

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Sciences de L'Ingénieur
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Filière : Electromécanique
Spécialité : Electromécanique

THEME

ETUDE TECHNIQUE ET LA MAINTENANCE APPLIQUEE AU
TURBO EXPANDER A HASSI MESSAOUD

Présenté par :

DJEBLI Brahim

DJEMMALI Khaled

Promotrice : Mme. BAHLOUL Hassiba

Co-promoteur : M. ACHOURI Omar

Promotion 2022- 2023

Résumé :

Cette étude est destinée à la maintenance du turboexpander , qui une est machine rotative à deux roues qui présente un grand avantage dans la récupération des hydrocarbures liquides. Nous avons contribué à la proposition des solutions possibles pour l'entretenir avec soin afin de respecter la production et la qualité exigences d'améliorer les performances de ce dernier en faisons un suivi rigoureux des paramètres de son fonctionnement et d'assurer la maintenance du turbo-détendeur pour éviter les diverses causes qui influencent les performances (vibrations, frottements, etc.).

Mots clés : Turbo-expander, maintenance, suivi.

Abstract :

This study is intended for the maintenance of the turbo-expander which is a two-wheeled rotary machine which has a great advantage in the recovery of liquid hydrocarbons. We contributed to the proposal of possible solutions to maintain it with care in order to respect the production and quality requirements to improve the performance of the latter by rigorously monitoring the parameters of its operation and to ensure the maintenance of the turbo - regulator to avoid the various causes that influence performance (vibrations, friction, etc.).

Keys-words: Turbo-expander, maintenance, monitoring.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى صيانة المكثف التوربيني، وهو عبارة عن آلة دوارة بعجلتين تتمتع بميزة كبيرة في استعادة الهيدروكربونات السائلة. لقد ساهمنا في اقتراح الحلول الممكنة لصيانته بعناية من أجل احترام متطلبات الإنتاج والجودة لتحسين أداء الأخير من خلال المراقبة الصارمة لمعايير تشغيله ولضمان صيانة منظم التوربو لتجنب أسباب مختلفة تؤثر على الأداء (الاهتزازات، الاحتكاك، إلخ).

الكلمات المفتاحية: موسع توربو، صيانة، مراقبة.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord ALLAH tout puissant de nous avoir fourni le courage et la confiance pour réaliser ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à ma promotrice madame **BAHLOUL Hassiba** et un grand merci à mon encadreur **M. ACHOURI Omar** pour ses conseils et sa patience avec nous pendant l'achèvement de ce travail, tout le personnel de l'unité ZCINA particulièrement **Madame Safaa** et **Monsieur BHAZ** et le groupe maintenance

Comme Je remercie également à tous les enseignants de département génie mécanique

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvant ici l'expression de ma profonde gratitude et profonds respects.

Sans oublier tous les membres du jury

Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de notre vie avec les êtres qu'on aime. Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce Modeste travail :

A ma très chère Mère (الله يرحمها), qui m'a donnée toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son Soutien

A mes frères, et mes sœurs

A toute ma grande famille Djebli,

A mes meilleurs amis chacun par son nom

DJEBLI Brahim

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Celle qui m'a procuré le goût de la vie et le sens de la responsabilité ma
MERE Celle qui a été toujours la source d'inspiration et de courage

Grand merci à mon **PERE**.

Mes chers frères et sœurs.

A Toute ma famille, mes cousins, mes cousines et mes tantes

A tous mes amis, et tous les gens qui m'ont aidé et encouragé

DJEMMALI Khaled

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I.1 : Carte géographique du champ de HMD	1
Figure I.2 : Unité GPL ZCINA (en 3D)	3
Figure I.3 : Synoptique Et Interfaces	3
Figure I.4 : Situation géographique de l'unité ZCINA	4
Figure I.5 : Vue générale procédés et utilités « LDHP »	5
Figure I.6 : Section compression	7
Figure I.7 : Section déshydratation	8
Figure I.8 : Schéma de la section de refroidissement	9
Figure I.9 : Section turbo-expansion	9
Figure I.10 : Section dé-éthanisation	11
Figure I.11 : Section de récupération de GPL.....	12

CHAPITRE II

Figure II.1 : Vue générale du Turbo-Expander	16
Figure II.2 : Les différentes parties du Turbo-Expander	18
Figure II.3 : Le schéma détaillé du Turbo-Expander.....	19

CHAPITRE III

Figure III.1 : Schéma d'un Turbo-Expander	24
Figure III.2 : Turbo-Expander à Paliers magnétique	25
Figure III.3 : Palier magnétique	25
Figure III.4 : Palier radial	26
Figure III.5 : Palier axial	26
Figure III.6 : Paliers auxiliaire	27
Figure III.7 : Les gaps	27
Figure III.8 : l'arbre attiré et en mode suspension	28
Figure III.9 : les capteurs	28
Figure III.10 : Réchauffeur de gaz d'étanchéité	30
Figure III.11 : Circuit de gaz de refroidissement	31
Figure III.12 : Boucle de contrôle	33
Figure III.13 : L'armoire AMB	35
Figure III.14 : Figures explicatif de l'armoire	36
Figure III-15 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 1.....	37
Figure III-16 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 2.....	38
Figure III-17 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 3.....	39
Figure III.18 : Type des amplificateurs	40
Figure III.19 : Commande PWM	41
Figure III.20 : les cartes	41

Figure III.21 : Panneau local	43
Figure III.22 : Schéma P&ID Turbo-Expende	44
Figure III.23 : Schéma de la vanne à fermeture rapide	45
Figure III.24 : Schéma de la Vanne anti pompage	46
Figure III.25 : système anti-pompage	47
Figure III.26 : courbe de fonctionnement du compresseur.....	47
Figure III.27 : les capteurs de protection de palier magnétique	48
Figure III.28 : Inertage.....	49
Figure III.29 : la rampe de vitesse	53
Figure III.30 : boucle ferme de régulation	54
Figure III.31 : schéma explicatif du contrôle	55
Figure III.32 : signale d'entrée et de sortie	55

CHAPITRE IV

Figure IV.1: Type de maintenance	58
Figure IV.2 : type de défaillance	59
Figure IV.3 : organigramme de la maintenance	61
Figure IV.4 : schéma représentatif les fonctions de maintenance	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : caractéristiques principales de la section compression	6
Tableau I.2 les caractéristiques principales de la section déshydration	8
Tableau I.3 les caractéristiques principales de Section turbo expansion	10
Tableau I.4 les caractéristiques principales de la section dé-ethanisation	12
Tableau I.5 les caractéristiques principales de la section de récupération de GPL	13
Tableau III.1 les caractéristiques électriques et les conditions environnementales de l'armoire PMA...32	

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise

I.1 Situation géologique du champ Hassi Messaoud	1
I.2 Présentation de l'unité GPL/ LDHP ZCINA	2
I.3 Description du processus de traitement	3
1) Section compression	5
2) Section déshydratation	7
3) Section refroidissement	9
4) Section dé-étanisation (séparation des gaz)	11
5) Section débutanisation (séparation des liquides)	12
Conclusion	13

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES TURBO EXPANDERS

II.1 Introduction	15
II.2 Turbo machine	15
II.2.1 Définition des turbomachines	15
II.2.2 Classement des turbomachines	15
II.3 Description générale du Turbo-Expander	15
II.3.1 Domaine d'utilisation	16
II.3.2. Le choix du turbodétendeur installé pour le processus de traitement	16
II.3.3 Principales caractéristiques d'un Turbo Expander	17
II.3.4 Exploitation du Turbo-Expander	17

II.4 Descriptions des parties et les principales fonctions de la machine	17
II.4.1 Parties composant la machine	17
II.4.1.2. Partie compresseur	18
II.4.2 Principales fonctions de la machine	18
II.4.2.1 Fonction compression	18
III.4.2.2 Fonction guidage du rotor	18
II.5 Description de système d'étanchéité du Turbo-Expander	19
II.5.1 Système de gaz d'étanchéité	19
II.6 Facteurs influant négativement sur la richesse	19
II.7 Précautions et recommandations sur le Turbo-Expander.....	20
II.7.1 Propreté	20
II.7.2 Essais de pression	21
II.7.3 Effets du Méthanol et du Glycol sur les paliers magnétiques	21
II.8 Avantages et inconvénients du Turbo Expander	21
II.8.1 Avantages	21
II.8.2 Inconvénients	21
Conclusion	22

CHAPITRE III : Etude technique de Turbo-Expander à palie magnétique

III.1. Introduction	24
III.2. Le Turbo-Expander et la vanne (JT)	24
III.2.1. Définition d'un Turbo-Expander	24
III.2.1.1 Description d'un turbo-Expander à paliers magnétique	25

III.2.2	Système des paliers magnétiques	25
III.2.2.1	Les paliers	26
a.	Palier radial	26
b.	Palier axial	26
c.	Les paliers auxiliaires	27
III.2.3	Les capteurs (sensors)	28
III.2.4.	Sécurité du Turbo Expander	29
III.2.5	Systèmes auxiliaires	29
a).	Système de gaz de d'étanchéité	29
b).	Système de gaz de refroidissement	30
III.3	Le système de contrôle et commande	31
III.3.1	L'armoire PMA	31
III.3.1.2	Les caractéristiques de l'armoire	32
III.3.1.2	Le PLC	32
III.3.2.	Description général	34
III.3.2.1.	Schémas électriques de l'armoire de PMA	37
III.3.2.2.	L'amplificateur	40
III.3.2.3.	Les cartes de traitement	41
III.3.2.4	La mise sous tension de l'armoire	43
III.4	Protection d'un système à palier magnétique	43
a.	Protection survitesse de la turbine (QCV)	44
b.	Protection anti pompage du compresseur (ASV)	45
c.	Poussé axial (ATV)	48
d.	Protection des paliers	48
III.5	Procédures de démarrage et d'exploitation	49
III.5.1	Préparation au démarrage	49

III.5.1.1 Inertage et la purge	49
III.5.1.2 Préparation à la purge	50
III.5.1.3 Démarrage de la purge	51
III.5.1.4 Lévitiation du rotor	52
III.5.1.5 Pressurisation	52
III.5.2 Mise en service du gaz de barrage	52
III.5.2.1 Drainage (vidange)	53
III.5.3 Démarrage de la turbine/compresseur	53
III.6 calibration et vérification	55
Conclusion	56

CHAPITRE IV : La maintenance appliqué au turbo-expander

IV.1 Introduction	58
IV.2 Définition de la maintenance	58
IV.2.1 But de la maintenance	58
IV.2.2 les objectifs de la maintenance	58
IV.3 Les fonctions associées à la maintenance	58
a. La fonction méthode	58
b. La fonction ordonnancement	58
c. La fonction exécution et réalisation	59
d. la fonction documentation	59
IV.4 Les différents types de la maintenance d'après la norme AFNOR.....	59
IV.5 Les méthodes de maintenance	59
IV.5.1 La maintenance corrective	60
IV.5.2 La maintenance préventive	60
IV.5.2.1 Les type de maintenance préventive	60
A) -La maintenance préventive systématique	60

B) -La maintenance préventive conditionnelle	61
IV.6 fonction de la maintenance	62
➤ Fonction méthode	63
a) Etude technique du matériel	63
b) Etude économique	63
➤ Fonction ordonnancement	63
➤ Fonction exécution ou réalisation	63
➤ Fonction documentation	63
IV.7 Operations de la maintenance	63
IV.7.1 En correctif	63
IV.7 .2 En préventif	64
IV.8 Types d'intervention	64
IV.8.1 Les niveaux d'alarmes	64
IV.8.2 Messages d'alarme et recherche des pannes	65
IV.8.3 Diagnostic des pannes	66
1) Vitesse	66
2) Déplacement	67
3) Pression	69
4) Température	72
Conclusion	73

CONCLUSION GENERALE

BIBIOGRAPHIE

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, le Turbo-Expander a connu un développement technologique assez conséquent, c'est une machine qui convertit l'énergie d'un gaz (énergie cinétique) ou d'une vapeur d'eau (énergie cinétique) en travailler à mesure qu'il se dilate dans la turbine. Cette expansion se faisant très rapidement, cela réduit énormément la quantité de chaleur cédée ou reçue par le système, en conséquence et en accord avec le 1er principe de la thermodynamique

L'énergie interne d'un gaz diminue lorsque le travail est abandonné ce qui a pour conséquence dans une forte baisse de température. Cela fait fonctionner le Turboexpander soit comme producteur de froid (dans un circuit frigorifique), d'où la grande utilisation des turbo-expander dans le domaine de la cryogénie pour la production de froid

Nous avons bénéficié d'un stage pratique au sein de l'unité GPL/ LDHP ZCINA, pendant cette période nous avons profité de la connaissance des différents traitements de gaz techniques dans le CPF (Centre Prosses Installations), les installations de procédés et les produits finaux obtenus, dont nous réalisons des travaux sur la maintenance du turbodétendeur et calculer le rendement avec le paramètres de processus actuels en usine.

Notre étude sur le turbodétendeur s'articule sur quatre parties, à savoir :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de société l'unité GPL/ LDHP ZCINA
- Une description générale des turbo-expander sera effectuée au deuxième

- Le troisième chapitre sera destiné à une étude technologique.
- Le quatrième chapitre présente la maintenance du turbodétendeur.

I.1 Situation géologique du champ Hassi Messaoud

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme étant le plus grand gisement de la province triasique situé au Nord Est de la plateforme saharienne où il occupe sa partie centrale. Le champ correspond au prolongement vers le Nord de la dorsale d'Amghid El Biod, il est limité :

- Au Nord par la structure Djamaa-Touggourt
- A l'Ouest par la dépression d'Oued Mya
- A l'Est par la dépression de Dahar
- Au Sud par la dépression d'Amguid

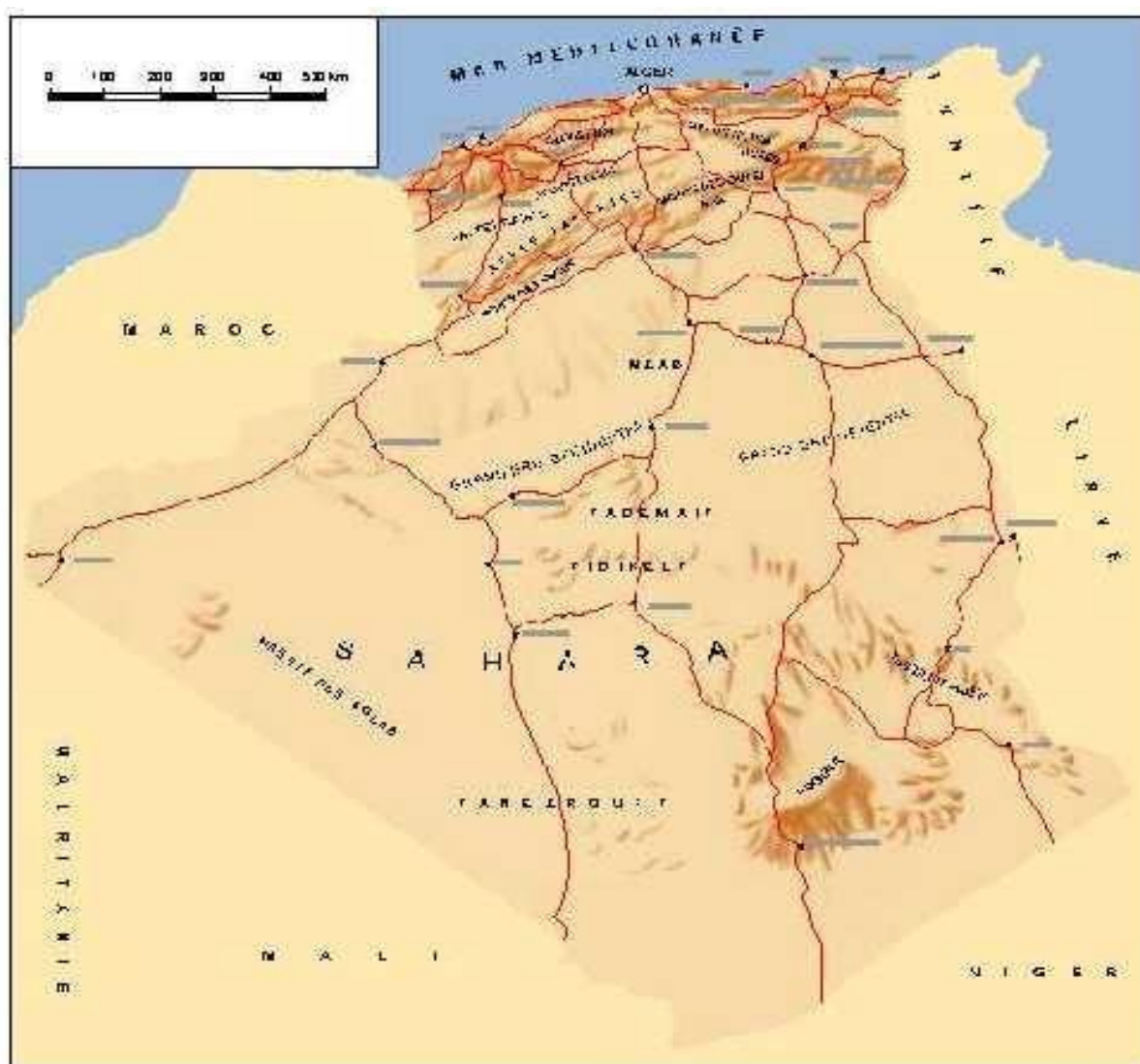


Figure I.1 : Carte géographique du champ de HMD

I.2 Présentation de l'unité GPL/ LDHP ZCINA

ZCINA (nouvelle Zone Centre Industriel Naili Abdelhalim) est une nouvelle unité d'extraction des liquides de gaz associés sur le champ de Hassi Messaoud nord ; Cette nouvelle zone est située à environ 5 km au nord de CINA contenant deux unités :

❖ Unité de GPL :

Cette unité comprend notamment :

- Des connexions à la ligne existante de 40'' de gaz associés de CINA, pour amener le gaz de charge et exporter le gaz résiduel.
- Une section de réception du gaz de charge
- Une unité de compression du gaz de charge
- Trois trains de traitement de gaz incluant une section de déshydratation du gaz, une section de récupération des liquides, une section de séparation des GPL et des condensats et un système d'huile chaude
- Des stockages et une pompière d'expédition des GPL
- Des stockages et une pompière d'expédition des condensats
- Des systèmes d'utilités
- Des systèmes de torche
- Des lignes d'expédition des produits (GPL, condensats)
- Unité de traitement des eaux huileuses
- Des infrastructures et des bâtiments

➤ Unité de séparation LDHP (Ligne Directe Haute Pression) :

Cette unité comprend :

- Un réseau de collecte de production d'huile multiphasique composé de 20 MFDs et 20 collecteurs, raccordé à 200 puits HP (actuellement 88 puits qui sont raccordés, plus d'autres futurs puits qui seront raccordés ultérieurement).
- Une batterie de 03 séparateurs tri-phasique identiques destinés à prendre en charge la séparation de brut à 32bars.
- Un Ballon Dégazeur d'eau.
- Un ballon de torche et une torche chaude.
- Deux pipelines d'expédition d'huile et d'eau (18'' et 6'') vers CINA.
- Local Technique.

Les installations sont conçues pour récupérer les liquides des gaz associés provenant de l'usine de traitement de brut de CINA et de l'unité de séparation d'huile LDHP

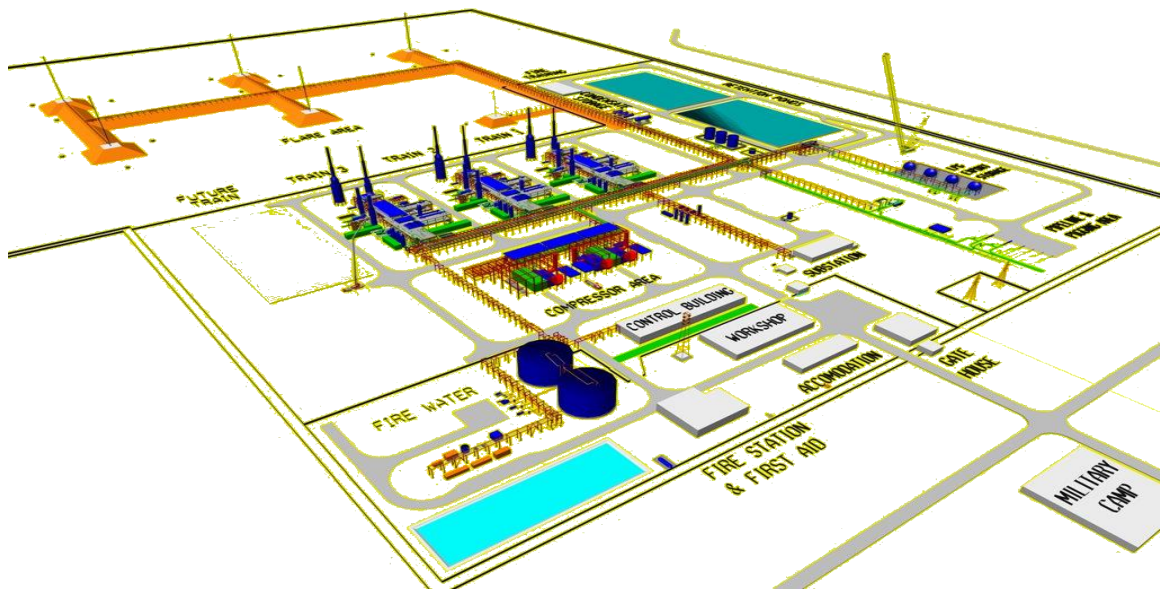


Figure I.2 : Unité GPL ZCINA (en 3D)

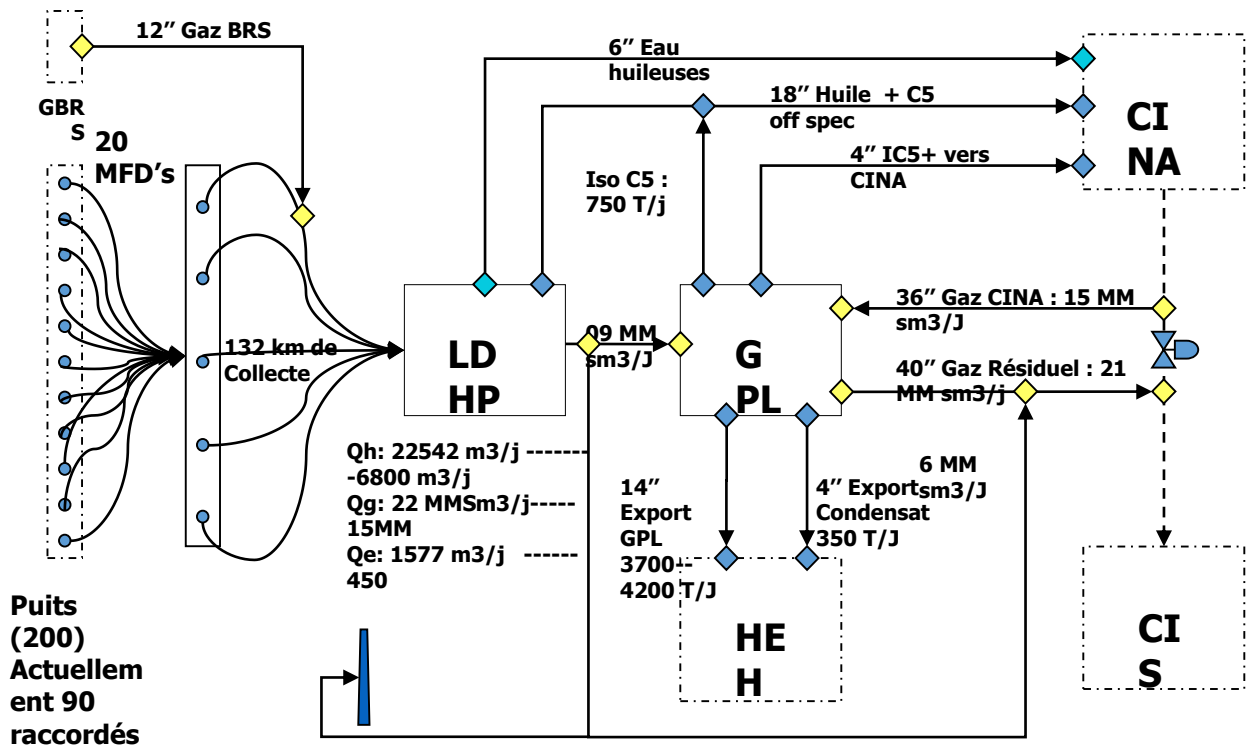


Figure I.3 : Synoptique Et Interfaces

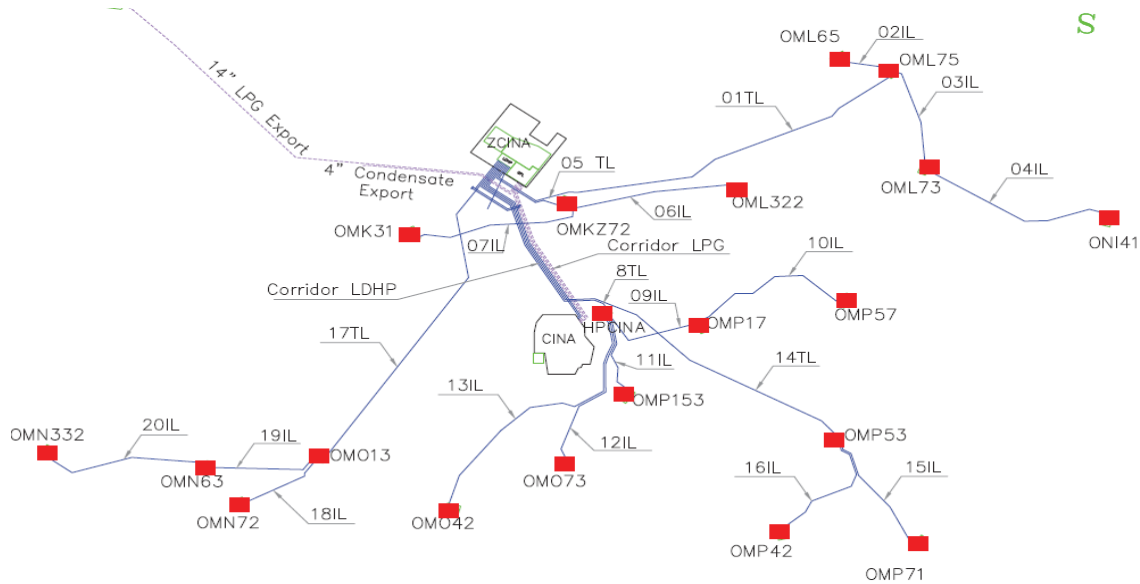


Figure I.4 : Situation géographique de l'unité ZCINA

L'ouvrage comporte :

❖ **Des unités procédées :**

- Système d'alimentation en gaz de charge
- Section compression du gaz
- Section déshydratation
- Train de traitement (section refroidissement ; dé-éthanisation ; débuthanisation)
- Stockage et expédition des produits liquides
- Système d'expédition des produits gazeux.

❖ **Des unités utilités :**

- Système gaz combustible
- Système d'huile chaude
- Systèmes de torche
- Système d'injection de produits chimiques
- Air instrument / Air service
- Azote
- Drains fermés

- Drains ouverts
- Traitement des eaux huileuses
- Diesel
- Eau brute et eau potable

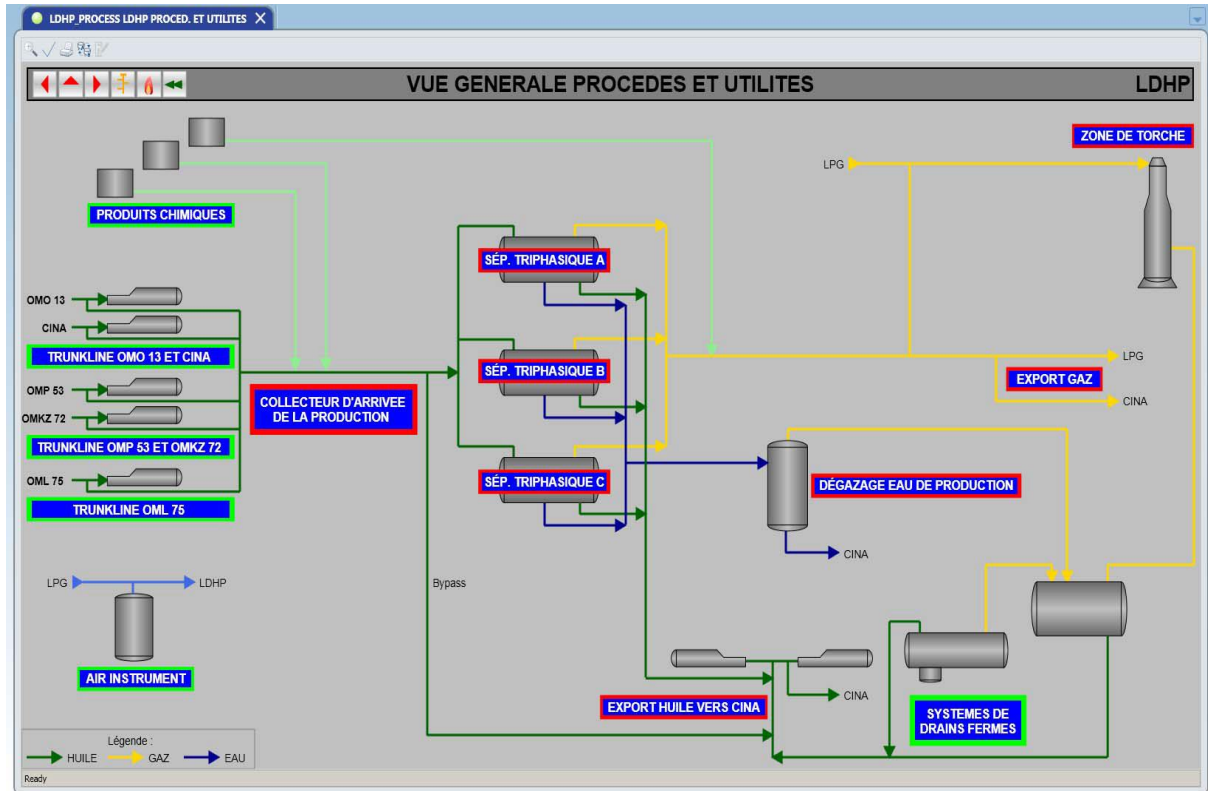


Figure I.5 : Vue générale procédés et utilités « LDHP »

I.3 Description du processus de traitement

L'unité de traitement du gaz GPL ZCINA est composée de trois trains identiques, destinés pour traiter :

- Le gaz produit au niveau de la séparation CINA et les séparateurs sur champs comprimés par les unités de Boosting R5 à 35 bars.
- Le gaz produit au niveau de la séparation LDHP ZCINA.

1) Section compression

Après la section de séparation, le gaz provenant des unités CINA et LDHP et envoyé sur le collecteur commun d'aspiration des compresseurs, il se répartit sur les 04 turbocompresseurs G05/G06/G07/G08-KA-23-01. Le gaz de régénération issu de la section de déshydratation de chaque train de traitement est recueilli sur un collecteur commun puis il se répartit également sur les compresseurs au niveau de la dernière roue, constituant ainsi l'inter-étage de ces derniers.

Tableau I.1 définis caractéristiques principales de la section compression :

Equipement G0X-KA-23-01		G0X-KA-23-01
Service		Compresseur de gaz de Charge
Pression opératoire – Aspiration premier étage	Bar	29.2
Température opératoire – Aspiration premier étage	°C	50
Pression opératoire – Aspiration inter-étage	Bar	77.5
Température opératoire – Aspiration inter-étage	°C	55
Pression opératoire – Refoulement	Bar	96
Température opératoire – Refoulement	°C	132
Pression de calcul – Aspiration premier étage	Bar	77
Pression de calcul – Aspiration inter-étage	Bar	106
Pression de calcul – Refoulement	Bar	106
Température de calcul (min / max) / Aspiration premier étage	°C	- 20 / 90
Température de calcul (min / max) – Aspiration inter-étage	°C	- 20 / 90
Température de calcul (min / max) – Refoulement	°C	- 20 / 180
Débit nominal	kg/h	327 856
Puissance à l'arbre	Kw	16 194

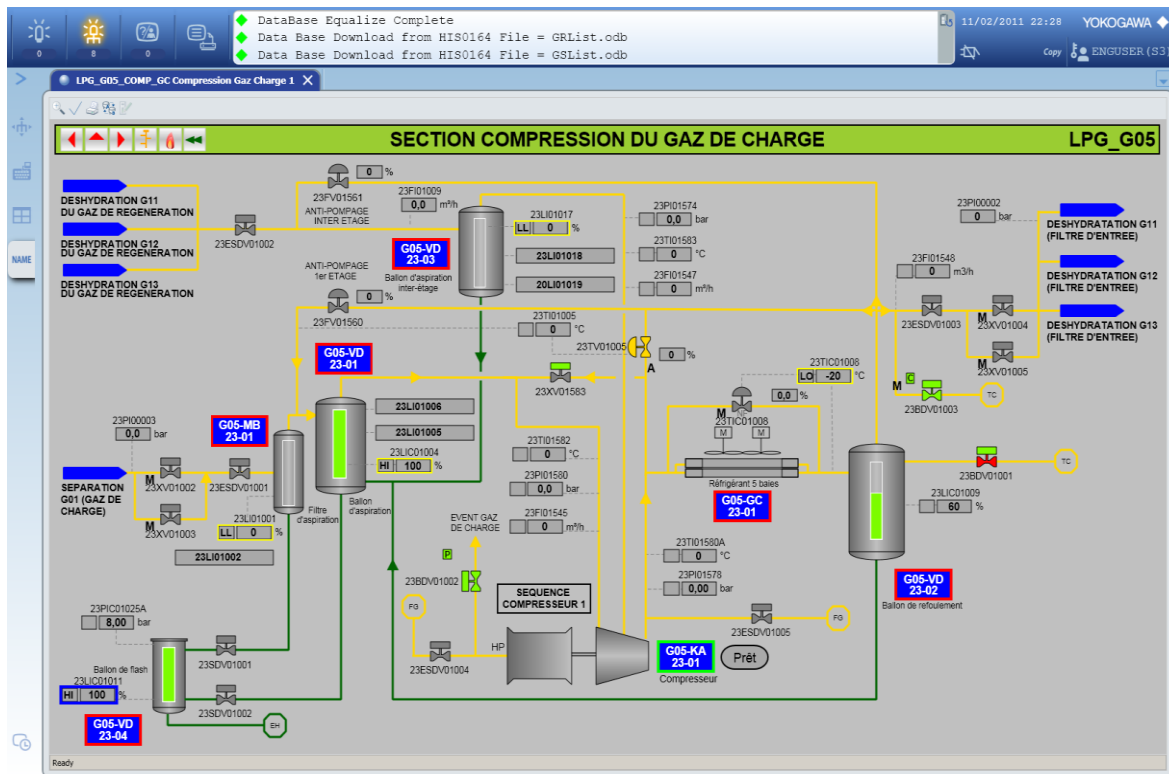


Figure I.6 : Section compression

2) Section déshydratation

L'unité de déshydratation de chaque train a pour fonction de diminuer la quantité d'eau dans le gaz d'alimentation (saturé en eau) pour atteindre la valeur spécifiée de 1 ppm vol, en sortie d'unité l'eau est ôtée du gaz humide pour éviter la formation d'hydrates dans la section froide de l'installation.

Le gaz humide entrant dans le train de traitement est envoyé au filtre coalesceur G1X-MB-24-02 pour éliminer l'eau libre condensée en ligne depuis la section de compression. L'eau récupérée est envoyée après détente à l'unité de traitement des eaux huileuses.

Le gaz issu du filtre coalesceur G1X-MB-24-02 est envoyé sur deux des rois sécheurs de gaz G1X-VK-24-01 A/B/C pour être déshydraté. En effet, en opération normale, deux sécheurs opèrent en parallèle en mode d'adsorption (adsorption de l'eau par le tamis moléculaire par circulation du gaz humide dans le sens descendant), pendant que le troisième est en régénération (circulation de gaz sec chaud à travers le sécheur dans le sens ascendant).

Tableau I.2 définis les caractéristiques principales de la section déshydratation :

Equipement		G1X-MB-24-02	G1X-VK-24-01 A/B/C	G1X-MB-24-01 A/B
Service		Filtere d'entrée sécheurs de gaz	Sécheurs de gaz	Filtres de gaz
Pression opératoire	Bar	94	94	93.5
Température opératoire	°C	55	55 en adsorption 275 en régénération	55
Pression de calcul	Bar	106	106	106
Température de calcul (min /max)	°C	- 5 / 130	- 29 / 290	-5/90
Dimension (D/L)	Mm	1 150 / 6 562	3 250 / 10 925	820 / 3 238

Le gaz sec et filtré alimente ensuite la section de refroidissement du gaz

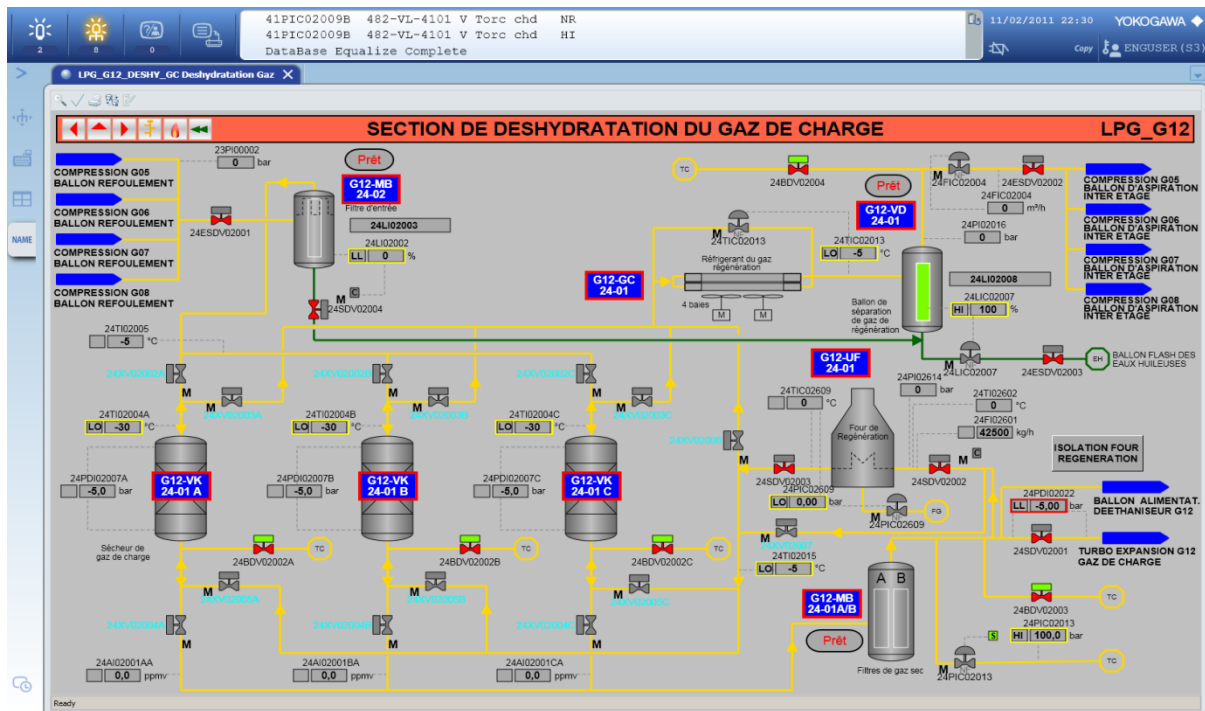


Figure I.7 : Section déshydratation

3) Section refroidissement

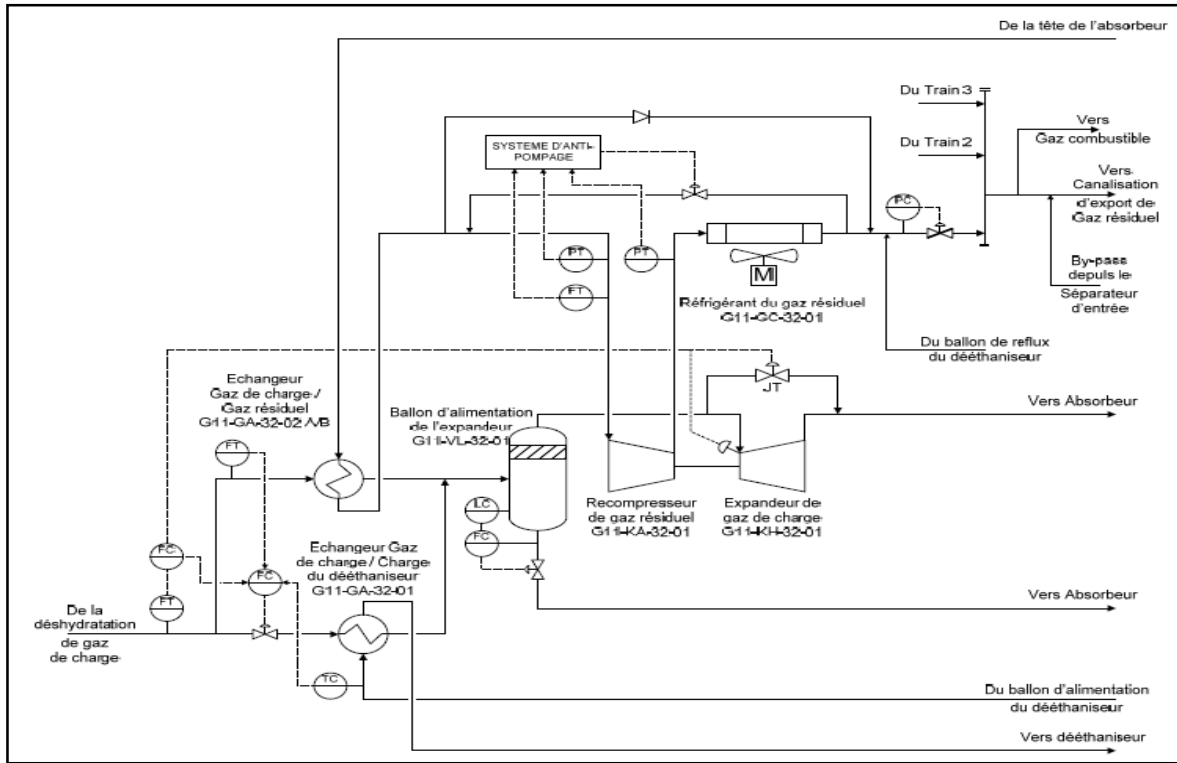


Figure I.8 : Schéma de la section de refroidissement

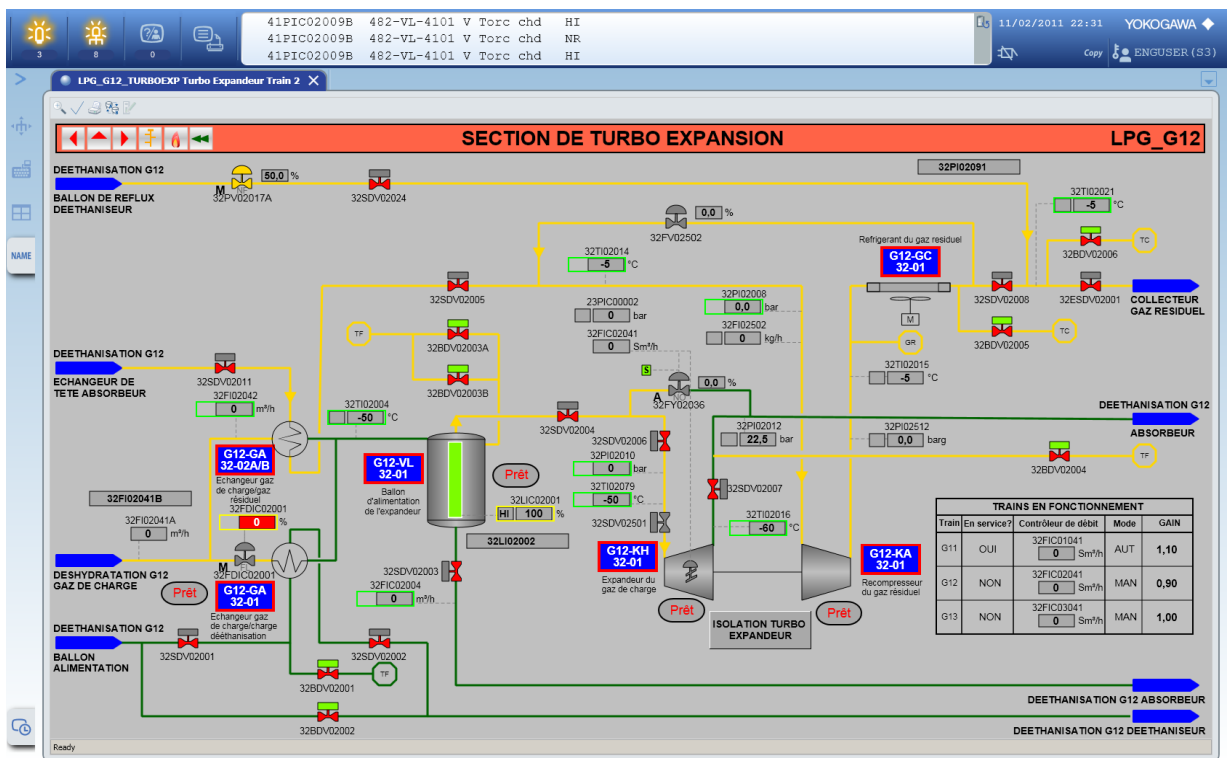


Figure I.9: Section turbo-expansion

Tableau I.3 définis les caractéristiques principales de Section turbo expansion :

Equipement		G1X-GA-32-01		G1X-GA-32-02 A/B	
Service		Echangeur gaz de charge /charge du dé-éthaniseur		Echangeurs gaz de charges /gaz résiduel	
		Tube	Calandre	Tube	Calandre
Pression opératoire	Bar	91.9	29	20.8	92.1
Température opératoire – Entrée	°C	55.6	6.8	55.6	-8.9
Température opératoire – Sortie	°C	17	40.5	6.9	49.3
Pression de calcul	Bar	106	71	71	106
Température de calcul (min / max)	°C	-45/90	-45/90	-29/90	-45/90
Chaleur échangée	KW	5790		8490	

Equipement		G1X-KH-32-01
Service		Expandeur de gaz de charge
Pression opératoire – Aspiration	Bar	91.6
Température opératoire – Aspiration	°C	11.6
Pression opératoire – Refoulement	Bar	21.8
Température opératoire – Refoulement	°C	-41
Pression de calcul – Aspiration	Bar	106
Pression de calcul – Refoulement	Bar	106
Température de calcul (min / max) Aspiration	°C	-60 / 90
Température de calcul (min / max) – Refoulement	°C	-60 / 90
Débit nominal	kg/h	295 590
Puissance à l'arbre	Kw	5 928

Equipement	G1X-VL-32-01	
Service	Ballon d'alimentation de l'expander	
Pression opératoire	Bar	91.7
Température opératoire	°C	12
Pression de calcul	Bar	106
Température de calcul (min / max)	°C	-45 / 90
Dimension (D/L)	Mm	2 600 / 5 200

4) Section dé-éthanisation (séparation des gaz)

Cette section a pour but de récupérer le gaz résiduel C₁ C₂, L'absorbeur G1X-CA-32-01 reçoit des flux bi phasiques (liquide / vapeur) provenant de la sortie de l'expander de gaz de charge (ou de la vanne Joule-Thomson) et du fond du ballon d'alimentation de l'expander. L'absorbeur est une colonne à plateaux à reflux sans re-bouillage où la majorité de l'éthane et des composants plus légers sont séparés en tête de l'absorbeur. Le reflux liquide de l'absorbeur provient du gaz de tête du déethaniseur G1X-CE-32-01, condensé dans l'échangeur de tête de l'absorbeur G1XGA-32-04 par le gaz froid sortant en tête de l'absorbeur. Le liquide est récupéré dans le ballon de désengagement de l'absorbeur G1X-VL-32-06 avant d'alimenter l'absorbeur G1X-CA-32-01 sur le plateau de tête de la colonne. La séparation des molécules se fait par distillation, le réchauffage du fond de colonne utilisant un rebouilleur, et le refroidissement de tête de colonne par un échangeur.

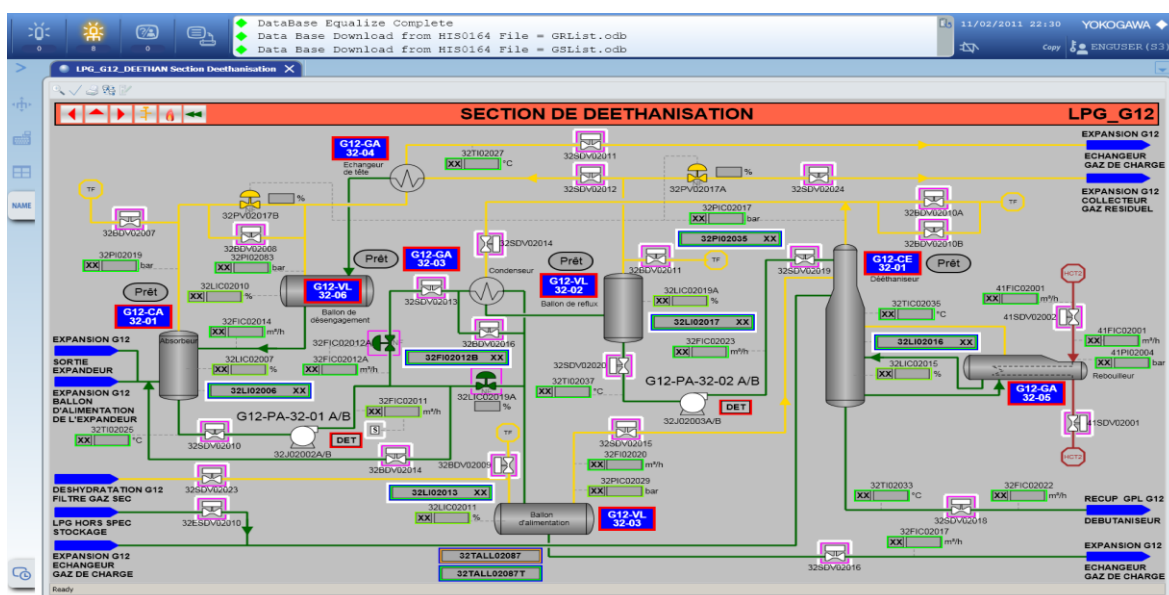


Figure I.10 : Section dé-éthanisation

Tableau I.4 définis les caractéristiques principales de la section dé-ethanisation :

Equipement		G1X-CA-32-01		G1X-CE-32-01	
Services		Absorbeur		Dééthaniseur	
		Tête	Fond	Tête	fond
Pression opératoire	Bar	21.8	22	28	28.4
Température opératoire	°C	- 56.7	-47.5	- 6.8 / 42.2	92.5 / 123
Pression de calcul	Barg	45	45.2	45	45.4
Température de calcul (min / max)	°C	-80/90	- 80 / 90	- 45 / 90	- 29 / 160
Nombre de plateaux	-	14		41	
Diamètre	Mm	3 100	3 100	2 300	3 500
Hauteur	Mm	14 500		33 200	

5) Section débutanisation (séparation des liquides)

Le débutaniseur G1X-CB-32-01 est une colonne de distillation avec reflux et rebouillage comportant 43 plateaux et deux alimentations. L'alimentation principale entre dans la colonne au niveau du plateau n°28. L'isopentane provenant du séparateur M4, situé au CPF CINA constitue la seconde alimentation du débutaniseur de chaque train. Cette alimentation se fait au niveau du plateau n°4.

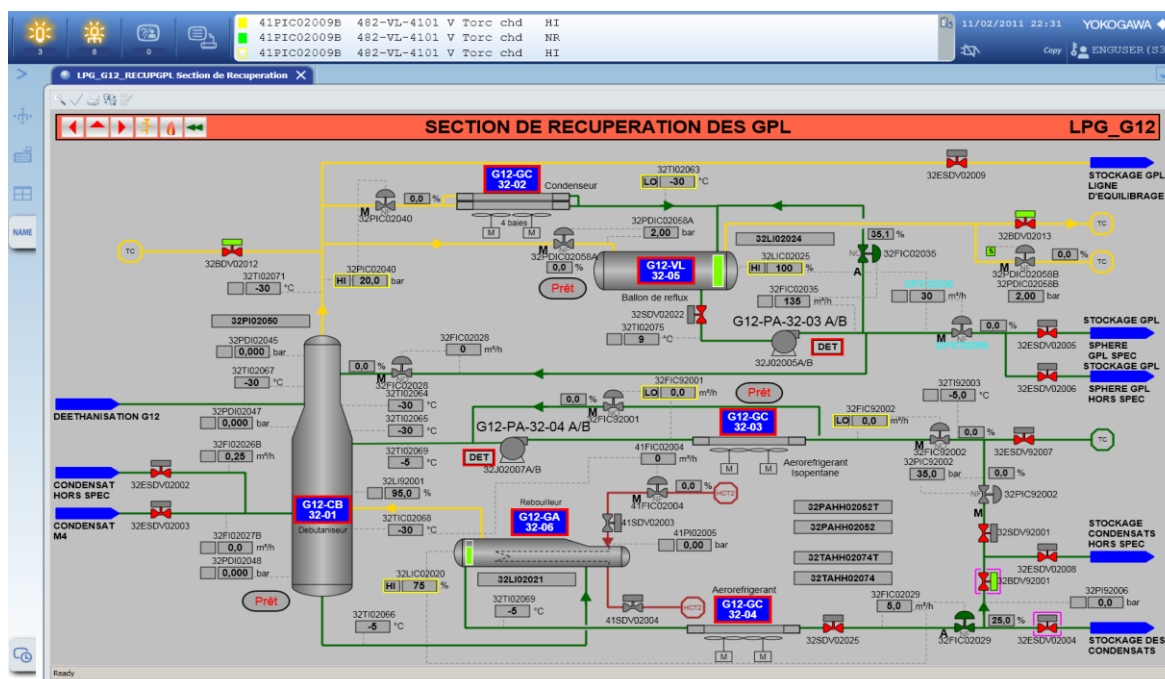


Figure I.11 : Section de récupération de GPL

Tableau I.5 définis les caractéristiques principales de la section de récupération de GPL :

Equipement		G1X-CB-32-01	
Service		Récupération de GPL	
		Tête	Fond
Pression opératoire	Bar	17.9	18.3
Température opératoire	°C	73	194
Pression de calcul	Bar	20.5	21
Température de calcul (min/ max)	°C	-92/120	-5/220
Nombre de plateaux	-	43	
Diamètre	Mm	2 200	3 200
Hauteur	Mm	35 350	

Conclusion

Dans ce chapitre, on a décrit brièvement la procédure de séparation et traitement des gaz associé dans l'unité de production de GPL et Condensat de ZCINA. Le cœur de cette chaîne de production est la turbine de détente « le turbo-expander », la moyenne de refroidissement du gaz.

Les turbo-expanders dans notre usine sont à paliers magnétiques, c'est la nouvelle technologie pour les machines tournantes à très haute vitesse. Une description sera détaillée dans les chapitres suivants.

II.1 Introduction

Après avoir détaillé dans le chapitre I le procédé de traitement de gaz brut au niveau de l'unité ZCINA de la région Hassi Messaoud, en particulier la section de la récupération de GPL. L'un des instruments qui constituent cette unité est la nouvelle turbine de détente, ou Turbo-Expander à paliers magnétiques, ont vu de son intérêt augmenter en tant que turbine de récupération d'énergie, et l'on ne conçoit plus certains types d'installations sans cette machine. Le succès de son application est dû principalement à son rendement élevé et à sa grande fiabilité de fonctionnement d'où la grande utilisation des Turbo-Expander dans le domaine industriel est pour condensation des mélanges gazeux afin de récupérer les fractions lourdes de ces mélanges.

Dans ce chapitre nous présentons les Turbo-expanders, leur principe de fonctionnement général, les domaines d'application ainsi que leurs avantages et inconvénients.

II.2 Turbo machine

II.2.1 Définition des turbomachines [1]

Les turbomachines forment une importante famille de dispositifs utilisant un fluide pour effectuer une transformation énergétique. De manière générale, une turbomachine est définie en tant que dispositif permettant de donner ou de retirer de l'énergie à un fluide par l'action dynamique d'un élément tournant appelé rotor. Le préfixe turbo vient du latin "turbine" qui signifie "qui tourne".

II.2.2 Classement des turbomachines [2]

Il existe plusieurs manières de classer les turbomachines, la première concerne la direction du transfert d'énergie. Les turbomachines se distinguent alors en deux grandes catégories ;

A. Les turbomachines qui fournissent de l'énergie au fluide, en l'occurrence groupe on trouve des compresseurs, des ventilateurs, des pompes...

B. Turbomachines dont l'énergie est prélevée du fluide pour l'utiliser comme travail mécanique, dans ce cas on parle de turbines.

Il existe une deuxième classification des turbomachines selon la direction principale du débit par rapport à l'axe de rotation de la machine, selon ce critère nous avons ;

- Turbomachines axiales : dont le sens d'écoulement est parallèle à l'axe de rotation de la machine.
- Les turbomachines radiales ou centrifuges : dans lesquelles une partie de l'écoulement d'entrée ou de sortie est dans la direction normale à l'axe de rotation.

II.3 Description générale du Turbo-Expander [3]

Un Turbo-Expander ou turbine à expansion est une machine qui convertit l'énergie d'un gaz ou de la vapeur d'eau en un travail mécanique lors de son expansion dans la turbine. Cette expansion se faisant très rapidement. Cela réduit énormément la quantité de chaleur cédée ou reçue par le système, en conséquence et en accord avec la première loi thermodynamique,

l'énergie interne du gaz décroît lorsque ce dernier est détendu ce qui a pour résultat une grande baisse de température. Ce qui rend alors le Turbo-Expander une machine productrice du froid (dans le circuit de réfrigération) ou productrice du travail mécanique dans les circuits de puissance. **La Figure II.1** donne une vue générale du Turbo-Expander

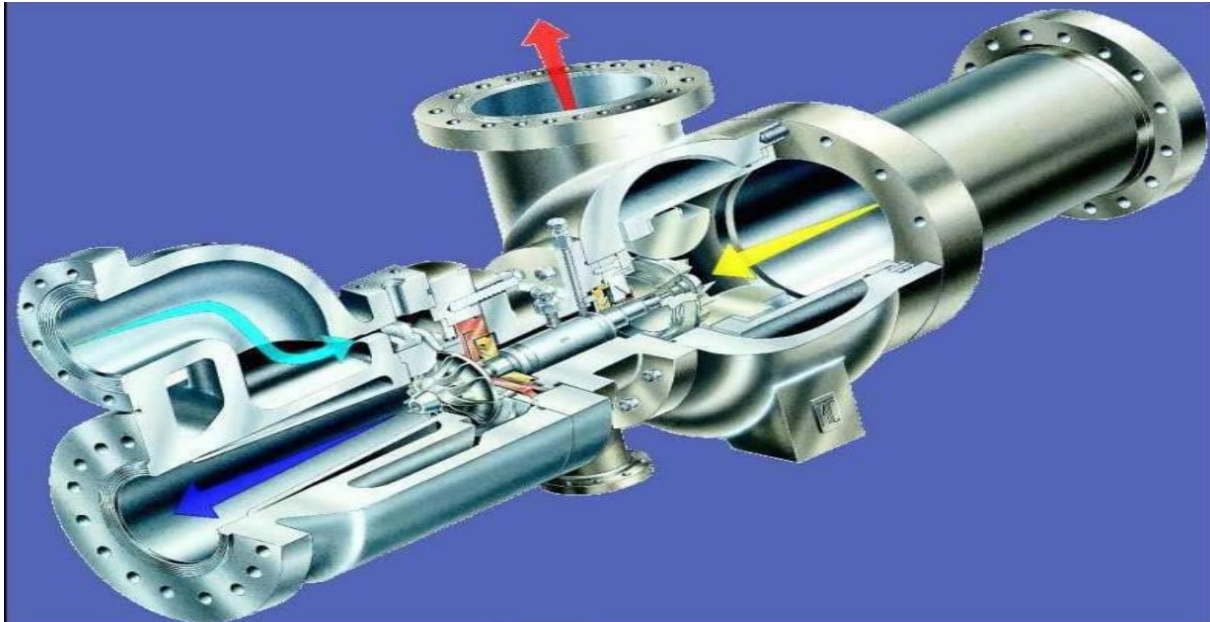


Figure II-1 : Vue générale du Turbo-Expander

II.3.1 Domaine d'utilisation [4]

- ❖ **Réfrigération** : Les turbo-détendeurs sont largement utilisés dans le domaine cryogénique, grâce à leur grande capacité de produit froid, et atteignent très basses températures, ce qui conduit à une meilleure séparation (récupération) des différents produits.
- ❖ **Récupération d'énergie** : Il est conçu plus certain type d'installation sans turbodétendeur, il est largement utilisé dans le domaine du traitement des gaz.
- ❖ **Génération d'énergie** : Le détendeur peut constituer le cœur d'un circuit fermé ou système de génération cyclique ouvert, énergie cyclique comme Brayton ou Rankine à l'aide d'un fluide moteur, qui est conçu pour les besoins de l'énergie source, et l'expander peut fournir une excellente efficacité, qui peut être complète ou partielle.

II.3.2. Le choix du turbodétendeur installé pour le processus de traitement [4]

Le turbo-détendeur ne sera installé dans une unité de traitement de gaz qu'après une étude d'ingénierie de base approfondie pour déterminer les principaux paramètres de conception et connaître les conditions de fonctionnement en usine, parmi les paramètres nécessaires de les connaître pour le choix du turbodétendeur ;

- La composition du gaz pour déterminer les pourcentages massiques de chaque composant, le poids moléculaire et les éléments indésirables peut contenir ;
- Le débit de gaz ;
- Pression et température du gaz à l'entrée du turbodétendeur et sortie.
- Séparation de l'air et liquéfaction O₂, N₂

- Purification de gaz : H₂, He
- Liquéfaction de gaz naturel

II.3.3 Principales caractéristiques d'un Turbo Expander [5]

- Turbine à réaction (admission radiale, échappement axiale).
- Récupération généralement réalisée en un seul étage de détente.
- Large gamme de puissance pour les utilisations pétrolières de 50 à 8000 KW.
- Bon rendement isentropique : 80 à 86 %.
- Conservation du rendement à charge variable par utilisation d'aubages directeurs Mobiles à l'admission (Possibilité de variation de charge de 50 à 120% du débit nominal).
- Bonne tolérance à la présence de condensat et de particules solides.
- Récupération d'énergie favorisée par de basses températures d'admission.

II.3.4 Exploitation du Turbo-Expander [6]

Les procédés de traitement de gaz naturel sont caractérisés par les moyens de réfrigération qu'ils utilisent. Parmi ces moyens nous citons :

- La vanne Joule Thompson.
- La boucle de propane.
- Le Turbo-Expander.

L'utilisation de ce dernier a pour fonction de récupérer l'énergie qui se produit lorsqu'un gaz à haute pression passe à travers la turbine pour réduire sa pression (détente isentropique). La détente du gaz permet d'abaisser la température au-dessous de celle obtenue par l'effet Joule Thomson donc permet de récupérer une grande quantité de liquide.

Cette énergie est destinée à entraîner le compresseur en vue d'augmenter la pression du gaz avant d'être envoyé comme gaz de vente.

II.4 Descriptions des parties et les principales fonctions de la machine

II.4.1 Parties composant la machine

Comme le montre la figure II.2, le Turbo-Expander est composé principalement :

- D'une turbine.
- D'un compresseur.
- D'un circuit de gaz d'étanchéité.
- D'un panneau de commande.
- D'un tableau de signalisation des paramètres.

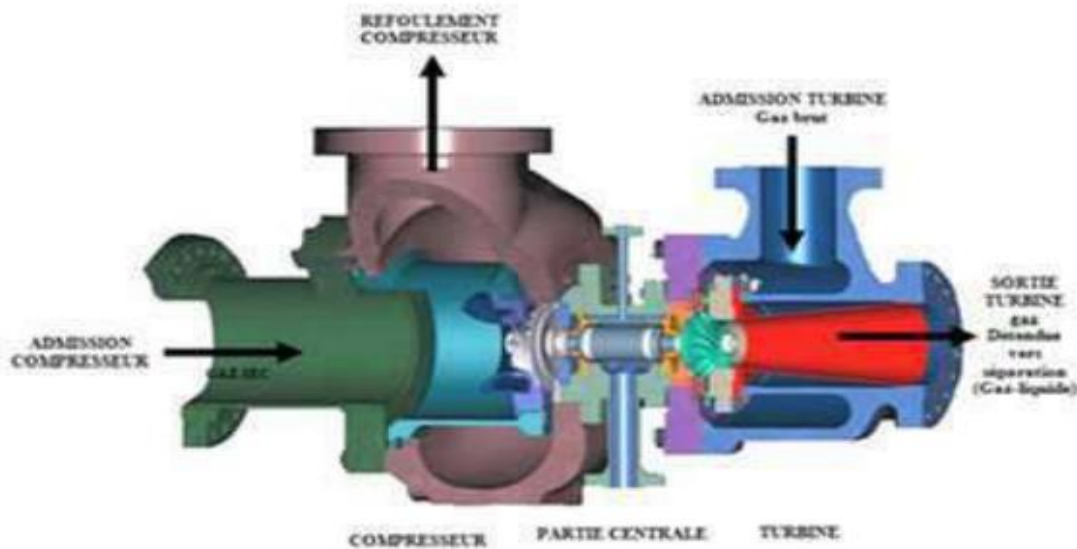


Figure II-2 : Les différentes parties du Turbo-Expander

II.4.1.2. Partie compresseur :

C'est fait de :

- Une roue pour la compression de gaz.
- Un diffuseur pour acheminer le gaz vers le tuyau de sortie.
- Une soupape anti-pompage pour protéger le compresseur.

II.4.2 Principales fonctions de la machine

II.4.2.1 Fonction compression [7]

Le gaz entre dans le compresseur par la tubulure d'aspiration et arrive par un canal de distribution à la première roue. Il traverse ensuite un ensemble de pièces mobiles, les roues et les parties fixes, les diffuseurs et canaux de retour. Le gaz est évacué à la sortie du dernier diffuseur par la volute et la tubulure de refoulement.

II.4.2.2 Fonction guidage du rotor [7]

Les roues sont montées sur l'arbre et l'ensemble forme le rotor qui doit être guidé en Rotation et axialement. La compensation axiale s'effectue automatiquement à toutes les vitesses de l'arbre La figure II.3 donne un schéma détaillé du Turbo-Expander.

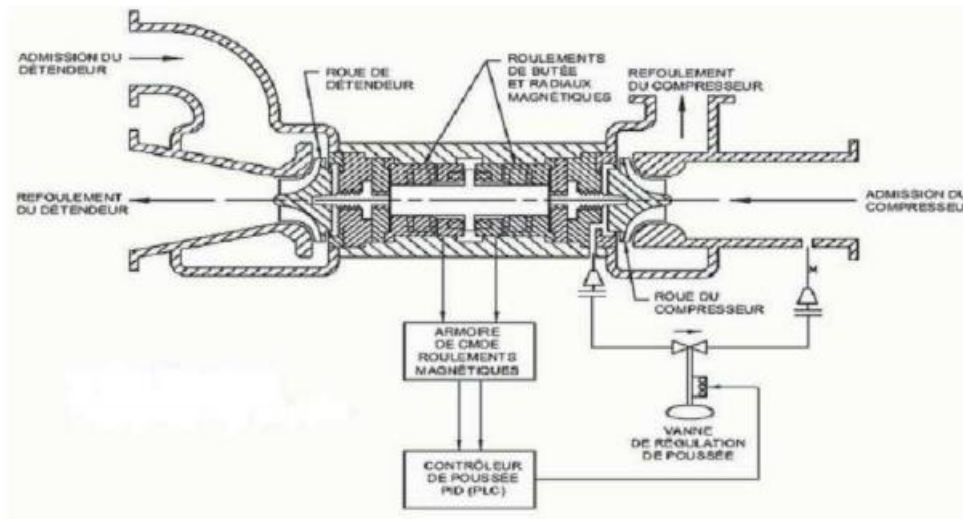


Figure II.3 : Le schéma détaillé du Turbo-Expander

II.5 Description de système d'étanchéité du Turbo-Expander [6]

Le Turbo-Expander est conçu pour la détente et la compression du gaz naturel, il se compose d'un Turbo-Expander à un étage chargé par un compresseur centrifuge, situé à l'extrémité opposée de l'arbre de l'Expander. Monté sur un support en acier, l'Expander Compresseur est équipé de systèmes complets de gaz d'étanchéité.

II.5.1 Système de gaz d'étanchéité [3]

Le Turbo-Expander est alimenté en gaz d'étanchéité à partir du refoulement du gaz produit du compresseur pendant le fonctionnement normal de la machine, comme il est alimenté aussi à partir du gaz sec du réseau commun des trois trains, cette dernière source d'alimentation est prévue pour maintenir une pression voulue du gaz d'étanchéité. Au système aussi elle est utile pendant le démarrage de la machine dans l'expander, le gaz de production est contenu autour de l'arbre par un labyrinthe situé entre paliers, butée et dos des roues compresseur et turbine. La pression d'échappement turbine étant plus élevée que la pression d'admission compresseur, c'est la pression régnant au dos de la roue turbine qui sert à piloter la pression d'injection de gaz d'étanchéité qui injectés au niveau des labyrinthes devra fuir vers le dos des roues compresseur et turbine, et vers les paliers remplissant ainsi double rôle :

- Barrière thermique pour protéger les paliers
- Barrière pour l'huile évitant à celle-ci de gagner les parties froides de la machine ;

La Figure II.3 précédente schématise le système d'étanchéité du Turbo-Expander.

II.6 Facteurs influant négativement sur la richesse [8] [6]

La présence d'eau dans le gaz naturel et les conditions de service, haute pression et basse température dans un procédé de traitement de gaz brut sont des paramètres qui peuvent favoriser la formation des hydrates (givre), phénomène qui peut porter atteinte au déroulement normal du processus et à la bonne récupération d'hydrocarbures liquides, provoquant ainsi le bouchage des conduites et des équipements (mauvaise séparation dans les ballons, mauvaise régulation des

vannes...etc.). Pour empêcher la formation des hydrates, une injection de glycol a été prévue dans différents endroits à basses températures ou autre méthode l'adsorption par les sècheurs des tamis moléculaires.

Néanmoins, un deuxième facteur peut aussi surgir et influencer négativement sur la récupération des hydrocarbures lourds, ce phénomène qui est le moussage est causé par la présence :

- Des solides en suspension non éliminés au préalable.
- D'inhibiteur de corrosion en réaction avec d'autres produits chimiques.
- Des sels.

Il existe aussi d'autres problèmes au niveau des ballons, qui sont d'ordre mécanique et qui peuvent engendrer ce phénomène, il s'agit :

- Des démisteurs (tamis) détériorés.
- Des chicanes déplacées de leur position normale.
- De déflecteur détaché.

Comme il peut être aussi favorisé par une grande vitesse des hydrocarbures (turbulence). Afin de remédier au problème de givrage on doit faire :

- Un suivi et contrôle rigoureux des débits d'injection calculés en fonction de la charge quantité H₂O.
- Un débouchage des injecteurs de méthanol.
- Une injection momentanée du méthanol dans les points givrés.
- Un régime chaud.

Pour ce qui est du remède au problème de moussage on doit soit :

- Injecter un produit anti-mousse.
- Purger les cages à flotteur (si la mousse existe dans les ballons) des hydrocarbures liquides.
- Faire un régime chaud.

II.7 Précautions et recommandations sur le Turbo-Expander

Veillez à respecter les précautions/recommandations suivantes pour écarter tout risque de dommages au turbodétendeur.

II.7.1 Propreté [5]

Toutes les conduites et autres ouvertures vers le turbo détendeur doivent être protégées contre la pénétration de contaminants, car les corps étrangers même les plus petits peuvent provoquer des dégâts graves aux pièces internes de tolérances critiques. De même, l'humidité peut accélérer l'action électrolytique sur les pièces tournantes et autres surfaces et endommager des

organes internes essentiels. Les obturateurs d'expédition fournis doivent rester en place jusqu'à ce que les branchements aux tuyauteries de l'usine soient effectués.

II.7.2 Essais de pression [9]

- ✓ Les essais d'étanchéité in situ du détenteur-compresseur doivent être effectués avec l'aide de notre opérateur de service.
- ✓ Après la purge à l'azote, la mise sous pression se fait au moyen du circuit d'égalisation de pression du carter.
- ✓ Veiller tout particulièrement à éviter la pénétration de corps étrangers dans le système de commande et d'étanchéité, les paliers, les jeux de garnitures et les zones d'étanchéité du rotor. Cette contamination accidentelle peut résulter d'une mise en pression ou d'une décompression excessivement rapide.
- ✓ En cas de contamination avérée ou suspectée, la machine et le circuit de gaz de barrage doivent être complètement démontés pour être contrôlés et nettoyés.

Pour éviter les dommages aux garnitures, les pressions différentielles élevées à travers les garnitures doivent être évitées. La vitesse de montée en pression ne doit pas dépasser 2 à 3,5 bar (30 à 50 psi) par minute. Les pressions différentielles ne doivent pas dépasser 2 à 3,5 bar (30 à 50 psi).

II.7.3 Effets du Méthanol et du Glycol sur les paliers magnétiques [5]

Le glycol et le méthanol sont souvent utilisés dans les procédés à turbodétendeur pour empêcher la formation d'hydrates durant la dilatation cryogénique. Dans le cas des installations à turbodétendeurs équipés de paliers magnétiques, garder à l'esprit que l'exposition au glycol et au méthanol a résulté en des défaillances d'enroulements et de capteurs de palier magnétique. Comme le gaz de procédé est utilisé, en tant que « gaz de barrage », pour le refroidissement des paliers magnétiques durant la marche, il est essentiel d'assurer que le gaz de procédé utilisé en guise de gaz de barrage ne contient ni glycol ni méthanol. En outre, il importe que, durant la mise sous pression, le démarrage et l'arrêt, la séquence de contrôle du procédé soit telle qu'aucun glycol ni méthanol ne vienne au contact des paliers magnétiques.

II.8 Avantages et inconvénients du Turbo Expander

II.8.1 Avantages [8]

Les avantages qu'apporte l'utilisation d'un Turbo Expander sont :

- ✓ Utilisé dans les procédés de traitement, de séparation et de liquéfaction de gaz.
- ✓ Il assure un bon rendement comparé aux autres systèmes de détente.
- ✓ Il apporte une meilleure récupération des fractions condensables du gaz naturel.
- ✓ L'utilisation du travail fourni par la détente pour alimenter le compresseur.
- ✓ Leur grande capacité de production (pour les grandes installations).

II.8.2 Inconvénients [8]

Les inconvénients qu'apporte l'utilisation d'un Turbo Expander sont :

- Il s'affronte au problème d'usure mécanique, comme toutes les machines tournantes.

- Coût élevé de l'installation due au matériau utilisé et à la fabrication de ces éléments.
- Problème de réfrigération lié à la température très basse.
- Formation des gouttelettes qui peut abîmer les ailettes de l'Expander.

Conclusion

L'étude de n'importe quelle machine dans l'industrie, nécessite une maîtrise complète de son fonctionnement ainsi que la prise en compte de toutes les contraintes liées à l'exploitation et bien sûr à son rôle dans la chaîne de production.

III.1. Introduction

L'utilisation des gaz comprimés se développe de plus en plus dans le domaine d'application que la télédistribution de gaz naturel. Leur construction dépend des conditions à remplir (débit, pression). Dans le traitement cryogénique du gaz naturel ; la turbine de détente ; ou Turbo-Expander, a connu un intérêt croissant pour les turbines de récupération d'énergie en raison du succès de son application principalement en raison de son rendement élevé et de sa fiabilité opérationnelle élevée, ainsi que de la vanne joule Thomson qui joue un rôle dans la détente du gaz qui traverse l'aile d'un groupe de corps ce chapitre est dédié à la présentation du sujet des machines dans cette étude.

III.2. Le Turbo-Expander et la vanne (JT)

III.2.1. Définition d'un Turbo-Expander

Le terme turbo-Expander est utilisé pour définir un Expander/compresseur comme une seule unité. Il se compose de deux composants primaires, la turbine d'expansion radiale et le compresseur centrifuge combiné comme un assemblage. Les roues sont montées sur le même arbre. La turbine est l'unité de puissance qui entraîne le compresseur.

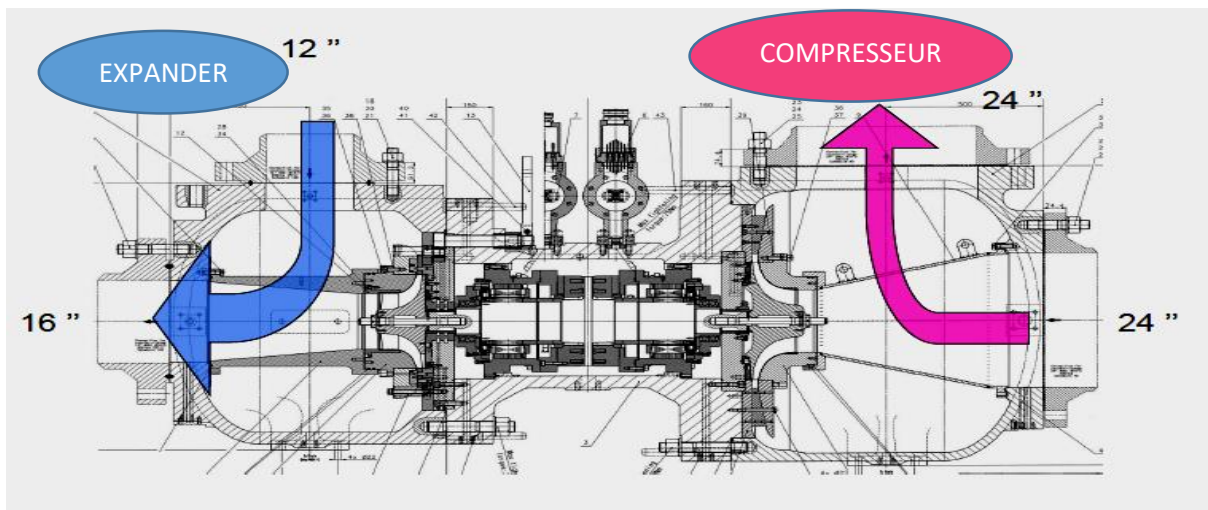


Figure III.1 : Schéma d'un Turbo-Expander

Dans une usine de traitement de gaz, le but d'utiliser le turbo-Expander est d'effectuer efficacement deux rôles dans le même temps. Le premier est de générer le froid dans le processus et récupérer les lourds au niveau de la turbine de détente qui transforme l'énergie thermodynamique du gaz en énergie mécanique pour entraîner le compresseur du gaz résiduel.

Pour atteindre une détente parfaite, la vitesse doit être très élevée, ce qui nous provoque des vibrations et des frottements excessifs aux niveaux des paliers, sans oublier les températures et le bruit ce qui nous fait dans le besoin de systèmes auxiliaires de refroidissement et lubrification. Aujourd'hui, avec les nouvelles technologies, l'arbre peut tourner dans l'air sans aucun contact mécanique utilisant les paliers magnétiques actifs AMB.

Les trois turbo-Expanders installés dans les trains de notre unité de traitement sont à paliers magnétiques.

III.2.1.1 Description d'un turbo-Expander à paliers magnétique

Les composants principaux sont les mêmes pour les deux types, seulement le turbo-Expander à paliers magnétique qui n'a pas besoin des systèmes auxiliaires de lubrification ce qui nous rend capables d'éviter la contamination à l'huile et maintenir la propreté de l'environnement...

Les paliers magnétiques actifs sont des moyens efficace, rentable et alternative aux paliers conventionnels pour les machines tournantes. En utilisant les forces électromagnétiques régularées par un système de contrôle automatique.

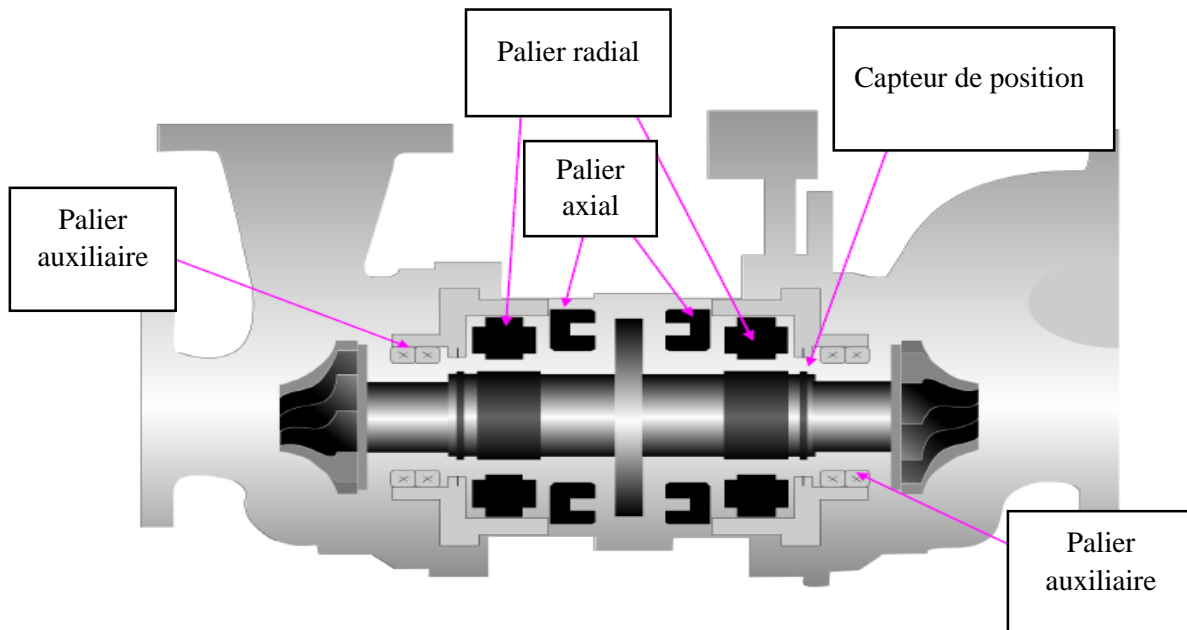
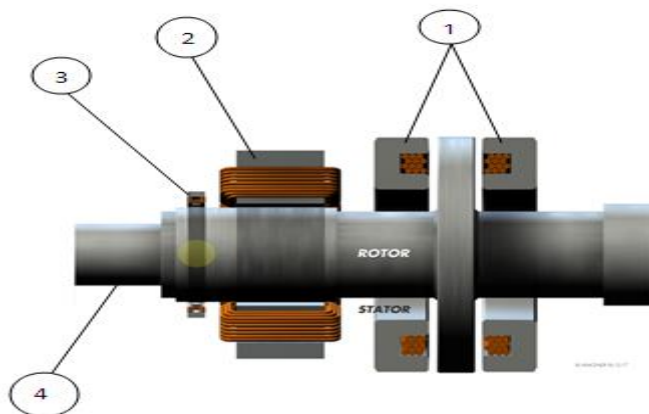


Figure III.2 : Turbo-Expander à Paliers magnétique

III.2.2 Système des paliers magnétiques

Un Palier Magnétique Actif est constitué de deux parties distinctives :

- Le palier proprement
- Le système de commande électronique.



1 : palier axial	3 : les capteurs de position
2 : palier radial	4 : l'emplacement des paliers auxiliaire (à billes)

Figure III.3 : Palier magnétique

Pour chaque machine, les roues de la turbine et du compresseur sont montées sur un unique arbre rigide supporté par 2 paliers magnétiques radiaux et un palier magnétique axial. L'arbre est maintenu en suspension par les flux électromagnétiques générés par les enroulements du stator.

III.2.2.1 Les paliers

a. Palier radial

Le rotor d'un palier radial est pourvu de tôles ferromagnétiques, qui sont maintenues en position par des champs magnétiques créés par des électroaimants installés sur le stator.

Le rotor est mis en suspension au centre sans toucher le stator, les détecteurs inductifs variables surveillent sa position d'équilibre, ils détectent tout écart par rapport à la position nominale et émettent des signaux qui commandent des courants dans les électroaimants, pour ramener le rotor à sa position nominale.

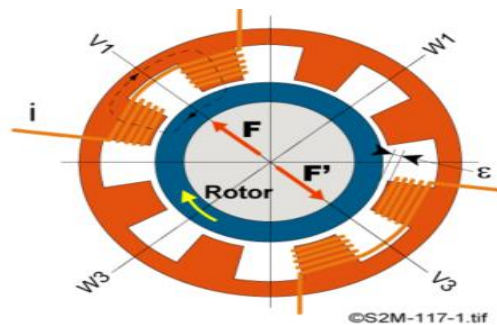


Figure III.4 : Palier radial

b. Palier axial

Le palier axial s'appuie sur le même principe. Le rotor est constitué d'un disque monté perpendiculairement à l'axe de rotation, en sens contraire des électroaimants. Le détecteur de position est souvent situé à l'extrémité de l'arbre, là où la position axiale doit être maintenue constante.

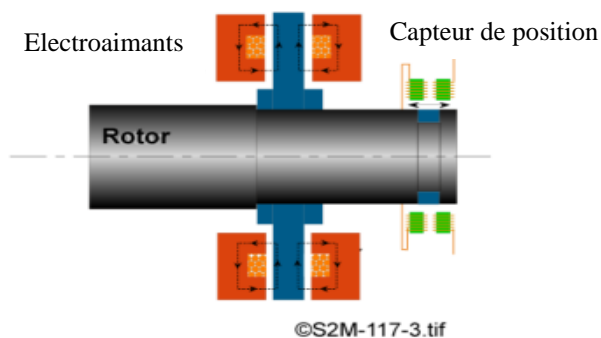


Figure III.5 : Palier axial

c. Les paliers auxiliaires

Des paliers auxiliaires sont utilisés pour supporter le rotor pendant l'arrêt de la machine et en cas de panne du système de suspension magnétique. En fonctionnement normal, ces paliers auxiliaires sont stationnaires. L'espacement entre les paliers auxiliaires et le rotor est généralement égal à la moitié de l'entrefer, mais il peut être réduit si nécessaire. Les paliers auxiliaires sont généralement des paliers à billes lubrifiés à sec, mais on peut aussi utiliser d'autres types de paliers, tels que des paliers lisses.

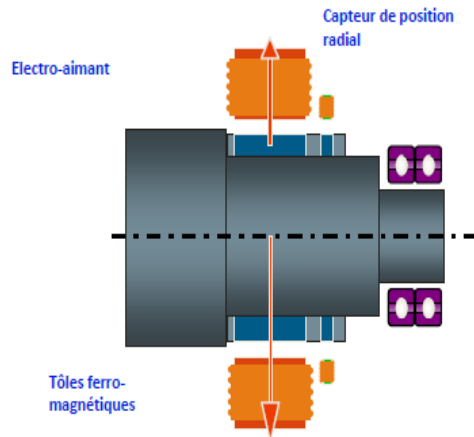


Figure III.6 : Paliers auxiliaire

A l'arrêt ou en absence d'alimentation de l'armoire AMB, le rotor ne doit pas repose sur les paliers magnétiques, les paliers auxiliaires ont pour rôle d'assurer cette fonction. La valeur de l'entrefer 'e' dépend du diamètre D du rotor ou du palier. On choisit généralement les valeurs suivantes comme indiqué sur le tableau suivant :

D (mm)	e (mm)
< 100	0,3 à 0,6
100 à 1 000	0,6 à 1,0

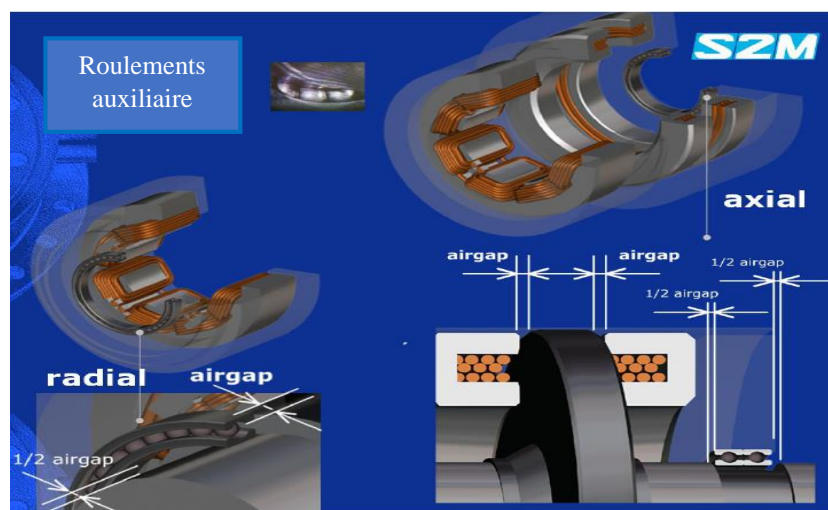


Figure III.7 : Les gaps

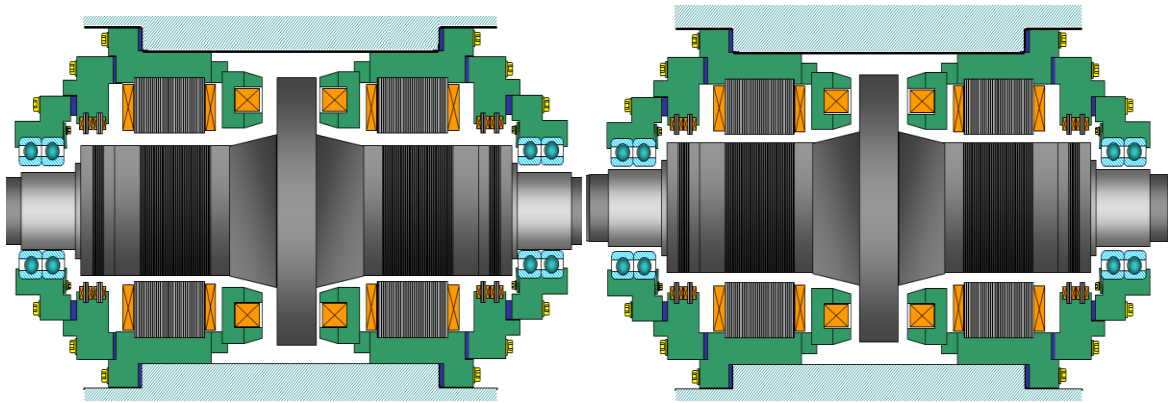


Figure III.8 : l'arbre attiré et en mode suspension

III.2.3 Les capteurs (sensors)

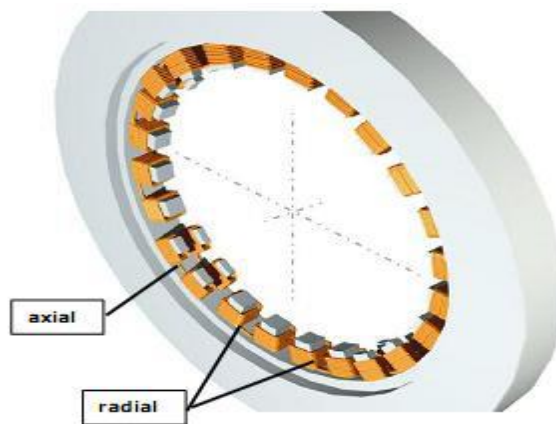
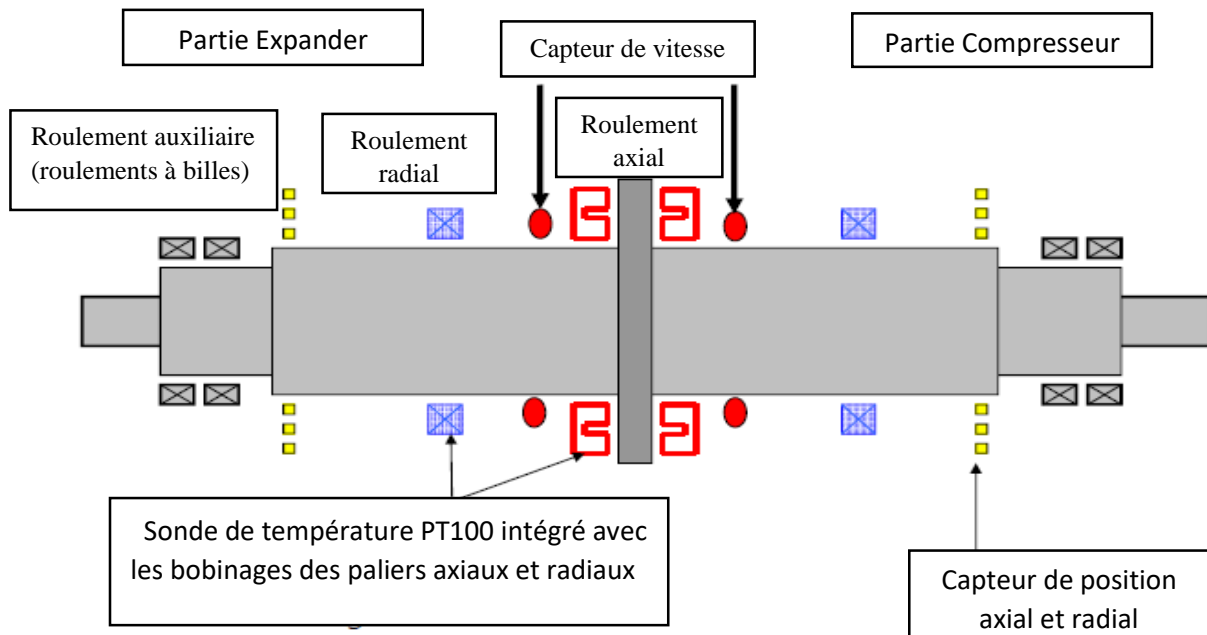


Figure III.9 : les capteurs

III.2.4. Sécurité du Turbo Expander [6]

Pour que turbo-Expander, offre un Fonctionnement fiable, il faut qu'il soit don Système de sécurité adéquat qui le protège en cas de perte partielle des caractéristiques Pour cette raison le turbo-Expander est équipé d'installations de contrôle qui émettent des signaux d'alarmés survitesse :

- Température excessive des palies ;
- Haute vibration ;
- Pression différentielle d'huile de lubrification ;
- Pression différentielle du gaz de barrage ;
- Pression d'huile.

D'autre part la machine est équipée d'un système anti-pompage qui est mis en service or de démarrage du turbo-Expander. Le système de détection de la pression différentielle enter/sortie du compresseur commande la fermeture progressive de la vanne anti-pompage lors de démarrage. Avant tous les travaux sur le turbo-Expander on doit :

- Isolez la source d'énergie.
- Fermeture des vannes d'admission.
- Vidange complète de turbo-Expander ainsi que ses auxiliaires.
- Isolez l'admission et le refoulement du turbo-Expander à l'aide de joints pleins.
- Bouchez les ouvertures ayant accès à l'intérieur de la machine et des conduites pour éviter pénétration de sable.

III.2.5 Systèmes auxilières

Comme toutes les machines tournantes, le turbo-Expander necessite des systèmes auxilières pour le referoidissement, lubrification et d'étanchiété.

Pour nos machines a paliers magnétiques on n'a pas besoin d'un système de lubrification , mais en a les sous systèmes suivants :

- Système de gaz d'étanchéité
- Système de gaz de refroidissement
- Système de drainage
- Ligne d'air des instruments

a) Système de gaz de d'étanchéité

L'objectif du système de gaz d'étanchéité est d'empêcher ce gaz process froid et non traité d'entrer dans la cavité des paliers magnétiques. Pour ce faire, la pression du gaz de barrage doit être supérieure à la pression de référence du labyrinthe de la turbine. Cette pression est contrôlée par la vanne de régulation (32 PDV 0x522) et injectée entre la roue et les paliers sur le côté de la turbine.

Pendant le démarrage le gaz d'étanchéité doit être chauffé par une résistance commandé à partir d'une armoire de thyristor dans là sous station électrique, mais après le démarrage un picage de la sortie du re-compresseur passe par les airos pour abaisser la température pour l'étanchéité.

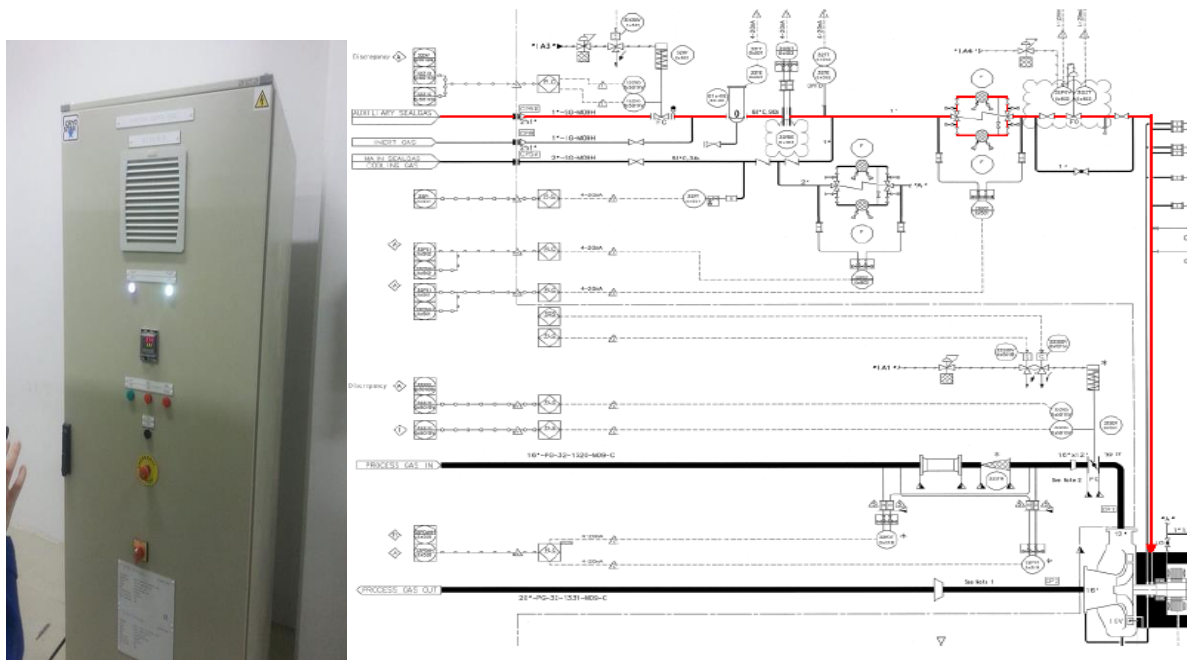


Figure III.10 : Réchauffeur de gaz d'étanchéité

b) Système de gaz de refroidissement

Comme les paliers magnétiques sont en lévitation, l'échauffement est dû au frottement entre l'arbre en rotation et le gaz pressurisé dans le corps de paliers. L'objectif du gaz de refroidissement est d'évacuer la chaleur de la cavité du palier et d'éviter des températures excessives de l'arbre et des bobines. C'est pourquoi les paliers magnétiques sont refroidis par flux de gaz permanent, provenant de l'échangeur d'air à la sortie du compresseur.

L'écoulement est régulé par deux vannes manuelles complètement ouverte par défaut. Le gaz de refroidissement est ensuite injecté dans la cavité des paliers sur le côté de la turbine et le côté du compresseur.

Le gaz est récupéré dans la « ligne de sortie de gaz de refroidissement » qui relie la cavité des paliers à l'entrée du compresseur.

Il convient de noter que le gaz de refroidissement est ensuite mélangé, à l'intérieur du corps de paliers, à du gaz de barrage fuyant par les labyrinthes.

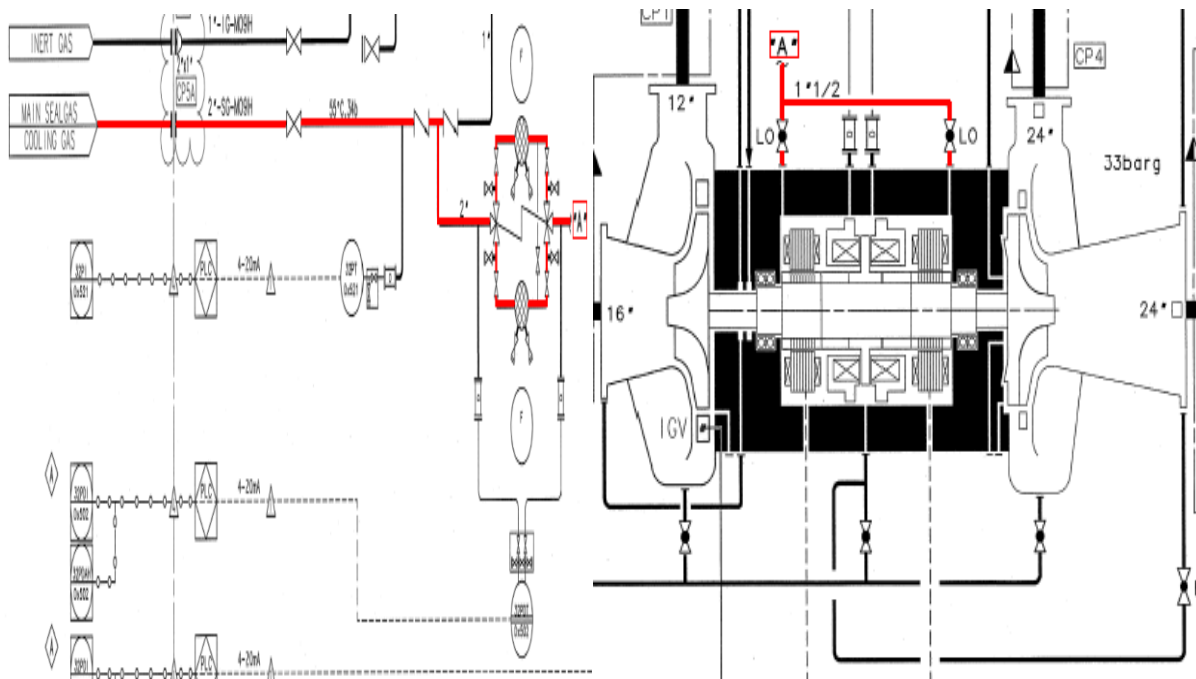


Figure III.11 : Circuit de gaz de refroidissement

III.3 Le système de contrôle et commande

Le système de contrôle commande peut-être installer localement sur site, ou peut être installé dans la salle de contrôle. Ou peut-être aussi une combinaison local/distant, une commande marche/arrêt / arrêt d'urgence local et control depuis la salle contrôle, suivant le client.

Le traitement des signaux détecté par les différents capteurs s'effectuer au niveau de l'armoire de commande AMB situé dans la sous-station électrique, qui comporte système de contrôle commande, à l'aide des trois cartes de traitement.

III.3.1 L'armoire PMA

Le panneau de commande des paliers magnétiques actifs situé dans la sous-station électrique reçoit toutes les informations analogiques provenant du Turbo Expander et lié à la position du rotor (axial / radial), les températures, la vitesse, sont connectés aux cartes internes de ce panneau. Les informations sont à venir des deux côtés, la turbine de détente et le compresseur.

Ces informations sont ensuite traitées pour :

- La lévitation du rotor
- Corriger la position du rotor durant son fonctionnement
- Corriger les conditions thermiques des composants internes (les bobines magnétiques principalement)

L'armoire S2M est un dispositif qui relie la partie commande avec la partie puissance des paliers magnétiques et permet d'afficher les alarmes sur une interface.

III.3.1.2 Les caractéristiques de l'armoire

Le tableau III.1 définit les caractéristiques électriques et les conditions environnementales de l'armoire PMA

Caractéristiques électriques		Unités	Tolérances
Caractéristiques électriques	400	V AC	+/- 10%
Fréquence d'alimentation AC	50	Hz	
Nombre de convertisseurs DC/DC installé (1 ou 2)	2		
Consommation maximale	6.1	KVA	
Consommation type	2.5	KW	
Autonomie batterie de secours typique	10	Min	
Type de batterie	24 Ah- 12 V		
Nombre de batteries	9		
Modèle (plomb - acide)	ELACCU-0002 [TESTE]		
Conditions environnementales			
Indice de protection (selon armoire externe)		IP 54	
Température de fonctionnement des modules électriques fournis		+5°C à +40°C	
Humidité relative		jusqu'à 70%	
Température de stockage		-25°C à +55°C	
Pertes armoire		1500 W max	

III.3.1.2 Le PLC

PLC Ou l'API « Automate Programmable Industriel », il est pour raison d'automatiser le fonctionnement de nos machines et les surveiller. L'API est structurée autour d'une unité de calcul ou processeur (Central Processing Unit, UPC), d'une alimentation par des sources de tension alternative (AC) ou continue (DC), et de modules dépendant des besoins de l'application (des cartes d'entrées – sorties numériques ou analogique).

L'UCP gère l'unité entière, y compris le système AMB, et doit être installé dans la salle de commande. Il reçoit tous les informations analogiques et numériques provenant du skid et relié aux capteurs (pressions/températures), actionneurs (position, open/close), vitesse sont reliés aux cartes internes ANA ou DIGI du panneau.

Certains indicateurs de boucles sont câblés au panneau de commande local, permettent le contrôle manuel de la machine depuis le skid, sous la supervision de DCS.

Ces informations sont traitées pour contrôler :

- L'IGV
- Les ASV, QCV et ATV
- Gaz d'étanchéité
- Séquences marche/arrêt

- Le système de sécurité (Trip et Alarmes)

Pour compter, mesurer la fréquence et positionner des axes, SIMATIC S7-300 du SIEMENS propose les trois possibilités suivantes :

- Programme utilisateur (opérations en STEP 7)
- Fonctions intégrées de la CPU 31xC et CPU 31x
- Modules de fonction pour comptage, mesure de fréquences et positionnement d'axes
- Diagramme d'interconnexion instrument PLC

Le système de commande électronique contrôle la position du rotor, en modulant le courant qui passe dans les électroaimants à partir des signaux des détecteurs de position. La régulation est affectée suivant la boucle suivante :

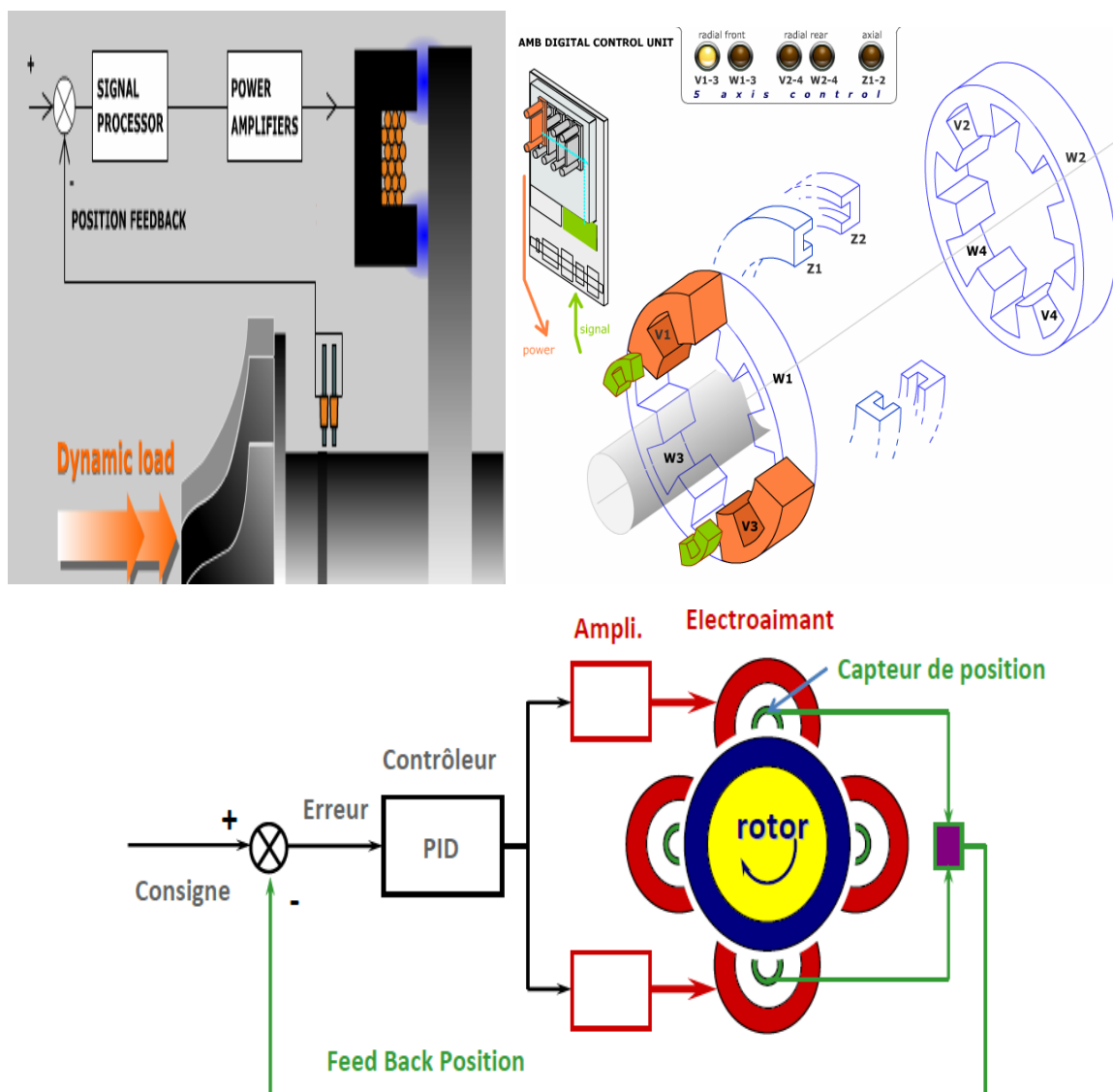


Figure III.12 : Boucle de contrôle

Le signal envoyé par un détecteur de position est comparé au signal de référence (consigne), qui définit la position nominale du rotor. Si le signal de référence est égal à zéro, la position nominale est au centre du stator. En changeant le signal de référence, il est possible de décaler

la position nominale de la moitié de l'entrefer. Le signal d'erreur est proportionnel à la différence entre la position nominale et la position réelle du rotor à un instant donné. Ce signal est transmis au processeur, qui envoie à son tour un signal de correction à l'amplificateur de puissance.

L'amplificateur fournit aux électroaimants des paliers le courant nécessaire pour créer le champ magnétique qui agit sur le rotor. La puissance des amplificateurs dépend de la force maximum de l'électroaimant, de l'entrefer, et du délai de réponse du système asservi (c'est à dire de la vitesse à laquelle ces forces doivent être modifiées lorsqu'elles sont confrontées à une perturbation). La dimension physique du système électronique n'a pas de rapport direct avec le poids du rotor de la machine, mais plutôt avec le rapport de grandeur entre les efforts de perturbation et le poids du rotor. Par conséquent, une petite enceinte sera suffisante pour une grosse machine ayant un rotor relativement lourd soumis à quelques perturbations majeures et/ou mineures, alors qu'il faudra une plus grande armoire pour une machine sujette à de grosses perturbations.

Le traitement des signaux est fait à l'aide des trois cartes électroniques :

- Carte de détection
- Carte d'asservissement
- Carte de gestion

III.3.2. Description général [10]

L'armoire est alimentée sous une tension de 400V (3 phase) et de 5 axes, elle comporte des dispositifs de puissance et de commande. Il y a une armoire située dans la sous station électrique et un panneau local sur site (pour chaque expander).

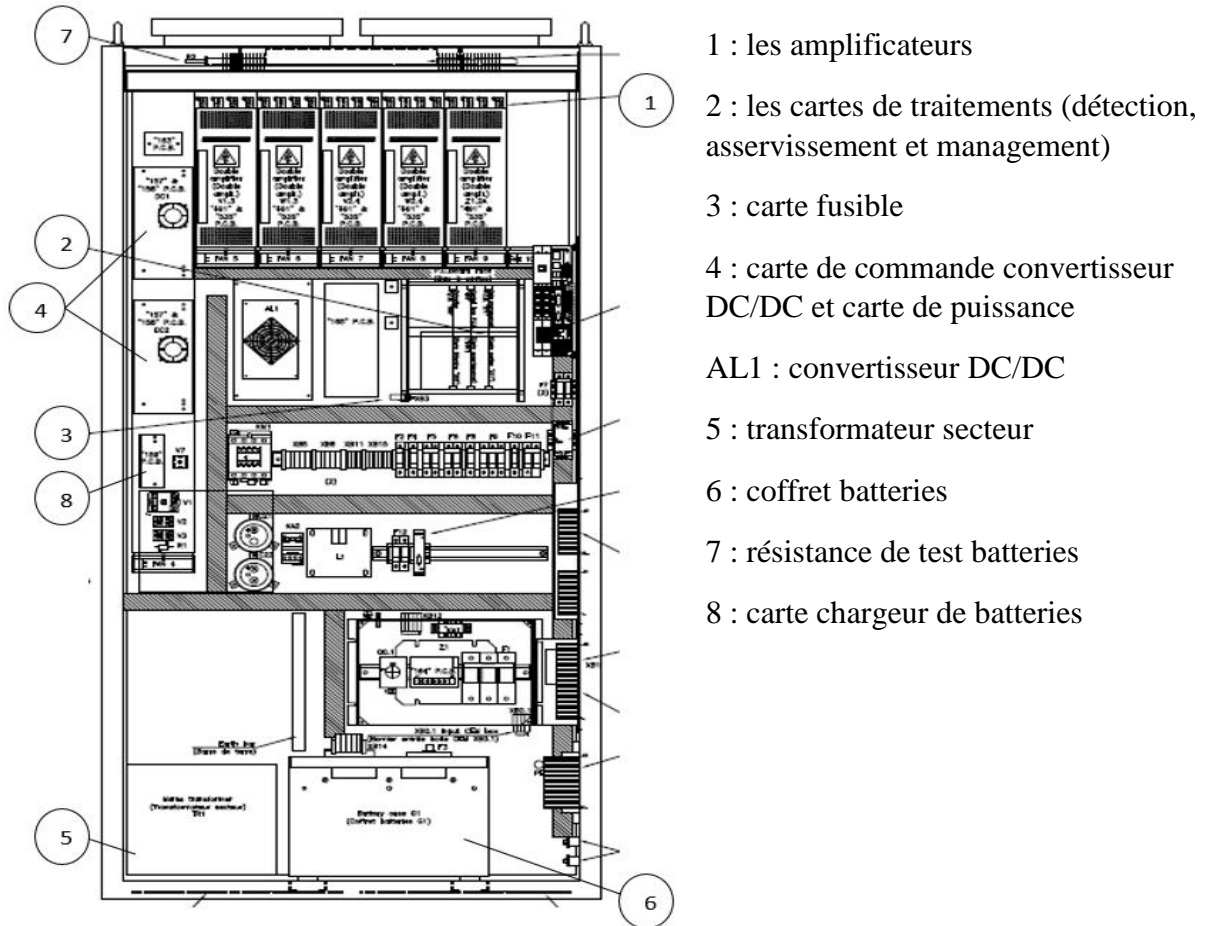
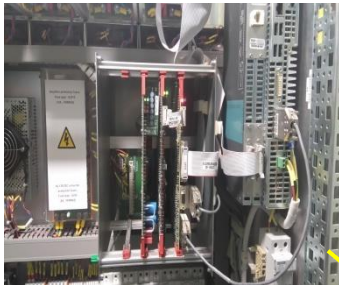


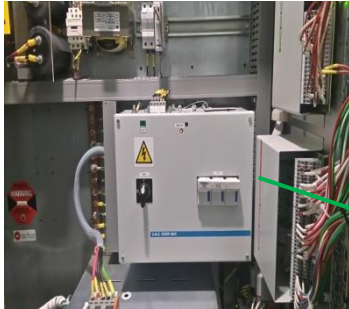
Figure III.13 : L'armoire AMB



Les cartes de traitements



Les 5 amplificateurs de puissance



Self de filtrage



Coffret de batteries



Armoire filtre L/C

Figure III.14 : Figures explicatif de l'armoire

III.3.2.1. Schémas électriques de l'armoire de PMA

Les schémas synoptiques suivant résument le passage du courant de l'alimentation jusqu'à les électroaimants

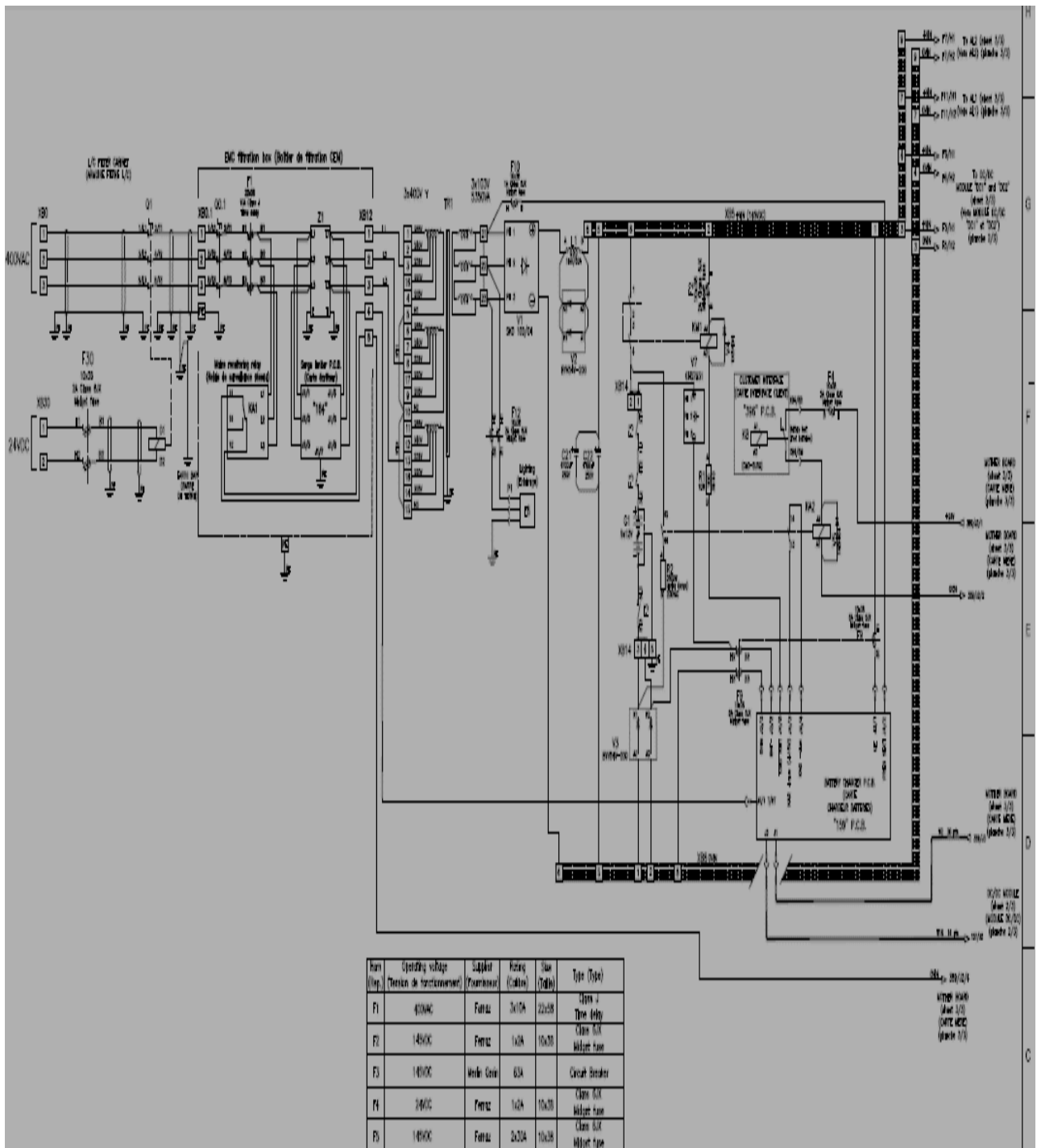


Figure III-15 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 1

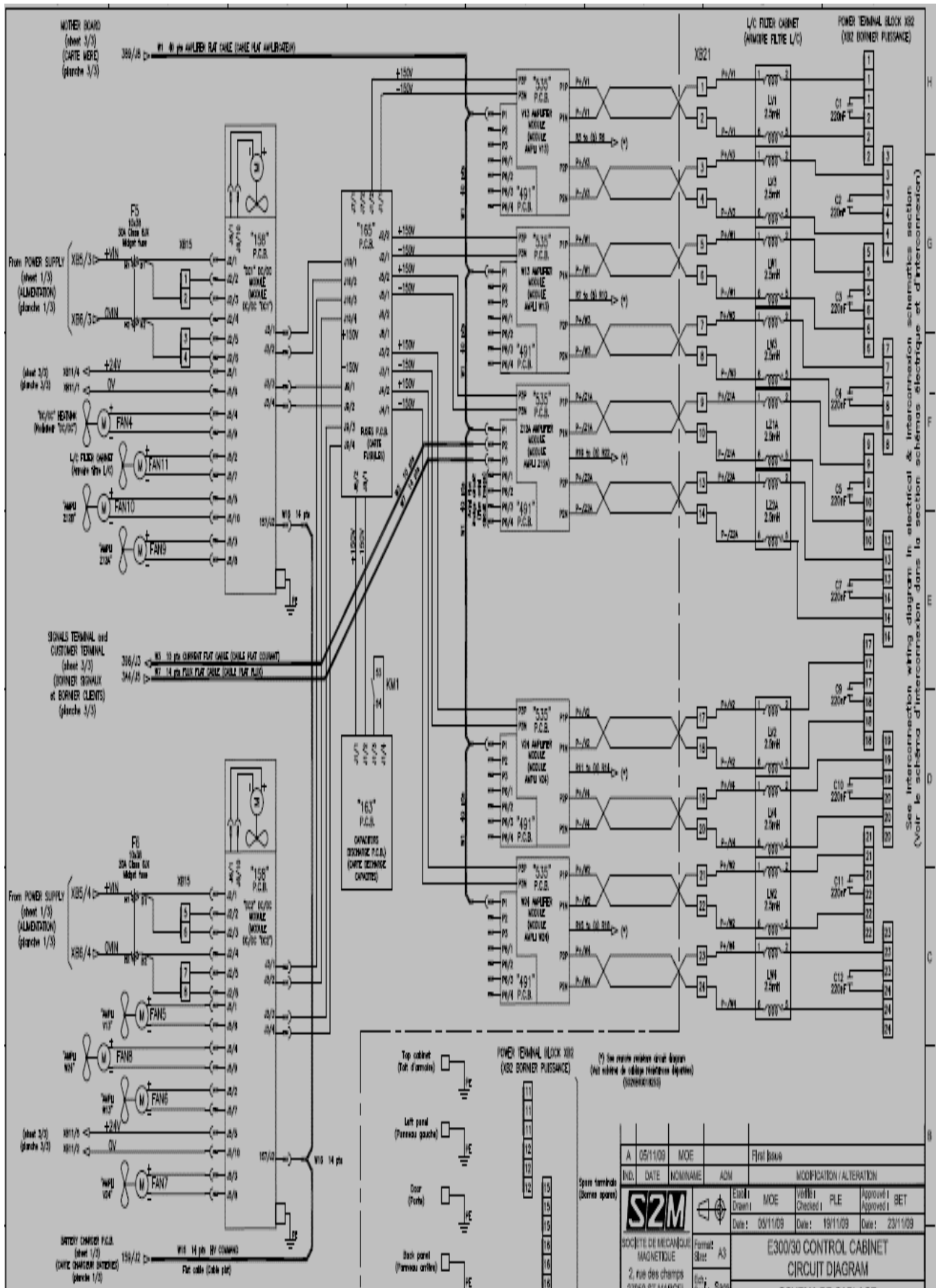


Figure III-16 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 2

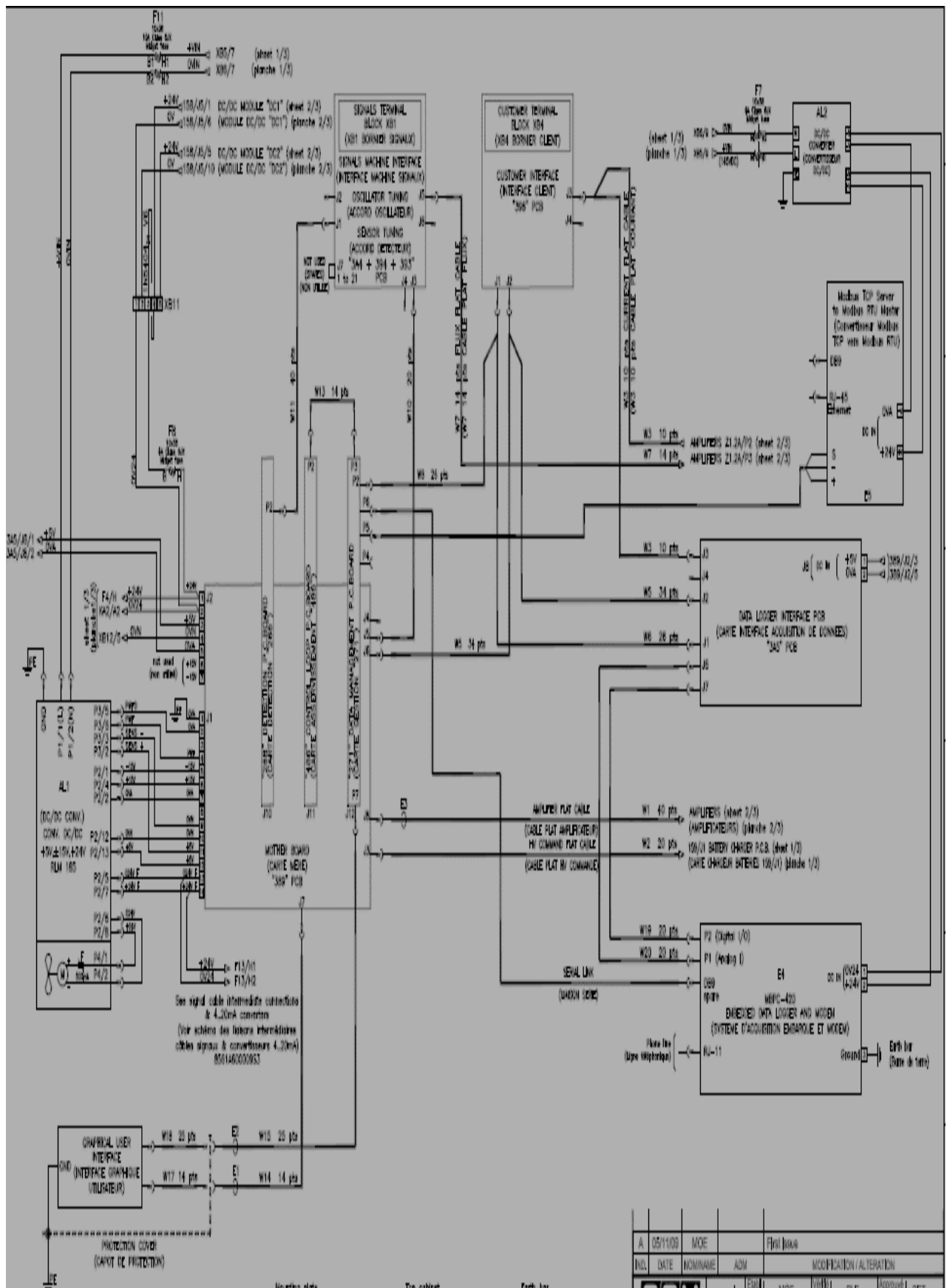


Figure III-17 : Schémas électriques de l'armoire de PMA 3

❖ Explication des schémas

L'armoire **AMB** est alimentée par une source du courant alternative sous une tension de **400V** triphasé, à partir de la cellule. Après avoir donné l'ordre de la mise en service par l'opérateur utilisant la clé 32HS-Ox507 du panneau local, la commande de 24V est disponible. La fermeture du contacteur **Q1** permis la mise sous tension de l'armoire E300/30, les tensions passent d'abord par le filtre **L/C**, ensuite vers l'unité de filtration **EMC** pour éliminer les harmoniques afin de protéger les composants électronique, les tensions passent par un transformateur abaisseur **3×400V Y/3×103V** de puissance 5350VA, comme nous avons besoin d'un courant continu la tension redressée par un pont redresseur **3×103VAC/145VDC**. La sortie est destinée aux chargeurs de batteries, aux modules DC/DC convertisseurs et la carte mère.

Il existe deux convertisseurs DC/DC 2500W/ ±150VDC, qui alimentent les amplificateurs de puissance afin d'envoyer le courant nécessaire aux électroaimants sous la surveillance de la carte mère. Sans oublier l'alimentation 24VDC des ventilateurs...

III.3.2.2. L'amplificateur

- Alimente les électro-aimants avec le courant nécessaire pour créer le champ magnétique qui agit sur le rotor,
- Il reçoit le signal depuis la carte de management,
- Fournit un courant à l'électro-aimant lorsque le signal de commande est positif.

Il existe deux types des amplificateurs, linéaire et MLI :

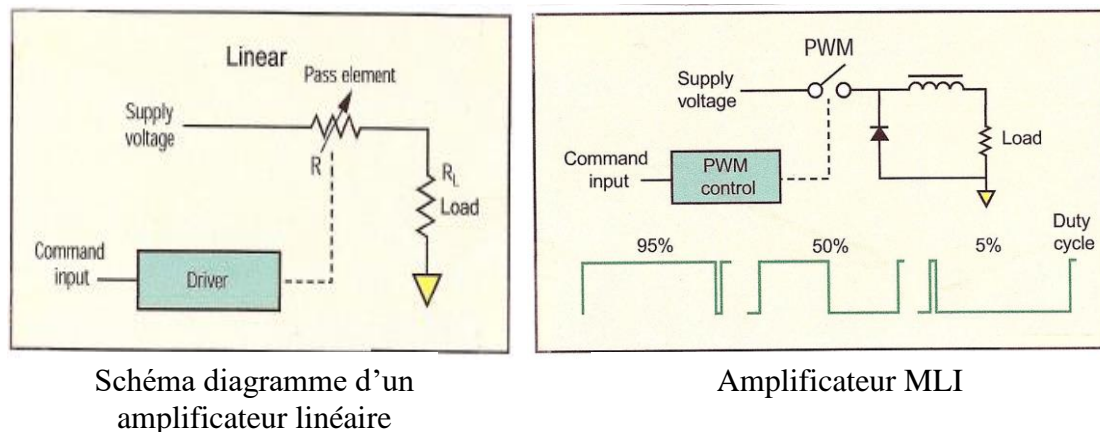


Figure III.18 : Type des amplificateurs

L'amplificateur utilisé est à une commande MLI (modulation de largeur d'impulsion), il utilise le signal de commutation pour augmenter ou diminuer le signal nécessaire pour ajuster l'énergie fournie. La figure suivante explique le principe d'une commande PWM

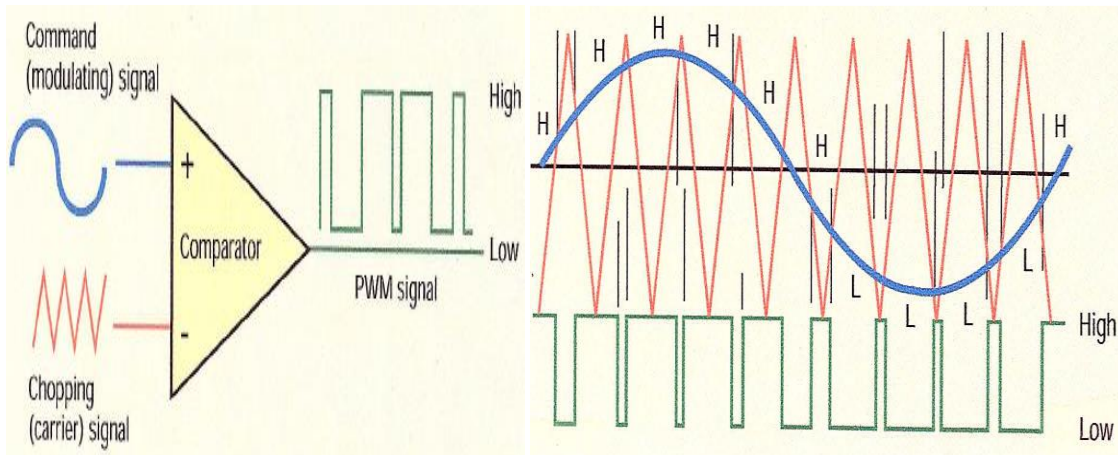
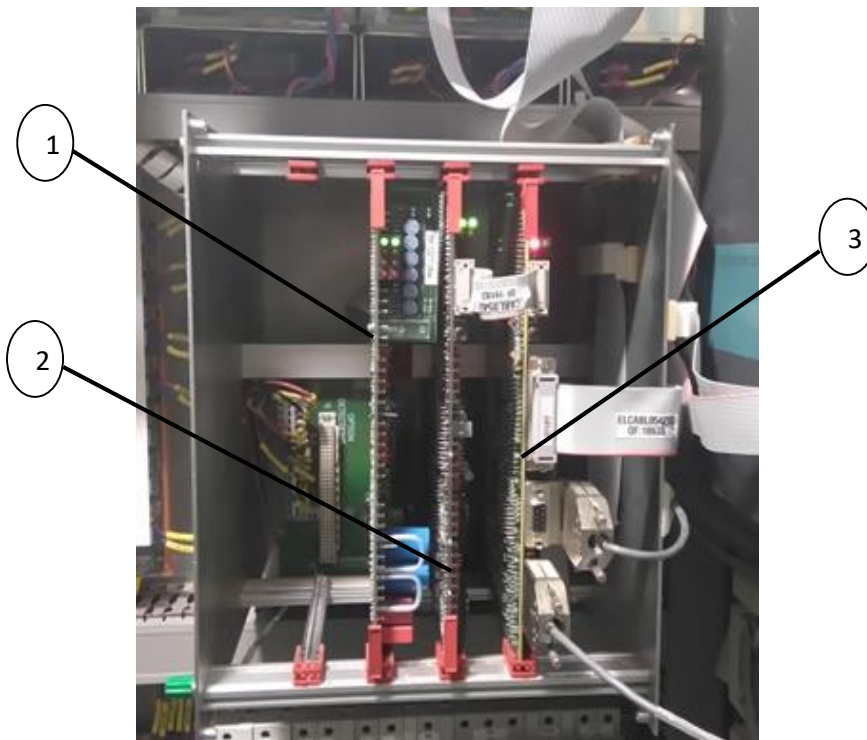


Figure III.19 : Commande PWM

- En bleu est le signal référentiel ou le signal de commande.
- En rouge est la porteuse.

III.3.2.3. Les cartes de traitement

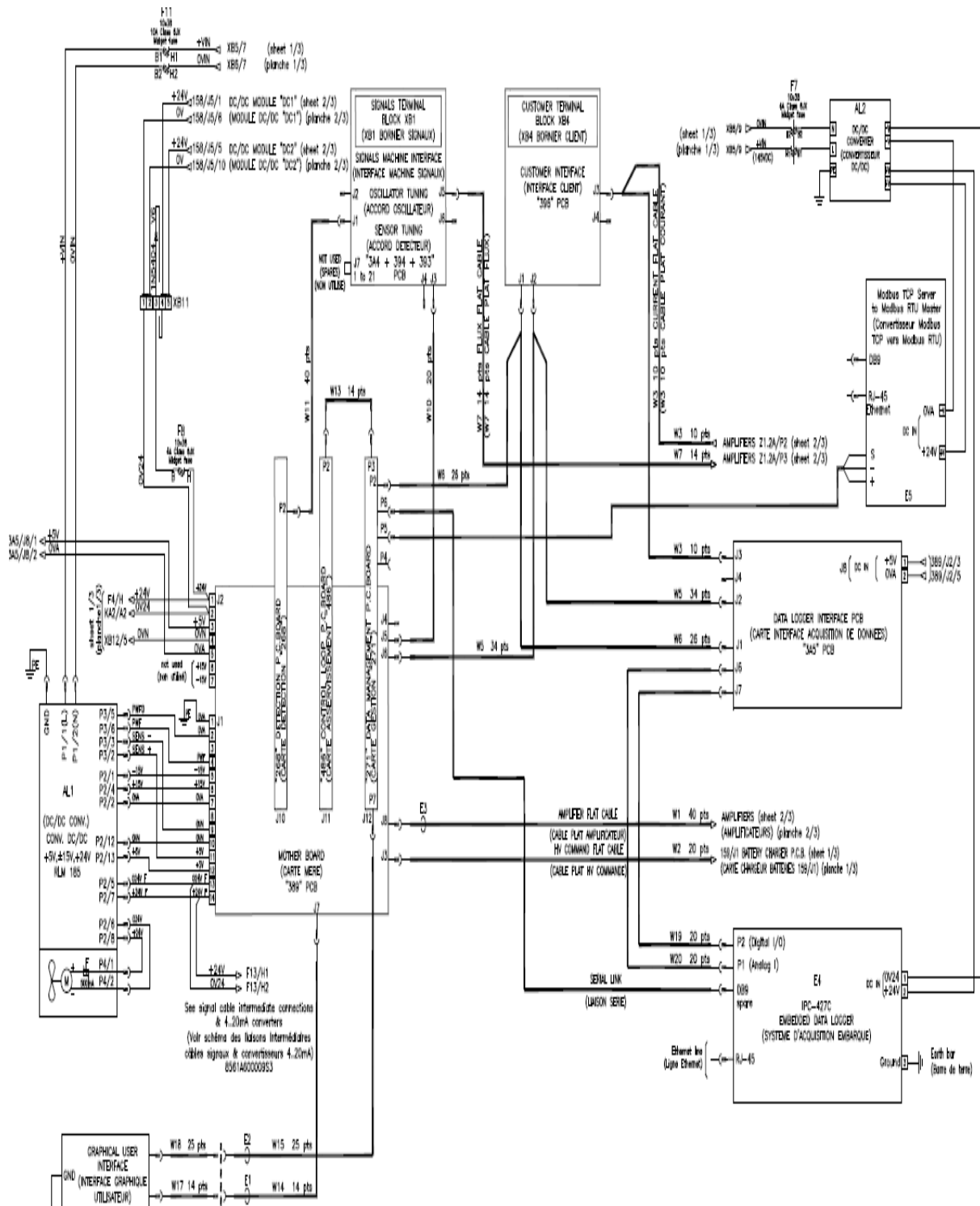


- 1 : carte détection
- 2 : carte asservissement
- 3 : carte management

Figure III.20 : les cartes

La carte détection reçoit tous les signaux et les informations livrées par les capteurs, et le traitement se fait au niveau de la carte d'asservissement suivant la boucle de contrôle, l'erreur trouver va être compensé par un gain de correction calculer à partir de la fonction de transfert

du système. La gestion des données est au niveau de la carte de management, cette carte est la responsable d'envoyer tous les informations à leurs destinations, après le traitement des signaux ; les corrections sont envoyées aux enroulements des puissances passant par les amplificateurs de puissance qui fournit le courant nécessaire pour maintenir la suspension et le centrage du rotor. Le schéma unifilaire suivant montre les interconnexions des cartes de traitement :



III.3.2.4 La mise sous tension de l'armoire

Le démarrage de l'expander doit être effectué suivant les étapes déjà mentionnés. Après l'inertage ; l'opérateur donne l'ordre de la mise sous tension à partir du panneau local de commande utilisant une clé comme le montre la figure



Figure III.21: Panneau local

1 : panneau locale

2, 3 : boîtes jonctions Instruments/Analogique

III.4 Protection d'un système à palier magnétique

En cas de conditions critiques pouvant entraîner des détériorations de la turbine ou du compresseur ou même le système à palier magnétique, pour cela ; la protection de nos équipements et nos travailleurs doit être assuré. La protection est réalisée par un ensemble des vannes qui sont commandé à partir du PLC suivant le signal envoyé par les détecteurs et ces seuils de réglages.

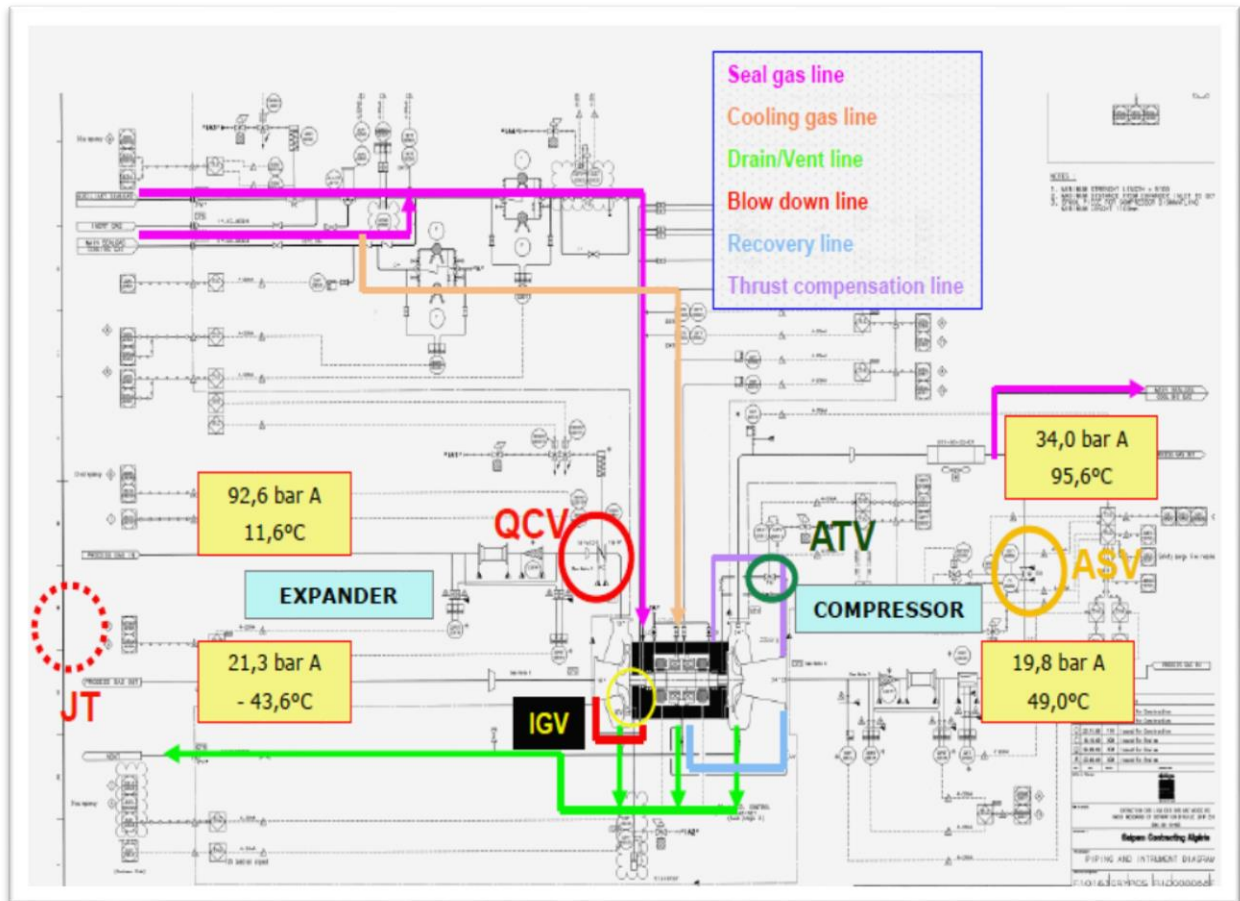


Figure III.22 : Schéma P&ID Turbo-Expander

a. Protection survitesse de la turbine (QCV)

La vitesse de rotation de la turbine dépend linéairement au débit du gaz fournit par le process, et en cas du fonctionnement anormal et augmentation excessive de la vitesse, l'unité doit être arrêtée et isolée du process en urgence. Ceci se fait à l'aide de la vanne à fermeture rapide QCV (32 SDV 0x501) qui est placée à l'entrée de la turbine de détente.

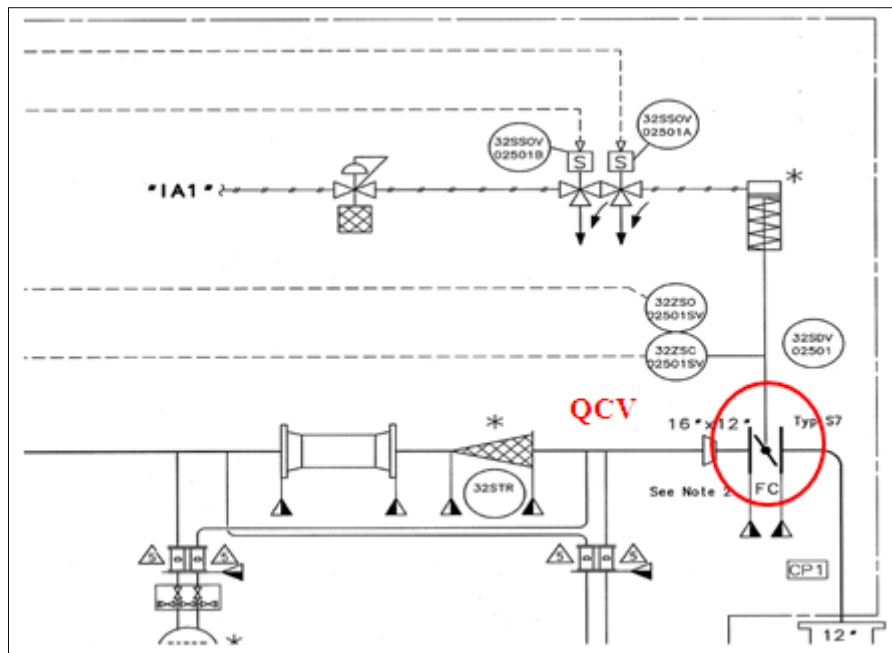


Figure III.23 : schéma de la vanne à fermeture rapide

Cette vanne est à commande pneumatique, à ressort, et deux électrovannes. Elle doit être montée directement sur la bride d'entrée de la turbine.

La position de sécurité de cette vanne est intégrée à la position fermée. Le temps de fermeture nécessaire entre les positions complètement ouverte et complètement fermée doit être de 1 seconde au plus. L'ouverture prendra au moins 10 secondes afin d'éviter un choc dû à la pression sur le système d'aubage qui sera fermé à l'entrée de la turbine.

En cas du déclenchement, le gaz de charge va être by-passé vers la vanne Joule Thomson (JT) pour éviter la perte de production. Elle comprend deux électrovannes 32 SSOV0x501A/B et deux électrovannes à fin de course 32ZSO 0x501SV et 32ZSC 0x501SV. Les électrovannes ont une sécurité intégrée (**fail safe**) et montés en séries pour assurer un fonctionnement en toute sécurité du système d'actionnement QCV.

b. Protection anti pompage du compresseur (ASV)

Le phénomène de pompage du compresseur est caractérisé par l'aspiration irrégulière du compresseur, pression de refoulement et le débit. Elle est causée par l'instabilité de l'écoulement dans le compresseur en raison de débit insuffisant à la vitesse de fonctionnement donnée. Sévère pompage du compresseur provoque des vibrations de l'arbre lourd, et peut entraîner de graves dommages à la machine.

Il est résolu en augmentant le débit (à savoir augmenter le débit de recyclage du compresseur à travers la vanne de régulation ASV).

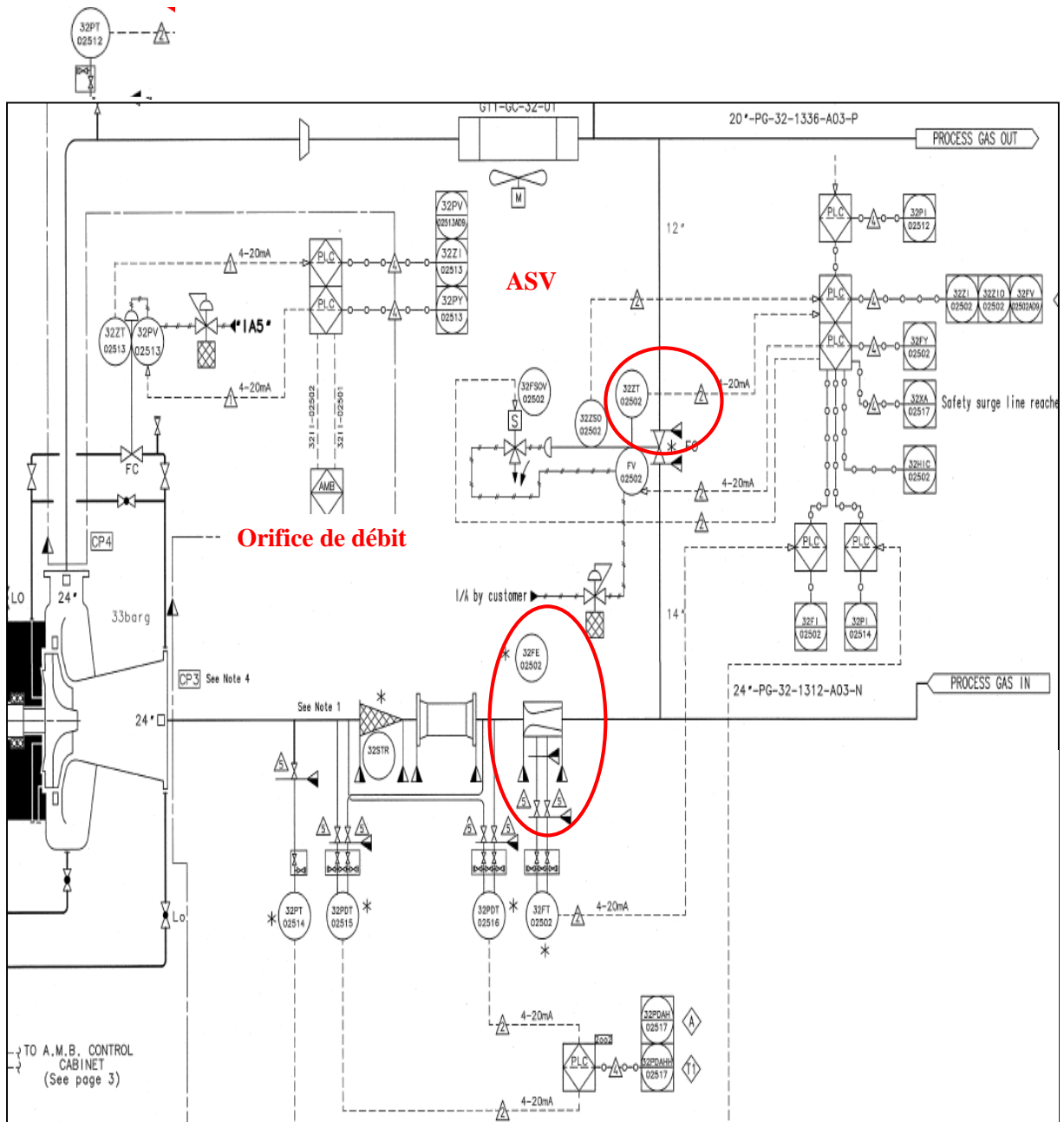


Figure III.24 : schéma de la vanne anti pompe

Le système de commande est constitué des éléments suivants :

- Une vanne anti-pompage (32 FV 0x502),
- Une mesure de la pression différentielle du compresseur,
- Une mesure de la pression différentielle d'un orifice (qui reflète le débit d'entrée du compresseur).

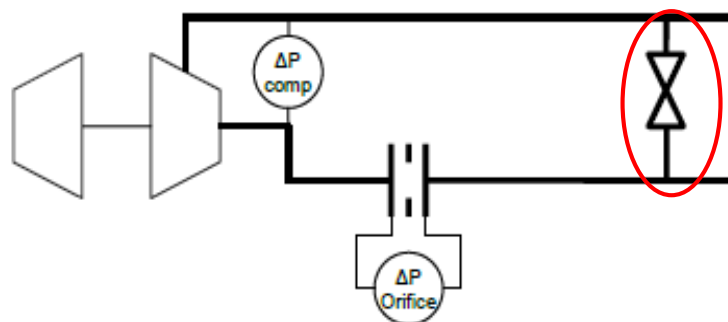


Figure III.25 : système anti-pompage

Le système anti-pompage utilise les valeurs de ΔP compresseur et ΔP orifice (ΔP = pression différentielle) pour déterminer la zone de fonctionnement du compresseur (éviter la surpression).

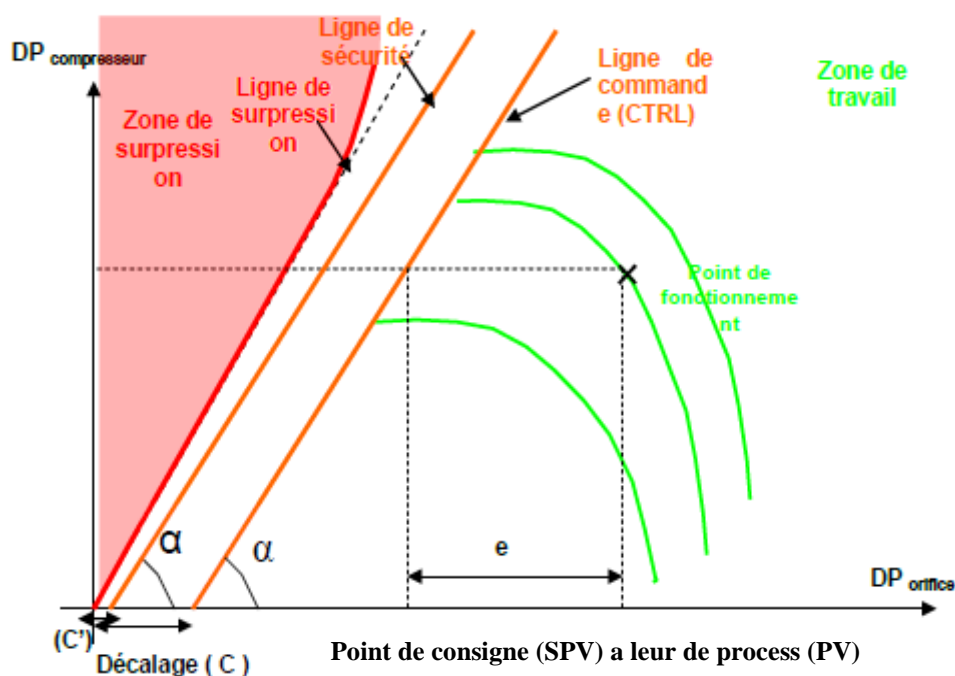


Figure III.26 : courbe de fonctionnement du compresseur

Remarque : L'angle (α) et les décalages (C et C') sont définis par Cryostar conformément aux caractéristiques des instruments anti-pompage après essais de réception en usine et essais au banc et validés au cours de la phase de mise en service.

La stratégie consiste à éviter que le compresseur ne fonctionne du côté gauche de la ligne de surpression. Un contrôleur proportionnel – intégral (Contrôleur PI) est utilisé pour commander la vanne anti pompage. Pendant le fonctionnement, le contrôleur lit la valeur de process (PV) et soustrait cette mesure de la valeur du point de consigne (SP) pour déterminer l'erreur (e). Il utilise ensuite l'erreur pour calculer une correction et commander la vanne anti-pompage (« action ») afin que cette correction supprime l'erreur de la valeur de process (PV).

➤ Principe :

- Si PV est supérieure à SP, le contrôleur ferme la vanne anti-pompage pour tenter de réduire PV (condition normale).
- Si PV est inférieure à SP, le contrôleur doit ouvrir la vanne anti-pompage pour augmenter PV (protection contre la surpression).

Lorsque le contrôleur n'est pas assez rapide (réaction trop lente de la vanne, mauvaise configuration des tuyauteries de la boucle anti-pompage ou diminution rapide du débit), le débit peut descendre bien en dessous de SP jusqu'à atteindre la ligne de surpression. Pour éviter cela, une ligne de sécurité est prévue entre la ligne CTRL et la ligne de surpression.

Lorsque le point de fonctionnement atteint la ligne de sécurité ($e=SP-PV=C-C'$), la fonction Proportionnel- intégrale doit être contournée et le contrôleur doit demander immédiatement l'ouverture complète de la vanne anti-pompage jusqu'au retour du point de fonctionnement sur le côté droit de la ligne CTRL.

c. Poussé axial (ATV)

Les forces résultantes dues aux pressions appliquées sur les roues, faites pousser le rotor. Dans la majorité des cas, il faut utiliser un système de compensation des poussés axiales.

La charge de poussée axiale est donnée par un courant différentiel du palier axial (32 II 0x501 & 32 II 0x502) en provenance du panneau AMB ((32 II 0x501 & 32 II 0x502) est calculé respectivement à partir des courants des paliers axiaux de la turbine et du compresseur). À la suite de ce courant, un contrôleur règle la position de la vanne de compensation axiale en envoyant un signal 4-20 mA au positionneur de la vanne. Le retour de la position est effectué par un transmetteur de position (32 ZT 0x513).

d. Protection des paliers

La turbine de détente est équipée de quatre détecteurs de vitesse 3 activés et 1 de rechange tel que :

- 2 côté turbine de détente : 32 SE 0x502 & 32 SE 0x503
- 2 coté compresseur : 32 SE 0x504 & 32 SE 0x506 (détecteur de rechange)

Un détecteur de vitesse est utilisé pour le déclenchement (trip) en cas de survitesse et de sous vitesse dans l'armoire AMB. Les deux autres (32 SE 0x503 et 32 SE 0x504) sont utilisé pour l'alarme et le déclenchement (trip) en cas de survitesse dans l'armoire UCP (en mode 2 sur 2).

Le système comprend aussi des transmetteurs de température et de pression, des sondes de température, de vibration et de vitesse, des recopies de position pour les vannes et les aubes et des capteurs de fin de course permettant de contrôler et de surveiller l'unité complète

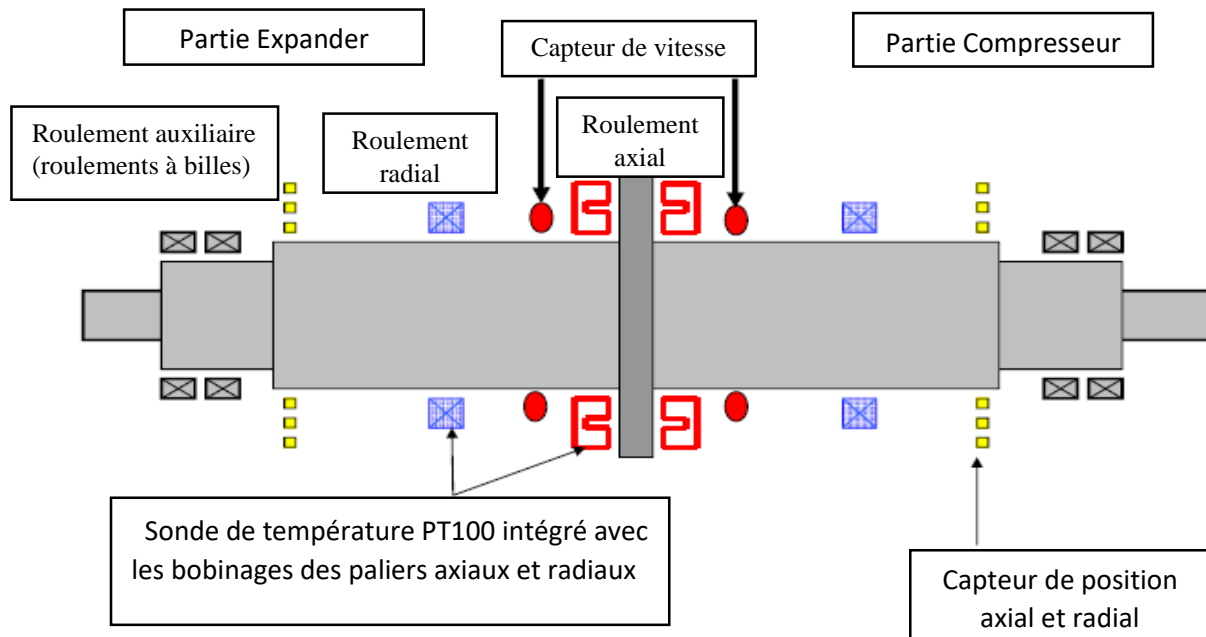


Figure III.27 : Les capteurs de protection de palier magnétique

Le fonctionnement de la machine est sécurisé tant que la pression dans la cartouche de la turbine est maintenue (minimum 2 bar). La pression est surveillée par une fonction de commutation de pression qui coupe l'alimentation de l'armoire AMB en cas de pression très basse. Suivant le réglage des seuils des capteurs au niveau de l'expander, le fonctionnement normal est assuré en toute sécurité.

III.5 Procédures de démarrage et d'exploitation

La mise en service avant le démarrage se compose des étapes suivantes, qui doivent être suivies dans l'ordre indiqué ci-dessous :

- Inertage et purge
- Alimentation de l'armoire AMB et lévitation du rotor
- Pressurisation
- Mise en fonctionnement de l'étanchéité au gaz
- Vidange
- Isolation positive

III.5.1 Préparation au démarrage

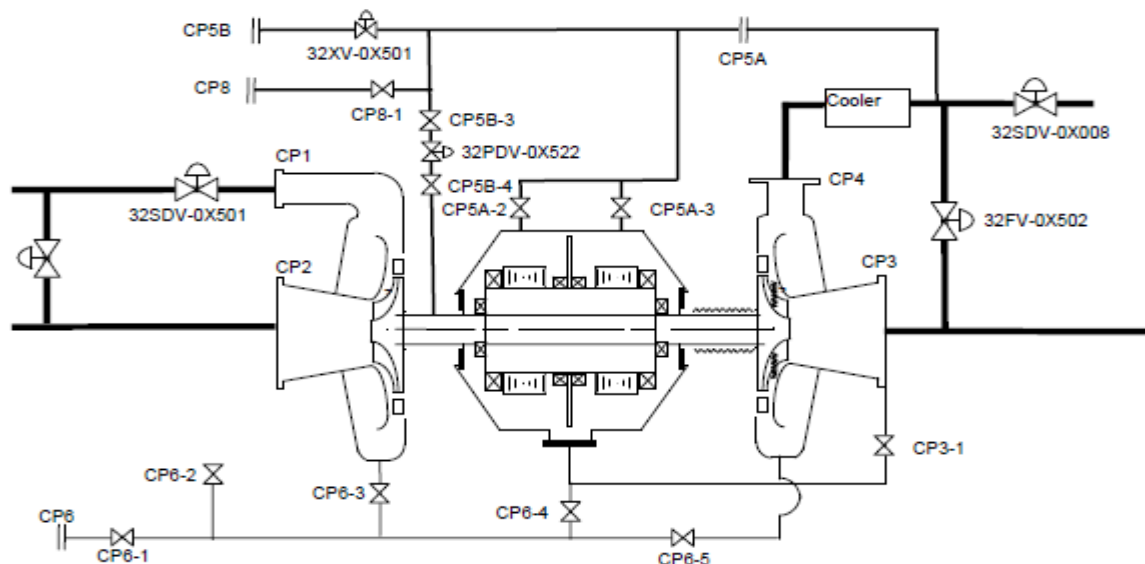
III.5.1.1 Inertage et la purge

L'inertage et la purge doivent être exécutés dans les cas avant le démarrage de la machine ou lorsque la machine est complètement dépressurisée pour maintenance ou dès que la pression d'une section chute en dessous de 2 bars.

Avant de démarrer la turbine de détente/compresseur, toutes les parties internes de la machine (corps, supports de paliers, ligne de gaz de barrage, ligne de purge...) doivent être vidées de l'air, rendues inertes par un gaz inerte (azote) et séchées pour les raisons suivantes :

- **Inertage** : Pour sécuriser les composants électriques en enlevant l'oxygène, et ainsi de limiter les risques d'explosion dans la section centrale des paliers en cas de dysfonctionnement accidentel d'un de ces composants électriques.
- **Séchage** : Si des hydrocarbures liquides, avec du méthanol, du glycol ou toutes traces d'eau (c.à.d des liquides conducteur d'électricité) entrent dans la cavité des paliers, ils peuvent bouleverser les signaux de contrôle électriques et causer des courts-circuits. Afin d'éviter cela, la section centrale des paliers AMB doit être séché par un tampon ou par de l'azote avant mise sous tension.

La seule méthode recommandée pour rendre la section du palier magnétique inerte est de procéder par cycles successifs de pressurisation/dépressurisation. Le but de cette méthode est de purger toutes les cavités ainsi que les fins des tuyauteries, afin d'empêcher la formation de poches de gaz dangereuses faites d'un mélange d'oxygène et d'hydrocarbures. Les cycles de pressurisation/dépressurisation doivent être répétés jusqu'à ce que la concentration requise en oxygène soit atteinte.



32SDV-0X008:	Vanne d'isolation du gaz process
32XV-0X501:	Vanne de marche/arrêt du gaz de barrage
CP8-1:	Vanne d'isolation du gaz inert
32SDV-0X501:	Vanne à fermeture rapide
32FV-0X502:	Vanne anti-pompape
CP6-1/ CP6-2/ CP6-3/ CP6-4/ CP6-5	Vanne de drain

Figure III.28 : Inertage

III.5.1.2 Préparation à la purge

- Vérifiez que le panneau AMB est hors tension.
- Isolez le système entier en conséquence :
- Fermez la vanne d'isolation à l'entrée de la turbine (32SDV0X501)
- Fermez la vanne d'isolation à la sortie de la turbine (32SDV-0X007)

- Fermez la vanne d'isolation à l'entrée du compresseur (32SDV-0X005)
- Fermez la vanne d'isolation à la sortie du compresseur (32SDV-0X008, fourniture client)
- Isolez la ligne de gaz de barrage (Fermez 32XV-0X501) à la connexion CP5B
- Fermez la vanne d'isolation du gaz inerte (CP8-1) à la connexion CP8
- Fermez les points d'évents et de drainage du double filtre du gaz de barrage 32F-0X501
- Fermez les points d'évents et de drainage du double filtre du gaz de refroidissement 32F-0X502
- Fermez la vanne d'isolation manuelle (CP6-1) sur la ligne de drain au point de connexion CP6
- Ouvrez toutes les vannes de drainage des corps (CP6-3, CP6-4, CP6-5)
- Ouvrez les vannes d'entrée et de sortie du gaz de refroidissement (CP5A-2, CP5A-3 CP3-1)
- Vérifiez que les vannes de drain sur les manifolds des instruments sont fermées
- Vérifiez que la vanne à fermeture rapide est fermée
- Vérifiez que la vanne anti-pompage 32FV-0X502 est ouverte
- Vérifiez que les vannes d'isolation des instruments sont ouvertes
- Vérifiez que les vannes d'égalisation de pression entre les deux éléments filtrant sont ouvertes
- Vérifiez que les vannes d'isolation manuelle de la PDV (32PDV-0X522) sont ouvertes (CP5B-3 & CP5B-4)

III.5.1.3 Démarrage de la purge :

1. Pressurisez l'unité à l'aide de gaz inerte (azote) depuis le raccord de gaz inerte (CP8) : ouvrez la vanne manuelle CP8-1 jusqu'à ce que la pression atteigne 4 bars. Vous pouvez lire la pression sur les indicateurs des transmetteurs de pression (32PT-0X509 / 32PT-0X510) placé sur le support du palier.
2. Une fois la pression de 4 bar atteinte, fermez la vanne CP8-1.
3. Ouvrez lentement la vanne d'isolation manuelle CP6-1 au niveau du raccord CP6 pour dépressuriser l'unité jusqu'à la pression de la torche. (Faites attention en ouvrant cette vanne d'éviter la rotation de la roue du de la turbine due à une dépressurisation trop rapide.)
4. Fermez la vanne CP6-1 avant la dépressurisation totale (pour garder une pression du système >2barg).
5. Mesurez la concentration en oxygène au point de ventilation du gaz (CP6-2) à l'aide d'un analyseur d'oxygène (champ d'application du client) ou un analyseur de gaz.
6. Répétez les étapes 1 à 5 tant que la concentration maximum en oxygène (MOC) est supérieure à 5 %.
7. Après la purge, fermez les vannes manuelles de drain (CP6-3, CP6-4 et CP6-5), la ligne d'égalisation du filtre du gaz de barrage et la vanne manuelle sur la ligne de by-pass de la PDCV. La purge de l'intérieur de la machine et de toutes ses conduites associées (gaz de barrage, vidange, refroidissement, extraction, purge) est obligatoire et doit être contrôlée, confirmée et signée par une personne agréée.

III.5.1.4 La lévitation du rotor

- La séquence qui suit ne peut être initiée que si l'opération de purge a été réalisée et validée de la manière décrite dans le paragraphe qui précède.
- Du panneau local, l'opérateur donne « l'ordre de mise sous tension », commande (32HS-0X507) à l'armoire de contrôle des paliers magnétiques (AMB) via le PLC.
- Si nécessaire, mettez à zéro tous les signaux T2 interlocks / arrêts d'urgence dans le PLC, à l'aide de la commande locale 32HS-0X510 ou du CMS via le signal modbus 32HS-0X513.
- Un signal « mise sous tension de l'armoire AMB autorisé » (32XS-0X506) est envoyé du PLC à l'AMB pour mettre sous tension l'interrupteur principal Q1.
- L'opérateur ferme manuellement l'interrupteur principal Q1 localisé sur le panneau S2M.
- Le panneau de contrôle AMB est sous tension. L'indicateur local indique « Lévitation permise » si aucune n'alarme et aucun trip AMB n'est activé.
- La lévitation est initiée par l'action de l'opérateur à partir du CMS (32HS-0X512)
- L'armoire de contrôle AMB envoie les statuts de lévitation au PLC (32XS-0X502, « AMB prêt pour rotation »). Le fonctionnement de la machine est sécurisé tant que la pression dans le support de palier est maintenue au-delà de 2 bar. Si la pression chute sous le point de réglage, la turbine de détente est arrêtée (alarme type A2) et l'alimentation du panneau AMB est coupée.

III.5.1.5 Pressurisation

Le corps de la turbine, le support des paliers et le corps du compresseur doivent être pressurisés au moyen de gaz de barrage auxiliaire depuis le raccord CP5. La pressurisation ne peut commencer que si la turbine de détente est en lévitation. Nous devons commencer par :

- Vérifiez que l'unité entière est isolée
- Ouvrez la vanne de marche/arrêt du gaz de barrage 32XV-0X501 depuis le CMS
- Vérifiez que la pression augmente dans les paliers avec un des transmetteurs 32PT-0X509
- 32PT-0X510 (CRYOSTAR recommande un taux de pression n'excédant pas 6 bar par minute)
- Lorsque la pression atteint la pression de décharge de la vanne Joule Thomson, fermez la vanne de marche/arrêt du gaz de barrage 32XV-0X501.

Si la pression de la source du gaz de barrage auxiliaire est plus élevée que la pression du design compresseur, une sécurité (40 bar sur 32PT-0X509) doit être mise en place au niveau du PLC pour fermer la vanne du gaz de barrage 32XV-0X501 si l'opérateur oublie de le faire.

III.5.2 Mise en service du gaz de barrage

- Les vannes d'isolation du gaz process (32SDV-0X005/6/7/8) à l'entrée et à la sortie de la turbine et du compresseur doivent être ouvertes.
- Les vannes manuelles sur la ligne de by-pass de la vanne 32PDV-0X522 doivent être fermées.

- Vérifiez que la vanne manuelle CP3-1 à la sortie de la ligne de refroidissement est complètement ouverte (bloquée en position ouverte)
- Ouvrez la vanne du gaz de barrage 32XV-0X501.

III.5.2.1 Drainage (vidange)

Avant de démarrer la machine, les corps doivent être vidangés de tout condensat.

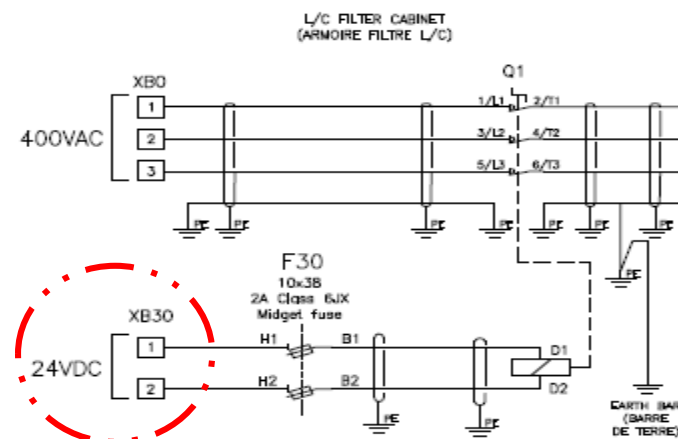
- Ouvrez la vanne de drain CP6-1 en aval du raccord CP6.
- Ouvrez légèrement la vanne manuelle de drain CP6-3 sur la ligne de vidange du corps de la turbine
- Ouvrez légèrement la vanne manuelle de drain CP6-4 sur la ligne de vidange du corps du palier.
- Ouvrez légèrement la vanne manuelle de drain CP6-5 sur la ligne de vidange du corps du compresseur.
- Fermez la vanne de drain CP6-1

Une fois dépressurisée, la machine peut être redémarrée sans vidange si la centrale est restée isolée de l'atmosphère et si le redémarrage a lieu 24h au plus après l'arrêt.

III.5.3 Démarrage de la turbine/compresseur

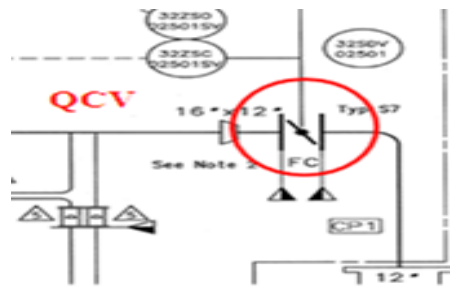
Après les étapes décrites précédemment, le turbo-Expander est prêt à démarrer, vérifiez tous d'abord les conditions de verrouillage qui suivent et effectuez les actions correctives si nécessaire :

- Aubes réglables (IGV) fermée (ouverture < 3%)
- Vanne à fermeture rapide (QCV) fermée (32ZSC-0x501SV = 1)
- Vanne anti-pompage (ASV) ouverte (32ZSO-0X502 = 1)
- AMB prêt pour rotation, un ordre envoyé à l'armoire PMA par une commande 24V donné par l'opérateur à partir du tableau local, Voir le Schémas ci-dessus



- Vanne du gaz de barrage ouverte (32ZSO-0X501 = 1)
- Pas d'alarme et pas de trip
- Démarrage permis depuis le CMS (32XS-0X510)
- Démarrez la turbine depuis la salle de commande (32HS-0X503), ou depuis le CMS (32HS-0X501A) selon la position du sélectionneur local / déporté 32HS-0X511 localisé sur le panneau de commande local.

La QCV s'ouvre et la turbine commence à tourner du fait de fuite au niveau des aubes réglables, à partir de ce moment, la séquence vitesse/temps doit être suivie.



La rampe de vitesse doit être en accord avec les impositions suivantes (le système de contrôle AMB ne doit pas contrôler les séquences de vitesse) :

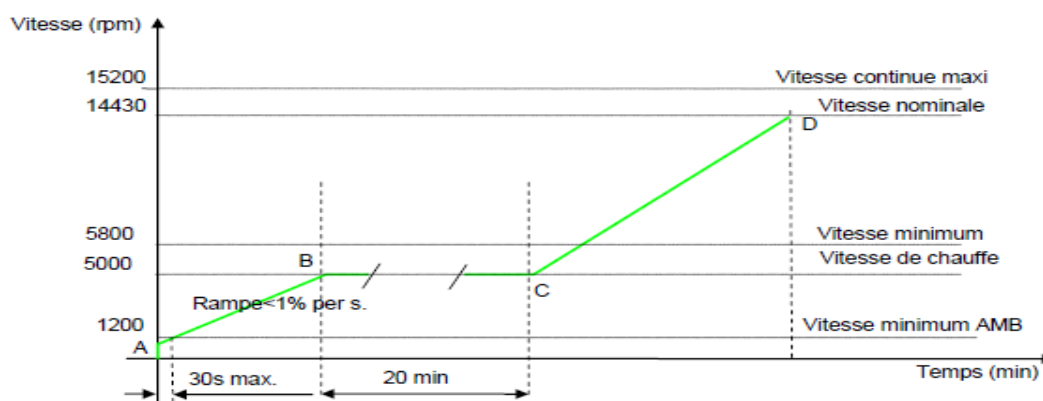


Figure III.29 : la rampe de vitesse

A-B: Depuis le démarrage (32ZSO-0X501SV = 1), les IGV s'ouvrent automatiquement (contrôlé par l'UCP) jusqu'à la vitesse de chauffe.

La vitesse minimum est atteinte après 30sec max. Si ce n'est pas le cas, un trip est généré

B-C: A ce point, la vitesse de la turbine est maintenue Durand 20 minutes (contrôlé par l'UCP) dans le but de chauffé la turbine. Pendant la période de chauffe, différents paramètre doit être vérifiés par l'opérateur :

- La pression différentielle du gaz de barrage (32PDT-0X505 & 32PDT-0X506)
- Les paramètres des paliers magnétiques (température, courant, position...)

C-D: Depuis le point "C" (à la fin de la période de chauffe), le contrôle par l'UCP des IGV est relayé par le CMS (32FY-0X041).

Pour éviter un "saut" pendant la commande de commutation, le contrôle du signal des IGV doit toujours suivre les informations du signal de la position des IGV 32ZT-0X503. Au démarrage, la vanne anti-pompage 32FV-0X502 est totalement ouverte. Elle se ferme graduellement en même temps que la vitesse de la turbine augmente.

La pression et la température du gaz à l'entrée de la turbine de détente doit être maintenue.

III.6 Calibration et vérification

Durant son fonctionnement, le maintien du rotor à la position d'équilibre centré dans l'entrefer est assuré par les capteurs de position monté sur la machine. Après une durée de fonctionnement la vérification du centrage du rotor et le mesure d'entrefer des paliers magnétique et auxiliaires est nécessaire. La calibration et la vérification se fait en intervenant sur la carte de détection suivant une procédure donnée par le fournisseur est décrit dans la procédure de calibrage (Annexe 01). La boucle fermée de contrôle suivante montre les points de mesure (les sorties) et les points d'injection du signal (les entrées).

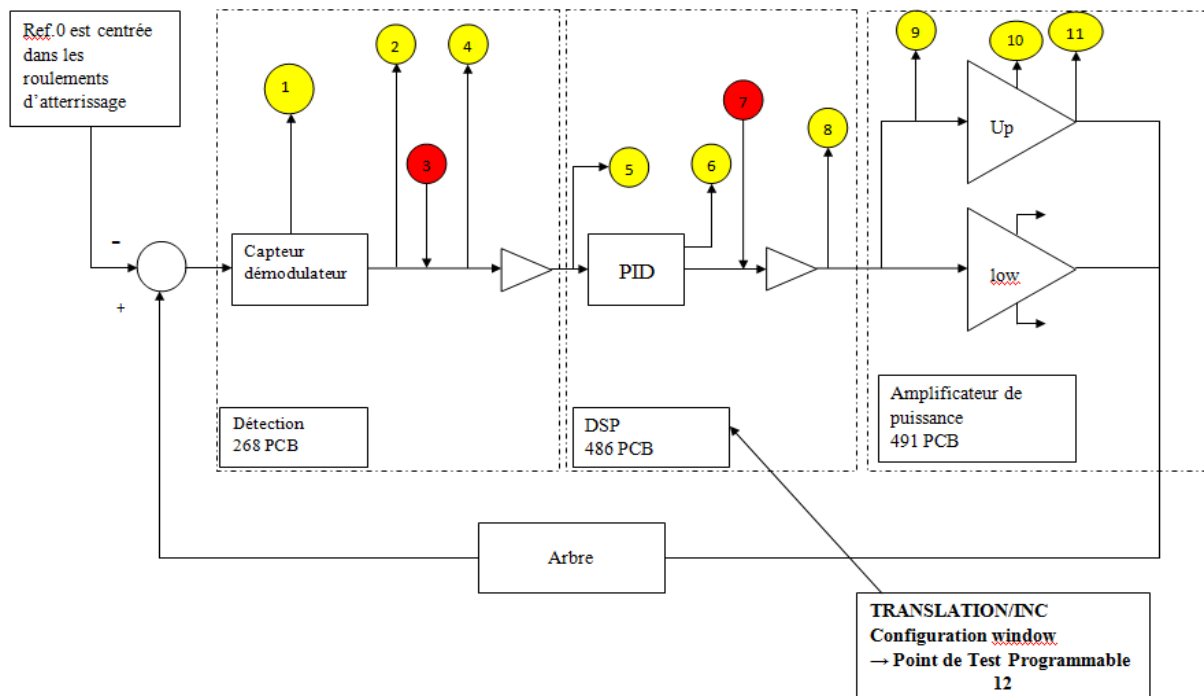


Figure III.30 : boucle fermée de régulation

Le schéma explicatif suivant nous montre brièvement le contrôle de la machine (la liaison entre la commande et la puissance). L'utilisation d'un générateur de basse fréquence nous permet à l'aide d'un oscilloscope de visualiser la réponse de notre système.

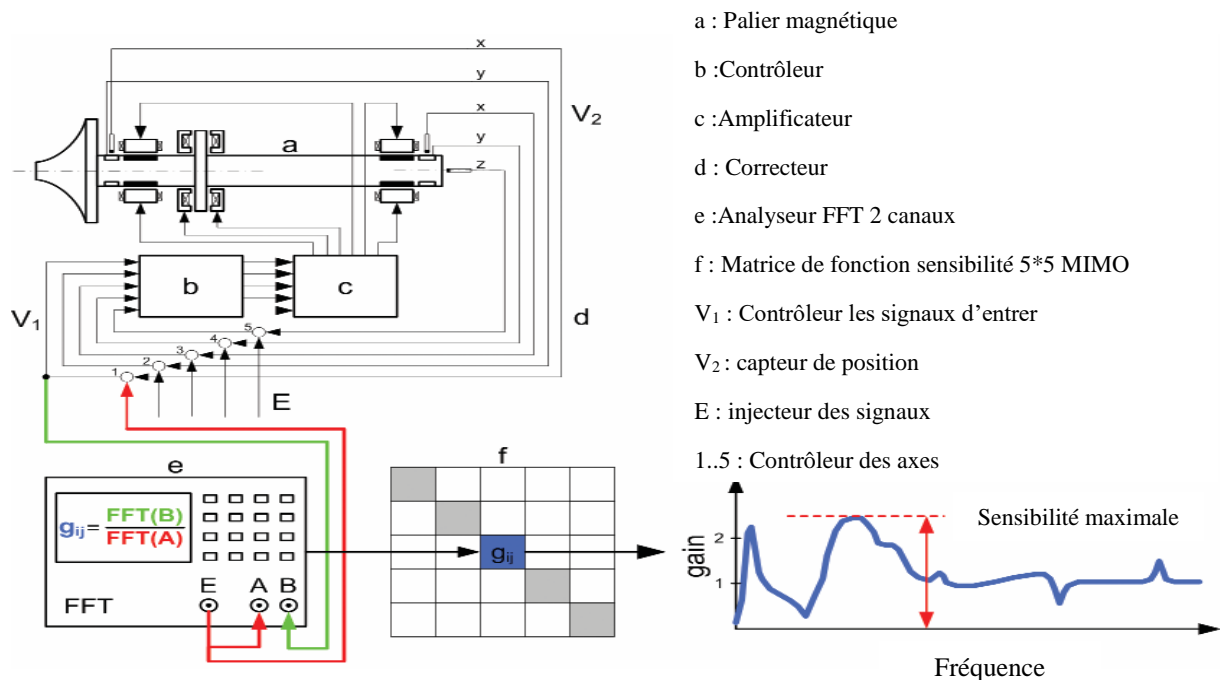
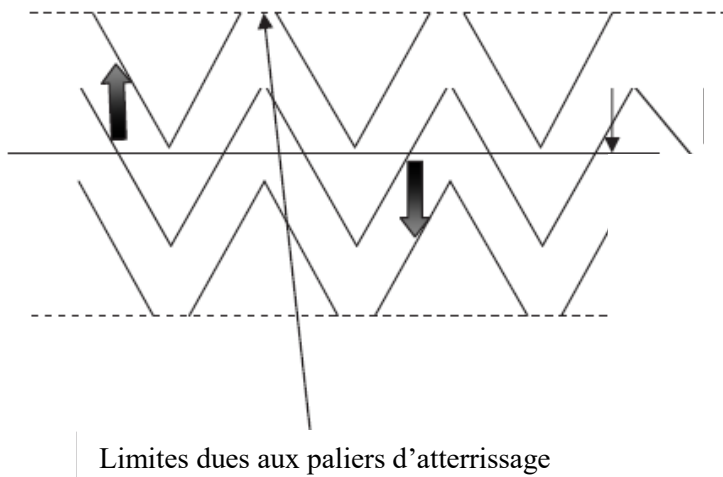


Figure III.31: schéma explicatif du contrôle

Nous injectons un signal triangulaire de basse fréquence de 5Hz dans les points d'injection montré sur la figure, en simulant une détection de déplacement du rotor forçant le système d'envoyer un signal correctif aux roulements magnétiques. Pour déterminer les limites des paliers auxiliaires (à billes), le signal de sortie change sa forme triangulaire comme le montre la figure suivante :



La forme d'onde triangulaire est associée à un DC Offset pour atteindre les limites avec des roulements à billes

Figure III.32: signal d'entrée et de sortie

Conclusion

La pression du gaz naturel dans les réseaux de transport atteint souvent des valeurs bien supérieures aux pressions d'utilisation, cette pression est réduite à une pression moyenne ou basse dans des postes de détente par un ensemble de dispositifs, l'énergie thermodynamique perdue par le gaz lors de la détente peut être récupérée, l'installation des turbo-expander dans des postes de détente permettra la récupération de cette énergie.

Introduction

Le choix de l'investissement est le plus grand problème économique posé pour chaque société, et qui touche aussi l'état et les planificateurs que les dirigeants de ces entreprises. Donc pour arriver à un bon investissement, il faut faire un plan stratégique qui apport à l'entreprise un bénéfice due au produit compétitif, marché intéressent, une bonne image de marque. Et pour atteindre à ce plan, il doit prendre plusieurs données en considération tel que le cout d'achat, le cout du personnelles, et les couts opérationnels (cout de maintenance).

Alors une bonne stratégie de maintenance, implique une durée de vie trop lente du matériel, et une bonne production, avec un bon revenu à l'entreprise.

IV.2 Définition de la maintenance

D'après la définition AFNOR « c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé »

IV.2.1 But de la maintenance

- a. Maintenance de l'installation en parfait état de marche.
- b. Prolonger la durée de vie de l'installation.
- c. Diriger les travaux d'entretien de l'installation.

IV.2.2 les objectifs de la maintenance

➤ Objectif économique :

- a. Réduire le temps d'arrêt de la production.
- b. Investissement minimal sur les installations.
- c. Rentabilité maximal des installations utilisées.

➤ Objectif opérationnel :

- a. Service opérationnel a 100%
- b. Installation en bon état.
- c. Rendement maximum des installations.
- d. Performance dans la qualité.

IV.3 Les fonctions associées à la maintenance

a. La fonction méthode [11]

C'est le cerveau du service maintenance. Il définit les méthodes, les techniques, les moyens et les normes d'entretien.

b. La fonction ordonnancement

- Etablir les plannings d'intervention.
- Repartir le personnel en fonction des travaux et des délais.
- Calculer le temps d'intervention et suivre l'avancement des travaux.

c. La fonction exécution et réalisation

- Assurer l'installation des machines (réparation, contrôle, la mise en fonction).
- Informer le personnel sur les équipements (consigne d'utilisation).
- Assurer la remise en marche du matériel après intervention.

d. la fonction documentation

- **La documentation technique** : elle résume le fonctionnement des équipements ainsi que leurs caractéristiques techniques et celle des pièces d'usure.
- **La documentation historique** : elle résume les interventions détaillées (panne, durer de l'intervention, réparation, pièces de rechange s'il y'a lieu, cause de la panne) qui s'effectuent sur l'équipement.
- **La documentation du fournisseur** : cette documentation est propre à l'équipement et envoyée par le fournisseur durant ou après l'achat de ce dernier

IV.4 Les différents types de la maintenance d'après la norme AFNOR

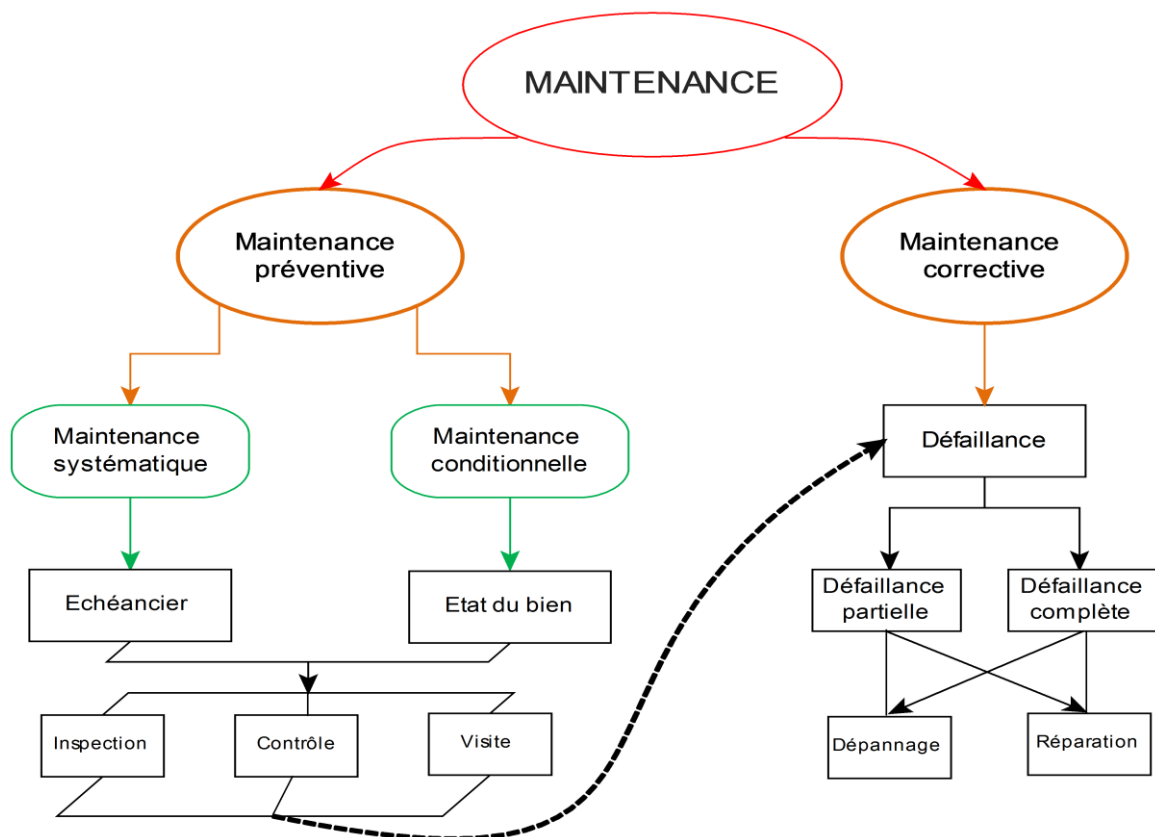


Figure VI.1: Type de maintenance

IV.5 Les méthodes de maintenance [12]

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut être informé des objectifs de la direction, des décisions politiques de maintenance, mais il faut aussi connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels ; le comportement du matériel en exploitation ; les conditions d'application de chaque méthode ; les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

IV.5.1 La maintenance corrective [13]

C'est l'une des types de maintenance qu'elle effectuée après une défaillance, une dégradation du l'outil.

➤ **Défaillance** : C'est un Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

On distingue deux formes de défaillance :

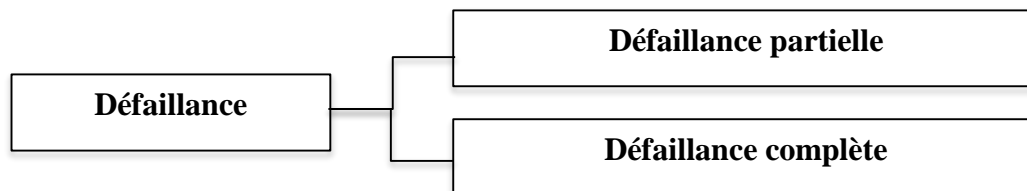


Figure VI.2 : type de défaillance

IV.5.2 La maintenance préventive

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

➤ **But de la maintenance préventive** : [15]

- Augmenter la durée de vie des matériels ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc. ;
- Diminuer le budget de la maintenance ;
- Supprimer les causes d'accidents graves.

IV.5.2.1 Les type de maintenance préventive

A) -La maintenance préventive systématique [14]

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Tel que cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète.

- Cette méthode nécessite de connaître :
 - Le comportement du matériel ;
 - Les usures ;
 - Les modes de dégradations ;
 - Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

- La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :
 - Equipements soumis à la législation en vigueur (sécurité réglementée).
 - Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves.
 - Equipements ayant un coût de défaillance élevé.
 - Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevés au cours de leur temps de service.

B) -La maintenance préventive conditionnelle [16]

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure), révélateur de l'état de dégradation du bien.

➤ Conditions d'applications : [17] [18]

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles, suivant les cas où il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

- La maintenance conditionnelle systématique peut être appliquée dans les cas suivants :
 - Le quatrième groupe concerne la préservation ; il comprend les opérations suivantes : la mise en conservation, la mise en survie et la mise en service.
 - Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

ORGANIGRAMME DE MAINTENANCE

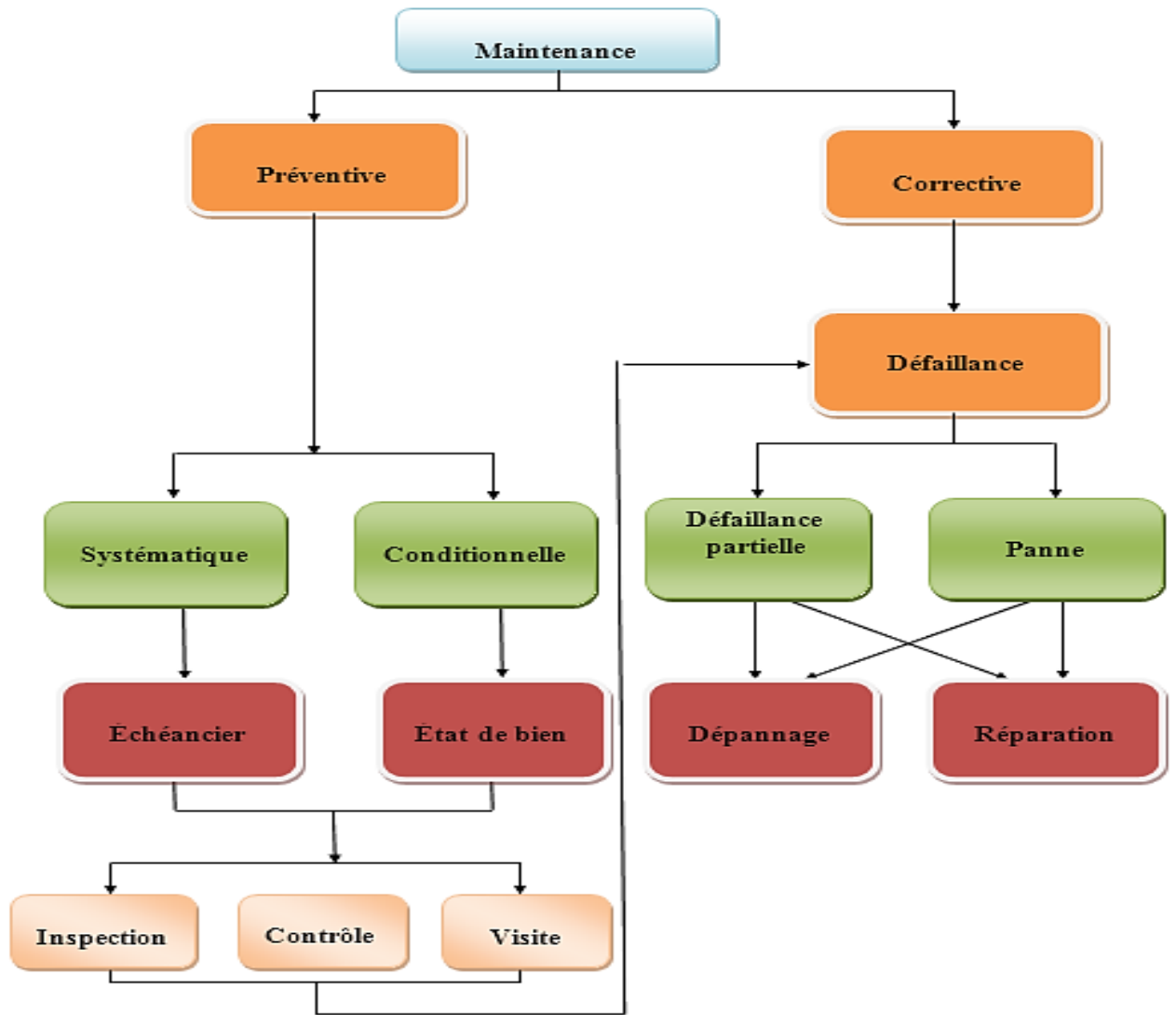


Figure IV.3 : organigramme de la maintenance

IV.6 fonction de la maintenance

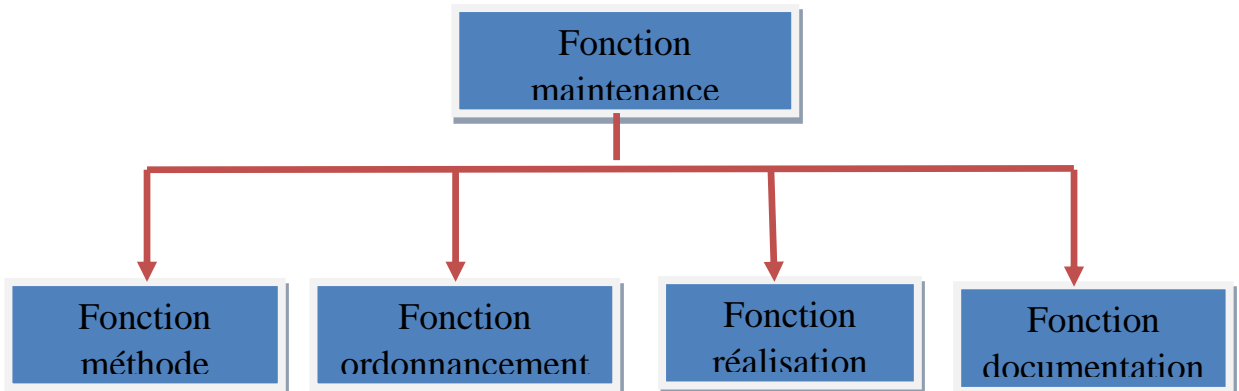


Figure IV.4 : schéma représentatif des fonctions de maintenance

➤ **Fonction méthode :**

C'est le cerveau du service maintenance : elle définit les méthodes, les techniques, les moyens les normes d'entretien. Elle gère deux études :

a) Etude technique du matériel :

- Choisir les procédures d'essai.
- Vérification des travaux effectués.
- Détermination des pièces de rechange.
- Proposition de modification en cas de panne répétitive.
- Etudier les procédures de déclenchement des interventions.
- Préparation des interventions : (outils à utiliser, gamme de travail, personnel qualifié, bon de sortie magasin).

b) Etude économique :

- Analyser les coûts de maintenance (CM).
- Analyser les coûts de défaillance (CD).
- Analyser les coûts de fonctionnement (CF).

➤ **Fonction ordonnancement :**

- Etablir les plannings d'intervention.
- Répartir le personnel des travaux et du délai.
- Calcul l'avancement des travaux.

➤ **Fonction exécution ou réalisation :**

- Gérer l'intervention de la maintenance.
- Etablir le diagnostic de défaillance du matériel.
- Assurer la remise en marche du matériel après intervention.
- Informer le personnel sur les équipements (consigne d'utilisation).
- Gérer les stocks : (pièce de rechange, outillages, appareils de contrôle

➤ **Fonction documentation :**

Elle consiste à créer, organiser, animer, compléter et mettre à jour toutes les documentations relatives à la maintenance.

IV.7 Operations de la maintenance

IV.7.1 En correctif :

- **Diagnostic** : identification de la cause de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique.
- **Dépannage** : remise en état provisoire avant réparation.
- **Réparation** : remise en état définitive.
- **Echange standard** : remplacement d'un sous ensemble défaillant par un neuf ou remise en état.

IV.7.2 En préventif [19]

- **Visite préventive** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien (peut impliquer des démontages, déclencher des opérations correctives des anomalies constatées, faire connaître la loi de dégradation des éléments).
- **Surveillance de fonctionnement** : activité ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien. Utilisé pour suivre le matériel.
- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant les caractéristiques significatives d'un bien.

IV.8 Types d'intervention

Si une panne se produit, l'utilisateur devra utiliser les outils de recherche des pannes suivants :

- Les messages d'alarme
- L'état des diodes électroluminescentes
- Les interventions ou actions qui pourront éventuellement être demandées à l'utilisateur :
 - Soit de contrôler ou vérifier / tester certains éléments
 - Soit de faire un remplacement standard de certaines pièces.

IV.8.1 Les niveaux d'alarmes

Le système de commande S2M surveille lui-même les différents états d'alarme et gère toutes les mesures de protection. En cas de dysfonctionnement, il déclenche des signaux d'alarme qui sont organisés sur trois niveaux :

❖ **Alarme de niveau 1 – panne mineure :**

En cas de dépassement des paramètres de fonctionnement normaux ou en cas de panne mineure, le système produit une alarme de niveau 1.

- Le système de Palier Magnétique Actif (PMA) reste opérationnel à ce niveau et n'est pas encore dangereux pour l'utilisateur.

❖ **Alarme de niveau 2 - panne importante :**

En cas de dépassement des paramètres de sécurité de la machine ou en cas de panne majeure, le système produit une alarme de niveau 2.

- Le système PMA ne fonctionne plus dans des conditions sûres. La poursuite de l'exploitation est dangereuse pour la machine, mais pas pour le palier magnétique ni pour le contrôleur.

➤ L'arrêt de la machine est nécessaire mais il est laissé au système logique de l'utilisateur de la machine. Le système de Palier Magnétique Actif reste en suspension lorsque la machine est revenue à l'état de repos.

❖ **Alarme de niveau 3 - arrêt complet :**

En cas de dysfonctionnement risquant d'endommager la machine ou son armoire de commande, le système PMA produit une alarme de niveau 3.

- Le système de Palier Magnétique Actif n'est plus capable de fonctionner dans des conditions normales et sûres. La configuration de l'armoire est désormais dangereuse pour la machine et/ou le contrôleur.
- Le contrôleur du PMA demande l'arrêt de la machine mais l'arrêt effectif est laissé au système logique de l'utilisateur de la machine. Cependant, aux conditions de faible vitesse, il y a automatiquement coupure du système PMA et interruption de la suspension de la machine.

IV.8.2 Messages d'alarme et recherche des pannes

- ❖ **Clé sur PMA off :** Ce message apparaît après un arrêt automatique de la suspension, par une alarme de niveau 3. Placer l'interrupteur de marche/arrêt du PMA sur la position OFF comme indique le tableau VI.1

Message d'alarme : Clé sur PMA OFF en Mode : Suspension ou Rotation	
Description	La machine a atterri automatiquement à faible vitesse sur les roulements placer la clé ou le contact de commande à distance sur la position OFF.
Niveau d'alarme	Déclenchement (Niveau 3)
Causes	<ul style="list-style-type: none"> • Une alarme de niveau 3 est apparue pendant la suspension ou en mode Rotation
Procédure	<ul style="list-style-type: none"> • Couper la suspension en appuyant sur la touche «0» de l'ensemble Clavier/Afficheur ou à l'aide de sa commande à distance, et relancer la procédure de démarrage

❖ Défaut initialisation DSP

Message d'alarme : Défaut initialisation DSP en Mode Attente	
Description	La carte d'asservissement numérique n'est pas initialisée
Niveau d'alarme	Déclenchement (Niveau 2)
Causes	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise initialisation ou absence d'initialisation de l'asservissement numérique • Gestion des données • Asservissement numérique
Contrôler	<ul style="list-style-type: none"> • Le câble plat entre la carte de gestion des données et la carte d'asservissement numérique • La carte de gestion des données • La carte d'asservissement numérique
Procédure	<ul style="list-style-type: none"> • Inspection visuelle du câble plat numérique • Initialisation (Activer/Désactiver l'alimentation secteur) • Remplacer le câble plat • Remplacer la carte gestion des données • Remplacer la carte d'asservissement numérique

IV.8.3 Diagnostic des pannes

Pour faire une intervention efficace, il doit savoir l'origine et la cause de l'anomalie. Pour cela on a devisé les types des anomalies en 4 catégories comme suit :

1) Vitesse

➤ Sonde de vitesse (32 SE 0x502) sur les paliers magnétiques :

Niveau d'alarmes/ Trip	Description de	causes	Action requise
Déclenchement T1 (SAHH)	Vitesse maximal dépassée	Gestion des données	Contrôlez la carte de gestion des données.

Déclenchement T1 (SALL)	Temps d'accélération du rotor trop long Vitesse minimal non atteinte dans un retard prescrit	Process	Vérifiez les séquences de process (synchronisation de « durée de rotation »).
		Problème sur la Machine Capteur de vitesse	Vérifiez la libre rotation de l'arbre. Contrôlez le capteur de vitesse.
		Gestion des données	Contrôlez la carte de gestion des données.
		Interface client	Contrôlez l'interface client de la carte pc.

Sonde de vitesse (32 SE 0x503 et 32 SE 0x504) sur les paliers magnétiques :

Niveau d'alarme/Trip	Description de problème	Causes	Action requise
Alarme (ASH)	Vitesse maximal atteint ou dépassé	Process	Vérifiez les enregistrements de la vitesse
Déclenchement T1(SAHH)	Vitesse maximal dépassé	Gestion des données	Contrôlez la carte de gestion des données

2) Déplacement

- Capteur de position radiale (32 ZE 0x503 / 32ZE 0x504 / 32 ZE 0x506 / 32 ZE 0x507) sur les paliers magnétiques :

Niveau d'alarme/trip	Description du problème	Causes	Action requise
Alarme (ZAH) ou déclenchement T1 (ZAHH)		Problème sur la Machine	Contrôlez le capteur de position Vérifiez la libre rotation de l'arbre sur le roulement à bille Auxiliaire

	Défaillance détectée sur le capteur de position (en mode lévitation)	Raccordements Détection Boucle de commande Numérique Amplificateur Gestion des données	Vérifiez le câblage de la boîte de jonction et des bornes dans l'armoire Contrôlez la carte PC de Détection Vérifiez la carte PC de boucle de commande numérique Vérifiez le module d'amplification Contrôlez carte de gestion des données
	Défaillance détectée sur le capteur de position (en mode rotation)	Surcharge de l'AMB (trop d'excitation de process) Vérifiez les conditions de process Défaillance de l'arbre	Vérifiez les conditions de process Vérifiez le déplacement en rotation en lisant le déplacement sur l'ordinateur ou l'écran

➤ Capteur de position axiale (32 ZE 0x505 / 32 ZE 0x508) sur les paliers magnétiques :

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (ZAH) ou trip T1 (ZAHH)	Défaillance détectée sur le capteur de position	Mêmes causes que celles indiquées pour le capteur de position radiale	Mêmes actions requises que celles indiquées pour le capteur de position radiale

3) Pression

- Transmetteur de pression différentielle (32 PDT 0x505 / 32 PDT 0x506) sur la conduite du gaz de barrage :

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAL) Ou déclenchement T1 (PDALL)	Pression d'étanchéité au gaz non suffisant comparée à la pression de référence	Défaillance de la PDCV	Vérifiez les réglages de la PDCV et corrigez l'actionneur
		Le gaz n'arrive pas à la pression de la cavité :	Démontez les tubes et vérifiez qu'ils ne sont pas obstrués
		Tubes obstrués Filtre bouché Défaillance du clapet anti retour	Vérifiez la cartouche de filtrage et changez si nécessaire Vérifiez la position et le fonctionnement du clapet anti retour
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
		Étalonnage du transmetteur défectueux	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de Consigne
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée analogique

- Transmetteur de pression différentielle (32 PDT 0x501) sur le filtre du gaz de barrage :

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAH)	Pression différentielle du filtre trop élevée	Filtre bouché	1) Passez sur le second filtre 2) A l'arrêt de maintenance suivant,

			changez la cartouche du filtre
		Consommation de gaz trop élevée	Vérifiez le réglage de la PDCV par rapport à la liste des points de consigne A l'arrêt de maintenance suivant, vérifiez l'usure des joints à Labyrinthe
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
		Étalonnage du transmetteur défectueux	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de consigne
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée analogique

- Transmetteur de pression différentielle (32 PDT 0x502) sur le filtre du gaz de refroidissement :

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAH)	Pression différentielle du filtre trop élevée	Filtre bouché	Passez sur le second filtre A l'arrêt de maintenance suivant, changez la cartouche du filtre
		Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de Consigne

		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée Analogique
--	--	---	--

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAL)	Pression différentielle du gaz de barrage est trop basse	Flux de gaz de barrage trop faible	Verrouillage du démarrage du chauffage du gaz de barrage
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
		Étalonnage du transmetteur défectueux	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de consigne
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée analogique

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAH) Ou Déclenchement T1 (PDAH)	Pression différentielle trop élevée	Filtre bouché	Nettoyez ou changez le filtre à l'arrêt de maintenance suivant
			Maintenance nécessaire : Nettoyez ou changez le filtre immédiatement
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Étalonnage du Transmetteur défectueux
Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de Consigne			
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée analogique

Niveau d'alarme/trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (PDAH) Ou Déclenchement T1 (PDAHH)	Pression différentielle trop élevée	Filtre bouché	Nettoyez ou changez le filtre à l'arrêt de maintenance suivant Maintenance nécessaire : Nettoyez ou changez le filtre immédiatement
		Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Étalonnage du Transmetteur défectueux	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points de consigne
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée analogique

4) Température

- Élément de température (32 TE 0x506A / 32 TE 0x507A / 32 TE 0x508A / 32 TE 0x509A) sur les paliers magnétiques :

Niveau d'alarme/ trip	Description du Problème	Causes	Action requise
Alarme (TAH) où déclenchement (TAHH)	Température dans le palier magnétique Excessive	Température du gaz de refroidissement trop élevée	Vérifiez les données de process du compresseur
		Écoulement de gaz insuffisant ou inexistant	Vérifiez que les vannes d'entrée sont ouvertes
		Connexion de la sonde de température	Vérifiez le câblage de la sonde
		Capteur de température défectueux	Vérifiez le capteur de température PT100
		Transmetteur PT100	Contrôlez la carte PC de détection

		Gestion des données	Contrôlez la carte PC de gestion des données
--	--	---------------------	--

- Transmetteur de température (32 TT 0x503 / 32 TT 0x504) sur la ligne du gaz de barrage (après la vanne de régulation 32 PDV 0x522) :

Niveau d'alarme/ trip	Description du Problème	cause	Action requise
Alarme (TAL) où déclenchement T1 (TALL)	La température du gaz de barrage est trop Basse	Défaut du réchauffeur	Vérifier le réchauffeur
		Défaut dans la boucle de régulation	Vérifier le réglage de la température et vérifier le Transmetteur (32-TT-0x502)
	Valeur erronée affichée sur le transmetteur	Câblage de l'instrument	Vérifiez si un câble de l'instrument est cassé
		Étalonnage du transmetteur défectueux	Vérifiez et réglez si nécessaire l'étalonnage de l'instrument d'après la liste des points.
		Défaillance de la carte d'entrée analogique	Contrôlez la carte d'entrée Analogique

Conclusion

La maintenance de l'unité turbo-expander implique principalement un contrôle régulier du système de surveillance et un contrôle périodique du système entier, afin de pouvoir détecter toute fuite. Un système turbine-compresseur fonctionnant de manière stabilisée ne nécessite aucun ajustement régulier ; il est nécessaire d'effectuer des réglages uniquement en cas d'écarts.

Conclusion générale

Le gaz est l'une des principales sources de production d'énergie en Algérie en particulier, et dans tous les pays en général. C'était l'objet de notre recherche. Nous avons recherché quelques résultats auprès de certaines sources de HASSI MESSOUD.

A la lumière des résultats de notre travail sur le traitement du gaz au niveau de l'unité GPL/ LDHP ZCINA, on peut affirmer que cette machine rotative à deux roues présente un grand avantage dans la récupération des hydrocarbures liquides.

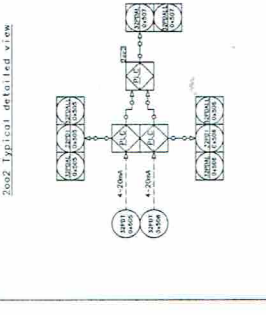
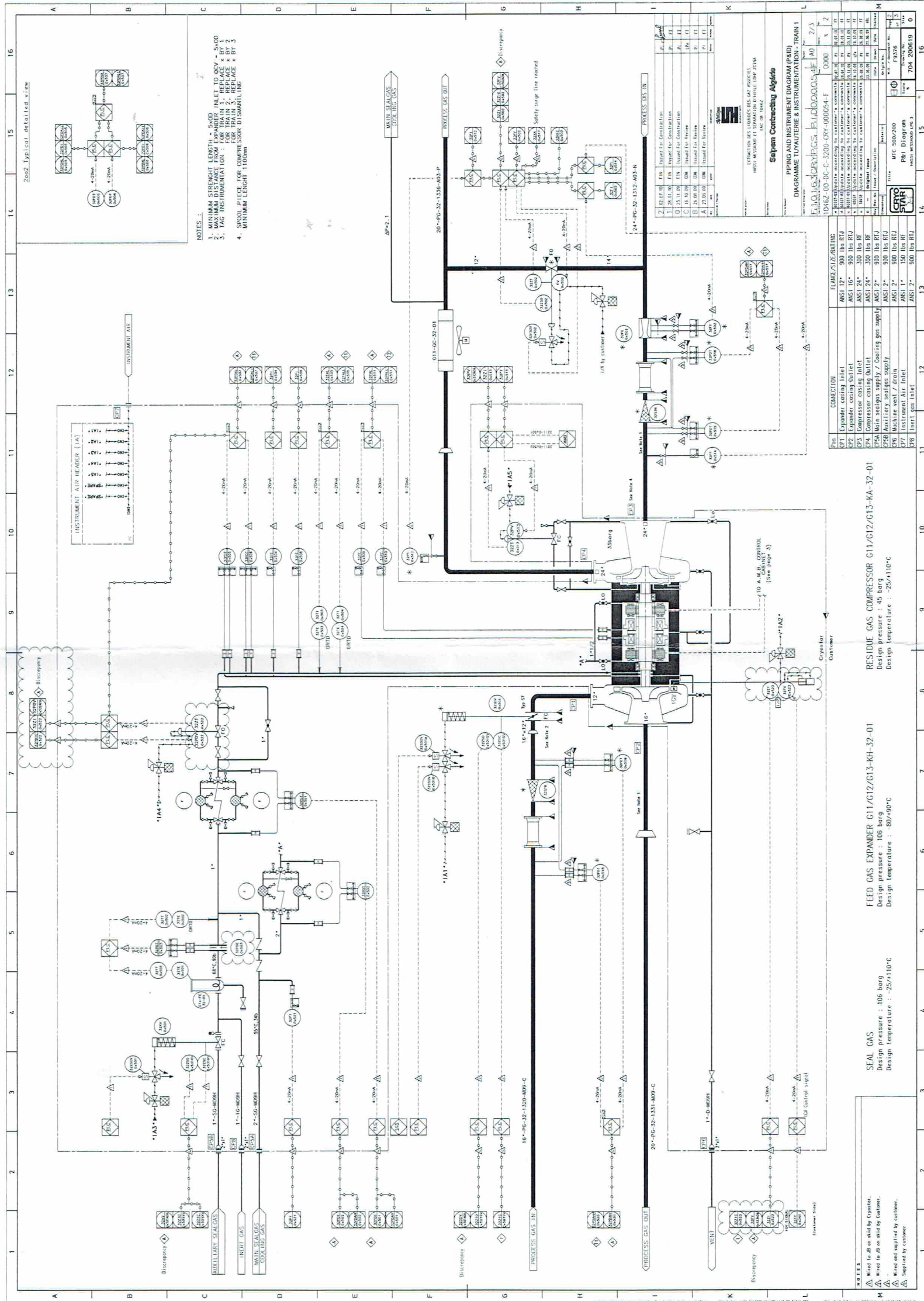
Le turbodétendeur est le cœur du procédé, il faut donc l'entretenir avec soin afin de respecter la production et la qualité exigentes d'améliorer les performances de ce dernier, les solutions possibles proposées sont :

- Faire un suivi rigoureux des paramètres de son fonctionnement
- Assurer la maintenance du turbodétendeur pour éviter les diverses causes qui influencent les performances (vibrations, frottements, etc.).

Bibliographie

- [1] BENTATAO. Turbomachines à fluides compressibles, cours et exercices. Université Sciences et Technologie d'Oran. Algérie. 2018.
- [2] BENTATAO. Turbomachines 1, cours L3. Université Abdelhafid Boussouf Mila. Algérie. 2022.
- [3] MELLOUKI AMINA. « Optimisation des paramètres de fonctionnement du turbo-expander de l'unité GPL2 (CIS-DP-HMD) » : Mémoire de Master en énergétique. Université Badji-Mokhtar-Annaba. Algérie.2018.
- [4] Mouloud HAOUAR. « Calcul du rendement et l'influence du changement des paramètres du processus sur la marche des opérations de la turbine d'expansion » : Mémoire de Master en énergétique. Université Université -Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib. Algérie.2021.
- [5] Alaeddine AMERI et Fakhreddine HADROUG. « Optimisation des paramètres opératoires relatifs au Turbo-Expander pour récupérer le maximum de GPL » : Mémoire de Master en Génie Pétrochimique. Université Kasdi Merbah Ouargla. Algérie.2022.
- [6] Mohammed BENSADIA et Azzedine MADANI. « Comparaison de la détente dans un Turbo Expander et dans la Vanne de Joule-Thomson » : Mémoire de Master en Génie Pétrochimique. Université Kasdi Merbah Ouargla. Algérie.2021.
- [7] Mohammed BEKHTI et Abdellah BELLAHBIB. «Etude technologique et énergétique d'un compresseur centrifuge BCL 606-3/A dans la station Booster-Nord de Hassi-Rmel –SONATRACH- Algérie » : Mémoire de Master en énergétique. Université Aboubaker Belkaid Tlemcen. Algérie. 2018.
- [8] Nouria ALOUANE et Rosa BOUAZIZ. « Exploitation de la puissance de détente du gaz naturel de la centrale thermique de Ras-Djinet » : Mémoire de Master en énergétique. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie. 2015.
- [9] Projet reflow Oued Noumer « Applied Compreser and Expander ». Technique USA1994.
- [10] Merlin GERIN. « Système Habilis : Notice technique ». Institut Schneider Formation. France
- [11] Ibrahima SECK. « Maîtrise des processus maintenance et plan d'actions: cas des ICS Site Acides » : Projet en fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception mécanique. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sénégal. 2003.

- [12] Amir ABBES. « Les moyens organisationnelles et logistique d'un service de maintenance » : Mémoire de Master en Maintenance Industrielle et Fiabilité Mécanique. Université Badji-Mokhtar-Annaba. Algérie.2016.
- [13] R.Nourddine. « Cours management de la maintenance : chapitre 1 » : Université Sciences et Technologie d'Oran. Algérie.
- [14] M.REZIG. « Cours Sûreté de Fonctionnement et Maintenance : chapitre 3 » Master 1 Electromécanique : Université Mohamed Khider de Biskra. Algérie. 2020.
- [15] R.Younes. « Cours maintenance : Généralités sur la maintenance » : Université Abderrahmane Mira de Béjaia. Algérie. 2020.
- [16] S. BENZAADA, M.T. BOUZIANE et D. FELLIACHI. « LA MAINTENANCE MAINTENANT ». Université Mohamed Khider de Biskra. Algérie.2011.
- [17] Khireddine KERROUCHE. « Détection des défauts des roulements par analyse spectrale vibratoire » : Mémoire de Master en Construction Mécanique. Université Badji-Mokhtar-Annaba. Algérie.2020.
- [18] Abdelkrim ADDOUN. « Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC appliquée au ventilateur de l'entreprise ALZINC » : Mémoire de Master en Maintenance Industrielle. Université Aboubaker Belkaid Tlemcen. Algérie. 2015.
- [19] A.AOUAD. « Cours de maintenance : chapitre 3 » 2eme année Licence.Algérie.



NOTES:

1. MINIMUM STRENGTH LENGTH = 500D
2. MAXIMUM DISTANCE FROM EXPANDER INLET TO GOV. = 500D
3. TAG INSTRUMENTATION: FOR TRAIN 2, REPLACE * BY 2
4. SPOOL PIECE FOR COMPRESSOR DOWNSAMPLING, MINIMUM LENGTH 1100mm

REV	DATE	DESCRIPTION
1	28.01.06	ENR Issued For Construction
2	23.11.06	ENR Issued For Construction
3	16.09.09	ENR Issued For Approval
4	26.09.09	ENR Issued For Approval
5	22.06.09	ENR Issued For Approval

CONNECTION	FLANGE/SIZE/RATING
EPI	ASST 12" 500 lbs RTJ
EPI	Expander casing inlet
EPI	Expander casing outlet
EPI	Compressor casing inlet
EPI	Compressor casing outlet
EPI	Instrument air supply
EPI	Machine vent / drain
EPI	Instrument Air Inlet
EPI	Inert gas inlet

CONNECTION	FLANGE/SIZE/RATING
EPI	ASST 12" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 14" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 24" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 24" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 24" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 24" 500 lbs RTJ
EPI	ASST 1" 150 lbs RTJ
EPI	ASST 2" 500 lbs RTJ

RESIDUE GAS COMPRESSOR G11/G12/G13-KA-32-01
 Design pressure : 45 barg
 Design temperature : -25/+110°C

FEED GAS EXPANDER G11/G12/G13-KH-32-01
 Design pressure : 106 barg
 Design temperature : -80/+90°C

SEAL GAS
 Design pressure : 106 barg
 Design temperature : -25/+110°C

W.P.T.E.E.
 Weld to be as stipulated by Owner.
 Weld to be as stipulated by Customer.
 Weld not stipulated by customer.
 Stipulated by customer.

SEJAN Contracting Algeria
 ESTABLISHED FOR INDUSTRIAL GAS PROJECTS
 INC. 08/10/2007
 10467 00-00-C-1200-001-000054-F
 0000 x 2/3

	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 1/5

PROCEDURE DE CONTROLE DE L'ENTREFER AXIAL AUX ROULEMENTS

Rédigée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Approuvée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Examinée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Validée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :
--	--	---	--

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 2/5

1 - OUTILLAGES :

- a – GENERATEUR BASSE FREQUENCE (1 A 100 HZ AVEC DECALAGE VARIABLE)
- b- UN OSCILLOSCOPE A DEUX VOIES (10 VOLTS - 1 MHZ).

OBSERVATIONS

.....

2 - MESURES DE SECURITE :

a – Ne pas oublier de sauvegarder la «Liste des événements» avant de continuer la recherche des pannes.

.....

b- Cette procédure répète et utilise les mêmes mesures que les Procédures de contrôle de l'entrefer axial aux roulements.

.....

3 - PROCEDURE :

a) L'alimentation de l'armoire de commande du PMA est en marche,

.....

b) Lancer la suspension magnétique pour suspendre la machine

.....

c) Sur la carte de détection, avec le générateur basse fréquence, injecter un signal triangulaire de 5 Hz ayant la plus faible amplitude possible sur l'axe Z12, entre le 0 V (référence dans J1/6) et la commande de déplacement Z12 (J1/5).

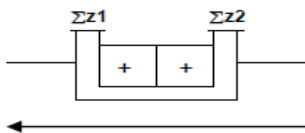
.....

Point d'essai	Fonction
J1/1	Commande de déplacement d'axe V13
J1/2	Commande de déplacement d'axe W13
J1/3	Commande de déplacement d'axe V24
J1/4	Commande de déplacement d'axe W24
J1/5	Commande de déplacement d'axe Z12
J1/6	0V
J1/7	+15V
J1/8	Sortie de déplacement d'axe V13
J1/9	Sortie de déplacement d'axe W13
J1/10	Sortie de déplacement d'axe V24
J1/11	Sortie de déplacement d'axe W24
J1/12	Sortie de déplacement d'axe Z12

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 3/5


- d) L'entrée de l'oscilloscope étant en position continue (DC), utiliser le canal 1 pour surveiller la tension de J1/12 (Sortie de déplacement d'axe Z12). Cette tension décrit le mouvement d'arbre sur l'axe Z12.
- e) Augmenter lentement l'amplitude du signal triangulaire sur la commande de déplacement Z12 jusqu'à ce que l'oscilloscope indique une amplitude crête à crête d'environ de 2V pour la sortie déplacement.
- f) Ajouter lentement une composante continue positive sur le signal triangulaire, de façon à décaler l'arbre vers Z2 suivant l'axe Z12.
- g) Lorsque l'arbre touche les roulements, le déplacement affiché perd sa forme triangulaire et le signal est écrêté : comme il y a contact, l'arbre ne peut plus suivre le signal d'entrée.
- h) Noter la tension de crête négative N correspondante. L'entrefer mesuré est donné par la formule suivante :

$$\Sigma z1 = N/S$$



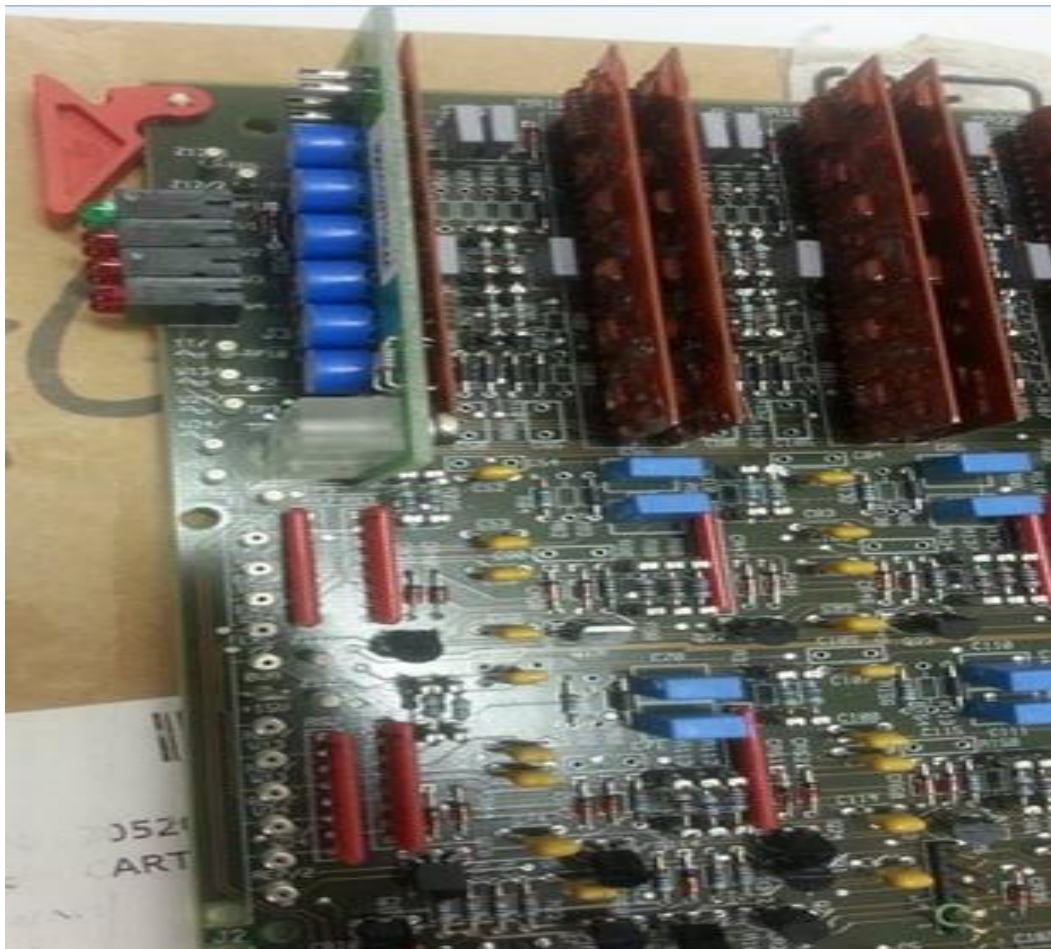
- i) Diminuer et inverser la composante continue. L'arbre se déplace vers Z1 suivant l'axe Z12.
- j) Lorsque l'arbre touche les roulements, le déplacement affiché perd sa forme triangulaire, et le signal est écrêtée : comme il y a contact, l'arbre ne peut plus suivre le signal d'entrée
- k) Noter la tension de crête positive P correspondante. L'entrefer mesuré est donné par la formule suivante :

$$\Sigma z2 = P/S$$

	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 4/5

Si la somme de ces valeurs dépasse la limite d'entrefer mentionnée dans les caractéristiques, on devra changer les roulements; si chaque valeur sort de la tolérance alors que la somme est correcte, on devra recentrer le détecteur axial (voir procédure de centrage).

- l) Régler à zéro le signal d'entrée et retirer toutes les sondes.
- m) Arrêter la suspension du PMA.
- n) Couper l'alimentation de l'armoire de commande.



Carte de détection

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 1/5

PROCEDURE DE CONTROLE DE L'ENTREFER RADIAL AUX ROULEMENTS

Rédigée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Approuvée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Examinée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Validée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :
--	--	---	--

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 2/5

1 - OUTILLAGES :

- a – GENERATEUR BASSE FREQUENCE (1 A 100 HZ AVEC DECALAGE VARIABLE)
- b- UN OSCILLOSCOPE A DEUX VOIES (10 VOLTS - 1 MHZ).

OBSERVATIONS

.....

2 - MESURES DE SECURITE :

a – Ne pas oublier de sauvegarder la «Liste des événements» avant de continuer la recherche des pannes.

.....

b- Cette procédure répète et utilise les mêmes mesures que les Procédures de contrôle de l'entrefer axial aux roulements.

.....

3 - PROCEDURE :

a) L'alimentation de l'armoire de commande du PMA est en marche,

.....

b) Lancer la suspension magnétique pour suspendre la machine

.....

c) Sur la carte de détection, avec le générateur basse fréquence, injecter un signal triangulaire de 5 Hz ayant la plus faible amplitude possible sur l'axe Z12, entre le 0 V (référence dans J1/6) et la commande de déplacement Z12 (J1/5).

.....

Point d'essai	Fonction
J1/1	Commande de déplacement d'axe V13
J1/2	Commande de déplacement d'axe W13
J1/3	Commande de déplacement d'axe V24
J1/4	Commande de déplacement d'axe W24
J1/5	Commande de déplacement d'axe Z12
J1/6	0V
J1/7	+15V
J1/8	Sortie de déplacement d'axe V13
J1/9	Sortie de déplacement d'axe W13
J1/10	Sortie de déplacement d'axe V24
J1/11	Sortie de déplacement d'axe W24
J1/12	Sortie de déplacement d'axe Z12


	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 3/5

L'entrée de l'oscilloscope étant en position continue (DC), utiliser le canal 1 pour surveiller la tension de J1/8 (Sortie de déplacement d'axe V13).

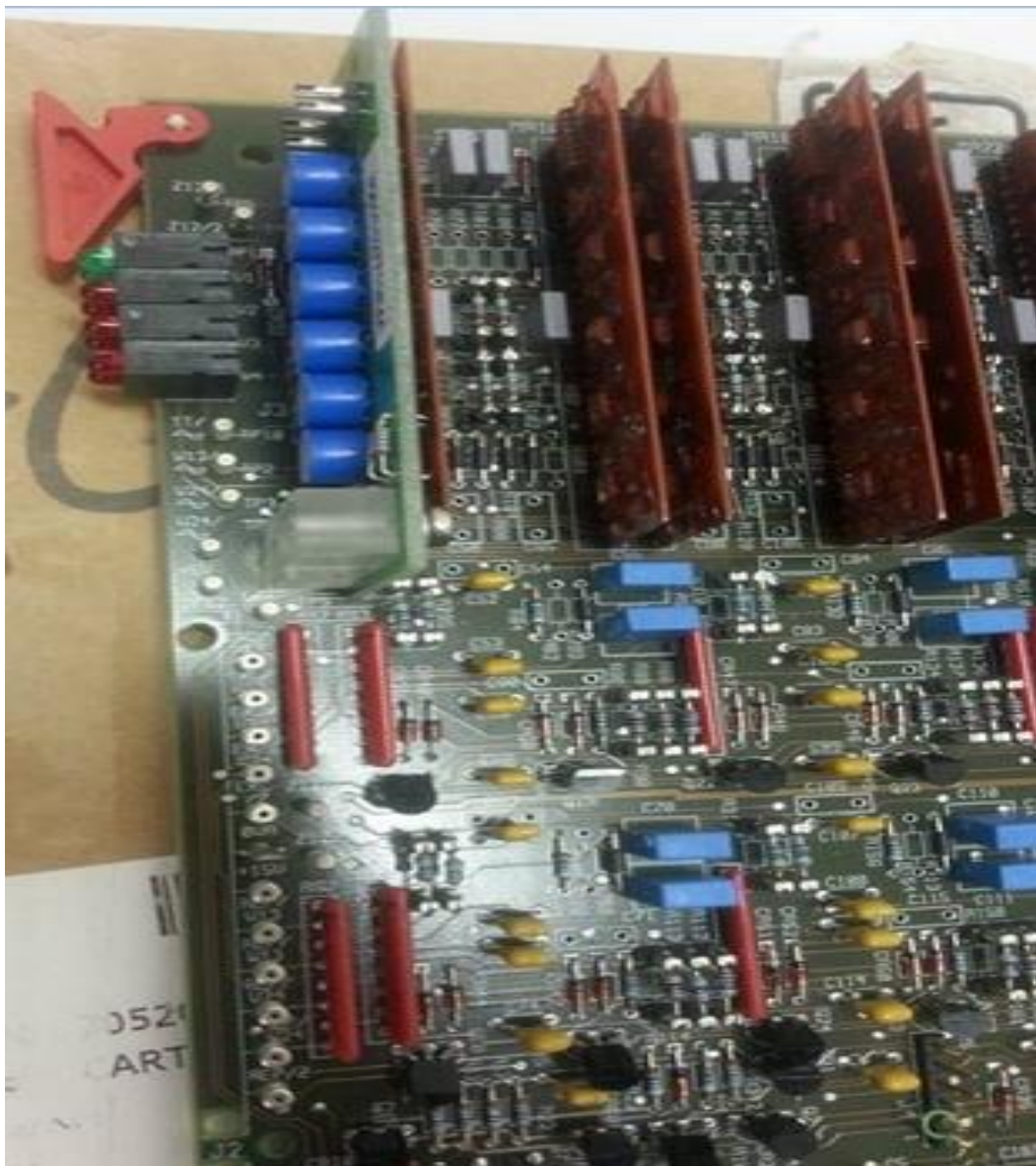
Cette tension décrit le mouvement d'arbre sur l'axe V13.

- d) Augmenter lentement l'amplitude du signal triangulaire sur la commande de déplacement V13 jusqu'à ce que la sortie de déplacement soit d'environ 2 V crête à crête sur l'oscilloscope.
- e) Ajouter lentement une composante continue positive sur le signal triangulaire, de façon à décaler l'arbre vers V3 suivant l'axe V13.
- f) Lorsque l'arbre touche les roulements, le déplacement affiché perd sa forme triangulaire et le signal est écrêté : comme il y a contact, l'arbre ne peut plus suivre le signal d'entrée.
- g) Noter la tension de crête négative N correspondante.
L'entrefer mesuré est donné par la formule suivante :
 $\Sigma z1 = N \times K1 / S$
- h) Diminuer et inverser la composante continue. L'arbre se déplace vers Z1 suivant l'axe Z12.
- i) Lorsque l'arbre touche les roulements, le déplacement affiché perd sa forme triangulaire, et le signal est écrêtée : comme il y a contact, l'arbre ne peut plus suivre le signal d'entrée
- j) Noter la tension de crête positive P correspondante.
L'entrefer mesuré est donné par la formule suivante :
 $\Sigma z2 = P / S$


Si la somme de ces valeurs dépasse la limite d'entrefer mentionnée dans les caractéristiques, on devra changer les roulements; si chaque valeur sort de la tolérance alors que la somme est correcte, on devra recentrer le détecteur axial (voir procédure de centrage).

	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 4/5

- k) Régler à zéro le signal d'entrée et retirer toutes les sondes.
- l) Arrêter la suspension du PMA.
- m) Couper l'alimentation de l'armoire de commande.




Carte de détection

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 1/4

**PROCÉDURE DE REMPLACEMENT DE LA
CARTE DES GESTION DES DONNEES**

Rédigée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Approuvée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Examinée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :	Validée par Mr : Date : / / Fonction et Visa :
--	--	---	--

	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURES DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 2/4

1 - MATERIEL A REMPLACER :

Carte de gestion des données.

OBSERVATIONS

.....

2 - OUTILLAGES :

- Un voltmètre
- le plan «Ensemble armoire E300/30, vue de face»

.....

.....

3 - MESURES DE SECURITE :

- a) Ne pas oublier de sauvegarder la «Liste des événements» avant de poursuivre la recherche des pannes.
- b) Pour la sécurité de l'opérateur et de la machine il est **FORTEMENT RECOMMANDE** de vérifier que l'armoire de commande est correctement isolée de l'alimentation avant de poursuivre la procédure de remplacement.
- c) Ne jamais procéder au remplacement d'une carte pendant que l'armoire est sous tension.

.....

.....

.....

4 – PROCEDURE :

1. Pour la mise hors tension de l'armoire de commande, suivre la PROCEDURE D'ISOLATION DE L'ALIMENTATION ET PROCEDURE DE REDEMARRAGE décrite précédemment.
2. Retirer les portes de l'armoire.

.....

.....

 DR-HMD	PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION DU TURBO-EXPANDER	Rev.
PROCEDURE DE CALIBRATION ET VERIFICATION		Page : 3/4

3. Placer la bande antistatique bleue sur la poignée qui se trouve du côté gauche du bac à cartes.
4. Repérer la carte gestion des données dans le bac (position N°4).
5. Retirer du bac à cartes la carte de gestion des données.
6. Activer la nouvelle carte de gestion des données en installant le cavalier XE2 dans son emplacement de fonctionnement (BC).
7. Insérer la nouvelle carte de gestion des données dans le bac (position n° 4) (enfoncer la carte jusqu'à ce qu'elle se verrouille).
8. Vérifier que toutes les cartes sont correctement connectées et verrouillées en place.
9. Fermer les portes de l'armoire
10. Replacer la machine dans la séquence «mode ATTENTE».
11. Régler la date et l'heure en utilisant le menu de sélection de l'ensemble Clavier/Afficheur.
 Pour régler la date et l'heure de l'horloge du calendrier interne, l'opérateur doit appuyer dans l'ordre sur les touches Fct, 4, Enter
12. Fin de la procédure avant la mise en suspension de la machine.

Vue de face de l'armoire de commande :

- 7 : les amplificateurs
- 2 : les cartes de traitements (détection, asservissement et management)
- 3 : carte fusible
- 4 : carte de commande convertisseur DC/DC et carte de puissance
- AL1 : convertisseur DC/DC
- 5 : transformateur secteur
- 6 : coffret batteries
- 7 : résistance de test batteries
- 8 : carte chargeur de batteries
- 9 : carte de gestion des données

