



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE PETROCHIMIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de :

Master

Filière : Industries Pétrochimiques.

Spécialité : Automatisation en industries pétrochimiques.

Simulation du système de séchage d'air par Triconex -Unité des sécheurs d'air 56-ML01 A/B -GL1K-Skikda

Présenté par :

- **BOUDJATAT Hania**
- **AMARA Wissame**

Soutenu publiquement le : 06/07/2023, devant les membres de jury composé de :

- | | | |
|-----------------------|------------|----------------------|
| ➤ Dr KERBOUA Adlen | Président | Université de Skikda |
| ➤ Pr ZIGHED Lilia | Rapporteur | Université de Skikda |
| ➤ Pr ROUAINIA Mounira | Examineur | Université de Skikda |

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Nous souhaitons débiter nos remerciements en exprimant notre gratitude envers Dieu, qui nous a accordé la force, la sagesse et l'inspiration nécessaires pour mener à bien ce projet. Sa grâce et sa guidance ont été présentes à chaque étape de cette aventure académique.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance envers nos parents pour leur amour, leur soutien inconditionnel et leur encouragement constant tout au long de nos études. Leur présence et leurs sacrifices ont été essentiels à notre réussite académique. Nous sommes infiniment reconnaissants envers nos parents pour leur dévouement et leur confiance en nous. Leur soutien indéfectible a été un moteur essentiel dans la réalisation de ce projet.

Ensuite, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre directeur de mémoire, Pr. Zighed Lilia, pour son soutien constant, ses conseils éclairés et sa disponibilité. Ses connaissances approfondies et son expertise ont grandement enrichi ce travail.

Nous remercions également les membres de notre jury, Dr. Kerboua Adlen et Pr Rouainia Mounia, pour leur temps précieux, leurs commentaires constructifs et leurs suggestions pertinentes lors de la soutenance de cette mémoire.

Nous sommes reconnaissants envers nos professeurs et nos enseignants qui nous ont transmis les connaissances nécessaires pour mener à bien ce projet. Leurs enseignements ont été essentiels dans la compréhension des concepts et des méthodologies utilisés.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers nos amis et notre famille pour leur soutien moral et leur encouragement tout au long de ce parcours académique. Leur présence a été une source de motivation et de réconfort.

Enfin, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage, les ingénieurs de complexe GL1K précisément au service « INSTRUMENTATION » en apportant leur aide, leurs idées et leurs conseils.

Leur contribution a été précieuse pour la réalisation de cet mémoire. Leur implication a été une véritable source d'inspiration.

Nous sommes reconnaissants envers chacun d'entre eux et nous leur sommes profondément reconnaissants.

Merci à tous.

Dédicace

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

....A toi, chère et adorable Mère

....A toi, cher papa mon orgueil sur terre....

*....A mes très chers frères ISSLEM, ADEM et MOHAMED
ASSIL....*

....A mes très chères sœurs MALAK et HANIN....

*....A la mémoire de nos oncles et nos grands-parents, que
Dieu Garde leurs âmes dans son vaste paradis*

*....A la personne qui m'a soutenu et m'a encouragé
BOUZID....*

A toute la famille : AMARA et MOKADEM

A ma binôme HANIA

A mes très chers amis : SELMA, RANIA....

A tous ceux qui me connaissent et ceux que j'aime

WISSAME AMARA



Dédicace

J'ai toujours souhaité offrir quelque chose à mes parents pour les rendre fiers de leur seule fille. Et voici mon rêve qui se réalise en récoltant les fruits de cinq années d'études dans une spécialité que j'ai toujours aimée et désirée. Avant tout, je tiens à dédier ce travail à ceux qui ont été avec moi depuis mon enfance, ceux qui m'ont donné la vie. À ma mère, pour qui les mots ne suffisent pas à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance envers elle. À celle qui a été à mes côtés dans les moments de faiblesse, et qui m'a donné la force, le soutien et l'amour nécessaires pour poursuivre le chemin.

À la personne qui a partagé ces cinq années avec moi depuis le début, je tiens à exprimer ma sincère gratitude pour son soutien et sa présence à mes côtés. À l'homme qui est cher à mon cœur, Aymen.

Je dédier ce travail à :

- ♥ Ma sœur « Tasnime » et mes deux frères « Aimen » et « Zine Eddine ».
- ♥ Mes tantes « Samia, Nadia, Karima et Warda » et ma grande mère « Khadidja ».
- ♥ Mes petits chers « Anes, Adem et Ilyane », aussi à « Seif et Ayoub ».
- ♥ Tous les membres de ma famille.
- ♥ Mes amies.
- ♥ Ma binôme « Wissem ».



Hania

الملخص: من الضروري تركيب معدات معالجة الهواء بعد نظام ضغط الهواء لتعزيز الأداء وطول العمر الافتراضي للمعدات. في أي بيئة جوية، يمكن أن يتطفل البخار المائي والزيوت وملوثات أخرى في الهواء، وهي غير مرئية للعين المجردة وقادرة على التأثير على النظام.

تعتبر مجففات الهواء معدات صناعية تزيل الرطوبة من تدفق الهواء باستخدام مادة مجففة. عندما يمر الهواء في الوسط، يتم امتصاص الرطوبة بواسطة المجفف، مما ينتج عنه هواء جاف.

في مجمع GL1K، يتكون نظام تجفيف الهواء من جهازي تجفيف هواء في الوحدة ML01-56. تتكون هذه الوحدة من مجموعة من ضواغط وفاضل ومجففات الهواء وبالونات توازن.

من أجل ضمان مستوى متقدم من الأمان، تم دراسة تسلسل عمل مجفف الهواء. بالإضافة إلى ذلك، لتحقيق المواصفات التقنية والاقتصادية، قمنا بتقديم استبدال واجهة API Allen Bradley بواجهة API Triconex وإنشاء واجهة رسومية. قمنا بتفصيل مراحل تنفيذ هذا البرنامج، بالإضافة إلى تنفيذه. استخدمنا Tristation 1131 لمحاكاة حلنا واستخدمنا INTOUCH للمراقبة.

الكلمات المفتاحية: نظام الهواء المضغوط، مجففات الهواء، Triconex، Tristation 1131، INTOUCH.

Résumé : Il est essentiel d'installer un équipement de traitement d'air en aval du système de compression d'air afin de maximiser les performances et la longévité de l'équipement. Dans n'importe quel environnement ambiant, de la vapeur d'eau, des huiles et d'autres contaminants peuvent flotter dans l'air, cachés à l'œil nu et capable à altérer sur un système.

Les sècheurs d'air sont des équipements industriels qui éliminent l'humidité d'un flux d'air à l'aide d'un matériau déshydratant. Lorsque l'air circule dans le milieu, l'humidité est absorbée par le dessiccant, permet de générer un air sec.

Au niveau du complexe de GL1K, le système de séchage d'air se compose de deux sècheurs d'air dans l'unité 56-ML01. Cette unité qui comporte un ensemble de compresseurs, un séparateur, l'ensemble des sècheurs et les ballons tampon d'air instrument.

Dans le but de garantir un niveau de sécurité avancé, les séquences de fonctionnement de sécheur d'air sont étudiées. De plus, pour atteindre les spécifications technico-économiques, nous avons proposé de remplacer l'API Allen Bradley par l'API Triconex et de réaliser une interface

graphique. Nous avons détaillé les différentes étapes de mise en œuvre de ce programme, ainsi que de sa réalisation. Nous avons utilisé Tristation 1131 pour effectuer la simulation de notre solution et INTOUCH pour la supervision.

Mots clés : système d'air comprimé, Sécheur d'air, Triconex, Tristation 1131, INTOUCH.

Abstract: It is essential to install air treatment equipment downstream of the air compression system to maximize equipment performance and longevity. In any ambient environment, water vapour, oils and other contaminants can float in the air, hidden from view and capable of interfering with a system.

Air dryers are industrial equipment that remove moisture from an air stream using a desiccant material. As the air circulates through the medium, the moisture is absorbed by the desiccant, generating dry air.

At the GL1K complex, the air drying system consists of two air dryers in unit 56-ML01. This unit comprises a set of compressors, a separator, all the dryers and the instrument air buffer tanks.

In order to guarantee an advanced level of safety, the air dryer operating sequences are studied. In order to meet the technical and economic specifications, we have proposed replacing the Allen Bradley PLC with the Triconex PLC and creating a graphical interface. We have detailed the various steps involved in implementing this program, as well as its completion. We used Tristation 1131 to simulate our solution and INTOUCH for supervision.

Keywords: compressed air system, air dryers, Triconex, Tristation 1131, INTOUCH.

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	III
Liste des abréviations.....	IV
Introduction générale	1

Chapitre I : Présentation du complexe GL1/k

I.1. Introduction	3
I.2. Présentation du complexe GL1K /Skikda le nouveau train de GNL	3
I.3. Organisation générale du complexe GL1/K.....	4
I.4. Organigramme département maintenance	6
I.5. Organigramme service instrumentation	7
I.6. Rôle d'un instrumentiste	7
I.7. Capacité de production du GL1/K	8
I.8. Composition du gaz naturel	8
I.9. Procédé de production	9
I.9.1. Unité 01 (conditionnement)	9
I.9.2. Unité 12 /13 /14 (traitement de gaz)	10
I.9.3. Unité 15 (liquéfaction)	11
I.9.4. Unité 07 (fractionnement)	13
I.9.5. Unité 71/76 (stockage et chargement)	14
I.9.6. Les autres unités connexes de GL1K (les utilités)	14
I.10. Conclusion	15

Chapitre II : Unité des sécheurs d'air 56-ML01 A/B

II.1. Introduction	16
II.2. Description du système	16
II.3. Ensemble des compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C	18
II.4. Séparateur d'air humide 56-ML02.....	19
II.5. Ensemble des sécheurs d'air 56-ML01-A/B.....	19
II.6. Ballon tampon d'air instrument 56-MD02.....	20
II.7. Paramètres d'exploitations normales.....	21

II.8. Fonctionnement de sécheur d'air.....	21
II.9. Dysfonctionnements du procédé et perte de production.....	24
II.10. Sécurité / arrêt d'urgence.....	24
II.11. Liste des équipements	25
II.12. Consommation des utilités	25
II.13. Conclusion.....	26

Chapitre III : L'automate programmable industriel « TRICONEX »

III.1.Introduction.....	27
III.1.1. Système d'exploitation	27
III.1.2. Programme utilisateur	27
III.2.Définition de l'Automate Programmable Industriel	27
III.3.Triconex	28
III.3.1. Principaux éléments du TRICON CX	29
III.3.1.1.Les alimentations.....	29
III.3.1.2. Les unités centrales.....	30
III.3.1.3. Les modules d'entrées	33
III.3.1.4. Les modules de sorties	35
III.3.1.5. Les modules de communications	36
III.4.L'architecture Triplée Modulaire Redondante TMR	38
III.4.1.Principe de fonctionnement.....	39
III.4.2. Configuration matérielle	40
III.4.3. Distribution de l'alimentation et bus de système	42
III.4.4. Avantages de l'architecture Triplée Modulaire Redondant (TMR)	43
III.5. Le logiciel TriStation 1131	44
III.5.1. Application logicielle et protocole	45
III.5.2. Langages de programmation	46
III.6. Intouch Wonderware	47
III.7. Conclusion	47

Chapitre IV : Programmation et simulation

IV.1. Introduction.....	48
IV.2. Description du système	48

IV.3. Programmation de démarrage, des séquences et d'arrêt d'urgence du système	51
1) Programmation du démarrage.....	51
2) Programmation des séquences des vannes.....	51
3) Programmation de démarrage des sécheurs d'air (tours A et B).....	52
4) Programmation d'arrêt et d'arrêt d'urgence.....	60
IV.4. Test de système de séchage à partir du HMI.....	64
IV.5. Conclusion	65
Bibliographie	68
Annexe A: Air dryer Package P&ID.....	70

Liste des figures

Chapitre I : Présentation du complexe GL1K.

Figure I.1 : Situation géographique du complexe GL1K.....	4
Figure I.2: La direction générale de GL1/K.....	5
Figure I.3: La direction de la maintenance.	6
Figure I.4: La direction du service d'instrumentation	7
Figure I.5: Schéma de procédé fonctionnel.	9
Figure I.6: Unité 01.....	10
Figure I.7: Unité 12/13.....	11
Figure I.8: Unité 15.....	12
Figure I.9: Unité 07.....	13

Chapitre II : Unité des sécheurs d'air 56-ML01 A/B.

Figure II.1: Vue d'ensemble d'un sécheur d'air [1].	17
Figure II.2: Grafset et schéma générale d'un sécheur d'air.....	23

Chapitre III : L'automate programmable industriel « TRICONEX »

Figure III.1: Les principaux éléments du TRICON CX [6].	29
Figure III.2: Architecture d'alimentation du châssis.....	30
Figure III.3: Architecture de processeur principal [7].....	31
Figure III.4: Architecture d'un module d'entrées logiques TMR [7].	33
Figure III.5: Architecture d'un module de sorties logiques TMR [7].....	36
Figure III.6: Architecture d'un module de communications [7].	37
Figure III.7: Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) [12].	38
Figure III.8: Illustration du système de vote de TRIBUS [7].....	40
Figure III.9: Le châssis d'extension du TRICON CX.....	41

Chapitre IV : Programmation et simulation.

Figure IV.1: Démarrage du système de séchage.....	51
Figure IV.2: Les séquences des vannes.	52
Figure IV.3: Démarrage de la tour A (en service).	53
Figure IV.4: L'isolation de la tour B.	53

Figure IV.5: La tour B en Dépressurisation.....	54
Figure IV.6: La régénération de la tour B.....	54
Figure IV.7: Le temps de régénération de la tour B.	55
Figure IV.8: La pressurisation de la tour B.....	55
Figure IV.9: Le temps de pressurisation de la tour B.	56
Figure IV.10: La tour B en service.	56
Figure IV.11: L'isolation de la tour A.....	57
Figure IV.12: La dépressurisation de la tour A.....	57
Figure IV.13: La régénération de la tour A.....	58
Figure IV.14: Le temps de régénération de la tour A.	58
Figure IV.15: La pressurisation de la tour A.	59
Figure IV.16: Le temps de pressurisation de la tour A.	59
Figure IV.17: La fin de la pressurisation de la tour A.	60
Figure IV.18: La fermeture des vannes.....	61
Figure IV.19: L'arrêt des tours A et B.....	62
Figure IV.20: L'allumage de la lampe d'arrêt d'urgence.	63
Figure IV.22: le schéma de simulation sur INTOUCH avant le démarrage.	64
Figure IV.23: Le schéma de simulation sur "INTOUCH" pendant la programmation.	65

Liste des tableaux

Tableau I.1: Composition du gaz naturel.....	9
Tableau II.1: Action faites selon la pression du 56-MD02 [3].....	20
Tableau II.2: Variables opératoires pour le système d'air service et d'air instrument [3].	21
Tableau II.3: Soupapes de sécurité associées au système d'air service et d'air instrument [3].	25
Tableau II.4: Liste des équipements du système d'air service et d'air instrument [3].....	25
Tableau II.5: Liste des moteurs du système d'air service et d'air instrument [3].	26
Tableau IV.1: Déroulement des séquences.....	49
Tableau IV.2 : Tableau d'entrées logiques.....	50
Tableau IV.3 : Tableau de sorties logiques.	50

Liste des abréviations

GL1K : le complexe de Liquéfaction du Gaz naturel situé à Skikda.

GNL : Gaz Naturel Liquéfier.

API : Automate Programmable Industriel.

GL3Z : le complexe de Gaz naturel Liquéfié à Arzew.

GN : Gaz Naturel

SNCC : Système numérique de contrôle centralisé

BASF : Badische Anilin- und Soda-Fabrik (fabrique d'aniline et de soude de bade) (la plus grandes entreprises chimiques au monde).

APCI: Air Product and Chemicals Incorporation (incorporation des produits de l'air et produits chimiques)

MR: Moteur Rotatif.

BOG: Boil- Off Gas (gaz d'ébullition).

MCC: Centre de Commande de Moteur.

PLC: Programmable Logic Controller (L'automate programmable industriel).

HMI: Human-Machine Interface (interface homme-machine).

MR/PR: Main Pressure (pression principale)/ Pressure Reducing (réduction de pression).

PALL: Pressure Alarm Low Low.

ESD: Emergency Shutdown Device (arrêt d'urgence).

PALLL: Pressure Alarm Low Low Low (alarme de pression basse basse).

EV: Electro Vanne.

CPU: Central Processing Unit (unite central de traitement).

RXM: carte d'extension de module d'E/S.

VDC: Volts Direct Current (tension continu en volt).

MP: Main processeur (processeur principal).

SRAM: Static Random Access Memory (mémoire vive).

TMR: Triple Module Redondant.

DC: Direct Current (courant continu).

OVD: Output Voter Diagnostic (diagnostic de l'électeur de sortie).

UCN: Universal Communications Network (réseau de communication universel).

SMM: Safety Manager Module (module de gestion de la sécurité).

ACM: Advanced Communication Module (module de communication avancé).

EICM: Ethernet/IP Communication Module (module de communication Ethernet/IP).

NCM: Network communication module (module de communication d'un réseau).

SOE: Sequence Of Event (sequence d'événements).

DCS: Distributed Control System (système de contrôle distribué).

DDE: Dynamic Data Exchange (échange de données dynamique).

TSAA: Tricon CX System Access Application (demande d'accès au système Tricon CX).

SER: Sequence Event Recorder (enregistreur d'événements de séquence).

NTB: Network Time Protocol (protocole de temps réseau).

CEMPLE: Cause and Effect Matrix Programming Language Editor (Editeur du langage de programmation de la matrice des causes et des effets).

Introduction générale

Introduction générale :

Actuellement, les procédés industriels connaissent une évolution croissante grâce aux progrès technologiques. Pour cela, la plupart des sociétés algériennes ont pris pour but de frôler le sommet de la technologie en améliorant les anciennes machines et méthodes, comme le cas de la société algérienne des hydrocarbures SONATRACH, plus précisément le complexe GL1K de Skikda, qui a pour but la liquéfaction du gaz naturel venant de Hassi Rmel par gazoduc.

Pour cela, le nouveau train de GNL se compose de plusieurs services et de plusieurs unités dont le fonctionnement est lié et totalement automatisé. Les unités utilitaires, tel que l'unité de production d'énergie électrique, l'unité de production d'air service et d'air instrument sont aussi totalement automatisés.

Le système de séchage d'air service et d'air instrument est primordial dans les installations pétrolières ou gazières tel que le complexe GL1K. Le sécheur d'air a pour rôle de sécher et de débarrasser l'air entrant dans les instruments de toute humidité ou d'impureté afin de protéger les instruments contre la corrosion ou de la dégradation, ceci dans le but de garantir le bon fonctionnement des vannes et des instruments indispensables pour les installations. L'air service et l'air instrument sont tous deux distribués à travers toute l'usine vers toutes les unités dans des collecteurs séparés [1]. Ce système de séchage, pour atteindre les spécifications technico-économiques est géré par un API fabriqué par la firme « ALLEN BRADLEY ». C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet de mémoire fin d'études, notre principal objectif est de garantir un niveau de sécurité avancée en utilisant l'API « TRICONEX » ainsi que la réalisation d'une interface graphique pour la supervision et le contrôle de ce système afin de faciliter la tâche de l'opérateur, et de rendre le système de supervision plus fiable et plus rapide en utilisant un logiciel nommé « INTOUCH ».

Notre mémoire est composé de quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous présentons brièvement le complexe industriel GL1K de Skikda, dans lequel nous avons effectué notre stage pratique d'une part. D'autre part, nous décrivons le procédé de liquéfaction de gaz naturel.

Introduction générale

- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation détaillée du système de séchage d'air service et d'air instrument et à la simplification des séquences de sécheur d'air avec Grafset.
- Le troisième chapitre est destiné à la description de l'Automate Programmable Industriel « TRICONEX », son système «TRICON CX » et son logiciel de programmation « TriStation 1131 ». Ainsi qu'une brève description de l'outil de supervision «INTOUCH ».
- Le quatrième chapitre est dédié à la programmation des séquences du sécheur d'air service et d'air instrument sur la nouvelle version de « TriStation 1131 5.5.0 », ainsi que la supervision en temps réel des événements grâce à la fenêtre de supervision réalisées sous INTOUCH.

Nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale.

Chapitre I : Présentation du complexe GL_1/k

I.1. Introduction :

L'Algérie dispose de réserves considérables de gaz naturel, notamment avec le champ de HASSI R'MEL qui est le plus vaste au niveau mondial, ainsi que celui d'AIN-SALAH.

Depuis 1980, l'Algérie s'est hissée parmi les principaux exportateurs mondiaux de gaz naturel.

Une particularité à souligner est que l'Algérie a pu réaliser diverses installations de liquéfaction de gaz naturel qui lui permettent de le commercialiser sous forme liquide et le transporter dans des méthaniers vers le marché extérieur (États-Unis, Europe... ect).

La production de gaz naturel provenant de l'Algérie atteindra un volume de 80 milliards de mètres cubes. Autrement dit, l'Algérie est devenue parmi les premiers exportateurs dans ce secteur.

SONATRACH a construit de nombreuses usines de liquéfaction pour atteindre ces objectifs.

En matière de GNL, SONATRACH a mis en service deux nouveaux méga trains de liquéfaction, le premier à Skikda, le **GL1K** réceptionné en **2013**, le deuxième à Arzew le **GL3Z** réceptionné en **2014**.

I.2. Présentation du complexe GL1K /Skikda le nouveau train de GNL :

Le nouveau train de GNL (MÉGA TRAIN) est situé à l'intérieur de l'enceinte du complexe GL1/K (figure I.1), au Nord-Ouest des trains de liquéfaction existants. Ce complexe est alimenté en gaz naturel (GN) à partir du gisement de HASSI R'MEL par gazoduc d'une longueur de 580 Km et de 40 cm de diamètre [2].

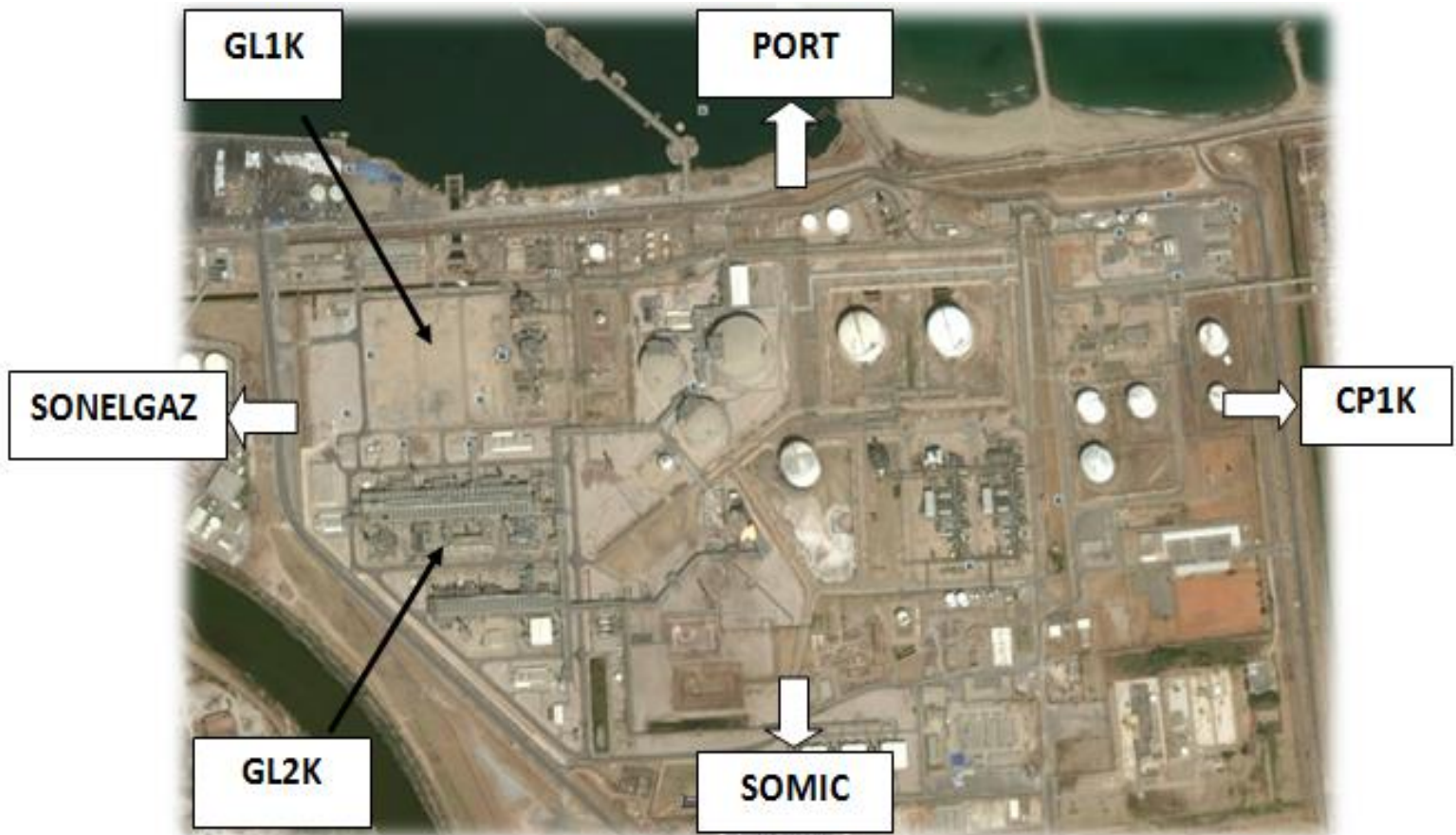


Figure I.1 : Situation géographique du complexe GL1K.

I.3. Organisation générale du complexe GL1/K :

On peut le résumer dans l'organigramme suivant :

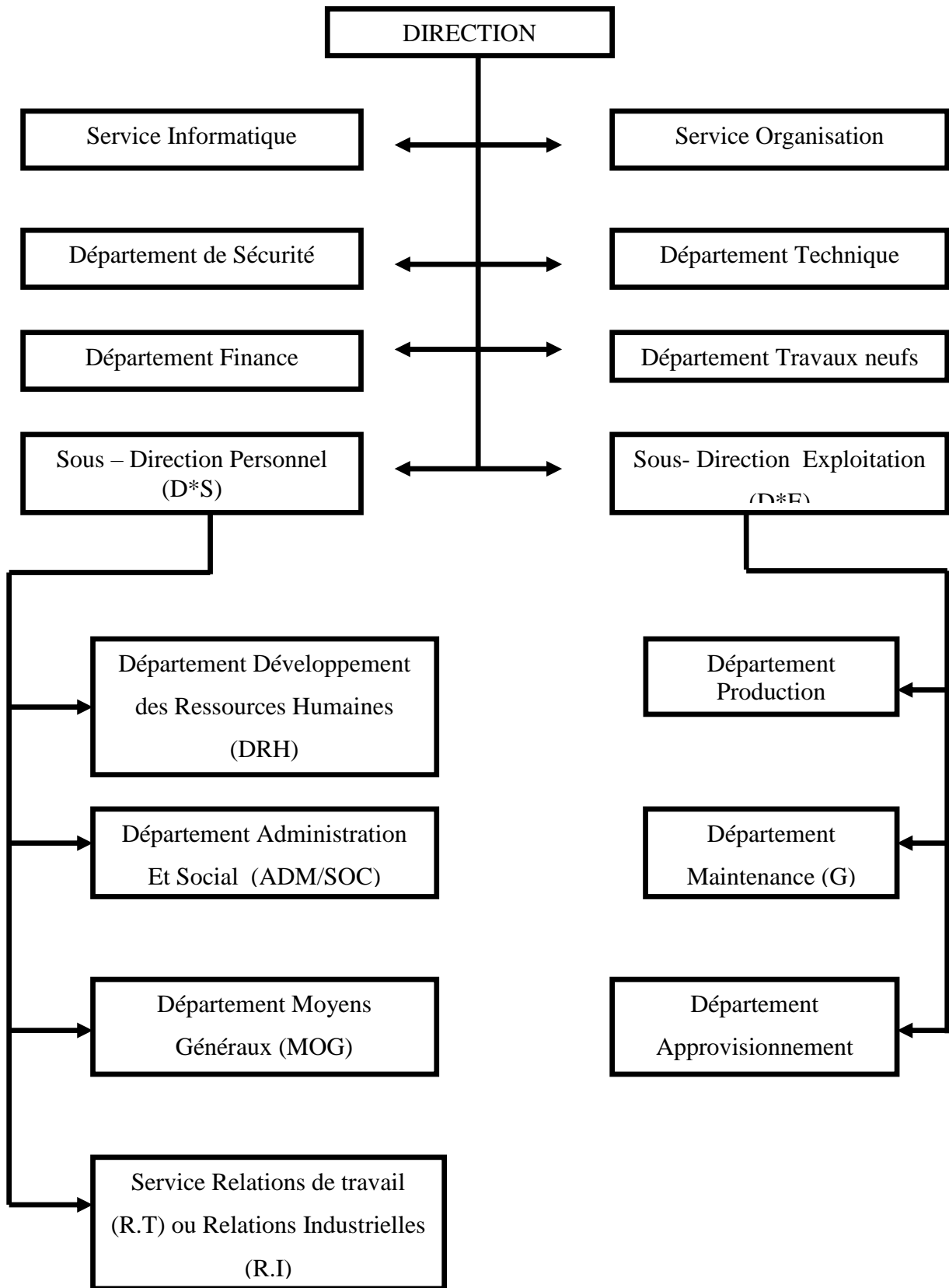
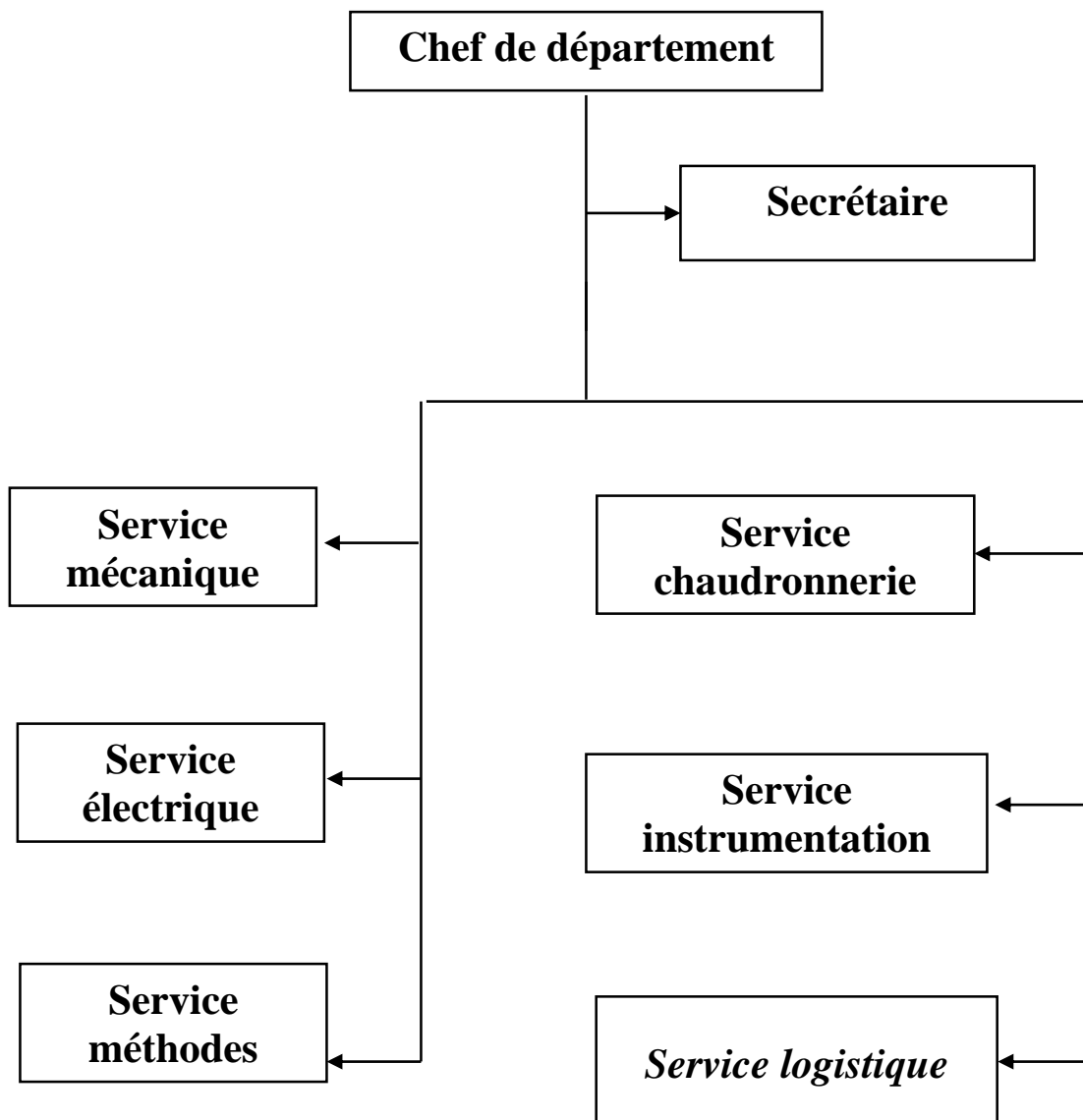


Figure II.2: La direction générale de GL1/K.

I.4. Organigramme département maintenance :**Figure III.3:** La direction de la maintenance.

I.5. Organigramme service instrumentation :

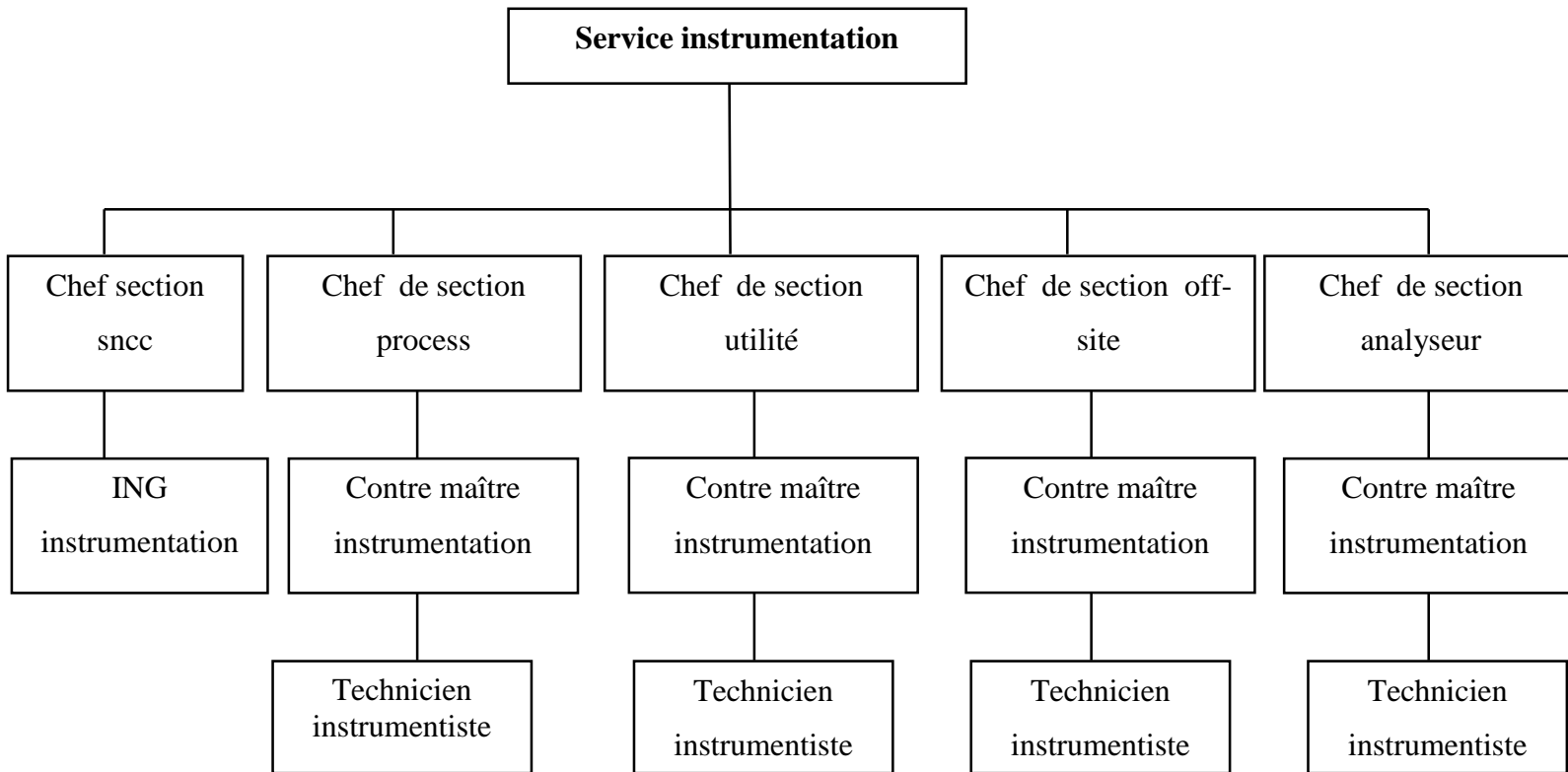


Figure I.4: La direction du service d'instrumentation.

I.6. Rôle d'un instrumentiste :

L'instrumentiste fait partie d'un personnel de la maintenance, il doit opérer dans une unité, et cela, après une formation théorique et pratique. Cette formation se poursuivra auprès des unités de liquéfaction qui sera réalisée avec l'assistance du personnel qualifié.

Le travail de l'instrumentiste doit être ordonné et dressé sur une liste des tâches qui lui sont confiées selon l'ordre du travail, donc l'instrumentiste pourra se situer facilement dans la zone où il doit travailler. Il doit intervenir lors d'une anomalie sur des équipements tels que : transmetteurs, indicateurs, régulateurs, positionneurs, etc. L'instrumentiste doit être méthodique dans son travail, cela facilitera sa tâche et son intervention.

La prévention doit être obligatoirement un devoir d'une grande importance comme tous les agents de la maintenance.

L'instrumentiste doit répondre à toutes les normes de sécurité qui peuvent exister dans une unité. Il doit observer les normes du chantier qui lui ont été communiquées et ceci dans le but de garantir sa sécurité personnelle et la sécurité des autres, il doit utiliser avec soin les dispositifs de sécurité et les moyens de protection.

L'agent de maintenance doit contrôler le travail et le lieu de travail. Il doit utiliser les instruments et les outils appropriés au travail selon le permis de travail.

I.7. Capacité de production du GL1/K :

Afin de restituer la capacité de production perdue lors de l'incident du 19 janvier 2004, qui a touché le complexe GL1/K, SONATRACH a décidé de construire un nouveau train de liquéfaction du gaz naturel, ayant pour objectif la production de [2]:

- 9,978 millions m³ **GNL**.
- 171 400 tonnes métriques de **Butane**.
- 207 600 tonnes métriques de **Propane**.
- 164 700 tonnes métriques **d'Éthane**.
- 108 700 tonnes métriques de **Gazoline**.
- 163 millions m³ par an de **Gaz enrichi en Hélium**.
- 2 640 tonnes **d'isobutane**.
- Date de Mise en Production : **2013**.

I.8. Composition du gaz naturel :

Le GN, à sa sortie du gisement de HASSI RMEL, est un mélange d'hydrocarbures dont la teneur en méthane est > à 80% ; mais contient également de l'éthane, du propane, du butane, du pentane et quelques traces d'hydrocarbures lourds (C6+).

On y trouve ainsi d'autres constituants tels que He, N₂, CO₂ et le H₂O, ainsi que des impuretés sous forme de poussière et des traces d'huiles comme montre dans le tableau ci-dessous.

I.9. Procédé de production :

Comme on a mentionné précédemment, le GN possède plusieurs impuretés. En effet, ce dernier passe par plusieurs unités de traitement (figure I.5) dont chacune a un rôle spécifique que l'on verra plus tard.

Tableau I.1: Composition du gaz naturel.

CONST	He	N2	Méthane	Éthane	Propane	Butane	Pentane	Hexane	CO2
% MOLE	0.19	5.77	83.27	7.57	1.99	0.78	0.20	0.03	0.20

I.9.1. Unité 01 (conditionnement) :

Cette unité a pour objectif de conditionner le GN en passant par les étapes suivantes :

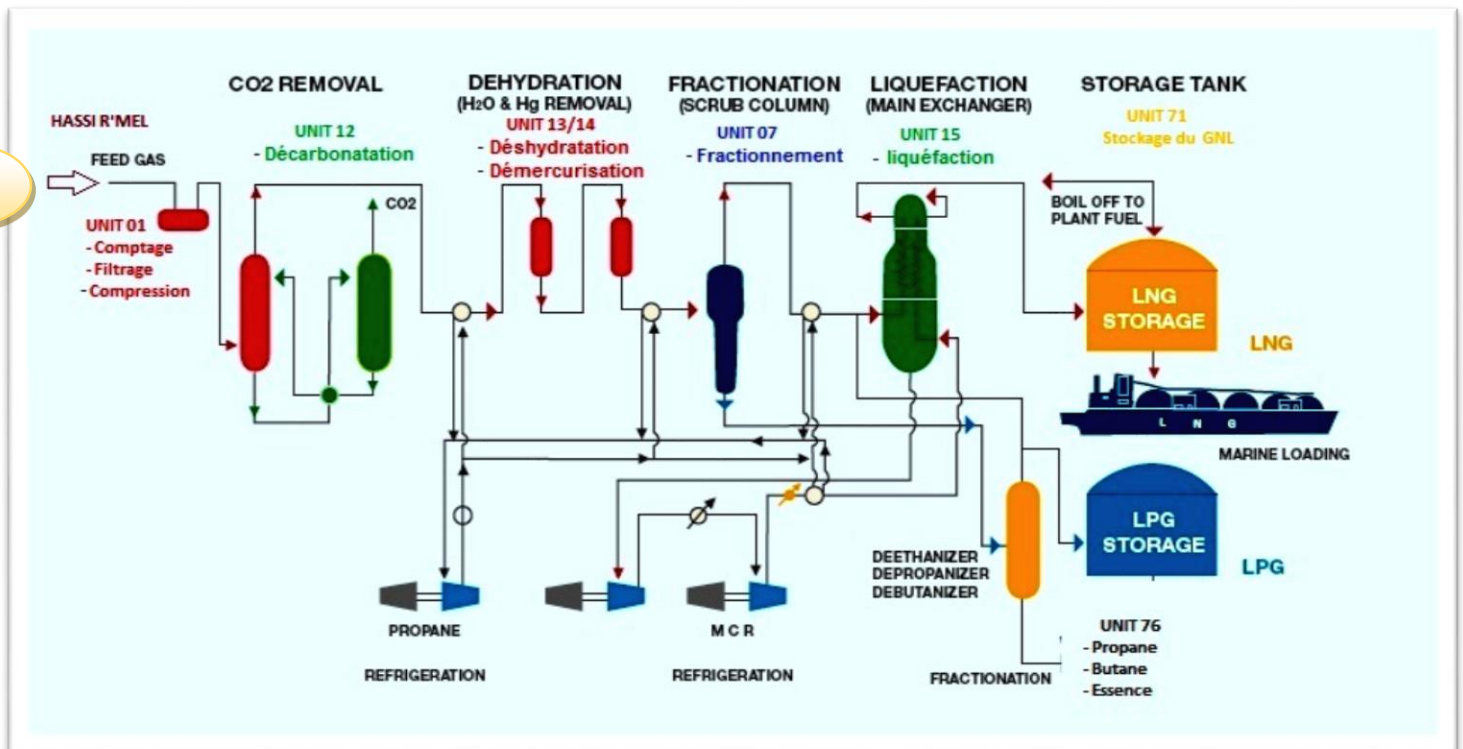


Figure I.5: Schéma de procédé fonctionnel.

❖ Comptage du gaz :

Le rôle du système de comptage est le calcul en temps réel de la quantité de gaz entrante au niveau du Méga-train ainsi que l'analyse de sa composition chimique.

❖ Filtrage du gaz :

Le rôle des filtres est de retenir les particules solides et liquides contenus dans le GN (Figure. I.6), pour éviter le phénomène du moussage au niveau de l'unité de décarbonatation.

❖ Compression du gaz d'alimentation :

L'augmentation de la pression entrante du GN de 42 bars à 66 bars est pour faciliter sa liquéfaction et réduire la consommation d'énergie.

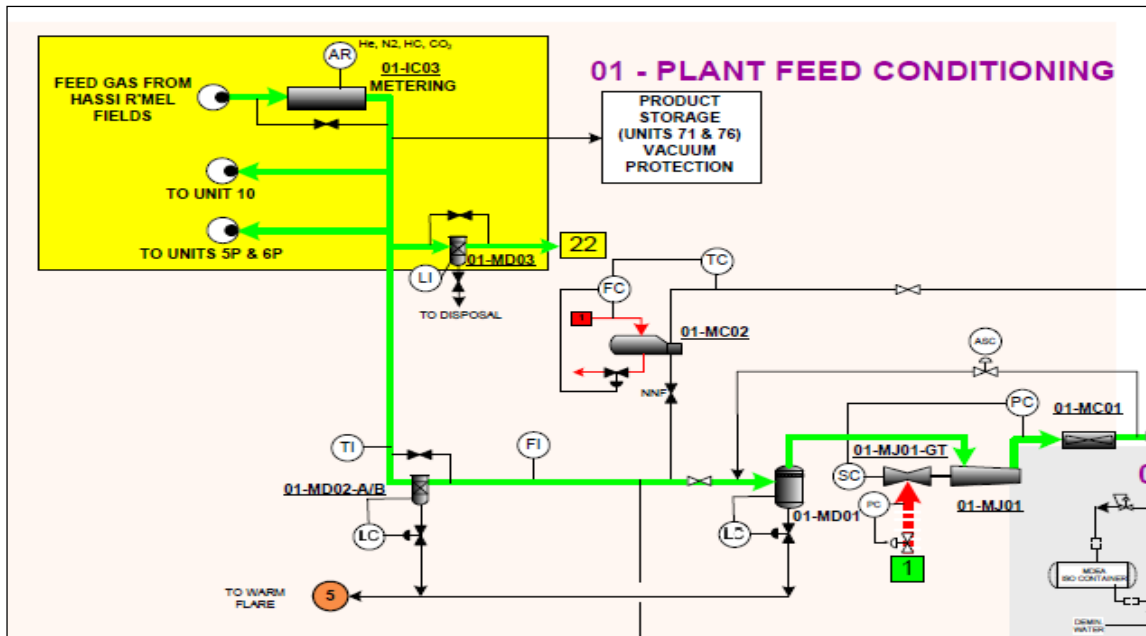


Figure I.6: Unité 01.

I.9.2. Unité 12 /13 /14 (traitement de gaz) :

Avant de passer à l'unité de liquéfaction, le gaz naturel doit subir trois traitements pour être débarrassé des trois éléments nuisibles au fonctionnement des équipements, à savoir le CO₂ au moyen du solvant, l'eau au moyen de l'alumine et le mercure. Ceci est réalisé au niveau des unités de Décarbonatation (unité 12), Déshydratation (unité 13) et Démercurisation (unité 14).

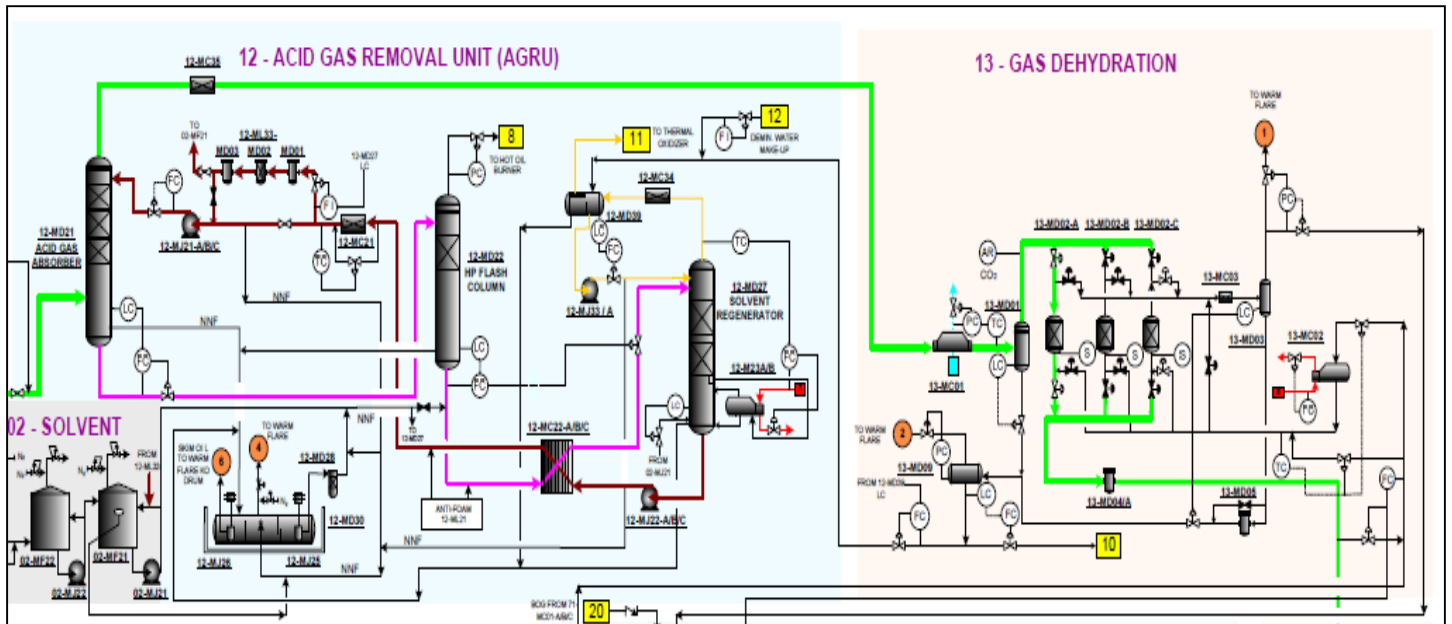


Figure I.7: Unité 12/13.

I.9.3. Unité 15 (liquéfaction) :

Liquéfie un gaz en abaissant sa température ou en augmentant sa pression, dans la pratique, pour liquéfier le gaz naturel, on combine les deux méthodes.

L'extraction de la chaleur est obtenue par le biais d'un fluide réfrigérant que l'on aura auparavant refroidi par « auto réfrigération ». Ce réfrigérant est par la suite circulé à contre-courant dans un échangeur cryogénique (Figure I.5) où il va extraire la chaleur contenue dans le gaz naturel.

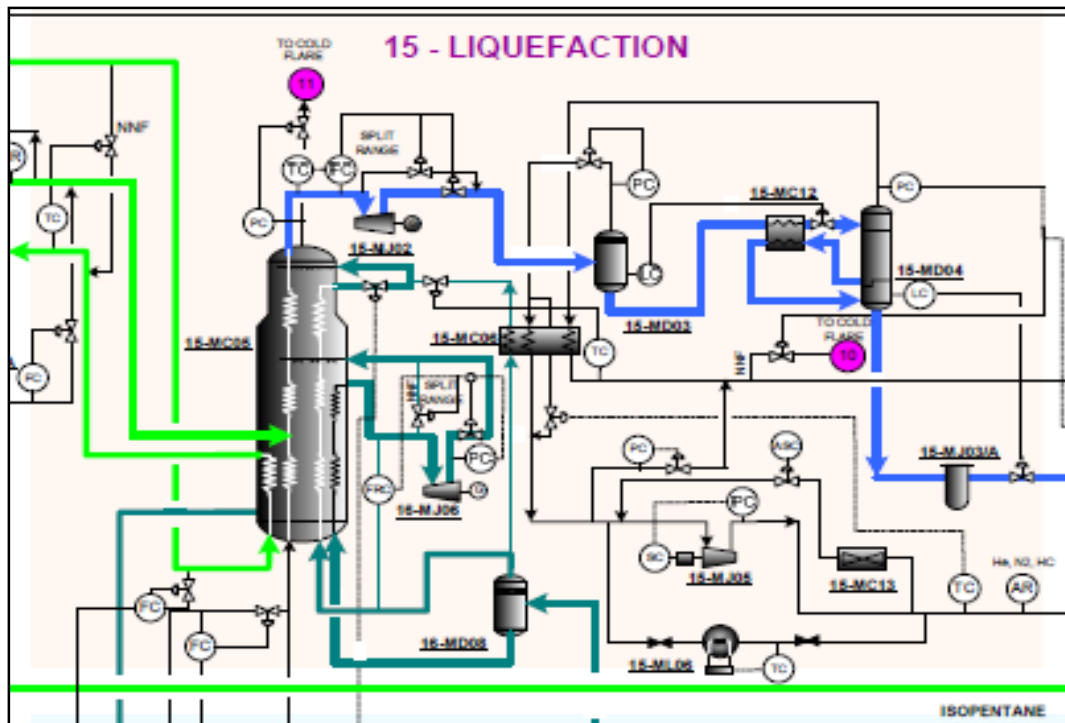


Figure I.8: Unité 15.

Le Procédé de liquéfaction utilisé est le procédé BASF de APCI (Air Product and Chemicals Incorporation) qui consiste principalement en :

- ❖ **Un système de pré-refroidissement utilisant une boucle de réfrigération au propane, comprenant :**
 - Un compresseur de propane à quatre étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéro-réfrigérants.
- ❖ **Une boucle de réfrigération au réfrigérant mixte obtenu à partir du gaz naturel comprenant :**
 - Un compresseur de MR à trois étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéro-réfrigérants.

- ❖ **Un système de réfrigération externe utilisant une boucle au propane, comprenant**
 - Un compresseur de propane à quatre étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéro-réfrigérants.
- ❖ **Un échangeur principal de type bobiné pour la liquéfaction.**

I.9.4. Unité 07 (fractionnement) :

Son but est de séparer les constituants dits « lourds » du gaz naturel (Figure I.9), ceci afin de respecter les spécifications commerciales du GNL. Ces constituants sont :

- L'Éthane.
- Le Propane.
- Le Butane.
- La Gazoline (C5+).

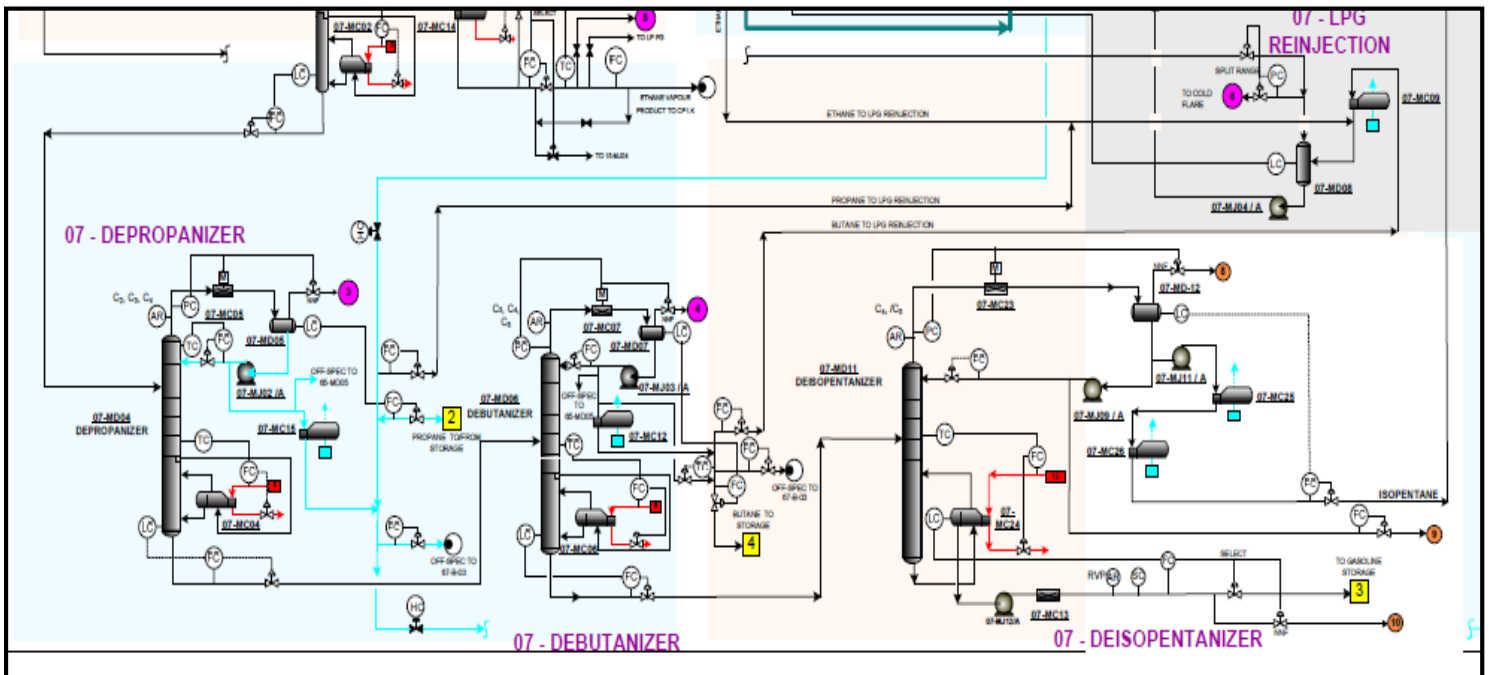


Figure I.9: Unité 07.

I.9.5. Unité 71/76 (stockage et chargement) :

L'objectif de cette unité est de :

- Stocker le GNL produit à partir du Nouveau Train et chargement de méthanier de GNL (Unité 71).
- Groupe de stockage et réfrigération de Propane/Butane/Essence (UNIT 76).
- Le boil-off généré durant le stockage sera repris par les compresseurs de BOG puis renvoyé vers le réseau Fuel Gas du Nouveau Train de GNL.

I.9.6. Les autres unités connexes de GL1K (les utilités) :

Ces installations assurent la fourniture des services nécessaires au bon fonctionnement du Nouveau Train de GNL.

❖ Unité 51 Production de L'énergie électrique :

- Cinq Générateur Diesel d'une puissance unitaire de 1,8 MW. Ces équipements ont pour rôle de fournir l'énergie électrique requise pour le démarrage et l'arrêt sécurisés des installations.
- Cinq turbos générateurs (turbines à gaz entraînant des alternateurs) d'une puissance unitaire de 25 MW, ils servent à fournir l'énergie électrique pour le nouveau Train de GNL et pour le complexe existant (GL-1/K).
- la distribution électrique par six sous stations.

❖ Unité 56 (production d'air instrument et d'air service) :

L'unité comprend trois compresseurs d'une capacité individuelle de 3300 Nm³/heure, équipés d'une batterie de sécheurs et de ballons de recette associés. Ces équipements produisent de l'air instrument sec pour les besoins de l'instrumentation, tels que les vannes et les positionneurs, ainsi que de l'air de service non séché pour les besoins utilitaires des installations, tels que le nettoyage, par exemple.

❖ Unité 71/65 (Le système torche et brûlot) :

- Il y a une torche qui reçoit les effluents gazeux provenant des unités du Nouveau Train de GNL ainsi que du complexe existant. La torche a une hauteur de 150 mètres et est montée sur un seul derrick composé de trois fûts, dont deux sont dédiés au Nouveau Train et un est dédié aux unités existantes de GL-1/K.
- Il y a une torche basse pression (torche confinée) qui reçoit le boil-off du Nouveau Train de GNL et du complexe GL-1/K, qui ne peut pas être repris par les compresseurs du BOG.
- Un brûlot recevant les liquides torchés à partir du Nouveau Train de GNL et du complexe existant.

I.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a vu que le GNL est un complexe gazier dont l'objectif est la liquéfaction du GN pour faciliter son transport et sa commercialisation, pour parvenir à ces fins, il a employé un nombre considérable de personnels pour assurer le bon fonctionnement de l'usine dont l'instrumentation qui garantit la sécurité des équipements et la qualité des produits, on aura droit au système de séchage d'air service et d'air instrument et son fonctionnement dans le prochain chapitre.

*Chapitre II : Unité des sécheurs
d'air 56-ML01 A/B*

II.1. Introduction :

Ce chapitre décrit les installations et les équipements dont dispose le système d'air service. Ces équipements produisent de l'air instrument sec pour les besoins de l'instrumentation, tels que les vannes et les positionneurs, ainsi que de l'air de service non séché pour les besoins utilitaires des installations, tels que le nettoyage, par exemple.

L'objectif de ce système est de fournir de l'air à une pression d'environ 9,5 bar eff aux utilités grâce aux collecteurs d'air service, et d'alimenter le système d'air instrument qui sera déshydraté par les sècheurs d'air et fournit de l'air instrument aux points de consommation à une pression normale d'environ 9 bar eff.

Cette unité comprime l'air utilisé dans l'usine, filtre et déshydrate une partie de cet air service pour utilisation par l'instrumentation et les positionneurs des vannes de régulation. L'air service et l'air instrument sont tous deux distribués à travers toute l'usine vers toutes les unités dans des collecteurs séparés.

II.2. Description du système :

Il y a trois (03) ensembles de compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C qui fonctionnent à 100% : l'un est en service et les deux autres en stand-by, chacun est prévu pour 3345 Nm³/h à une pression nominale de décharge de 10 bar eff. Les compresseurs sont actionnés par des moteurs à pistons secs, ils sont à deux phases, à impulsion en air libre, avec système de refroidissement d'eau.

L'air atmosphérique comprimé par les compresseurs traverse le séparateur d'air humide 56-ML02, dans lequel toute eau qui se condense pendant la compression est séparée. L'air est ensuite distribué dans les postes d'air service par l'intermédiaire des collecteurs d'air service de l'usine.

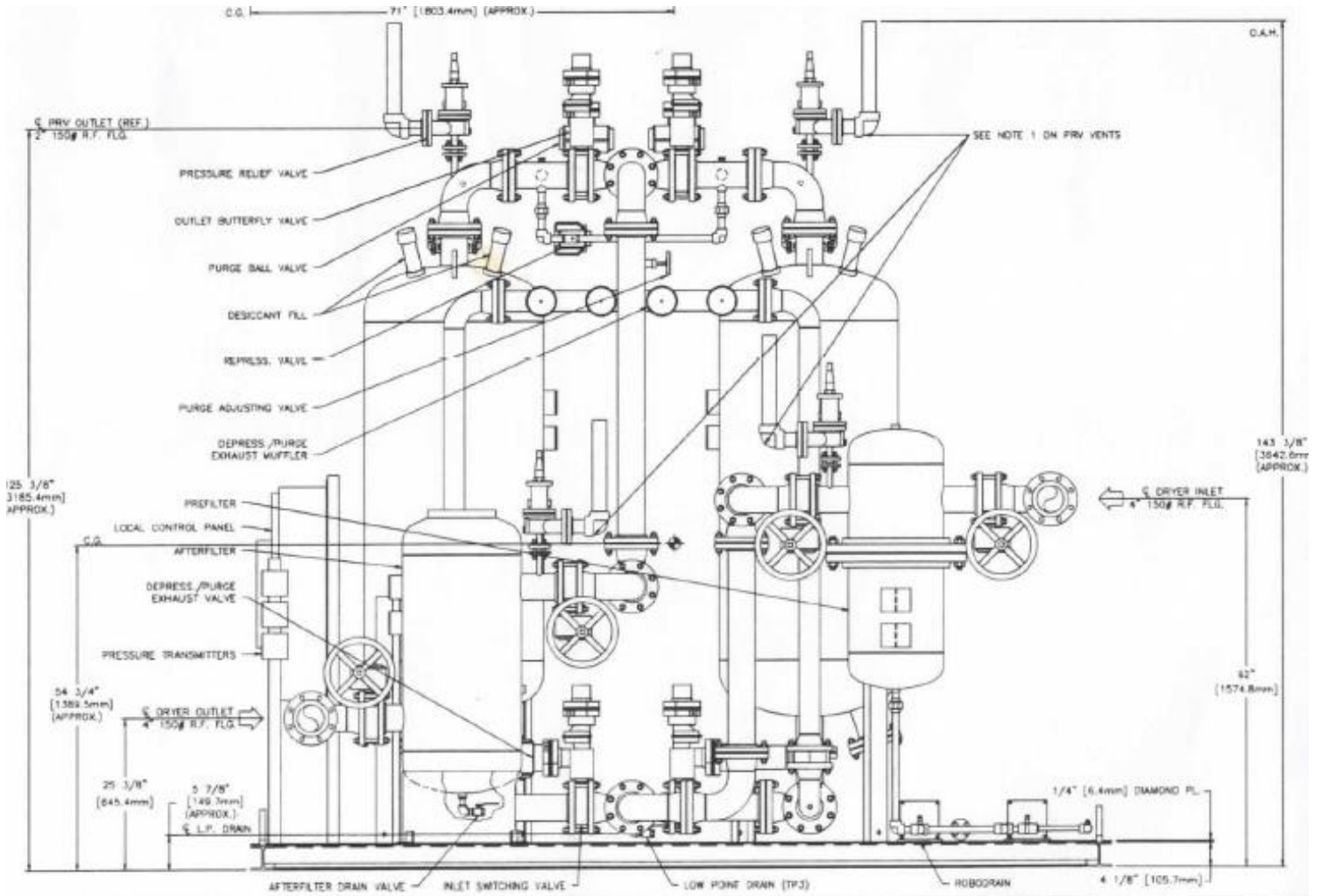


Figure II.1: Vue d'ensemble d'un sécheur d'air [1].

Il y a deux ensembles de sècheurs d'air 56-ML01-A/B qui fonctionnent à pleine capacité, l'un étant en service actif et l'autre en mode veille (standby).

Chaque sécheur se compose de deux tours, l'une en service et l'autre en régénération. Elles sont de type non chauffé et l'air est déshydraté jusqu'à un point de rosée de -40°C à une pression de fonctionnement d'environ 9,0 bar eff. Chaque sécheur contient des filtres en aval pour retenir les particules déshydratantes.

Dans chaque sécheur, l'air comprimé humide entre par le bas du sécheur et est dirigé au moyen de vannes de commutation vers le sécheur qui en service où le déshydratant enlève l'humidité de l'air. L'air passe à travers le sécheur et est dirigé vers la sortie du système. Approximativement 15% de l'air sec est utilisé pour la régénération dans laquelle le sécheur est dépressurisé à la pression atmosphérique et régénéré. Après avoir régénéré le déshydratant, l'air humide sort du sécheur à travers un silencieux et s'échappe dans l'atmosphère. Après un temps prédéterminé ou en fonction du contrôle du point de rosée, le système fait la permutation de sècheurs. Au moment de la permutation de sècheurs, le sécheur régénéré est progressivement pressurisé, les vannes de commutation changent de séquence et le sécheur hors service est dépressurisé.

L'air instrument provenant des sècheurs est acheminé vers le ballon tampon d'air instrument 56-MD02 avant d'être distribué aux différents points de consommation. Le ballon doit fournir de l'air instrument nécessaire pendant cinq minutes, ceci afin de permettre un arrêt contrôlé de l'usine en cas de défaillance totale des compresseurs d'air [3].

II.3. Ensemble des compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C :

Sous des conditions de fonctionnements normaux, un seul système de compresseur d'air 56-MJ01-A/B ou C est en marche. Si la pression du collecteur d'air instrument descend à 8,5 bar eff au 56-PT-1015 qui se trouve à proximité du ballon d'air instrument 56-MD02, le deuxième compresseur se met automatiquement en service, le troisième compresseur sert de secours.

Le démarrage du compresseur sélectionné sera suivant le nombre bas d'heures de marche et la disponibilité du moteur à partir du MCC. S'il y a plus d'un compresseur d'air instrument en marche, les compresseurs s'alternent pour prendre la charge. Si la charge devient plus grande que la capacité du compresseur, plus d'un seul compresseur prendra la charge pour fournir la capacité supplémentaire requise.

Avec deux compresseurs en marche, si après huit heures, on trouve que la charge ne dépasse pas celle que peut fournir un seul compresseur, alors le compresseur accumulant le plus grand nombre d'heures de marche sera arrêté.

Le PLC charge et décharge automatiquement le compresseur pour augmenter ou réduire le débit d'air selon les besoins afin de maintenir le point de consigne de la pression locale.

Les paramètres généraux commandant la charge et décharge sont comme suit :

- ✓ Pact-lecture de la pression réelle.

- ✓ Pmax- réglage haute pression pour décharge (9,2 bar eff).
- ✓ P min- réglage de pression de charge basse (8,3 bar eff).
- ✓ Dp/Dt- taux de changement de pression (mbar/s).

Le PLC du fabricant contrôle les températures, pressions et vibrations du ventilateur, et arrêt du compresseur, une pompe ou un ventilateur pour protéger les équipements.

Chaque compresseur est refroidi par les systèmes d'eau de refroidissement individuels 56-MJ01-A/B/C chacun composés de deux pompes et deux ventilateurs. Une pompe et un ventilateur sont en service et l'autre jeu est en standby.

Le refoulement des deux pompes est connecté en un refoulement commun vers les refroidisseurs à ailettes disposés en parallèle [3].

Si un compresseur d'air instrument est arrêté, un réarmement est nécessaire dans l'HMI local.

II.4. Séparateur d'air humide 56-ML02 :

L'air comprimé entre dans le séparateur d'air humide 56-ML02 (dans lequel l'eau libre est éliminée) avant d'être distribué au collecteur d'air service et aux sècheurs.

La ligne de drainage du séparateur est équipée d'une purge d'eau électronique pour drainer automatiquement le séparateur vers l'égout d'eau huileuse [1].

II.5. Ensemble des sècheurs d'air 56-ML01-A/B :

Toutes les opérations du système de séchage d'air 56-ML01-A/B sont effectuées au panneau de commande local, elles sont démarrées et arrêtées localement lorsque les panneaux sont en marche.

Dans chaque ensemble de sécheur d'air 56-ML01-A/B, l'air humide est dirigé par les vannes de commutation vers le sécheur en service. L'air sec est acheminé vers la sortie de l'ensemble. Une partie de l'air sec est utilisé pour la régénération dans laquelle le sécheur est dépressurisé à la pression atmosphérique et régénéré. Après avoir régénéré le déshydratant, l'air humide sort du sécheur à travers un silencieux et s'échappe dans l'atmosphère. Après un temps prédéterminé ou en fonction du contrôle du point de rosée, le système fait la permutation de sècheurs. Au moment de la permutation de sécheur, le sécheur régénéré est progressivement pressurisé, les vannes de commutation changent de position et le sécheur hors service est dépressurisé [1].

II.6. Ballon tampon d'air instrument 56-MD02 :

L'indicateur de pression 56-PI-1015 mesure la pression de refoulement du ballon d'air instrument 56-MD02 vers le collecteur d'air instrument. Cette pression est la seule variable mesurée pour les régulateurs 56-PY-1015A/B/C qui démarrent ou arrêtent les ensembles des compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C. Le ballon doit fournir de l'air instrument nécessaire pendant cinq minutes, ceci afin de permettre un arrêt contrôlé de l'usine en cas de défaillance totale des compresseurs d'air.

La ligne de drainage du ballon tampon d'air instrument est équipée d'un siphon pour drainer automatiquement l'eau accumulée dans le ballon [1].

Tableau II.1: Action faites selon la pression du 56-MD02 [3].

Pression dans le 56-MD02				Refoulement du compresseur
Instrument	Description	Pression bar eff	Action	Pression bar eff
56-PT-1015	PAL	8,5*	Démarrage auto du 2 ^{eme} compresseur	9,3 – 8,6
56-PT-1018 A/B/C	PALL	8,0*	Coupure de l'air service	8,8 – 8,1
56-PT-1018 A/B/C	PALLL	5,5*	Arrêt de l'usine	6,3 – 5,6

Note :

- Les vannes du système des compresseurs MR/PR sont conçues pour une pression minimale d'air instrument de 7,0 bar eff et qui devient 7,5 bar eff au niveau du ballon. Si un ensemble de compresseur d'air ne peut pas être débuté quand la pression du ballon d'air instrument atteint PALL, alors il faut préparer un arrêt du compresseur de réfrigération suivi d'un arrêt de l'usine. Si la pression de l'air instrument descend en dessous des limites de pression des vannes MR/PR, les vannes risquent de ne plus fonctionner correctement et de causer le déclenchement des compresseurs MR/PR. Un déclenchement des compresseurs MR/PR va perturber l'exploitation du train, mais n'active pas directement l'interlock du système d'arrêt d'urgence (ESD) I-0000 de l'usine.
- L'ouverture et la fermeture de toutes les autres vannes de contrôle sont conçues pour une pression minimale d'air instrument de 5,0 bar eff, qui devient donc 5,5 bar eff au

niveau du ballon d'air instrument. Si l'usine n'est pas arrêtée avant que la pression du ballon d'air instrument n'atteigne PALLL, l'usine est arrêtée automatiquement par l'interlock I-0000 [3].

II.7. Paramètres d'exploitations normales :

Le tableau suivant représente toutes les variables opératoires pour le système d'air service et d'air instrument.

Tableau II.2: Variables opératoires pour le système d'air service et d'air instrument [3].

Tag N°	Description	Valeur normale	Unités
56-PI-1012	Indicateur de la pression du séparateur d'air humide	10,0	bar eff
56-PI-1015	Indicateur de la pression du ballon d'air instrument	9,0	bar eff

II.8. Fonctionnement de sécheur d'air :

Avant le début de la séquence toutes les vannes sont initialement fermées, l'automate va commander des électrovannes et ces dernières vont commander les vannes, chaque vanne possède deux fins de course (par exemple pour la vanne V1 : LS1 est la fin de course d'ouverture et LS2 est la fin de course de fermeture), si la fin de course d'ouverture d'une vanne n'est pas fermé après 10s de la commande d'ouverture de sa vanne, on aura une alarme d'échec d'ouverture et de même pour les fins de course de fermeture, cette alarme ne va pas arrêter la séquence, mais elle nous permettra de repérer les défauts.

Les séquences du sécheur vont se dérouler comme suit :

- **La séquence 01 :** Quand la séquence commence, l'électrovanne (EV) SV1-1 est excité pour l'ouverture des vannes V1 et V6 l'air va entrer dans la tour gauche du bas vers en haut pour être séché (Tour gauche en service). L'EV SV1-2 est désexcité pour la

fermeture des vannes V2, V7 et l'EV SV4-1 s'excite pour fermer la V5 est fermé (La tour droite est isolée).

- **La séquence 02 :** Après 2s l'EV SV3-1 est excité ce qui permet à la vanne V4 de s'ouvrir pour commencer la dépressurisation de la tour droite.
- **La séquence 03 :** Après 5s il faut exciter l'EV SV6-1 pour l'ouverture de la vanne V9 afin d'entamer la régénération de la tour droite (l'air va traverser la tour d'en haut vers le bas) cette étape va durer 203s.
- **La séquence 04 :** Puis les EV SV3-1 et SV6-1 seront déexcités et les vannes V4, V9 seront fermées, l'EV SV4-1 vas se déexciter pour ouvrir la vanne V5 (Tour droite en pressurisation afin d'équilibrer la pression des deux tours et par la même occasion la préparer à être en service).
- **La séquence 05 :** Après 30s l'EV SV1-2 s'excite et les vannes V2 et V7 s'ouvrent (mettant la tour droite en service) et l'EV SV 4-1 s'excite pour fermer la vanne V5 et l'EV SV1-1 se déexcite pour fermer la V1 et V6 (la tour gauche est isolée).
- **La séquence 06 :** 2s passé l'EV SV2-1 est excitée ouvrant la V3 (Tour gauche en dépressurisation).
- **La séquence 07 :** Après 7s l'EV SV5-1 est excitée la V8 est ouverte, la tour gauche sera en régénération pendant 201s.
- **La séquence 08 :** Ensuite l'EV SV2-1 est déexcitée la vanne V3 est fermé L'EV SV4-1 déexciter la vanne V5 est ouverte L'EV SV5-1 déexciter la vanne V8 est fermé (Tour gauche en pressurisation).
- **La séquence 09 :** Après 30s la séquence reprend à nouveau depuis le début et le cycle se répète [3].

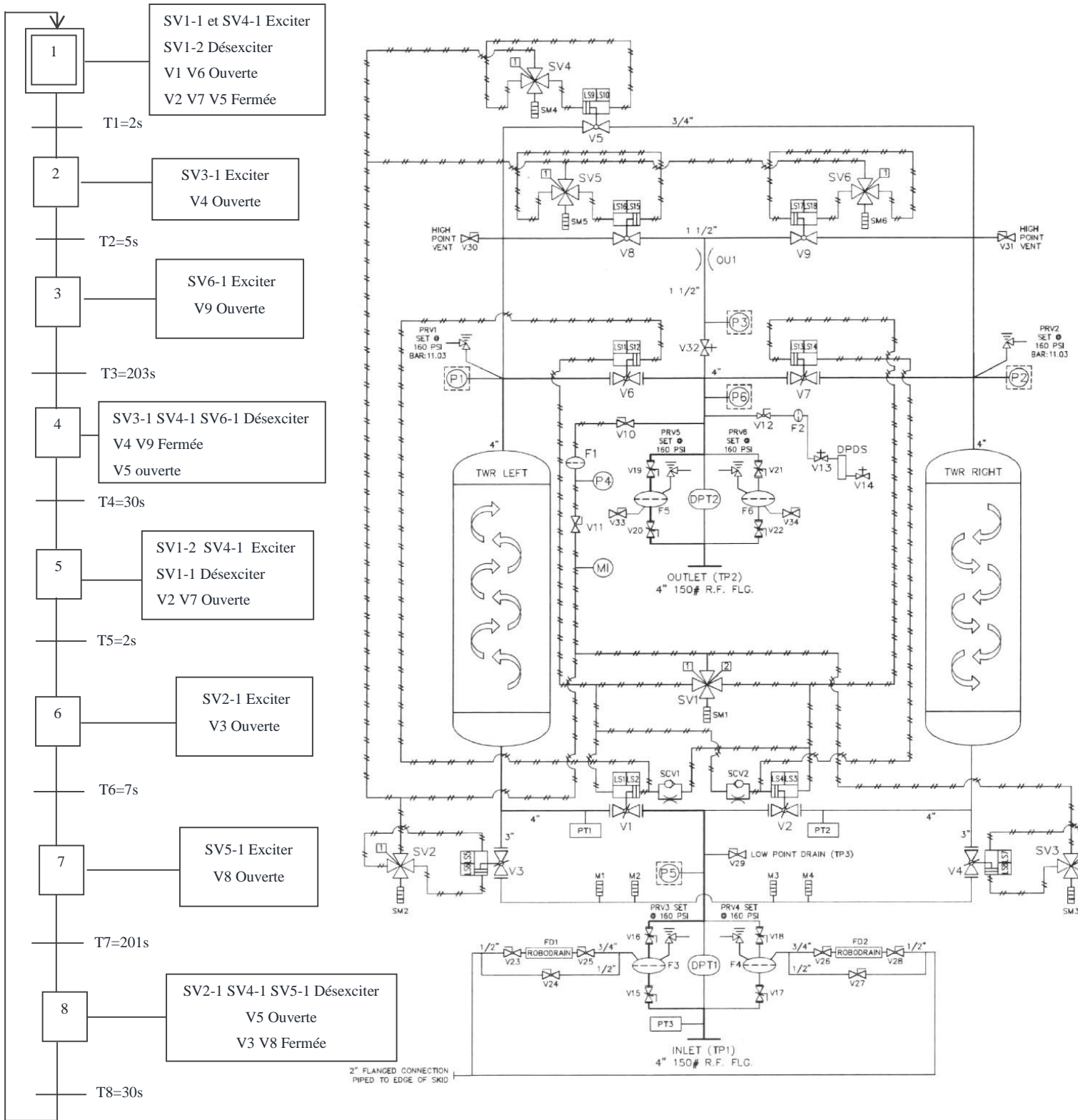


Figure II.2: Grafcet et schéma générale d'un sécheur d'air.

II.9. Dysfonctionnements du procédé et perte de production :

En cas de changement de conditions ou d'arrêts, le système peut être perturbé et peut nécessiter un arrêt. En cas d'urgence nécessitant un arrêt du système d'air service et d'air instrument, le système doit être arrêté.

❖ Perte de l'énergie électrique :

Une perte de l'énergie électrique pour l'ensemble des compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C provoque l'arrêt du système d'air service et d'air instrument. Les vannes utilisées pour la sécurité des installations sont munies de ballons locaux ayant un volume permettant trois actions.

❖ Perte d'eau de refroidissement :

Les compresseurs sont refroidis par l'eau de refroidissement. La perte de l'eau de refroidissement vers les compresseurs d'air 56-MJ01-A/B/C arrête le système d'air service et d'air instrument. Les vannes utilisées pour la sécurité sont munies de ballons locaux avec un volume permettant trois actions [1].

II.10. Sécurité / arrêt d'urgence :

❖ Systèmes d'arrêts d'urgence :

- I-5610 – Air d'alimentation pour le collecteur d'air service

L'interlock I-5610 du collecteur d'air service isole l'alimentation vers le collecteur d'air en cas de très basse pression d'air instrument, et ce, en fermant les vannes 56-ESDV-1042 et 56-ESDV-1043.

- I-0000 – ESD de l'usine

L'interlock ESD I-0000 de l'usine est initialisé en cas de très basse pression de l'air instrument.

❖ Soupapes de sécurité :

Le tableau suivant représente la liste de toutes les soupapes de sécurité associées au système d'air service et d'air instrument [1].

Tableau II.3: Soupapes de sécurité associées au système d'air service et d'air instrument [3].

Soupape No.	Description/ Localisation	Pression de tarage (bar eff)
56-PRV-1005A/B	Soupape du ballon tampon d'air instrument	10,0
56-PRV-1011A/B	Soupape du séparateur d'air humide	11,0

II.11. Liste des équipements :

Le tableau suivant représente la liste des équipements relatifs au système d'air service et d'air instrument.

Tableau II.4: Liste des équipements du système d'air service et d'air instrument [3].

Équipement No.	Description	Pression de calcul (bar eff)	Temp de calcul (°C)
56-MD02	Ballon tampon d'air instrument	10,0	85
56-MJ01-A/B/C	Package des compresseurs d'air	10,0	
56-ML01-A/B	Package des sécheurs d'air	10,0	
56-ML02	Séparateur d'air humide	10,0	

II.12. Consommation des utilités :

Le tableau suivant représente les moteurs électriques associés au système d'air service et d'air instrument et leurs prévisibles consommations.

Tableau II.5: Liste des moteurs du système d'air service et d'air instrument [3].

Équipement No.	Description	Charge disponible (kW)
56-MJ01-A-M	Moteur électrique du compresseur d'air	600
56-MJ01-A-ML01-MC01-MJ01-A/B	Ventilateurs de l'échangeur d'eau de refroidissement	22
56-MJ01-A-ML01-MJ01-M	Moteur électrique	132
56-MJ01-A-ML01-MJ01-A-M	Moteur électrique (en stand-by)	132
56-MJ01-B-M	Moteur électrique du compresseur d'air	600
56-MJ01-B-ML01-MC01-MJ1-A/B	Ventilateurs de l'échangeur d'eau de refroidissement	22
56-MJ01-B-ML01-MJ01-M	Moteur électrique	132
56-MJ01-B-ML01-MJ01-A-M	Moteur électrique (en stand-by)	132
56-MJ01-C-M	Moteur électrique du compresseur d'air	600
56-MJ01-C-ML01-MC01-MJ1-A/B	Ventilateurs de l'échangeur d'eau de refroidissement	22
56-MJ01-C-ML01-MJ01-M	Moteur électrique	132
56-MJ01-C-ML01-MJ01-A-M	Moteur électrique (en stand-by)	132

II.13. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit en détaille le système de séchage ainsi que ses composants. Par la suite, nous avons présenté le déroulement des séquences du sécheur d'air. Nous avons aussi simplifié ces séquences en utilisant Grafcet.

*Chapitre III : L'automate
programmable industriel
« TRICONEX »*

III.1. Introduction :

Les automates programmables industriels (API) sont des dispositifs électroniques programmables utilisés dans le domaine de l'automatisation industrielle pour contrôler et automatiser les processus de fabrication et de production. Les API sont devenues un élément clé dans le secteur de l'industrie, permettant de gérer efficacement des tâches complexes, de surveiller et de contrôler des machines et des équipements, et d'améliorer la productivité et la qualité des produits.

La structure logicielle qui assure le fonctionnement d'un automate se compose de deux parties bien distinctes :

- Programme système (ou système d'exploitation).
- Programme utilisateur.

III. 1.1. Système d'exploitation :

Le système d'exploitation, contenu dans chaque CPU, organise toutes les fonctions et procédures dans le CPU qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique [4].

III. 1.2. Programme utilisateur :

C'est le programme qui assure la gestion de l'installation industrielle pour laquelle il est destiné (gestion des sorties en fonction de l'état des entrées).

III. 2. Définition de l'Automate Programmable Industriel :

Une définition d'un API est donnée par la norme française NF C 63-850 comme suit :

« Appareil électronique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automaticien (et non informaticien) à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme :

- Logique combinatoire et séquentielle.
- Temporisation, comptage, décomptage, comparaison.
- Calcul arithmétique.
- Réglage, asservissement, régulation, etc., pour commander, mesurer et contrôler au moyen d'entrées et de sorties (logiques, numériques ou analogiques) différentes sortes de machines ou de processus, en environnement industriel [5]. »

De manière générale, l'automate programmable industriel est défini comme étant une machine électronique capable d'être programmée par des individus non spécialisés en informatique et conçue pour contrôler, en temps réel et dans un environnement industriel, des processus logiques séquentiels.

Autrement dit, l'API est un dispositif électronique qui peut être programmé pour contrôler les mouvements mécaniques de machines, les processus de production, les systèmes de traitement de l'information et les systèmes de gestion de l'énergie. Il est capable de recevoir des signaux d'entrée provenant de capteurs et de dispositifs de mesure, de les traiter en temps réel et de produire des signaux de sortie pour contrôler des actionneurs tels que des moteurs, des vannes, des solénoïdes et des écrans.

Les systèmes d'automatisation sont mis en place afin de résoudre des problèmes techniques, économiques ou humains :

- Élimine les tâches dangereuses et pénibles, en faisant exécuter par la machine les tâches humaines complexes ou indésirables.
- Améliorer la productivité en régulant la machine selon des critères de production, de rendement ou de qualité.
- Faciliter le changement de production en permettant une transition plus fluide d'une production à une autre.
- Renforcer la sécurité en surveillant et en contrôlant les installations et les machines.

Parmi les fabricants des automates dédiés à la sécurité, on trouve TRICONEX, ROCKWEL (SafetyGuard), HONEYWELL, ABB, SIEMENS.

III.3. Triconex :

Triconex est à la fois le nom d'une marque de Schneider Electric et le nom de ses dispositifs matériels qui utilisent son logiciel d'application TriStation.

Depuis sa fondation en 1983, Triconex s'est affirmé comme le leader incontesté dans l'élaboration de solutions novatrices pour la gestion d'applications critiques.

Le système de contrôle tolérant aux fautes TRICON CX est un système développé avec une architecture totalement triplée, à l'épreuve des exigences de l'industrie des procédés dont le coût abordable.

III.3.1. Principaux éléments du TRICON CX :

Le système TRICON CX se compose de :

- 1) Trois processeurs principaux.
- 2) Deux modules de communication redondants.



Figure III.1: Les principaux éléments du TRICON CX [6].

III. 3.1.1. Les alimentations :

Les modules d'alimentation fournissent l'énergie de tous les modules des châssis : principal, d'extension et déporté RXM.

Deux rails d'alimentation séparés "Phoenix 24 VDC", situés au centre du fond du panier, sont responsables de la fourniture d'alimentation du châssis. De plus, chaque module est équipé d'un circuit de régulation double. La performance du système n'est pas affectée en cas de défaillance d'un module ou d'un rail d'alimentation. (Figure III.2) [6].

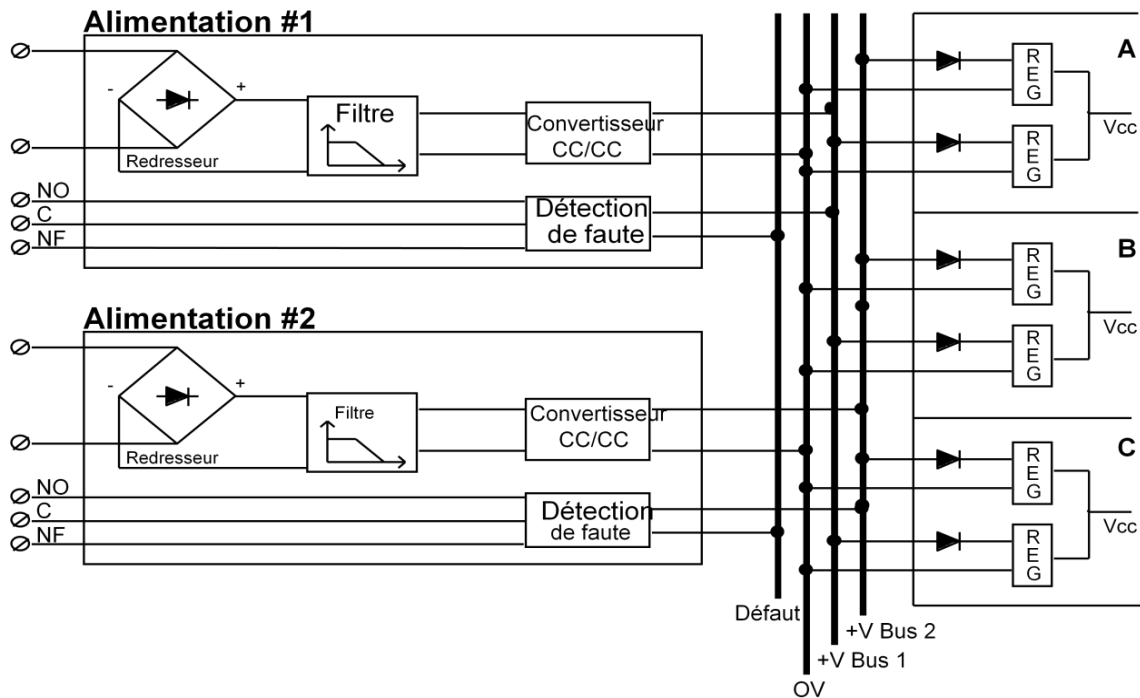


Figure III.2: Architecture d'alimentation du châssis.

III.3.1.2. Les unités centrales :

Un système TRICON CX comporte trois modules processeurs principaux ou Main Processeur MP, chacun contrôle l'une des trois chaînes distinctes du système.

Chaque processeur principal fonctionne en parallèle avec les deux autres, comme un membre d'une triade (Figure III.3).

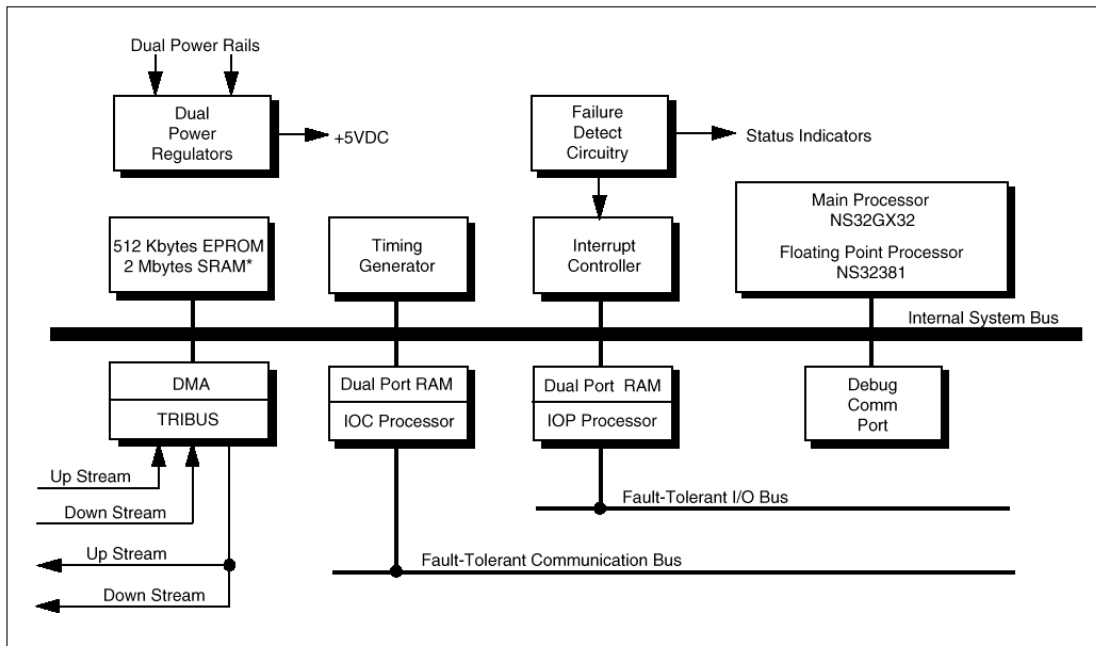


Figure III.3: Architecture de processeur principal [7].

Un microprocesseur dédié aux communications d'E/S sur chaque processeur principal gère les données échangées entre le module de processeur principal et les modules d'E/S. Le bus triple E/S situé sur le fond de panier du châssis est extension d'un châssis à un autre via des câbles de bus d'E/S.

Au début de chaque cycle de scrutation, les points d'entrée sont échantillonnés à travers trois chaînes du bus d'E/S, comme demandé par les trois modules de processeur principaux. Les données de chaque module d'entrée sont collectées dans des tables pour chaque processeur principal et stockées en mémoire pour l'utiliser ultérieurement lors du vote.

Le transfert de la table d'entrées de chaque processeur principal s'effectue entre les deux processeurs adjacents par l'intermédiaire des TRIBUS, tout en procédant au vote physique des valeurs d'entrée logiques. À cet effet, les TRIBUS utilisent une unité programmable d'accès mémoire directe pour synchroniser efficacement la transmission, le vote et la comparaison des données entre les trois processeurs principaux.

En cas de divergence, la valeur identique du signal présente dans les trois tables est considérée comme prépondérante et la troisième table est ajustée en conséquence. Le système TRICON CX a

l'aptitude à discriminer entre les différences ponctuelles engendrées par des variations de synchronisation ou d'échantillonnage et celles qui sont répétitives. Les trois principaux modules processeurs garantissent le maintien des données lorsqu'il y a nécessité de corrections dans la mémoire locale. Toute discordance détectée est repérée et traitée ultérieurement durant la période d'examen grâce aux procédés intégrés d'analyse des erreurs afin de déterminer si une faute potentielle existe ainsi que sa localisation précise.

Une fois que les valeurs d'entrée ont été transférées et éventuellement corrigées par les TRIBUS, elles sont utilisées comme nouvelles entrées pour le programme d'application. Ce circuit de régulation est développé à l'aide de la TriStation 1131, puis téléchargé dans les processeurs principaux. Ces derniers comprennent un microprocesseur principal de 32 bits ainsi qu'un coprocesseur arithmétique, tous deux présents sur chacun des trois modules. Le programme d'application s'exécute en parallèle sur ces différents composants, générant progressivement une table de valeurs de sortie au fil du temps.

Le processeur de communication d'entrées/sorties de chaque processeur principal génère des sous-tables à partir de la table des valeurs de sortie, chacune correspondant aux valeurs d'un point de sortie spécifique dans un module donné. Ces sous-tables sont transmises par le biais du bus d'entrées/sorties à chaque module respectif. Le processeur principal A envoyé les sous-tables appropriées via son propre bus d'entrées/sorties A.

Il est important de noter que la transmission des données relatives aux sorties à une priorité plus élevée que l'échantillonnage simultané des modules entrants et sortants. En outre, le processeur dédié à la communication entre les entrées et sorties traite efficacement toutes les données échangées entre les différents modules principaux ainsi qu'à travers le mode "broadcast" supporté par le bus communiquant avec ces derniers.

Chaque module processeur principal modèle 3009x des systèmes TRICON CX V11.9 dispose d'une capacité mémoire SRAM de 2 M octets, tandis que chaque module processeur principal modèle 3009x des systèmes TRICON CX V11.9 mono-châssis n'en possèdent que 1 M octet. Cette mémoire est utilisée pour stocker le programme d'application écrit par l'utilisateur, les données relatives aux consigneurs d'états et aux entrées/sorties, ainsi que les résultats des diagnostics et les registres de communication.

En cas de coupure électrique externe, la sauvegarde de la mémoire SRAM s'effectue grâce à deux piles au lithium installées sur le fond du panier du châssis principal. Ces piles assurent une conservation fiable du programme ainsi que des variables rétentives pendant au moins six mois sans alimentation électrique pour le système TRICON CX.

Les modules processeurs principaux sont quant à eux alimentés par un double système d'alimentation via les rails dédiés présents sur le châssis principal [8].

III.3.1.3. Les modules d'entrées :

1. Modules d'entrées logiques :

Il convient de distinguer deux catégories principales de modules d'entrées logiques fondamentales : le module simple ainsi que le module TMR.

Entrées logiques

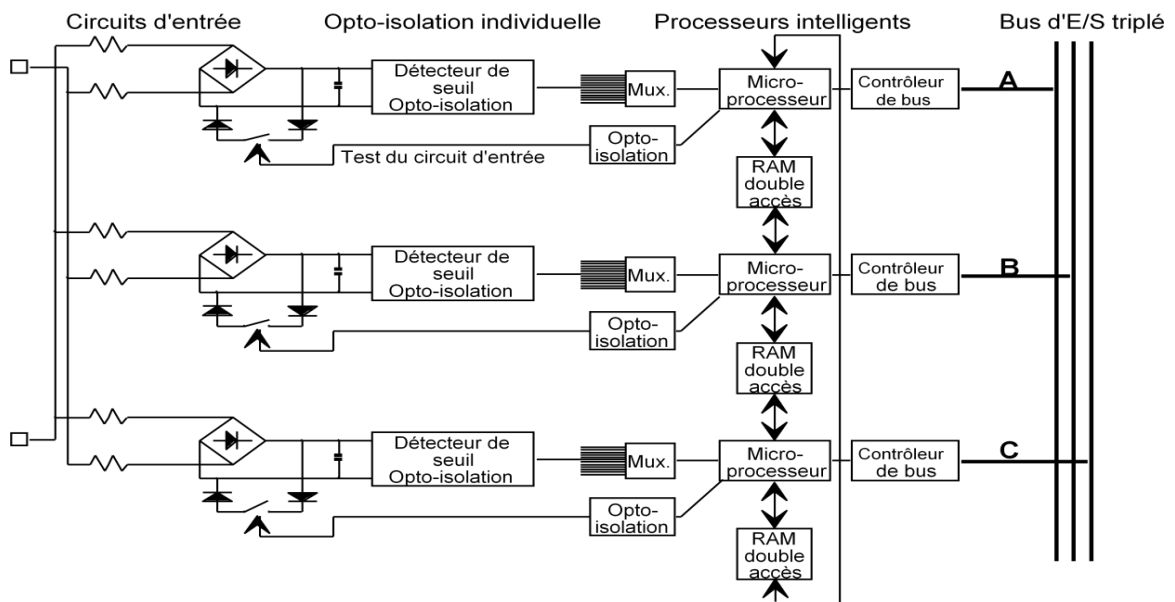


Figure III.4: Architecture d'un module d'entrées logiques TMR [7].

Les modules en question comportent des circuits électroniques identiques pour les trois chaînes de traitement (A, B et C). Bien que ces dernières soient présentes sur un seul module, elles sont entièrement isolées les unes des autres et fonctionnent indépendamment. En effet, une défaillance

constatée sur l'une d'elles ne peut pas être transmise aux autres. De plus, chaque chaîne est équipée d'un microprocesseur 8 bits agissant comme processeur de communication entrées/sorties afin d'assurer la liaison avec le module processeur principal qui lui correspond.

Les signaux provenant du bornier de raccordement sont mesurés séparément par chacune des trois chaînes A, B et C, leur état respectif est ensuite identifié avant d'être stocké dans leurs tables respectives. Ces dernières font régulièrement l'objet d'échantillonnages via le bus entrées/sorties situé sur le module associé au processeur principal concerné.

Les modules d'entrée logiques TMR se caractérisent par une redondance totale de tous les éléments des circuits électroniques, garantissant ainsi un niveau de sécurité optimal et une disponibilité maximale. Chacune des chaînes est apte à conditionner les signaux de manière individuelle, tandis que l'isolement optique entre les capteurs et le système TRICON CX fait l'objet d'un soin méticuleux. Il convient toutefois de noter que cette règle connaît une exception : le module d'entrées logiques haute densité 64 points ne bénéficie pas du même niveau d'isolement.

Les modules d'entrées logiques TMR sont dotés de modèles en tension continue (DC) qui exécutent des diagnostics afin de détecter les états figés à l'appel ou ON des circuits d'isolation, lorsque les contacts sur site demeurent fermés pendant une période prolongée. La détection des points correspondant à l'état OFF est cruciale, car la plupart des systèmes de sécurité sont configurés pour répondre à cette condition. Pour tester et identifier les entrées figées dans l'état ON, un circuit intégré au module force l'entrée à zéro et permet ainsi la détection d'une éventuelle défaillance de l'optocoupleur. Pendant le processus de test, la dernière relève de données est gelée dans le processeur de communication d'entrées/sorties [8].

2. Modules d'entrées analogiques :

Dans un système doté d'un module d'entrées analogiques, trois chaînes mesurent de manière asynchrone les signaux d'entrée et enregistrent les résultats dans une table de valeurs d'entrée. Chacune de ces tables d'entrées est ensuite transmise au module processeur principal qui lui est associé via le bus d'entrées/sorties correspondant. La table d'entrées de chaque module processeur principal est ensuite transmise à ses voisins via les TRIBUS. Chaque module processeur principal sélectionne la valeur médiane, ce qui entraîne une correction de la table d'entrées de chaque module processeur

principal en conséquence. En mode TMR, les valeurs médianes sont utilisées par le programme d'application, tandis qu'en mode duplex, c'est la valeur moyenne qui est utilisée [8].

III.3.1.4. Les modules de sorties :

1. Modules de sorties logiques :

Il convient de noter l'existence de trois catégories distinctes de modules dédiés aux sorties logiques : le TMR, le dual et le supervisé. Il est important d'indiquer que ces dispositifs sont disponibles dans les deux configurations suivantes : en tension continue ou alternative.

Chaque module de sorties logiques est composé de trois chaînes distinctes, chacune étant équipée d'un microprocesseur d'entrées/sorties. Ce dernier reçoit sa table de valeur de sorties du processeur de communication résidant sur le module processeur principal associé. À l'exception des modules en tension continue duale, tous les modules possèdent un circuit à quatre éléments pour voter le signal physique envoyé vers l'organe à piloter. Le circuit en question se présente sous la forme d'un montage série parallèle qui transmet également l'alimentation électrique nécessaire au fonctionnement optimal des drivers A et B ou B et C ou encore A et C lorsque ceux-ci sont sollicités simultanément pour fermer leur organe respectif. La redondance offerte par ce dispositif garantit une sécurité accrue ainsi qu'une disponibilité optimale du système dans son ensemble.

Chaque point de sortie d'un module de sorties logiques est soumis à un diagnostic complet du voteur de sortie, appelé OVD. Grâce à une chaîne de contre-réaction pour chaque point, le microprocesseur peut relire la valeur du signal en sortie et la comparer avec celle votée pour détecter toute éventuelle faute.

Les modules duaux possèdent un voteur à deux éléments montés en série. Chacun des interrupteurs est piloté par le résultat d'un autre type de vote 2/3. Bien que les circuits dotés de quatre éléments offrent une multiple redondance garantissant sécurité et disponibilité, les circuits duaux fournissent simplement la redondance nécessaire au fonctionnement sécurisé. Ces derniers sont optimisés pour les applications critiques où l'aspect coût prévaut sur l'aspect disponibilité.

Les modules de sorties logiques supervisées sont dotés de boucles de tests permettant la mesure en tension et en courant. Cette fonctionnalité assure une couverture exhaustive des fautes, qu'il s'agisse d'une condition défectueuse par appel ON ou par manque OFF. En outre, le module vérifie constamment la présence de charge via des contrôles continus au niveau de la continuité du circuit.

Quel que soit l'état initial donné à la commande, toute perte ou court-circuit est immédiatement signalée par le module correspondant [8].

Sorties logiques

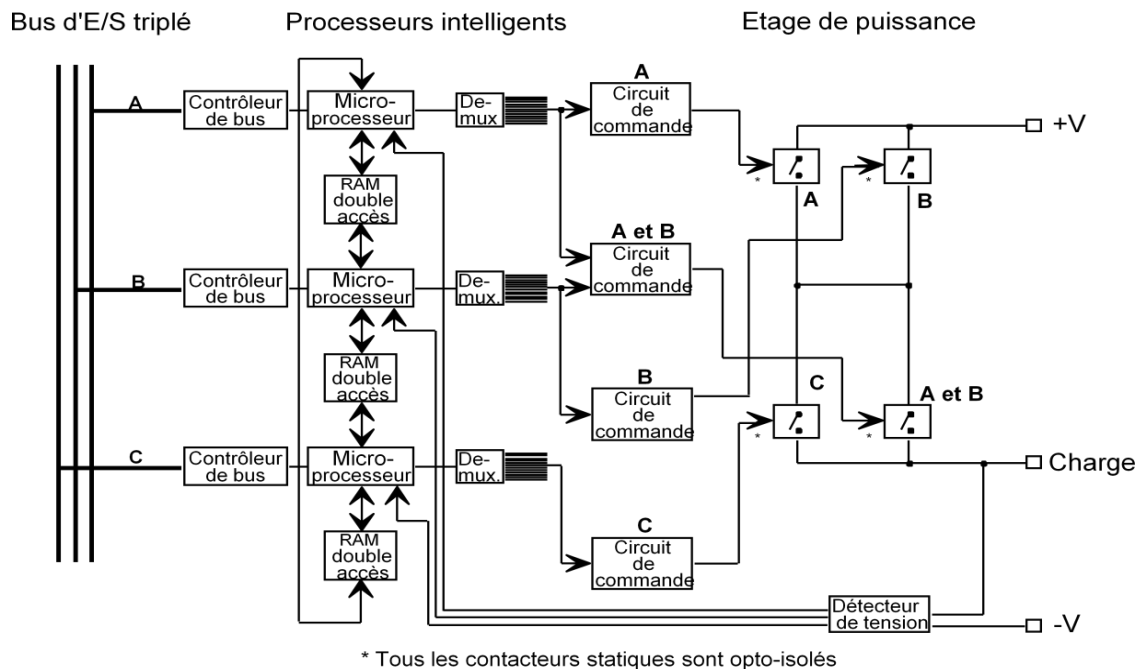


Figure III.5: Architecture d'un module de sorties logiques TMR [7].

2. Modules de sorties analogiques :

Le module de sortie analogique reçoit trois tables de valeurs de sortie, une pour chacune de ses chaînes de traitement, en provenance du module processeur principal correspondant. Chaque chaîne dispose de son propre convertisseur numérique-analogique. Une des trois chaînes est choisie pour piloter les sorties analogiques [8].

III. 3.1.5. Les modules de communications :

Les systèmes TRICON CX ont été développés de manière à pouvoir s'interfacer aisément avec une multitude d'autres systèmes, qu'il s'agisse de solutions similaires TRICON CX, du poste TriStation

1131 ou encore des dispositifs numériques de contrôle centralisé SNCC. De plus, ces derniers sont également compatibles avec des protocoles tels que le LAN IEEE 802.3 et MODBUS, ainsi qu'avec divers autres systèmes tiers répondant aux normes requises [9].

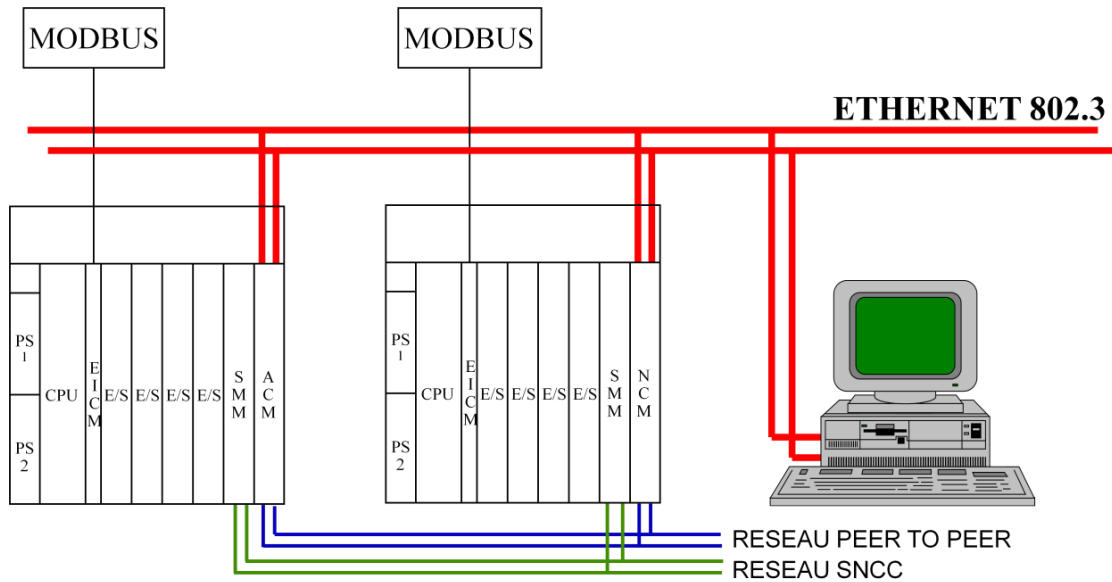


Figure III.6: Architecture d'un module de communications [7].

- **Communication UCN** : module de gestion de sécurité, SMM (Safety Manager Module). Grâce au module SMM, le réseau UCN, du SNCC TDC 300 de Honeywell, peut identifier facilement le système TRICON CX comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange des données du procédé et d'utiliser les résultats de diagnostic du système TRICON CX et son exploitation n'importe où [9].
- **Communication I/A Série** : module de communication avancée, ACM (Advanced Communication Modul). Ce module est une interface haute vitesse intégrée entre le TRICON CX et le MODBUS du SNCC Séries I/A de FOXBORO. Le module ACM permet au Nodebus d'identifier le TRICON CX comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange de données du procédé et d'utiliser les résultats du diagnostic du système TRICON et son exploitation n'importe où sur le I/A Series. [10]

- **Communication MODBUS** : module de communication intelligent, EICM (Ethernet/IP Communication Module) est un module qui permet aux périphériques MODBUS de communiquer avec les réseaux Ethernet/IP. Il fournit trois ports : pour la communication MODBUS, un port pour la communication TriStation et un port pour une imprimante [9].
- **Communication ETHERNET** : le module de communication réseau, NCM (Network Communication Module), est un module qui fournit une communication réseau Ethernet et prend en charge les protocoles TCP/IP, UDP/IP et 802.3 pour la communication Ethernet [9].

III. 4. L'architecture Triplée Modulaire Redondante TMR :

Le choix de l'automate ne peut se faire que si on prend en considération les différents avantages de l'architecture triplée modulaire redondante (TMR). Le TRICON CX est un système tolérant aux fautes grâce à son architecture TMR [11].

Le TRICON CX garantit un contrôle en continu, sans erreurs, cas de défaillance des composants, ou de présence de fautes transitoires d'origine internes ou externes (Figure III.7) [5].



Figure III.7: Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) [12].

Le système TRICON CX TMR se compose d'un ensemble matériel unique qui intègre trois systèmes de contrôle parallèles distincts. Le système utilise un vote de données logiques de type 2 sur 3 pour assurer un fonctionnement en continu avec une grande fiabilité et sans erreur.

Pour l'utilisateur, le système TRICON CX est considéré comme une seule unité matérielle. Cela permet de développer un seul programme d'application qui peut être chargé simultanément dans les trois processeurs. Les signaux d'entrée sont traités indépendamment par trois chaînes distinctes avant d'être transmis aux processeurs via des canaux de communication spécifiques.

Une fois le programme d'application exécuté, les modules de sortie effectuent un vote de type 2 sur 3 pour garantir la fiabilité des résultats. Les valeurs calculées des sorties sont transmises par les trois modules processeurs et sont comparées pour ne garder que la valeur la plus fiable.

Enfin, les valeurs finales sont envoyées aux borniers de sortie et aux organes de commande sur site.

III.4.1.Principe de fonctionnement:

Le système TRICONEX a été développé avec une architecture triple redondance complète qui couvre tous les aspects du système, des points d'entrée aux points de sortie en passant par les processeurs principaux.

Chaque module d'entrée/sortie inclus trois chaînes de traitement indépendantes et redondantes. Les chaînes de traitement lisent les données du processus et les transmettent aux processeurs principaux auxquels elles sont associées. Les processeurs principaux échangent des données via un bus haute vitesse appelé TRIBUS et se synchronisent périodiquement pour voter les données d'entrée et comparer les données de sortie. Le TRICONEX vote également les données de sortie au niveau des modules de sortie juste avant les borniers de raccordement. Cette opération permet de détecter et de corriger toute erreur entre le vote au niveau des TRIBUS et de la sortie. Il est également possible de remplacer à chaud chaque module d'entrée/sortie par une pièce de rechange en cas de défaillance, ou pour la maintenance de tout module présentant un défaut dans la configuration du système.

LeTribus

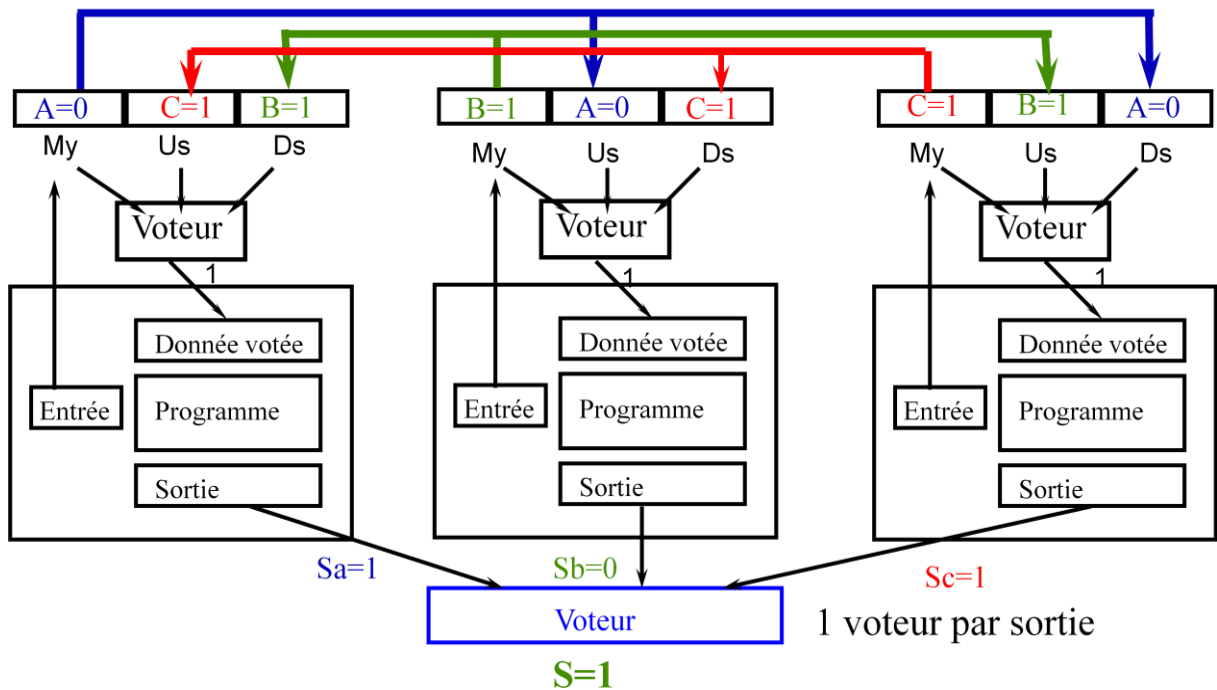


Figure III.8: Illustration du système de vote de TRIBUS [7].

III.4.2. Configuration matérielle :

Les systèmes version 11.9 sont disponibles sous deux formes de configuration : les systèmes mono-châssis avec un seul châssis principal haute densité et des systèmes multi-châssis qui peuvent intégrer jusqu'à 18 châssis au total.

- **Châssis principal haute densité :**

Ce châssis héberge trois processeurs principaux et prévoit six emplacements pour des modules de communication (avec l'option pour les pièces de rechange à chaud) (figure III.1).

- **Châssis d'extension haute densité :**

Ce châssis héberge des modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés jusqu'à 70 mètres du châssis principal. Chaque châssis est constitué de 6 emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/sorties. Chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.



Figure III.9: Le châssis d'extension du TRICON CX.

- **Châssis RXM haute densité :**

Ce châssis héberge les modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés du châssis principal. Chaque châssis RXM compte trois modules RXM et six emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/sorties. Chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.

III.4.3. Distribution de l'alimentation et bus de système :

Le châssis est doté de trois bus systèmes triplés : les TRIBUS, le bus d'entrées/sorties et le bus de communication COMM.

Le TRIBUS est constitué de trois liaisons série indépendantes, chacune fonctionnant à 4 Mbaud. Les fonctions principales des TRIBUS sont les suivantes : il coordonne les processeurs en début de chaque cycle, gère la rééducation automatique des processeurs, vote les informations discrètes et transfère les diagnostics, les données des programmes et les messages de communications entre les processeurs.

Grâce à l'architecture TMR du TRICON CX, une même mesure de paramètre de procédé provenant d'un transmetteur unique peut être échangée entre les trois modules processeurs principaux, garantissant ainsi que les données reçues sont identiques pour tous les processeurs.

Chaque module d'entrée/sortie assure la transmission des signaux provenant des capteurs ou des organes à piloter via le bornier de raccordement qui lui est associé. Chaque emplacement dans le châssis est divisé en deux sous-emplacements ou rails, abritant à la fois le module actif et la pièce de rechange à chaud. Les mêmes borniers de raccordement et voies du bus d'entrées/sorties sont utilisés pour tous les modules opérationnels. Les modules de gauche et de droite sont en alternance active et en mode de pièce de rechange à chaud toutes les heures.

Le bus d'entrées/sorties à 375 Kbaud assure le transfert de données entre les modules d'entrées/sorties et les processeurs principaux. Le bus d'entrées/sorties triplée se situe sur la partie inférieure du fond de panier. Chaque chaîne du bus d'entrées/sorties relie l'un des trois processeurs principaux et la chaîne correspondante des modules d'entrées/sorties. Le bus d'entrées/sorties peut être étendu entre les châssis avec un jeu de trois câbles.

Le bus de communication COMM à 2 Mbaud relie les processeurs principaux et les modules de communication et permet l'échange d'informations vers les autres systèmes TRICON CX en réseau ou vers des systèmes hôtes.

La distribution de l'alimentation vers le châssis est assurée par deux rails d'alimentation distincts situés au centre du fond de panier [8].

III.4.4. Avantages de l'architecture Triplée Modulaire Redondant (TMR) :

L'architecture Triplée Modulaire Redondant (TMR) est une architecture de sécurité pour les systèmes électroniques qui permet d'améliorer la fiabilité et la disponibilité du système. Les principaux avantages de l'architecture TMR sont les suivants :

1. Fiabilité accrue : la redondance triplée des composants et des circuits électroniques permet de détecter et de corriger les erreurs de manière transparente, sans interrompre le fonctionnement normal du système.
2. Tolérance aux pannes : en cas de panne d'un des trois modules, les deux autres assurent la continuité du service, sans dégradation significative de la performance ou de la sécurité du système.
3. Maintenance aisée : grâce à l'architecture modulaire, les modules défectueux peuvent être remplacés facilement et rapidement, sans nécessiter l'arrêt complet du système.
4. Sécurité renforcée : en garantissant la redondance et la diversité des circuits et des composants, l'architecture TMR réduit les risques de défaillance et de corruption des données, cela contribue à améliorer la sécurité et la résilience du système.
5. La sauvegarde des événements enregistrés sous forme de séquences (SOE) : le journal des événements d'état (SOE) est bénéfique à la fois pour la maintenance du système et pour l'analyse des raisons de l'arrêt du processus [14].
6. Des liaisons de communication redondantes à haute vitesse : Liaison vers des autres systèmes Triconex, les systèmes numériques de contrôle centralisent ou SNCC (Distributed Control System, DCS) et autre équipement [13].
7. La possibilité de déporter les châssis : Jusqu'à 70 km du châssis principal, par liaisons fibres optiques.

III. 5. Le logiciel TriStation 1131 :

Le logiciel TriStation 1131 est un environnement de développement intégré utilisé pour programmer, configurer et gérer les systèmes de contrôle-commande Triconex. Il est développé par Schneider Electric.

Voici quelques caractéristiques et fonctionnalités du logiciel TriStation 1131 :

- Interface graphique conviviale : Le logiciel offre une interface utilisateur graphique intuitive qui facilite l'utilisation du système Triconex.
- Langage de programmation : TriStation 1131 permet la programmation en langage de blocs fonctionnels (FBD), langage d'échelle de contacts (LD) et langage d'instructions (ST). Les programmes peuvent être facilement modifiés ou étendus grâce à la structure de programmation modulaire.
- Configuration : Le logiciel TriStation 1131 offre une fonction de configuration graphique qui permet de configurer et de gérer les entrées/sorties, les paramètres de sécurité, les fonctions de vote, les réglages de temporisation et bien d'autres fonctionnalités.
- Diagnostic : Le logiciel TriStation 1131 permet d'effectuer des diagnostics et des tests en temps réel des modules et des connexions du système Triconex. Il est également possible de diagnostiquer les erreurs et les défaillances dans les programmes de contrôle-commande.
- Historique : Le logiciel TriStation 1131 peut enregistrer et stocker les données d'historique de l'état du système, ce qui permet de suivre les événements qui ont eu lieu dans le passé.
- Intégration : TriStation 1131 permet l'intégration de plusieurs systèmes Triconex et d'autres équipements de contrôle-commande tels que les DCS.
- Documentation : Le logiciel TRISTATION 1131 propose également des outils de documentation pour la génération automatique de rapports et de documents de projet.
- Compatibilité des connexions DDE (Dynamic Data Exchange) avec l'émulateur à partir d'autres applications clientes DDE [11], [13].

En somme, le logiciel TriStation 1131 est un outil essentiel pour la programmation, la configuration, la gestion et la maintenance des systèmes de contrôle-commande Triconex.

III.5.1. Application logicielle et protocole :

Les logiciels et protocoles proposés par Triconex offrent la possibilité de collecter, transférer et visualiser les valeurs de données des systèmes TRICON CX, tout en permettant aux utilisateurs de développer leurs propres pilotes de communication personnalisés pour accéder aux données du système de manière spécifique.

1. Application d'accès au système Tricon CX TSAA (Tricon CX System Access Application) : c'est un protocole qui permet une communication client/serveur entre les contrôleurs Triconex et les stations de travail. Le serveur OPC et le serveur DDE utilisent le protocole TSAA pour échanger des données avec les contrôleurs Triconex. Le protocole TSAA peut être utilisé pour écrire des programmes permettant d'accéder aux noms de fichiers des contrôleurs. [7]
2. Serveur réseau DDE : permet à d'autres applications de collecter des données en temps réel à partir des systèmes Triconex et de les utiliser pour l'analyse et la surveillance du système. Les applications tierces peuvent se connecter à Triconex DDE Server via le protocole DDE et obtenir des informations sur l'état du système, les événements SOE, les alarmes, etc.
3. Consignateur d'états (SOE) « Sequence of event » : pour les contrôleurs Triconex, un événement est le changement d'état (transition) d'une variable booléenne de Vrai à Faux ou de Faux à Vrai. Un contrôleur Triconex peut collecter des événements et enregistrer la date, l'heure, l'état et le nom de la variable de chaque événement dans des blocs de séquence d'événements (SOE) qui résident dans la mémoire du contrôleur. [7]
4. Archivage des données (SER) « Sequence Event Recorder » : est une fonctionnalité du système TRICON CX qui permet d'enregistrer et de stocker les événements survenus dans le système. Les événements sont enregistrés dans l'ordre chronologique dans lequel ils se sont produits et sont stockés dans une mémoire tampon en continu. Ces données sont utilisées pour la détection de pannes et l'analyse des performances du système. Le SER permet également de générer des rapports d'événements pour une analyse plus approfondie.
5. Synchronisation du temps : elle permet de garantir la cohérence des enregistrements horodatés, des séquences d'événements et des commandes. La Triconex utilise un protocole appelé NTP (Network Time Protocol) pour synchroniser l'horloge de

l'ensemble des processeurs principaux avec une source de temps précise, telle qu'un serveur de temps GPS [15].

III. 5.2. Langages de programmation :

TriStation 1131 prend en charge plusieurs langages de programmation pour développer, tester et documenter les applications qui fonctionnent sur un contrôleur Triconex.

TriStation 1131 supporte ces langages de programmation :

- Langage du schéma fonctionnel des fonctions (FBD) : est un langage graphique qui correspond aux schémas de circuit. Les éléments utilisés dans ce langage apparaissent comme des blocs reliés entre eux pour former des circuits. Les fils peuvent communiquer des données binaires et d'autres types entre éléments FBD.
- Langage du diagramme en échelle (LADDER DIAGRAM) : est un langage graphique qui utilise un ensemble standard de symboles pour représenter la logique de relais. Les éléments de base sont des antennes et des contacts qui sont connectés par des liens. Les liaisons sont différentes des fils utilisés dans FBD (Diagramme de Blocs Fonctionnels) car elles permettent uniquement le transfert de données binaires entre les symboles LD (Ladder Diagrams).
- Langage structuré (ST) : Le langage de texte structuré (ST) est une programmation générale de haut niveau langage, similaire à PASCAL ou C. Texte structuré est particulièrement utile pour les calculs arithmétiques complexes, et peut être utilisé pour mettre en œuvre des procédures compliquées qui ne sont pas facilement exprimées dans des langages graphiques tels que FBD ou LD.

ST vous permet de créer des expressions booléennes et arithmétiques ainsi que des constructions de programmation structurées telles que les instructions conditionnelles (IF...THEN...ELSE). Les fonctions et les blocs de fonctions peuvent être invoqués dans ST.

- CEMPLE (Cause and Effect Matrix Programming Language Editor) : est un langage Triconex basé sur la méthodologie de matrice de cause à effet, qui est couramment utilisé dans l'industrie du contrôle des processus. Une matrice de cause à effet est fréquemment utilisée pour des applications telles que les systèmes d'incendie et de gaz pour lesquels la logique de programmation est simple, mais le volume d'entrées et de sorties à contrôler est élevé.

Le schéma fonctionnel, le diagramme en échelle et les langages de texte structuré sont conformes à la norme internationale CEI 61131-3 sur les langages de programmation pour les contrôleurs programmables. [10]

III. 6. Intouch Wonderware :

Intouch Wonderware est une suite de logiciels de supervision et de contrôle industriels développée par Wonderware, une division de Schneider Electric. Cette suite logicielle est largement utilisée dans l'industrie pour superviser et contrôler des processus industriels complexes.

Intouch est un logiciel qui capte, affiche et archive les données de processus, les présentant de manière conviviale à l'opérateur. Il s'agit d'une interface opérateur puissante qui collecte des données à partir des dispositifs de contrôle/commande tels que les API et les capteurs intelligents, et les affiche de manière à ce qu'elles soient facilement utilisables par l'opérateur. Les applications d'Intouch sont utilisées dans divers environnements industriels tels que l'industrie manufacturière, les processus industriels et les environnements tertiaires, que ce soit pour le contrôle-commande, la supervision ou l'acquisition de données [16]. Malgré sa puissance, Intouch reste facile à utiliser une fois que l'on comprend les concepts de base.

III. 7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une façon générale de l'API TRICONEX, ainsi que son architecture TMR (Redondance Triple Modulaire) et son principe de fonctionnement. De plus, nous avons décrit en détail deux outils de programmation et de supervision des processus industriels, à savoir TriStation et INTOUCH. Ces outils seront utilisés comme point de départ dans le prochain chapitre, qui se concentrera sur le développement et la simulation de la commande numérique, ainsi que sur la mise en place d'une solution de supervision sous INTOUCH pour surveiller de manière optimale les paramètres essentiels au bon fonctionnement du système de séchage d'air service et d'air instrument.

CHAPITRE IV:

Programmation et Simulation

IV.1. Introduction :

Après avoir décrits le système de séchage d'air et les instruments associés tels que les compresseurs et les vannes, ainsi que l'utilisation de l'API TRICONEX et de son logiciel de programmation TriStation 1131. Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur le développement du programme et la simulation des séquences du système.

Étant donné la disponibilité des E/S (entrées/sorties) libres et la capacité de programmation offerte par le système existant TRICONEX, nous allons utiliser les ressources de ce système pour mettre en œuvre le système de séchage d'air.

IV.2. Description du système :

Avant le début de la séquence du système de séchage d'air, les deux tours sont isolées. Chaque tour pendant le déroulement des séquences (tableau IV.1) passe par les étapes suivantes (les deux tours ne se trouvent jamais à la même étape) :

- la tour est isolée.
- la tour est en dépressurisation (elle est en train de réduire sa pression interne).
- La tour est en régénération (cette étape consiste à éliminer l'humidité capturée par le sécheur).
- La tour en pressurisation (elle est en train d'augmenter sa pression interne).
- La tour est en service (la tour est en fonctionnement, elle assure son rôle de séchage de l'air).

Tableau IV.1: Déroulement des séquences.

Les séquences	La tour A	La tour B	La durée	
			Tour A	Tour B
Sécheur isolé	La fermeture des vannes XV_56_2121, -26 et -25. (séquence 04)	La fermeture des vannes XV_56_2122, -27 et -25. (séquence de démarrage)	2 secondes	2 secondes
Sécheur dépressurisation en	L'ouverture de la vanne XV_56_2123. (séquence 05)	L'ouverture de la vanne XV_56_2124. (séquence 01)	7 secondes	5 secondes
Sécheur régénération en	L'ouverture de la vanne XV_56_2128. (séquence 06)	L'ouverture de la vanne XV_56_2129. (séquence 02)	35 secondes	35 secondes
Sécheur pressurisation en	L'ouverture de la vanne XV_56_2125 et fermeture des vannes XV_56_2123 et -28. (séquence 07)	L'ouverture de la vanne XV_56_2125 et fermeture des vannes XV_56_2124 et -29. (séquence 03)	30 secondes	30 secondes
Sécheur en service	L'ouverture des vannes XV_56_2121 et -26. (séquence de démarrage)	L'ouverture des vannes XV_56_2122 et -27. (séquence 04)	2 secondes	2 secondes

IV.3. Entrées et sorties logiques :

Nous disposons de :

- ◆ Nombre d'entrées : 10.
- ◆ Nombre de sorties: 18.

Tableau IV.2 : Tableau d'entrées logiques.

Entrées	Description
ML01_56_AQ	Bouton poussoir d'acquittement défaut
ML01_56_ESD	Bouton poussoir arrêt d'urgence
ML01_56_RS	Réinitialisation du système
ML01_56_RS_C	Réinitialisation du cycle
ML01_56_ST	Bouton poussoir de démarrage
ML01_56_SP	Bouton poussoir d'arrêt
TP_ML01_56_A	Le temps de pressurisation de la tour A
TP_ML01_56_B	Le temps de pressurisation de la tour B
TR_ML01_56_A	Le temps de régénération de la tour A
TR_ML01_56_B	Le temps de régénération de la tour B

Tableau IV.3 : Tableau de sorties logiques.

Sorties	Description
ML01_56_A_D	Tour droite en dépressurisation
ML01_56_A_I	Tour droite isolée
ML01_56_A_P	Tour droite en pressurisation
ML01_56_A_R	Tour droite en régénération
ML01_56_A_S	Tour droite en service
ML01_56_B_D	Tour gauche en dépressurisation
ML01_56_B_I	Tour gauche isolée
ML01_56_B_P	Tour gauche en pressurisation
ML01_56_B_R	Tour gauche en régénération
ML01_56_B_S	Tour gauche en service
XV_56_2121, - 22	Vannes de commutation d'entrée
XV_56_2123, - 24	Presser / purger les soupapes d'échappement
XV_56_2125	Vanne de pressurisation
XV_56_2126, - 27	Vanne de commutation de sortie
XV_56_2128, - 29	Vanne de purge à bille
ML01_56_LE	Lampe d'arrêt d'urgence

IV.3. Programmation de démarrage, des séquences et d'arrêt d'urgence du système :

- 1) Programmation du démarrage : Les conditions de démarrage du système de séchage sont représentées dans la figure ci-dessous :

Étape 1 : l'ouverture des vannes XV_56_2121, – 26 et la fermeture des vannes XV_56_2122, – 25 et – 27 par (ML01_56_ST) ou (ML01_56_RS_C).

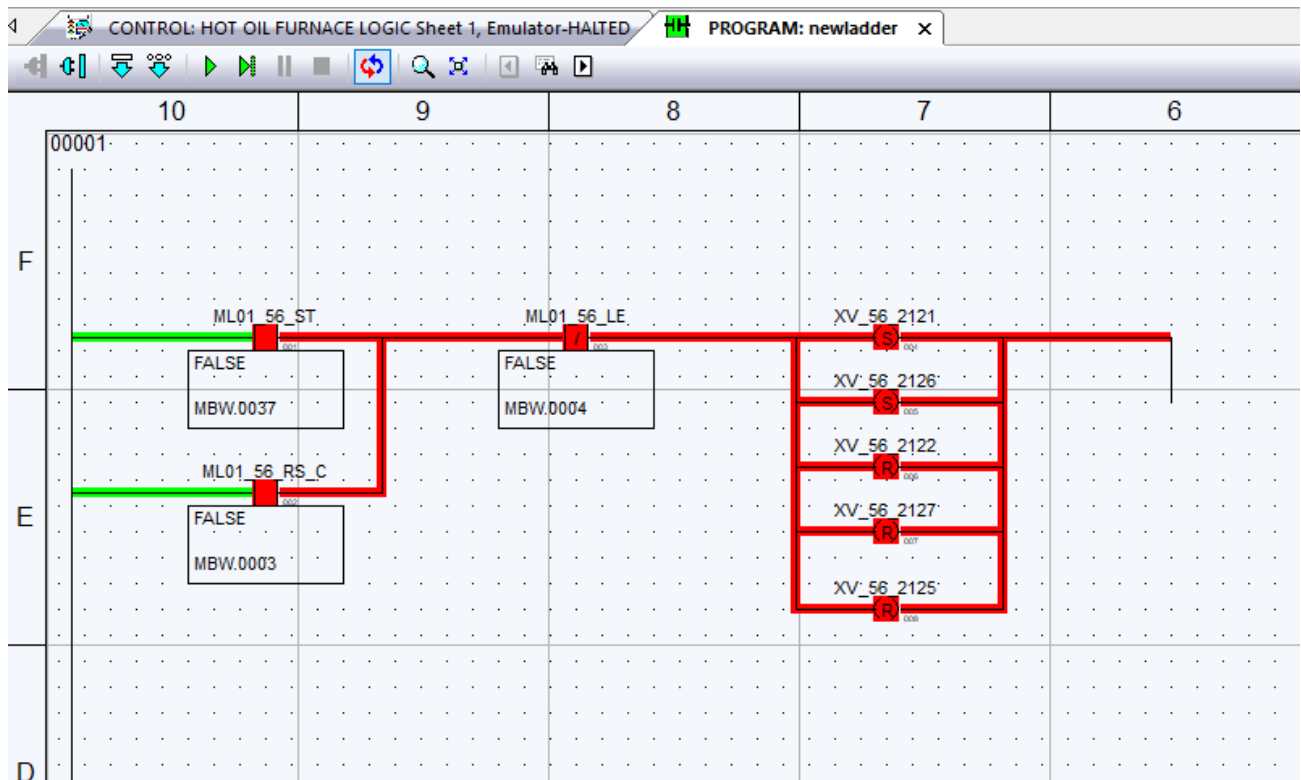


Figure IV.1: Démarrage du système de séchage.

- 2) Programmation des séquences des vannes : La figure ci-dessous (figure IV.2) représente les séquences des vannes :

Étape 2 : le déroulement des séquences d'ouverture et fermeture des vannes pour démarrage de fonctionnement des tours A et B.

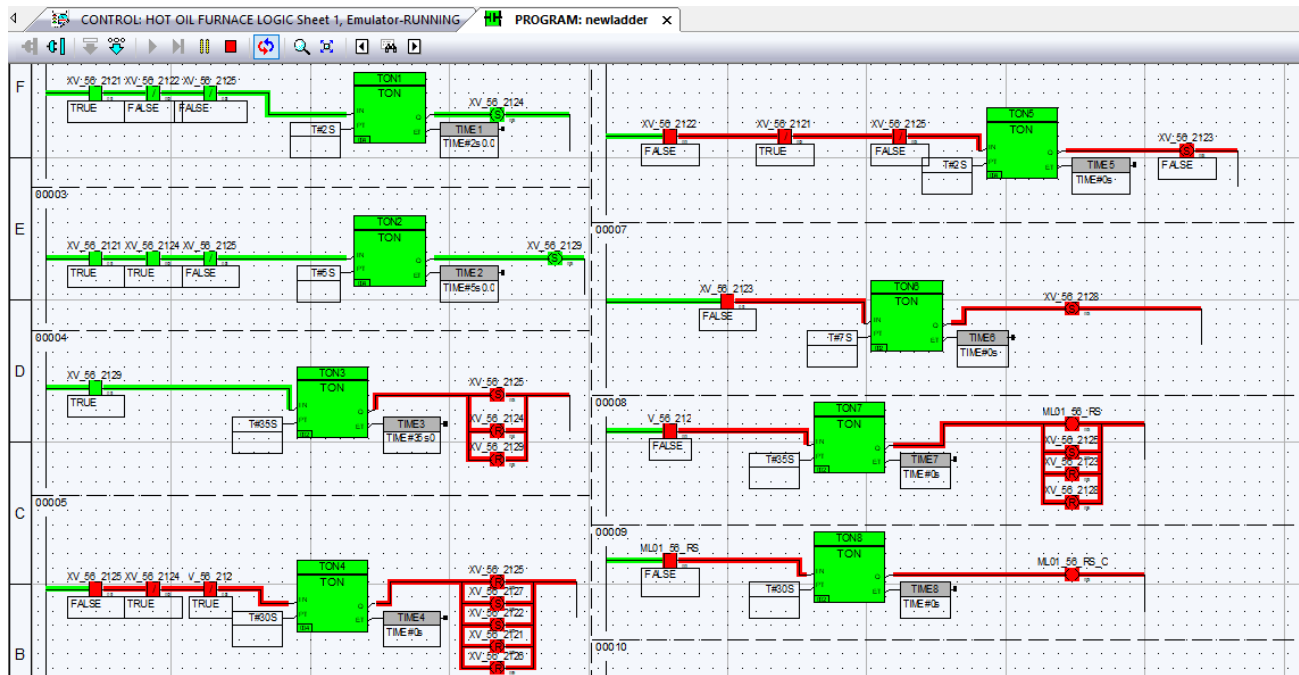


Figure IV.2: Les séquences des vannes.

3) Programmation de démarrage des sècheurs d'air (tours A et B) :

Étape 3 : le démarrage de la tour A après l'ouverture des vannes XV_56_2121 et – 26.

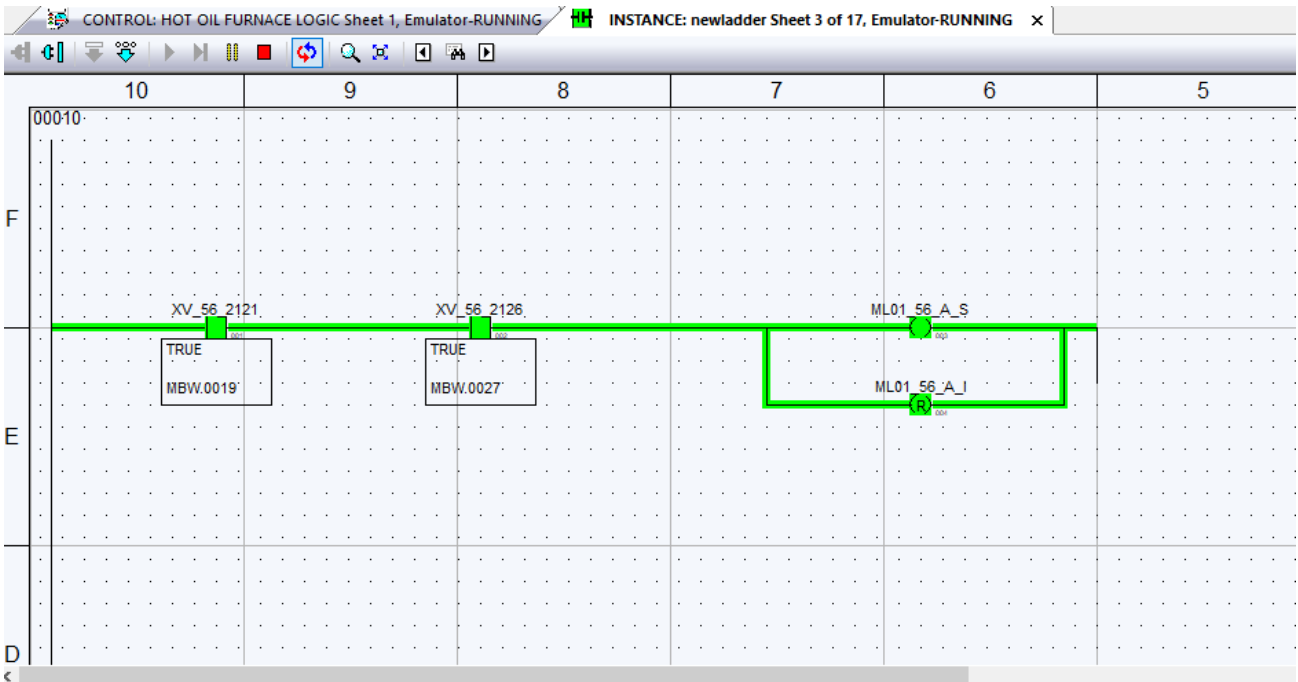


Figure IV.3: Démarrage de la tour A (en service).

Étape 4 : l'isolation de la tour B après la fermeture des vannes XV_56_22, – 25 et – 27.

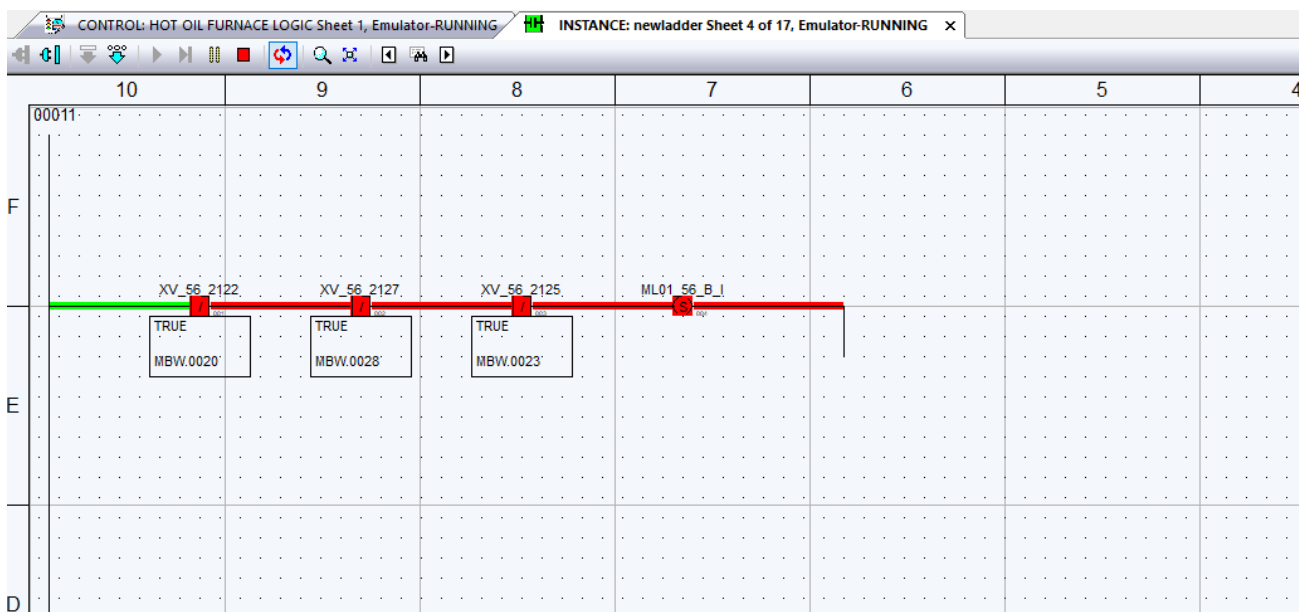


Figure IV.4: L'isolation de la tour B.

Étape 5 : l'ouverture de la vanne XV_56_2124 mène à la dépressurisation de la tour B.

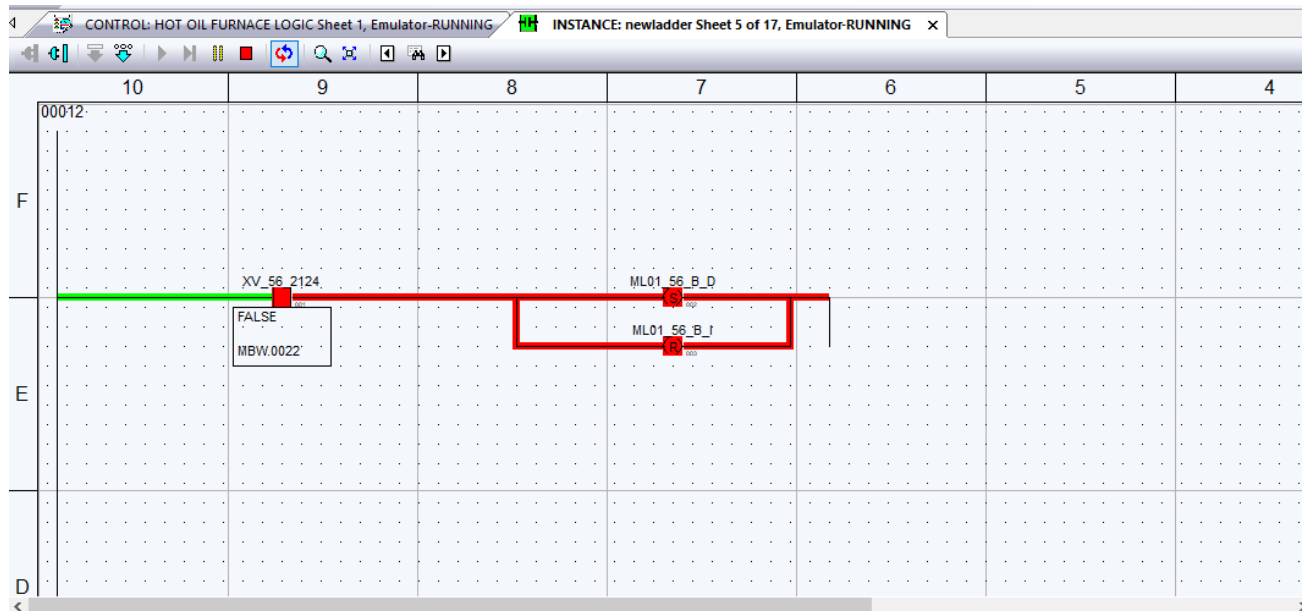


Figure IV.5: La tour B en Dépressurisation.

Étape 6 : l'ouverture de la vanne XV_56_2129 lance la régénération de la tour B.

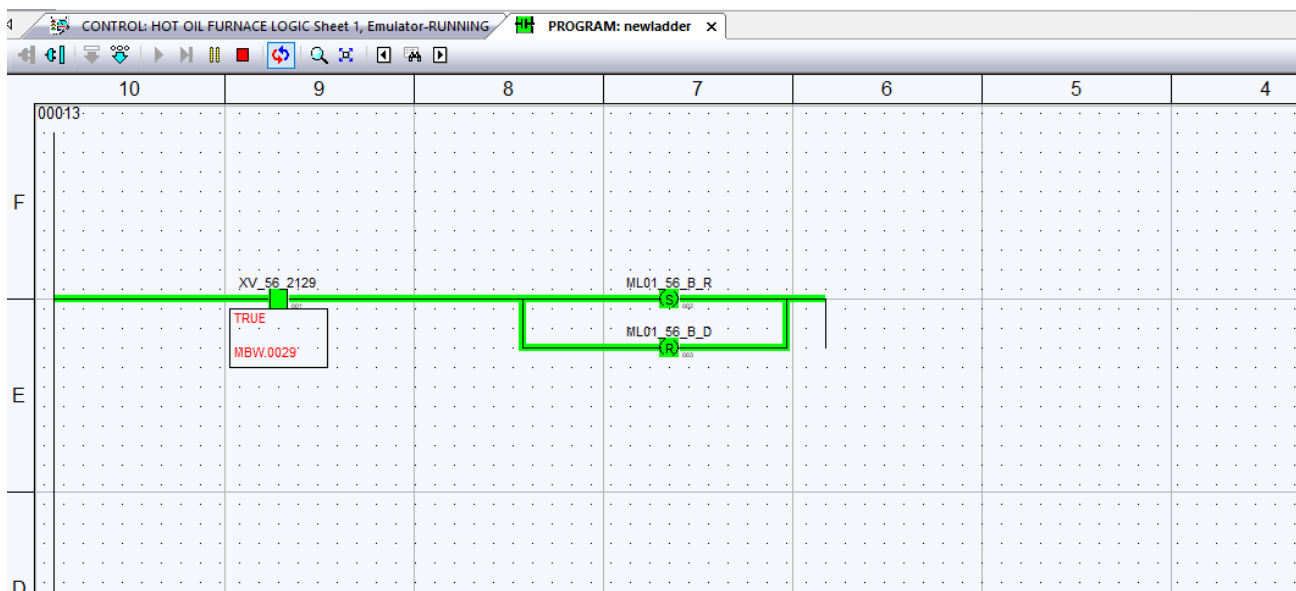


Figure IV.6: La régénération de la tour B.

Étape 7 : la figure ci-dessous (figure IV.7) montre le comptage de temps de régénération de la tour B pendant 35 secondes après l'ouverture de la vanne XV_56_2128.

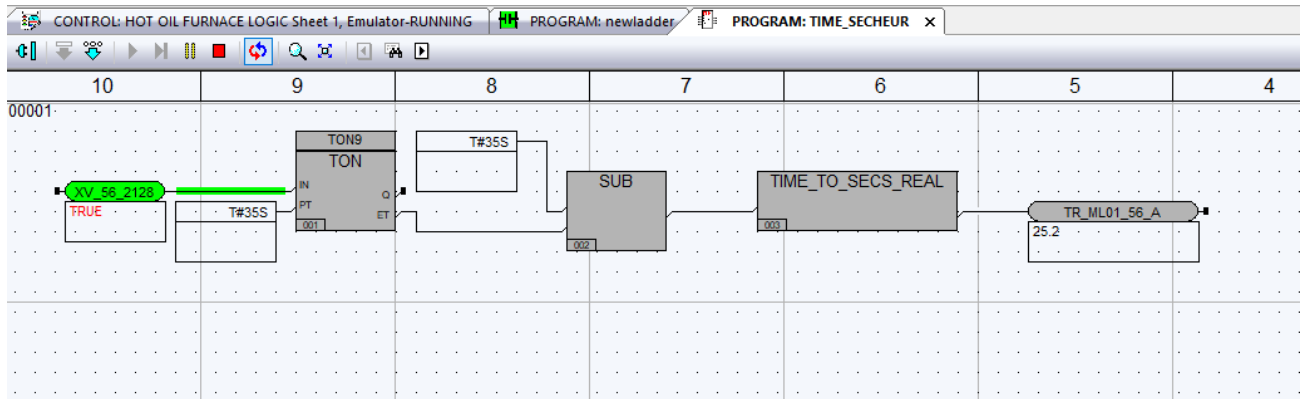


Figure IV.7: Le temps de régénération de la tour B.

Étape 8 : après l'ouverture de la vanne XV_56_2125 et la fermeture des vannes XV_56_2124, – 29, la tour B sera en pressurisation.

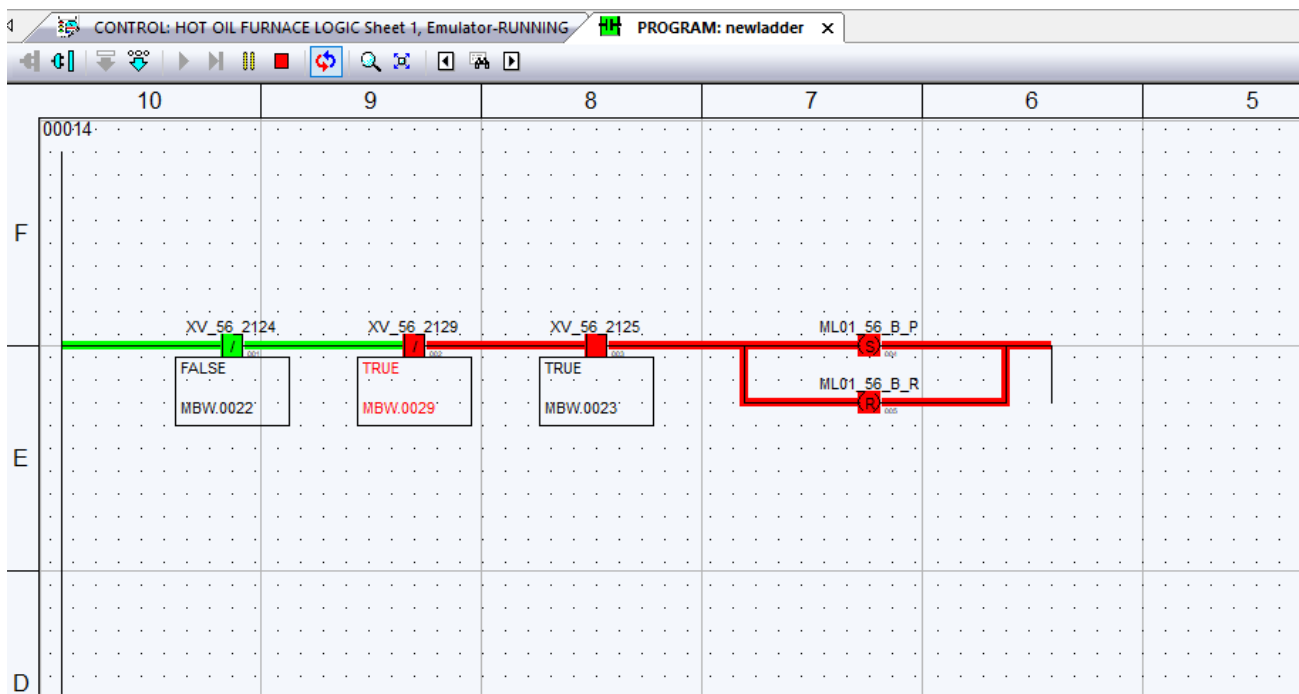


Figure IV.8: La pressurisation de la tour B.

Étape 9 : la figure ci-dessous (figure IV.9) montre le comptage de temps de pressurisation de la tour B (30 secondes) après la réinitialisation du système.

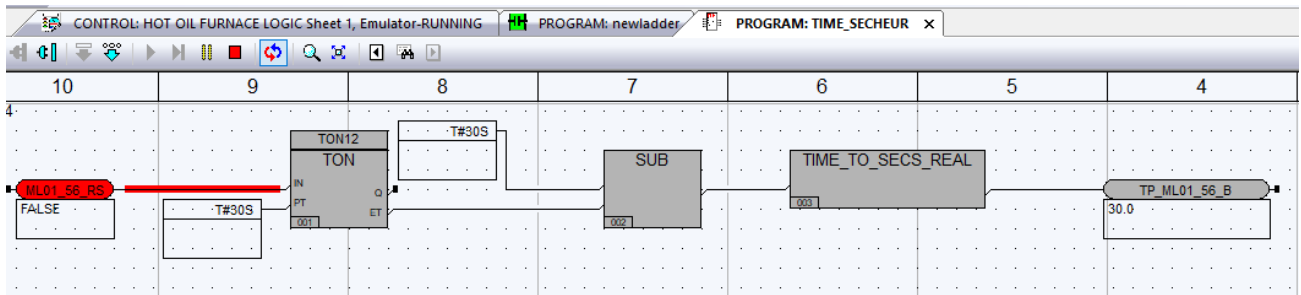


Figure IV.9: Le temps de pressurisation de la tour B.

Étape 10 : l'ouverture des deux vannes **XV_56_2122** et **- 27** pour le démarrage de la tour B.

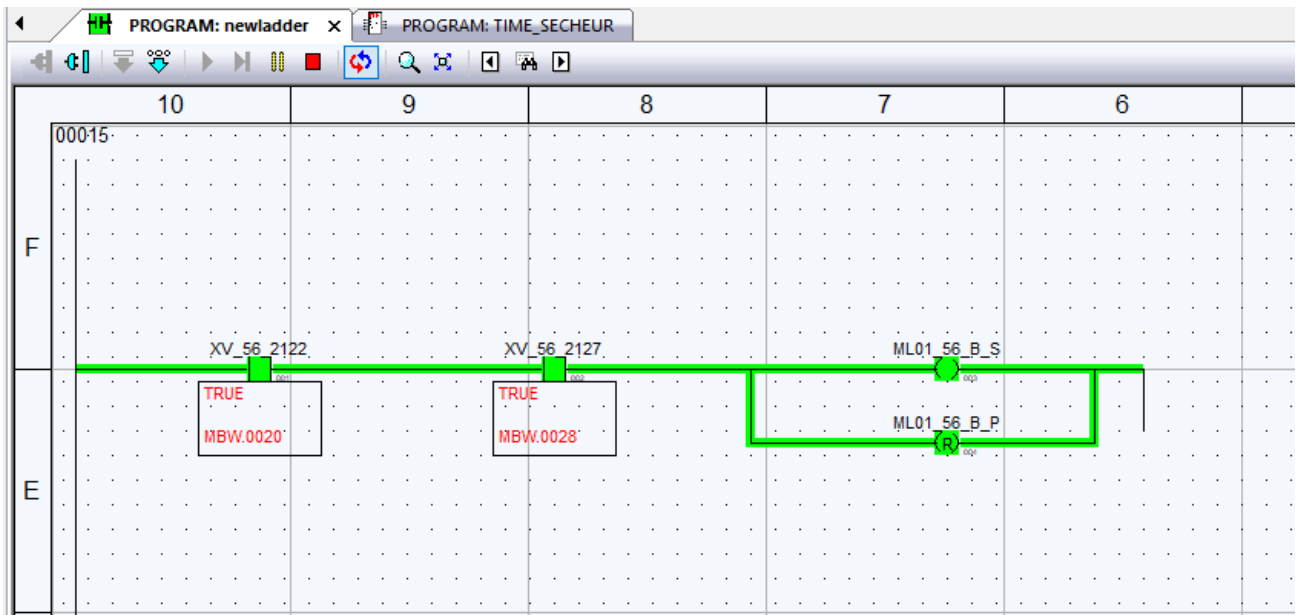


Figure IV.10: La tour B en service.

Étape 11 : les trois vannes XV_56_2121, – 26 et – 25 sont fermés pour l'isolation de la tour A.

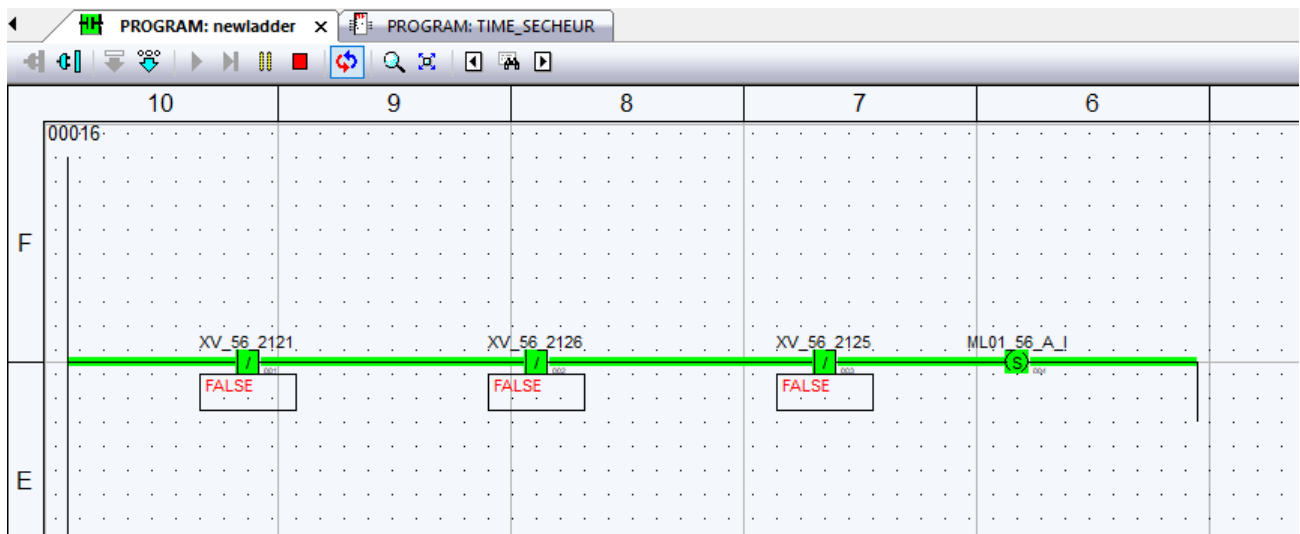


Figure IV.11: L'isolation de la tour A.

Étape 12 : l'ouverture de la vanne XV_56_2123 mène à la dépressurisation de la tour A.

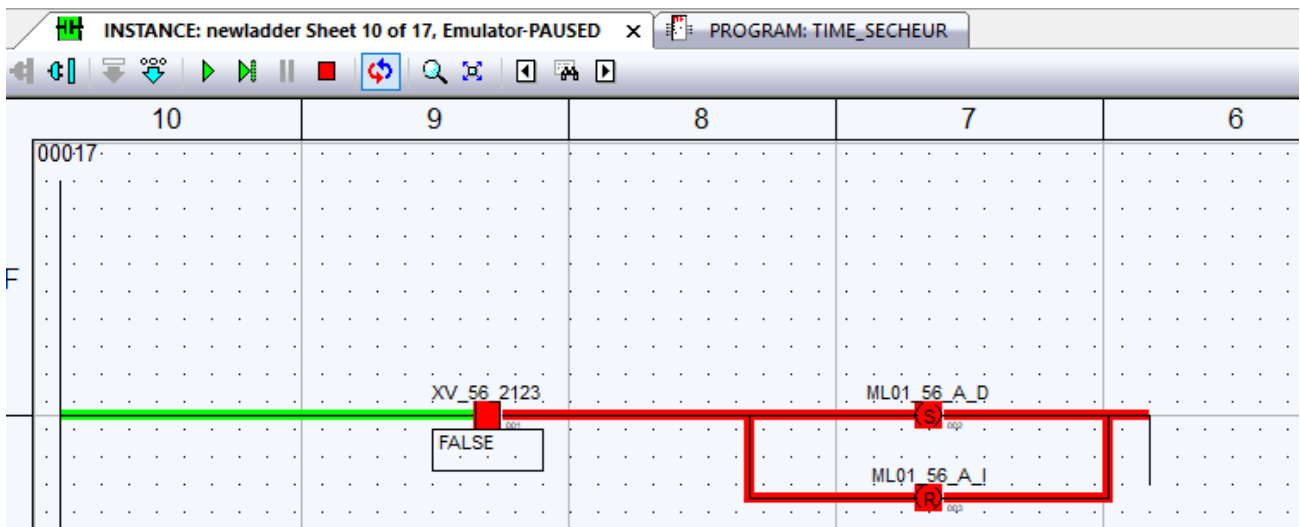


Figure IV.12: La dépressurisation de la tour A.

Étape 13 : la régénération de la tour A après l'ouverture de la vanne XV_56_2128.

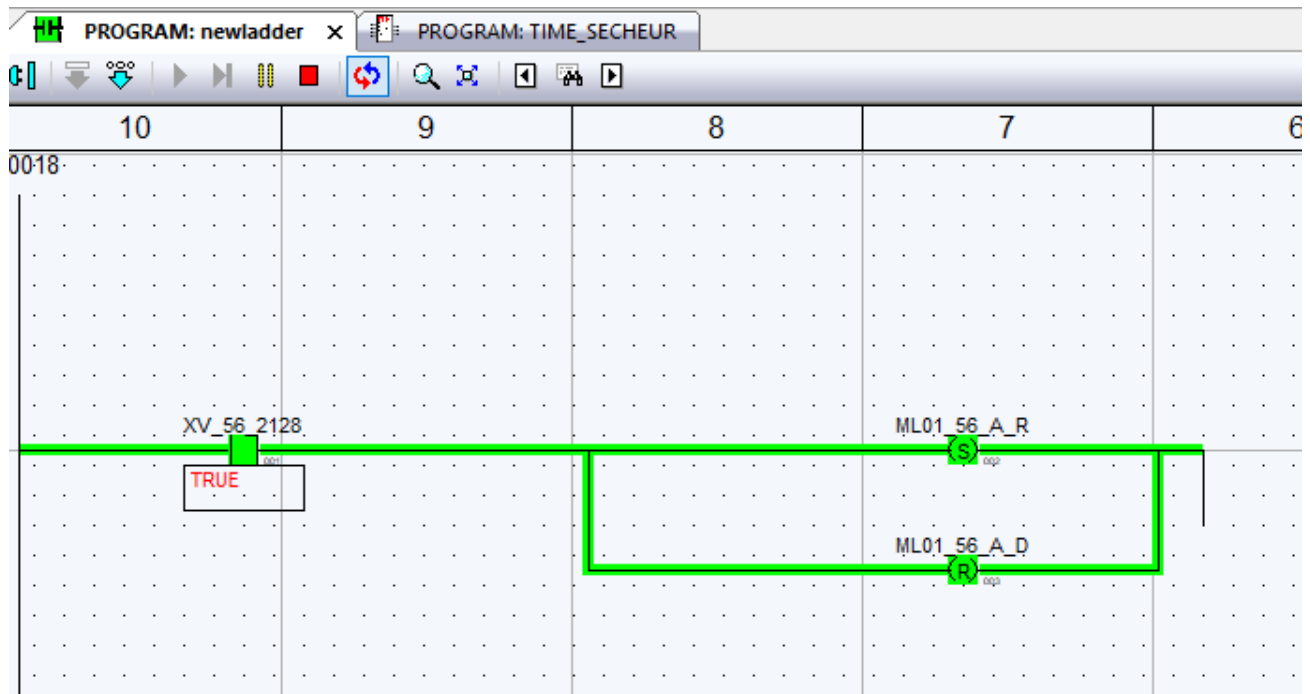


Figure IV.13: La régénération de la tour A.

Étape 14 : la figure ci-dessous (figure IV.14) montre le comptage de temps de pressurisation de la tour A (35 secondes) pendant que la vanne XV_56_2128 est ouverte.

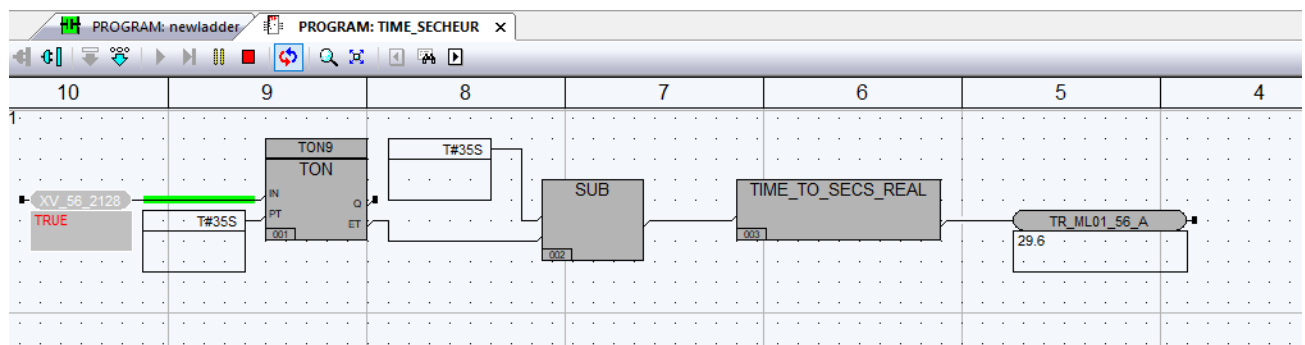


Figure IV.14: Le temps de régénération de la tour A.

Étape 15 : pour la tour A pressurise, les vannes XV_56_2123, – 28 sont fermés et – 25est ouverte.

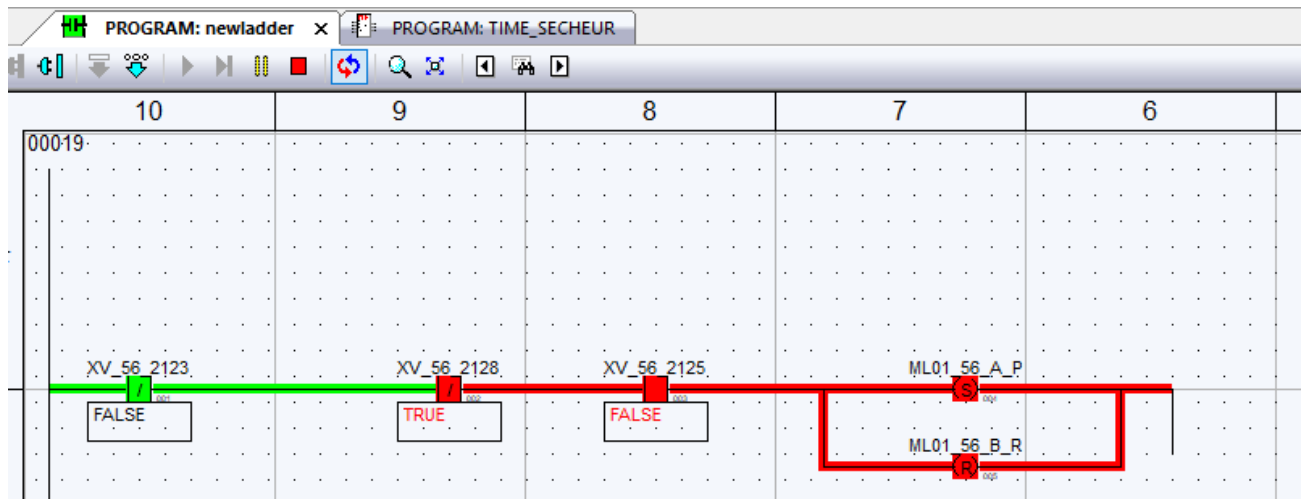


Figure IV.15: La pressurisation de la tour A.

Étape 16 : après l’ouverture des vannes suivantes XV_56_2125, – 24, – 29 et la réinitialisation du système ML01_56_RS, la temporisation commence à compter.

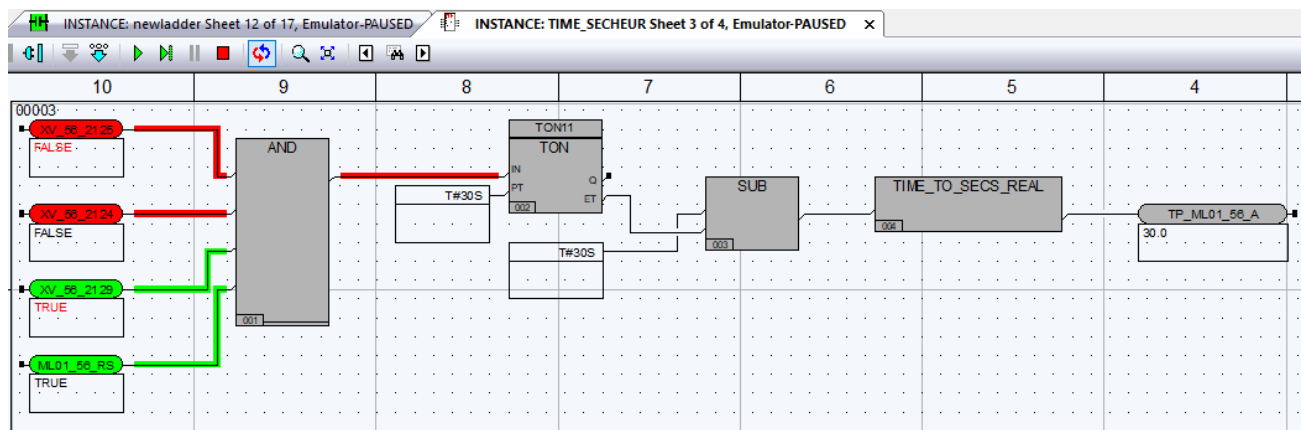


Figure IV.16: Le temps de pressurisation de la tour A.

Étape 17 : après 30 secondes, l'ouverture des vannes XV_56_2121 et – 26 mène la fin de pressurisation de la tour A.

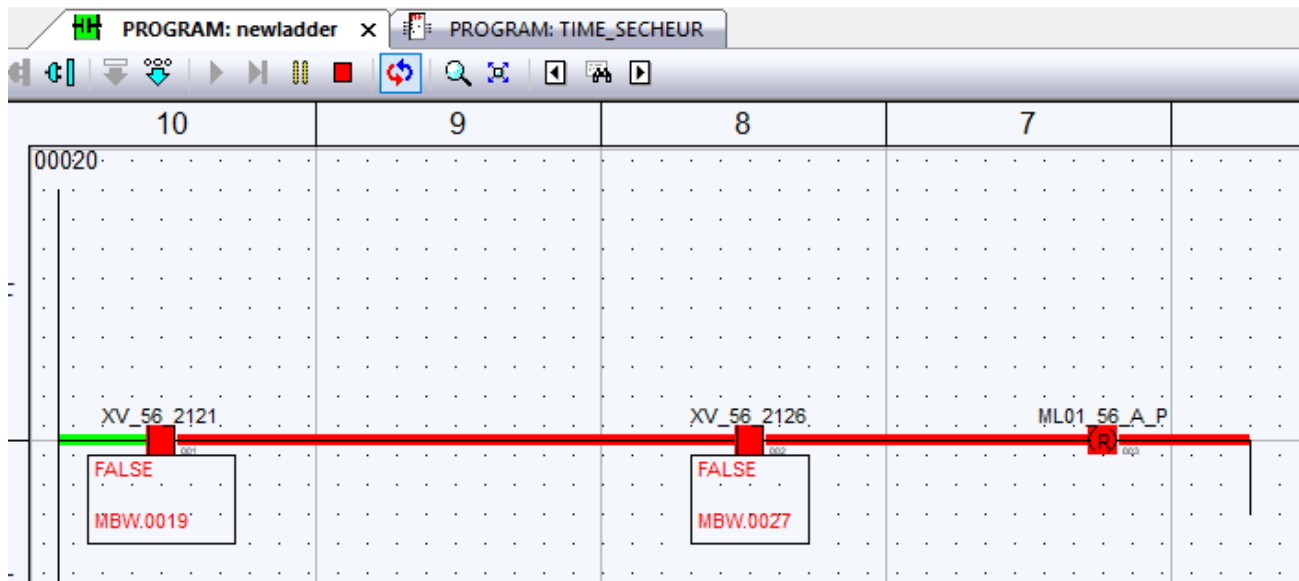


Figure IV.17: La fin de la pressurisation de la tour A.

4) Programmation d'arrêt et d'arrêt d'urgence :

Étape 18 : en cas d'arrêt d'urgence ML01_56_ESD ou bien l'arrêt du système ML01_56_SP, toutes les vannes seront fermées.

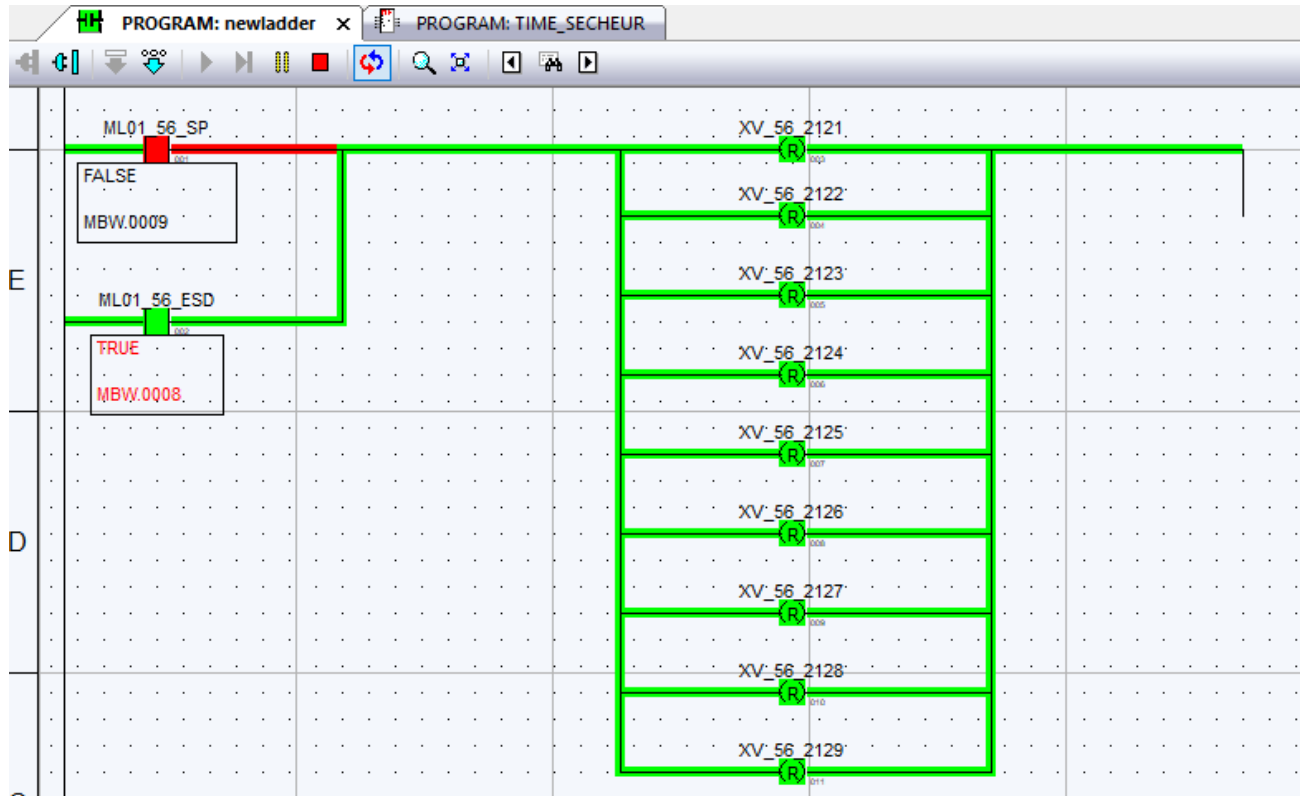


Figure IV.18: La fermeture des vannes.

Étape 19 : l'arrêt total des tours A et B, en cas d'arrêt d'urgence (ML01_56_ESD), l'arrêt du système (ML01_56_SP) ou bien la réinitialisation du système (ML01_56_RS).

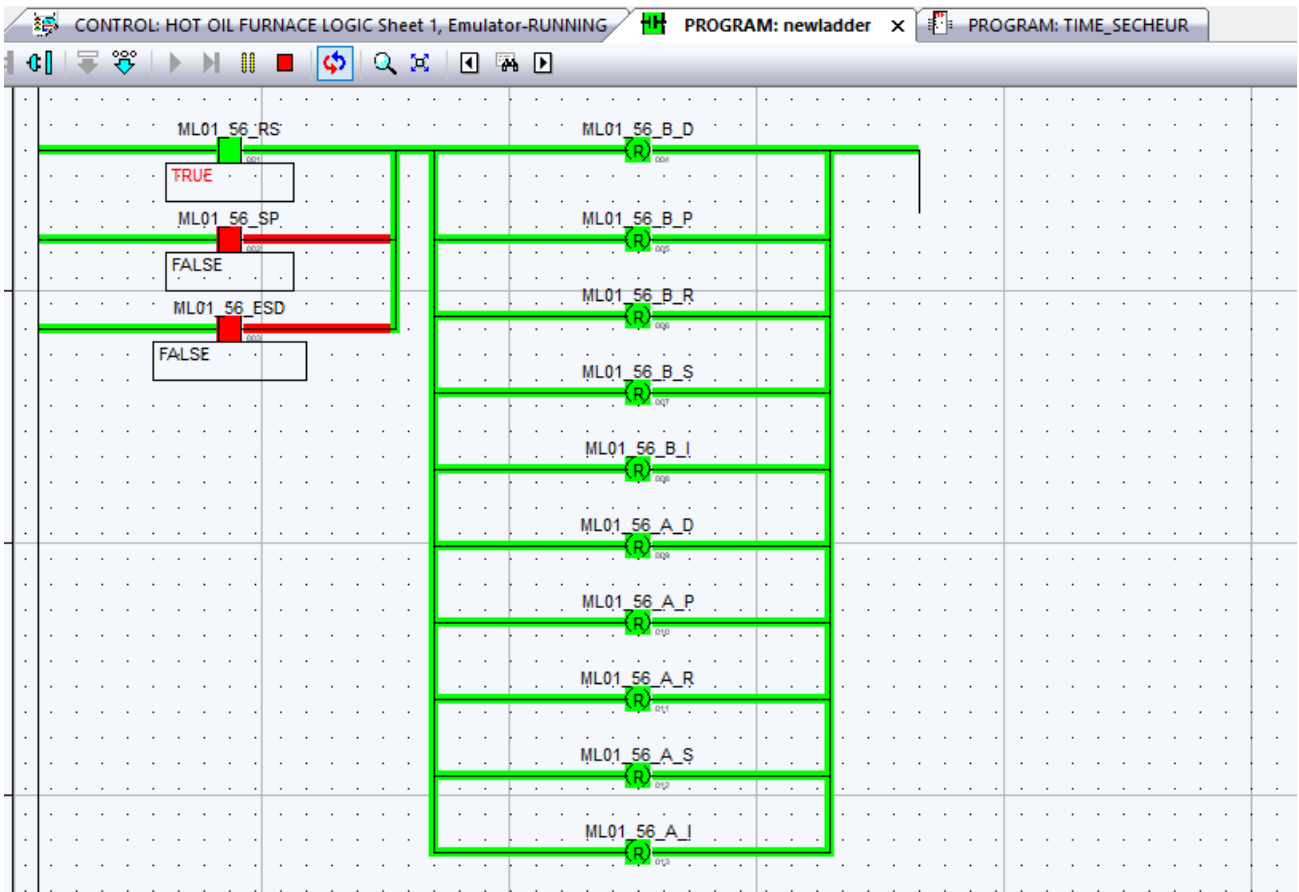


Figure IV.19: L'arrêt des tours A et B.

Étape 20 : la lampe (ML01_56_LE) s'allume, lorsqu'une des deux tours (A/B) n'est pas isolée et il y a un arrêt d'urgence (ML01_56_ESD).

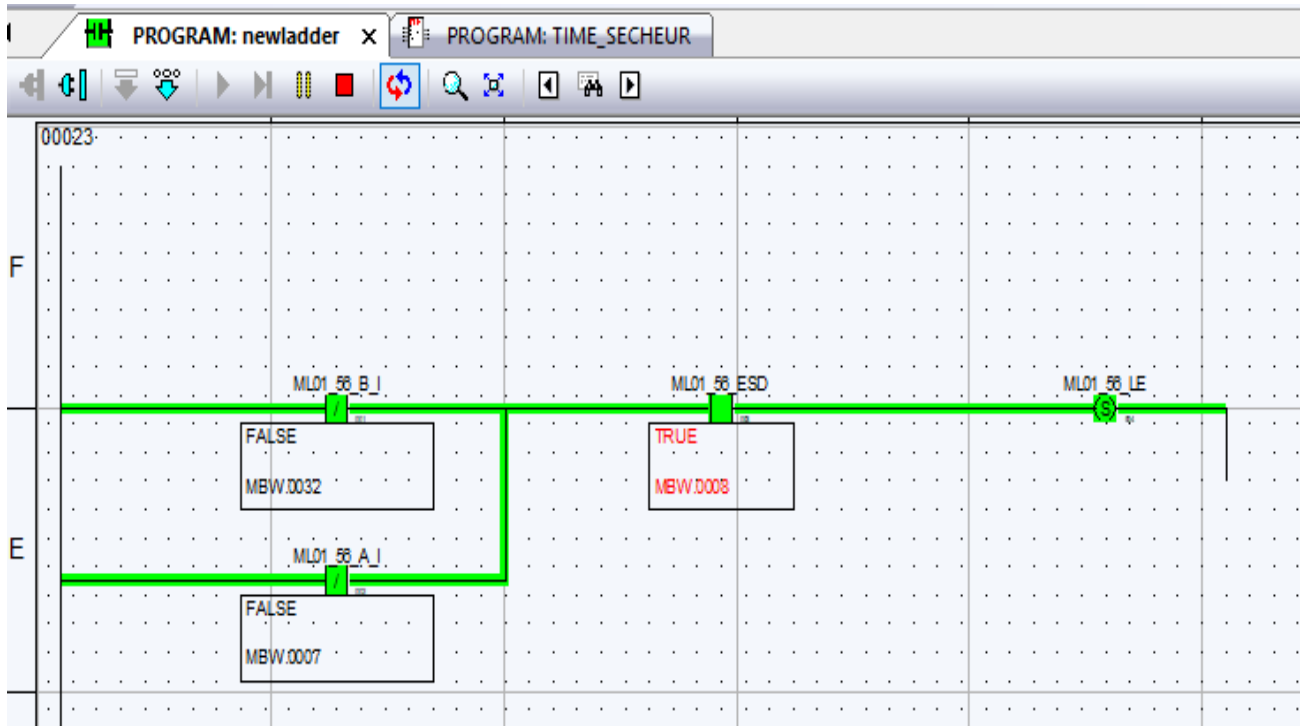


Figure IV.20: L’allumage de la lampe d’arrêt d’urgence.

Étape 21 : pour l’éteindre de la lampe d’urgence, il faut appuyer sur le bouton poussoir (ML01_56_AQ).

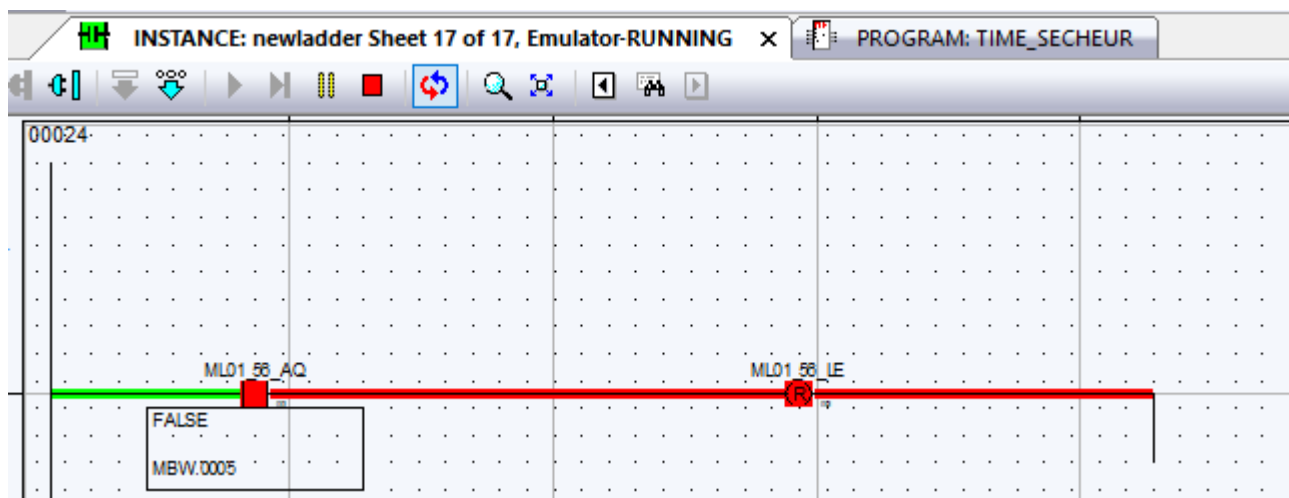


Figure IV.21: L’éteindre de la lampe d’arrêt d’urgence.

IV.4. Test de système de séchage à partir du HMI :

Le schéma de simulation sur le logiciel « INTOUCH » avant le démarrage est représenté dans la figure qui suit (figure IV.22) :

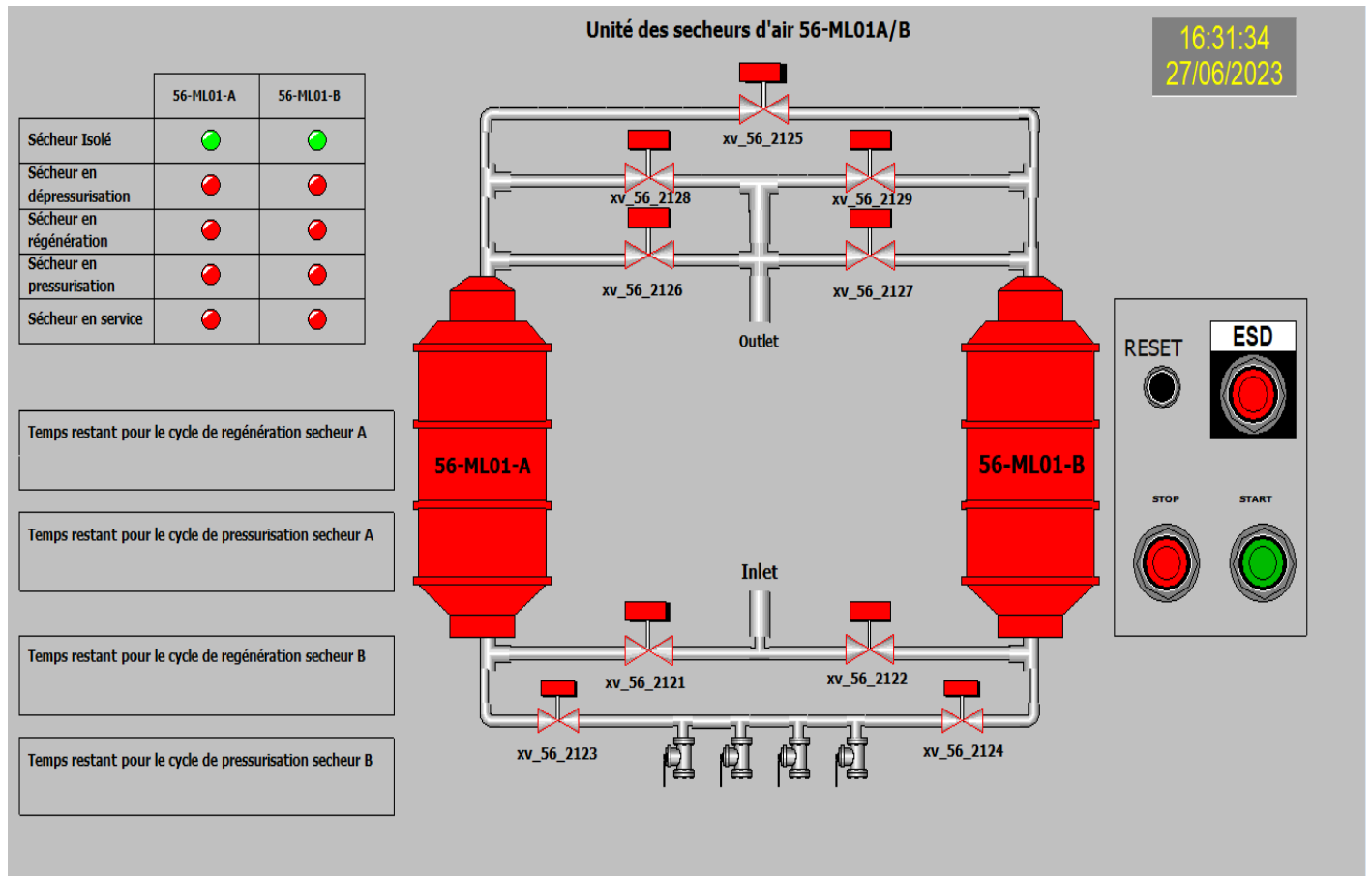


Figure IV.22: le schéma de simulation sur INTOUCH avant le démarrage.

La figure ci-dessous (figure IV.23) représente le schéma de simulation sur « INTOUCH » pendant la programmation :

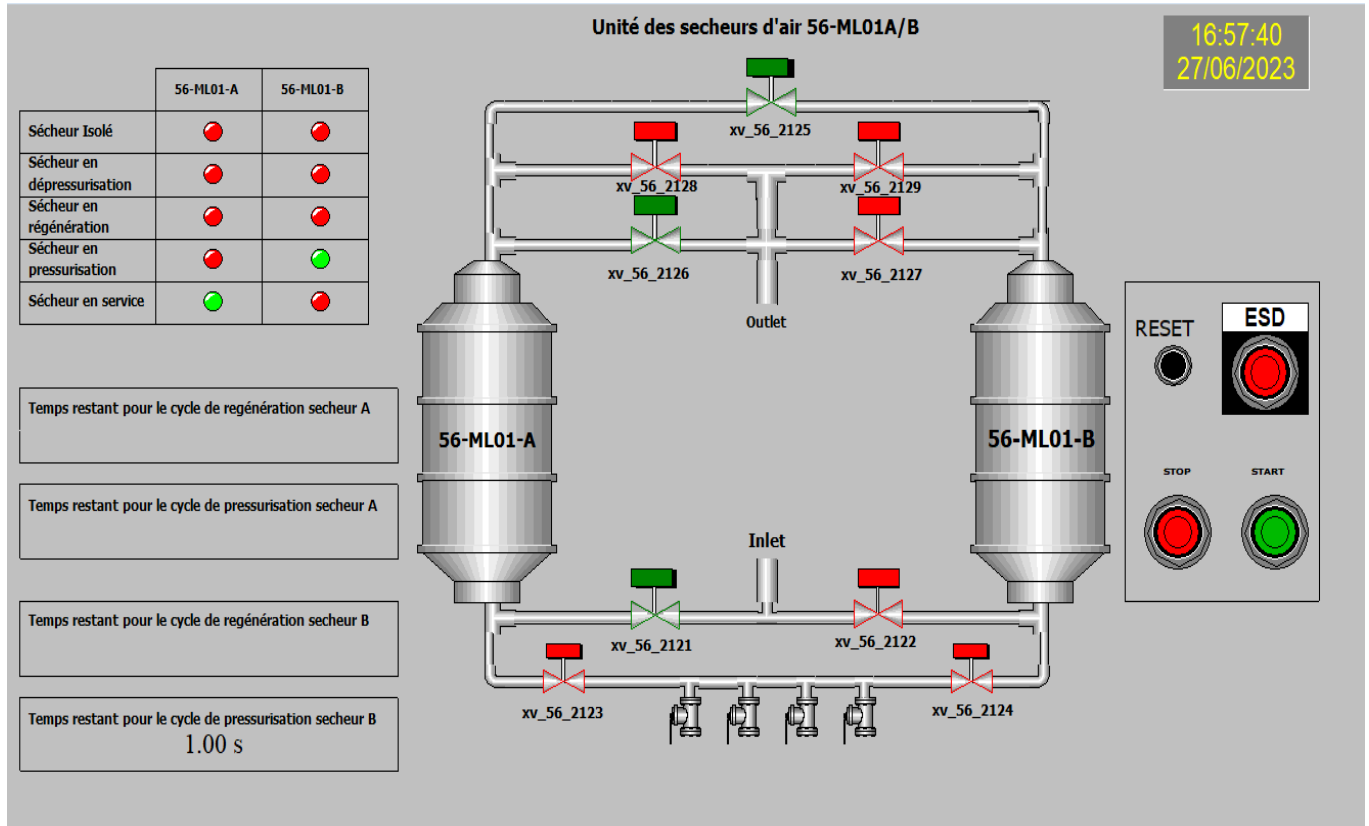


Figure IV.23: Le schéma de simulation sur "INTOUCH" pendant la programmation.

IV.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné les détails nécessaires et les différentes étapes menant à la réalisation et l'implémentation du programme de séchage (sécheur d'air, service et instrument) dans l'API TRICONEX, ainsi que, la simulation du déroulement des séquences du système, dans l'émulateur du TriStation 1131. Nous avons aussi mentionné tous les points d'entrées/sorties rentrants dans la séquence du système de séchage. Enfin, nous avons décrit la procédure à suivre pour simuler le déroulement séquentiel du programme des sècheurs d'air sous TriStation 1131, en parallèle à la supervision en temps réel des événements grâce à la fenêtre de supervision réalisée sous INTOUCH.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Au cours de notre cursus universitaire, nous avons effectués plusieurs stages pratiques au niveau des différents complexes de la compagnie SONATRACH. Ces stages étaient extrêmement bénéfiques. C'était une opportunité qui nous a permis de découvrir les systèmes industriels, d'élargir nos connaissances et de faire le lien entre la théorie et la pratique. Nous avons pu approfondir notre compréhension des procédés industriels, de l'instrumentation, de la régulation et des systèmes de contrôle dans le secteur pétrolier.

Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de master, nous avons effectué un stage pratique au niveau de l'unité 56 du complexe GL1K. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés au sécheur d'air et à l'amélioration de sa sécurité. Cet équipement est une installation comprenant trois compresseurs d'air 56-MJ-01-A/B/C, un séparateur d'air humide 56-ML-02, deux ensembles de sécheur d'air 56-ML-01A/B, ainsi qu'un ballon tampon 56-MD-02. Nous avons particulièrement pris en charge les tâches de démarrage et d'arrêt des vannes, ainsi que les séquences des deux tours A/B. Toutefois, afin de garantir une sécurité maximale, nous avons décidé de conserver certaines tâches en mode manuel, notamment les boutons poussoirs de démarrage et d'arrêt des vannes. Ces procédures présentent des risques potentiels pour le personnel et les équipements, ce qui nécessite toujours une intervention humaine.

En effet, notre travail consiste à remplacer l'automate « Allen Bradley » par l'API « Triconex » et réaliser une interface graphique pour la supervision et le contrôle du sécheur d'air. De nos jours, les fabricants de systèmes automatisés ainsi que les compagnies pétrolières accordent beaucoup d'importance aux interfaces graphiques, spécifiquement les IHM à haute performance, car une alarme ou une situation anormale qui passe inaperçue par l'opérateur, peut provoquer une catastrophe.

En prenant en compte les aspects techniques et économiques, nous avons opté pour les produits TRICON CX, la nouvelle version de TRICONEX. Ces produits garantissent un niveau de sécurité élevé dans de nombreuses applications, telles que les installations de raffinage, le traitement de gaz, les turbomachines, les installations nucléaires, etc. Ils répondent parfaitement aux conditions et aux exigences de notre application au sein des différentes unités de production.

Pour la configuration de la solution adoptée et sa programmation, nous avons utilisé le grafcet pour simplifier les séquences de fonctionnement du sécheur d'air, le logiciel spécialisé TriStation 1131, version 11 de TRICON CX, et la supervision à l'aide de l'HMI «INTOUCH ».

Conclusion générale

Enfin, notre proposition permet d'améliorer le niveau de sécurité des sècheurs d'air grâce à la substitution des API « ALLEN BRADLEY » par les API « TRRICONEX » qui sont plus performants et plus sûrs. En plus du coût de maintenance et d'entretien qui reviendra moins cher.

Bibliographie :

- [1] : documentation projet de nouveau train de GNL à SKIKDA SKIKDA, ALGÉRIE «DESCRIPTION DES FONCTIONS DE CONTRÔLE ET DE SÉCURITÉ UNITÉ 56 – AIR INSTRUMENT ET AIR USINE DOCUMENT No. : IC-56-I35-001 » édition le 13 juin 2013.
- [2] : Documentation interne du complexe GL1k.
- [3] : Manuel de fonctionnement pour les sècheurs d'air : « T série sèche-air régénératif sans chaleur » (10 juin 2010).
- [4] : dossier de formation SCE (édition 05/2017).
- [5] : La norme internationale IEC 61131-3, intitulée "Automates programmables - Partie 3: Langages de programmation" (édition actuelle publié en février 2013).
- [6] : Fichier des travaux de MAJ Schneider Triconex– Arrêt GL1K Janvier 2023.
- [7] : Formation Automate Programmable Industriel TRICONEX, par : B.FEKHAR ingénieur instrumentation (le 12/2016).
- [8] : T.BOUNOUR « réaction des vannes: système SIS », mémoire pour l'obtention du grade d'ingénieur spécialisé en Electricité Instrumentation, IAP Skikda (2015).
- [9] : Communication guide for Tricon v9–v10 Systems sur le site : <https://www.nrc.gov/docs/ML0932/ML093290422.pdf> (20/05/2023).
- [10] : Fichier de logiciel Tristation 1131 version 5.5.0 « Help ».
- [11] : M.NAIT BELAID, S.RAOUI, M.LAKROUT « Commande du four H401 avec un automate Programmable Industriel », mémoire fin d'étude spécialisé en instrumentation (2011).
- [12] : fichier de réunion Sonatrach LQS / Schneider Electric (23 Mai 2023).
- [13] : Z.AMIROU B.BOUARFA « Etude & Intégration de la boucle de régulation du niveau d'huile d'étanchéité du compresseur dans le système de contrôle-commande TRICONEX de l'unité GPL1», mémoire fin d'étude spécialisé en électronique industrielle (2014/2015).

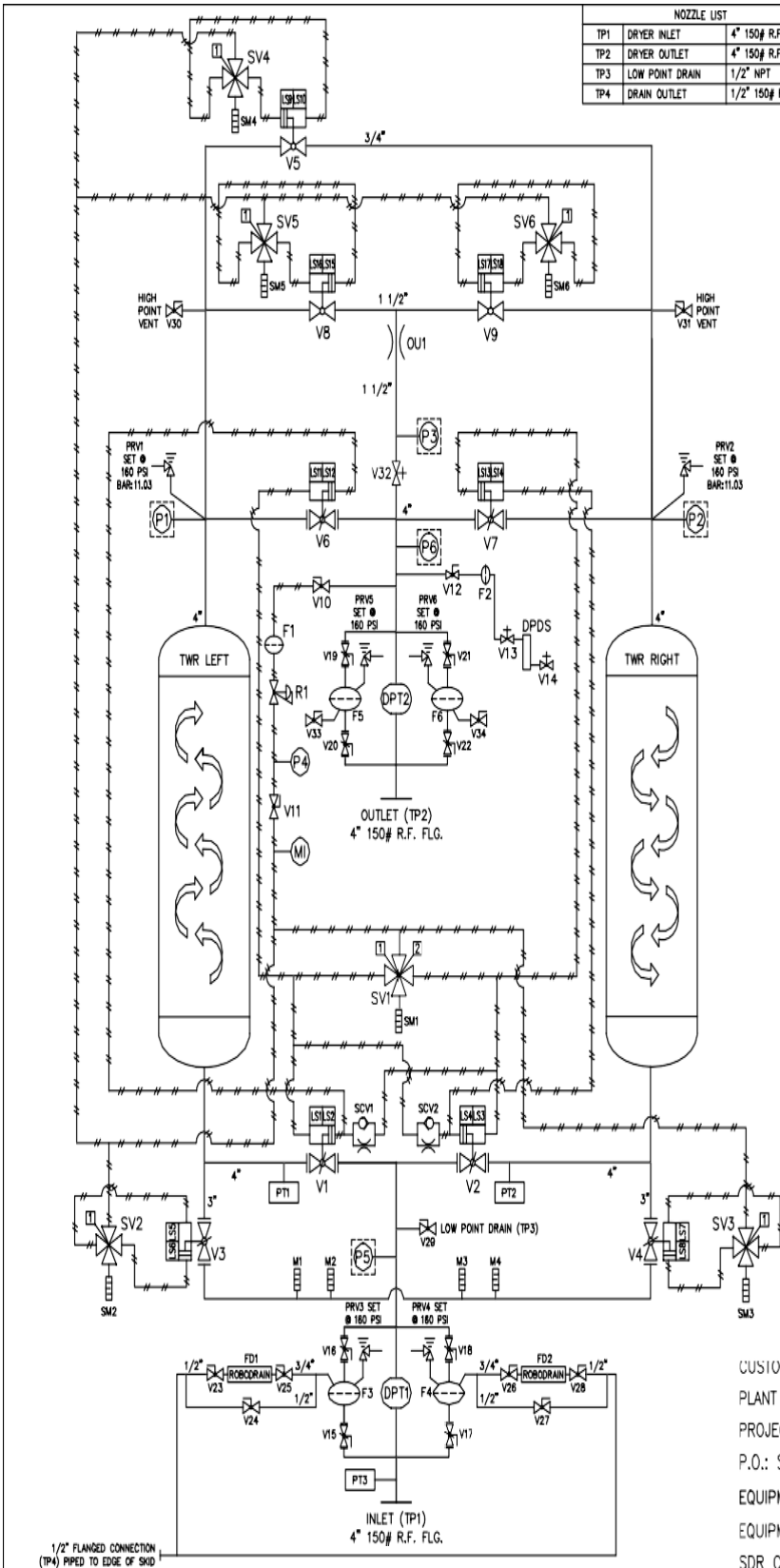
Bibliographie

[14] :https://www.researchgate.net/publication/2891855_FaultTolerant_Platforms_for_Automotive_Safety-Critical#pf4 (03/06/2023).

[15] : <https://www.se.com/ww/en/> (15/06/2023).

[16]: <https://www.wondersysautomation.com/> (21/06/2023).

Annexe A : Air dryer Package P&ID



NOZZLE LIST		
TP1	DRYER INLET	4" 150# R.F. FLG.
TP2	DRYER OUTLET	4" 150# R.F. FLG.
TP3	LOW POINT DRAIN	1/2" NPT
TP4	DRAIN OUTLET	1/2" 150# R.F. FLG.

ITEM	DESCRIPTION	INSTRUMENT TAG NUMBERS	
DPT1 & DPT2	DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTERS	56PDT 2100A, -01A	56-MLO1B
F1	PILOT AIR FILTER		
F3 & F4	PREFILTERS		
F5 & F6	AFTERFILTERS		
FD1 & FD2	FILTER DRAINS		
LS1-3, -5, -7, -9	LIMIT SWITCHES	56LSO 2121A, -22A, -23A, -24A, -25A	56LSO 2121B, -22B, -23B, -24B, -25B
LS11-13, -15, -17	LIMIT SWITCHES	56LSO 2126A, -27A, -28A, -29A	56LSO 2126B, -27B, -28B, -29B
LS2-4, -6, -8, -10	LIMIT SWITCHES	56LSO 2121A, -22A, -23A, -24A, -25A	56LSO 2121B, -22B, -23B, -24B, -25B
LS12-14, -16, -18	LIMIT SWITCHES	56LSO 2126A, -27A, -28A, -29A	56LSO 2126B, -27B, -28B, -29B
M1 - M4	DEPRESS./PURGE EXHAUST MUFFLERS		
OUI	ORIFICE UNION		
P1 & P2	TOWER PRESSURE GAUGES	56PG 2102A, -03A	56PG 2102H, -03H
P3	PURGE FLOW GAUGE	56PG 2104A	56PG 2104B
P4	PILOT AIR PRESSURE GAUGE	56PG 2105A	56PG 2105B
P5	DRYER INLET PRESSURE GAUGE	56PG 2106A	56PG 2106B
P6	DRYER OUTLET PRESSURE GAUGE	56PG 2107A	56PG 2107B
PRV1 & PRV2	TOWER PRESSURE RELIEF VALVES	56PRV 2108A, -09A	56PRV 2108B, -09B
PRV3 & PRV4	PREFILTER PRESSURE RELIEF VALVES	56PRV 2110A, -11A	56PRV 2110B, -11B
PRV5 & PRV6	AFTERFILTER PRESSURE RELIEF VALVES	56PRV 2112A, -13A	56PRV 2112B, -13B
R1	PILOT AIR PRESSURE REGULATOR		
SCV1 & SCV2	SPEED CONTROL VALVES	56SCV 2135A, -36A	56SCV 2135B, -36B
SMT - SM6	SOLENOID MUFFLERS		
SV1	4-WAY DUAL COIL SOLENOID VALVE	56XY 2115A	56XY 2115B
SV2 - SV6	4-WAY SINGLE COIL SOLENOID VALVE	56XY 2118A, -17A, -18A, -19A, -20A	56XY 2118B, -17B, -18B, -19B, -20B
TWR LEFT & RIGHT	DESICCANT TOWERS		
V1 & V2	INLET SWITCHING VALVES	56XY 2121A, -22A	56XY 2121B, -22B
V3 & V4	DEPRESS./PURGE EXHAUST VALVES	56XY 2123A, -24A	56XY 2123B, -24B
V5	REPRESSURIZATION VALVE	56XY 2125A	56XY 2125B
V6 & V7	OUTLET SWITCHING VALVES	56XY 2126A, -27A	56XY 2126B, -27B
V8 & V9	PURGE BALL VALVES	56XY 2128A, -29A	56XY 2128B, -29B
V10 & V11	PILOT AIR SHUT-OFF VALVES		
V15 - V18	PREFILTER ISOLATION VALVES		
V19 - V22	AFTERFILTER ISOLATION VALVES		
V23 - V28	FILTER DRAIN BLOCK & BY-PASS VALVES		
V29	LOW POINT DRAIN VALVE		
V30 & V31	HIGH POINT VENT VALVES		
V32	PURGE FLOW ADJUSTING VALVE		
V33 & V34	AFTERFILTER DRAIN VALVES		

DEWPOINT DEMAND SYSTEM		
DPDS	DEWPOINT PROBE	56AE 2130A
F2	MINIATURE IN-LINE FILTER	
V12	ORIS SHUT-OFF VALVE	
V13 & V14	PROBE BLOCK & BLEED VALVES	

FAIL TO SHIFT ALARM		
PT1	PRESSURE TRANSMITTER	56PT 2131A
PT2	PRESSURE TRANSMITTER	56PT 2132A

LOW INLET/SYSTEM PRESSURE ALARM		
PT3	PRESSURE TRANSMITTER	56PT 2133A

MOISTURE INDICATOR		
MI	MOISTURE COLOR CHANGE INDICATOR	56AI 2134A

DESIGN OPERATING CONDITIONS:
 GAS COMPOSITION: AIR
 INLET FLOW RATE: 5502/3200
 SCFM (REFERRED TO 70°F/21°C AND 14.7 PSIA/1.013 BAR ABS)/ NM3/HR (OC AND 1.013 BAR ABS)
 INLET PRESSURE: 145/10 PSIG/bar g
 INLET TEMPERATURE: 133/56 °F/°C
 INLET MOISTURE CONTENT: SATURATED
 OUTLET MOISTURE CONTENT: -40/-40
 °F DEWPOINT AT LINE PRESSURE/ °C

REV.	DATE	DESCRIPTION OF REVISION	APPROVED
4	03/10/10	ECN: 6309	SMM
3	11/17/09	ECN: 6258	SMM
2	09/24/09	ECN: 6231	SMM
1	02/11/09	ECN: 6119	SMM

THIS PRINT IS PROVIDED ON A RESTRICTED BASIS NOT TO BE USED IN ANY WAY DETRIMENTAL TO THE INTERESTS OF HENDERSON ENGINEERING CO.

SAHARA AIR PRODUCTS
 95 N. MAIN ST. SANDWICH, IL 60548
 PHONE (815)786-9471, FAX (815)786-6117
 A DIVISION OF HENDERSON ENGINEERING CO., INC.

T-SERIES HEATLESS DRYER
 T-500-165-X
 FLOW DIAGRAM

SCALE: NONE	DRAWN BY: SMM	DATE: 12/02/08	APPROVED:
SERIAL NO. 54255	JOB ORDER NO.	DWG. NO. 78109	

CUSTOMER: KBR FOR SONAIRACH
 PLANT LOCATION: SKIKDA-ALGERIA
 PROJECT: NEW LNG TRAIN SKIKDA PROJECT
 P.O.: SKIKDA-6404-PML001
 EQUIPMENT TAG: 56-MLO1A/B
 EQUIPMENT DESCRIPTION: AIR DRYER PACKAGE
 SDR CODE: A4