



LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Saad Dahleb - BLIDA 1

Faculté des Sciences et Technologies

Département de Automatique & Electrotechnique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de master

Option : Automatique et informatique industriel

Thème

Amelioration et modification de la boucle (azote-helium) pour soulager les compresseurs fuel gas

Réalisé Par : TOUZOUT Mohamed Nail

BENABBAS Amine

Promoteur :

Mr.BENSELEMA.Z Maitre de conférence A Université de Saad Dahleb blida

Co-promoteur :

Mr.AIT OUALI YACINE GHILES Ingénieur en automatisme sonatrach

Promotion: 2020/2021

Remerciements

Notre remerciement s'adresse en premier lieu à Allah tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr.BENSELEMA.Z qui nous a apporté une aide précieuse. Nous lui exprimons notre gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour sa compréhension et les encouragements qu'il nous a apportés.

Nous exprimons aussi notre sincère reconnaissance à l'équipe DCS du complexe de GNL (GL3Z) de l'usine de Sonatrach d'Oran et particulièrement à Ait Ouali yacine ghiles, pour leurs aides, leurs disponibilités et leurs orientations tous au long de notre stage.

Nos remerciements chaleureux vont aussi à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Enfin nous remercions nos familles et nos amis qui nous ont soutenus et qui ont été constamment présents à nos cotés.

Dédicace

Je dédie cet humble mémoire :

-A celle qui m'a mis au monde et qui m'a conduit là où je suis aujourd'hui de par son aide son soutien et ses sacrifices, ma chère maman à qui je témoigne toute ma gratitude. Elle a été un modèle de courage et de persévérance. Ce travail est le fruit de ses sacrifices et de ses efforts fournis pour mon éducation, mais il ne pourra exprimer tout l'amour et la reconnaissance que je lui porte.

-A mes tantes sans lesquelles je ne serais rien en ce bas monde. Aucune dédicace ne saurait exprimer toute la reconnaissance et le respect que j'ai pour elles. Leur encouragement, leur soutien et leur patience ont été mon moteur durant toutes ses années d'étude. Qu'elles trouvent ici toute ma reconnaissance, mon amour et ma fierté de les avoir eu comme tantes.

-A mes grands-parents partis trop tôt en espérant qu'ils soient fiers de moi de là où ils sont.

-A mes deux sœurs pour leurs uniques présences qui ont été plus qu'un soutien. Qu'ils trouvent dans ce modeste travail l'expression de toute mon affection.

-A Amine mon cher binôme pour son sérieux et sa motivation tout au long de notre cursus.

Nail.

Dédicace

A la prunelle de mes yeux, celle qui m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir, ce travail est le fruit de tes sacrifices ! A ma mère.

A mon père, qui rien au monde ne vaut ses efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être.

A mon frère, ma sœur, qu'ils n'ont cessé de me soutenir pendant mes études.

A mon binôme Nail pour son travail et persévérance tout au long de notre cursus.

A toutes les personnes qui ont contribué à réaliser cet humble travail de loin ou de près, qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection et ma gratitude.

Amine.

Table des matieres

Introduction Général	1
Chapitre 1 : Description du complexe GL3Z	3
1.1 Introduction	3
1.2 Description générale de l'Usine	3
1.3 Informations sur le site	4
1.4 Role des Installations du méga train de GNL	5
1.5 Philosophie du projet	6
1.5.1 Durée de vie de l'usine	6
1.5.2 Capacité de l'usine	6
1.5.3 Disponibilité de l'Usine	6
1.6 Description du Procédé de la Technologie GNL et son Développement	6
1.6.1 Technologie GNL	6
1.6.2 La Technologie de Liquéfaction de l'Usine GNL3Z	7
1.6.3 La Technologie de Liquéfaction	7
1.6.4 Description générale des différentes unités	10
1.7 Description du Système de contrôle de procédé ICSS	14
1.8 Conclusion	16
Chapitre 2 : Description de l'unité 15 et du compresseur end flash	17
2.1 Introduction	17
2.2 Rôle des packages de liquéfaction et de réfrigération	17
2.3 Description du procédé de liquéfaction	18
2.3.1 Circuit de Gaz Naturel	19
2.3.2 Circuit end flash	20
2.4 Fiches Techniques des équipements constituant le circuit end flash gas	24
2.5 Philosophie de contrôle des trains de compresseur end flash 15MJ01A/B	31
2.5.1 Démarrage du compresseur	31
2.5.2 Contrôleur de performance (pression)	31
2.5.3 Contrôle Anti pompage	32
2.5.4 Contrôleur de partage de la charge (load sharing Controller)	32
2.5.5 Arrêt du compresseur	33
2.5.6 Arrêt d'urgence	33
2.6 Protection du compresseur	33
2.7 Purge du moteur	33
2.8 Séquences de démarrage et arrêt	34
2.9 Conclusion	34
Chapitre 3 : Systèmes Numériques Intervenant dans le contrôle des compresseurs Fuel Gas	37
3.1 Introduction	37
3.2 Système de contrôle distribué Experion PKS	38
3.2.1 Fonctions de base d'un système DCS	39
3.2.2 Composants principaux de l'EPKS	39
3.3 Systeme de contrôle CCC series 5 Vanguard	46
3.3.1 Description physique du système de contrôle	46

3.3.2 Disposition du système de contrôle	47
3.3.3 Objectifs du système de contrôle	50
3.3.4 Paramètres des différentes boucles de régulation.....	54
3.3.5 Interface du système de contrôle	58
3.4 Système d'arrêt d'urgence ESD	61
3.4.1 Système Safety Manager	61
3.4.2 Constitution du système Safety Manager	61
3.5 Système de surveillance des machines tournantes Bently Nevada 3500	62
3.6 Conclusion	63
Chapitre 4 : Problématiques et modifications effectuées	64
4.1 Introduction	64
4.2 Trip par vibration lors d'un redémarrage à chaud	64
4.2.1 Problématique	65
4.2.2 Implémentation Logiciel au niveau du DCS	66
4.3 Surcharge d'un compresseur lors de l'arrêt du second	70
4.3.1 Boucle de contrôle de la surpression de la colonne de désorption d'azote	70
4.3.2 Problématique	71
4.3.3 Modification de la boucle	71
4.3.4 Implémentation logiciel sur DCS	72
4.3.5 Implémentation de la boucle Vitesse / Courant Max sur DCS	74
4.3.6 Implémentation des nouveaux régulateurs PID de différence de courant 15YIC0001A/B	76
4.4 Implémentation d'une boucle de régulation en split-range (Echelle partagée) pour export de l'hélium brut vers hélios	78
4.4.1 Modification de la boucle de régulation 15PIC0026 en split range	78
4.4.2 Implémentation logiciel sur DCS	79
4.5 Conclusion	81
Conclusion Générale	82
Références Bibliographiques	86
Annexes	87
Annexe A1 : Listes des I/O performance Controller	87
Annexe A2 : Liste des I/O load sharing / anti surge controllers A/B	88
Annexe B1 : ESD interlock	92
Annexe B2 : P&ID des compresseurs end flash gas	93

Liste des abréviations

ASC: Anti Surge Control

APCI : Air products and chemicals inc.

CCR : Central control room

CF : Control firewall

DCS: Distributed Assembly Control System

DO: Digital Output

DI: Digital Input

ESD: Emergency Shutdown System

EFG: End Flash Gas

EPKS : Experion Process Knowledge system

FTA: Field Termination

GNL/GPL : Gaz naturel liquéfié / Gaz de pétrole liquéfié

HHV: High Heating Value

HART : Highway adressable remote terminal

ICSS: Integrated Control and safety System

JT: Joule Thompson

MTPA : Million tonnes per annum

MCHE: Main Cryogenic Heat Exchanger

MCR: Mixed component Refrigerant

PID: proportionnel, intégral, dérivé

P&ID: Piping and Instrument Diagram

PLC: Programmable Logic Controller

POC: Performance Override Control

PR: Propane Refrigerant

SCL : Surge control line

SLL: surge limit line

VSDS: Variable Speed Drive System

VAP: Vanne Anti Pompage

Liste des tableaux

Tableau 2.1: Données Principales du Ballon de Récupération d'Hélium	24
Tableau 2.2: Données Principales du Ballon de Récupération d'Azote	25
Tableau 2.3: Données Principales de la Boîte Froide de Gaz End Flash	25
Tableau 2.4: Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash BP	26
Tableau 2.5: Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash MP	26
Tableau 2.6: Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash HP	27
Tableau 2.7: Données du Principales des Compresseurs de Gaz End Flash	27
Tableau 3.1: Architecture Rack 1 (TRAIN A 15MJ01A)	51
Tableau 3.2: Architecture Rack 2 (TRAIN B 15MJ01B)	52
Tableau 3.3: Architecture Rack 3 (Master)	52
Tableau 3.4: Boucle de régulation 15-UIC-0025/0046	57
Tableau 3.5: Boucle de régulation 15-UIC-0036/0059	58
Tableau 3.6: Boucle de régulation 15-UIC-0040/0061	58
Tableau 3.7: Boucle de régulation 15-UIC-0115 (Master Controller)	58
Tableau 3.8: Boucle de régulation 15- UIC-0115	58
Tableau 3.9: Boucle de régulation 15- UIC-0028/0050	59
Tableau 3.10: Boucle de régulation 15- UIC-0028/0050	59
Tableau 3.11: Ports de Communication série 5 et PC	62
Tableau 3.12: Identifiants de communication des modules processeur	62
Tableau 3.13: Identifiants de communication de la station TRAINVIEW	63

Liste des figures

Figure 1.1 : Emplacement géographique du complexe GL3/Z	4
Figure 1.2 : Photo satellite du complexe GL3/Z	4
Figure 1.3 : Schéma fonctionnel de l'usine	7
Figure 1.4 : Procédé APCI (typique).....	8
Figure 1.5 : Plan général du complexe GL3Z	10
Figure 1.6 : Architecture du système ICSS du complexe GL3Z.....	17
Figure 2.1 : package de liquéfaction	18
Figure 2.2 : Système de l'End Flash.....	21
Figure 2.3 : PFD Compresseur end flash gas 15MJ01	23
Figure 2.4 : Coupe à l'intérieur de la partie HP du compresseur 2BCH608.....	28
Figure 2.5 : Coupe à l'intérieur de la partie LP du compresseur.....	28
Figure 2.6 : Impulseur électro-érodé	29
Figure 2.7 : Attache entre la porte carter et le carter	31
Figure 2.8 : Palier	32
Figure 2.9 : Séquence de démarrage	36
Figure 2.10 : Arrêt normal.....	35
Figure 2.11 : Arrêt d'urgence	36
Figure 3.1 : Architecture du système EPKS	47
Figure 3.2 : Serveur EPKS	41
Figure 3.3 : Console Station EPKS	42
Figure 3.4 : Réseau de communication FTE	43
Figure 3.5 : Contrôleur C300	43
Figure 3.6 : Refroidissement du C300.....	44
Figure 3.7 : IOTA et connecteurs	44
Figure 3.8 : Armoire Système	45
Figure 3.9 : Control Firewall CF9	45
Figure 3.10 : Module d'entrées analogiques	46
Figure 3.11 : Module de sorties Analogiques.....	47
Figure 3.12 : Module de sorties digitales	47
Figure 3.13 : Module de sorties digitales	48
Figure 3.14 : Carte FTA analogique.....	73
Figure 3.15 : Carte FTA digitale	50
Figure 3.16 : Rack CCC compresseur End flash.....	74
Figure 3.17 : Lignes de contrôle anti pompage	76
Figure 3.18 : Architecture du système Duplex du Vanguard	76
Figure 3.19 : Chassis safety Manager	76
Figure 3.20 : Composants du système safety Manager	76
Figure 4.1 : Emplacement des capteurs de vibrations et température	66
Figure 4.2 : Trip d'un compresseur End flash gas lors d'un redémarrage	67
Figure 4.3 : Logique DCS permissive deuxième rampe de démarrage moteur	70
Figure 4.4 : Vue HMI modifiée du compresseur End flash Gas	71
Figure 4.5 : Courbe de démarrage en deux phases après modification	71
Figure 4.6 : PFD de la vanne de pression 15PV0032.....	72
Figure 4.7 : Modifications appliquées sur la boucle de pression	74
Figure 4.8 : HMI au niveau du DCS du ballon de désorption d'azote.....	75

Figure 4.9 : HMI du compresseur 15MJ01A au niveau du DCS .	75
Figure 4.10 :schéma logique de la boucle 15PIC0032 sur DCS	76
Figure 4.11 : Implémentation de la courbe couple / vitesse sur DCS	77
Figure 4.12 : Courbe vitesse moteur / courant moteur	77
Figure 4.13 : schéma logique de la boucle 15YIC0001A sur DCS	78
Figure 4.14 : Implémentation du sélecteur de priorité Max de la 15PV0026	79
Figure 4.15 : HMI du compresseur 15MJ01A après modification	79
Figure 4.16 : PFD circuit End flash Après Modification	81
Figure 4.17 : Nouvelle caractéristique d'ouverture des vannes 15PV0026/26B	81
Figure 4.18 : Programme régulation Split range pour 15PIC0026	82
Figure 4.19 : Nouvelle HMI après ajout de la vanne 15PV0026 et split range	83

Résumé

Ce mémoire est dédié à l'étude des problèmes rencontrés lors de l'exploitation du compresseur Fuel Gas , qui est un compresseur permettant de récupérer l'hélium et l'azote de la chaîne de liquéfaction et de les comprimer afin de maintenir l'unité fuel gas sous pression , Ce compresseur connaît depuis sa mise en service quelques problèmes qui provoquent inévitablement son déclenchement et par conséquent peut influencer sur le maintien sous pression de l'unité 14 (Gaz combustible).

C'est dans ce contexte que s'inscrit le thème de ce mémoire 'Améliorations et modifications apportées sur la boucle (N₂-He) pour soulager les compresseurs fuel gas. Ces améliorations consistent à apporter des changements software au niveau du DCS afin de réduire les occurrences de déclenchement de ces compresseurs en apportant différentes modifications qui seront énumérées dans notre manuscrit.

Une attention particulière va être aussi portée sur les systèmes numériques DCS et CCC qui ont une part très importante dans la mise en marche de ces compresseurs.

Mots Clés : Compresseur, CCC, DCS, load sharing

Abstract

This memory is dedicated to the study of the problems encountered during the operation of the Fuel Gas compressor, which is a compressor allowing to recover the helium and nitrogen from the liquefaction chain and to compress them in order to keep the fuel gas unit under pressure. Since its commissioning, this compressor has experienced a number of problems that inevitably cause it to trip and can therefore influence the pressurization of unit 14 (Combustible gas).

It is in this context that the theme of this memory is "Improvements and modifications made on the loop (N₂-He) to relieve fuel gas compressors". These improvements consist of software changes to the DCS to reduce trip occurrences of these compressors by making in order to reduce the trigger occurrences of these compressors by making various modifications that will be listed in our manuscript.

Special attention will also be paid to the digital DCS and CCC systems which have a very important part in the starting up of these compressors.

Key words : compressor, CCC, DCS, load sharing

ملخص

هذه الذاكرة مكرسة لدراسة المشاكل التي صودفت أثناء تشغيل ضاغط غاز الوقود ، الذي هو الضاغط يسمح باستعادة الهيليوم والنيتروجين من سلسلة المسال وضغطهما لإبقاء وحدة غاز الوقود تحت الضغط ، ومنذ تشغيله ، عانى هذا الضاغط من عدد من المشاكل التي تدفعه حتماً إلى trip ، وبالتالي يمكنه التأثير على ضغط الوحدة 14 (الغاز القابل للاحتراق).

وفي هذا السياق فإن موضوع هذه الذاكرة هو "التحسينات والتعديلات التي أجريت على الحلقة (N2-He) لتخفيف ضغط غاز الوقود"، وتتألف هذه التحسينات من تغييرات برمجية في نظام DCS للحد من حوادث trip في الضاغط من خلال إجراء تغييرات مختلفة ستدرج في مخطوطينا.

وستولى عناية خاصة أيضا للنظامين الرقمييين dcs و ccc اللذين لهما دور هام جدا في بدء هذه ضواغط

الدالة الكلمات: compressor, CCC, DCS, load sharing

Introduction générale

Les compresseurs centrifuges comptent parmi les équipements les plus importants dans la chaîne de production d'une installation gazière, ces équipements ainsi que leur moyen d'entraînement (Moteurs, turbines) sont conçus pour fonctionner pour plusieurs décennies de façon pseudo ininterrompue à condition qu'ils opèrent selon les spécifications du constructeur et qu'ils soient parfaitement surveillés et maintenus.

Ces équipements sont conçus pour comprimer du gaz process afin de l'amener à des pressions d'utilisation requises et parfois à des températures pour plusieurs points de fonctionnement, pour cela dès la conception les équipes d'engineering (mécanique et aérodynamique) doivent démontrer la flexibilité de ces compresseurs selon les espérances du client, car il existe une grande probabilité qu'au cours de sa durée de vie, qu'il soit amené à fonctionner à des spécifications différentes conformément aux modifications du process du client et afin de répondre à certains impératifs de production, ces modifications donnent naissance à des cas d'exploitation qui n'étaient pas prévus lors de la conception mais qui sont nécessaires dans l'évolution d'une installation de production de Gaz.

Durant notre Stage de fin d'étude nous avons pu assister l'équipe DCS du complexe de GNL (GL3Z) qui a implémenté trois modifications au niveau des systèmes intervenant dans le contrôle des deux compresseurs fuel gas, ces compresseurs sont plus communément appelés compresseurs end flash gas et représentent des éléments clés dans la chaîne de liquéfaction du complexe GL3Z.

Les modifications qui seront étudiées à travers ce mémoire sont les suivantes :

- Modification de la boucle de pression du ballon dé-azoteur afin d'éviter la surcharge d'un compresseur dans le cas de l'arrêt d'un second.
- Modification du Déclenchement par hautes vibrations lors d'un redémarrage à chaud.
- Modification de la boucle de contrôle de pression d'hélium en split range afin d'alimenter l'unité de liquéfaction d'hélium HELIOS.

Le présent mémoire comprend quatre (04) chapitres à savoir :

- Dans le premier chapitre nous présenterons de manière générale le complexe GL3Z.
- Dans le second chapitre nous allons situer le compresseur end flash gas dans le procédé du complexe, en décrivant le compresseur et l'unité 15 de liquéfaction.
- Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des différents systèmes numériques intervenant dans le contrôle de ces compresseurs.
- Le dernier chapitre comportera une étude des problématiques et les différentes solutions et modifications apportées.

Chapitre 1 : Description du complexe GL3Z

I.1 Introduction

Avec le besoin croissant du gaz dans le monde, l'Algérie a besoin d'un plan pour satisfaire la demande du marché, sous cette philosophie réside la réalisation du projet Méga train connu sous le nom GL3Z(Gaz Liquéfié Arzew), ce complexe de gaz, est un bond considérable dans le domaine du gaz liquéfié, avec sa capacité remarquable de production .La réalisation du complexe a été attribué à la compagnie italienne SAIPEM, les travaux ont commencés en 2008 sur une superficie de 54.6 hectares ; avec une technologie avancée et des équipements complexes et moderne,

1.2 Description générale de l'Usine

Sonatrach est la Société nationale de transport, transformation, et commercialisation des hydrocarbures Créée le 31 décembre 1963 ,Cette dernière joue un rôle très important dans l'économie Algérienne, de part les rentes pétrolières et gazières qui représentent plus de 90 % des exportations du pays.

Parmi les exportations gazières du pays figure le Gaz naturel liquéfié, dont Sonatrach a investi pour construire sa toute récente unité de GNL, le complexe GL3/Z doté de la technologie Méga-train , et dont capacité de la production annuelle est de 4.7 million de tonnes de GNL par an.

Le procédé de liquéfaction du GL3Z est censé traiter le flux du gaz d'entrée, le fractionner en méthane, éthane, propane, butane et gazoline et liquéfier le méthane. Le gaz naturel liquéfié produit est exporté vers les marchés internationaux. Les composants les plus lourds, comme le GPL et la gazoline, sont extraites séparément pour l'exportation. Le gaz éthane est exporté séparément, tout en satisfaisant la consommation interne du train, par exemple la réintégration au réfrigérant mixte et une éventuelle injection d'éthane dans le gaz combustible. Le flux de gaz riche en hélium est disponible à un raccordement pour l'extraction future de l'Hélium.

Le Propane / Butane est disponible à un raccordement pour la connexion aux installations de stockage du complexe de GPL, GP1Z. [1]

1.3 Informations sur le site



Figure 1.1 : Emplacement géographique du complexe GL3/Z

Le site est situé le long de la côte de la Méditerranée à Bethioua, à l’Est d’Arzew, dans la zone du port Industriel de Arzew El Djedid. Le Site a une dimension de 54.6 ha.

L’usine existante de GP1Z borde le site à l’Est de l’usine de dessalement et l’usine existante de GL2Z borde le site à l’Ouest. La mer Méditerranée est au Nord du site, la route principale de la zone industrielle est au Sud.



Figure 1.2 : Photo satellite du complexe GL3/Z

1.4 Rôle des installations du méga train de GNL

A l'exception de l'eau de service et de l'azote liquide qui sont disponibles pour le fonctionnement de l'usine proviennent de Kahrama et Cogiz, le GL3Z possède tous les supports off-sites et les utilités nécessaires et elle est conçue d'un unique train de GNL.

Les trois compositions du gaz d'alimentation sont considérées:

- **Cas de base:** qui est le cas conçu (température ambiante de 21°C), pour l'usine qui doit produire au dessus de 4.7 MTPA
- **Cas riche:** qui est utilisé principalement pour dimensionner le fractionnement et les unités de récupération du GPL dans l'usine.
- **Cas pauvre:** qui est utilisé principalement pour dimensionner les parties associées à l'end-flash. L'usine est conçue pour produire 4 MTPA dans les cas du gaz pauvre aussi bien que riche.

Le procédé APCI avec un réfrigérant mixte et du propane pré-réfrigérant a été choisi pour la liquéfaction, en utilisant le MCHE à deux bundle, le refroidissement à l'air est le moyen principal d'enlèvement de la chaleur finale, la spécification du produit finale du GNL est complétée par le end flash dans la colonne d'élimination de l'azote. L'élimination du gaz acide est effectuée en utilisant un procédé basé sur l'amine sous licence par BASF (Badische Anilin- & Soda-Fabrik) qui est un groupe chimique allemand.

Le GNL est stocké dans deux réservoirs à rétention totale chacun d'une capacité de 160,000 m³ et les produits du GPL sont stockés dans des réservoirs de rétention totale séparés respectivement de 56000 m³ pour C3 et 12000 m³ pour C4. La gazoline produite est stabilisée est stockée dans une sphère avec une capacité de 1800 m³. Le GNL est exporté par une nouvelle jetée M7 et les jetées existantes par la route du GPL M6 et D1. La structure de la torche est située 'offshore', accessible par une route sur digue, qui doit être construite.

1.5 Philosophie du projet

1.5.1 Durée de vie de l'usine

L'usine du GNL a été conçue pour une durée vie de 30 ans.

1.5.2 Capacité de l'usine

L'usine a été conçue pour transformer une production annuelle de quatre (4) millions métriques de tonnes au minimum de GNL. En outre la capacité nominale de l'usine est telle que la production de GNL actuelle et le GPL attendue et la gazoline sont comme suit:

GNL: 4.0 million de tonne/année (réseau) à transporter pendant les cas riche/pauvre.

4.7 million de tonne/année (réseau) à transporter pendant le cas de base.

GPL/Gazoline: Maximiser la récupération du GPL.

1.5.3 Disponibilité de l'Usine

L'usine a été conçue pour un minimum de disponibilité annuelle moyenne (temps sur le flux) de 330 jours par an.

1.6 Description du Procédé de la Technologie GNL et son Développement

1.6.1 Technologie GNL

La sélection technologique commence à un stade précoce du projet GNL et s'adresse généralement à une étude de faisabilité et aux stades de définition de pré alimentation.

Des étapes à suivre doivent être choisies en ce qui concerne le procédé, les utilités et les unités offsites de l'usine, qui comprennent les technologies brevetées et non brevetées. Cela s'applique également à la partie en amont de la chaîne, qui alimente l'usine en gaz.

Il faut identifier des options potentielles et établir un critère d'évaluation. La sélection peut se réaliser selon les technologies de traitement alternatives pour les unités de fonctionnement, selon le type de l'équipement principal ou les schémas des utilités.

1.6.2 La Technologie de Liquéfaction de l'Usine GNL3Z

La technologie de Liquéfaction utilisées dans l'usine GNL 3Z Project est la C3MR (propane réfrigérant mixte) procédé licencié par Air Product (APCI).

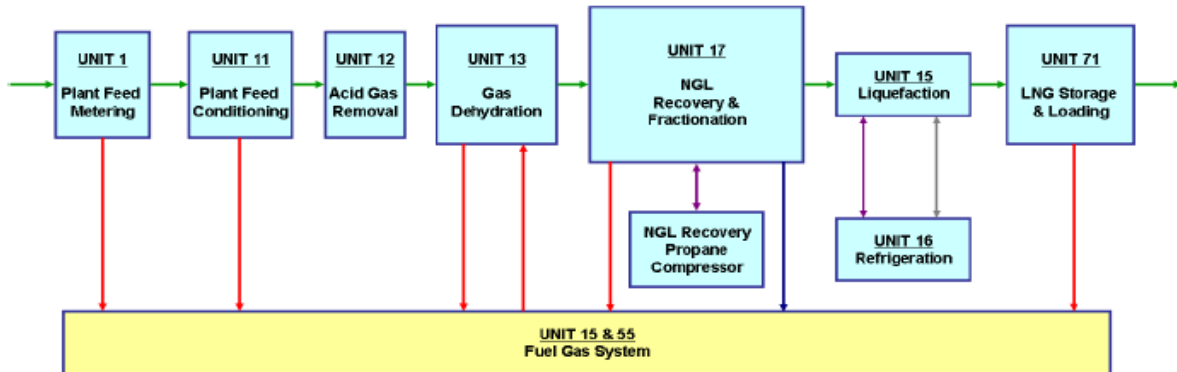


Figure 1.3 : Schéma fonctionnel de l'usine

1.6.3 Technologie de Liquéfaction

La section de réfrigération et de liquéfaction est l'élément clé de l'usine GNL, elle repose sur un principe de base qui est de refroidir et liquéfier le gaz en utilisant la correspondance aussi étroite que possible au sein des courbes de refroidissement/chauffage du Gaz naturel et le réfrigérant, ce procédé est sous licence par APCI

Ce procédé sous licence par APCI fonctionne avec un Réfrigérant Mixte et du Propane Pré réfrigérant (MCR), La capacité des méga-trains sous licence APCI produisent jusqu'à 4.7 millions t/an.

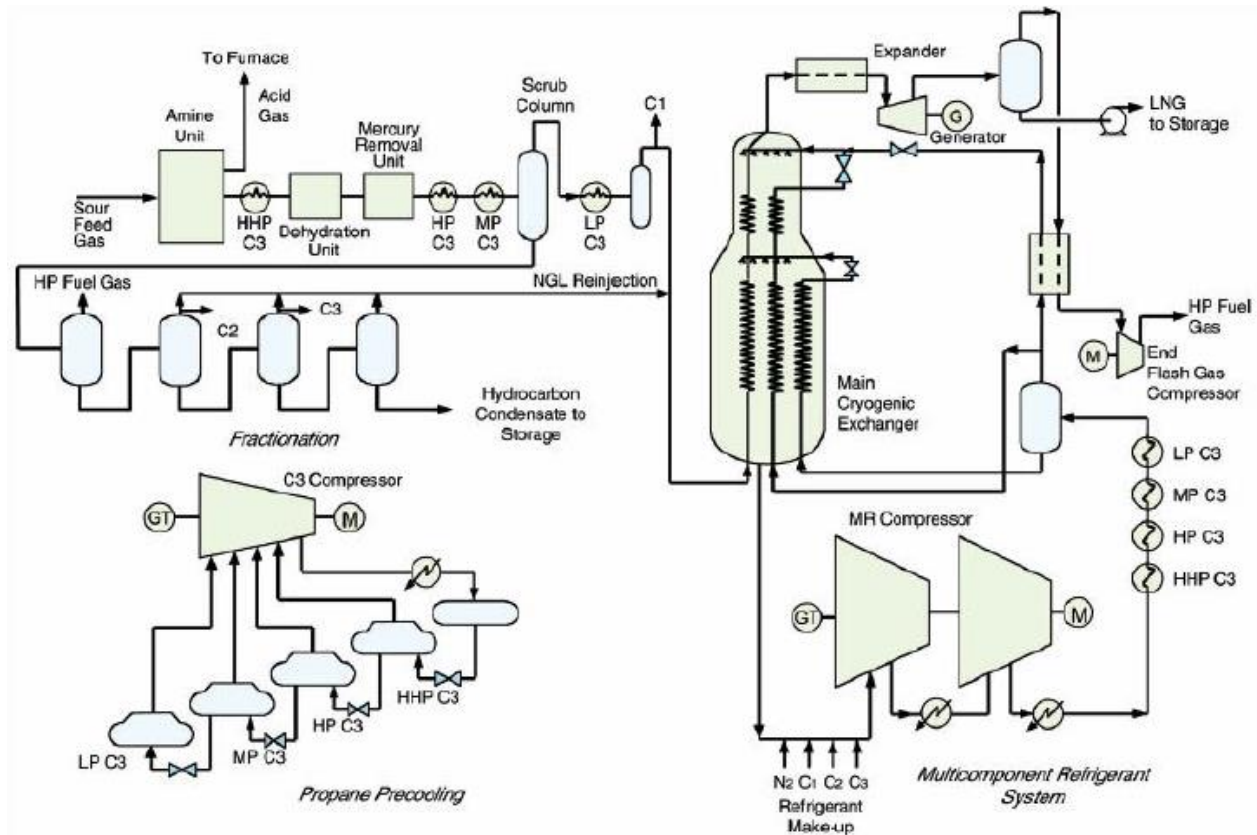


Figure 1.3 : Procédé APCI (typique)

Il y a deux cycles principaux de réfrigérant. Le cycle de pré refroidissement utilise un composant pur, le propane. Le cycle de liquéfaction et sous-refroidissement utilise un réfrigérant mixte (MR) composé d'azote, méthane, éthane et propane.

Le cycle de pré refroidissement utilise le propane et trois ou quatre niveaux de pression et peut refroidir le gaz de procédé jusqu'à $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il est aussi utilisé pour refroidir et liquéfier partiellement le MR. Le refroidissement est achevé dans des échangeurs du type kettle avec le réfrigérant propane qui bouille et s'évapore dans un bassin sur le côté calandre, et avec les écoulements de procédé s'écoulant dans les passages de tubes immergés.

Un compresseur centrifuge avec des écoulements latéraux récupère les écoulements C3 évaporés et comprime la vapeur de 15 jusqu'à 25 bar. a qu'il faudra condenser et recycler vers les kettles au propane.

Dans le cycle MR, le réfrigérant partiellement liquéfié est divisé en écoulements de vapeur et en écoulements liquides qui sont utilisés pour liquéfier et sous refroidir l'écoulement de procédé de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$

jusqu'à -150 °C / -160 °C . Ceci est effectué dans un échangeur spiral breveté par APCI, l'échangeur de chaleur cryogénique principal (MCHE).

Le MCHÉ se compose de deux ou trois faisceaux de tubes disposés dans une calandre verticale, avec le gaz de procédé et les réfrigérants qui entrent du fond des tubes et s'écoulent vers le haut sous pression.

Le gaz de procédé passe à travers tous les faisceaux pour faire sortir le gaz liquéfié au sommet. Le liquide d'écoulement MR est extrait après le faisceau chaud ou tiède et il est détendu à travers une vanne de type JT ou un expander hydraulique sur le côté calandre. Il s'écoule vers le bas et s'évapore, en fournissant un bulbe de refroidissement pour les faisceaux inférieurs. La vapeur de l'écoulement MR passe vers le sommet (faisceau froid) et il est liquéfié et sous-refroidi, et il est séparé à travers la vanne JT dans le côté calandre au dessus du faisceau froid. Il s'écoule en bas pour fournir le service de refroidissement pour le faisceau du sommet et, après s'être mélangé avec le liquide MR, une partie du refroidissement pour les faisceaux inférieurs.

L'écoulement total du MR vaporisé provenant du fond du MCHÉ est récupéré et comprimé par le compresseur du MR de 45 - 48 barg. Il est refroidi et partiellement liquéfié d'abord par l'air et ensuite par le réfrigérant propane, et recyclé vers le MCHÉ.

1.6.4 Description générale des différentes unités

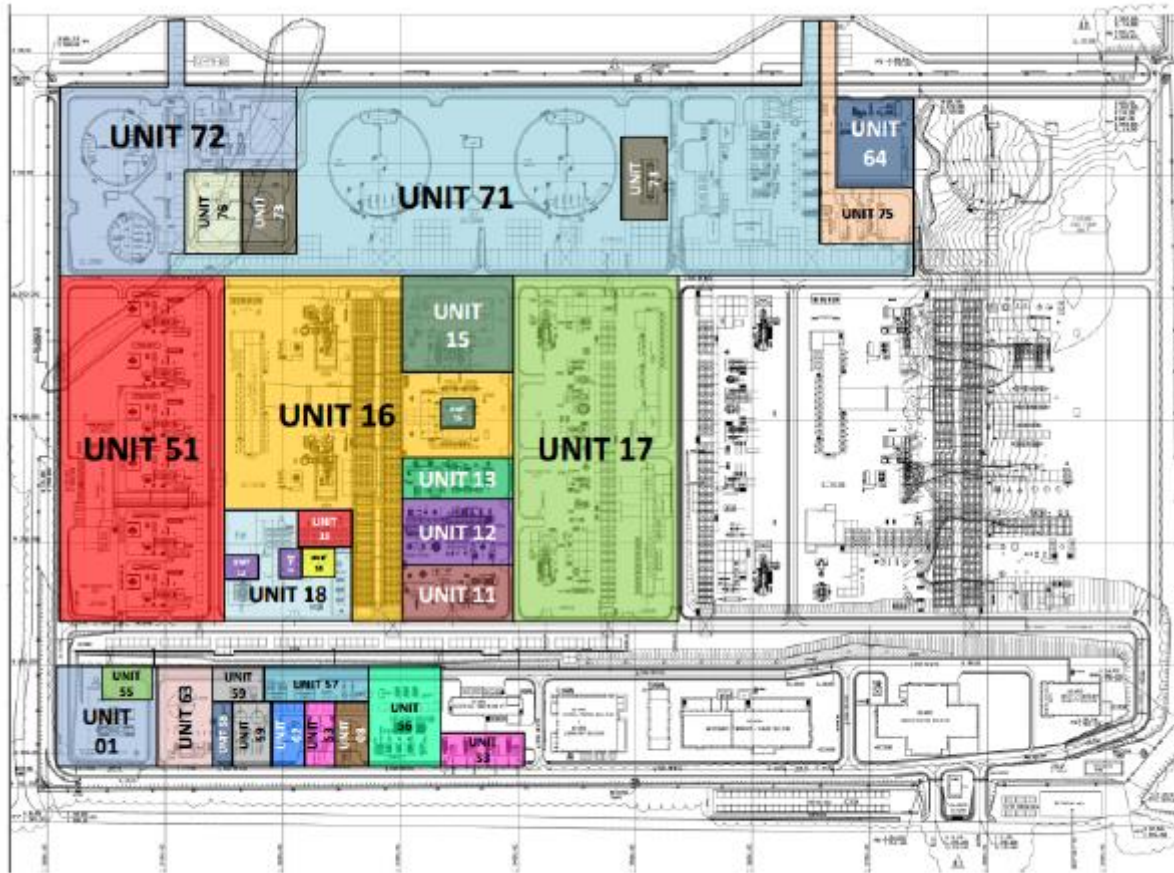


Figure 1.5 : Plan général du complexe GL3Z

UNITE 1 Installations d'entrée : L'installation de télémesure du Gaz d'Alimentation est conçue pour mesurer le gaz d'alimentation et comprend un skid de comptage, un abri d'analyseur, une armoire de commande.

UNITE 2 Stockage de l'Amine : La Fonction des Installations Communes – Système de Stockage du Solvant d'élimination du Gaz Acide est :

Alimenter l'amine méthyle diéthylamide activé (aMDEA) vers l'élimination du Gaz Acide.

Permettre la capacité suffisante pour maintenir le solvant si l'unité nécessite d'être vidée.

UNITE 8 Stockage de l'Huile Chaude : Le Système de Stockage de l'Huile Chaude fournit le support aux systèmes de réchauffement de l'huile chaude combinée pour le GNL et le Fractionnement

UNITE 11 Conditionnement du Gaz d’Alimentation: L’Unité de Conditionnement du Gaz d’Alimentation inclut la Compression du Gaz d’Alimentation et les sections d’Élimination du Mercure

UNITE 12 Élimination du Gaz Acide: Unité d’élimination du Gaz Acide (Dioxyde de Carbone)

UNITE 13 Déshydratation de Gaz: L’unité de Déshydratation est conçue pour éliminer l’eau du gaz d’alimentation pour éviter la congélation de l’eau dans les unités cryogéniques en aval. L’unité se base sur une configuration à trois lits. Deux lits fonctionnent en mode adsorption tandis que le troisième fonctionne en mode régénération ou en standby. La Régénération est effectuée en utilisant le gaz combustible.

UNITE 14 Système du Gaz Combustible (Train 1) : Le Système de Gaz Combustible est conçu pour alimenter et distribuer le gaz combustible HP à 26 bar et le gaz combustible BP à 6 bar aux utilisateurs vers leur périmètre d’installation à travers l’Usine.

L’Usine de liquéfaction GNL-3Z prévoit deux types différents de système de gaz combustible:

Un système de gaz combustible à l’intérieur de chaque train de liquéfaction (Unité 14 pour les utilisateurs à l’intérieur du Train 1)

Un système de gaz combustible commun au Train 1 et au futur Train pour les utilisateurs Offsite/communs

UNITE 15 Liquéfaction: Cette unité se compose de:

Section de Liquéfaction de Gaz Naturel (Unité 15, Liquéfaction);

Section de Récupération de l’Hélium (Unité 15);

Section de Rejet de l’Azote (Unité 15) ;

Système End flash gas.

UNITE 16 Réfrigération : Cette Unité est divisée en deux sections comme suit :

Circuit Propane;

Circuit du Réfrigérant Mixte.

UNITE 17 Récupération du GNL et Fractionnement : Cette Unité est divisée par sections comme suit:

Déméthaniseur et compression du Gaz Résiduel(méthane)

Déethaniseur

Depropaniseur

Débutaniseur

UNITE 18 Système de l'Huile Chaude : Le Système de l'Huile Chaude du Train du GPL fournit le réchauffement à deux niveaux de température différents Haut 260°C et Bas 160°C.

UNITE 19 Système de Refroidissement de l'Eau : L'élimination de la chaleur de la machinerie à l'intérieur du Train 1 GNL est achevée en utilisant l'eau de refroidissement tempérée de l'Unité 19

UNITE 51 Génération d'énergie: Le Système des Générateurs d'énergie à turbine à gaz fourni l'électricité nécessaire au train GNL et aux unités des utilités et offsites. Pendant le fonctionnement normal les turbines à gaz sont la seule source d'électricité pour les trains GNL et leurs installations offsites et d'utilité

UNITE 53 Système du Générateur Diesel d'Urgence : Le Système Générateur Diesel d'Urgence est conçu pour recevoir, stocker et distribuer le diesel aux utilisateurs de l'Usine.

UNITE 55 Système Commun de Gaz Combustible : Le Système Commun de Gaz Combustible est conçu pour alimenter et distribuer du fuel gas HP à 24.5 bar et le gaz combustible BP à 5 bar aux :

Utilisateurs communs en dehors des trains GNL.

Utilisateurs à l'intérieur des trains GNL quand leur installations dédiées (Unités 14 ou 24) sont off-line.

UNITE 56 Système d'Air Instrument et de l'Usine : Le Système d'Air Instrument et de l'Usine est conçu pour supporter le fonctionnement de deux trains GNL. L'air comprimé non-séché est utilisé pour la distribution d'air de l'usine. L'air sec est utilisé pour la distribution aux Utilisateurs de l'air instrument.

UNITE 57 Système d'Azote : Le Système d'Azote est conçu pour fournir le gaz d'Azote à l'usine LNG. Bien que l'équipement soit conçu pour un train GNL, le piping de distribution est conçu pour le débit des deux trains GNL.

UNITE 58 Système d'Eau Potable : Le Système d'Eau Potable est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'eau fraîche utilisée comme Eau Potable et Eau de Service. Il est acquis que l'eau fraîche

reçue au périmètre de l'Installation est potable et qu'aucun traitement supplémentaire ne sera demandé. L'eau potable est distribuée pour l'utilisation dans les douches de sécurité / bains oculaires et pour d'autres utilisations destinées à la consommation humaine et sanitaire. De plus, l'Eau Potable est utilisée pour alimenter le Réservoir de Stockage de l'Eau Anti-incendie / Eau de Service.

UNITE 59 Système d'Eau Déminéralisée et de Service : Le Système d'Eau est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'Eau de Service et l'Eau Déminéralisée. Il est acquis que l'eau fraîche reçue au périmètre de l'Installation et utilisée pour alimenter l'Ensemble de Traitement de l'Eau Déminéralisée a la qualité indiquée dans la Description de l'Utilité pour le Système de l'Eau Potable.

UNITE 64 Traitement de l'Eau Usée et Effluente : Le Système de traitement de l'eau Usée et Effluente est conçu pour gérer l'eau usée provenant du train GNL du Projet GNL de Gassi Touil, mais également pour l'intégration future du deuxième train GNL.

UNITE 71 Chargement et Stockage du Produit GNL : Le Système de Chargement et Stockage du GNL est conçu pour fournir le stockage du produit et les installations d'exportations adéquates pour permettre la production continue provenant des trains de procédé du GNL au débit nominale avec un chargement intermittent des bateaux. Initialement seulement un train GNL est installé.

UNITE 72 Chargement et Stockage du Produit GPL : L'installation de Chargement et Stockage de GPL fournit la capacité de stockage et d'exportation aux produits Propane (C3) et Butane (C4). L'installation est conçue pour recevoir les produits GPL provenant des deux trains de procédé de Récupération et Fractionnement du GNL.

UNITE 73 Stockage du Réfrigérant : Le Système de Stockage du Réfrigérant est conçu pour le support et le fonctionnement du train GNL. L'installation fournit la capacité de stockage et transfert pour l'Ethane utilisée dans le Système du Réfrigérant Mixte (MR) et pour le Propane utilisé dans les circuits de Propane (Unité 16 et 17) et pour le Circuit de Réfrigération MR (Unités 16)

UNITE 75 Système de la Torche : Le Système de la Torche est installé et dimensionné pour faire face à l'opération des deux trains GNL (un train futur). Le système fournit des moyens sûrs et fiables d'élimination des vapeurs d'hydrocarbures et des liquides légers provenant des défaillances de situations d'urgence ou de trouble. Le système gère aussi les décharges des hydrocarbures à partir des conditions de fonctionnement telles que le démarrage, l'évent et le drainage de l'équipement et/ou du piping.

UNITE 76 Système de Stockage de la Gazoline : Le Système de Stockage de la Gazoline est conçu pour recevoir et stocker la Gazoline produite par les deux trains de procédé de Fractionnement et Récupération du GNL. Initialement seulement un train GNL est installé.

A partir du stockage, la gazoline est pompée en mode batch et mesurée avant d'être exportée au Périmètre de l'Installation existant.

1.7 Description du Système de Contrôle du Procédé ICSS (Integrated Control and Safety Systems)

Des programmes de contrôle et de surveillance et des sous-systèmes intégrés fournissent toutes les informations sur le contrôle et la sécurité du procédé, personnel, et de l'environnement. [5]

Le Système Intégré de Contrôle (ICSS) permet le fonctionnement centralisé des nouvelles installations de GNL. Le point central pour le fonctionnement de l'usine est un contrôle continu de la Salle de Contrôle Centrale (CCR). Le système ICSS cerne le hardware et le logiciel pour assurer le contrôle et le monitoring du procédé, la détection feu et gaz, système de sécurité et fonctionnement d'urgence pour le nouveau complexe GNL.

Les systèmes sont intégrés pour fournir une interface opérateur unique à toutes les opérations du procédé et de l'usine. L'ICS s'interface également avec les systèmes tiers fournis comme partie intégrante de la machinerie et comme un ensemble d'équipement spécial.

Le Système Intégré de Contrôle (ICSS) comprend les systèmes suivants:

Système de Contrôle Distribué (DCS) (en incluant le Système de Gestion d'Alarme);

Système d'Arrêt d'Urgence (ESD);

Système de Gaz et Incendie (F&G).

Les systèmes suivants sont aussi fournis:

Système de Gestion des Informations de l'Usine (PIMS);

Système de Gestion des Informations de Laboratoire (LIMS);

Contrôle Avancé du Procédé (APC).

Système de Gestion d'Acquisition de Données d'Analyseurs(AMADAS);

Chauffage, Ventilation et Climatisation (HVAC);

Système de Gestion de la Maintenance des Instruments (IMMS);

Système de Monitoring des Machines (MMS).

Système de Monitoring de Condition et Performance (CPMS);

Système de Commande e de Surveillance Électrique (ENMCS);

Système de Télésurveillance (CCTV);

Système de Station Météo (MET).

L'ICS s'interface également avec les systèmes tiers faisant partie de la machinerie et des packages.

Les sous-systèmes suivants sont interfacés avec l'ICS :

Différents Régulateurs de Logique Programmable (PLC) pour plusieurs packages (MK6e, Siemens).

Système de Monitoring des Machines (MMS);

Système de Comptage (CTMS);

Système de Gestion des Réservoirs(TMS);

Système de Monitoring de la Jetée (JMS);

Système de gestion du Brûleur (BMS);

Contrôle anti-pompage (ASC)

Chapitre 2 Chapitre II: Description de l'unité 15 et du compresseur end flash

2.1 Introduction

L'unité 15/16 sont les unités responsables de la liquéfaction du gaz naturel et cette opération s'effectue à travers plusieurs étapes de refroidissement en utilisant des composants comme MCHE et la boîte froide. Cette dernière intègre plusieurs circuits de réfrigérant (circuit de propane, circuit du MR et aussi le circuit de gaz pour l'échange de chaleur).

L'unité 15/16 contient aussi le circuit de gaz end flash utilisé comme combustible pour entraîner les compresseurs.

Les compresseurs sont aussi parmi les composants les plus importants dans l'unité 15/16 pour obtenir des pressions de gaz requis et aussi indirectement une température requise (relation entre la pression et la température est $PV=NRT$).

Le bon fonctionnement de ces compresseurs nécessite plusieurs applications de contrôle (démarrage du compresseur) contrôlé par le VSDS, (performance partage de charge et anti pompage) contrôlé par CCC, (arrêt normal) Contrôlé par le VSDS qui reçoit le signal de ESD, (arrêt d'urgence) contrôlé par le ESD.

2.2 Rôle des packages de liquéfaction et de réfrigération

L'objectif des Unités 15 et 16 de Liquéfaction et de Réfrigération est de produire du Gaz naturel Liquéfié (GNL), avec une qualité correspondante aux spécifications des marchés internationaux, ainsi qu'un courant d'hélium brut. Le gaz après prétraitement, alimente l'Unité 15, est dépourvu des principales impuretés, telles que l'eau, le dioxyde de carbone, les hydrocarbures lourds et le mercure. De ce fait, ces impuretés ne gèlent pas à basse température et n'endommagent ni l'Echangeur cryogénique Principal (Main Cryogenic Heat Exchanger, MCHE), ni la Boîte Froide. [3]

Le dimensionnement des unités de Liquéfaction et de Réfrigération est basé sur la Licence « Air Products and Chemicals Inc.'s » (APCI) et sur le procédé Réfrigérant Propane mixte (C3-MR) utilisant un seul Echangeur Cryogénique Principal (MCHE).

La réfrigération utilisée pour refroidir et liquéfier le gaz naturel est fournie par deux systèmes séparés, mais interdépendants :

- **Système de réfrigérant propane (Propane Refrigerant, PR)** qui fournit une capacité de refroidissement allant jusqu'à -35°C pour les deux circuits (Gaz Naturel et Réfrigérant Mixte).
- **Système de réfrigérant mixte (MR)** qui permet, quant à lui, d'obtenir une réfrigération à plus basse température pour produire du GNL dans le MCHE.

Pour différentes compositions de gaz, la production de GNL dépend de la puissance disponible des turbines à gaz entraînant les compresseurs des réfrigérants et de l'exigence de puissance spécifique (MW/tonne de GNL). L'unité est capable de fonctionner à 60% de la capacité de conception de liquéfaction.

Deux turbines à gaz entraînent les compresseurs des réfrigérants : l'une d'elles entraîne le compresseur de propane ainsi que le compresseur du MR HP, tandis que l'autre entraîne les compresseurs du MR BP et MP.

2.3 Description du procédé de liquéfaction

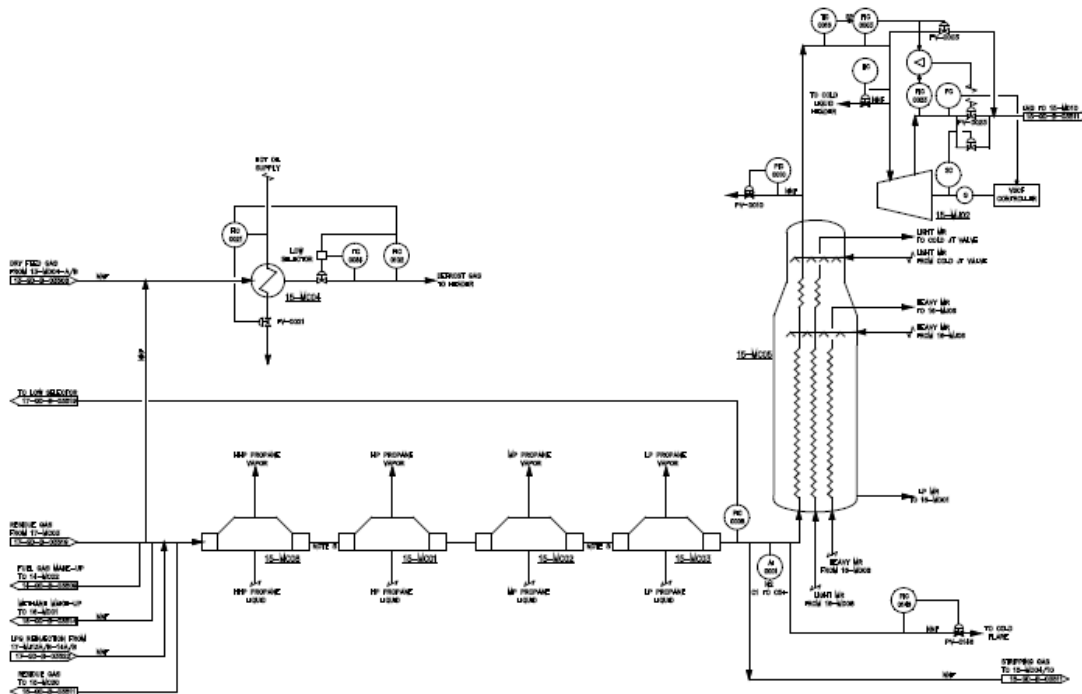


Figure 2.1 : package de liquéfaction

2.3.1 Circuit de Gaz Naturel

Le gaz sec, décarbonaté et exempt de mercure est traité dans l'Unité 17 pour éliminer les hydrocarbures les plus lourds du courant d'alimentation, et permettre une séparation supplémentaire afin de produire les réfrigérants ainsi que des courants de produits pour l'exportation. Le gaz naturel sortant de l'Unité 17 à une pression de 72,7 barg et une température d'environ 30°C est envoyé vers l'Unité 15 pour la liquéfaction.

Avant de pénétrer dans le MCHE (15-MC05), le gaz résiduel est pré refroidi par du propane à Très Haute Pression (High High Pressure, HHP), Haute Pression (HP), Moyenne Pression (Medium Pressure, MP) et Basse Pression (BP) dans les Refroidisseurs à Propane HHP, HP, MP et BP de Gaz Résiduel (15-MC08/15-MC01/15-MC02/15-MC03).

En effet, le gaz est tout d'abord refroidi de 30 °C à 13,7 °C dans le Réfrigérant à Propane HHP de Gaz Résiduel (15-MC08). Il est ensuite refroidi jusqu'à -3,2 °C dans le Refroidisseur à Propane HP/Gaz Résiduel (15-MC01), puis à -19,5 °C dans le Refroidisseur à Propane MP/de Gaz Résiduel (15-MC02) et enfin à environ -33 °C dans le Refroidisseur à Propane BP/de Gaz Résiduel (15-MC03). Le gaz naturel refroidi provenant des refroidisseurs à propane est ensuite envoyé vers le fond du MCHE (faisceau chaud) 15-MC05 où il est liquéfié au contact du MR.

Le MCHE (15-MC05) comprend deux faisceaux : un faisceau chaud qui se trouve au fond et un faisceau froid en tête. La température du GNL en sortie du faisceau froid de tête du MCHE est de -145 °C.

Le courant de gaz naturel liquéfié (GNL) sortant du MCHE (15-MC05) traverse la Turbine Hydraulique de GNL (15-MJ02) où sa pression est réduite. La pression finale du GNL Liquide est obtenue à l'aide d'une vanne de contrôle de contre-pression située en aval de la turbine.

La pression du liquide en sortie de la turbine est maintenue à 2 bars au-dessus du point d'ébullition du GNL afin d'éviter la vaporisation à l'intérieur de la turbine hydraulique. Une vanne de by-pass de la turbine hydraulique de GNL est prévue pour permettre le fonctionnement de l'usine en cas d'arrêt de celle-ci. La vanne JT est également utilisée lors du démarrage.

En sortie de la vanne de contrôle de contre-pression et de la vanne de by-pass de la Turbine hydraulique de GNL, le produit GNL est envoyé au Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10), où le GNL Liquide subit une ultérieure détente.

2.3.2 Circuit end flash

La récupération d'Hélium est entièrement intégrée dans le Procédé de Liquéfaction et produit un courant d'Hélium Brut en tête du Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10). Ce courant gazeux, riche en Hélium, est envoyé vers la Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30), pour la récupération du froid.

Les conditions opératoires (2,9 barg et -146,5°C) du Ballon de Récupération d'Hélium (15- MD10) sont sélectionnées pour obtenir la composition et le taux de récupération d'Hélium Contractuellement requis.

Le courant gazeux sortant de la colonne est alors réchauffé dans la Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30) ; il est ensuite comprimé à l'aide du Compresseur de Gaz End Flash (15- MJ01A/B) pour être utilisé comme gaz combustible ou exporté vers l'usine de récupération d'hélium.

En sortie du fond du Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10), le GNL alimente la tête de la Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04), qui opère à 0,15 barg et à environ -160°C.

La colonne, remplie de garnissage, a une double fonction : séparateur ou colonne de désorption. Le courant de gaz de désorption alimente par le fond.

Le GNL alimentant la colonne fait office de reflux afin de contrôler la perte d'hydrocarbures dans le courant gazeux sortant en tête de colonne.

L'objectif de la Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04) est de réduire la teneur en Azote dans le GNL produit. La quantité d'Azote présente dans le cas de Base et le cas Lourd étant faible, aucun gaz de désorption n'est nécessaire au fonctionnement de la colonne, qui fonctionnera alors comme un ballon de détente. Le Cas Léger nécessite quant à lui un débit de Gaz de Désorption qui alimentera le fond de la colonne afin de réduire la teneur d'Azote du GNL dans le respect de la spécification.

Le débit de désorption sera contrôlé manuellement afin d'obtenir la teneur d'Azote voulue dans le GNL.

Par conséquent, une partie du gaz quittant les refroidisseurs à propane de pré refroidissement à environ -33°C, sera envoyée directement, en tant que gaz de désorption, au Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10) et à la Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04), sans passer par le MCHE (15-MC05).

Enfin, le GNL est envoyé vers les Réservoirs de Stockage de GNL (71-MF01/02) de l'Unité 71 par le biais des Pompes de Produit GNL (15-MJ03A/B).

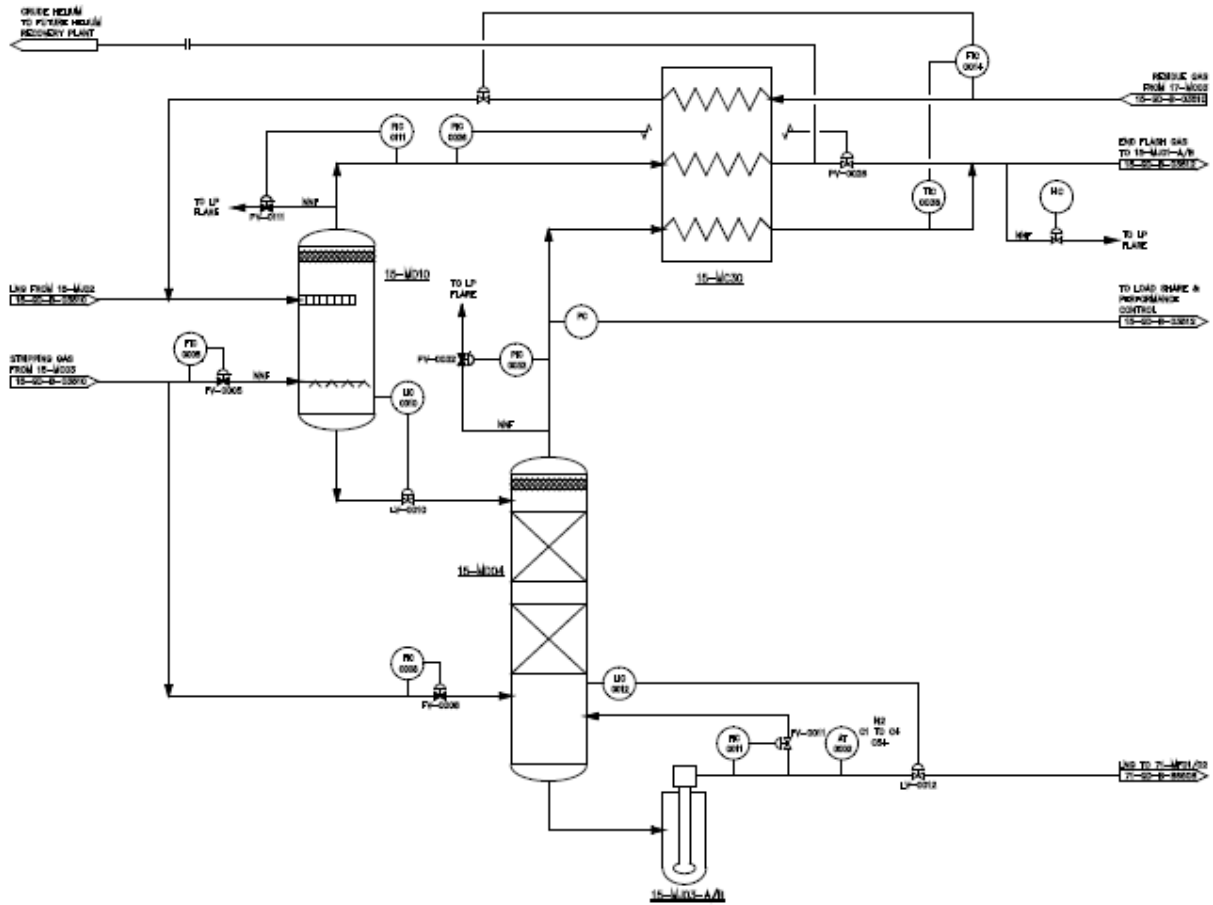


Figure 2.2 : Système de l'End Flash

Un courant de Gaz End Flash froid est obtenu en tête de la Colonne de Désorption d'Azote.

Ce gaz de tête est envoyé à la Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30) pour permettre la Récupération du froid.

La Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30) est également alimentée par le gaz de tête du Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10). Dans la Boîte Froide, ces deux courants sont Utilisés pour liquéfier un courant latéral de gaz naturel, correspondant à 4% environ du débit Total de gaz naturel qui alimente l'Unité de Liquéfaction. Ce courant latéral sort de la Boîte Froide de Gaz End Flash à environ -148°C et il est ajouté au courant principal de GNL en Sortie de la Turbine Hydraulique de GNL (15-MJ02) en amont du Ballon de Récupération D'Hélium (15-MD10).

En aval de la Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30), le courant de gaz provenant de la Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04) est mélangé avec le courant de gaz provenant de la tête du Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10).

Le courant obtenu est acheminé vers les Compresseurs de Gaz End Flash (15-MJ01 A/B).

Deux trains de compression identiques (2x50%) sont prévus, comprenant chacun un Compresseur de Gaz End Flash à trois étages avec des Refroidisseurs du Compresseur de Gaz End Flash BP/MP/HP (15-MC32/33/34 A/B).

Le débit du gaz end flash prévu pour le cas de Base est de 78,76 t/h. En cas de déclenchement d'un Compresseur de Gaz End Flash, la production de GNL peut être maintenue à sa capacité quasi totale si le gaz en excès peut être envoyé vers la torche ; sinon, la production sera réduite.

Le Gaz End Flash est envoyé du refoulement des compresseurs vers le Réseau de Gaz Combustible (Unité 14) ; une partie de ce gaz peut être renvoyée vers l'Unité 17 pour être retraitée à travers la ligne de recycle PG-15070 afin de limiter le torchage.



Figure 2.3 : Compresseur fuel gaz

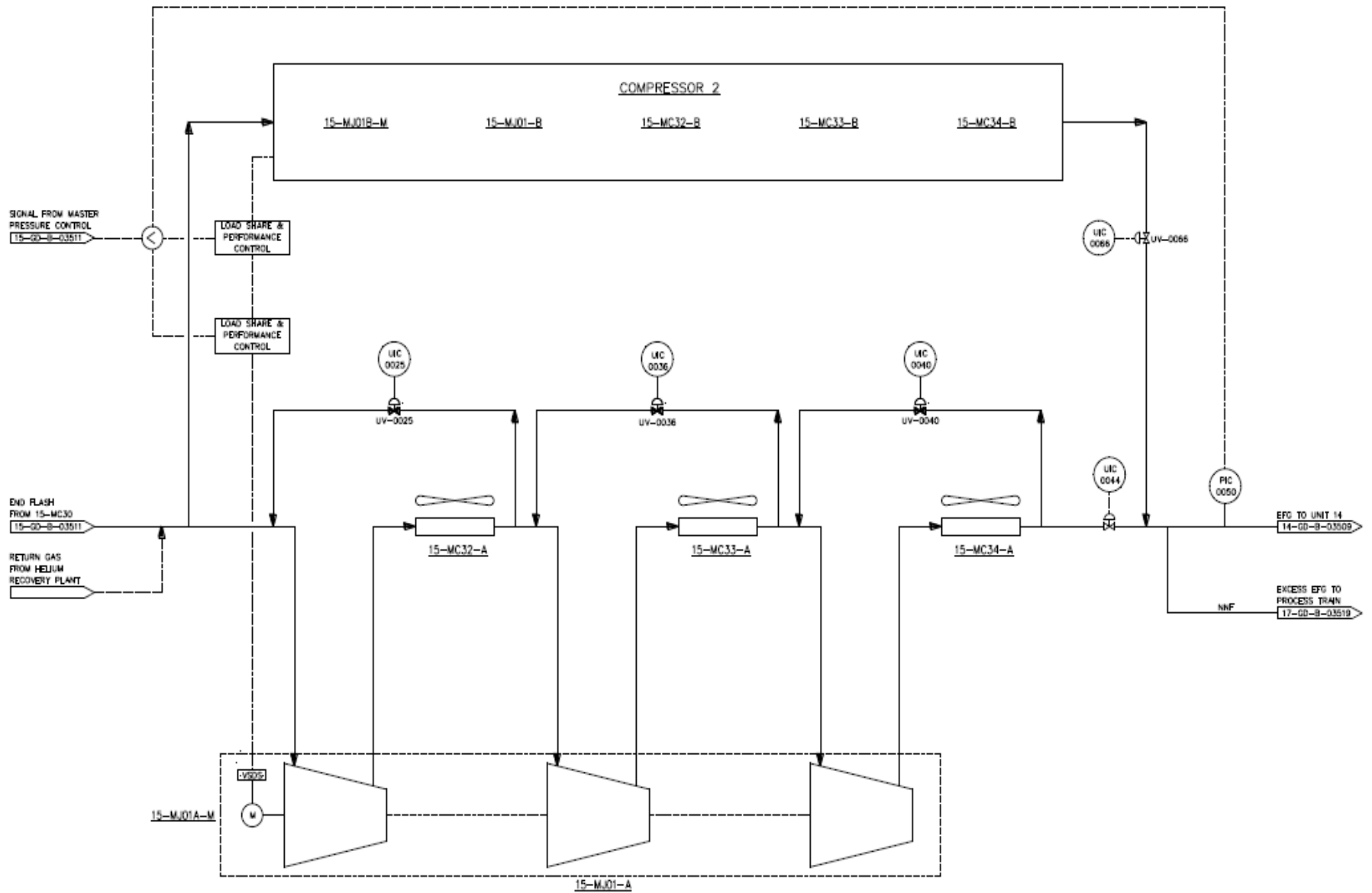


Figure 2.4 : PFD Compresseur End flash gas 15MJ01A/B

2.4 Fiches Techniques des équipements constituant le circuit end flash gas

Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10)

Cet équipement est conçu pour extraire l'hélium du GNL. Un arroseur de gaz de désorption a été prévu pour garantir le taux de récupération d'hélium. [4]

Le Ballon de Récupération d'Hélium est dimensionné pour traiter le débit d'un train de Procédé avec une marge supplémentaire de dimensionnement de 10% sur les débits Massiques de vapeur et de liquide.

NB : Les conditions opératoires se réfèrent au Cas de Base à 21°C.

ID (mm) x TL-TL (mm)	4400 x 14450
PRESSION DE CALCUL (barg)	10.3 / FV
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	65/ -176
PRESSION OPERATOIRE (barg)	2.26
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	-147.6

Tableau 2.1:Données Principales du Ballon de Récupération d'Hélium

Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04)

La Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04) est conçue pour traiter la plage de débit allant de 60% à 110% du cas de calcul, de façon à réduire la teneur en N2 du GNL lors du cas de composition de gaz léger. Un Dé-brumeur à grillage métallique est installé au sommet de la colonne de façon à limiter l'entraînement de liquide avec le gaz end flash.

La durée de rétention du liquide entre le niveau bas de liquide (Low Liquid Level, LLL) et le niveau élevé de liquide (High Liquid Level, HLL) dans la Colonne de Désorption d'Azote est d'environ 3 minutes. Un anti-vortex est prévu au fond de la colonne pour empêcher l'entraînement de gaz dans le GNL.

ID (mm) x TL-TL (mm)	4100 x 27850	
PRESSION DE CALCUL (barg)	10.3 / FV	
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	65 / -176	
	TETE	FOND
PRESSION OPERATOIRE (barg)	0.15	0.45
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	-164.4	-160.5

Tableau 2.2:Données Principales du Ballon de Récupération d'Azote

Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30)

La Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30) est conçue pour liquéfier un courant latéral du gaz naturel, environ 4% du débit total de gaz naturel, qui est acheminé vers l'Unité de Liquéfaction. Ce courant latéral quitte la Boîte Froide de Gaz End Flash à environ -148 °C.

Le cas de calcul est le Cas Léger à 21 °C avec le gaz de désorption dirigé vers le Ballon de Récupération d'Hélium.

PUISSANCE DE CALCUL (MW)	9.281					
	GAZ RESIDUEL		TETE DU BALLON DE RECUPERATION D'HELIUM		TETE DE LA COLONNE DE DESORPTION D'AZOTE	
PRESSION DE CALCUL (barg)	82 / FV		10.3 / FV		10.3 / FV	
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	65 / -176		65 / -176		65 / -176	
	ENTREE	SORTIE	ENTREE	SORTIE	ENTREE	SORTIE
PRESSION OPERATOIRE (barg)	72.7	71.7	2.24	2.04	0.15	-0.05
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	30.3	-157.8	-147.6	5.2	-160.1	5.2

Tableau 2.3:Données Principales de la Boîte Froide de Gaz End Flash

Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash BP (15-MC32 A/B)

Le Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash BP (15-MC32A/B) est dimensionné pour refroidir, de 174°C à 36°C, le débit d'un train de procédé avec une marge supplémentaire de dimensionnement de 10%. Les aérorefrigérants 15-MC32A/B sont conçus de façon à ce que la perte de charge n'excède pas 0,5 bar.

PUISSANCE DE CALCUL (MW)	3.24	
PRESSION DE CALCUL (barg)	10.3	
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	200 / -8	
	ENTREE	SORTIE
PRESSION OPERATOIRE (barg)	3.79	3.29
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	163.2	36.0

Tableau 2.4:Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash BP

Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash MP (15-MC33 A/B)

Le Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash MP (15-MC33A/B) est dimensionné pour refroidir, de 145,5°C à 36°C, le débit d'un train de procédé avec une marge supplémentaire de dimensionnement de 10%. Les aéro réfrigérants 15-MC33A/B sont conçus de façon à ce que la perte de charge n'excède pas 0,5 bar.

PUISSANCE DE CALCUL (MW)	2.55	
PRESSION DE CALCUL (barg)	15	
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	200 / -8	
	ENTREE	SORTIE
PRESSION OPERATOIRE (barg)	10.69	10.19
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	138.1	36.0

Tableau 2.5:Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash MP

Refroidisseur de Sortie du Compresseur de Gaz End Flash HP (15-MC34 A/B)

Le Refroidisseur de Sortie du Compresseur de Gaz End Flash HP (15-MC33A/B) est dimensionné pour refroidir, de 155°C à 36°C, le débit d'un train de procédé avec une marge supplémentaire de dimensionnement de 10%. Les aéro réfrigérants 15-MC34A/B sont conçus de façon à ce que la perte de charge n'excède pas 0,5 bar.

PUISSANCE DE CALCUL (MW)	2.86	
PRESSION DE CALCUL (barg)	37	
TEMPERATURE DE CALCUL MIN./MAX. (°C)	200 / -8	
	ENTREE	SORTIE
PRESSION OPERATOIRE (barg)	30.79	30.29
TEMPERATURE OPERATOIRE (°C)	147.47	36.0

Tableau 2.6:Données du Refroidisseur du Compresseur de Gaz End Flash HP

Compresseurs de Gaz End Flash (15-MJ01-A/B)

Les Compresseurs de Gaz End Flash 15-MJ01 A/B sont deux compresseurs fonctionnant à 50% (2*50%). Chaque compresseur est de type centrifuge, entraîné par moteur, et dispose d'un seul corps. Ce corps est composé de roues à étages multiples. [2]

Le gaz de procédé entre dans le compresseur en traversant un filtre d'aspiration. Le gaz est comprimé jusqu'à 30,8 barg. Les compresseurs traitent environ 95496 kg/h lors du Cas Léger à 21°C.

NOMBRE D'ETAGES	3		
NOMBRE DE CORPS	1		
PUISSANCE NOMINALE (MW)	13000		
	1er Etage	2ème Etage	3ème Etage
PRESSION D'ASPIRATION (barg)	-0.05	2.56	9.43
PRESSION DE REFOULEMENT (barg)	3.06	9.93	30.80
DEBIT (Sm3/h)	54382	54382	54382
MAWP (barg)	10.3	15.0	37.0
MAT/MDMT (°C)	200 / -45	200 / -8	200 / -8

Tableau 2.7:Données du Principales des Compresseurs de Gaz End Flash

Le carter est un cylindre moulé et fermé par une bride, (appelé boîtier de bride de tête). Les surfaces de contact verticales sont soigneusement usinées pour un assemblage correct et elles sont munies de joints toriques pour éviter les fuites de gaz. Les pieds du côté refoulement sont munis de clés pour

mettre la machine en direction axiale et faire tourner la machine librement dans la direction transversale.

Le carter est soutenu de manière que l'expansion thermique du carter soit permise sans transmettre de stress aux fondations. L'essai hydraulique et l'essai de fuites doivent être effectués pour ces boîtiers conformément aux conditions spécifiques.

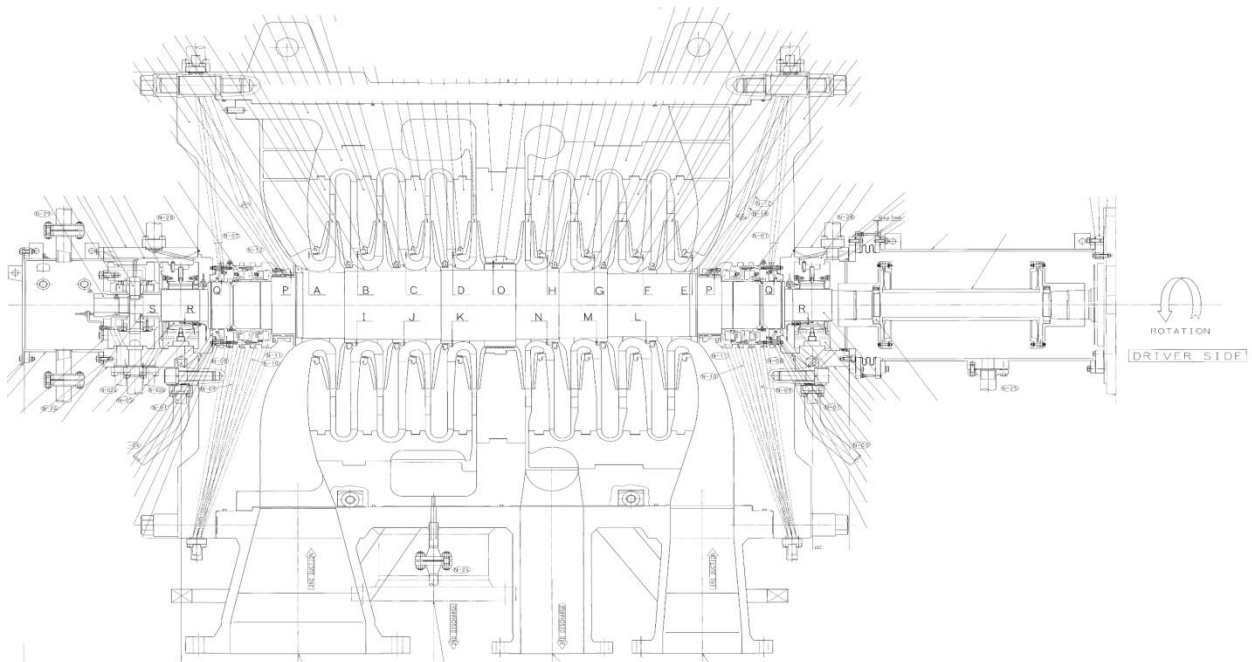


Figure 2.5 : Coupe à l'intérieur de la partie HP du compresseur 2BCH608

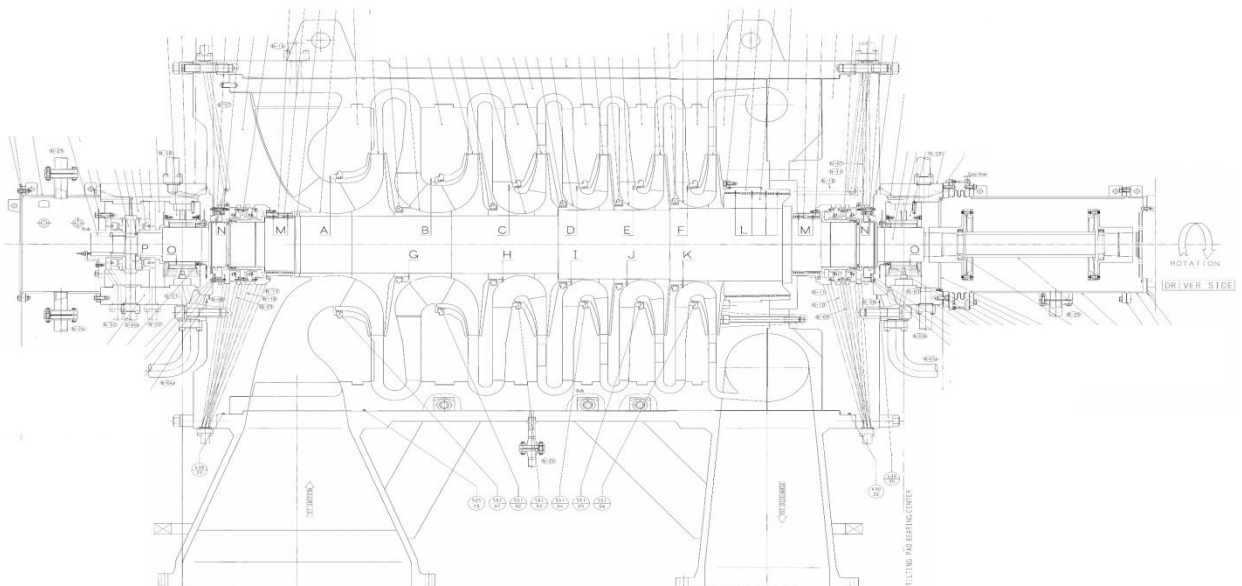


Figure 2.6 : Coupe à l'intérieur de la partie LP du compresseur

L'arbre d'entraînement est en acier forgé et traité thermiquement pour l'application spécifique. Les douilles de l'impulseur sont installées entre les impulseurs pour éviter l'érosion et l'attaque chimique de l'arbre, et pour placer précisément les impulseurs par rapport à l'arbre.

Vu que la première vitesse critique du rotor est habituellement plus basse que la vitesse de marche normale, il faut faire attention pendant le démarrage et l'arrêt. La vitesse critique est indiquée sur la plaque signalétique du compresseur.

Les impulseurs sont en acier forgé, de type fermé ou semi-fermé. Ils sont habituellement du type soudé ou électro-érodé. Les impulseurs soudés sont usinés à partir d'une plaque disque plein avec des palettes et soudés à l'enveloppe selon une procédure spéciale ou usinés.

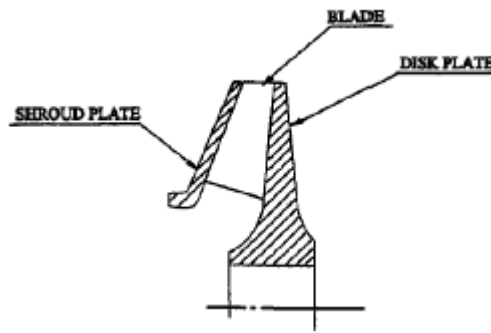


Figure 2.7 : Impulseur électro-érodé

Le ballon d'équilibrage est en acier forgé et fretté sur l'arbre. Le rotor du compresseur reçoit la poussée axiale vers la buse d'aspiration, due à la différence de pression du gaz comprimé entre son entrée et sa sortie de chaque impulseur. Donc, le ballon d'équilibrage est installé pour réduire cette poussée axiale. Mais la poussée axiale n'est pas complètement éliminée. La poussée résiduelle est supportée par le palier de butée.

Les diaphragmes forment le parcours de l'écoulement dynamique du gaz comprimé dans les parties immobiles du compresseur.

Ils sont divisés en trois types : Aspiration, Intermédiaire et Refoulement. Le diaphragme d'aspiration guide le gaz dans l'œil du premier impulseur. L'intermédiaire effectue deux tâches, celle de former les passages de diffusion dans lesquels la vitesse du gaz se transforme en pression et celle de former les passages de retour du gaz à l'œil de l'impulseur suivant. Le diaphragme de refoulement sert de diffuser à l'étage successif de l'impulseur ainsi que le refoulement voulu.

Tous les diaphragmes à l'exception des diaphragmes de refoulement (parties internes et externes) sont divisés horizontalement pour régler le rotor facilement. Pendant l'assemblage du compresseur, après que le diaphragme refoulement ait été inséré dans le carter intermédiaire, l'ensemble du rotor avec les diaphragmes intermédiaires est inséré axialement dans le carter intermédiaire.

Les joints labyrinthes sont utilisés pour minimiser les fuites entre chaque étage, et entre la chambre interne et la chambre externe du ballon d'équilibrage. Ils sont en alliage d'aluminium moins dur que l'équipement rotatif pour éviter l'endommagement de l'arbre en cas de contact accidentel.

L'accouplement est utilisé pour transmettre la torsion du moteur à l'équipement de charge. Les accouplements sont habituellement de type à disque flexible ou de type à diaphragme.

Le désalignement axial s'adapte grâce à la flexion de l'élément. Cette flexion permet le désalignement angulaire et parallèle ainsi que le mouvement axial de l'équipement accouplé.

Les parties contenues entre le carter et la base doivent être traités contre la rouille pour permettre au carter de glisser librement sans influence thermique qui produit une force excessive pour le carter.

Si le carter du compresseur doit être retiré de la base, l'attache entre le porte-carter et le carter doit être comme représenté dans la figure suivante :

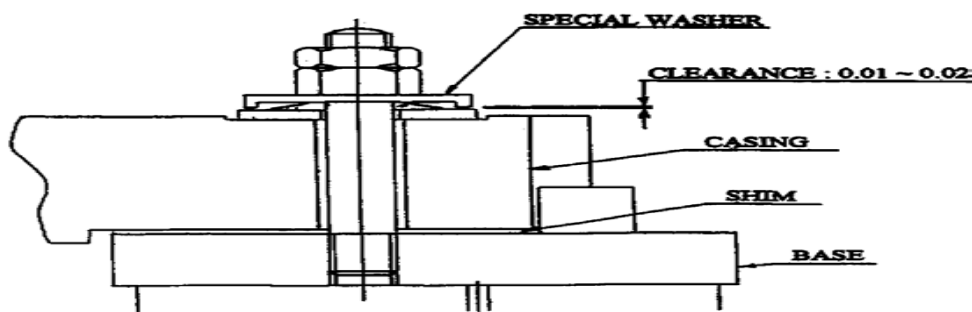


Figure 2.8 : Attache entre la porte carter et le carter

Les paliers des tourillons sont de type à patins oscillants (Michell). Le palier à patins oscillants se compose de cinq patins équidistants autour de la circonférence du tourillon. Les parois des patins sont concentriques avec le tourillon.

Les patins du palier "A" sont en acier, intérieurement revêtu de métal blanc. Ils sont intégrés aux blocs "B", eux aussi en acier. Ces blocs peuvent basculer de manière indépendante autour d'un axe parallèle au tourillon. La rotation de chaque patin est empêchée par une vis "D" dans le boîtier, donc ce type de palier est beaucoup plus efficace pour amortir les vibrations du tourbillon.

L'huile est alimentée à travers un espace annulaire externe sur le boîtier "C" et les évacuations à travers les parois de dégagement relativement proche sur chaque extrémité du boîtier.

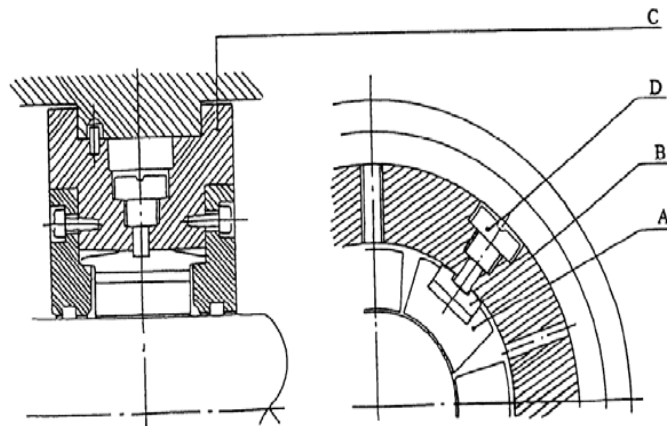


Figure 2.9 : Palier

Le palier de butée a plusieurs patins sur chaque côté du collier et il est par conséquent capable de transmettre toute la poussée axiale dans les deux directions.

Le joint d'étanchéité au gaz sec est installé entre le carter du compresseur et le support du palier pour éviter les fuites de gaz. Le système peut fonctionner sous différentes conditions et il a l'instrumentation nécessaire pour protéger le compresseur à tout moment.

2.5 Philosophie de contrôle des trains de compresseur end flash 15MJ01A/B

2.5.1 Démarrage du compresseur

Lors du démarrage du compresseur les vannes d'isolation seront fermées afin d'éviter de perturber la stabilité du process. En revanche les vannes anti pompage seront complètement ouvertes pour éviter le pompage lors du démarrage.

2.5.2 Contrôleur de performance (pression)

Les contrôleurs 15UIC0115-15HIC0115 permettent de contrôler les performances du compresseur en ajustant sa vitesse afin de maintenir la pression d'aspiration 15-PT0034 constante.

Quand la pression de refoulement descend en dessous d'une valeur de consigne la vitesse du compresseur augmente automatiquement.

La liste des I/O de ce contrôleur est illustrée en **annexe A1**.

2.5.3 Contrôle Anti pompage

1/ La vanne d'anti pompage sera régulée par les contrôleurs 15UIC0025/0036/0040 pour (15MJ01A), et 15UIC0046/0059/0061 pour (15MJ01B). Elle peut aussi être manipulée en mode manuel par les HIC correspondants en envoyant un signal 4-20ma, le régulateur anti pompage compare ce signal avec sa propre sortie et envoie le signal correspondant à cet écart. Cependant la VAP est protégée contre une fermeture manuelle accidentelle quand le compresseur est dans la zone de pompage.

2/ Quand le point de fonctionnement dépasse la ligne de protection contre le pompage la VAP s'ouvre pour le maintenir sur cette ligne de contrôle. Cette ligne est tracée à 10% du débit de pompage.

3/ Quand la VAP s'ouvre le compresseur a pour priorité de contrôler le pompage afin de se maintenir en marche sans tenir compte de la demande du process.

4/ Quand le débit d'aspiration se rétablit la VAP répond en se fermant pour garder le point de fonctionnement sur la ligne de contrôle afin de répondre aux exigences du process (refoulement), et dès que le point de fonctionnement revient dans la zone optimale la VAP se ferme complètement. Désormais le compresseur répond à la demande du process en changeant sa vitesse.

5/ La VAP est une vanne très rapide qui doit effectuer la totalité de sa course en 2s.

La liste des I/O des contrôleurs anti pompage est illustrée en **annexe A2**.

2.5.4 Contrôleur de partage de la charge (load sharing Controller)

1/ Les 2 compresseurs End flash fonctionnent en parallèle, le partage de la charge entre elles est régulé par les contrôleurs 15UIC0028 /UIC0050.

2/ La charge entre les 2 compresseurs est ajustée en changeant la vitesse de fonctionnement de chaque moteur.

La liste des I/O est illustrée en **annexe A2**.

2.5.5 Arrêt du compresseur

Dans le cas d'un arrêt normal, la vitesse du compresseur est diminuée à l'aide d'une rampe jusqu'à la vitesse minimale. La VAP sera ouverte. Le VSDS arrête le moteur 30s après avoir reçu le signal depuis l'ESD. Les vannes d'isolation seront fermées après l'arrêt du compresseur.

2.5.6 Arrêt d'urgence

Dans le cas d'un arrêt d'urgence, la VAP s'ouvre complètement à l'aide de la vanne solénoïde, le moteur et le VSDS seront arrêtés par le signal de trip. Les vannes d'isolation seront fermées à l'arrêt du compresseur.

2.6 Protection du compresseur

Permissives de démarrage

- Température et niveau du réservoir de l'huile de lubrification (OK)
- VSDS prêt à démarrer
- Aucune condition de trip.
- Vanne d'anti pompage ouverte.
- Vannes d'isolation aspiration/refoulement ouvertes.
- Pression différentielle entre le gaz d'étanchéité et la pression interne du compresseur(OK)
- Vanne de drainage fermée.
- By-pass gaz chaud fermée.
- Vannes gaz d'étanchéité ouvertes.
- Moteur purgé.

2.7 Purge du moteur

Le moteur est certifié Exp donc la purge à l'air instrument de la boîte terminale du moteur est requise , afin d'éviter la pénétration de gaz dans l'enceinte de ce dernier.

2.8 Séquences de démarrage et arrêt

Les séquences de démarrage, arrêt normal et arrêt d'urgence sont présentées dans les figures ci-dessous.

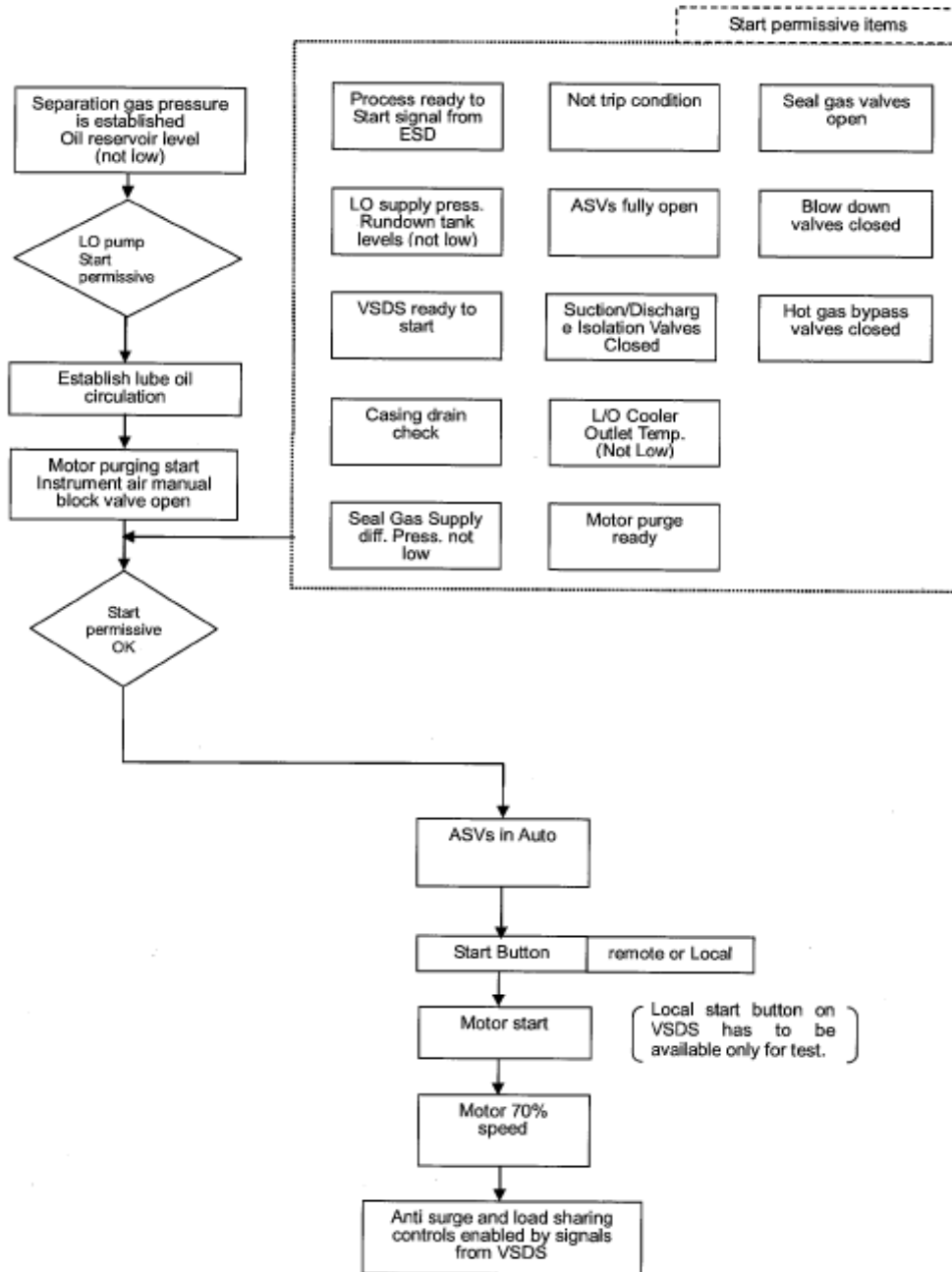


Figure 2.10 : Séquence de démarrage

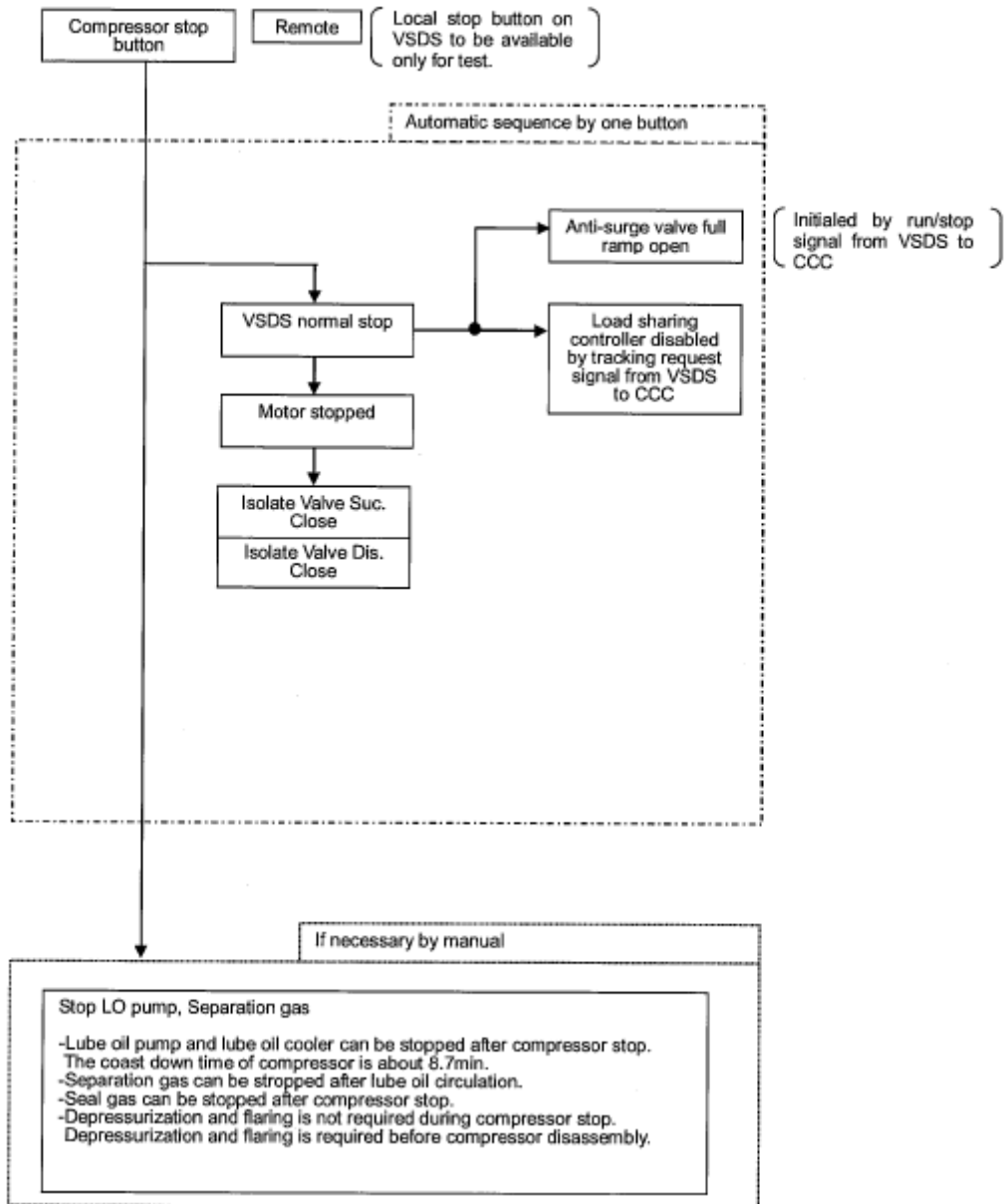


Figure 2.11 : Arrêt normal

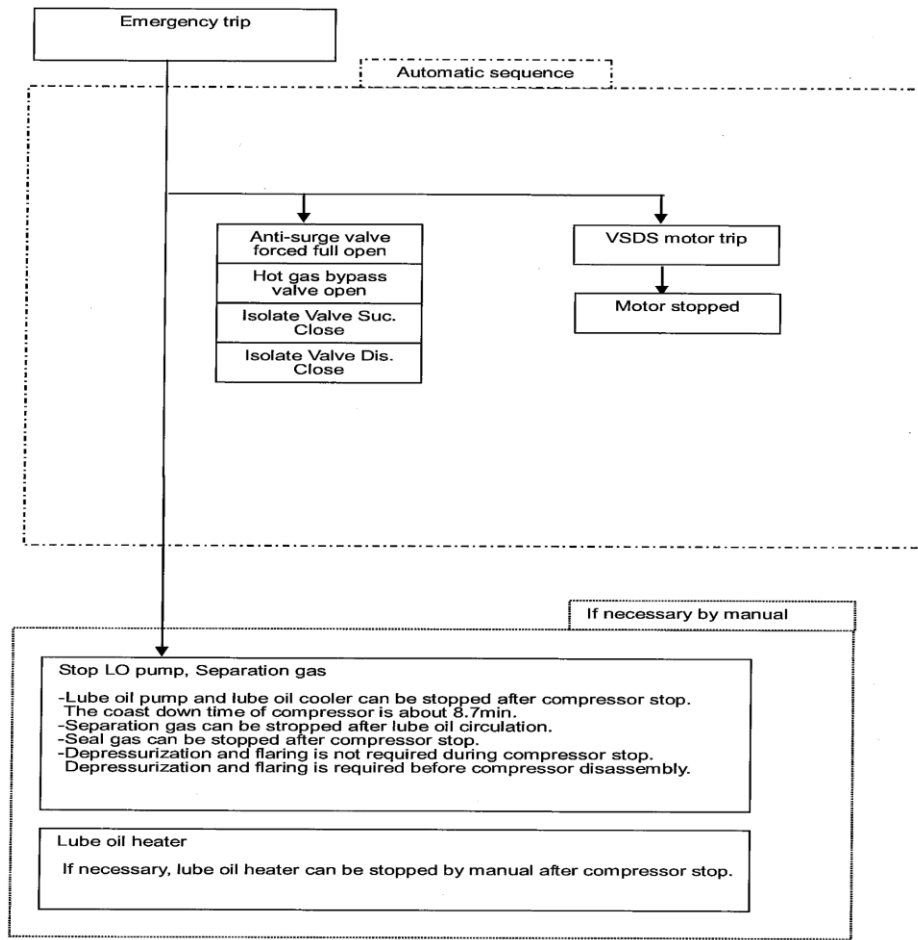


Figure 2.3 : Arrêt d'urgence

2.9 Conclusion

Ce chapitre concerne tous les circuits impliquant le procédé de liquéfaction du gaz naturel ainsi que les applications des systèmes de contrôle afin de mieux cerner la problématique objet de notre mémoire .

Chapitre 3 : Systèmes Numériques Intervenant Dans le Contrôle des Compresseurs Fuel Gas

3.1 Introduction :

Ce chapitre décrit brièvement les différents systèmes de Contrôle et de sécurité des Compresseurs Fuel Gas, avec notamment le DCS de Honeywell pour le contrôle de procédé, le CCC pour le contrôle anti pompage, le partage de charge et le contrôle de performance, Le système ESD Safety Manager qui est un système d'arrêt d'urgence conçu pour protéger le personnel, le matériel et l'environnement et enfin le Bently Nevada3500 Système de surveillance des paramètres des machines tournantes notamment vibrations et températures.

3.2 Système de Control distribué Experion PKS

Le DCS EPKS (Experion Process Knowledge System) de Honeywell est un système de supervision, de commande et de régulation de procédés utilisé au niveau du complexe GL3Z. Lancé en 2003 ce dernier est un Système robuste, disposant du meilleur des nouvelles technologies et permet d'améliorer l'opérabilité et la contrôlabilité de l'usine par le traitement en temps réel des données à travers une architecture distribuée tel qu'illustré dans la figure suivante. [4]

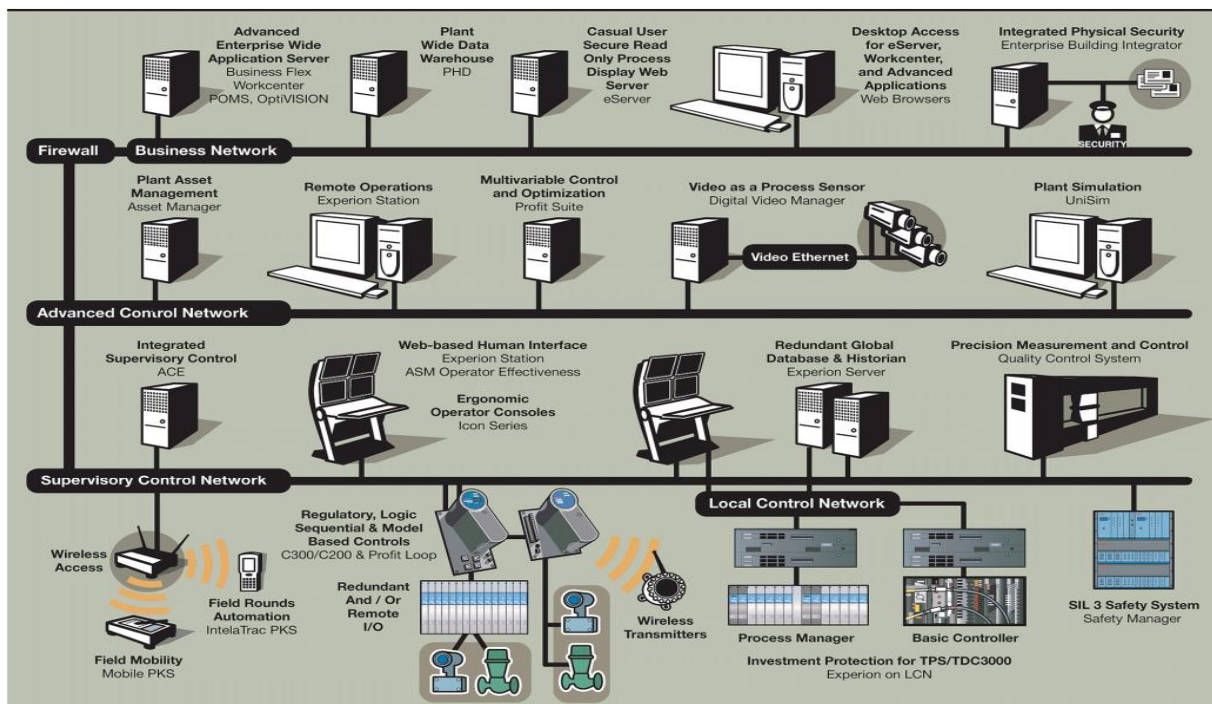


Figure 3.1 : Architecture du système EPKS

L'architecture du système Experion PKS repose sur un réseau informatique modulaire incluant des systèmes d'exploitation, réseaux et protocoles standard et ségrégué en :

- Un réseau de control et supervision (Niveau 2, L2), permettant la communication entre les nœuds liés au contrôle et supervision de procédé,
- Un réseau Advanced control network (niveau 3, L3) permettant l'échange d'information entre des nœuds non liés directement au contrôle et le réseau de supervision situé au niveau 2,
- Un réseau d'Enterprise (niveau 4 , L4) ou des utilisateurs peuvent accéder à des données provenant du réseau de niveau 3 à travers un pare-feu , tel que des données d'historisation , ou à des serveurs WEB etc

3.2.1 Fonctions de base d'un système DCS

1. Adaptation des signaux échangés avec le procédé

- Les signaux industriels du procédé appartiennent généralement à deux Catégories : Analogique (0~10v, 4~20mA)
- Logique ou " tout ou rien " (contact physique, présence de tension ou pas, Impulsions électriques, ...).
- Il est donc indispensable de convertir les signaux échangés avec le procédé :
 - Acquisition et conversion des signaux industriels en nombres (Conversion A/D).
 - Commande et conversion des nombres en signaux industriels (Conversion D/A)

2. Traitement en temps réel des données échangées avec le procédé

- Fonctions régulation et de calcul
- Fonctions séquentielles (séquences de mises en route ou d'arrêt, procédé discontinu,..).
- Production des alarmes.

3. Traitement en temps différé des données échangées avec le procédé

- Enregistrement et manipulation des données historiques.
- Restitution des données historiques enregistrées (courbes, rapports,)
- Optimisation
- Bilan.

4. Communications avec les utilisateurs et systèmes Tiers

- **Station de Conduite(Console) :** interface opérateur graphique (accès limité aux ressources Autorisées par l'administrateur du DCS)

- **Contrôleurs et serveurs Tiers :** Avec Des automates ou des serveurs dédiés d'autres systèmes à l'aide de protocoles industriels standards tel que Modbus TCP/IP , OPC , et MODBUS RTU(série).

3.2.2 Composants Principaux de l'EPKS

Le serveur EPKS

Le serveur Experion PKS offre des outils de configuration intégrés qui permettent de configurer les stratégies de contrôle et les différentes communications.



Figure 3.2 : Serveur EPKS

L'application Experion PKS fonctionne sur un serveur qui collecte et traite les données, administre les activités du système et réalise les tâches automatisées.

La Station EPKS

La station Experion est une interface puissante de l'opérateur reposant sur la technologie HTML sous logiciel propriétaire de Honeywell HMIWEB.

il existe plusieurs types de stations :

- Experion station-Flex (ES-F).
- Experion station-console (ES-C)
- Experion station- console Extention (ES-CE)



Figure 3.3 : Console Station EPKS

Le réseau de communication Ethernet Fault Tolerant (FTE)

Le réseau FTE connecte des groupes de nœuds tels que des serveurs et des stations, généralement associés à la même unité de processus. Il fournit plusieurs chemins de communication entre ces nœuds afin que le réseau puisse tolérer tous les défauts uniques et de nombreux défauts multiples.

Le FTE garantit une détection et une récupération rapides en cas de panne de communication avec un temps de commutation inférieure à une seconde. C'est parce qu'il utilise un seul réseau et ne nécessite pas un serveur ou une station pour rétablir la connexion réseau. De plus, les nœuds du réseau de contrôle FTE vérifient continuellement l'état de chaque voie de communication pour assurer une haute disponibilité.

Il permet aux nœuds Ethernet normaux de se connecter au réseau de contrôle FTE et de bénéficier d'un environnement de communication très fiable. Les utilisateurs peuvent tirer parti de cette technologie trouvée dans les réseaux informatiques afin de réduire les coûts de l'infrastructure du réseau de contrôle FTE, les connexions aux réseaux informatiques, ainsi que la maintenance.[7]

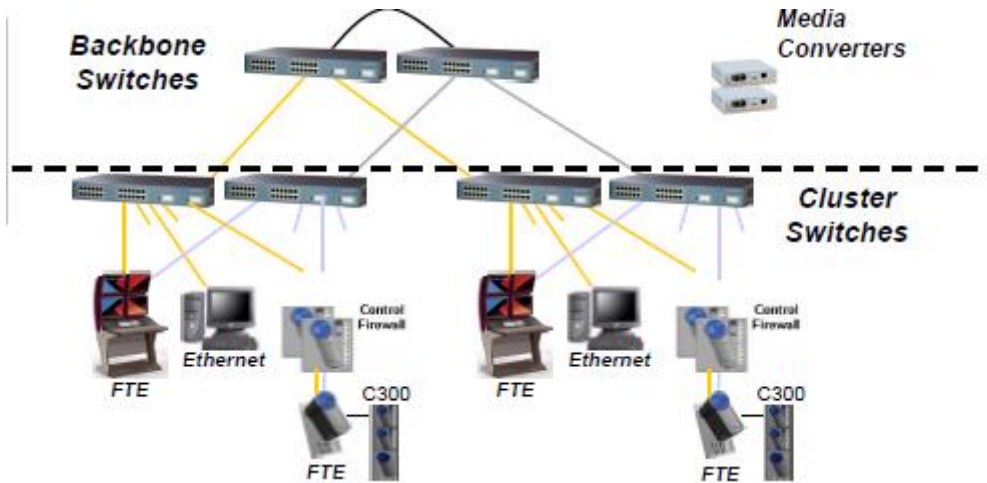


Figure 3.4 : Réseau de communication FTE

Le contrôleur C300 [6]

Le contrôleur C300 est deuxième génération de la famille C, il partage son désigne avec le module entrée/sortie (I/O) de la même famille.

Le contrôleur C300 support jusqu'à 64 unités I/O et 02 IOLINK pour connecté les modules.



Figure 3.5 : Contrôleur C300

La conception verticale du contrôleur lui permet une grande dissipation de la chaleur. Il est incliné d'un angle de 18 degrés, l'air froid entre du côté bas et l'air chaud sort du côté haut et cela pour tous les contrôleurs de la même colonne. Il est alimenté en 24 VDC et peut supporter jusqu'à 60 degrés Celsius.

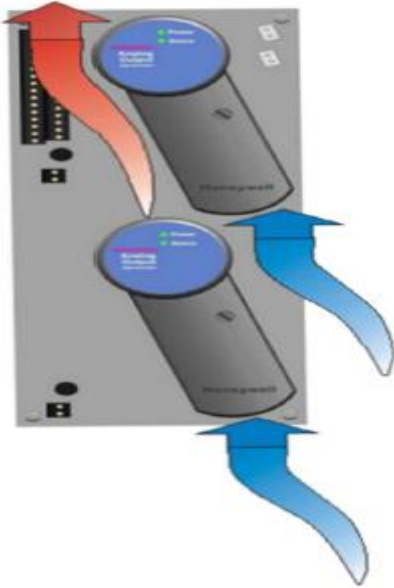


Figure 3.6 : Refroidissement du C300

Le contrôleur est monté sur une plaque métallique nommée IOTA (Input output termination assembly), doté de ports de communications.

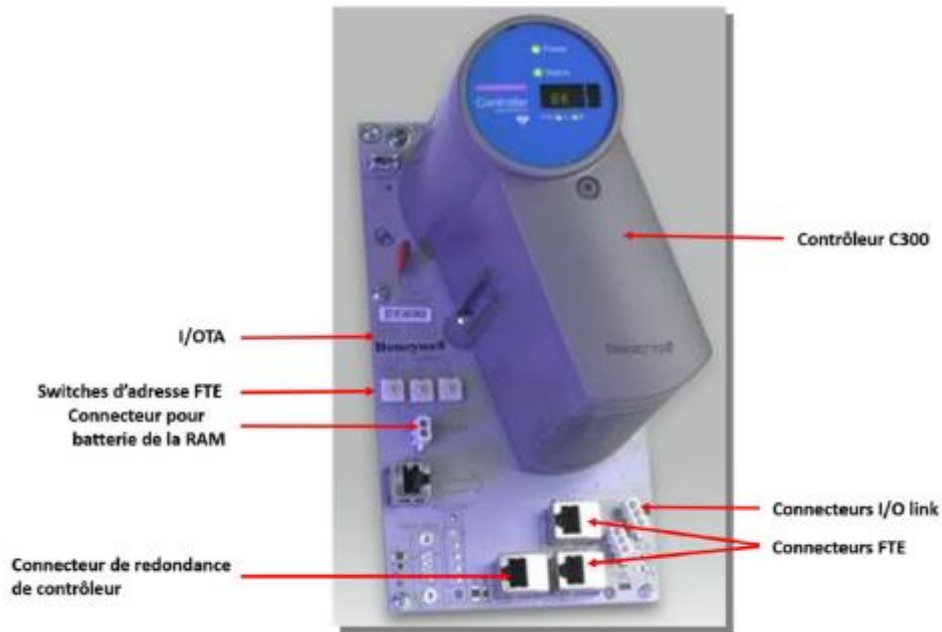


Figure 3.7 : IOTA et connecteurs

Le module d'alimentation est fixé dans le cabinet sur le côté gauche, il comprend une alimentation 24VDC redondante et une batterie qui assure l'alimentation de toute la cabinet pour 30 minute en cas de coupure d'électricité.

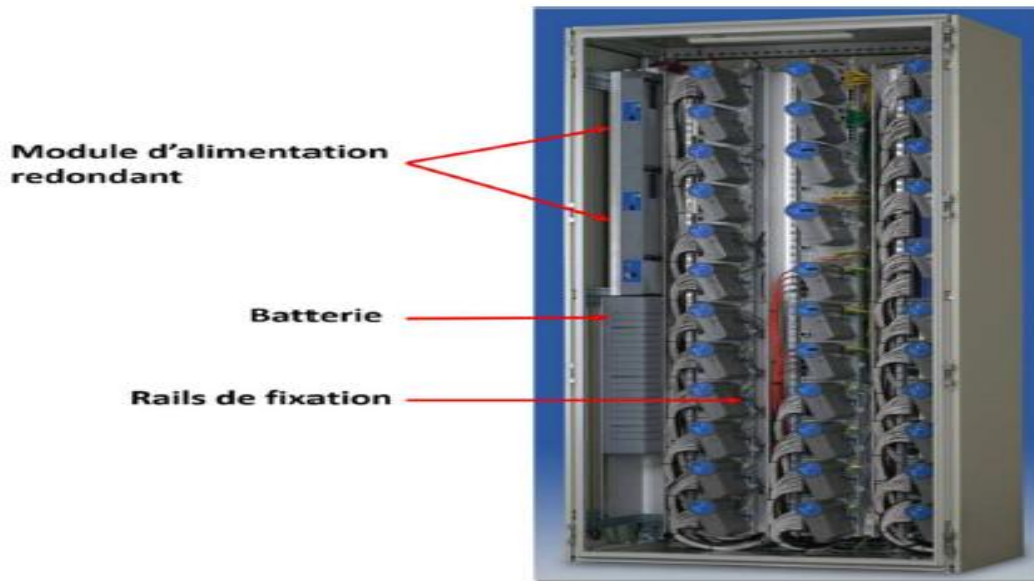


Figure 3.8 : Armoire Système

Le CF9

Le CF (control firewall) est un module de protection du contrôleur, il est l'intermédiaire entre le niveau du contrôleur et le niveau haut (switchs, serveur,...) du réseau. Le rôle du CF est d'empêcher tout flux de données non nécessaire pour le contrôleur venant du réseau de niveau haut pour interdire l'occupation du processeur.

Un Maximum huit (08) contrôleurs peuvent être connectés à un CF.



Figure 3.9 : Control firewall CF9

Les modules entrées/sorties

La famille C comprend plusieurs types de modules entrées/sortie (I/OM) :

Module d'entrées analogique

Le module d'entrées analogiques (Analog Input Module AIM) permet l'acquisition des signaux analogiques provenant des transmetteurs HART ou NON-HART, il supporte 16 signaux (16 channels).



Figure 3.10 : Module d'entrées analogiques

Il y a un autre module d'entrée spécial pour les thermocouples T/C et les RTD nommé module d'entrée bas niveau (Low Level Input Module LLIM) et support 64 channels.

Module de sorties analogique

Le module de sorties analogique (Analog Output Module AOM) permet de générer des signaux analogiques vers des vannes ou autre dispositifs HART ou NON-HART, il supporte 16 signaux (16 channels).



Figure 3.11 : Module de sorties analogiques

Module d'entrées digitales

Le module d'entrées digitales (Digital input Module DIM) permet l'acquisition des signaux digitaux, il supporte 32 signaux (32 channels).



Figure 3.12 : Module d'entrées digitales

Module de sortie digitales

Le module de sortie digitale (Digital output Module DOM) permet générer des signaux digitales, il supporte 32 signaux (32 channels).



Figure 3.13 : Module de sorties digitales

3.3 Système de contrôle CCC séries 5 Vanguard

Le système de contrôle CCC séries 5 vanguard est utilisé pour les compresseurs end flash gas 15MJ01A/B, qui sont des compresseurs centrifuges multi étages HITACHI entraînés par un moteur électrique à vitesse variable ANSALDO (CR1000 Y4, 13000KW).

3.3.1 Description physique du système de contrôle

Le Vanguard fournira les contrôle anti pompage, partage de charge et contrôle de performance, la partie hardware sera interfacée avec un PC à travers une liaison Ethernet et avec le DCS via les ports 1 et 2. Sur le PC on trouvera la partie software l'application TRAINVIEW. Les contrôleurs seront abrités dans 3 cabinets pré câblés (TRAIN A, TRAIN B, MASTER).

Hardware (Ensemble d'équipement matériel : mécanique, électrique etc, qui entrent dans la constitution d'un ordinateur ou des machines de traitement de l'information en général)

La partie physique du Vanguard pour les trains de compression end flash gas contient :

- Trois châssis, MPU (duplex) avec des deux alimentations redondantes.
- Cinq cartes I/O FTA discrètes avec isolateurs.
- Sept cartes I/O FTA analogiques avec isolateurs.
- Dix huit alimentations – PSMU-24-5A répartie en 3 chassis.
- Six filtres AC.
- Trois Switch Ethernet à 8 ports.
- Douze cartes FTA de communication.
- Six convertisseurs série / Ethernet.

Software

La partie logicielle du vanguard fournie pour le projet contient :

- Application de contrôle anti pompage
- Application de contrôle load sharing.
- Application de contrôle de performance.

- Une station interface operateur TRAINVIEW.
- Une station TRAINVIEW avec licence logicielle.
- Configuration logicielle du vanguard séries 5.

3.3.2 Disposition du système de contrôle

Chaque carte processeur (IOC-555-D) supporte deux cartes FTA analogiques et discrètes. Les appareils de protection contre la surtension et barrières sont utilisées pour les signaux analogiques d'entrée. Chaque châssis comprend une paire de cartes IOC-555-D I/O. Une carte IO est connectée à deux cartes FTA analogiques et une FTA discrète.

Chaque FTA supporte les I/O suivants:

- Carte FTA analogique
- 12 entrées analogiques AI isolées.
- 3 sorties analogiques AO isolées.



Figure 3.14 : Carte FTA analogique

Carte FTA discrète

- 8 entrées digitales DI avec isolation optique.
- 7 sorties digitales DO avec relais optiquement isolés.
- 3 entrées de fréquence FI isolés optiquement.



Figure 3.15 : Carte FTA Digitale

Entrées analogiques et discrètes : le niveau du signal pour les entrées analogiques est le 4-20ma. Le niveau de signal pour les entrées digitales est 24VDC. Le conditionnement de ces signaux se fait au niveau des cartes FTA et sont alimentés par des alimentations redondantes 24VDC, 125 watt PS1 et PS2. La partie située au niveau du site des entrées est alimentée par PS3 et PS4.

Sorties analogiques : Le conditionnement et l'alimentation des sorties analogiques se fait au niveau des cartes FTA, qui offre aussi l'isolation des entrées coté cabinet et coté site de la carte FTA.

Sorties digitales : le conditionnement des sorties digitales se fait au niveau des cartes FTA.

La configuration des différents racks est décrite dans les tableaux ci-dessous :

Application Function Module	Card Type and Location	Application Software Package	Application Software Package Location	Application Tag Number	Application Output Control Element
MPU (A)	MCP1002 Slot 1	MPU System	–	–	–
		Antisurge Control	AS6_1	15-UIC-0025	15-UV-0025
		Antisurge Control	AS6_2	15-UIC-0036	15-UV-0036
		Antisurge Control	AS6_3	15-UIC-0040	15-UV-0040
		Performance Load Sharing Control	PF6_4	15-UIC-0028	15-SXS-0001A
Not Used	Slot 2	–	–	–	–
IOC Group 1 (Duplex)	IOC-555 Slot 3/4	IOC System	–	–	–
IOC Group 2 (Duplex)	Slot 5/6	–	–	–	–
IOC Group 3 (Duplex)	Slot 7/8	–	–	–	–
Not Used	Slot 9	–	–	–	–
MPU (B)	MCP1002 Slot 10	MPU System	–	–	–
Applications same as above					

Tableau 3.1: Architecture Rack 1 (TRAIN A 15MJ01A).

Application Function Module	Card Type and Location	Application Software Package	Application Software Package Location	Application Tag Number	Application Output Control Element
MPU (A)	MCP1002 Slot 1	MPU System	–	–	–
		Antisurge Control	AS6_5	15-UIC-0046	15-UV-0046
		Antisurge Control	AS6_6	15-UIC-0059	15-UV-0059
		Antisurge Control	AS6_7	15-UIC-0061	15-UV-0061
		Performance Load Sharing Control	PF6_8	15-UIC-0050	15-SXS-0001B
Not Used	Slot 2	–	–	–	–
IOC Group 1 (Duplex)	IOC-555 Slot 3/4	IOC System	–	–	–
IOC Group 2 (Duplex)	Slot 5/6	–	–	–	–
IOC Group 3 (Duplex)	Slot 7/8	–	–	–	–
Not Used	Slot 9	–	–	–	–
MPU (B)	MCP1002 Slot 10	MPU System	–	–	–
Applications same as above					

Tableau 3.2: Architecture Rack 2 (TRAIN B 15MJ01B)

Application Function Module	Card Type and Location	Application Software Package	Application Software Package Location	Application Tag Number	Application Output Control Element
MPU (A)	MCP1002 Slot 1	MPU System	–	–	–
		Performance Master Control	PF6_9	15-UIC-0115	–
Not Used	Slot 2	–	–	–	–
IOC Group 1 (Duplex)	IOC-555 Slot 3/4	IOC System	–	–	–
IOC Group 2 (Duplex)	Slot 5/6	–	–	–	–
IOC Group 3 (Duplex)	Slot 7/8	–	–	–	–
Not Used	Slot 9	–	–	–	–
MPU (B)	MCP1002 Slot 10	MPU System	–	–	–
		Applications same as above			

Tableau 3.3: Architecture Rack 3 (Master)



Figure 3.16 : Rack CCC compresseur end flash

3.3.3 Objectifs du système de contrôle

Objectifs primaires du contrôle

Ci-dessous une description des objectifs primaires du système de contrôle CCC

- Détection et contrôle anti pompage pour les compresseurs.
- Contrôle de la pression d'aspiration.

Le contrôleur de performance 15-UIC-0115 contrôle la pression d'aspiration (15-PT-0034) à travers le contrôleur load sharing, en effet la réponse du PID est envoyée au contrôleur load sharing (15-UIC-0028/0050) qui ajuste sa sortie en fonction de cette réponse.

Quand la pression d'aspiration est trop haute, le contrôleur de performance indique au contrôleur load sharing d'augmenter la vitesse du moteur ce qui aura pour effet de diminuer la pression. Chaque contrôleur load sharing ajustera son gain en fonction, ceci augmentera la vitesse du moteur sans influencer directement le taux de recyclage. Quand la pression d'aspiration est trop basse, le contrôleur de performance indique au contrôleur load sharing que la vitesse du moteur doit diminuer ce qui aura pour effet d'augmenter la pression d'aspiration sans influencer le taux de recyclage.

En général l'objectif est de maintenir la pression d'aspiration en manipulant les éléments de contrôle les plus appropriés (vitesse du moteur ou VAP). Ceci minimise le recyclage sans pour autant compromettre l'anti pompage.

Le contrôleur anti pompage offre une protection en positionnant le point de fonctionnement

Par rapport à la ligne de protection SLL (surge limit line). Il calcule aussi d'autres lignes de contrôle comme la ligne SOL (safety on line), RTL (recycle trip line), et SCL (surge control line), pour déterminer son temps de réponse. L'action exécutée dépend de la localisation du point de fonctionnement par rapport à ces lignes.

- S_s est la distance du point de fonctionnement par rapport à la ligne SLL ; $S_s=1$ le point est sur la ligne SLL.

$S = S_s + b$; ou b est la marge de sécurité

- S est la distance du point de fonctionnement par rapport à la ligne SCL ; $S=1$ le point est sur la ligne SCL.

Déviaton = 1-S

Objectifs secondaires du contrôle

Ci-dessous une description des objectifs secondaires du système de contrôle CCC.

- Equilibre de la charge entre les différents compresseurs en marche.
- Contrôle de la pression d'aspiration à l'aide du POC (Pressure Override Contrôle)

- Contrôle de la pression limite de refoulement
- Limitation de courant maximal du moteur
- Contrôle de la température haute du refoulement LP.

Partage de charge (load balancing)

Les boucles de régulation des contrôleurs load sharing offrent des algorithmes de partage de charge sur tous les compresseurs opérant en parallèle pour équilibrer les charges de la manière la plus optimale. Chaque contrôleur (15-UIC-0028 /0050) surveille la Déviation moyenne des modules anti pompage correspondants, cette valeur est la PV contrôlée par le contrôleur load sharing $PV=DEV$. Chaque contrôleur envoie la DEV moyenne au contrôleur de performance 15-UIC-0115, Ce dernier calcule une déviation moyenne en prenant compte ses propres paramètres puis la renvoie aux contrôleurs load sharing sous forme de point de consigne SP, à ce moment là chaque contrôleur générera une réponse pour moduler la vitesse du moteur de façon à ce que chaque compresseur opère à une même distance par rapport au pompage (équilibrer les deux DEV moyennes).

Il faut noter que la fonction partage de charge ne fonctionne que lorsque les deux compresseurs fonctionnent loin de la zone de pompage c à d en fonctionnement normal pas de recyclage nécessaire, si tel est le cas chaque compresseur opère sur sa propre ligne SCL et la $DEV=0$ dans ce cas là.

Limitation de la pression de refoulement

- **Sur le contrôleur de performance**

Sur le master Controller 15-UIC-0115 est configurée une valeur limite haute de pression de refoulement 15-PT-0050, lorsque celle dépasse une certaine valeur le contrôleur envoie une réponse aux contrôleurs 15-UIC-0028/0050 pour freiner la vitesse du moteur afin de diminuer la pression de décharge.

- **Sur le contrôleur anti pompage**

Sur les contrôleurs anti pompage 15-UIC-0040/0061 est configurée une valeur limite haute de pression de décharge (15-PT-0074/0097), lorsque celle-ci dépasse une certaine valeur le contrôleur anti pompage ouvre ses VAP afin de diminuer la pression de décharge. La limite configurée dans les contrôleurs anti pompage est légèrement supérieure à celle du master Controller.

POC (performance override control)

Le 15-UIC-0115 à un POC (performance override control) configuré pour empêcher une pression d'aspiration trop basse. Si diminuer la vitesse du moteur ne suffit pas à faire augmenter la pression au dessus d'une valeur configurée, le POC peut être configuré pour initier d'autres actions. Le POC demande au régulateurs anti pompage (15-UIC-0025/0046) d'ouvrir la les VAP 1^{er} étage afin d'augmenter la pression d'aspiration.

Contrôle du courant moteur

Sur Les contrôleurs load sharing (15-UIC-0028/0050) est configurée une limite (15-XS-0001A/B) afin d'empêcher le courant du moteur d'atteindre une très haute valeur. Les régulateurs 15-UIC0028/0050 demanderont au moteur de décélérer pour diminuer le courant absorbé.

Contrôle de la Température limite haute de refoulement LP

Sur les contrôleurs load sharing (15-UIC-0028/0050) est configurée une limite supérieure de la température de décharge (15-TT-0041/0062). Quand la température de refoulement dépasse une certaine limite les contrôleurs load sharing diminuent la vitesse du moteur de façon à diminuer la pression de refoulement et par conséquent la température aussi.

Fonctionnalités du système de contrôle anti pompage

La boucle de régulation anti pompage manipule une VAP, celle-ci tend à s'ouvrir quand la DEVIation du point de fonctionnement est négative, et se ferme lorsque cette même déviation est positive .L'algorithme de contrôle anti pompage calcule la déviation du point de fonctionnement en se servant de la SCL comme référence 0.0. La SLL représente la ligne de pompage du compresseur.

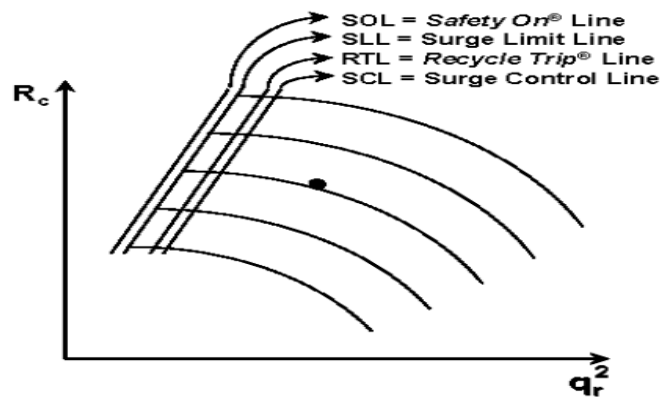


Figure 3.17: Lignes de contrôle anti pompage

Les trois éléments primaires de la boucle anti pompage sont:

- Un régulateur PI qui augmente le taux de recyclage à chaque fois que le point de fonctionnement se déplace à gauche de la SCL en ouvrant la VAP.
- Une réponse en boucle ouverte qui découpe l'ouverture de VAP en utilisant un escalier quand le point de fonctionnement se déplace à gauche de RTL ceci a pour effet d'améliorer la rapidité de l'action PI.
- Quand le point de fonctionnement se déplace à gauche de la SOL ceci a pour effet de déplacer la SCL à droite.

Il existe d'autres fonctionnalités comme :

- Réaction pendant l'arrêt d'urgence.
- Réaction pendant un arrêt normal.
- Possibilité de manipuler en mode STOP.
- Transition automatique en mode AUTO pour la protection du compresseur.

Chaque VAP peut être ouvert manuellement depuis le DCS à travers une commande manuelle, le contrôleur anti pompage compare son propre signal avec celui de la commande manuelle et sélectionne le signal dont a besoin la vanne pour plus d'ouverture.

3.3.4 Paramètres des différentes boucles de régulation

Anti pompage

Loop Type	Process Variable(s)	Setpoint	Control Output
Antisurge (primary)	$DEV = f(h_{p, reduced}^*, \Delta P_{o,d}, P_s, P_d, T_s, T_d)$	surge control line	antisurge valve 15-UV-0025/0046 (analog)

* $h_{p, reduced} = f(P_s, P_d, T_s, T_d)$

Tableau 3.4: Boucle de régulation 15-UIC-0025/0046

Loop Type	Process Variable(s)	Setpoint	Control Output
Antisurge (primary)	$DEV = f(h_{p, \text{reduced}}^*, \Delta P_{o,s}, P_s, P_d, T_s, T_d)$	surge control line	antisurge valve 15-UV-0036/0059 (analog)

* $h_{p, \text{reduced}} = f(P_s, P_d, T_s, T_d)$

Tableau 3.5: Boucle de régulation 15-UIC-0036/0059

Loop Type	Process Variable(s)	Setpoint	Control Output
Antisurge (primary)	$DEV = f(h_{p, \text{reduced}}^*, \Delta P_{o,s}, P_s, P_d, T_s, T_d)$	surge control line	antisurge valve 15-UV-0040/0061 (analog)
High Limiting	discharge pressure (P_d) (15-PT-0074/0097)	set via modbus	

* $h_{p, \text{reduced}} = f(P_s, P_d, T_s, T_d)$

Tableau 3.6: Boucle de régulation 15-UIC-0040/0061

Contrôleur de performance

Loop Type	Process Variable(s)	Setpoint	Control Output
Pressure (primary)	suction header pressure (15-PT-0034)	Setpoint 15-HIC-0119 remote serial	each on-line, participating load-sharing controller (CCC serial)
High Limiting	discharge header pressure (15-PT-0050)	Setpoint via remote serial	
Pressure Override Control (POC)	suction header pressure (low limit)	set locally at the controller and is relative to the primary setpoint	all configured antisurge controller(s) (CCC serial)

Tableau 3.7: Boucle de régulation 15-UIC-0115 (Master Controller)

Parameter	Setting	Units
Suction Header Pressure Setpoint	0.15*	barg
Setpoint high clamp	tbd*	[barg]
Setpoint low clamp	tbd*	[barg]
Discharge pressure high limit	tbd*	[barg]
Process override control (relative to primary SP)	tbd*	[bar]

Tableau 3.8: Boucle de régulation 15-UIC-0115

Loop Type	Process Variable(s)	Setpoint	Control Output
Load Sharing (primary)	load-balancing variable received from companion antisurge controller(s)	remote (CCC) serial from master controller	Variable Speed Drive (VSD) 15-SXS-0001A/B
Pressure (Fallback)	Suction pressure 15-PT-0054/0078	Set locally at controller	
High Limit	Motor Current 15-XS-0001A/B	Set locally at controller	
High Limit	LP Discharge Temperature 15-TT-0041/0062	Set locally at controller	

Tableau 3.9:Boucle de régulation 15-UIC-0028/0050

Parameter	Setting	Units
Suction pressure low limit	tbd*	[barg]
Motor Current high limit	tbd*	[%]
LP Discharge Temperature high limit	190*	[degC]

Tableau 3.10:Boucle de régulation 15-UIC-0028/0050

Le P&ID des compresseurs avec les différents régulateurs est en annexe B2

Charge et décharge automatique (démarrage et arrêt)

Il est généralement plus sûr et plus souple automatiser le contrôle d'un compresseur avec des algorithmes de contrôle et des séquences plutôt qu'un contrôle manuel. Avec un contrôle manuel il y a une possibilité de fausse manœuvre qui peut entraîner un pompage préjudiciable au compresseur.

Démarrage du compresseur

Avant le démarrage, toutes les permissives de l'ESD doivent être acquittées.

Séquençage des contrôleurs de performance / load sharing

Le système de contrôle VSDS gère les séquences de démarrage du moteur/compresseurs jusqu'à la vitesse minimale de 1200 rpm . En dessous de cette vitesse le VSDS est en mode LOCAL qui envoie un signal digital TRACKING REQUEST au contrôleur de performance pour lui indiquer qu'il est en mode LOCAL , pendant ce mode le VSDS ignore la consigne reçue depuis le contrôleur de performance qui est en mode TRACK durant la séquence de démarrage , une fois la vitesse minimale atteinte le VSDS peut être mis en mode REMOTE soit automatiquement ou manuellement , une fois que c'est fait le VSDS reçoit sa consigne de vitesse à partir du contrôleur de performance qui bascule du mode TRACK au mode RUN(une fois que le signal de STOP est acquitté) et commence le

contrôle PID en ajustant le la consigne de vitesse de façon à maintenir la pression d'aspiration constante.

Les deux conditions ci-dessous doivent être assurées avant que le VSDS n'acquiesce le signal TRACK au contrôleur load sharing du second compresseur :

- La vitesse du premier compresseur doit être à (1200rpm).
- Les contrôleurs anti pompage du premier compresseur doivent être en mode RUN.

Séquençage des contrôleurs anti pompage

Depuis le mode STOP, le contrôleur anti pompage se met en mode RUN une fois qu'il reçoit le signal du VSDS que le moteur a atteint la vitesse minimale, et commence le contrôle automatique en modulant la VAP.

Arrêt du compresseur

Séquençage des contrôleurs de performance / load sharing

Une fois la commande STOP est envoyée, le contrôleur load sharing diminue la vitesse avec une rampe jusqu'à la vitesse minimale 1200rpm, le contrôleur de performance se met en mode TRACK tandis que le VSDS se met en LOCAL qui donne les séquences pour ramener la vitesse a zéro.

Séquençage des contrôleurs anti pompage

Le contrôleur anti pompage bascule du mode RUN au mode STOP quand la commande RUN/STOP est entrée, à ce moment là le contrôleur ouvre la VAP avec une rampe, l'algorithme anti pompage peut être configuré pour commander la VAP soit en échelon ou par une rampe.

Arrêt d'urgence du compresseur

L'arrêt d'urgence du compresseur est initié par :

- Pompage excessif détecté pendant un laps de temps configuré (exp 3 pompages en 180 secondes).
- Signal d'arrêt d'urgence envoyé au contrôleur anti pompage.

Les actions effectuées pendant l'ESD sont :

- Activation d'un trip à l'aide de la sortie digitale (Excessive surge) qui active l'arrêt d'urgence de l'unité.
- Ouverture rapide de la VAP à 100%.

3.3.5 Interfaces du système de contrôle

Trainview workstation

La station de travail TRAINVIEW consiste d'un PC chargé d'un logiciel pour configurer et visualiser le système de contrôle séries 5 vanguard. Le PC se connecte au vanguard avec une communication Ethernet. L'IHM offre des graphiques, trends, alarmes, en temps réel utilisées pour la supervision et le contrôle du procédé.

Alarmes système

Les armoires abritant le vanguard comprennent des alarmes générées de façon interne et externe. Ces alarmes sont disponibles dans la station TRAINVIEW certaines sont des sorties câblées.

Hardware health relay (relais de santé physique) : Chaque FTA comprend contact sec qui se ferme lorsque le châssis est en bonne santé et s'ouvre lorsqu'un problème physique est détecté , ce contact est directement câblé au DCS.

Surveillance de l'alimentation des FTA (FTA power monitor) : chaque FTA comprend un contact qui se ferme quand les FTA sont alimentées et ouvert si une des alimentations est HS , les contacts sont câblés en série et considérés comme une entrée digitale. L'alarme est présente sur la station TRAINVIEW et incluse comme alarme commune au DCS par une communication série.

Surveillance de température des armoires : une RTD est montée dans l'armoire et câblée comme entrée dans le châssis vanguard, la température de l'armoire peut être visualisée sur la station TRAINVIEW et vue comme alarme commune au DCS par une communication série.

Communication DCS/PC/Contrôleurs

Le système séries 5 Vanguard comprend 6 réseaux de communication avec plusieurs ports qui peuvent être utilisés pour lire et écrire des données diverses. Le protocole de communication dépend de l'application.

- MODBUS (ports série 1 et 2) avec le standard électrique EIA RS-422/485.

- S5Net (ports série 3 et 4) qui est utilisé pour la communication entre les différents racks.
- Les ports ethernet utilisent l'adressage IP unique pour chaque module processeur.

Qty	Port	Communication type	Service
1	P1	RS-485 (Modbus) (Serial Communication converted to Ethernet)	Data transfer and operator commands between the Distributed Control System (DCS) and the Series 5 Vanguard control system.
1	P2	RS-485 (Modbus) (Serial Communication converted to Ethernet)	Data transfer and operator commands between the Distributed Control System (DCS) and the Series 5 Vanguard control system.
1	P3	RS-485 (Series 5 Protocol)	Inter-chassis communications used for redundancy
1	P4	RS-485 (Series 5 Protocol)	Inter-chassis communications used for redundancy
1	E1	Ethernet (Series 5 Protocol)	TrainView MMI running the following applications: 1) TrainView operator interface to the Series 5 Vanguard control system, 2) CON5 engineering configuration and tuning software, 3) REC5 program used for fast recording of system variables, 4) Alarm server.
1	E2	Ethernet (Series 5 Protocol)	TrainView MMI running the following applications: 1) TrainView operator interface to the Series 5 Vanguard control system, 2) CON5 engineering configuration and tuning software, 3) REC5 program used for fast recording of system variables, 4) Alarm server.

Tableau 3.11:Ports de Communication série 5 et PC

Controller	Packet ID	Chassis/ TrainLink ID	Modbus ID P1	Modbus ID P2	IP Address E1	IP Address E2
15-UIC-0025	1	1	1	1	MPUA: 10.8.115.154 MPUB: 10.8.115.155	MPUA: 10.9.115.154 MPUB: 10.9.115.155
15-UIC-0036	2					
15-UIC-0040	3					
15-UIC-0028	7					
15-UIC-0046	4	2	2	2	MPUA: 10.8.115.156 MPUB: 10.8.115.157	MPUA: 10.9.115.156 MPUB: 10.9.115.157
15-UIC-0059	5					
15-UIC-0061	6					
15-UIC-0050	8					
15-UIC-0115	9	3	3	3	MPUA: 10.8.115.152 MPUB: 10.8.115.153	MPUA: 10.9.115.152 MPUB: 10.9.115.153

Tableau 3.12:Identifiants de communication des modules processeur

Description	PC Name	NIC1
TrainView HMI	CCC_TVEFG	To plant Network IP address 10.8.115.200

Tableau 3.13:Identifiants de communication de la station TRAINVIEW

Communication DCS

Toutes les communications vers le DCS sont gérées par les modules processeurs MPU en utilisant le protocole modbus RTU-16. Chaque MPU reçoit des messages MODBUS, cependant seul le module processeur qui contrôle les sorties est autorisé à répondre à ces messages.

Système de communication (TRAINTOOLS)

La station TRAIPTOOLS utilise des câbles de communication depuis la carte d'interface réseau pour communiquer avec les différents racks, ces câbles de communication sont connectés via des concentrateurs et serveurs en utilisant les ports Ethernet E1 et E2 à l'arrière de chaque rack.

Contrôle redondant

Les contrôleurs series 5 emploient une architecture HOT BACKUP dans laquelle tous les composants sont dupliqués excepté les différents câblages depuis le terrain.

Dans chaque paire un est principale et l'autre est en BACKUP. Un contrôleur Vanguard duplex est constitué d'une paire de processeurs principaux MPU et des cartes d'entrée sorties I/O (IOC cards). Chaque paire IOC est connectée aux équipements de terrain à travers des cartes FTA qui envoie la sortie d'une des deux IOC. Chaque MPU lit les entrées depuis les deux IOC, les défauts critiques des composants principaux activent un basculement automatique vers le BACKUP, mais l'intervention humaine est requise pour rebasculer vers le composant A. Les applications en marche sur le MPU principal contrôlent le process, et ses actions sont surveillées par le MPU en BACKUP.

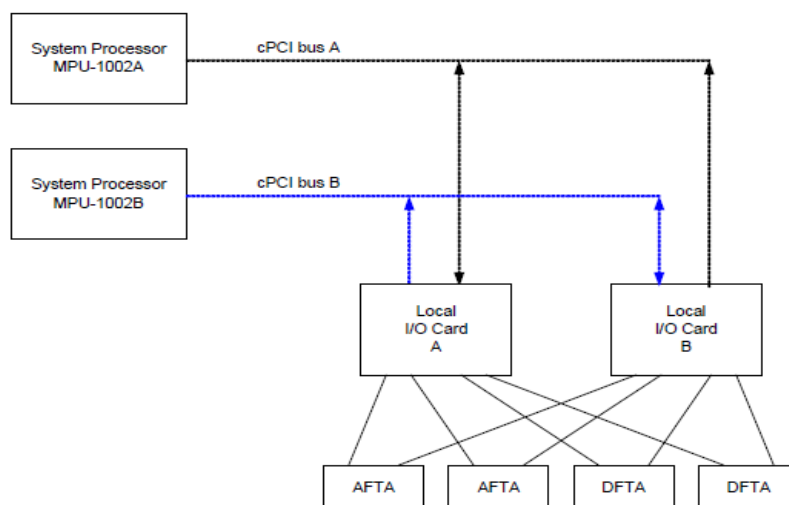


Figure 3.18 : Architecture du système Duplex du Vanguard

3.4 Système d'arrêt d'urgence ESD

Le système d'arrêt d'urgence (ESD) est conçu pour protéger le personnel, matériel et environnement. Ce dernier permet de surveiller les paramètres de sécurité du procédé, et activer les interlocks de sécurité lorsque ces derniers s'écartent des conditions normales. La fonction d'un système d'arrêt d'urgence est indépendante des systèmes de contrôle.

3.4.1 Système Safety Manager

Le safety manager offre une solution pour un vaste domaine de protection des processus, ESD est l'un d'entre eux, ce dernier est certifié TUV AK6 pour les applications liées à la sécurité, et est compatible avec les applications SIL3 selon les normes CEI 61508/61511.



Figure 3.19 : Châssis Safety Manager

3.4.2 Constitution du système Safety manager

Le système ESD Safety Manager (SM) comprend :

- 2 contrôleurs SM appelés QPP (quad pack processor) logés dans un châssis de contrôleur, et contenant 2 microprocesseurs chacun permettant un vote 2oo4 entre les 2 QPP.

- Des entrées sorties IO logées dans un ou plusieurs châssis IO,
- Des cartes Field Terminals Assembly (FTAs) pour l'adaptation des signaux d'entrées sorties.
- Un module de batterie BKM,
- 2 cartes de communication (USI : universal safety interface) : 1 pour la communication avec le DCS à travers le réseau FTE et 1 Pour la communication dans le réseau Safenet avec d'autres contrôleurs ESD ou FGS , la station ingénieur et la station séquences d'événements.

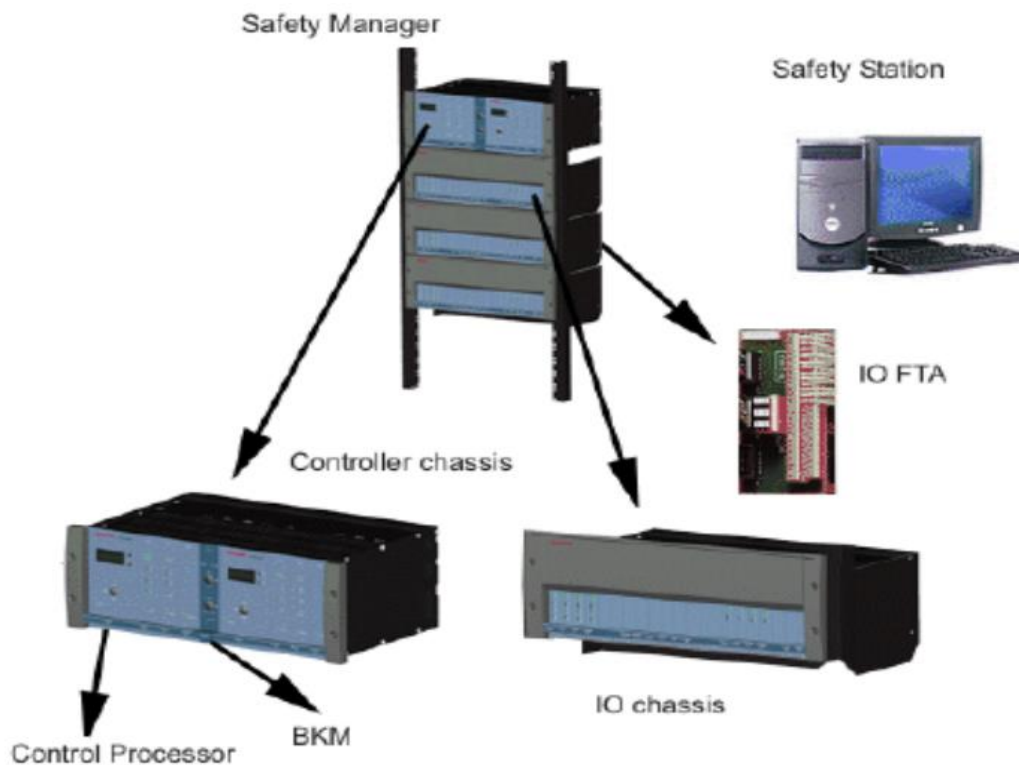


Figure 3.20 : Composants du système safety manager

3.5 Système de surveillance des machines tournantes Bently Nevada 3500

Le système de surveillance des vibrations Bently Nevada (BN) 3500, le plus récent système de vibration de Bently Nevada, fournit en continu, en ligne surveillance des vibrations adaptée aux applications de protection des machines, et est conçu pour répondre aux exigences industrielles.

La surveillance est effectuée à l'aide de divers transducteurs et capteurs, qui traduisent les paramètres mesurables de la machine et de l'état du processus en signaux électriques. Ces

signaux sont accessibles et affichés par les modules du système de surveillance bently nevada 3500. [9]

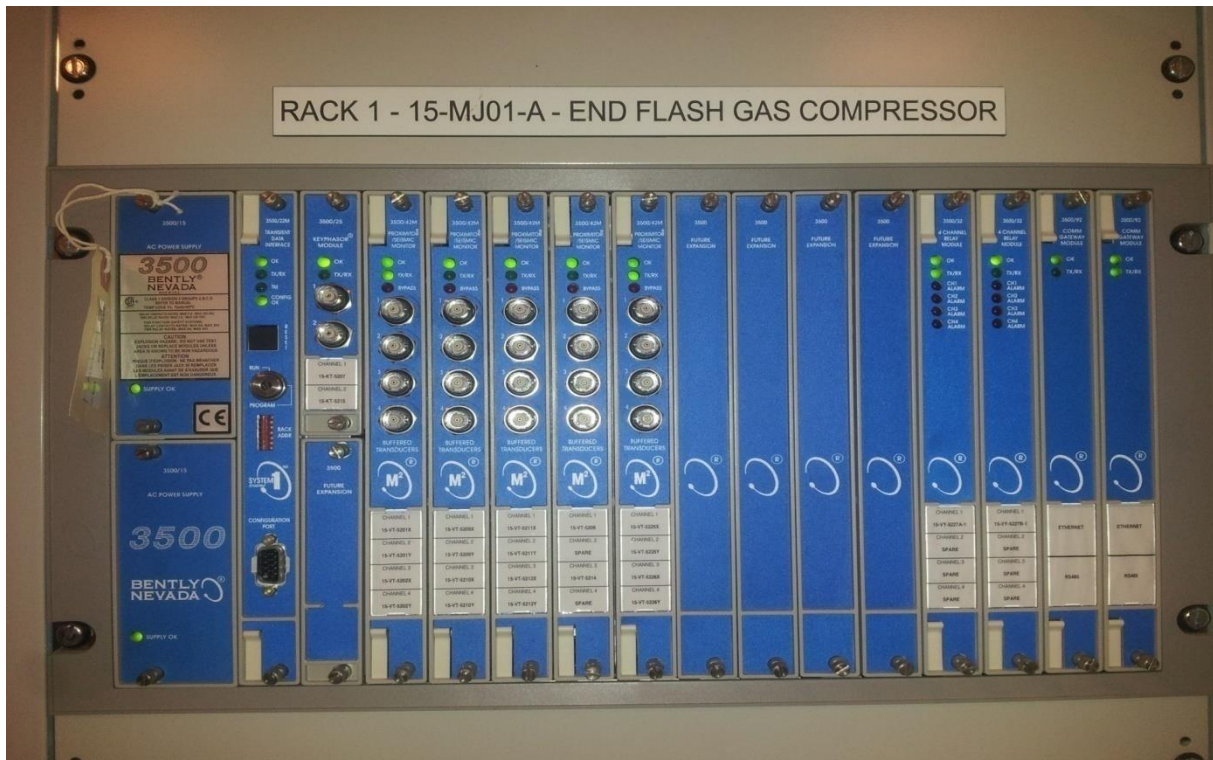


Figure 3.21 : Rack Bently Nevada 3500

Le bently Nevada 3500 est constitué de :

- Modules d'alimentation 3500/15.
- Interface TDI (transcient data interface) dont le rôle est de permettre la configuration du Rack et de collecter les données vibratoires depuis les cartes entrée spécialisées, (TDI) 3500/22M.
- Des cartes d'entrée Spécialisées (Capteurs de proximité, capteurs de séismiques, capteurs de vitesse, température)
- Des cartes à relais afin de permettre les déclenchements depuis les systèmes de sécurité, 3500/32M.
- Des cartes de communications redondantes pour permettre la communication depuis le DCS, 3500/92.

3.6 Conclusion :

Ce chapitre a permis de décrire, les systèmes de contrôle numériques du compresseur End flash gas , notamment l'architecture et les différents composants de chaque système ainsi que le rôle de ces derniers.

Chapitre 4 : Problématiques et Modifications Effectuées

4.1 Introduction :

Ce chapitre permettra d'aborder les différentes problématiques rencontrées et solutions appliquées sur les compresseurs End flash Gas lors du stage pratique. Ces compresseurs se comportaient de manière instable durant un redémarrage à chaud, des vibrations excessives durant la procédure de redémarrage ont été observées entraînant des arrêts d'urgence .

Une autre problématique a été constatée par la surcharge d'un compresseur lors de l'arrêt du second , et enfin l'implémentation d'une boucle en split range pour l'export du courant d'hélium brut vers une unité de conditionnement afin de valoriser ce produit.

4.2 Trip Par vibration lors d'un redémarrage à chaud

Le moteur et compresseurs sont automatiquement déclenchés par l'interlock de trip d'urgence 15IZ2-4108(voir annexe B1), qui est activée par les niveaux très haut des vibrations axiales/radiales et la température des roulements du compresseur.

Différents capteurs de vibrations/température et détecteurs sont logés dans les emplacement des roulements (au niveau des compresseurs, gear box , et moteurs) pour permettre de protéger et déceler un dysfonctionnement des machines qui peut être du à un éventuel pompage, balourd , désalignement , fissure de l'arbre etc

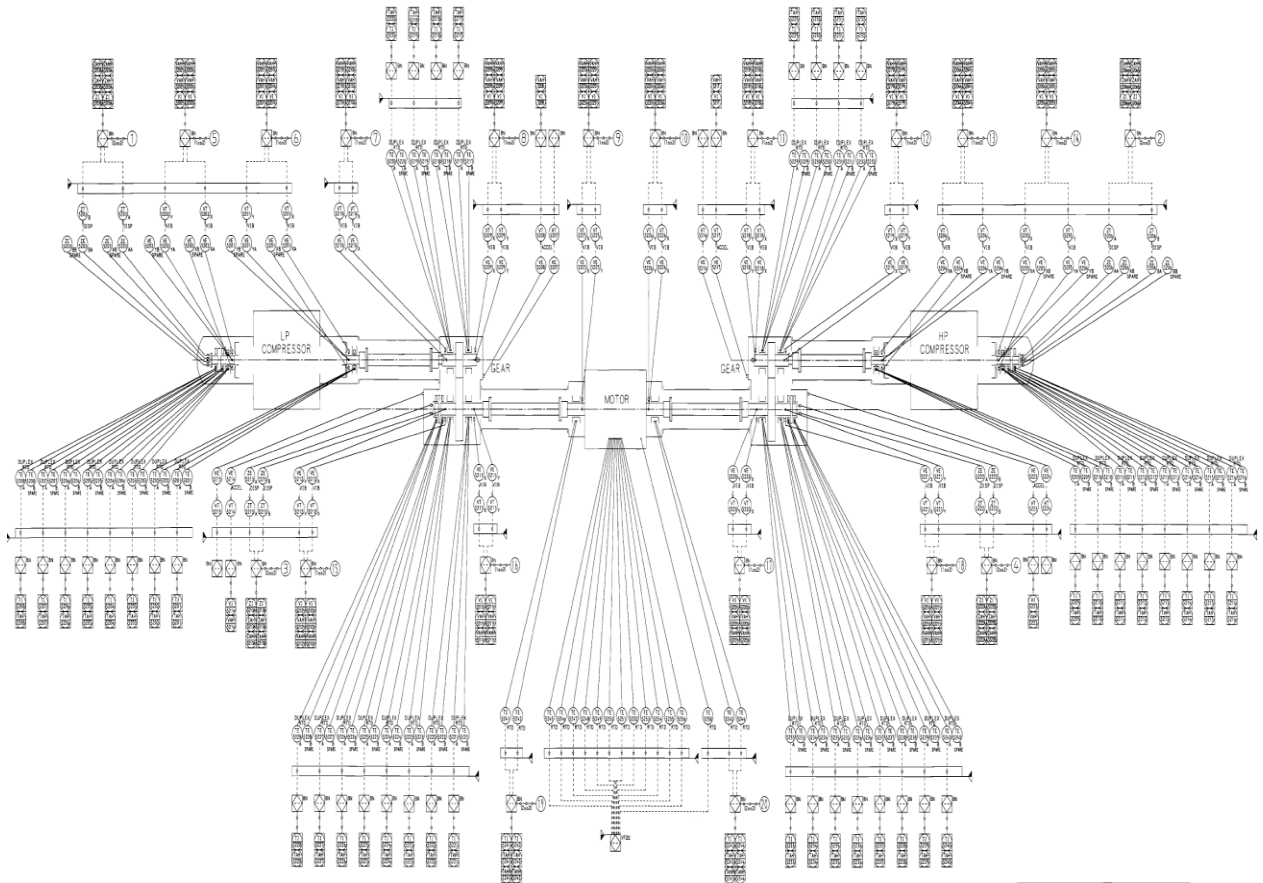


Figure 4.1 : Emplacement des capteurs de vibrations et température

4.2.1 Problématique

Lors d'un fonctionnement normal un compresseur peut subir un trip pour une raison quelconque, ceci nécessite un redémarrage à chaud qui doit se dérouler de la même façon qu'un démarrage à froid. Cependant dans un tel cas les compresseurs Fuel Gas se comportaient d'une manière instable durant le redémarrage, des vibrations excessives durant la procédure de redémarrage ont été observées entraînant un arrêt d'urgence.

Ceci est expliqué par le fait que les conditions initiales (essentiellement la T_e) du démarrage ne sont pas totalement identiques que lors d'un redémarrage à chaud, en effet lors d'un redémarrage l'arbre du rotor n'est pas équilibré thermiquement, ceci est dû à la différence de pression donc de température entre l'aspiration et la décharge du compresseur qui fait apparaître un balourd et dont la conséquence est l'apparition de vibrations excessives lors de l'accélération du moteur, la valeur de ces vibrations dépassent le set point de trip $30 \mu\text{m}$ entraînant l'arrêt du moteur.



Figure 4.2 : Trip d'un compresseur End flash gas lors d'une redémarrage à chaud

4.2.2 Implémentation logiciel au niveau du DCS

Une modification a été proposée pour remédier à ce problème et qui consiste à diviser le démarrage en deux phases jusqu'à atteindre la vitesse minimale (1200rpm).

Ces deux phases sont séparées par une période de stabilisation à 394 rpm, plutôt qu'une accélération continue le variateur de vitesse laisse le temps au compresseur de se stabiliser à un palier de 394rpm pour réduire les vibrations accumulées. L'opérateur aura la main pour lancer le deuxième démarrage quand les vibrations seront redescendus au dessous d'un seuil de 15 μm , lorsque la vitesse atteint la valeur minimale de 1200 rpm le master Controller prendra le contrôle du VSDD qui se mettra en mode REMOTE, à partir de cette phase le CCC prend la main et régule la vitesse du compresseur selon la charge imposée par le process.

VIBRATION LP STAGE 15MJ01A

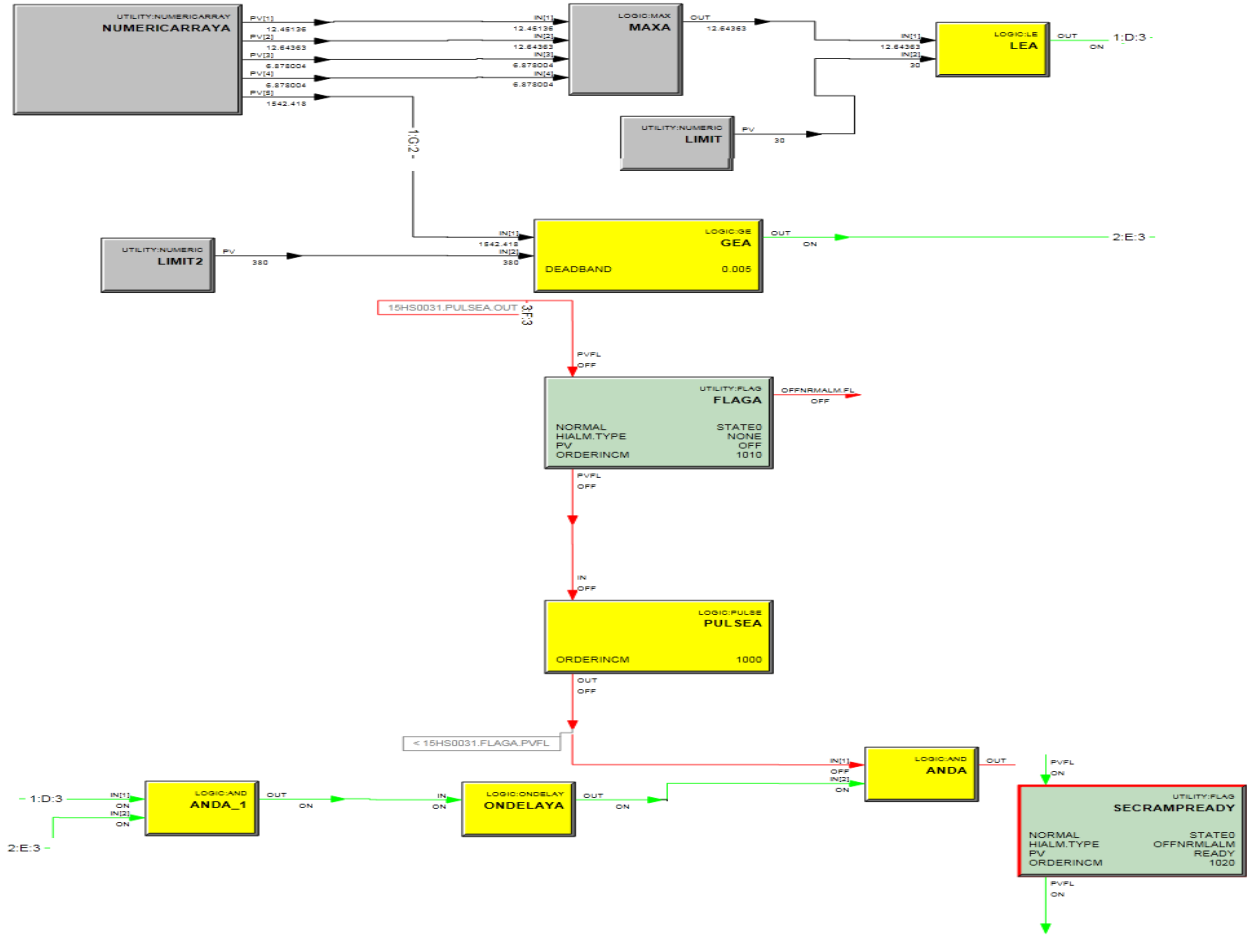


Figure 4.3 : Logique DCS permissive deuxième rampe de démarrage moteur

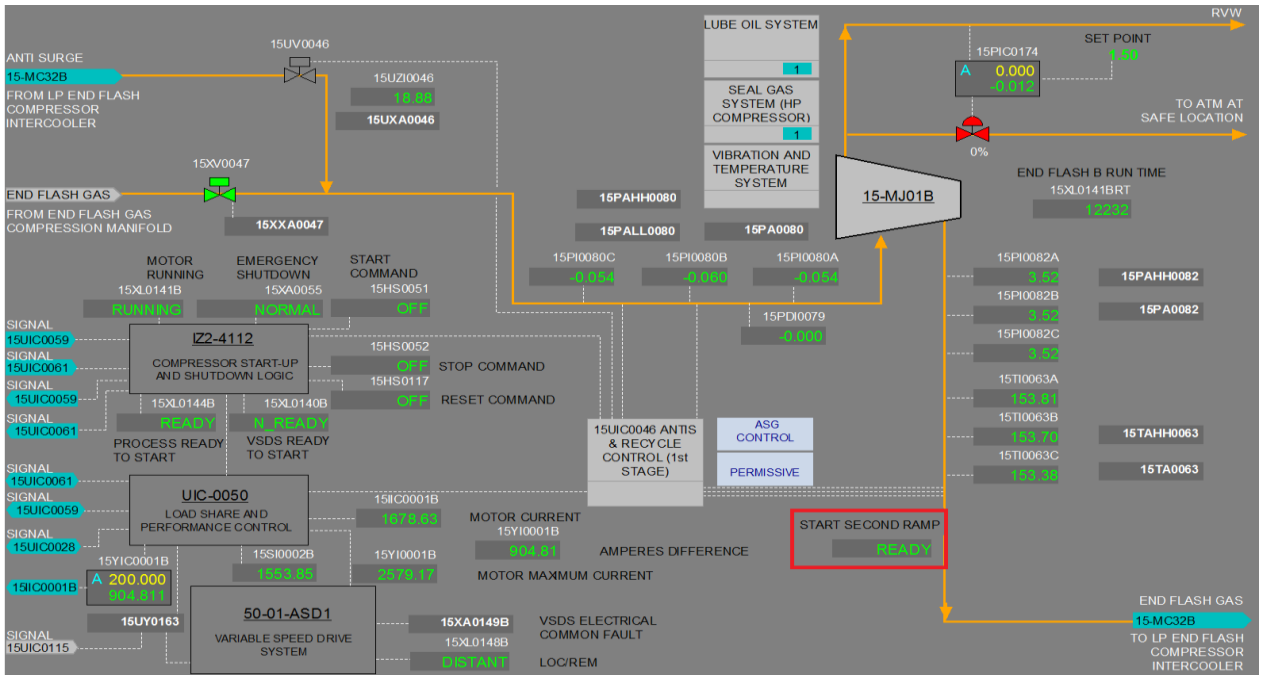


Figure 4.4 : Vue HMI Modifiée du compresseur End flash Gas

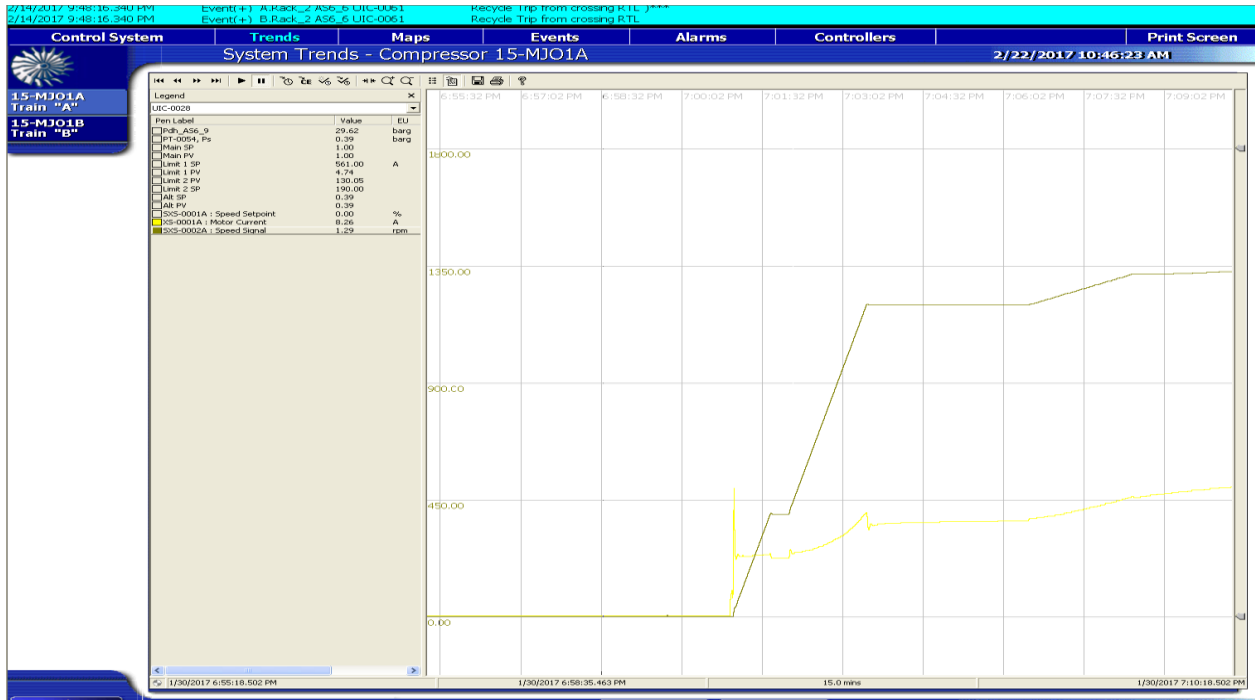


Figure 4.5 : Courbe de démarrage en deux phases après modification

4.3 Surcharge d'un compresseur lors de l'arrêt du second

4.3.1 Boucle de contrôle de la surpression de la colonne de désorption d'azote

Le transmetteur 15-PT-0032 est installé sur la conduite de tête de la Colonne de Désorption d'Azote (15-MD04) reliée à la Boîte Froide de Gaz End Flash (15-MC30) et la vanne de contrôle associée 15-PV-0032 est installée sur la conduite d'évent sortante de la tête de la Colonne de désorption d'Azote (15-MD04).

L'objectif de cette boucle est d'envoyer le courant de Gaz End Flash vers la torche Froide lors du démarrage lorsque la section End Flash n'est pas encore en fonction et au cours de la marche normale lorsque la Boîte Froide (15-MC30) est arrêtée, ainsi que de maintenir une pression constante du ballon de désorption d'azote lors de la marche normale du train.

L'action du Contrôleur 15-PIC-0032 est Directe pour la vanne 15-PV-0032, qui s'ouvre si le signal de pression dépasse le point de consigne.

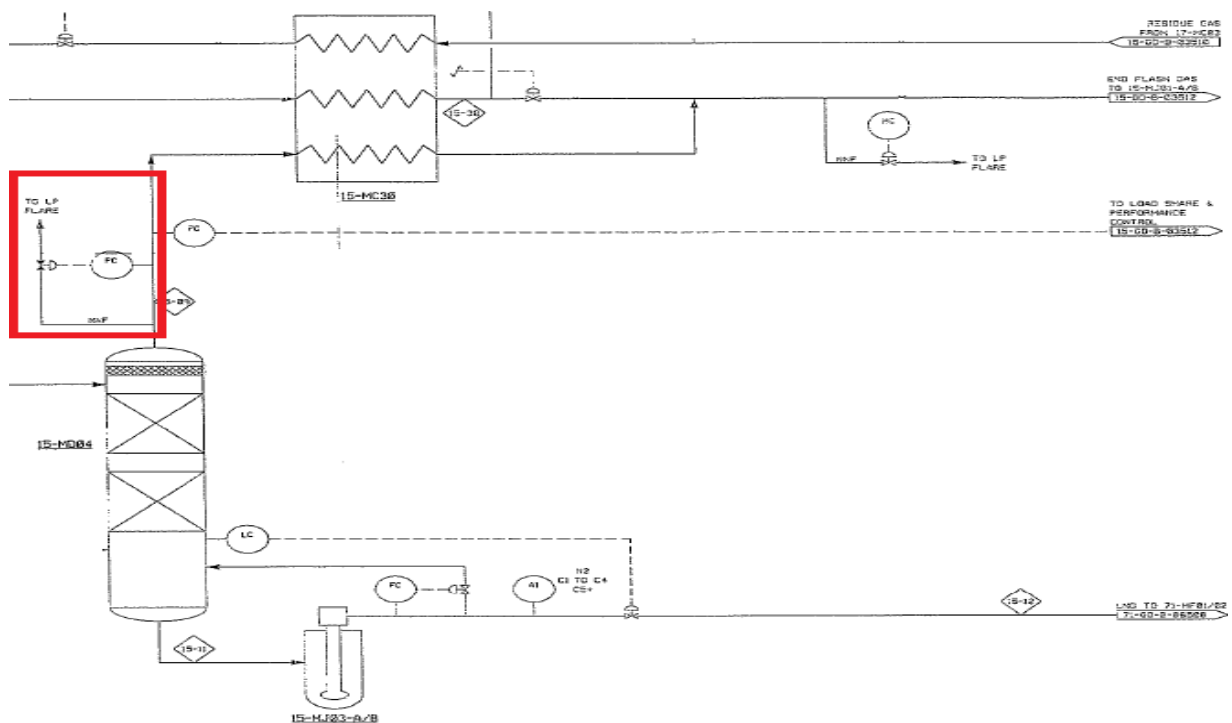


Figure 4.6 : PFD de la vanne de pression 15-PV-0032

4.3.2 Problématique

Le problème de cette boucle réside dans son inefficacité une fois qu'un des deux compresseurs s'arrête. En effet quand l'un d'eux subit un trip la charge de gaz augmente en amont du second qui de suite va augmenter son couple pour pouvoir gérer cette charge jusqu'à atteindre la limite supérieure tolérée du courant moteur ce qui va provoquer son trip bien avant que la boucle du 15-PIC-0032 ait le temps de réagir en torchant le gaz en excès.

4.3.3 Modification de la boucle

Afin d'éviter de perdre les deux compresseurs une solution a été adoptée qui est celle d'utiliser l'indication de courant des deux moteurs pour forcer la vanne 15-PV-0032 à s'ouvrir lors du trip d'un compresseur et que la charge de gaz dépasse la capacité du second. Cette solution est réalisée en exploitant l'indication de courant de chaque moteur 15-II-0001A/B à partir du VSDS et créer un contrôleur PID 15-YIC-0001A/B au niveau du DCS qui va agir sur la 15-PV-0032 suivant les consignes de courant.

A présent trois contrôleurs agissent sur la vanne 15-PV-0032 et qui sont :

- 15-PIC-0032
- 15-YIC-0001A/B.

Pour décider quel régulateur agit sur la vanne, un SELECTIVE CONTROL est appliqué sur les valeurs OP des trois régulateurs en utilisant un sélecteur qui donne la priorité à la plus grande valeur d'ouverture de la 15-PV-0032.

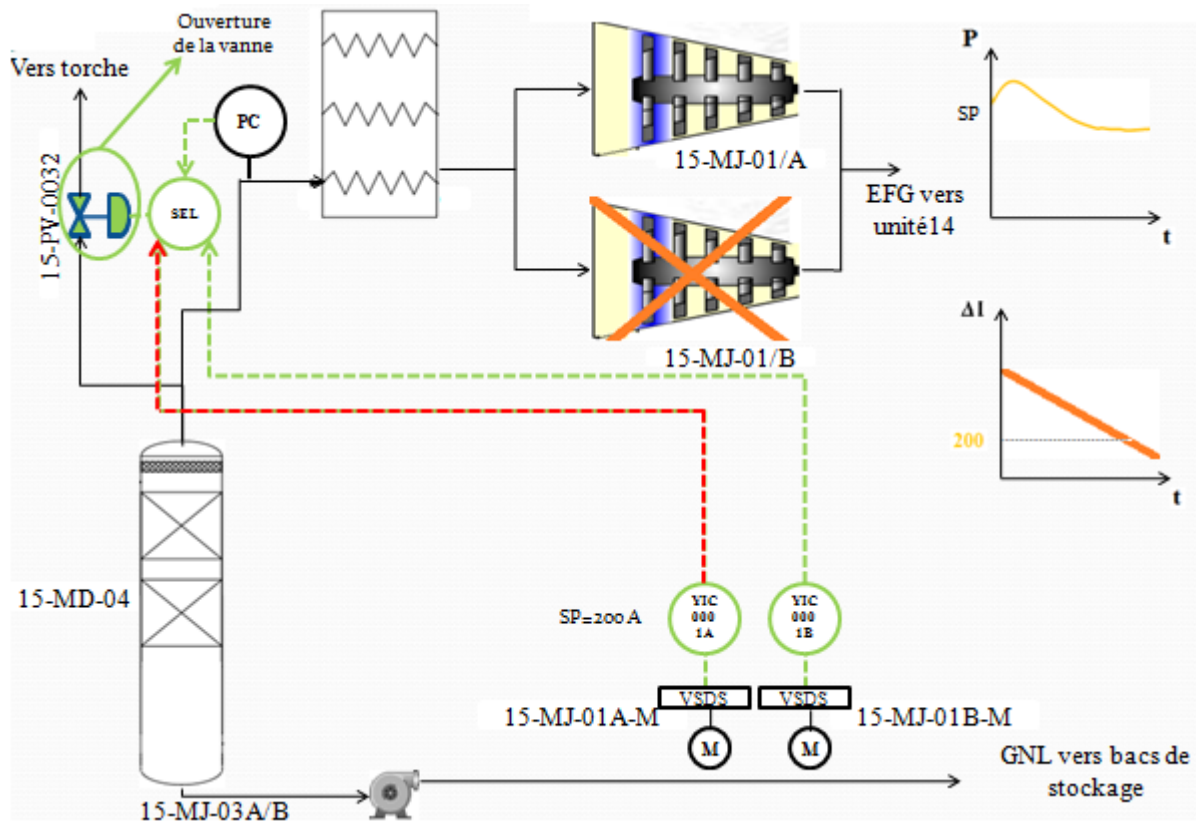


Figure 4.7 : Modifications appliquées sur la boucle de pression

Dans le cas où un seul compresseur est en marche et que la charge de gaz end flash dépasse sa capacité, le contrôleur de courant dont l'écart avec le courant I_{max} descend en dessous de 200amp va agir sur la vanne 15-PV-0032 afin d'envoyer vers la torche le gaz en excès et éviter la surcharge du compresseur.

4.3.4 Implémentation logiciel sur DCS

La boucle est illustrée dans L'IHM ci-dessous **figure 4.8**, qui représente un schéma synoptique du ballon de désorption d'azote au niveau du DCS après modification, on y remarque qu'à présent la vanne 15-PV-0032 est manipulée par la OP issue du sélecteur 15-YIC0001.

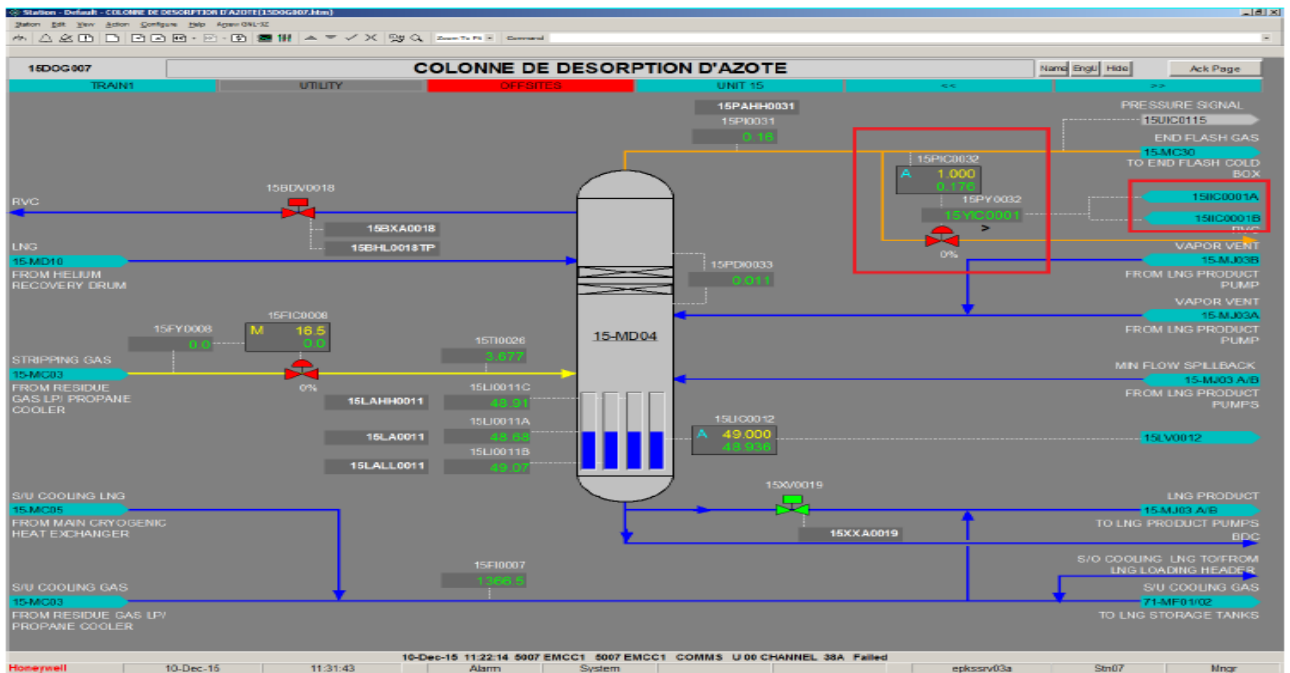


Figure 4.8 : IHM au niveau du DCS du ballon de désorption d’azote

Dans la figure ci-dessous on peut observer la consigne de 200amp reçue par le contrôleur de courant 15-YIC0001A, qui demandera à la 15-PV0032 de s’ouvrir si la différence entre le courant moteur et le courant Imax descend en dessous de 200amp. La même modification est effectuée pour 15-MJ01B.

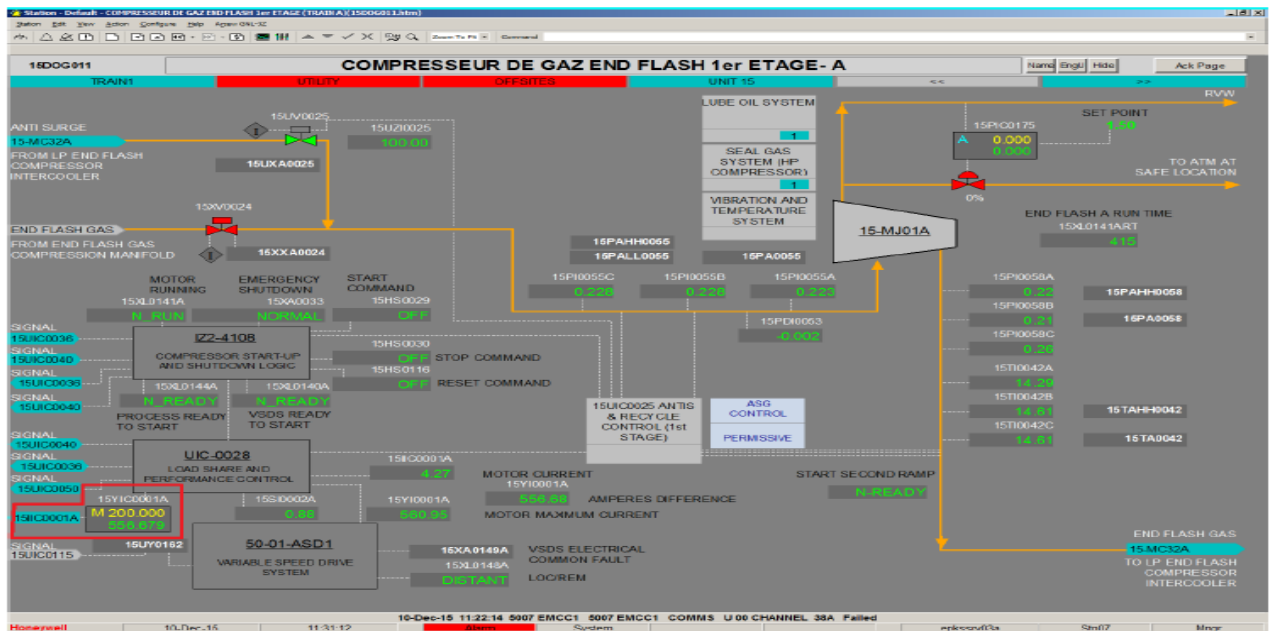


Figure 4.9 : IHM du compresseur 15-MJ01A au niveau du DCS

L’implémentation de cette modification est effectuée avec des blocs prédéfinis sur DCS (fonction block diagram). Les blocs sont optimisables selon le besoin et de nouveau peuvent être créés.

La figure ci-dessous illustre la logique de la boucle de contrôle 15-PIC0032 on peut facilement identifier ses différents éléments comme :

- La valeur brute issue du transmetteur HART 15-PT-0032.
- Bloc d'acquisition de la pression depuis le transmetteur 15-PIC-0032(DACA).
- Le régulateur PID 15-PIC-0032 (PIDA).
- Les différentes valeurs intervenant dans la boucle à savoir (SP, OP, PV).

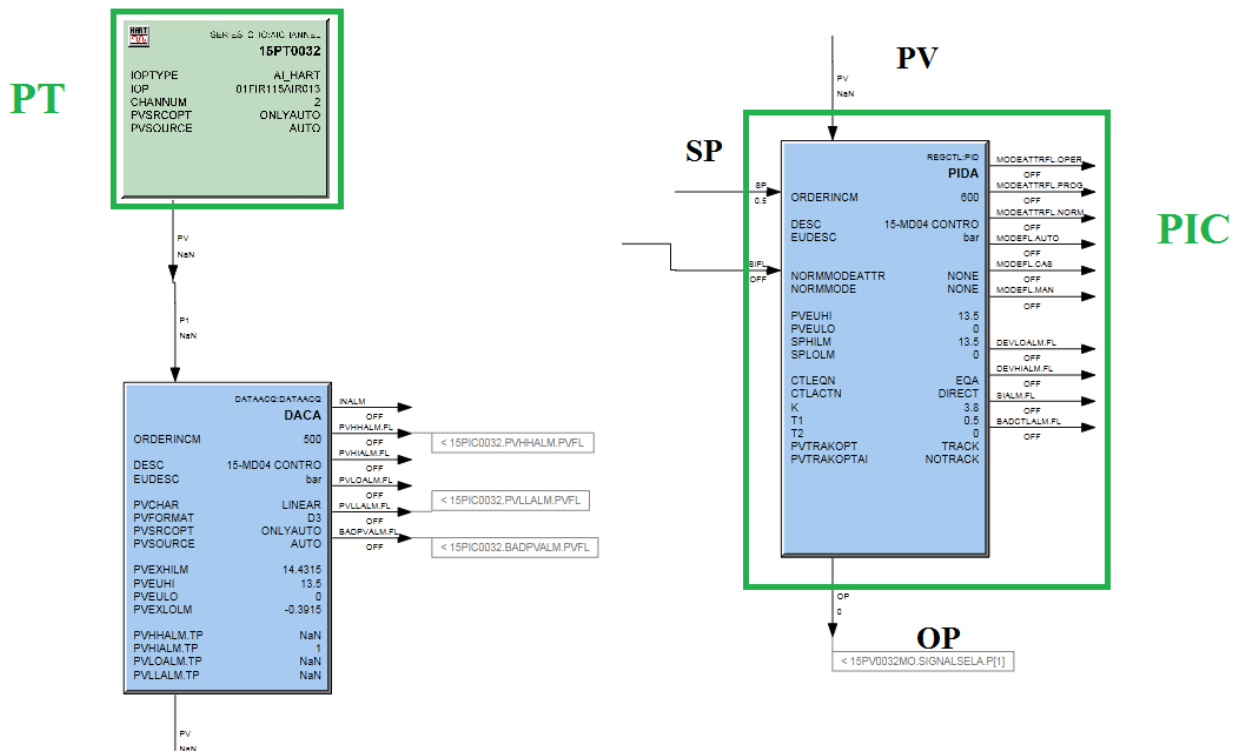


Figure 4.10 : Schéma logique de la boucle 15-PIC-0032 sur DCS

On remarque que l'OP issue du PIDA est envoyée vers un sélecteur au lieu d'agir directement sur la vanne 15-PV0032.

4.3.5 Implémentation de la boucle de Vitesse / Courant Max sur DCS

Aucune modification physique n'est à effectuer, seulement une implémentation software de la courbe vitesse/couple (figure 4.12) en injectant une série de valeurs sur le bloc GENLINA (figure 4.11) au niveau du DCS qui tracera automatiquement la courbe, donnant ainsi un I_{max} pour chaque vitesse

comme illustrée par la figure ci-dessous, et ainsi pouvoir calculer la différence en ampères avec le courant actuel du moteur. [8]

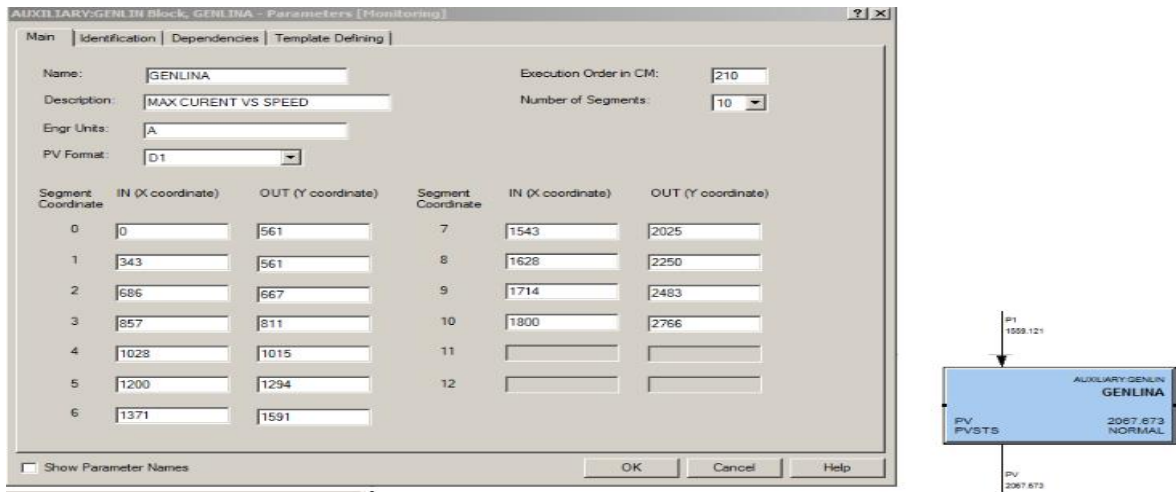


Figure 4.11: implémentation de la courbe couple/vitesse sur DCS.

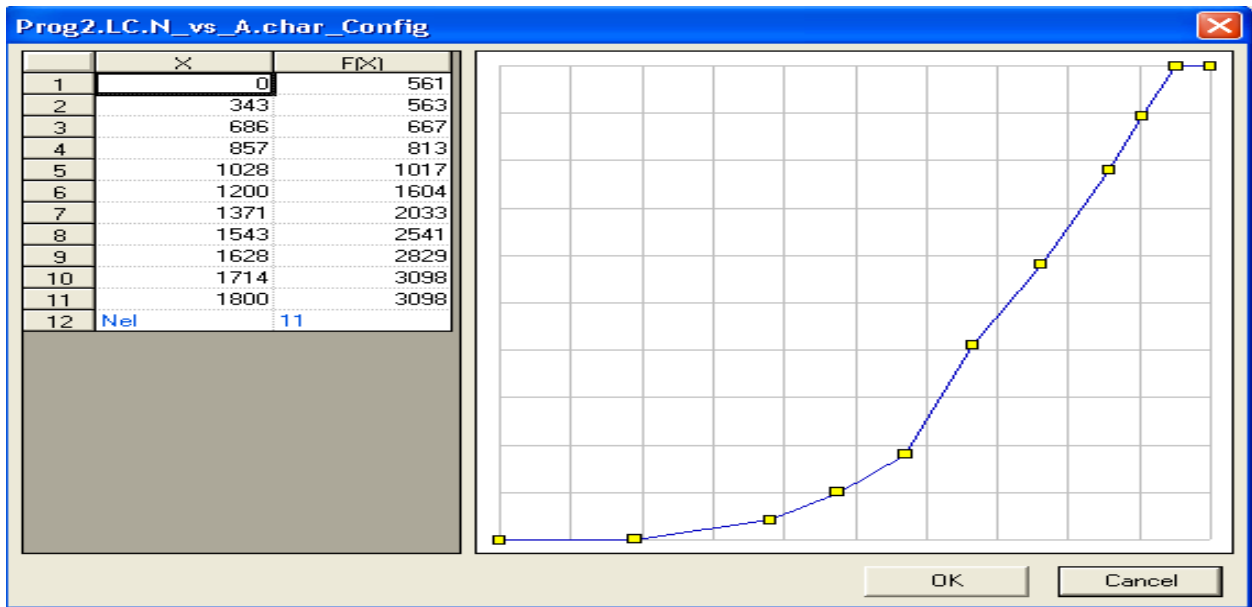


Figure 4.12 : Courbe vitesse moteur / courant moteur

4.3.6 Implémentation des nouveau régulateurs PID de difference de courant 15YIC0001A/B

Sur le diagramme ci-dessous on peut voir le nouveau régulateur de différence de courant 15-YIC-0001A, qui a pour objectif de maintenir la différence (15YI0001A.SUBA.OUT) entre le courant actuel et le courant I_{max} au dessus de 200amp, en agissant sur la vanne 15PV0032.

La boucle 15-YIC-0001B est similaire et doit être implémentée séparément.

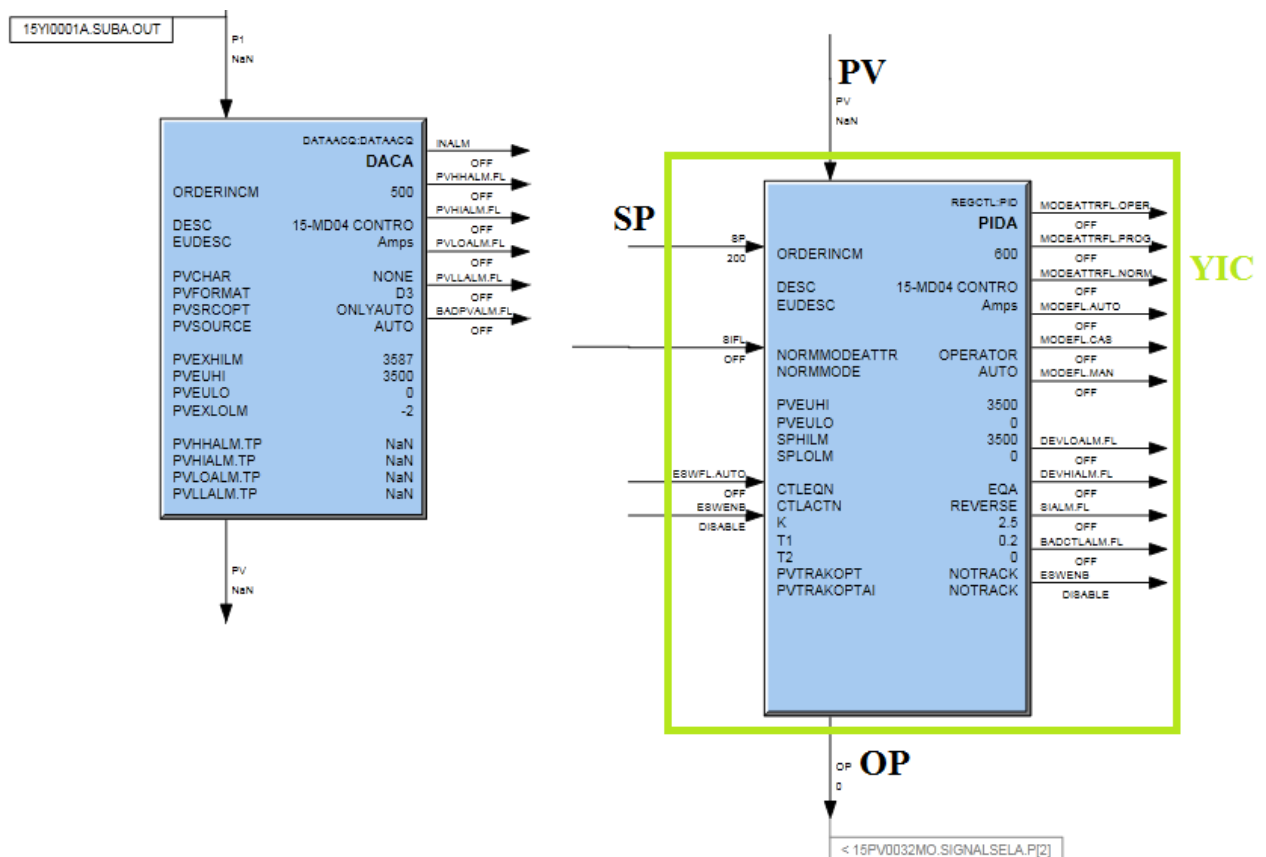


Figure 4.13: Schéma logique de la boucle 15-YIC-0001A sur DCS

Une fois les trois valeurs OP des régulateurs (15-PIC-0032, 15-YIC-0001A and 15-YIC-0001B) sont calculées, elles sont envoyées vers un sélecteur de haute valeur (comme indiqué sur la boite de dialogue du sélecteur) qui donne la priorité au régulateur qui demande plus d'ouverture à la vanne 15-PV-0032.

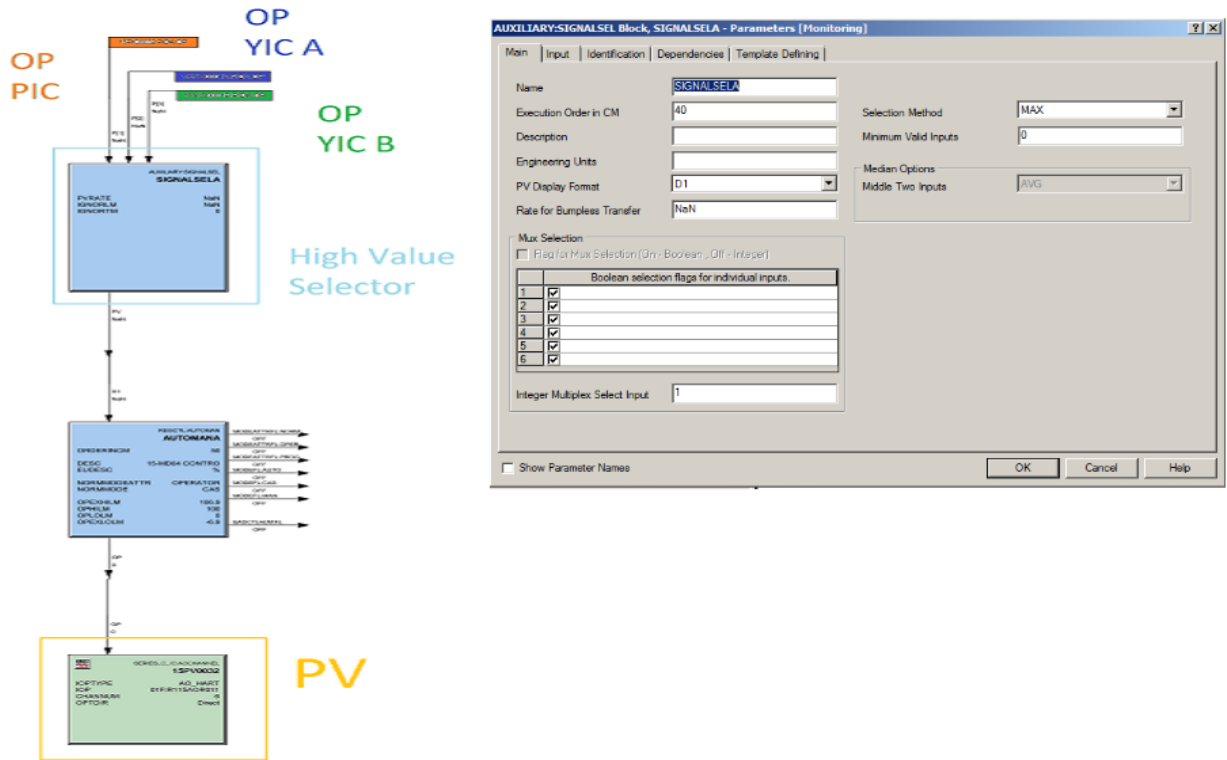


Figure 4.14 : Implémentation sur DCS du sélecteur de priorité Max de la vanne 15PV0032

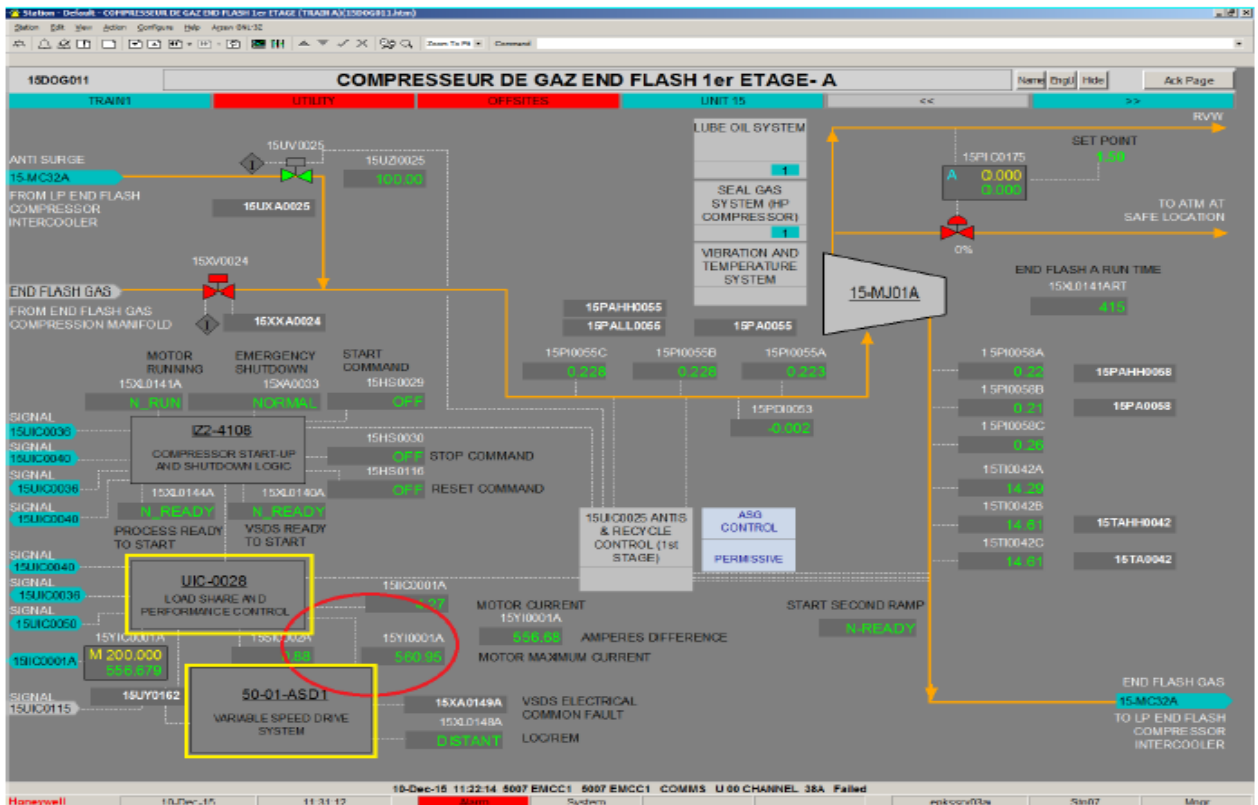


Figure 4.15 : IHM du compresseur 15-MJ01A après modification au niveau du DCS

4.4 Implémentation d'une boucle de régulation en split –range (Echelle Partagée) pour l'export de l'hélium Brut vers Hélios

L'utilisation du gaz End flash Brut comme fuel Gas est une solution non économique, en effet l'absence d'une unité de liquéfaction d'hélium cela ne permet pas de valoriser ce dernier qui est un produit très demandé sur les marchés internationaux, et qui est liquéfiable à une température de -269 C°.

La solution la plus optimale serait d'exporter par le biais de piping le courant d'hélium brut vers l'unité Hélios (Filiale de Sonatrach) afin d'extraire l'hélium et injecter le méthane retourné par cette dernière au niveau du collecteur d'aspiration du compresseur End flash Gas et l'utiliser ainsi comme Fuel Gas.

4.4.1 Modification de la boucle de régulation 15PIC0026 En Split Range

Le rôle du Contrôleur 15PIC0026 est de Maintenir une pression constante dans le Ballon de Récupération d'Hélium (15-MD10) , en ouvrant la vanne 15-PV-0026 si le signal de pression dépasse le point de consigne. Le gaz acheminé par cette vanne est injecté au niveau du Collecteur Gas End flash afin d'être Comprimé.

La modification Consiste en l'ajout d'une Nouvelle Vanne 15PV0026B, et d'appliquer une régulation en Split Range sur le signal de sortie du Régulateur 15PIC0026, afin d'avoir en premier une ouverture de la vanne 15PV0026B vers hélios jusqu'à 10% du signal de commande du 15PIC0026 (charge maximale pouvant être reçue par Hélios) , ensuite au delà de 10% ouvrir la vanne 15PV0026 afin d'acheminer l'hélium en excès vers le compresseur End flash Gas. La caractéristique d'ouverture en échelle partagée des deux vannes est illustrée par la **figure 4.17**.

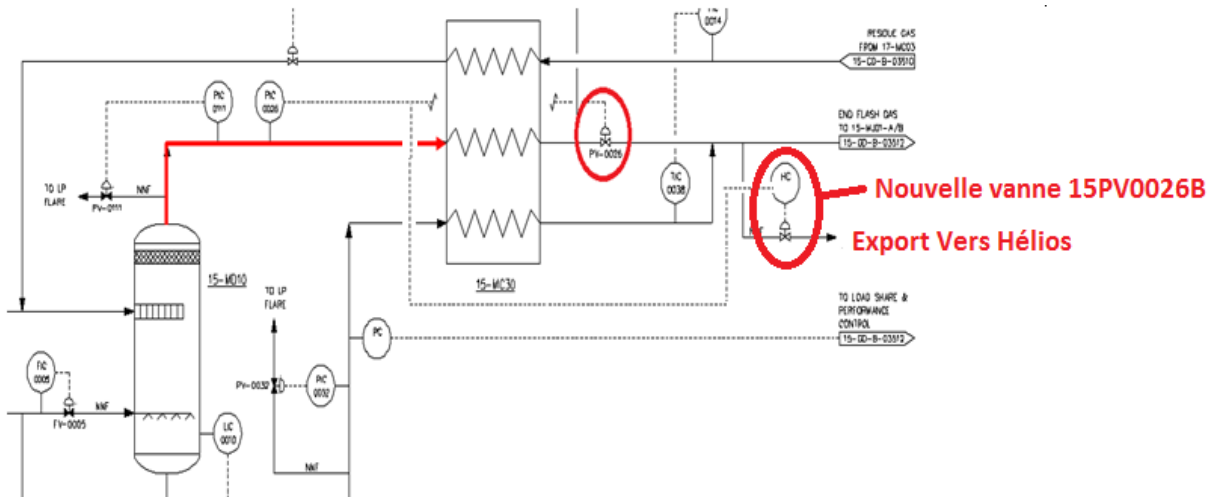


Figure 4.16 : PFD Circuit End Flash après Modification

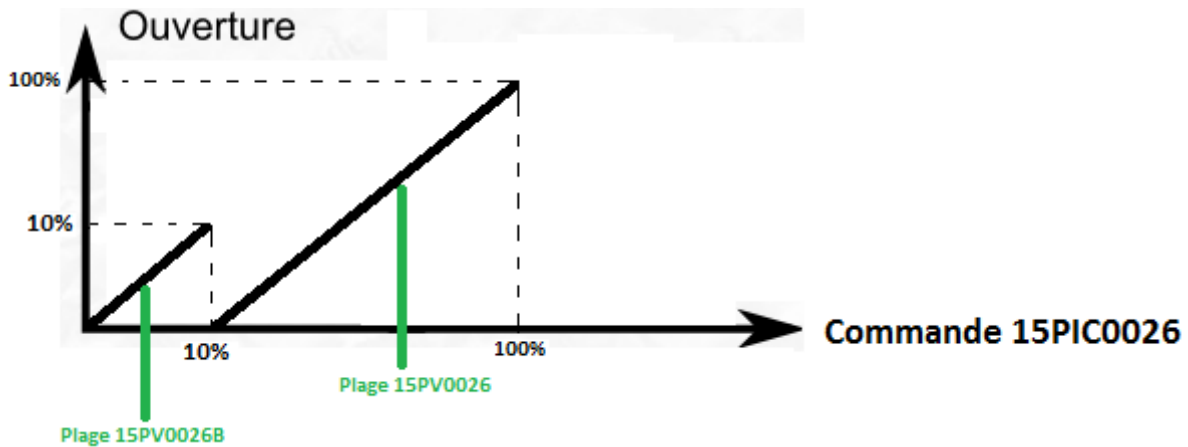


Figure 4.17 : Nouvelle caractéristique d'ouverture des vannes 15PV0026 et 15PV0026B

4.4.2 Implémentation logiciel sur DCS

La modification de la boucle 15PIC0026 en split range, nécessite l'utilisation du BLOC FANOUT qui permet de partager l'échelle du signal de commande du régulateur de pression 15PIC0026, en deux signaux distincts un pour la vanne existante 15PV0026 alimentant le compresseur gaz end flash, et la nouvelle vanne qui sera installée prochainement en juillet 2021 15PV0026B, la caractéristique d'ouverture des 2 vannes est de (0 à 10 % pour la vanne 15PV0026B) et de (10 à 100 % pour la 15PV0026), 10 % étant l'ouverture fournissant le débit maximal pouvant être accepté par Hélios.

La configuration permettant cela est illustrée par figure suivante :

Mesure de pression du ballon d'hélium

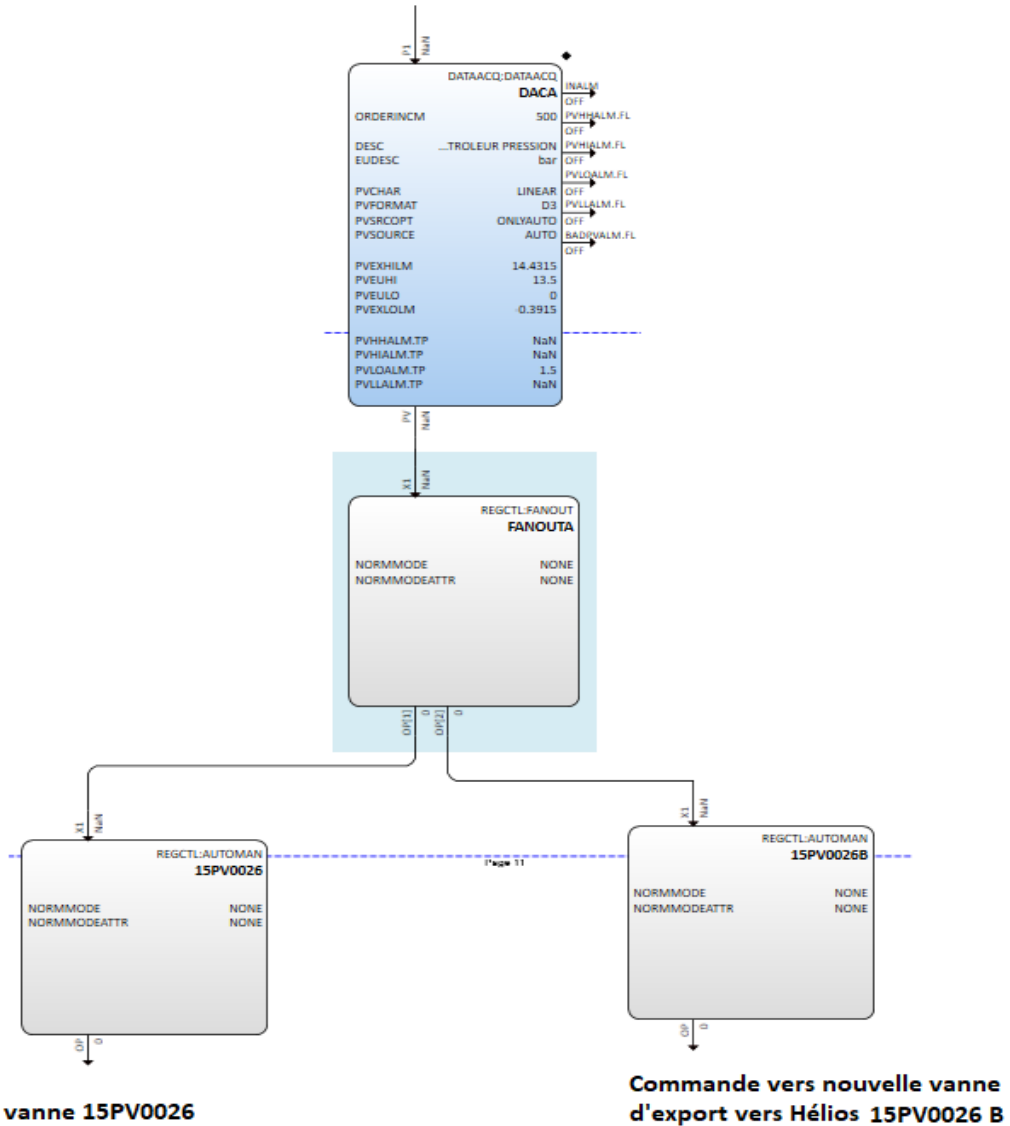


Figure 4.18 : Programme régulation Split Range pour 15PIC0026

Avec Configuration du Bloc FANOUT comme illustré ci dessous :

- Caractéristique de 15PV0026 B(OP1) : $Y=A.X + B$ (Ouverture = Gain x Commande + Bias)
Gain = 1 ; Bias =0.
- Caractéristique de 15PV0026(OP2) : $Y=A.X + B$ (Ouverture = Gain x Commande + Bias)
Gain = 1 ; Bias = -10.

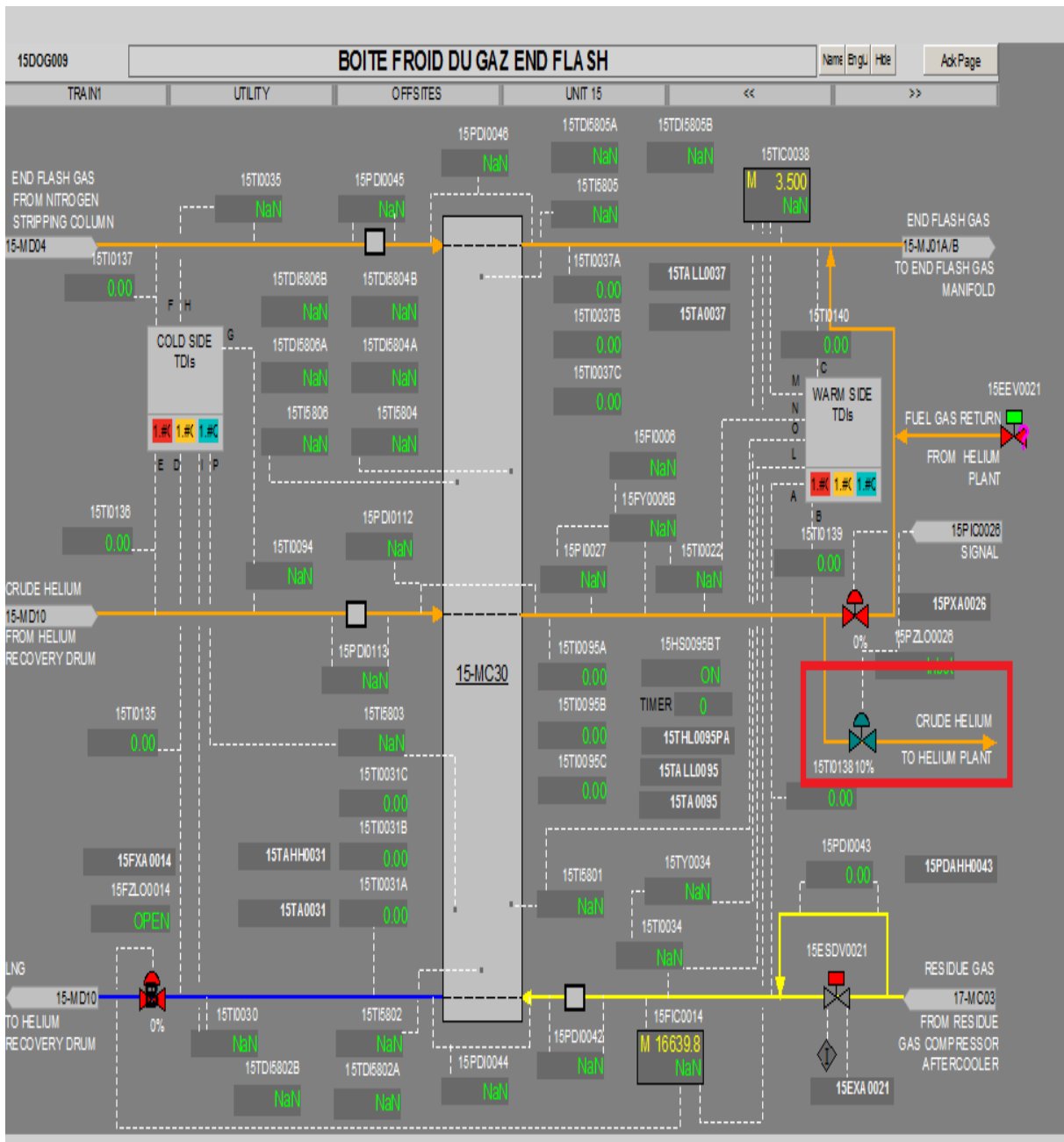


Figure 4.19 : Nouvelle HMI après ajout de la vanne 15PV0026B et le signal commande Split range.

4.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé toutes les améliorations apportées principalement sur le système DCS afin d'améliorer l'exploitation des compresseurs, les solutions apportées consistent en l'implémentation de nouveau programmes et logique afin de permettre le démarrage du compresseur en deux phases, et ce pour remédier au problème d'instabilité lors d'un redémarrage et la modification de la boucle de contrôle de pression du ballon d'azote afin de soulager un compresseur lors de l'arrêt d'un second, et enfin l'implémentation d'une boucle en split range afin de permettre l'export de l'hélium brut vers Hélios.

Conclusion Générale

Le complexe GL3Z est équipé avec deux trains de compression utilisés pour récupérer le gaz end flash 'Azote et Hélium' et l'injecter au système fuel Gas afin de le maintenir sous pression. Chaque compresseur est constitué d'un moteur électrique de lancement, d'une boîte de vitesse 'gear box' et de deux compresseurs centrifuges. Ces compresseurs ont connus des problématiques et avaient besoin de quelques améliorations permettant d'augmenter leur disponibilité impactant directement sur l'efficacité de la combustion au niveau du four et les différentes turbines utilisées au niveau du train de GNL.

Une étude a été entamée à l'effet de déterminer les causes et leurs conséquences. Ces investigations ont démontré que les problèmes lors d'un redémarrage à chaud sont causés par le déséquilibre de l'arbre du rotor du à la différence de température entre l'aspiration et le refoulement qui par conséquent conduisait à des vibrations excessives lors d'un redémarrage. La solution implémentée sur DCS consiste à redémarrer le moteur en plusieurs phases et permettre au moteur de stabiliser ses vibrations entre chaque phase, ce qui a permis de réduire les arrêts involontaires lors de redémarrages, en réduisant ainsi les couts liées au torchage du gaz end flash , et éviter la perturbation du train de GNL.

Une deuxième problématique a été traitée qui est la surcharge d'un compresseur quand le second s'arrête, pour y remédier il fallait améliorer une boucle de pression déjà existante mais qui ne pouvait pas réagir à temps pour éviter la surcharge, cette amélioration consistait à appliquer un SELECTIVE CONTROL et modifier cette boucle afin qu'elle prenne en considération les indications des courants moteur et réagir en conséquence en cas de problème dans l'un d'eux. Désormais la vanne 15-PV0032 est capable de réagir et soulager un compresseur dans le cas ou il est surchargé. Cette modification à permis à améliorer grandement la disponibilité des compresseurs.

La 2^e modification à permet d'améliorer la disponibilité des trains de compression end flash, cependant celle-ci privilégie l'aspect technique plus qu'économique, en effet le gaz torché pour éviter la surcharge n'est pas négligeable. Pour cette raison la solution la plus optimale consiste en l'export pour la liquéfaction et commercialisation de l'hélium provenant du GL3Z par Hélios (filiale de Sonatrach) ceci permettra de générer des gains de près de 2 million de \$ /Jours.

L'élaboration de ce travail durant le stage Pratique effectué au niveau du complexe GL3Z nous a permis d'acquérir entre autres les points suivants:

- Avoir des connaissances sur le processus de liquéfaction de Gaz naturel.
- Familiarisation avec le système de contrôle distribué DCS, ainsi que les sous systèmes (contrôle et sécurité) pouvant s'interfacer avec ce dernier (PLC tiers, Serveurs et clients).
- Acquisition de connaissances de bases sur l'informatique industrielle, notamment les communications les plus utilisés et les nouvelles tendances technologiques tel que la virtualisation de machines physiques.
- Acquisition de connaissances de bases sur le fonctionnement des compresseurs centrifuges, et application des notions de régulation (théorique et pratique) Pour l'optimisation du contrôle des procédés.
- Acquérir un savoir faire en assistant l'équipe DCS dans leur taches quotidiennes (Maintenance des systèmes, analyses de données, modifications, nouvelles Implémentations, projets en cours).
- Connaissances et exploitation de la documentation technique relative au contrôle numérique et à l'instrumentation (Contrôle narratives, P&ID, data sheet instruments, Cahier de données des fournisseurs machines).

Annexe A1 : Listes des I/O performance Controller



IO List
Master IOC Slot 3

T/A	I/O Point	Signal	To/From	Signal		Control Block	Control Application	Analog Signal			Discrete Signal Function	Normal State	Power Source	FTA Terminal	Cable Number	Lightning Protection
				Scheme	Tag			Min	Max	Units						
	AI1	Suction Header Pressure	Field	Simplex	PT-0034	UIC-0115	PF6_9	-1	1	bar/g			Ext.		15-1A-0090	MTLSD02
	AI2	Discharge Header Pressure	Field	Simplex	PT-0050	UIC-0115	PF6_9	0	60	bar/g			Ext.		15-1A-0090	MTLSD02
	AI3	WIRED SPARE														MTLSD02
	AI4															
	AI5															
	AI6															
	AI7															
	AI8															
	AI9															
	AI10															
	AI11	Cabinet Temperature	Cabinet	Simplex	Cabinet_Temp	logic	PF6_9	-100	200	degC			Int.			
	AO1	Hardware Fault	PLC		XS-4108C (1)	common							Fault			
	AO2															
	AO3															
	DI1	Power Supply / Fan Failure	Cabinet		PS_Fan_Fai_dgi	logic							Int.			N/A
	DI2	Ethernet Switch Failure	Cabinet		Switch_Failure	logic							Int.			N/A
	DI3	WIRED SPARE														
	DI4															
	DI5															
	DI6															
	DI7															
	DI8															
	DO1	WIRED SPARE														
	DO2	Power Supply Fault	PLC		PS_Fai_dgo	logic							Int.			N/A
	DO3															
	DO4															
	DO5															
	DO6															
	DO7															
	Notes:															
	(1) Tags prefixed by 15															
	(1) Tags assigned by CCC as requested															

Annexe A2 : Liste des I/O load sharing / anti surge controllers A/B

IO List
Train A IOC Slot 3



IO Point	Signal	To/From	Signal Scheme	Signal Tag	Control Block	Control Application	Analog Signal Min Max Units	Discrete Signal Function Normal State	Power Source	FTA Terminal	Cable Number	Lightning Protection
F131	A11 Discharge Flow A (Train A LP)	Field	Duplex	FT-0015A	UIC-0025	AS56_1	0 2500 mmWC		Ext		15-A-0039	MTLSD32
	A12 Suction Flow A (Train A MP)	Field	Duplex	FT-0016A	UIC-0036	AS56_2	0 1250 mmWC		Ext		15-A-0041	MTLSD32
	A13 Suction Flow A (Train A HP)	Field	Duplex	FT-0017A	UIC-0040	AS56_3	0 2500 mmWC		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A14 WIRE2 SPARE	Field	Simplex	PT-0056	UIC-0025	AS56_1	0 8 barg		Ext		15-A-0039	MTLSD32
	A15 Discharge Pressure (Train A LP)	Field	Simplex	PT-0064	UIC-0025	AS56_1	0 1 barg		Ext		15-A-0039	MTLSD32
	A16 Suction Pressure (Train A LP)	Field	Simplex	TT-0041	common	AS56_1 & PF6_7	0 250 degC		Ext		15-A-0038	MTLSD32
	A17 Discharge Temperature (Train A LP)	Field	Simplex	TT-0040	UIC-0025	AS56_1	-50 150 degC		Ext		15-A-0038	MTLSD32
	A18 Suction Temperature (Train A LP)	Field	Simplex	XS-0007A	UIC-0028	PF6_7	0 2000 A		Ext		15-A-0039	MTLSD32
	A19 Motor Current	VSDS	Simplex	SXS-0002A	UIC-0028	PF6_7	0 10000 RPM		Ext			MTLSD32
	A110 Speed Indication (Train A)	VSDS	Simplex									
	A111 Hardware Fault	ESD	Simplex	XS-4108A (1)	common	AS56_1/2/3 & PF6_7		Close	Ext			
	A112 Discharge Pressure (Train A MP)	Field	Simplex	PT-0065	UIC-0036	AS56_2	0 20 barg		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A113 Suction Pressure (Train A MP)	Field	Simplex	TT-0063	UIC-0036	AS56_2	0 8 barg		Ext		15-A-0041	MTLSD32
	A114 Discharge Temperature (Train A MP)	Field	Simplex	TT-0046	UIC-0036	AS56_2	0 250 degC		Ext		15-A-0041	MTLSD32
	A115 Suction Temperature (Train A MP)	Field	Simplex	TT-0047	UIC-0036	AS56_2	0 250 degC		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A116 WIRE2 SPARE	Field	Simplex									
F132	A117 Discharge Pressure (Train A HP)	Field	Simplex	PT-0074	UIC-0040	AS56_3	0 60 barg		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A118 Suction Pressure (Train A HP)	Field	Simplex	PT-0072	UIC-0040	AS56_3	0 20 barg		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A119 Discharge Temperature (Train A HP)	Field	Simplex	TT-0056	UIC-0040	AS56_3	0 250 degC		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A120 Suction Temperature (Train A HP)	Field	Simplex	TT-0055	UIC-0040	AS56_3	0 250 degC		Ext		15-A-0040	MTLSD32
	A121 WIRE2 SPARE	Field	Simplex									
	A122 Cabinet Temperature	Cabinet	Simplex	Cabinet_Temp	logic		-100 200 degC		Int			N/A
F133	A01 Valve Output (Train A LP)	Field	Duplex	UV-0025	UIC-0025	AS56_1	0 100 %		Ext		15-HA-0105	MTLSD32
	A02 Speed Setpoint (Train A)	VSDS	Duplex	SXS-0001A	UIC-0028	PF6_7	0 100 %		Ext			
	A03	Field	Duplex	UV-0036	UIC-0036	AS56_2	0 100 %		Ext		15-HA-0105	MTLSD32
F134	A04 Valve Output (Train A MP)	Field	Duplex	UV-0036	UIC-0036	AS56_2	0 100 %		Ext			
	A05 WIRE2 SPARE	Field	Duplex	UV-0036	UIC-0036	AS56_2	0 100 %		Ext			
	A06	Field	Duplex	UV-0036	UIC-0036	AS56_2	0 100 %		Ext			
D11	CCS Shutdown (Train A LP)	ESD	Simplex	XS-0150A	UIC-0025	AS56_1		Close	Int			N/A
D12	CCS Shutdown (Train A MP)	ESD	Simplex	XS-0151A	UIC-0036	AS56_2		Close	Int			N/A
D13	CCS Shutdown (Train A HP)	ESD	Simplex	XS-0152A	UIC-0040	AS56_3		Close	Int			N/A
D14	Unload	ESD	Simplex	XS-0153A	common	AS56_1/2/3		Close	Int			N/A
D15	CCS Stop	VSDS	Simplex	XS-0154A	common	AS56_1/2/3 & PF6_7		Close	Int			N/A
D16	Power Supply / Fan Failure	Cabinet	Simplex	PS_Fan_Fail_dgi	logic			Close	Int			N/A
D17	Ethernet Switch Failure	Cabinet	Simplex	Switch_Failure	logic			Close	Int			N/A
D18	WIRE2 SPARE	Field	Duplex					Close	Int			N/A
D19	Tracking Request	VSDS	Simplex	XS-0160A	UIC-0028	PF6_7		Close	Int			N/A
D20												
D21												
D22												
D23												
D24												
D25												
D26												
D27												
D28												
D29												
D30												
D31												
D32												
D33												
D34												
F135	D01 Excessive Surge (Train A LP)	ESD	Simplex	XS-0156A	UIC-0025	AS56_1		Close	Ext			N/A
	D02 Excessive Surge (Train A MP)	ESD	Simplex	XS-0157A	UIC-0036	AS56_2		Close	Ext			N/A
	D03 Excessive Surge (Train A HP)	ESD	Simplex	XS-0158A	UIC-0040	AS56_3		Close	Ext			N/A
	D04 WIRE2 SPARE	Field	Simplex									
	D05	Field	Simplex									
	D06	Field	Simplex									
	D07	Field	Simplex									
	D08	Field	Simplex									
	D09	Field	Simplex									
	D10	Field	Simplex									
	D11	Field	Simplex									
	D12	Field	Simplex									
	D13	Field	Simplex									
	D14	Field	Simplex									
	D15	Field	Simplex									
	D16	Field	Simplex									
	D17	Field	Simplex									
	D18	Field	Simplex									
	D19	Field	Simplex									
	D20	Field	Simplex									
	D21	Field	Simplex									
	D22	Field	Simplex									
	D23	Field	Simplex									
	D24	Field	Simplex									

Notes:
(1) Tags prefixed by '15'



IO List
Train B IOC Slot 3

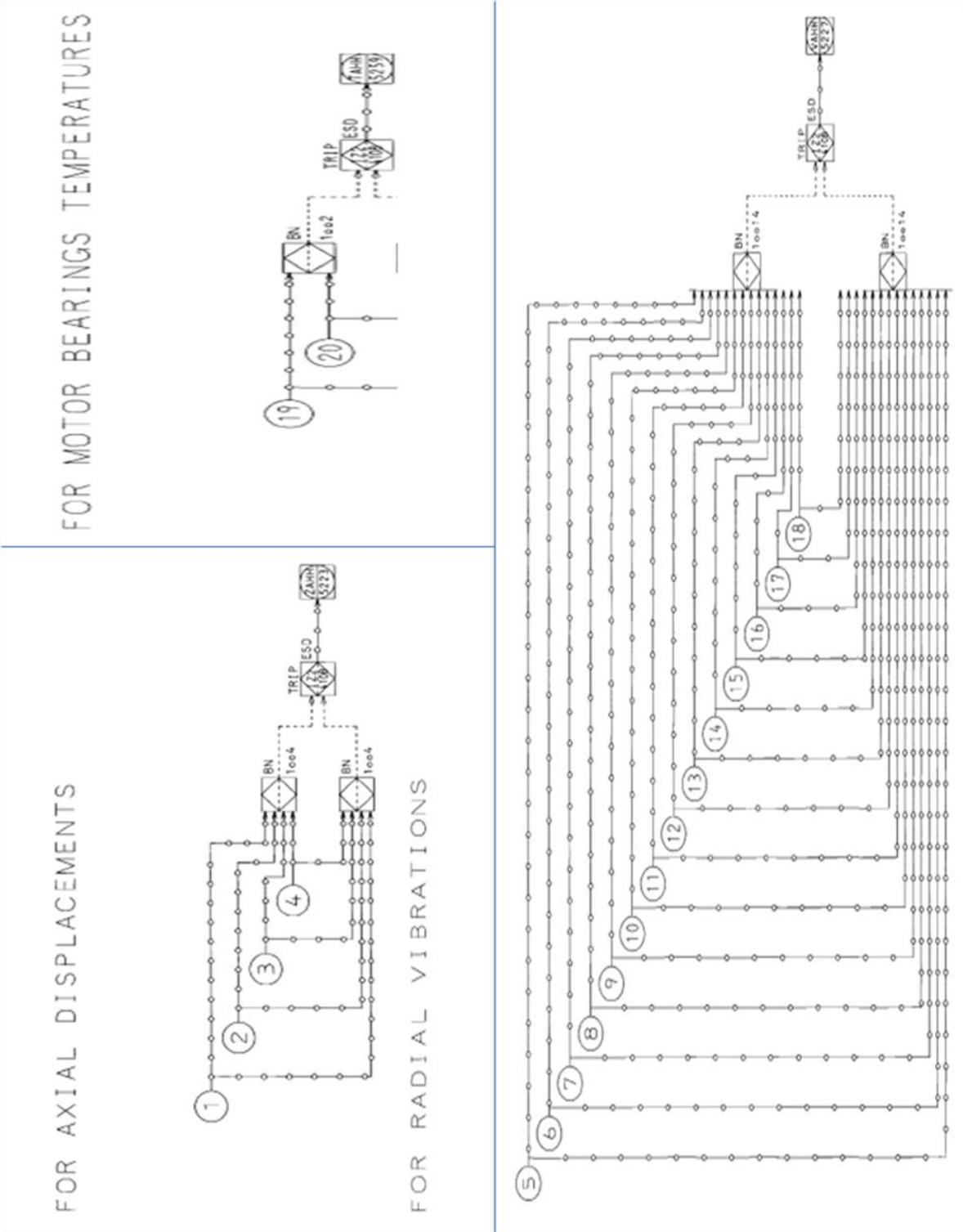
IO Point	Signal	To/From	Signal	Scheme	Signal	Control	Block	Control	Application	Control	Units	Max	Min	Analog Signal	Function	Discrete Signal	Power	Source	Terminal	Cable Number	Lightning Protection	
F231	A11	Discharge Flow A (Train B LP)	Field	Duplex	FT-0018A	UIC-0046	AS6_4	E.K.	mmWC	0	2500									15-AA-0026	MTLSD32	
	A12	Suction Flow A (Train B MP)	Field	Duplex	FT-0019A	UIC-0059	AS6_5	E.K.	mmWC	0	1250									15-AA-0026	MTLSD32	
	A13	Suction Flow A (Train B HP)	Field	Duplex	FT-0020A	UIC-0061	AS6_6	E.K.	mmWC	0	2500									15-AA-0028	MTLSD32	
	A14	WIRE SPARE	Field	Simplex	PT-0081	UIC-0046	AS6_4	E.K.	bar	0	8									15-AA-0026	MTLSD32	
	A15	Suction Pressure (Train B LP)	Field	Simplex	PT-0078	UIC-0046	AS6_4	E.K.	bar	-1	1									15-AA-0026	MTLSD32	
	A16	Discharge Temperature (Train B LP)	Field	Simplex	TT-0062	common	AS6_4 & PF6_8	E.K.	degC	0	250									15-AA-0026	MTLSD32	
	A17	Suction Temperature (Train B LP)	Field	Simplex	TT-0061	UIC-0046	AS6_4	E.K.	degC	-50	50									15-AA-0026	MTLSD32	
	A18	Motor Current	VSDS	Simplex	XS-0001B	UIC-0050	PF6_8	E.K.	A	0	2000											MTLSD32
	A19	Speed Indication (Train B)	VSDS	Simplex	SXS-0002B	UIC-0050	PF6_8	E.K.	RPM	0	10000											MTLSD32
	A110	Hardware Fault	PLC	Simplex	XS-4108B (1)	common			Close	Fault												
	F232	A112	Discharge Pressure (Train B MP)	Field	Simplex	PT-0091	UIC-0059	AS6_5	E.K.	bar	0	20									15-AA-0091	MTLSD32
A113		Suction Pressure (Train B MP)	Field	Simplex	PT-0088	UIC-0059	AS6_5	E.K.	bar	0	8									15-AA-0091	MTLSD32	
A114		Discharge Temperature (Train B MP)	Field	Simplex	TT-0069	UIC-0059	AS6_5	E.K.	degC	0	250									15-AA-0091	MTLSD32	
A115		Suction Temperature (Train B MP)	Field	Simplex	TT-0068	UIC-0059	AS6_5	E.K.	degC	0	250									15-AA-0091	MTLSD32	
A116		WIRE SPARE	Field	Simplex	PT-0097	UIC-0061	AS6_6	E.K.	bar	0	60									15-AA-0028	MTLSD32	
A117		Discharge Pressure (Train B HP)	Field	Simplex	PT-0094	UIC-0061	AS6_6	E.K.	bar	0	20									15-AA-0028	MTLSD32	
A118		Suction Pressure (Train B HP)	Field	Simplex	PT-0076	UIC-0061	AS6_6	E.K.	degC	0	250									15-AA-0028	MTLSD32	
A119		Discharge Temperature (Train B HP)	Field	Simplex	TT-0075	UIC-0061	AS6_6	E.K.	degC	0	250									15-AA-0028	MTLSD32	
A120		Suction Temperature (Train B HP)	Field	Simplex	TT-0075	UIC-0061	AS6_6	E.K.	degC	0	250									15-AA-0028	MTLSD32	
A121		WIRE SPARE	Cabinet	Simplex	Cabinet_Temp	logic																
A122		Cabinet Temperature	Field	Duplex	UV-0048	UIC-0046	AS6_4	E.K.	degC	-100	200									15-AA-0104	MTLSD32	
F233	A01	Valve Output (Train B LP)	VSDS	Duplex	SXS-0001B	UIC-0050	PF6_8	E.K.	%	0	100											
	A03	Speed Setpoint (Train B)	Field	Duplex	UV-0059	UIC-0059	AS6_5	E.K.	%	0	100											
	A04	Valve Output (Train B MP)	Field	Duplex	UV-0059	UIC-0059	AS6_5	E.K.	%	0	100											
	A05	WIRE SPARE	ESD																			
	A06	CCS Shutdown (Train B LP)	ESD																			
	D11	CCS Shutdown (Train B MP)	ESD																			
	D12	CCS Shutdown (Train B HP)	ESD																			
	D13	Unload	ESD																			
	D14	Unload	ESD																			
	D15	Unload	ESD																			
	F234	D01	Excessive Surge (Train B LP)	ESD																		
D02		Excessive Surge (Train B MP)	ESD																			
D03		Excessive Surge (Train B HP)	ESD																			
D04		WIRE SPARE	Cabinet																			
D05		Power Supply / Fan Failure	Cabinet																			
D06		Ethernet Switch Failure	Cabinet																			
D07		Tracking Request	VSDS																			
D08																						
D09																						
D10																						
F235		D01	Excessive Surge (Train B LP)	ESD																		
	D02	Excessive Surge (Train B MP)	ESD																			
	D03	Excessive Surge (Train B HP)	ESD																			
	D04	WIRE SPARE	Cabinet																			
	D05	Power Supply / Fan Failure	Cabinet																			
	D06	Ethernet Switch Failure	Cabinet																			
	D07	Tracking Request	VSDS																			
	D08																					
	D09																					
	D10																					

IO List
Train B IOC Slot 5

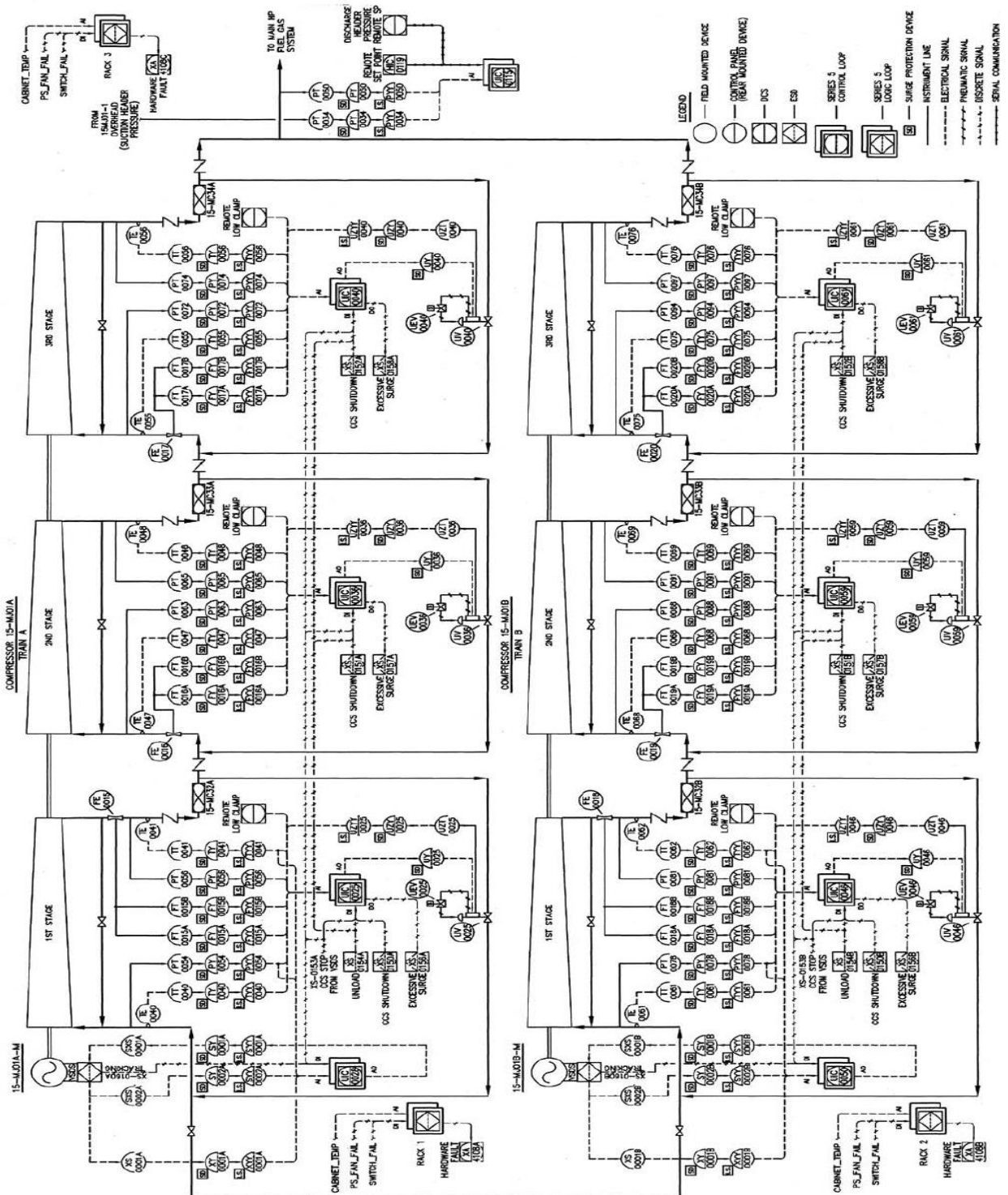


I/O	Point	Signal	To/From	Signal Scheme	Signal Tag	Control Block	Control Application	Analog Signal			Discrete Signal		Power Source	FTA Terminal	Cable Number	Lightning Protection
								Min	Max	Units	Function	Normal State				
AO	A1	Discharge Flow B (Train B LP)	Field	Duplex	FT-0018B	UIC-0046	ASS_4	0	2500	mmWC			Ext.		15-AA-0026	MTLSD32
	A2	Suction Flow B (Train B MP)	Field	Duplex	FT-0019B	UIC-0059	ASS_5	0	1250	mmWC			Ext.		15-AA-0026	MTLSD32
	A3	Suction Flow B (Train B HP)	Field	Duplex	FT-0020B	UIC-0061	ASS_6	0	2500	mmWC			Ext.		15-AA-0028	MTLSD32
	A4	WIRED SPARE														MTLSD32
	A5	Valve Position (Train B LP)	Field	Simplex	UZT-0046	UIC-0046	ASS_4	0	100	%			Ext.		15-AA-0021	MTLSD32
	A6	Valve Position (Train B MP)	Field	Simplex	UZT-0059	UIC-0059	ASS_5	0	100	%			Ext.		15-AA-0021	MTLSD32
	A7	Valve Position (Train B HP)	Field	Simplex	UZT-0061	UIC-0061	ASS_6	0	100	%			Ext.		15-AA-0021	MTLSD32
	A8	WIRED SPARE														MTLSD32
	A9	Remote Low Clamp (Train B LP)	Field	Simplex		UIC-0046	ASS_4	0	100	%			Ext.			N/A
	A10	Remote Low Clamp (Train B MP)	Field	Simplex		UIC-0059	ASS_5	0	100	%			Ext.			N/A
	A11	Remote Low Clamp (Train B HP)	Field	Simplex		UIC-0061	ASS_6	0	100	%			Ext.			N/A
F251	AO1	Valve Output (Train B HP)	Field	Duplex	UV-0061	UIC-0061	ASS_6	0	100	%			Ext.		15-AA-0104	MTLSD32
	AO2															
	AO3															
Notes:																
(1) Tags prefixed by 15																

Annexe B1 : ESD interlock



Annexe B2 : P&ID des compresseurs end flash gas



Références Bibliographiques

- [1] : site web de sonatrach www.sonatrach.dz (consulter le 16 avril 2021).
- [2] :Vendor data book des compresseurs 15-MJ01, GNL3Z-V-448608-3408-1 (consulter le 2 mai 2021).
- [3] :Principes fondamentaux de procédé et d'exploitation, 318800-GNL3Z-MU-PR-00-79009-0.(01.01).03659 (consulter le 12 mai 2021).
- [4] :Manuel opératoire GL3Z, 318800-GNL3Z-MO-PR-00-04000-A_FR.(01.01).17845 (consulter le 20 mai 2021).
- [5] :ICS vendor data book for GL3Z V-465962 VOL1 &VOL2 (consulter le 22 mai 2021).
- [6] :03-2001R400I-1-C300 Controller architecture.ppt (consulter le 29 mai 2021).
- [7] : site web de honeywell www.honeywellprocess.com (consulter le 16 avril 2021).
- [8] : control building users-guide-exdoc-xx19-en-110.pdf (consulter le 22 mai 2021).
- [9]: 3500 monitoring system french from RTO (consulter le 29 mai 2021).

