haut.

Le compresseur centrifuge BCL 306/C avec un étage de compression et une taille nominale de 300mm comporte un arbre avec six roues.

Le carter du compresseur BCL 306/C est conçu pour une pression nettement supérieure à la pression standard Les diamètres réels des roues sont indiqués sur le dessin du rotor de compresseur inclus dans le volume II "Liste des pièces de compresseur " de ce manuel.

Le carter du compresseur est pourvu de dispositifs de drainage.

Le dessin en coupe de l'ensemble figurant dans le volume "Liste des pièces de compresseurs" de ce manuel est : SOS9929651 pour BCL 306/C.

Le dessin simplifié en page suivante identifie les éléments principaux de ce compresseur.

Carter série BCL

BCL 355/A

Le carter des compresseurs BCL est en forme de baril et est fermé aux extrémités par deux brides verticales (têtes de carter).

Les têtes de carter et les plans de joint du carter sont usinés avec précision pour garantir un assemblage optimal. Les brides ou têtes sont assemblées à l'intérieure du carter et maintenues au moyen d'un secteur spécial (bagues et retenues) s'appliquant radialement.

Les tuyères d'aspiration et de refoulement sont soudées au carter.

Quatre pieds en saillie par rapport à l'axe médian horizontal et reposant sur des piliers spéciaux soutiennent le carter. Les pieds coté accouplement (ou coté accouplement principal) sont pourvus de clavettes qui assurent le positionnement de la machine dans le sens longitudinal.

Deux clavettes qui sont soudées au carter, le long de l'axe médian longitudinal du compresseur, et insérées dans des guides spéciaux soudés au socle, assurent le positionnement transversal de la machine. Cette solution permet la dilatation thermique sans modification de l'alignement de la machine.

Chacune des deux têtes ou brides installées aux extrémités du carter contient les logements des paliers du rotor et les logements des joints d'extrémité qui empêchent le gaz de s'échapper du carter. Les brides ou têtes de carter sont en forme d'entonnoir qui leur confère une plus grande résistance à la pression et réduit l'écartement entre les paliers porteurs.

BCL 306/C :

Le carter des compresseurs de la série BCL est en forme de baril et ouvert uniquement du coter aspiration (coté palier de butée), ce côté étant fermé par une tête (bride) verticale.

La tête de carter et le plan de joint du carter sont usinées avec précision pour garantir un assemblage optimal. La bride ou tête est assemblée à l'intérieur du carter et maintenue au moyen de secteurs spéciaux (bague de retenue) montés radialement.

Les raccords de gaz (aspiration et refoulement) ne comportent pas de brides sont usinés pour se verrouiller directement sur les brides de canalisations.

Quatre pieds faisant saillie par rapport à l'axe médian horizontal et reposant sur des piliers spéciaux assurent le soutien du carter.

Les pieds coté accouplement (ou coté accouplement principal) sont munis de clavettes pour positionner la machine sur le plan longitudinal.

Le positionnement sur le plan latéral est assuré par deux clavettes implantées sur la plaque de fondation en fonction de l'axe longitudinal du compresseur. Elles sont insérées dans des logements correspondants sur le carter.

Cette solution permet la dilatation thermique sans modification de l'alignement de la machine. Le carter coté refoulement et la bride ou tête de carter montée du côté aspiration contiennent les logements des paliers du rotor et les logements des joints d'extrémité qui empêchent le gaz de s'échapper du carter.

Les paliers et les joints d'extrémité peuvent être inspectés sans ouvrir le carter du compresseur.

Membranes série BCL :

(Se reporter aux dessins types après le paragraphe ^Rotor^)

L'ensemble des membranes, agencé autour de l'ensemble du rotor, constitue la partie stationnaire des étages de compression.

Les passages annulaires à travers les membranes constituent les diffuseurs où l'énergie cinétique du gaz au niveau de la sortie des roues est convertie en pression.

Ces passages forment également les canaux de retour qui acheminent efficacement le gaz dans l'œillard des roues.

Toutes les membranes sont divisées au niveau de l'axe médian horizontal, les demi-membranes étant assemblées au niveau d'une séparation du contre-carter également selon l'axe médian horizontal, ce qui constitue deux demi-ensembles séparés.

Les demi-membranes supérieures sont retenues sur le contre-carter par des vis de fixation le long de l'axe médian, ce qui permet de dégager le demi-carter supérieur sans risquer de déloger les membranes.

Des joints en labyrinthe sont prévus dans les membranes à proximité de tous les points internes de dégagement dans le but de réduire les fuites de gaz provenant des zones de refoulement et d'aspiration des roues.

Des bagues d'étanchéité, montées dans des gorges usinées sur le pourtour du contre-carter, empêchent toute fuite de gaz vers des zones à pression inférieure.

Un jeu de rouleaux est prévu sur le côté refoulement du contre-carter inférieur en vue de faciliter l'introduction du groupe complet membranes/rotor dans le carter ou il est retenu et positionné axialement au moyen d'une bride ou tête de carter et d'une clavette interposée entre le groupe et le carter.

Rotor série BCL :

(Se reporter au croquis type en pages suivantes)

Le rotor se compose d'un arbre sur lequel sont montés des roues et des entretoises. Les entretoises sont emmanchées par retrait sur l'arbre. Elles assurent le positionnement axial des roues et protègent les sections de l'arbre intercalées entre les roues de tout contact avec le gaz.

La roue est une partie du compresseur qui accroît la vitesse du gaz.

Les roues sont du type fermé avec les aubes tournées vers l'arrière et sont emmanchées par retrait et clavetées sur l'arbre.

Avant d'être montée sur l'arbre chaque roue est soumise à un équilibrage dynamique et à un essai à une vitesse de 15% supérieure à la vitesse maximale continue.

En cours de fonctionnement du compresseur, le rotor est soumis à une poussée axiale dirigée vers le côté aspiration qui est générée par la différence de pression agissant sur le flasque et le disque de chaque roue.

La majeure partie de la poussée est compensée par le tambour d'équilibrage.

La poussée axiale résultante est absorbée par le palier de butée. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Piston d'équilibrage :

Le rotor du compresseur centrifuge est soumis à une poussée axiale vers l'extrémité d'aspiration à cause de la pression différentielle générée sur le disque et le couvercle de chaque impulseur.

La majorité de la poussée est équilibrée par le piston d'équilibrage installé à l'extrémité de l'arbre proche de l'impulseur étage.

Le piston d'équilibrage et l'étanchéité de labyrinthe correspondante forment, avec l'étanchéité de labyrinthe fournie à l'extrémité de l'arbre, ladite chambre d'équilibrage.

Ceci est accompli en soumettant la zone du côté externe du piston d'équilibrage à une basse pression (environ étage à la pression d'aspiration), créant de ce fait une pression différentielle en sens contraire de celle exercée sur les impulseurs. Cette basse pression est atteinte en

connectant la zone derrière le piston d'équilibrage du compresseur au moyen d'une conduite de gaz d'équilibrage.

La taille du piston est telle que la poussée axiale, bien qu'un peu déséquilibré, est considérablement réduite, la poussée restante étant absorbée par le palier de butée, s'assurant que le rotor ne puisse pas bouger axialement.

Le piston d'équilibrage rétrécit sous l'effet de la chaleur sur l'arbre. Les impulsor, les douilles d'écartement et l'assemblage du piston d'équilibrage sont maintenus sur l'arbre au moyen d'une bague de blocage.

Après l'installation du piston d'équilibrage sur le rotor, l'assemblage est rééquilibré dynamiquement.

Paliers porteurs :

Les paliers porteurs sont du type à patins oscillants et à lubrification forcée. L'huile sous pression parvient aux paliers radialement et passe à travers des orifices pour lubrifier les patins et les taquets.

L'huile est ensuite refoulée latéralement.

Les patins de palier (A) sont réalisés en acier revêtu de métal blanc, ils sont solidaires des taquets en acier (B) et sont positionnés sur un siège formé par la coquille (C) et par deux bagues de retenue l'huile (F).

Les patins peuvent osciller dans la coquille aussi bien dans le sens radial qu'axial afin d'atténuer au maximum les vibrations radiales du rotor.

La rotation des patins dans la coquille est bloquée par des goujons qui dépassent des vis (D) fixées sur la coquille.

Le palier est positionné axialement sur la tête ou bride de carter, ou sur le carter du compresseur au moyen de vis.

Palier de butée :

Le palier de butée, monté sur une extrémité du corps, est de type double action et il est placé des deux côtés du collet de butée du rotor.

Il a été conçu pour absorber la poussée axiale résiduelle, opérant sur le rotor, qui n'est pas complètement équilibré par le piston d'équilibrage.

Il est pourvu d'une bague de contrôle de l'huile (oil control ring ou O.C.R) pour minimiser la perte de puissance due au pompage de l'huile dans la cavité du palier sous un fonctionnement à grande vitesse. Dans d'autres cas une bague de support de palier de butée forme une chambre annulaire autour du collet exécutant la fonction de l'OCR.

Le jeu précisé entre les patins et le collet de butée est indiqué sur la 'Fiche technique des jeux' incluse dans le volume 'Dessins de référence de l'affaire' de ce manuel.

Etanchéité de labyrinthe (interne) :

Les garnitures internes installées entre les palies rotatives et les parties stationnaires du compresseur pour réduire les éventuelles fuites du gaz entre les zones à pressions différentes sont du type à labyrinthe.

Une garniture à labyrinthe se compose d'une bague dont la périphérie porte une série d'ergots ayant un petit jeu avec le rotor.

Ces bagues sont fabriquées en 2 moitiés ou en quatre parties d'un alliage léger résistant à la corrosion afin de ne pas endommager le rotor en cas de contact accidentel.

Les moitiés supérieures des bagues sont fixées au diaphragme correspondant. Les moitiés inférieures des bagues peuvent être facilement retirées en les tournants dans leur siège rainuré dans les diaphragmes.

Les positions du rotor incorporant les étanchéités de labyrinthe sont : le flasque de roue, les manchons de l'arbre entre les roues et le piston d'équilibrage.

Le même type d'étanchéités est placé à l'extrémité de l'arbre pour limiter les fuites de gaz du compresseur.

Joint d'extrémité des arbres :

Joint mécanique de gaz :

Des joints sont prévus aux deux extrémités de chaque arbre des compresseurs pour éviter que le gaz ne s'échappe des machines.

Ces garnitures sont constituées de joints mécanique de gaz avec des joints en labyrinthe.

Les joints mécaniques de gaz sont fournis par FLOWSERVE.

Les joints mécaniques de gaz se composent de deux garnitures mécaniques dont les faces se chevauchent, côte à côte, de deux bagues tournantes en carbure de tungstène ou en nitrure de silicium (siège), et de deux bagues fixes en carbure de silicium (face d'étanchéité).

La partie interne (cote gaz) de chaque joint mécanique est la partie qui est soumise à la pression du gaz d'étanchéité, tandis que la partie externe est utilisée comme réserve.

Circuit d'huile de lubrification :

La lubrification est assurée par le circuit d'huile de la turbine à gaz qui entraîne le compresseur.

Le circuit d'huile de la turbine à gaz délivre de l'huile refroidie et filtrée, à la température et à la pression requise, aux points à lubrifier du compresseur.

Le schéma de principe en page suivante représente les éléments principaux des circuits d'huile de lubrification et des points à lubrifier du train de compresseur décrit dans ce manuel d'instructions.

Conduites d'huile de lubrification :

L'huile filtrée et à la température appropriée parvient à un collecteur où sont raccordées les conduites d'huile dans la lubrification des paliers.

La pression d'huile dans le collecteur est maintenue constante à environ 1.72 bar g, 172 kPa g, par le circuit d'huile de lubrification de la turbine à gaz.

Chaque conduite d'amenée d'huile aux paliers est munie d'un orifice calibré qui maintient la pression de l'huile à la valeur requise.

La valeur de la pression est indiquée par un manomètre local.

Chaque palier est pourvu de thermo-éléments pour le contrôle de la température du métal blanc.

Des regards de contrôle de débit et des indicateurs de température sont prévus sur les conduites d'huile en sortie des points de lubrification.

Les conduites de sortie sont raccordées à un seul récepteur à partir duquel l'huile est amenée au réservoir principal.

Pression d'huile de lubrification aux paliers :

La pression de l'huile de lubrification délivrée aux paliers est réglée par l'orifice calibré prévu sur chaque conduite ou ligne d'entrée d'huile dirigée vers les paliers.

Pour le compresseur BCL 355/A, une pression d'huile de 0.8 à 1.3 bar g, 80 à 130 kPa g, est délivrée aux paliers porteurs et une pression de 1.3 à 1.6 bar g, 130 à 160 kPa g, au palier de butée.

Pour le compresseur BCL 306/C, une pression d'huile de 0.8 à 1.3 bar g 80 à 130 kPa g, est délivrée aux paliers porteurs et une pression de 0.25 à 0.7 bar g, 25 à 70 kPa g, au palier de butée.

Contrôler la régularité au débit d'huile à travers les paliers au moyen des regards de contrôle prévus à cet effet. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Circuit d'alimentation en gaz d'étanchéité :

Le circuit alimente en gaz d'étanchéité (tampon) filtré les joints prévus aux deux extrémités de l'arbre du compresseur, afin d'éviter que le gaz de traitement ne s'échappe de la machine,

Le schéma simplifié en page suivante représente les éléments principaux et le principe de fonctionnement du circuit d'alimentation en gaz d'étanchéité.

Conduites de gaz d'étanchéité :

Le gaz de refoulement du compresseur, qui sort entre le joint en labyrinthe "N" et le tambour d'équilibrage, entre dans la chambre "B" et retourne à l'aspiration du compresseur au moyen d'un raccordement externe appelé "conduite de gaz d'équilibrage".

Le raccordement ci-dessus un équilibrage de la poussée axiale sur le rotor, comme décrit dans le paragraphe "Tambour d'équilibrage" de ce manuel.

De cette façon, les deux extrémités du rotor présentent une valeur de pression proche de la pression d'aspiration, ce qui permet d'utiliser deux jeux similaires de bagues d'étanchéité et même pression de gaz d'étanchéité (tampon) pour les deux extrémités du rotor.

Les joints en labyrinthe et de gaz secs forment cinq chambres sur le côté refoulement du rotor et quatre chambres sur son côté aspiration.

Afin d'éviter toute fuite de gaz de traitement par les joints en labyrinthe "M", les chambres "A" sont pressurisées.

Afin de s'assurer que les joints fonctionnent avec du gaz propre sans condensat, le gaz filtré (gaz tampon) est injecté à une pression légèrement supérieure à celle de la pression d'aspiration.

Du gaz provenant d'une source externe (système de conditionnement du gaz d'étanchéité) est utilisé comme gaz d'étanchéité.

Cette opération est assurée par un système de pression différentielle entre le gaz tampon (chambre 'A') / gaz d'équilibrage (chambre 'B').

La pression du gaz d'étanchéité est contrôlée au moyen de clapets x de régulation de pression différentielle qui sont pourvus de groupes transmetteurs / contrôleurs différentiels comme décrit dans le paragraphe "Clapets de régulation de pression".

Ce système assure des pressions différentielles corrigées entre le gaz d'équilibrage / gaz d'étanchéité. Le clapet de régulation est pourvu de : une vanne de sectionnement, de conduites de dérivation munies d'un orifice calibré.

Conduites d'évent principal :

Le gaz d'étanchéité qui s'échappe des chambres " A " à travers les bagues du côté des garnitures mécanique (une pour chaque garniture) atteint les chambres "C" à partir desquelles il est envoyé vers la torche pour son brulage à travers des vannes à orifices de débit régulé au moyen de conduites appelées "conduites d'évent principal".

Le transmetteur de pression différentielle, installé entre l'amont de l'aval des vannes à orifices de débit régulé, permet de contrôler la pression différentielle dans les conditions normales de fonctionnement. Les transmetteurs de pression permettent d'obtenir un signal d'alarme et de déclencher l'unité en cas de pression élevée.

Les régulateurs de pression assurent la pression correcte du gaz d'étanchéité.

Conduites d'évent secondaire :

Le gaz d'étanchéité restant, s'échappant des bagues externes d'étanchéité (une pour chaque joint), parvient aux chambres "D" ou il rencontre un contre-courant de gaz de rinçage provenant des chambres "E" et est évacué à l'air libre par une tuyauterie appelée "évent secondaire".

Les chambres "E" sont interposées entre les barrières d'étanchéité (labyrinthe) "L" et "L1".

Gaz de rinçage :

La pression de gaz de rinçage est régie par un clapet de régulation, qui est prévu avec les vannes de sectionnement et la conduite de dérivation avec orifice. Ce gaz est envoyé aux chambres ‘E’ et aux chambres intermédiaires via des vannes à orifices de débit.

Le gaz de rinçage dans les chambres ‘E’ empêche tout gaz de s’échapper des chambres ‘D’ par les joints en labyrinthe et le rotor et évite également que les vapeurs d’huile, drainées des paliers porteurs, viennent en contact avec les joints mécaniques de gaz.

Les chambres ‘E’ peuvent être drainées en ouvrant leurs vannes manuelles.

Des pièges automatiques sont installés dans la conduite de drainage de la chambre de rinçage pour drainer l’huile de lubrification.

Filtre : ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Dans la conduite de gaz d’étanchéité principale (GAZ DE PURGE) :

La conduite de gaz d’étanchéité principale est pourvue de filtres à gaz jumeaux et sont tuyautés en parallèle grâce à la soupape de transfert à débit continu.

La soupape de transfert est installée entre les filtres pour diriger le gaz à travers le filtre et la conduite de gaz d’étanchéité.

Cette particularité permet soit au filtre d’être arrêté en cas d’inspection ou de maintenance sans interrompre le débit de gaz vers la machine.

Les filtres sont de type cartouche remplaçable.

Les cartouches être remplacées lorsque la chute de pression à travers le filtre, mesurée par un manomètre différentiel, s’approche de la valeur configurée définie indiquée dans la liste des instruments ou une fois par an indépendamment de la chute de pression.

Une conduite d’égalisation, pourvue d’un orifice de restriction, connecte les deux filtres afin de permettre le remplissage du filtre de rechange et de faciliter le fonctionnement la soupape de transfert.

La procédure de permutation du filtre, pendant le fonctionnement du système d’alimentation en gaz d’étanchéité, inclut les étapes suivantes :

- Vérifier que la soupape de vidange du filtre non utilisé soit fermée.
- Ouvrir la vanne(s) d’isolation du filtre non utilisé.

- Ouvrir la soupape sur la ligne de remplissage (ou d'écoulement d'égalisation) reliant les deux filtres.
- Evacuer l'air du filtre de rechange suffisamment longtemps pour l'air soit complètement évacué du filtre qui est à présent rempli de gaz d'étanchéité, puis fermé la mise à l'air.
- Utiliser la soupape de transfert pour mettre le filtre de rechange en marche.
- Fermer la soupape de la conduite de remplissage, ouvrir la soupape de vidange du filtre à présent hors service pour évacuer la pression du gaz et complètement ouvrir les soupapes de respiration et les soupapes de vidange.
- Fermer les soupapes d'isolement du filtre hors service.
- Inspecter et nettoyer le filtre hors service, remplacer les cartouches.
- Fermer les vannes de purge et de drainage du filtre inutilisé.

Dans la conduite de gaz de rinçage sous jet :

La conduite de gaz de rinçage sous jet est pourvue de deux filtres tuyautés en parallèle utilisant des soupapes d'isolement et des soupapes de retenue.

Cette particularité permet au filtre d'être arrêté en cas d'inspection ou de maintenance sans interrompre le débit de rinçage sous jet vers les extrémités du compresseur.

Les filtres sont de type cartouche remplaçable.

La procédure de permutation du filtre, pendant le fonctionnement du système d'alimentation en gaz de rinçage, inclut les étapes suivantes :

- Vérifier que la vanne de drainage du filtre non utilisé soit fermée.
- Ouvrir la vanne d'isolation du filtre non utilisé.
- Evacuer l'air du filtre non utilisé pendant une durée suffisamment longue pour que l'air soit complètement évacué du filtre à présent rempli avec du N₂, puis fermer la soupape de vidange.
- Fermer la vanne d'isolation du filtre inutilisé.
- Ouvrir les vannes de purge et de drainage du filtre inutilisé.
- Inspecter et nettoyer le filtre non utilisé, remplacer la cartouche.
- Fermer les vannes de purge et de drainage du filtre inutilisé.

III-2 Fonctionnement :

Avertissement :

Ces instructions décrivent la procédure détaillée pour l'exploitation de la machine.

Elles sont fournies en tant que guide et n'incluent pas nécessairement tous les éléments requis pour toutes les variations susceptibles de se présenter dans les conditions d'exploitation. Des procédures légèrement différentes peuvent par conséquent être utilisées en fonction des conditions spécifiques. Quelle que soit la procédure utilisée, seul du personnel qualifié et expérimenté sera habilité à exécuter cette tâche. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Système de gaz de traitement :

Le gaz de traitement est comprimé de 67,2 bars a (6 720 kPa a) à 344,6 bars a (34 460 kPa a) par deux étages de compression à l'aide de deux compresseurs centrifuges des types BCL 355/A et BCL 306/C.

Deux vannes d'anti-pompage (01FV 29103, 01FV 29106) sont prévues sur la conduite d'aspiration du gaz. Des filtres et des séparateurs provisoires sont prévus sur la conduite d'aspiration du gaz et des refroidisseurs de gaz sur les conduites de refoulement du gaz.

Des instruments sont implantés sur les conduites d'aspiration et de refoulement pour effectuer des relevés de pression, de température et de débit du gaz.

Le débit au niveau de l'aspiration des compresseurs doit toujours être supérieur à celui auquel la pression et le phénomène de pulsation du flux commencent (pompage), comme indiqué sur les courbes de fonctionnement.

Les contraintes alternatives auxquelles est soumis le rotor des compresseurs dans des conditions anormales de fonctionnement peuvent endommager sérieusement les paliers et les joints des compresseurs.

L'effet de pompage survient lorsque, au régime déterminé (tr/min), la capacité d'aspiration du compresseur chute en dessous d'une certaine valeur limite.

Pour éviter que des conditions de pompage surviennent, le groupe de compresseurs est équipé d'un système de régulation automatique d'anti-pompage qui maintient la capacité d'aspiration au-dessus de la valeur critique à laquelle le pompage se produit. Si des problèmes de pompage se produisent au démarrage ou à l'arrêt du groupe de compresseurs, ou au cours des variations

principales de la charge du groupe de compresseurs, le système d'anti- pompage recycle une partie du gaz dans la conduite de refoulement vers la conduite d'aspiration du gaz.

La vanne d'anti-pompage qui assure le recyclage du gaz de traitement est ouverte et fermée par l'intermédiaire des signaux de pression pneumatique transmis par une électrovanne, à partir d'un transducteur de signal électrique-pneumatique qui reçoit des entrées à partir d'un contrôleur de flux qui à son tour reçoit des entrées concernant la température et la pression du flux de gaz de la conduite d'aspiration et la pression du gaz de la conduite de refoulement.

En cas de déclenchement, l'électrovanne interrompt la pression du gaz vers la vanne d'anti-pompage, en l'ouvrant complètement.

Le dessin "Liste des instruments inclus dans le volume "Schémas de référence du lot de travail de ce manuel, représente l'instrumentation de contrôle et de sécurité fournie par Nuovo Pignone, avec les étiquettes appropriées et les valeurs de consigne. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Contrôles de sécurité préliminaires :

Avant de procéder à toute opération, un contrôle général des conditions de sécurité doit être réalisé conformément aux instructions ci-dessous.

Tout risque réel ou potentiel doit être éliminé avant toute opération.

L'inspection préliminaire doit s'effectuer comme suit :

- Apprendre toutes les procédures les procédures spécifiques d'urgence relatives à chaque système.
- Repérer l'emplacement et se familiariser avec le fonctionnement du système de lutte contre l'incendie et de tout autre équipement d'urgence ou de protection.
- Repérer les zones dangereuses d'échappement des gaz, gaz acide, collecte de condensats, canalisations de drainage, haute tension, haute pression et autres risques prévisibles.
- S'assurer que la machine et les zones environnantes sont en bon état et sans obstacle, et que les conduites d'évent ne sont pas obstruées.
- Vérifier si d'autres personnes travaillent dans la zone et si leur travail est risqué au point d'interdire l'utilisation du compresseur. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Dispositifs d'arrêt :

Le système est équipé de quatre types de dispositifs d'arrêt :

- Dispositif d'arrêt du cycle de travail :

Il est commandé par un automate programmable industriel (API) pour l'arrêt du compresseur.

- Dispositif d'arrêt de fin de quart :

Il est à utiliser si l'appareil doit être totalement déchargé avant une période d'inactivité.

- Dispositif d'arrêt d'urgence :

Il est utilisé dans des situations d'urgence, à partir d'une commande d'urgence qui coupe immédiatement l'alimentation électrique et maintient les commandes logicielles opérationnelles. L'arrêt d'urgence peut également être activé en appuyant sur le bouton d'arrêt.

- Dispositif d'arrêt de `déclenchement` :

Il est automatiquement activé par le logiciel de commande chaque fois qu'un fonctionnement anormal du compresseur est détecté.

Fonctionnement de l'unité de compression :

Les instructions figurant dans cette section sont données à titre indicatif et se réfèrent à une opération manuelle de ce compresseur avec les références essentielles pour l'opérateur.

Les instructions d'utilisation de la `turbine à gaz` entraînant le compresseur figurent dans le manuel correspondant.

La séquence indicative des principales opérations est la suivante :

- Préparation et démarrage du système de gaz d'étanchéité.
- Préparation et démarrage du circuit d'huile de lubrification.
- Démarrage de l'unité.

Pour le démarrage et l'arrêt de l'unité de compression, se reporter aux schémas suivants :

Préparation et démarrage du système de gaz d'étanchéité :

- a- Vérifier que l'alimentation en gaz de rinçage (N_2) pour la mise sous pression des joints tertiaires et des chambres intermédiaires est disponible.
- b- S'assurer que les soupapes d'isolement des vannes de régulation suivantes sont ouvertes :
- c- Vérifier que chaque filtre principal de gaz d'étanchéité et le filtre principal de gaz de rinçage ont leurs soupapes d'isolement ouvertes et leurs soupapes de drainage fermées.

- d- Vérifier que chaque filtre auxiliaire de gaz d'étanchéité et que le filtre auxiliaire de gaz de rinçage ont leurs soupapes d'isolement et de drainages fermées.
- e- Vérifier que les soupapes d'isolement sur les conduites d'évent principal sont ouvertes.
- f- Vérifier que les soupapes d'isolement des pressostats, manomètres, transmetteurs de pression et indicateurs de pression différentielle sont ouvertes.
- g- Vérifier la pression dans les conduites. La pression des gaz de rinçage et d'étanchéité (gaz d'équilibrage/d'étanchéité) doit être telle qu'indiquée au paragraphe `Pression et température de l'huile-pression du gaz d'étanchéité` inclus dans cette section.
- h- Vérifier la pression de N₂ dans les chambres intermédiaires.
- i- Vérifier que les soupapes à orifice de régulation de débit dans les conduites d'évent principal sont grandes ouvertes.

Ces soupapes doivent être réglées suite au premier démarrage pour assurer une pression différentielle faible. Ces soupapes doivent alors être maintenues dans la position de réglage.

Préparation et démarrage du circuit d'huile de lubrification :

- a- Vérifier que les soupapes d'isolement des manomètres et des pressostats sont ouvertes.
- b- Se reporter au manuel d'instructions de la turbine concernant les réglages nécessaires pour le circuit principal d'huile de lubrification avant le démarrage.
- c- S'assurer que l'huile circule normalement en sortie des paliers porteurs et de butée au moyen des hublots de contrôle.
- d- S'assurer que la température de l'huile n'est pas inférieure à 20 °C - 68 °F.

Démarrage de l'unité :

Sont fournies uniquement des informations générales pour le compresseur. Pour ce qui est du démarrage et de l'utilisation, se reporter aux instructions figurant dans le manuel "Turbine à gaz" et au document "Description fonctionnelle" dans le volume "Schémas de référence du lot de travail".

- a- Ouvrir les vannes de drainage du groupe de compresseurs et des canalisations de gaz.
- b- Vérifier que les soupapes d'isolement des manomètres, pressostats, etc. sont ouvertes.

- c- Rincer le groupe de compresseurs avec du gaz inerte, si le gaz de traitement rend cette opération nécessaire.
- d- Fermer les vannes de drainage des canalisations de gaz et du groupe de compresseurs, en procédant d'amont en aval.
- e- S'assurer que la pression et le gaz de rinçage parviennent aux chambres d'étanchéité à labyrinthe (c.-à-d. entre les joints mécaniques et les paliers).
- f- Pour éviter les variations dangereuses de pression, ouvrir progressivement la vanne de remplissage du groupe de compresseurs.
- g- S'assurer de l'absence de condition d'alarme.
- h- Ouvrir la vanne d'aspiration, fermer la vanne de remplissage. S'assurer d'observer les instructions du manuel "Entraîneur" avant de mettre en service la turbine à gaz. Mettre en service le groupe de compresseurs en se reportant au manuel "Turbine à gaz" et en ouvrant la vanne de décharge.
- i- Ajuster le débit dans les conduites d'évent principal des compresseurs conformément à la liste des instruments de la vanne de régulation.
- j- Vérifier la pression différentielle entre la conduite de gaz d'étanchéité et celle de gaz d'équilibrage.
- k- Prendre garde à éviter tout phénomène de pompage des compresseurs. ([1], 2012 NUOVO PIGNONE)

Arrêt de l'unité :

Pour arrêter l'unité :

- a- Prendre garde à éviter tout phénomène de pompage des compresseurs.
- b- Arrêter la turbine à gaz et fermer les vannes de décharge et d'aspiration des compresseurs.
- c- La circulation de gaz d'étanchéité cesse après l'arrêt des compresseurs.
- d- Couper le gaz de rinçage pressurant les chambres d'étanchéité tertiaires et intermédiaires (entre les joints secs et les paliers) qu'après avoir arrêté la pompe à huile.

e- La pompe à huile de lubrification auxiliaire ne doit être arrêtée que lorsque la température en sortie des paliers s'est stabilisée à environ 120 °F (50 °C) et conformément au manuel de la turbine à gaz.

Réglage des instruments :

Les points de consigne des vannes de régulation, des vannes de décharge et des contacteurs doivent être vérifiés avant la mise en service, comme indiqué sur la liste des instruments figurant dans le volume "Schémas de référence du lot de travail". Le réglage final des points de consigne doit être effectué au besoin après le démarrage initial et avoir atteint les conditions de fonctionnement.

Contrôles systématiques (en cours de fonctionnement normal) :

Ils doivent être effectués sur une base régulière sur les machines en service.

- Température dans les paliers.
- Température de l'huile en refoulement des paliers.
- Température du gaz de traitement à l'aspiration et au refoulement.
- Pression de l'huile dans les paliers porteurs et de butée.
- Pression d'huile dans le collecteur d'huile de lubrification.
- Pression de rinçage en aval de la ou des vannes de régulation.
- Pression de N₂ dans chambre intermédiaire.
- Pression dans les conduites d'évent principal.
- Pression dans la conduite de gaz d'équilibrage.
- Pression différentielle entre gaz d'étanchéité et gaz d'équilibrage.
- Pression différentielle à travers les soupapes à orifice de régulation de débit.
- Pression différentielle entre la chambre extérieure d'étanchéité mécanique de gaz et les chambres de rinçage labyrinthes (chambres E-D).
- Pression de gaz d'étanchéité.
- Pression différentielle entre les filtres à gaz d'étanchéité.
- Pression d
- Débit d'huile dans les conduites de refoulement.
- Actionner périodiquement la ou les vannes de transfert de : filtres à gaz d'étanchéité, filtres à gaz de rinçage.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques thermodynamiques du compresseur centrifuge BCL 306/355. Nous avons effectué un calcul formel détaillé qui nous a permis d'évaluer de manière quantitative et qualitative les paramètres tels que la température, la pression, le travail et les rendements de la machine.

Chapitre IV

Maintenance du compresseur centrifuge

BCL306/355

Introduction :

La maintenance a pour but le maintien des performances dans les valeurs de fonctionnement pour lesquelles les machines ont été commandées, et ceci pour éliminer tout risque de mauvais fonctionnement de l'installation et ça pour obtenir le meilleur rendement économique.

IV-1 La Maintenance :**IV-1-2-1 Définition et rôle de la maintenance :**

La maintenance, d'après la norme EN13306-2001 est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives, et de managements durant le cycle de vie d'un bien, destiné à le maintenir ou à le rétablir dans un état lui permettant d'accomplir la fonction requise

Le rôle de la maintenance est d'assurer la rentabilité des investissements matériels de l'entreprise en maintenant le potentiel d'activité dans le cadre de la politique de maintenance adoptée.

Les matériels dans le temps se dégradent, alors c'est la fonction de maintenance qui garantit la lutte contre ces anomalies, afin d'aboutir à des fins économiques, techniques et sociales, parmi les objectifs de la fonction de maintenance :

- L'augmentation de la fiabilité.
- L'amélioration de la disponibilité et augmentation de temps.
- L'amélioration de la sécurité et la protection du personnel et de l'environnement.
- L'amélioration des conditions de travail.
- La suppression des arrêts et des chutes de production (garantir la capacité de livraison).
- Gestion de de stock des pièces de rechanges.
- Planification des actions de maintenance.

IV-1-2-2 Les différents types de maintenance :

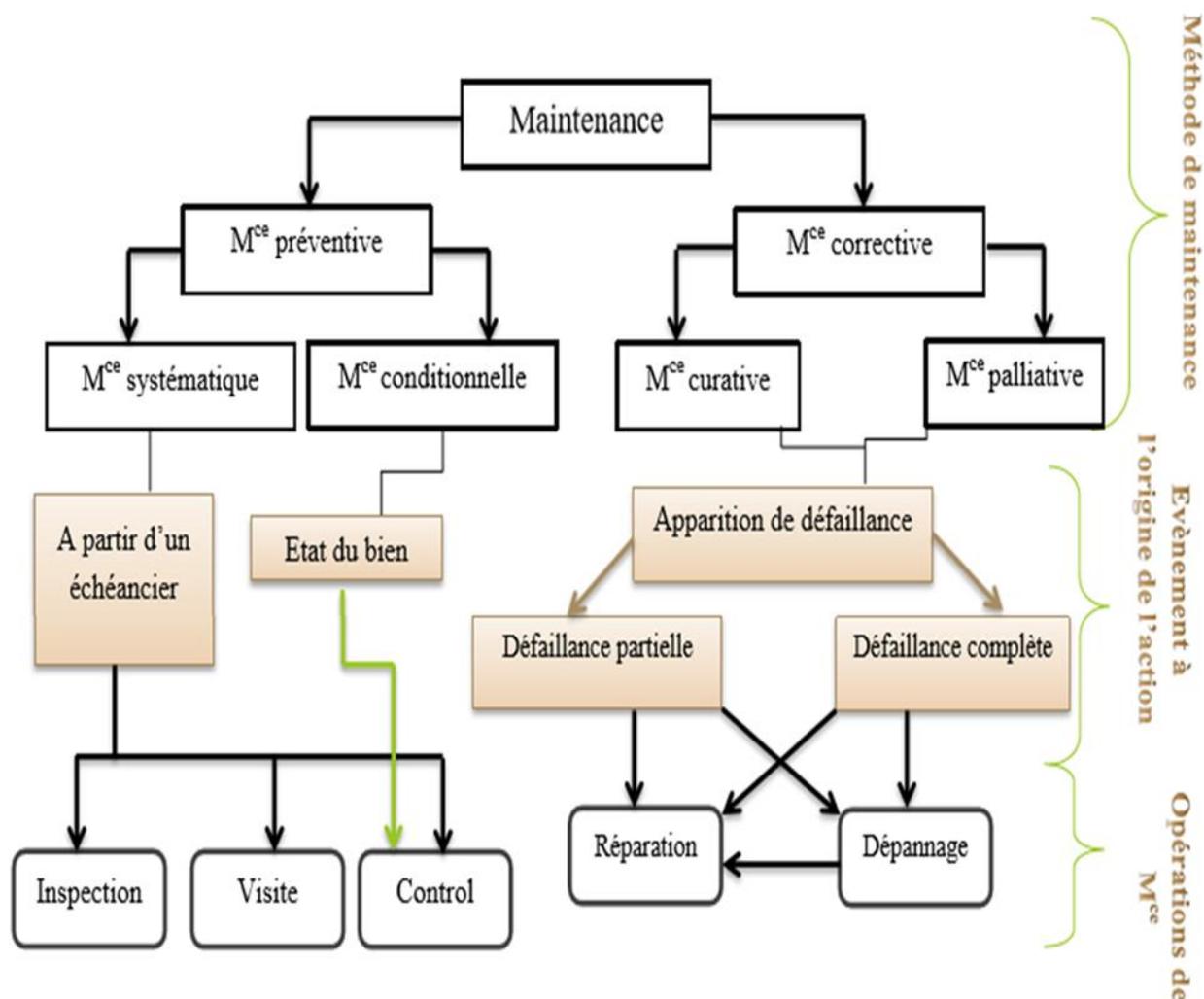


Figure IV.28 : Organigramme synthétique

IV-1-2-2-1 Maintenance corrective :

Maintenance exécutée après défaillance et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. Extraits normes NF EN 13306 :

Défaillances : altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise. Il existe 2 formes de défaillance :

- Défaillance partielle : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.
- Défaillance complète : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

a) Maintenance corrective curative :

La maintenance curative est une subdivision de la maintenance corrective « Maintenance corrective curative », par opposition à ce qu'on appelle la « Maintenance corrective palliative », c'est-à-dire le dépannage (provisoire).

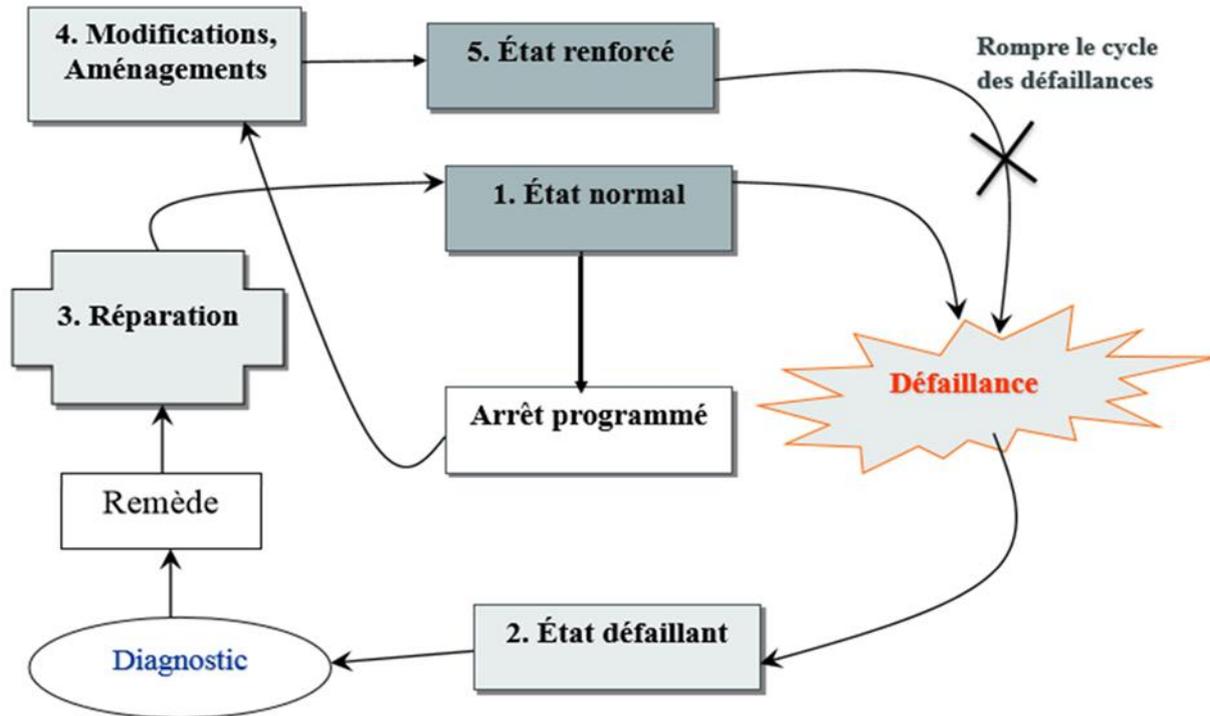


Figure IV.29 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective curative

b) Maintenance corrective palliative :

La maintenance palliative comme la maintenance curative, une des deux subdivisions de ce qu'on appelle la maintenance corrective. Alors que la maintenance curative qualifie une réparation par laquelle un bien retrouve son état initial, la maintenance palliative désigne un dépannage qui permet au bien de retrouver ses fonctions en attendant une intervention curative. Avec la maintenance palliative on est dans le provisoire, le court terme, alors qu'avec la curative on est dans le définitif, le long terme.

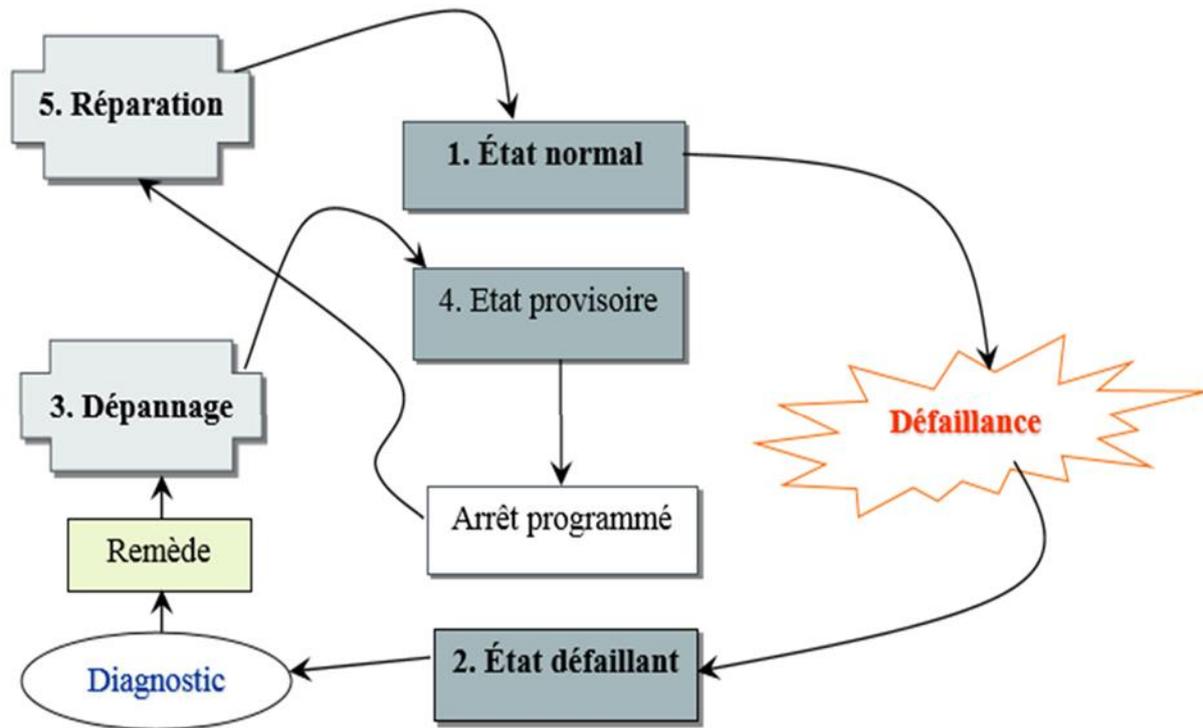


Figure IV.30 : Organigramme synthétique de la maintenance corrective palliative

IV-1-2-2-2 Maintenance préventive :

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à :

- Réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.
- Augmentation de la durée de vie des matériels.
- Prévention et prévision des interventions correctives coûteuses.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- Amélioration des conditions de travail du personnel.
- Suppression des causes des accidents graves.
- Diminuer le budget de maintenance.

a) Maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

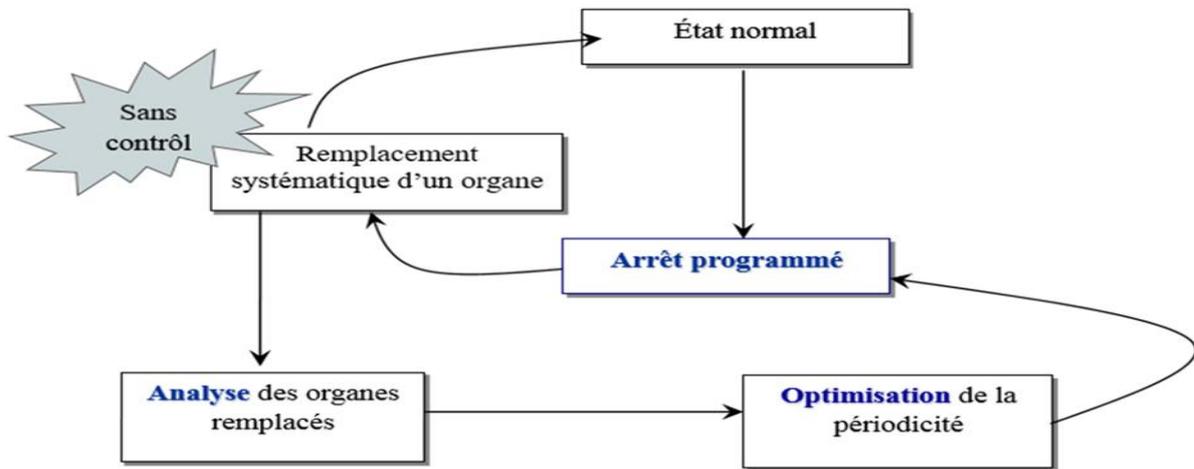


Figure IV.31 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive systématique

b) Maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive basée sur :

- Une surveillance du fonctionnement du bien.
- Et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement, intégrant les actions qui en découlent (La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue).

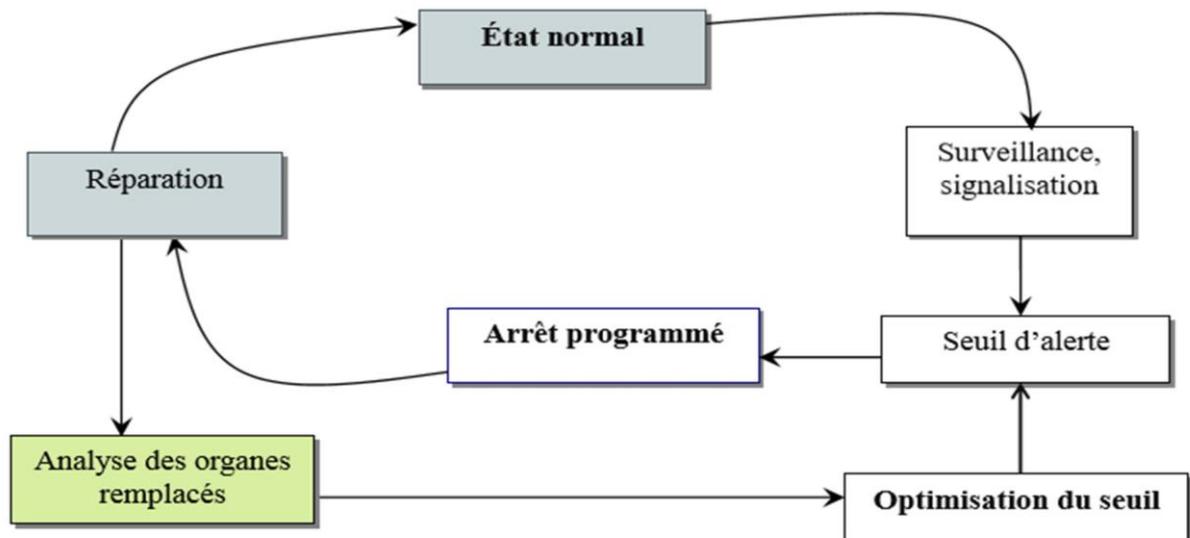


Figure IV.32 : Organigramme synthétique de la maintenance préventive conditionnelle

c) Maintenance prévisionnelle :

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.

IV-1-2-2-3 Les opérations de maintenance :

- **Le dépannage :**

Actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée (EN 13306 : avril 2001).

- **La réparation :**

Actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne (EN 13306 : avril 2001).

- **Les inspections :**

Contrôles de conformité réalisés en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien. En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance (EN 13306 : avril 2001).

- **Les visites :**

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée, ces interventions correspondent à une liste.

D'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

- **Les contrôles :**

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information.
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

- *Les révisions :*

Ensemble d'action, d'examen, de contrôle, et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toutes défaillances majeures ou critiques, pendant un temps ou pour un nombre d'unité d'usage.

La révision peut être partielle ou générale dans les deux cas il y a une nécessité d'extraire de différents sous-ensembles d'un matériel.

Tableau IV.3: Les niveaux de la 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 appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...

4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé(atelier central).	Outillage général plus spécialisé, 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.

IV-1-2-2-4Activités connexes de la maintenance :

- La maintenance d'amélioration.
- La rénovation : Inspection de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées.
- Vérification des caractéristiques et éventuellement préparation des pièces, sous - ensemble défaillantes conservations des bonnes pièces.
- La reconstruction : Nécessite le remplacement des pièces vitales par des pièces d'origines ou des pièces neuves équivalentes.
- La modernisation : Remplacement des équipements, accessoires et appareils ou éventuellement des logiciels apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine.
- Maintenance des travaux neufs et les travaux de sécurité.

IV-2 La maintenance appliquée au compresseur BCL 306/355

Etant donné le rôle crucial et l'importance de ce compresseur au sein du site El Merk, il est essentiel de mettre en œuvre une maintenance appropriée afin d'augmenter sa disponibilité et sa durée de vie.

Généralement pour ce type de compresseur on s'appuie sur la maintenance préventive qui est utilisée en ses deux formes à s'avoir :

- La maintenance préventive systématique.
- La maintenance préventive conditionnelle.

IV-2-1 Cycle de révision :

Tous les équipements sont accompagnés d'un cycle de réparation établi par le constructeur, mais les conditions d'exploitation permettent de déterminer au mieux les intervalles préétablis. Les délais de révision des compresseurs BCL 306/355 sont donnés comme suivant :

Révision partielle	16000 heures
Révision générale	48000 heures

IV.2.1.1. Révision partielle

- Démontage des paliers des deux côtés, aspiration et refoulement ainsi que les paliers de butée.
- Vérification de l'usure des patins, en mesurant les jeux de diamètre et en les comparant aux cotes nominales.
- Démontage des boîtes d'étanchéités, contrôle de l'usure des bagues et les remplacer si nécessaire.
- Contrôle et nettoyage du système d'huile d'étanchéités et graissage.
- Etalonnage des instruments si nécessaires.
- Contrôle des systèmes d'alarme et déclenchement.

IV.2.1.2. Révision générale :

La révision générale du compresseur consiste en l'ouverture complète du compresseur et de la réalisation des tâches suivantes :

- Nettoyage complet du compresseur, les accessoires, des conduites d'aspiration et refoulement.
- Dépoussiérage de l'aérodynamique.
- Relèvement de l'ensemble des jeux de labyrinthe sur deux demi-coquilles.
- Comparaison avec les tolérances données par le constructeur.
- Changement des labyrinthes si nécessaire.
- Changement des pièces d'usure des sous-ensembles paliers porteurs et la butée, ainsi que la boîte d'étanchéité de refoulement et d'aspiration.
- Changement des joints plats et toriques.
- Vérification de l'équilibrage statique et dynamique du rotor.

IV-2-2 Entretien :

IV.2.2.1. Contrôles périodiques :

Lorsque le compresseur est en marche normal et ne requière donc aucun entretien particulier, il faudra effectuer des vérifications et des contrôles permettant d'évaluer leur fonctionnement et l'éventualité d'opérations de révision.

Les contrôles devant être effectués à des intervalles réguliers pendant le fonctionnement normal, sont les suivant :

Tableau IV. 4 : Contrôles périodiques

	Inspection portant sur	Période					But de l'inspection
		En service	A l'arrêt	Fréquence			
				Semestriel	Annuel	Supérieur à une année	
A. Compresseur centrifuge	1. Paliers lisses et de butée				X		- Contrôle de l'usure et des marques de surchauffe. - Contrôle du déplacement axial du rotor.
	2. Alignement				X		- Contrôle.
	3. Bagues d'étanchéité huile				X		- Contrôle de l'usure et des marques de surchauffe. - Contrôle de l'état des garnitures
	4. Servomoteur de commande aubes pré-rotation		X		X		- Tarage
	5. Rotor					X	- Après trois ans de service contrôle des dépôts, érosion et corrosion.

	6. Diaphragmes					X	- Après trois ans de service contrôles des dépôts, érosion et corrosion. - Contrôle de l'état des labyrinthes du gaz. Substitution des garnitures
	7. Corps-bridés, culasse					X	- Après trois ans de service contrôles des dépôts, érosion et corrosion. - Contrôle de l'état des labyrinthes du gaz. - Substitution des garnitures.
	8. Aubes de pré-rotation					X	- Après trois ans de service contrôle des dépôts, érosion et corrosion.
B. Accouplement	1. Entretoise					X	- Contrôle du déplacement axial
	2. Gicleur d'huile		X				- Contrôle de la direction du jet d'huile
C. Système de l'huile de graissage et d'étanchéité	1. Caractéristiques de l'huile	X					- Contrôler les propriétés physiques et chimiques.
	2. Réservoir principal					X	- Contrôler l'état de la peinture des parois. - Contrôle et récurage du fond chaque fois que l'huile est vidangée.

	3. pompes				X		- Contrôle de l'accouplement. - Contrôle de l'état de propreté du filtre d'aspiration. - Contrôle du débit des pompes.	
						X	- Après trois ans de service, contrôle des éléments internes des pompes	
	4. filtres	X						- Remplacer les cartouches lorsque la chute de pression à travers le filtre est supérieure à la valeur préconisée.
						X		- Remplacer les cartouches au moins une fois par an, quel que soit la chute de pression.
			X	X				- Contrôle du mouvement de l'ensemble soupapes d'échange
D. Instrumentation	1. Indicateur de pression, de température, etc.	X			X		- Effectuer la mise au point si nécessaire.	
	2. Transmetteur, Régulateur		X		X		- Effectuer la mise au point	
	3. Pressostats, thermostats et interrupteurs de niveau	X			X		- Vérifier la mise en marche d'appareillages auxiliaires.	
			X		X		- Vérifier le fonctionnement des systèmes d'arrêt.	

IV.2.2.2. Recherche des pannes :

Toutefois, lorsqu'on remarque des inconvénients, la connaissance des causes éventuelles et des remèdes à porter devient extrêmement importante.

Le tableau suivant contient les défauts communs pour les compresseurs centrifuges, les causes possibles de ces défauts et les remèdes recommandés.

Tableau IV.5 : Vibrations et bruit anormaux du compresseur

Cause possible	Remèdes
Désalignement	Retirer l'accouplement. Faire fonctionner le dispositif d'entraînement tout seul. S'il tourne sans produire des vibrations, la cause serait à rechercher dans le mauvais alignement. Pour le contrôle de l'alignement voir la section relative dans le livret d'instruction.
Endommagement de l'accouplement	Vérifier les conditions de l'accouplement.
Déséquilibre du rotor du compresseur	Contrôler le rotor et s'assurer qu'il ne soit pas déséquilibré à cause de l'encastrement. Equilibrer à nouveau si nécessaire.
Paliers usés par l'encrassement présent dans l'huile	Contrôler les paliers et substituer si nécessaire.
Efforts transmises au corps par les tuyauteries du gaz provoquant un mauvais alignement	Les tuyauteries devraient être bien ancrées de manière à prévenir des efforts excessifs sur le corps du compresseur, il faut que les tuyauteries soient suffisamment élastiques pour permettre les dilatations thermiques.
Déséquilibre de l'accouplement	Démonter l'accouplement et vérifier son équilibre
Pompage	Ecarter les conditions de marche du compresseur des conditions de pompage.
Machines fonctionnant à proximité du compresseur	Isoler les fondations des machines respectives et augmenter l'élasticité des tuyauteries de jonction éventuelles

Tableau IV.6: 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 IV.7 : Endommagement du palier de la butée

Cause possible	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.

Tableau IV.8: Endommagement des bagues d'étanchéité à huile

Cause possible	Remèdes
Désalignement et vibrations	Chercher les causes et le corriger.
Encrassement de l'huile	Contrôler l'état des filtres et remplacer les cartouches encrassées. Vérifie l'état de propreté des canalisations
Jeu des bagues hors cotes	Contrôler le jeu et le corriger s'il y a lieu
Pression de l'huile insuffisante	S'assurer que la pression du gaz de référence ne baisse au-dessous de la valeur minimale préconisée.

IV-2-3 Procédure de la mise en marche du compresseur BCL 306/355 :

IV.2.3.1. Contrôles et vérifications préalables à la mise en marche du compresseur :

Ci-dessous il est indiqué les préparations à faire avant le démarrage, ainsi que les préparations et les vérifications à faire :

- Nettoyer complètement puis sécher toutes les tuyauteries de gaz afin d'éviter la pénétration de toutes matières étrangères ou gaz dans le compresseur.
- Enlever la peinture et les enduits de protection sur toutes les parties mobiles.
- S'assurer que toutes les tuyauteries sont installées et dimensionnées correctement suivant les dessins.
- Éliminer toutes les contraintes exercées par les tuyauteries sur les brides du compresseur.
- Vérifier le serrage de tous les écrous et de toutes les vis.
- Faire tourner à la main le rotor du compresseur. Celui-ci doit tourner librement. Si le rotor tourne difficilement, vérifier les paliers et les étanchéités mécaniques. Il peut être nécessaire de lever la moitié supérieure du compresseur pour vérifier les jeux des routes, si la source de la difficulté ne peut être découverte autrement.
- S'assurer que les repères gravés sur l'accouplement son correctement en ligne.
- Le système de lubrification doit être rincé
- Système d'huile de barrage séparé est employé, appliquer la même méthode de rinçage. Le système doit être complètement exempt de saletés et de particules étrangères
- Souffler à l'air comprimé et nettoyer complètement les tuyauteries de référence de gaz. Ceci s'applique également à un éventuel système d'air ou de gaz de barrage pour étanchéité à labyrinthes.
- S'assurer que toutes les pièces des étanchéités, les coussinets de palier et les patins et le disque du palier de butée son serrés correctement, qu'ils sont lubrifiés et que leurs jeux sont dans les tolérances.
- Vérifier le niveau de tous les réservoirs d'huile.
- Maintenir la température de l'huile aux paliers et aux joints d'étanchéité à 49° C.
- Régler aux valeurs indiquées les pressions d'huile pour les étanchéités et pour les paliers, en faisant fonctionner les pompes à huile principale et auxiliaire.
- Si deux réfrigérants jumelés sont fournis, vérifier que la manette de la vanne à six raccords et contre sa butée, pour obtenir le débit maximum.
- Visiter et essayer tous les appareils de contrôle ; cette étape est faite comme suit :
 - a- Interrupteur d'alarme et d'arrêt pour manque de pression d'huile de lubrification et de barrage.

b- Interrupteur d'arrêt pour survitesse de la turbine.

c- autres dispositifs de protection.

- Immédiatement avant la mise en route, ouvrir tous les robinets de purge du compresseur, vidanger le liquide et refermer les robinets. (dans certains cas ne fermer ces robinets qu'après le démarrage).
- Contrôler que la soupape de retenue est montée dans le refoulement du compresseur, soit lubrifiée correctement et qu'elle fonctionne librement.
- Si un régulateur automatique de pression ou de volume est utilisé, il doit être déclenché pour la mise en route initiale. Les régulateurs peuvent être déclenchés lorsque le fonctionnement de la machine s'est avéré satisfaisant.

IV.2.3.2. Démarrage du groupe de compression :

Avant de mettre le compresseur en marche, s'assurer que tous les points du paragraphe précédent ont bien été exécutés :

- Mettre en marche les pompes.
- Si des étanchéités à labyrinthe sont utilisées, brancher le gaz ou l'air de barrage.
- Dans beaucoup d'application pour réduire la puissance demandée au cours de démarrage, il sera nécessaire de fermer partiellement ou totalement le clapet d'aspiration.
- Il est important d'ouvrir immédiatement le clapet d'aspiration, une fois la vitesse de régime atteinte, afin d'éviter le pompage du compresseur.
- S'assurer que la turbine est convenablement réchauffée. Faire tourner le groupe à la vitesse la plus lente possible pendant 20 minutes environ. Au cours de la mise en marche, contrôler si des bruits inhabituels se font entendre dans la machine motrice, les multiplicateurs et le compresseur. Si quelques bruits inhabituels sont perçus, stopper immédiatement et procéder à des recherches. Si le compresseur, la machine motrice ou le multiplicateur vibrent d'une manière excessive, stopper et rechercher la cause.
- Au cours du fonctionnement à vitesse réduite, procéder à une vérification rigoureuse des températures de tous les paliers. Dans le cas d'une montée brusque et anormale en température, stopper et rechercher la cause.

IV-3 Révision générale de compresseur centrifuge BCL 306/355 :

Après avoir fonctionné pendant 16 000 heures, le compresseur n'avait pas encore atteint le moment prévu pour la révision générale, fixée à 48 000 heures. Cependant, la révision a été effectuée en raison d'un problème rencontré

Cause de de la révision :

Suite au déclenchement de la K03-2901A (BCL456) en raison de vibrations excessives au niveau du palier porteur avant du compresseur K03-2902A (BCL 306/355), avec un déplacement axial alarmant (zi1201=23) et une pression de refoulement du compresseur de 48 bars au lieu des 80 bars attendus, une révision générale sera nécessaire.

Début des travaux :

1- Démontage

- Nettoyage des 3 compresseurs.
- Mise en place des queues de poêle par l'XP pour les vannes.
- Démontage des conduites d'huile de lubrification, d'étanchéité et de retour d'huile.
- Démontage des conduites de gaz d'équilibrage et le gaz de référence et les trois purges de compresseur.
- Préparation d'échafaudage pour démontage des conduites d'aspirations et refoulements
- Démontage des caches d'accouplement.
- Démontage des accouplements entre K03-2901 et K03-2902 ainsi que se lui entre K03-2902 et K103.
- extraite du compresseur sur skis.
- Démontage manchons d'accouplement.
- Démontage palier (porteur et buté active. inactive).
- Démontage du flasque coté aspiration extraction du diaphragme.
- Démontage du deux demi corps supérieur du diaphragme.

2-Vérification les jeux entre labyrinthe et l'arbre :

- Les diffuseurs sont complètement bouchés.
- Les faces intérieures des roues sont revêtus d'une couche très épaisse d'environ (3 à 4mm) de dépôts.
- Les labyrinthes inter-étages et les surfaces extérieures des roues sont couverts d'épôts
- Prise de quelques jeux.

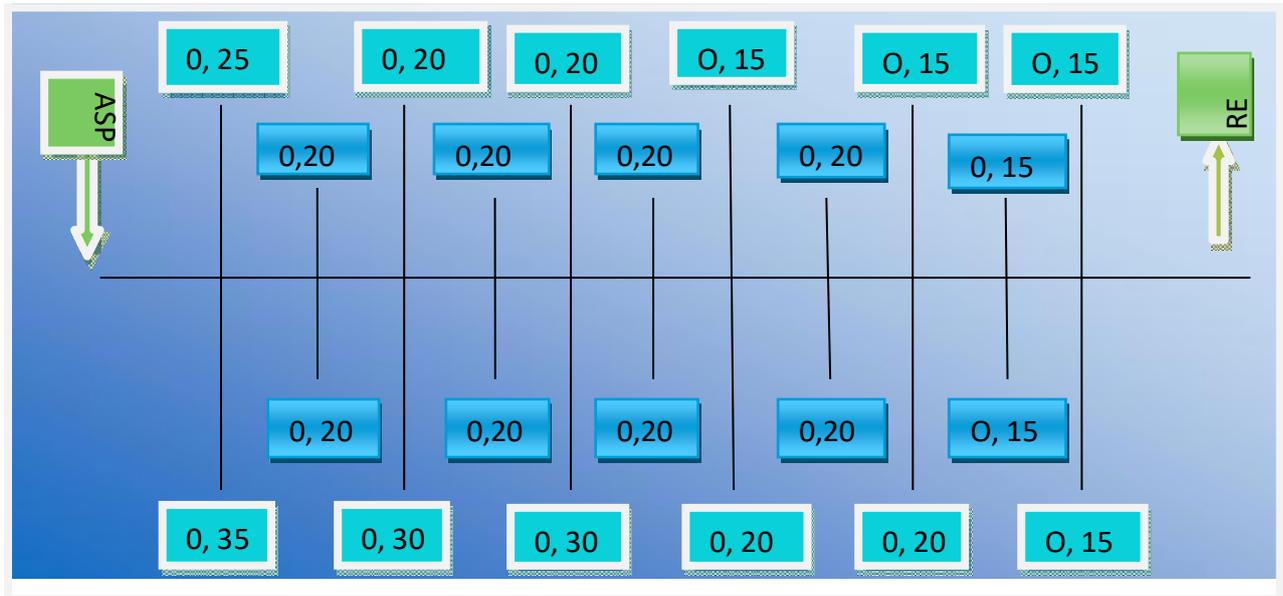


Figure IV.33 : les jeux entre labyrinthe et l'arbre avant le nettoyage ([8])

- Démontage du diffuseur
- Nettoyage du diffuseur
- Démontage de flasque coté refoulement
- Démontage de labyrinthe du tambour d'équilibrage

Remontage :

- Apres les travaux de nettoyage.
- Remontage des diffuseurs.
- Remontage des labyrinthes inter étages dans les diffuseurs supérieur et inférieurs.
- Remontage du rotor dans les demis -corps inférieur.
- Prise du jeu axial total sans butée centrage du rotor.
- Centrage du rotor (Jeu axial =5 ,90mm).
- Prise des jeux des labyrinthes inter étage.
- Remontage labyrinthe par référence.

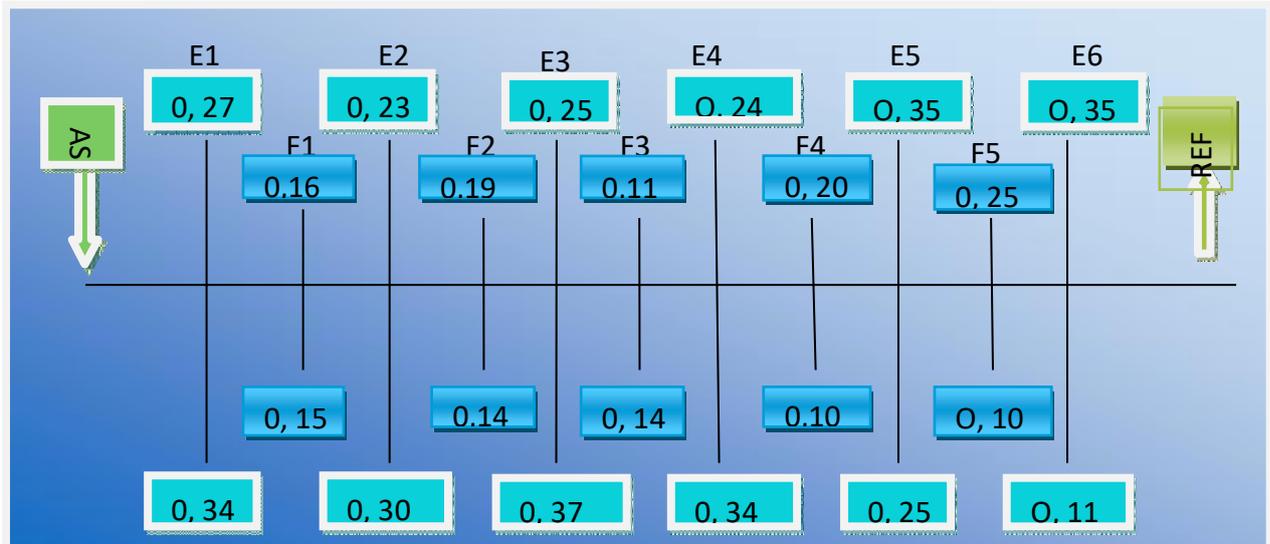


Figure IV.34 : les jeux entre labyrinthe et l'arbre après le nettoyage en millimètre. ([8])

$$E_1 = 0,27 + 0,34 = 0,61$$

$$E_2 = 0,23 + 0,30 = 0,53$$

$$E_3 = 0,25 + 0,37 = 0,62$$

$$E_4 = 0,24 + 0,34 = 0,58$$

$$E_5 = 0,35 + 0,25 = 0,60$$

$$E_6 = 0,35 + 0,11 = 0,46$$

$$F_1 = 0,16 + 0,15 = 0,31$$

$$F_2 = 0,19 + 0,14 = 0,53$$

$$F_3 = 0,11 + 0,14 = 0,25$$

$$F_4 = 0,20 + 0,10 = 0,30$$

$$F_5 = 0,25 + 0,10 = 0,35$$

Jeu du labyrinthe avec tambour d'équilibrage = 0,70mm.

Jeu anneau d'étanchéité coté ASP et REF = 0,38mm.

Jeu bague d'étanchéité HP coté ASP et REF = 0,08mm.

Jeu bague d'étanchéité BP coté ASP et REF = 0,12mm. Jeu labyrinthe du poil bague = 0,20mm.

- Remontage du flasque coté refoulement.
- Mise en place du joint entre le diffuseur.
- Assemblage des deux diaphragmes et remontage de l'ensemble dans le corps du compresseur.
- Remontage du flasque coté aspiration.
- Remontage de l'anneau d'étanchéité, porte bagues avec bague neuves, et palier porteur avec patins neufs (coté REF et ASP).
- Remontage de l'anneau d'étanchéité, porte bague avec bague neuves, et anneau du porte bague (coté ASP).

- Remontage du disque d'appui buté inactive, collier de buté et buté active ainsi que palier porteur avec patins neufs (coté ASP).
- Prise du jeu axial avec buté = 0,28mm.
- Remontage du manchon d'accouplement.

4-Vérification l'alignement de compresseur :

- Remontage les conduites de gaz (ASP et RFE).
- Alignement du K03-2902 avec K03-2901.
- Le comparateur placé sur le compresseur K03-2902 et les lectures sont effectués sur le compresseur K03-2901 1er étage

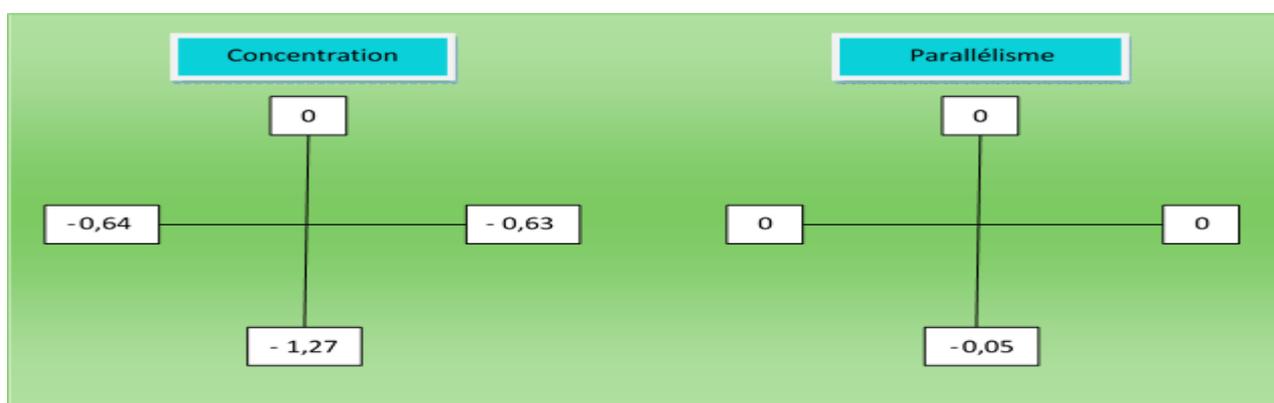


Figure IV.35 : L'alignement des compresseurs 1er et 2ème étage en millimètre ([8])

- Alignement du k103 avec K03-2902
- Le comparateur placé sur k103 et les lectures sont effectués sur K03-2902

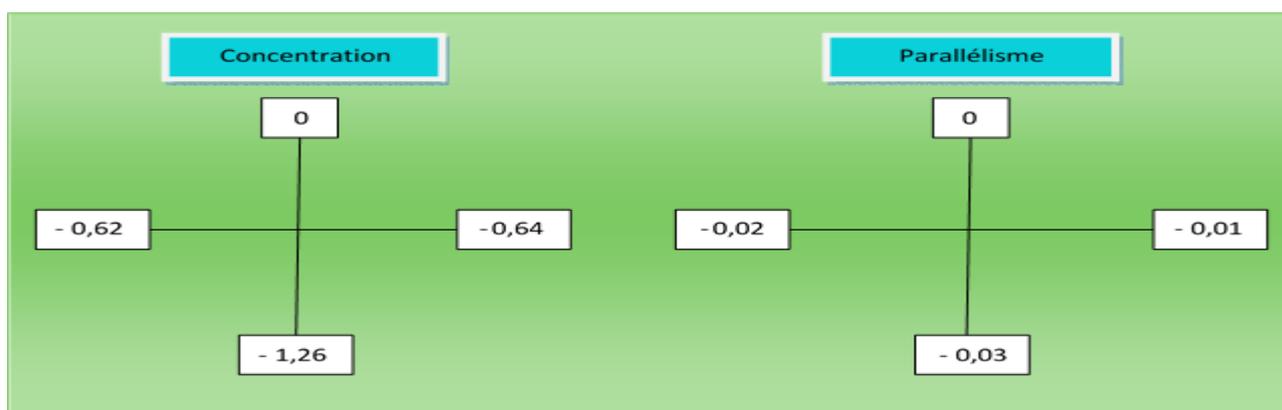


Figure IV.36 : L'alignement des compresseurs 2ème et 3ème étage en millimètre ([8])

- réglage de la zéro mécanique a $28/2= 14$ mm
- remontage des accouplements entre K03-2901 et K03-2902

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé les notions générales concernant la maintenance des compresseurs, ainsi que la définition des concepts de base de cette maintenance visant à prévenir les défauts pouvant être causés par les compresseurs BCL 306/355. Nous avons souligné leur importance au sein de cette entreprise.

Chapitre V

Problème de vibration du compresseur

BCL 306/355

V-1 Introduction et aperçu de la machine :

Le compresseur de gaz d'injection IGC-3 est une unité de turbocompresseur constituée d'une TURBINE À GAZ GE 5002 entraînée par un compresseur centrifuge GE BCL 306 et BCL 355 via une boîte de vitesses avec le sens de rotation de la TURBINE est CCW et le compresseur est CW.

Une turbine à gaz est constituée de deux arbres HP et LP avec deux roulements lubrifiés par de l'huile de lubrification VG-32. Chaque roulement est un roulement à manchon équipé d'une sonde de proximité radiale X 45 degrés à gauche Y à 45 degrés à droite et de sondes de proximité de poussée.

Boîte de vitesses avec palier lisse équipée d'une sonde de proximité de position de poussée et d'une sonde de proximité radiale X 45 degrés à gauche Y 45 degrés à droite et un phaseur de clé installé dans l'arbre lent.

Les compresseurs centrifuges BCL 306 et BCL 355 avec un mauvais roulement basculant sont équipés d'une sonde de proximité de position de poussée et d'une sonde de proximité radiale X 45 degrés à gauche Y 45 degrés à droite et un phaseur clé est installé.

En plus, chaque roulement est égalisé par des capteurs de température RTD.

Toutes les sondes installées sur l'unité sont connectées au RAK 3500 qui est connecté au serveur system1 EVO.



Figure V.37 : Vue d'ensemble de la machine

	ALARM (μm)	Trip
LP COMP	40	60
HP COMP	50	70

V-2 Compresseur de gaz d'injection :

Il y a trois trains (X01-2901/X02-2901/X03-2901) de compresseur de gaz d'injection (3x33%) travaillant en parallèle. Chaque train IGC a deux étages de compression utilisant deux compresseurs centrifuges de type BCL 355/A et BCL 306/C. Le gaz d'admission est sous pression à 158 bar au premier étage et à 343 bar au deuxième étage. Chaque étape est fournie avec tambour d'aspiration et refroidisseur final.

Le compresseur du premier étage à cinq roues et le compresseur du deuxième étage en a six hélices. Le compresseur centrifuge est soumis à une poussée axiale vers l'aspiration fine en raison de la pression différentielle générée sur le disque et le couvercle de chaque roue.

La majorité de la poussée est équilibrée par le tambour d'équilibrage monté sur l'extrémité de l'arbre adjacente à la roue du dernier étage.

Les deux étages de compression sont reliés par un arbre commun et entraînés par du gaz tiré Turbine. Le gaz combustible à haute pression est utilisé comme combustible pour la turbine à gaz. Chaque L'ensemble compresseur-turbine comprend un système d'huile de lubrification dédié, un système de gaz d'étanchéité, système de traitement des gaz combustibles, système d'huile hydraulique, système de ventilation, système de lutte contre l'incendie etc.

Tous les trains sont connectés par un contrôleur de partage de charge. Chaque train de compresseur est équipé d'un contrôleur anti-surtension et d'un système de protection de la machine. Les contrôles de là Le package IGC est implémenté dans UCP. ([6], 24/03/2023)

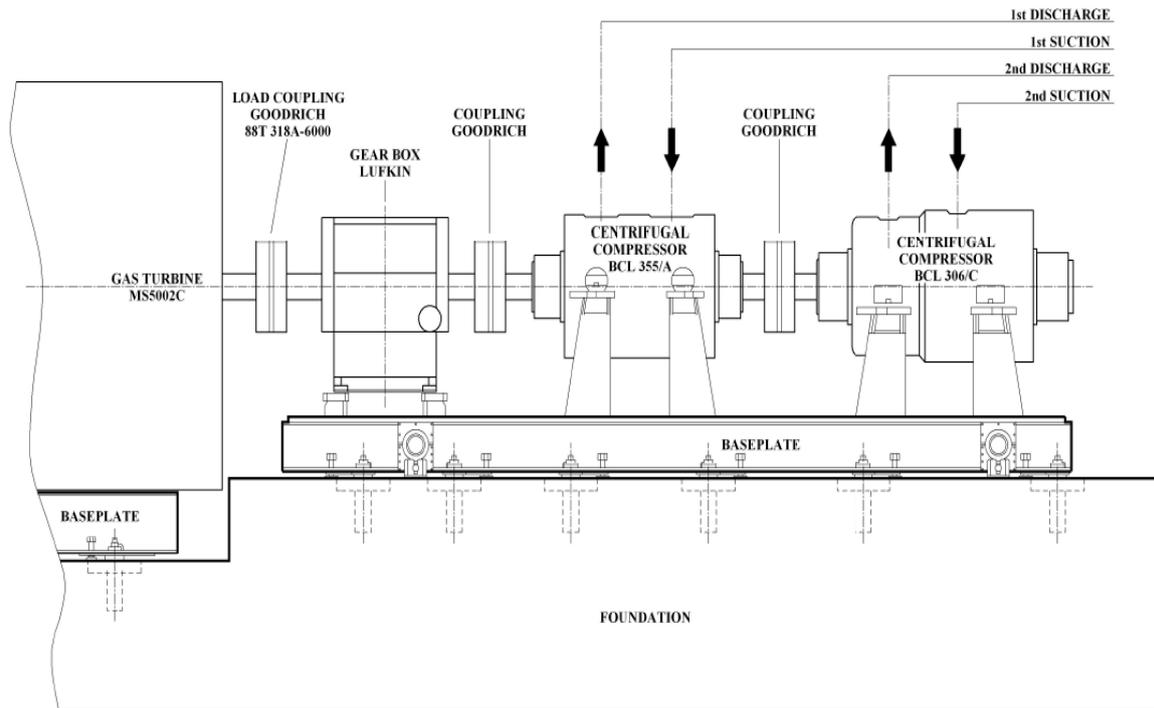


Figure V.38 : Agencement du groupe de compresseurs

V-3 Résumé exécutif du projet :

Les données de vibration du système 1 Evo de la dernière période de fonctionnement ont été utilisées pour évaluer l'état des données de la machine du 20/08/2022 au 13/01/2023. L'analyse de ces données a révélé que lors du démarrage, l'unité a atteint sa pleine vitesse à 11600 tr/min avec la valeur d'amplitude la plus élevée notée 55 μm dans 03-VY-29162Y (compresseur DRIVE END HP) et 41 μm dans 03-VY-29160X (compresseur DE LP) qui est supérieur au point de consigne d'alarme 40 μm .

Sachant qu'après l'installation du nouveau faisceau dans le compresseur LP et lors du premier démarrage de la machine, nous avons observé des vibrations anormales dans les compresseurs LP et HP, comme indiqué. ([6], 24/03/2023)

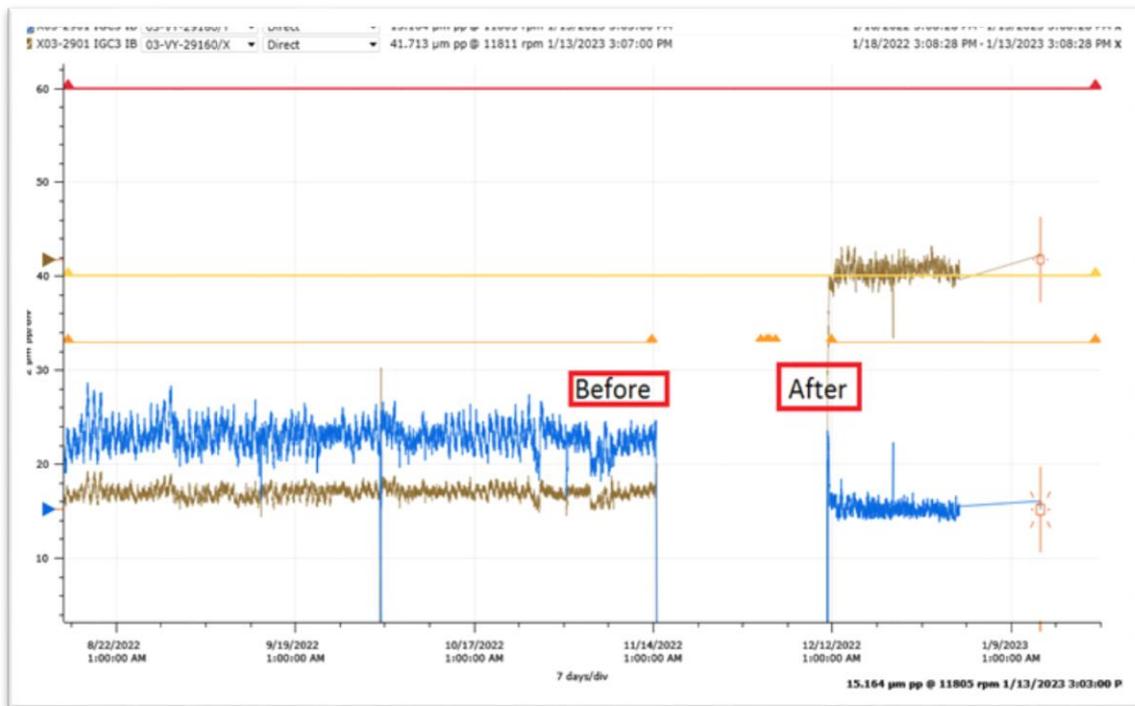
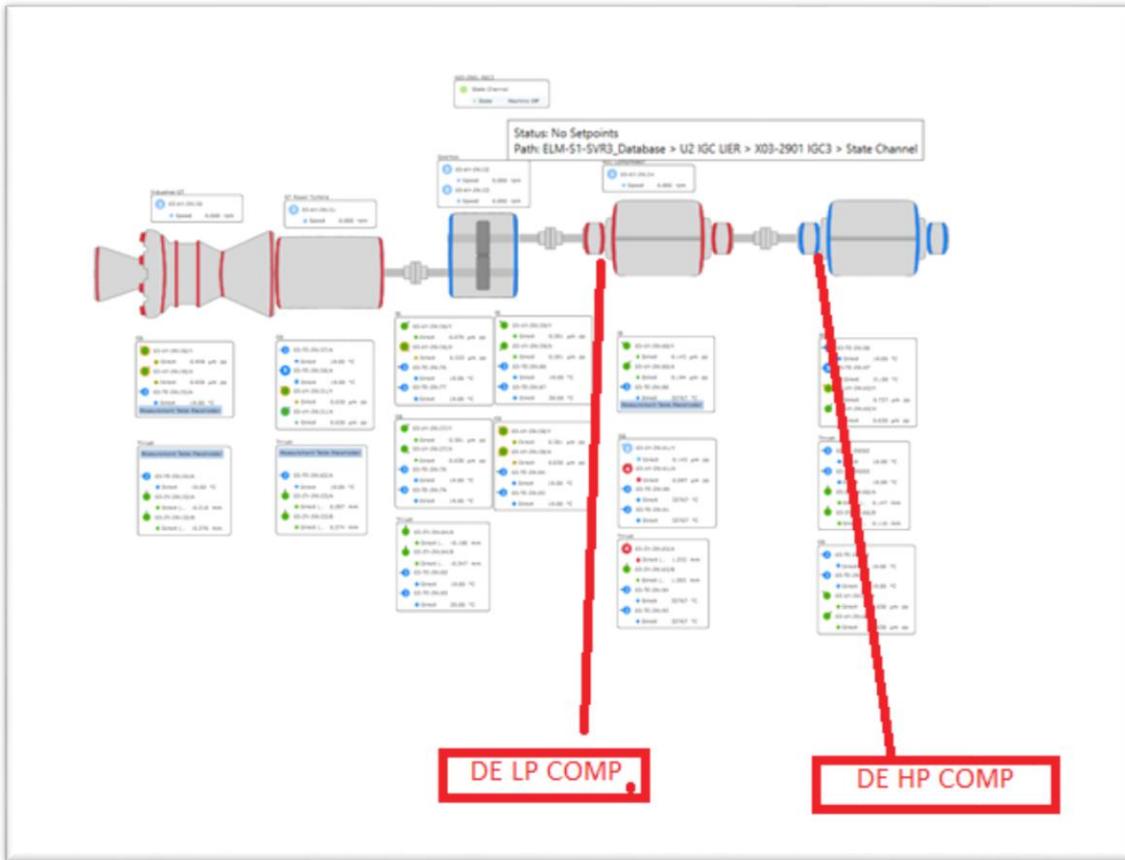


Figure V.39 : LP compressor vibration drive end

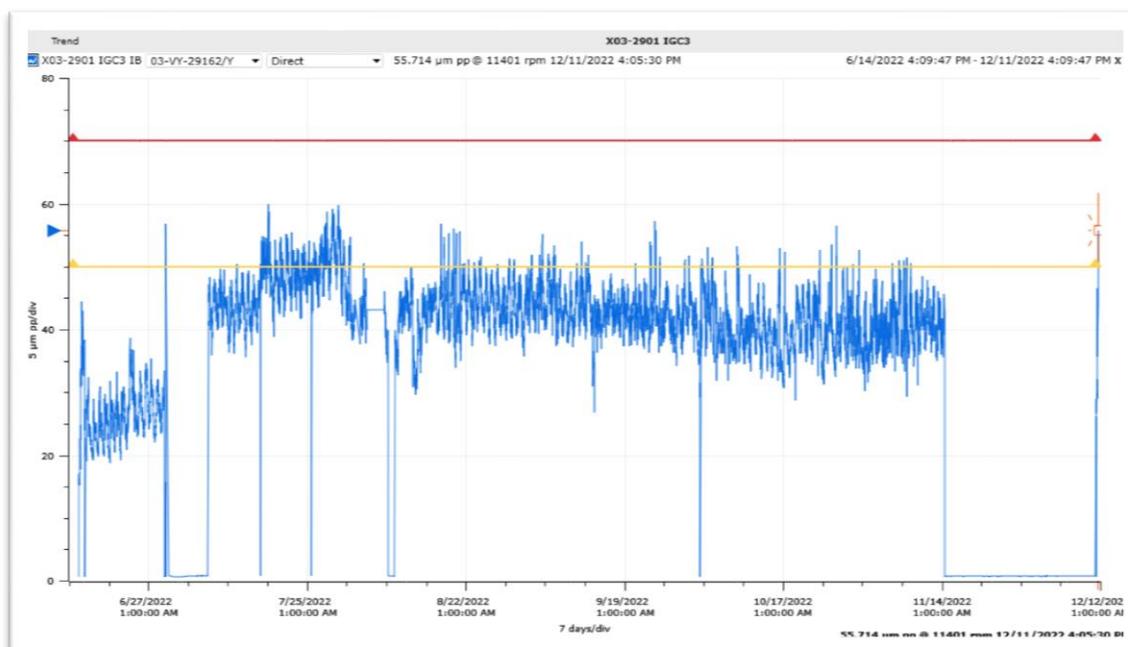


Figure V.40 : HP compressor vibration drive end

V-4 Recommendations:

- ❖ Confirmer la vidange du compresseur et s'assurer qu'il n'y a pas de liquide à l'intérieur
- ❖ Il est recommandé d'intégrer les paramètres liés au processus et aux performances de l'unité de la machine pour améliorer la capacité de surveillance et de diagnostic.
- ❖ Un contrôle d'alignement est nécessaire
- ❖ Si l'alignement est accepté et qu'il n'y a pas de problème dans le processus, nous procédons à l'exécution d'un équilibrage sur site des compresseurs BP et LP.

V-5 Analyse :

Nous avons observé que la vibration était stable en dessous de 8 000 tr/min, puis augmentait jusqu'à l'alarme, comme indiqué dans le graphique.

Après la vérification et l'analyse du spectre, nous avons conclu que la forte probabilité que ce problème soit dû à un déséquilibre résiduel des deux rotors LP et HP.

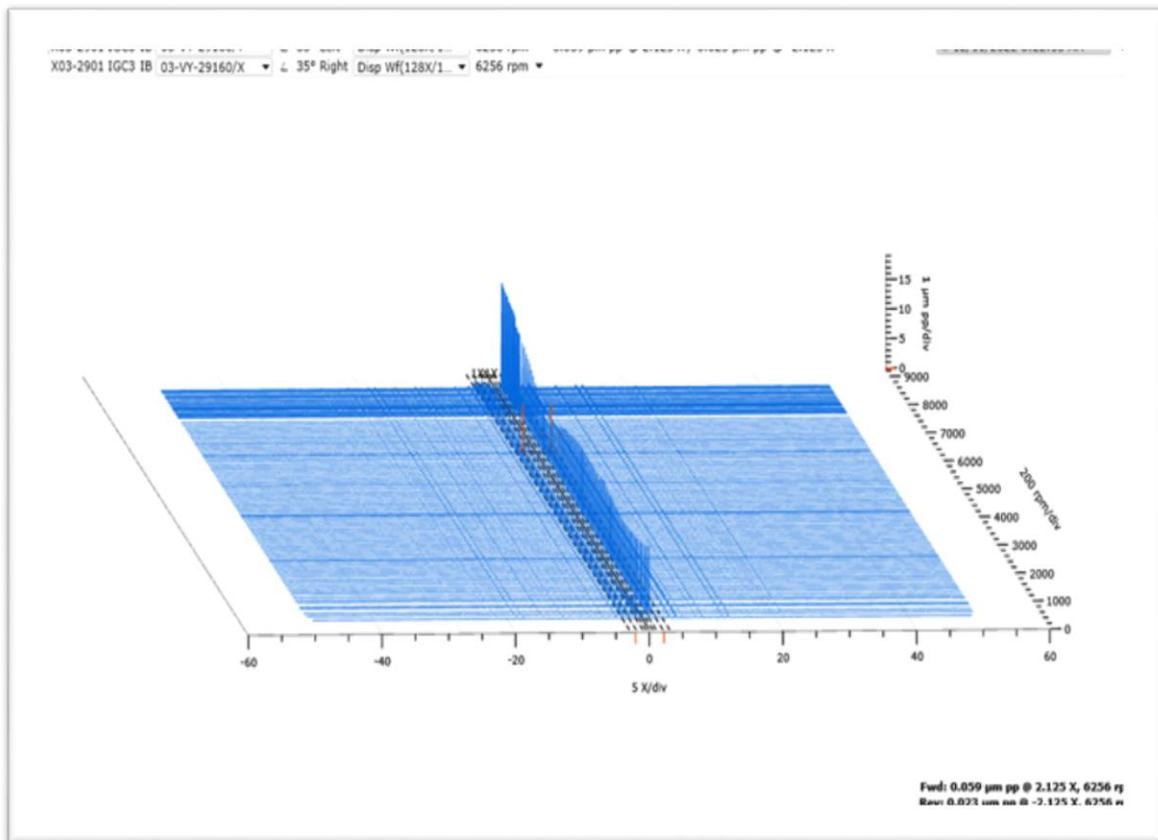


Figure V.41 : Spectre en cascade du compresseur LP Au démarrage

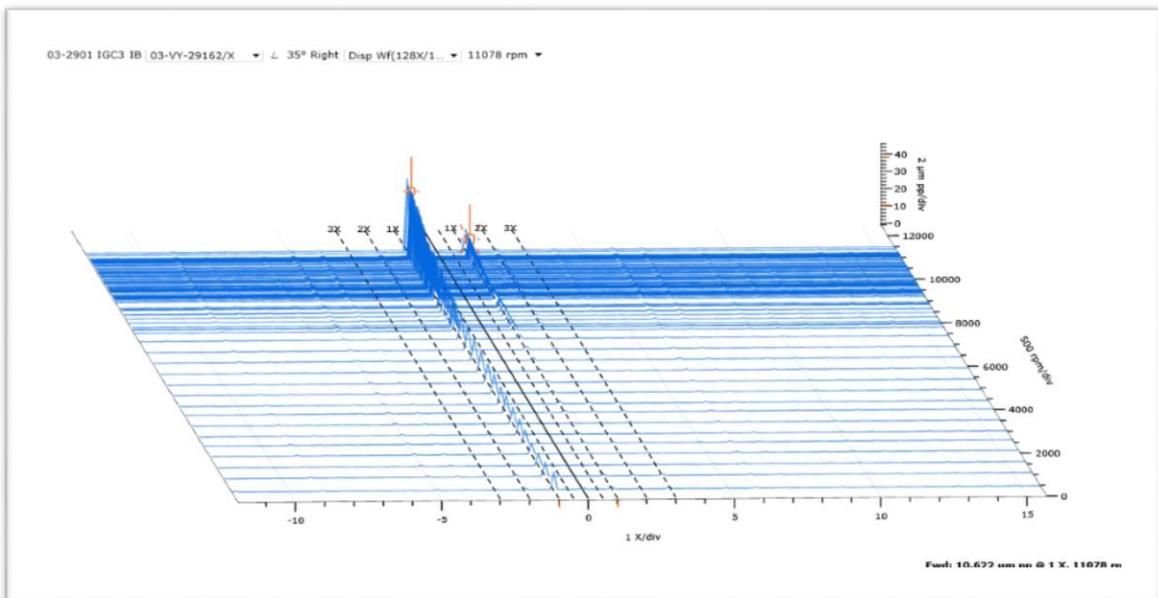


Figure V.42 : Spectre en cascade du compresseur HP Au démarrage

Équilibrage du Rotor HP :

L'objectif : Réduire le vecteur et éliminer le balourd résiduel.

Le vecteur de vibrations original $\vec{O} = 42 \mu\text{m}$ à 204° .

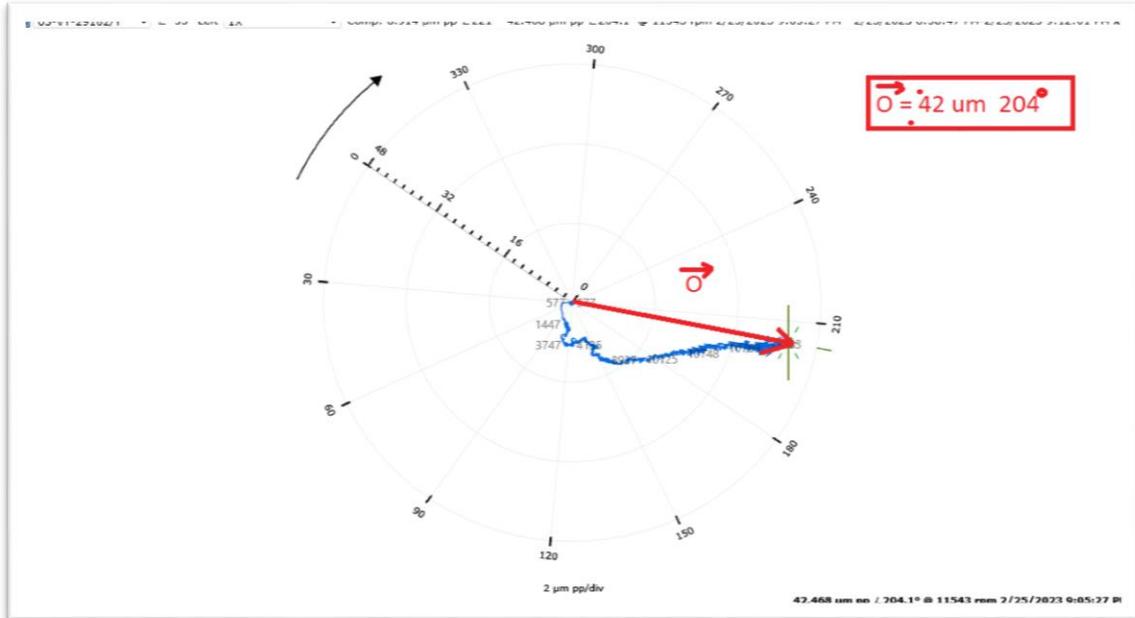


Figure V.43: Position de vecteur original \vec{O} sur le rotor HP

1-Calculer le poids d'influence à mettre :

On applique la loi de 10 % du droit de rotor :

- Poids du rotor = 1400 kg.
- $F = m.r.\omega^2$
- F : Force centrifuge (N)
- m : Poids d'influence (kg).
- r : Rayon (m).
- W : vitesse angulaire (Rad/S).
- M : masse du rotor.

Force de 10 % du poids du rotor = $F/10$.

- ◻ $F/10 = m.r.\omega^2$
- ◻ $MG/10 = m.r.\omega^2$
- ◻ $m = MG/10.r.\omega^2$

AN:

$$M=1400\text{kg}$$

$$r=0,15\text{ m}$$

$$\omega = 2 \cdot \text{PI} \cdot \text{RMP} / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 10200 / 60 = \mathbf{1067\text{ Rad/S}}$$

$$m = 1400 \cdot 10 / 10 \cdot 0,15 \cdot (1067)^2 = \mathbf{8g}$$

Mettre 8g à 45° et démarrer la Machine (position de la masse d'influence aléatoire).

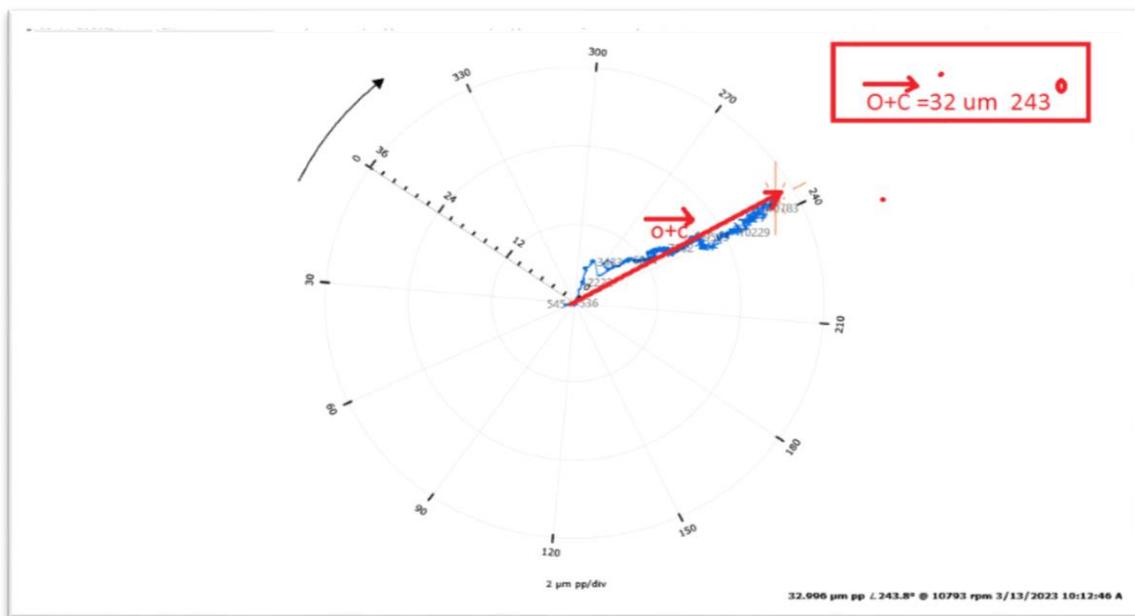


Figure V.44 : Position de vecteur $\vec{O+C}$ dans le rotor HP

2- Correction de vecteur original de vibrations après le mets de la masse d'influence :

Avant :

$$\vec{o} = 42\ \mu\text{m à } 204^\circ$$

Après :

$$\vec{O+C} = 32\ \mu\text{m à } 243^\circ$$

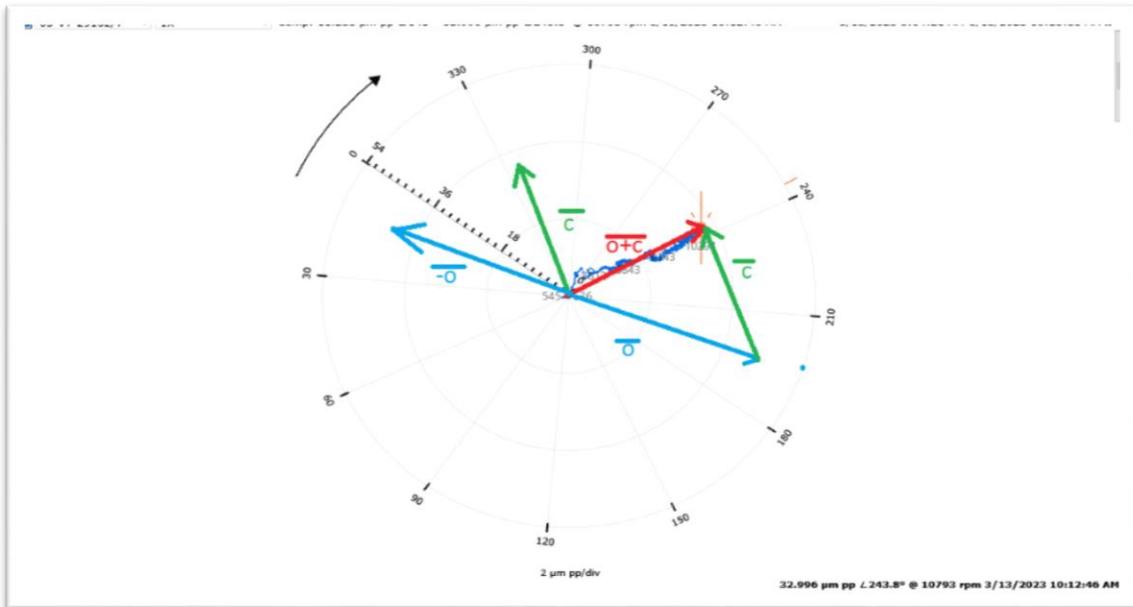


Figure V.45 : Position des vecteur \vec{c} et $(-\vec{o})$ dans de le rotor HP

Calcul de \vec{c} :

$$\vec{o+c} = \vec{o} + \vec{c}$$

$$\vec{c} = \vec{o+c} - \vec{o}$$

$$\vec{c} = \vec{32} \text{ à } 243^\circ - \vec{42} \text{ à } 204^\circ \Rightarrow \vec{27} \text{ à } 333^\circ$$

3- L'élimination de déséquilibre :

Maintenant, nous devons créer \vec{o} pour supprimer le déséquilibre.

$$\vec{o} = 42 \mu\text{m} \text{ à } 204^\circ \text{ donc } \vec{-o} = 42 \mu\text{m} \text{ à } 24^\circ$$

$$\text{Correction d'angle} = \vec{o} - \vec{-c} = 24^\circ - 333^\circ = 51^\circ$$

Calcul de poids de correction finale :

$$8 \text{ g} \rightarrow 27 \mu\text{m}$$

$$X \text{ g} \rightarrow 42 \mu\text{m}$$

$$X = 42 * 8 / 27 = 12.44 \text{ g}$$

Donc, le poids de correction devrait être : **12.44g at 45°+51° =96°**

Équilibrage du Rotor LP :

L'objectif : Réduire le vecteur et éliminer le balourd résiduel.

Le vecteur original $\vec{O} = 27 \mu\text{m}$ à 311°

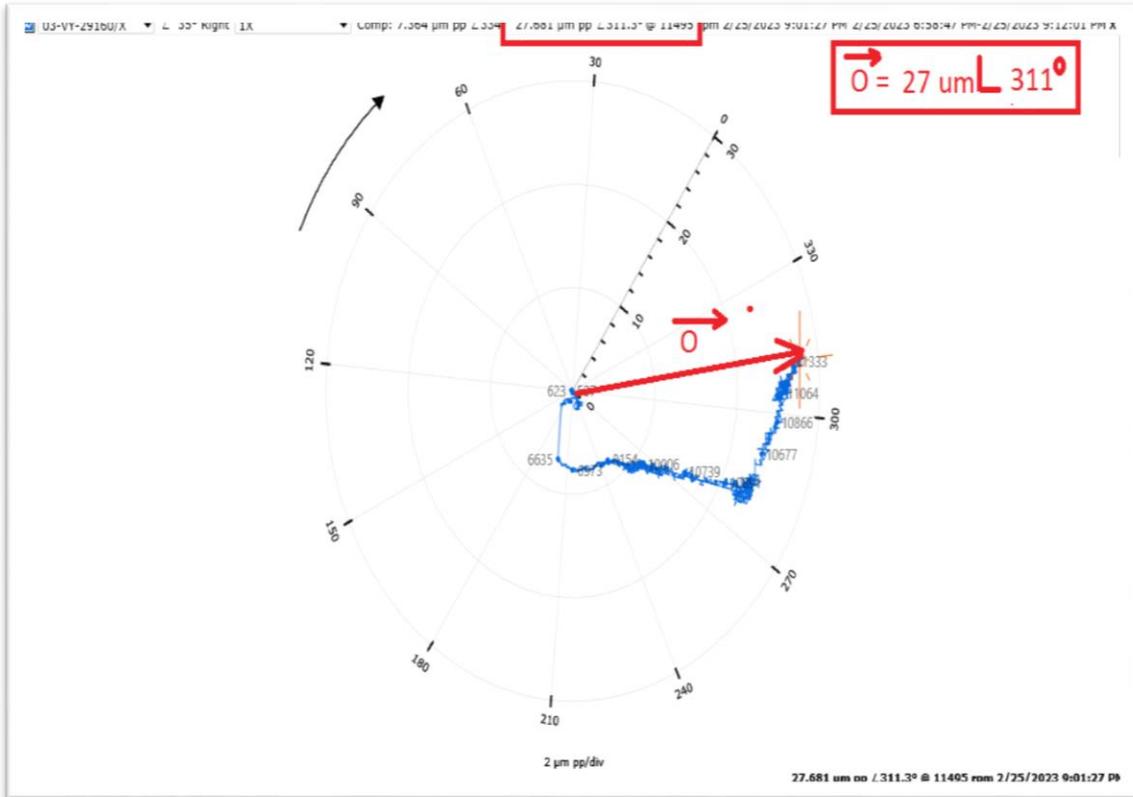


Figure V.46 : Position de vecteur original \vec{O} sur le rotor LP

1-Calculer le poids d'influence à mettre :

On applique la loi de 10 % du droit de rotor :

- Poids du rotor = 1500 kg.
- $F = m.r.\omega^2$
- F : Force centrifuge (N)
- m : Poids d'influence (kg).
- r : Rayon (m).
- W : vitesse angulaire (Rad/S).
- M : masse du rotor.

Force de 10 % du poids du rotor = $F/10$.

- $F/10 = m.r.\omega^2$
- $MG/10 = m.r.\omega^2$
- $m = MG/10.r.\omega^2$

AN:

$M=1500\text{kg}$

$R=0,15\text{m}$

$\omega = 2 \cdot \text{PI} \cdot \text{RMP} / 60 = 2 \cdot 3.14 \cdot 10200 / 60 = 1067 \text{ Rad/S}$

$m = 1500 \cdot 10 / 10 \cdot 0.15 \cdot (1067)^2 = 9\text{g}$

Mettre 10g à 45° et démarrer la Machine (position de la masse d'influence aléatoire).

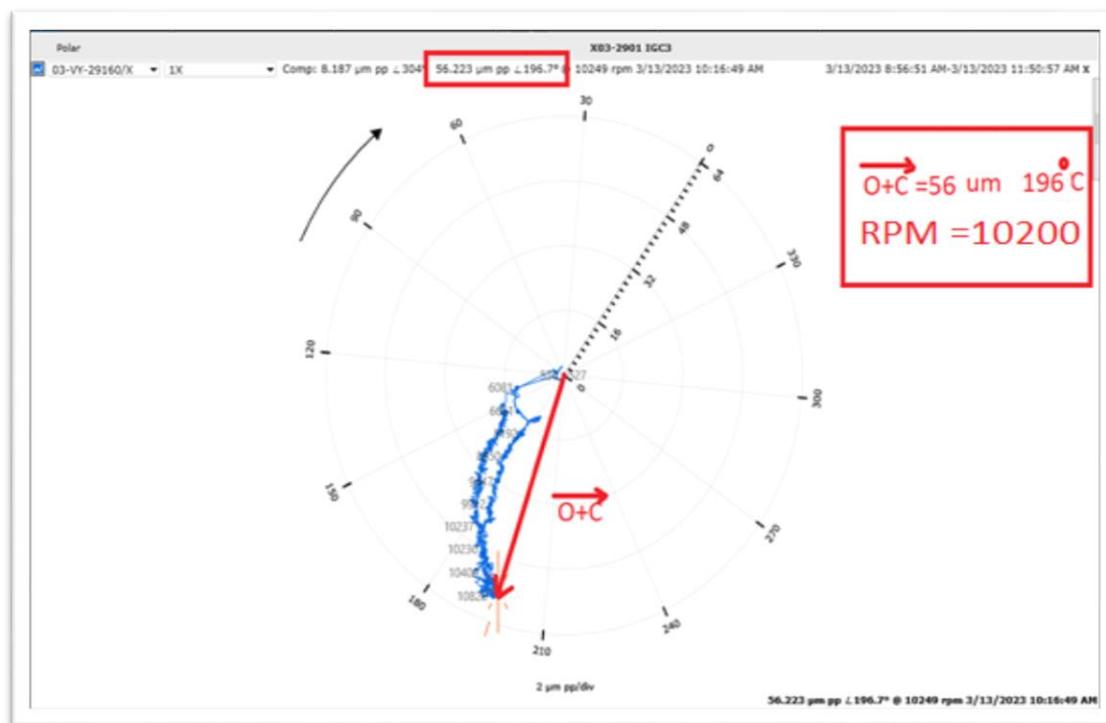


Figure V.47 : Position de vecteur $\vec{O+C}$ dans le rotor LP

2- Correction de vecteur original de vibrations après le mets de la masse d'influence :

Avant :

$$\vec{O} = 27 \mu\text{m} \text{ à } 311^\circ$$

Après :

$$\vec{O+C} = 56 \mu\text{m} \text{ à } 196^\circ$$

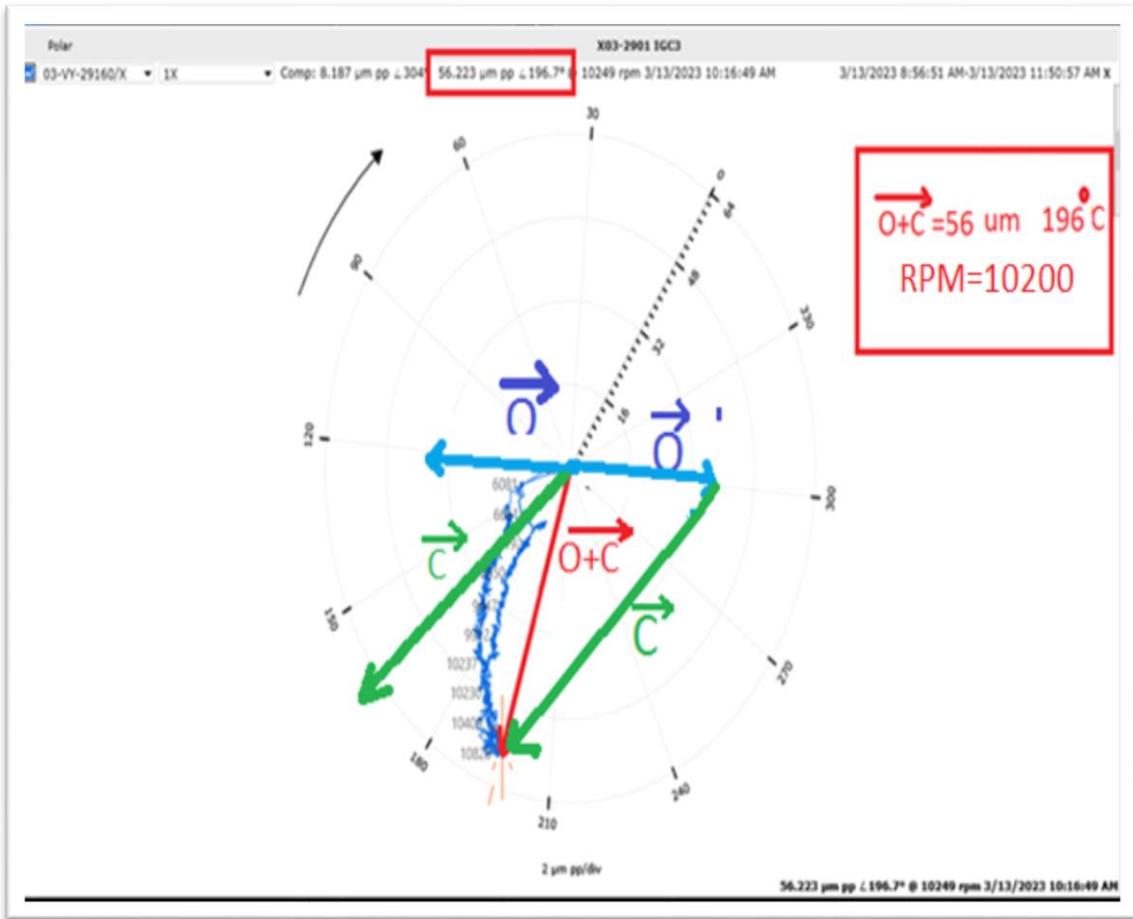


Figure V.48 : Position des vecteur \vec{C} et $(-\vec{O})$ dans de le rotor LP

Calcul de \vec{C} :

$$\vec{O+C} = \vec{O} + \vec{C}$$

$$\vec{C} = \vec{O+C} - \vec{O}$$

$$\vec{C} = \vec{56}^{196^\circ} - \vec{27}^{311^\circ} = \vec{71}^{176^\circ}$$

3- L'élimination du déséquilibre :

Maintenant, nous devons créer \vec{r}_0 pour supprimer le déséquilibre.

$$\vec{r}_o = 27 \text{ um a } 311^\circ \text{ so } \vec{r}_{-o} = 27 \text{ }\mu\text{m a } 131^\circ$$

$$\text{Correction d'angle} = \vec{r}_c - \vec{r}_{-o} = 131^\circ - 176^\circ = -45^\circ$$

Déplacez la masse d'influence de 45° CW

Soit Position de correction : $45 - 45 = 0^\circ$

Calcule de poids d'influence finale :

$$10 \text{ g} \rightarrow 71 \text{ }\mu\text{m}$$

$$X \text{ g} \rightarrow 27 \text{ }\mu\text{m}$$

$$X = 27 * 10 / 71 = \mathbf{3,8g}$$

Donc, le poids de correction devrait être **3,8g** à

Conclusion générale :

Nous avons constaté que la maintenance adéquate des compresseurs est essentielle pour prévenir les défaillances, minimiser les temps d'arrêt non planifiés et maximiser la durée de vie opérationnelle des équipements. La mise en place de programmes de maintenance préventive, comprenant des inspections régulières, des opérations de lubrification, des ajustements et des remplacements périodiques des pièces usées, permet d'identifier et de résoudre les problèmes potentiels avant qu'ils ne se transforment en défaillances coûteuses.

De plus, l'utilisation de techniques avancées de surveillance et de diagnostic, telles que l'analyse des vibrations, la thermographie infrarouge et les systèmes de surveillance en ligne, permet d'optimiser la planification des activités de maintenance et d'améliorer la fiabilité des compresseurs.

Une gestion efficace de la maintenance nécessite une combinaison de connaissances techniques approfondies, de bonnes pratiques de maintenance et de l'utilisation de technologies modernes pour surveiller et prévenir les défaillances.

Pendant notre stage, nous avons eu la chance d'assister à un problème lié à des niveaux élevés de vibrations, ce qui a déclenché une procédure complète. Un diagnostic a été établi et des mesures correctives ont été mises en œuvre. L'élévation des vibrations était causée par un déséquilibre du rotor, et une méthodologie de réparation comprenant un rééquilibrage statique et dynamique a résolu le problème rencontré.

Cette expérience sur site nous a permis de mieux comprendre la gestion de la maintenance. Nous avons identifié certaines lacunes dans cette gestion qui pourraient être améliorées en tenant compte des recommandations suivantes :

- Renforcer les programmes de maintenance préventive :
- Mettre en œuvre une gestion efficace des pièces de rechange :
- Utiliser des technologies de surveillance avancées :
- Promouvoir une culture de sécurité et de conformité

En prenant en compte ces recommandations, qui seront traitées par les futurs étudiants dans le cadre de leur projets de fin d'études, la gestion de la maintenance pourra être améliorée, ce qui permettra d'optimiser la fiabilité des équipements, de réduire les temps d'arrêt non planifiés et d'améliorer les performances globales de l'entreprise

Bibliographie

- [1]. (2012 NUOVO PIGNONE). *Manuel opératoire compresseurs centrifuges BCL306/355. PROJET PETROFAC SONATRACH.*
- [2]. (s.d.). *Présentation global du CPF Elmerk MANUEL DE FORMATION ^SPIE^, document de scoiété.*
- [3]. (s.d.). *Sontrach/Anadarko ABB Pocess de Projet d'el merk.*
- [4]. (s.d.). *FERHAT Ossama/BOULIFA Mohammed Adnane (2020),Mémoire de fin d'étude Master,université KASDI-MERBAH Ouargla, P19.*
- [5]. (s.d.). *GE imagination at work, Cenrifugal Compressor Training course 08/11/1/2012, P 54.55.61.*
- [6]. (24/03/2023). *Rapport sur les services de diagnostic des machines Groupement Berkine EL Merk.*
- [7]. ((2020)). *ADEL Abderrahim, BOUGOFFA Djaballah, BERRAMDANE Mohamed,mémoire fin d'étude Etude comparative entre le MPM et le Séparateur de test (cas de champ).*
- [8]. (s.d.). *Les rapports de révision personnel de Sonatrach.*