

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A/Mira de Béjaia
Faculté de Technologies
Département Génie Électrique



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en électromécanique

Option : électromécanique

Thème: _____

*Commande et supervision des équipements des utilités de
l'unité « conditionnement d'huile CEVITAL »*

Réalisé par :

Melle MEZHOUD Sifoura

Devant le jury :

Mr.	A. LAIFAOU	Examineur	U.A/ Mira Béjaia
Mr.	A. RAHMANI	Examineur	U.A/ Mira Béjaia
Mr.	TAZERART Farid	Promoteur	U.A/ Mira Béjaia
Mr.	MAOUCHE Lyazid	Encadrant stage	Ing/ Cevital Béjaia
Mr.	TOULOUM Nadir	Encadrant stage	Ing/ Cevital Béjaia

Année universitaire : **2021/2022**

Remerciements

*En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés. Permis de mener à bien ce travail. Pour avoir bien voulu juger ce travail. Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à **ALLAH** le tout puissant.*

*En deuxième lieu un grand merci à l'ensemble de ma famille et plus particulièrement à **Mes Parents** pour leur amour, leur confiance, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel qui m'a permis de réaliser les études pour lesquelles je me destine et par conséquent ce mémoire.*

*Je voudrais remercier, mon promoteur de mémoire **Dr TAZERART Farid**, maitre de conférence classe A à l'université de Béjaia, pour l'aide qu'il a fourni et les connaissances qu'il a su me transmettre, Je le remercie également pour sa disponibilité ; sa patience et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Je remercie particulièrement mes encadrants de stage, **Mr MAUCHE Lyazid** et **Mr TOULOUM Nadir** ; ingénieurs automaticiens au sien de l'entreprise industrielle Cevital pour leur disponibilité, leur conseils et pour l'aide qu'ils m'ont apporté aussi que sur le plan travail que sur le plan moral.*

*Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de l'unité de conditionnement d'huile ainsi l'unité d'énergie de l'entreprise Cevital surtout **Mr MAUCHE Azzedine** et **Mr NOUALI Lounes**.*

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon mémoire qui m'ont aidée lors de la rédaction surtout **Mr A .BELKAID** et **Mr S. HADJI** et **G. Anis**.*

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Béjaia et les intervenants professionnels responsables de ma formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté de lire ce manuscrit, le corriger et d'apporter les critiques nécessaires à l'amélioration de ce mémoire.

Enfin, je remercie tous mes amis, proches et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce projet fin d'études

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux êtres humains qui sont les plus chères dans ma vie

À Ma lumière, celle qui m'a donné la vie, l'amour, la tendresse et le courage, toi chère Maman que j'adore.

Celui qui m'a soutenu et guidé afin que je puisse arriver à cette étape de ma vie, toi cher père que j'aime.

Merci d'être à mes côtés pour votre présence, pour votre soutien, pour votre amour dévoué et de m'encourager durant toute ma période d'étude.

À ma chère sœur Kaïssa, mon frère adoré Hamid.

À ma grand-mère que j'aime et à la mémoire de mon grand-père.

À mes très chers grands-parents maternels.

À mes très chères amis : Aziz merci pour tes encouragements et à toi Wissam pour ta présence et ton soutien morale dans les moments les plus difficiles de ma vie merci ma chérie je t'adore.

À ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour.

Séphora

Sommaire

Liste des figures**Liste des tableaux****Liste des abréviations****Introduction générale 1****Préambule : Présentation de l'organisme d'accueil****1.Introduction 3****2.Présentation du complexe CeVital 3****3.Présentation de l'unité conditionnement d'huile 3****3.1 Service conditionnement d'huile 5****Chapitre I Étude et Description de la station utilité de CEVITAL****Introduction 6****I.1. Air comprimé 6****I.1.1 Avantages de l'air comprimé 7****I.1.2 Inconvénients de l'air comprimé 7****I.2. Composition d'une installation de production d'air comprimé 7****I.3. Compresseurs 8****I.3.1 Classification des compresseurs 8****I.4. Utilisations de l'air comprimé dans l'unité de conditionnement de l'huile 10****I.5. Description de la section utilité 11****I.5.1 Emplacement des compresseurs sur les lignes de production 13****I.5.2 Réservoir d'air (ballon de stockage) 15****I.5.3 Filtre à air 15****I.5.4 Séparateur d'eau et sécheur d'air 16****I.5.5 La pompe à eau 16****I.5.6 Échangeurs 18****I.5.7 Tour de refroidissement 17****Conclusion 18****Chapitre II Analyse fonctionnelle et élaboration du GRAFCET****Introduction 19****II.1. Problématique 19****II.2. Objectif 19**

II.3. Solution	20
II.4. Elaboration de l'analyse fonctionnelle.....	20
II.4.1 Présentation du système à automatisé.....	20
II.5. Instruments de mesure	22
II.5.1 Transmetteur de pression	22
II.5.2 Transmetteurs différentiels de pression	22
II.5.3 Transmetteurs de température	23
II.5.4 Transmetteur de niveau.....	23
II.6. Organes de commande.....	24
II.6.1 Vannes.....	24
II.7. Actionneurs	25
II.8. Cahier des charges.....	26
II.8.1 Conditions de démarrage de la station air comprimé.....	26
II.8.2 Mise en marche :.....	26
II.8.3 Conditions de démarrage de la tour de refroidissement	27
II.8.4 Mise en marche :.....	27
II.8.5 Défauts de fonctionnement	27
II.8.6 Défauts arrêtant les compresseurs :.....	27
II.8.7 Défauts arrêtant les sécheurs	28
II.8.8 Défaut au niveau des vannes.....	28
II.8.9 Défauts arrêtant la tour de refroidissement	28
II.9. Analyse fonctionnelle par organigrammes de démarrage de la station.....	28
II.10. Analyse fonctionnelle par organigrammes d'ouverture des vannes.....	29
II.11. Analyse fonctionnelle par organigrammes de la tour de refroidissement	29
II.12. Organigramme de marche des ventilateurs	30
II.13. Analyse fonctionnelle par Grafcet	30
II.14. Grafcet de la tour de refroidissement	33
Conclusion.....	34

Chapitre III Programmation sous Tia Portal V16

Introduction	35
III.1. Système automatisé	35
III.1.1 Objectif de l'automatisation.....	35
III.1.2 Structure d'un System Automatisé.....	36
III.2. Automate Programmable Industriel	36
III.3. Langage de programmation.....	36
III.4. Présentation de l'automate S7 – 300.....	38
III.5. Création du programme d'automatisation de système	38
III.5.1 Programmation sur TIA PORTAL V16.....	38
III.5.2 SIMATIC STEP 7.....	39
III.6. Réalisation du Programme :	39
III.6.1 Configuration et paramétrage du matériel.....	39
III.6.2 Création de la table des variables :	40
III.6.3 Ajout des blocs de programmation	41
III.7. Programmation des blocs utilisés :	42
III.7.1 [OB 1]: Bloc d'organisation:	42
III.7.2 [FC 1] : Mise à l'échelle des entrées analogique	43
III.7.3 [FC18] : Bloc de commande marche des compresseurs	45
III.7.4 [FC19] : Bloc de commande marche des sécheurs	45
III.7.5 [FC2] : Bloc des compresseurs	45
III.7.6 [FC5] : bloc des sécheurs.....	47
III.7.7 [FC3] : bloc de commande marche des pompes	48
III.7.8 [FC9] commande marche des pompes	48

III.7.9 [FC6] : Bloc commande marche des ventilateurs.....	49
III.7.10 [FC16] Bloc ventilateurs.....	51
III.7.1 [FC11] bloc marche ventilateurs	52
III.7.2 [FC4] : sélection des ventilateurs.....	52
III.7.3 [FC10] : Vannes.....	53
Conclusion.....	55
 Chapitre IV Supervision et Simulation	
Introduction	56
IV.1. Supervision	56
IV.2. Objectif de la supervision.....	56
IV.3. Interfaces homme machine IHM	57
IV.4. Critères de choix de l'interface IHM.....	57
IV.5. SIMATIC WinCC sur TIA portal.....	57
IV.6. Etapes de réalisation de l'interface homme-machine du processus.....	58
IV.6.1 Création et la configuration de l'interface.....	58
IV.6.2 Etablissement d'une liaison directe :.....	59
IV.6.3 Création des vues	60
IV.7. Compilation et Simulation.....	65
Conclusion générale	75
Références Bibliographique.....	77
 Annexe	



Liste des Figures

Figure I-1 Équipements de production d'air comprimé	7
Figure I-2 Classification des compresseurs	8
Figure I-3 Compresseurs à piston-cylindre	9
Figure I-4 Clapet de refoulement	9
Figure I-5 Schéma de fonctionnement d'un compresseur à étages	10
Figure I-6 Description de la section utilité	11
Figure I-7 Schéma de l'installation pour la gestion des compresseurs	12
Figure I-8 Compresseur ATLAS COPCO CREPELLE.	13
Figure I-9 Compresseur SIAD TEMPO 5550	14
Figure I-10 Ballon de stockage d'air	15
Figure I-11 Filtre à air	15
Figure I-12 Séparateur d'eau et sécheur d'air	16
Figure I-13 Moteur d'entraînement	17
Figure I-14 Tour de refroidissement	17
Figure I-15 Échangeurs	18
Figure II-1 Équipements de production d'air comprimé	21
Figure II-2 Transmetteur de pression	22
Figure II-3 Transmetteur de température	23
Figure II-4 Transmetteur de niveau	23
Figure II-5 Vannes manuelle.....	24
Figure II-6 Vannes pneumatiques	24
Figure II-7 Organigramme de démarrage de la station.....	28
Figure II-8 Organigramme d'ouverture de la vanne XV1	29
Figure II-9 Organigramme d'ouverture de la vanne XV2.....	29
Figure II-10 Organigramme d'ouverture de la vanne XV3.....	29
Figure II-11 Organigramme de condition de marche de la tour de refroidissement.....	29
Figure II-12 Organigramme de marche du 1 ^{er} compresseur.....	30
Figure II-13 Organigramme de marche des ventilateurs	30
Figure II-14 Grafcet du bon fonctionnement de la station et grafcet d'AU	31
Figure II-15 Grafcet de la station avec défauts.....	32
Figure II-16 Grafcet de la tour de refroidissement	33
Figure III-1 Schéma fonctionnement system automatisé.....	36
Figure III-2 API S7-300.....	38
Figure III-3 API S7-300 et arrangement des modules.....	40
Figure III-4 Vue du bloc blocs de code	41
Figure III-5 Appel des deux blocs fonctionnels FC1 et FC2 dans l'OB.	43
Figure III-6 Exemple de la mise à l'échelle avec l'instruction SCALE.	43
Figure III-7 Vérification de la pression.	44

Figure III-8	Exemple de la mise à l'échelle avec l'instruction SCALE.	44
Figure III-9	Vérification de la température.	44
Figure III-10	Réseau intégré dans [FC1].....	45
Figure III-11	Réseau intégré dans [FC5].....	45
Figure III-12	Commande marche du lier compresseur.....	46
Figure III-13	Commande marche du 1 ^{ier} sécheur	47
Figure III-14	Réseau intégré dans [FC9].....	48
Figure III-15	Commande marche de la première pompe.....	48
Figure III-16	Réseau intégré dans [FC7].....	49
Figure III-17	Commande marche du premier ventilateur.....	50
Figure III-18	Réseau intégré dans [FC11].....	51
Figure III-19	Commande des ventilateurs	52
Figure III-20	Script de la sélection des ventilateurs	53
Figure III-21	Ouverture des vannes XV1 et XV2 [FC15]	54
Figure III-22	Alarme défaut disjoncteur du lier compresseur.....	54
Figure III-23	Alarme défaut niveau bas de l'huile dans le lier compresseur	55
Figure III-24	Alarme défaut niveau bas de la bache à eau	55
Figure IV-1	Ajout d'une interface homme machine.	58
Figure IV-2	Liaison MPI établie entre CPU et IHM.....	59
Figure IV-3	Partie de la table des variables IHM.....	59
Figure IV-4	Vue principale.....	60
Figure IV-5	Vue process.....	61
Figure IV-6	Vue compresseur 1.....	62
Figure IV-7	Vue compresseur 2.....	63
Figure IV-8	Vue compresseur 3.....	63
Figure IV-9	Vue de la tour de refroidissement.....	64
Figure IV-10	Vue des alarmes.....	65
Figure IV-11	Interface de simulation PLCSIM.....	66
Figure IV-12	Vue process après la simulation	66
Figure IV-13	Vue compresseur 1 après la simulation.....	68
Figure IV-14	Commande marche du lier compresseur.	69
Figure IV-15	Commande marche du lier sécheur.	70
Figure IV-16	Ouverture de la vanne XV1.....	71
Figure IV-17	Mise à échelle du transmetteur de pression PT103.....	71
Figure IV-18	Vue tour de refroidissement après la simulation.....	72
Figure IV-19	Marche des ventilateurs.....	72
Figure IV-20	Vue alarmes après la simulation.	73
Figure IV-21	Alarme lors d'un défaut disjoncteur de 1 ^{ier} compresseur.....	74
Figure IV-22	Alarme niveau bas huile dans le 1 ^{ier} compresseur	74
Figure IV-23	Alarme niveau bas bache à eau	74

	Liste des Tableaux
--	--------------------

Tableau II- 1 : Organe de mesure et de détection du système.....	25
Tableau II- 2 : Les différents actionneurs.....	25
Tableau IV- 1 : Caractéristiques Techniques de l'IHM TP1500.....	57

Liste des abréviations

GRAF CET : Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions).

IHM : Interface Homme Machine.

API : Automate Programmable Industriel.

TOR : Tout Ou Rien.

TIA Portal: Totally Integrated Automation Portal.

PC : Partie Commande.

PO : Partie Opérative.

PP : Partie Pupitre.

S7: STEP7.

FBD: Function Block Diagram.

IL: Instruction List.

LD: Ladder Diagram.

SFC: Sequential Function Chart.

ST: Structured Text.

CPU: Central Processing Unit.

AI : Analogique Input.

AO : Analogique Output.

DI: Digital Input.

DO: Digital Output.

PS: Module d'alimentation.

OB : Bloc d'organisation.

FB : Bloc fonction.

FC : Bloc fonctionnel.

DB : Bloc de données.

WinCC : Windows Control Center.

MPI: l'interface multipoint.

PLC : Programmable Logic Controller.

Manu : Manuel.

Auto : Automatique.



Introduction générale

Introduction générale

L'évolution de plus en plus rapide dans le domaine industriel et la concurrence qui domine ce dernier, rendent l'automatisation des unités de production n'est plus un choix, mais une nécessité. Du coup, il fallait introduire de nouvelles méthodes et technologies industrielles afin de répondre à cette demande, c'est ce qui a permis à l'automatisation d'ouvrir de nouveaux horizons.

L'entreprise agro-alimentaire **Cevital** est dotée d'une station utilité constituée de sept puissants compresseurs assurent l'alimentation en continu en air comprimé. Chaque compresseur est équipé d'une carte de commande et réglage des paramètres à travers un opérateur envoyé sur place. Au cours de son fonctionnement, les équipes travaillent dans cette station ont soulevé des lacunes et des insuffisances de la station. Parmi ses manques : en premier lieu, le déplacement sur place des opérateurs pour le réglage des paramètres ; en deuxième lieu, au moment qu'un défaut survient les équipes n'entendent pas les sonnettes d'alarmes à cause de l'état sonore des compresseurs (milieux assourdissants).

Par conséquent mon mémoire est réalisé dans le cadre de cette problématique posée par les travaillants de la section des huiles du groupe **Cevital** qui repose sur la surveillance à distance de la station utilité depuis une salle de contrôle, cela dans le but d'accéder à distance aux paramètres et surtout surveiller les défauts par des alarmes qui doivent être affichées sur un écran de supervision. Cette équipe m'a confié l'étude de l'installation, ainsi que la programmation et la supervision, dont le but est d'assurer la continuité de la production de l'air comprimé en anticipant des éventuels défauts.

Pour une meilleure présentation de mon travail, le mémoire a été organisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la description générale de la station utilité de **Cevital**. Le deuxième chapitre sera dédié à la analyse fonctionnelle et élaboration du GRAFCET pour mettre en évidence la problématique et élaboration du cahier des charges. Le troisième chapitre, on entamera la programmation et la simulation sous le logiciel TIA PORTAL. On parlera de l'automate programmable ainsi que les ressources logicielles utilisées pour l'automatisation de la station. Les étapes de la programmation de la station, qui sera l'objectif principal de notre travail, y seront détaillées et expliquées. En ce qui concerne le quatrième chapitre on entamera la création de la supervision de la station finissant avec l'interprétation des résultats obtenus de la simulation.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale et quelques perspectives.

Préambule

Présentation de l'organisme
d'accueil

1. Introduction

Cevital est le premier complexe agroalimentaire en Algérie, dans ce présent chapitre nous allons parler de son évolution historique, ses multiples activités industrielles, ses principaux objectifs, ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions, enfin nous présenterons l'unité conditionnement d'huile [01].

2. Présentation du complexe Cevital

Cevital c'est un ensemble industriel intégré, concentré en première partie dans le secteur de l'agroalimentaire : raffinage de l'huile et de sucre, produit dérivée. **Cevital** SPA a été créée avec des fonds privés en 1998 et elle est la première société privée dans l'industrie de raffinage d'huiles brutes sur le marché algérien, Son complexe de production se situe dans le port de BEJAIA L'ensemble industriel a connu une croissance importante et a consolidé sa position de Leader dans le Domaine agroalimentaire. En effet les besoins du marché national sont de 1200T/J d'huile l'équivalent de 12 litres par Personne et par an. Les capacités actuelles de **Cevital** sont de 1800T/j, soit un excédent commercial de 600T/J, aujourd'hui **Cevital** Agroalimentaire est le plus grand complexe privé en Algérie [01].

3. Présentation de l'unité conditionnement d'huile

L'unité de conditionnement d'huile de **Cevital** est constituée actuellement de six (06) lignes de production, deux (02) lignes pour la production des bouteilles de 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 4 ou 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 1 litre, une ligne pour la production des bouteilles de 2 litres et une ligne pour la production des bouteilles de 1.8 litres.

En termes d'équipements, chaque ligne est constituée de plusieurs machines assurant des tâches précises dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à être vendu. La mise en bouteilles sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue par la transformation du PET (polyéthylène téréphtalate) en préformes pour bouteilles à l'aide des presses injections des capacités différentes. Après transformation, les préformes passent par les étapes suivantes :

- La souffleuse : qui est une machine destinée à la fabrication des bouteilles à partir des préformes qui ont une structure de tube, fabriquées dans l'unité plastique.
- Convoyeur aéraulique rafale : c'est un dispositif destiné au transport des petites bouteilles en PET de la souffleuse jusqu'à la remplisseuse. Le transport est assuré par un soufflage d'air produit par les colonnes de ventilation équipées des filtres garantissant un air propre.
- Remplisseuse et bouchonneuse : la remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini (huile) dont la vitesse du remplissage peut être variée.
- La bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des bouteilles juste à la fin du remplissage pour éviter le débordement. Les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité.
- Etiqueteuse : elle est destinée à coller les étiquettes enveloppantes sur les récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabricant.
- Dateur : le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit. Chaque ligne dispose de deux types de dateurs, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur la bouteille à l'aide d'un laser.
- Déviateur de bouteilles : c'est un mécanisme destiné à répartir les bouteilles sur différents couloirs d'une manière homogène pour qu'elles soient regroupées dans des paquets enveloppés par la suite.
- Fardeleuse : la fardeleuse est la machine qui reçoit les bouteilles et les enveloppe dans un film en silicone.
- Poseuse poignée : on trouve ce type de machine uniquement dans les lignes de 4 ou 5 litres. Elle a pour rôle le placement et la fixation des poignées sur les bouteilles.
- Palettiseur : cette machine est conçue pour superposer sur une palette plusieurs étages de fardeaux.

- Banderoleuse : son rôle est d'entourer la charge d'un film en silicone dans le but d'assurer la bonne tenue des bouteilles pour tout déplacement.
- Tapis roulant : c'est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeleuse jusqu'à l'entrée du palettiseur. [01].

3.1 Service conditionnement d'huile

Le service conditionnement d'huile est constitué de plusieurs services qui sont représentés selon l'organigramme suivant :

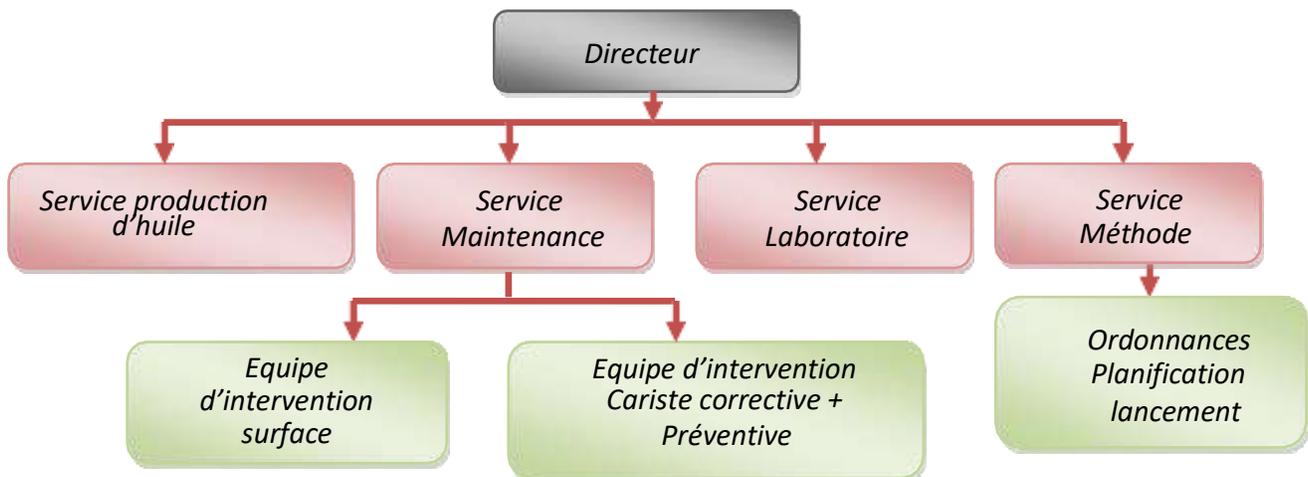


Figure 1 : L'organigramme de l'unité de conditionnement d'huile [01].

CHAPITRE I

Étude et Description de la
station utilité de CEVITAL

Introduction

L'utilité en industrie est un fluide énergétique distribué vers plusieurs lignes de production pour les besoins en énergie. L'air comprimé est considéré comme le quatrième fluide utilisé dans l'industrie, après l'électricité, le gaz naturel et l'eau. La production de l'air comprimé se fait à base des compresseurs qui ont comme fonction d'élever la pression du fluide (l'aire) qui le traverse.

L'entreprise agroalimentaire CEVITAL de Bejaia touche plusieurs secteurs d'activités qui nécessitent l'utilisation de l'air comprimé servant au fonctionnement des différentes machines. La production de cette énergie est assurée par sept compresseurs.

La description et étude de la station utilité nous permettrons de mieux comprendre le principe de fonctionnement de la station de production d'air comprimé actuel, ainsi son rôle dans la chaîne de production, cette présentation nous arrangera à dégager l'analyse fonctionnelle pour ce système en vue d'une éventuelle automatisation.

Le conditionnement d'huile dispose de sept compresseurs à air qui fonctionnent 7 jours sur 7 et 24h sur 24h, l'air comprimé est indispensable aux processus industriels du conditionnement d'huile.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter quelques généralités sur l'air comprimé ensuite nous allons passer à la présentation des compresseurs basant sur le compresseur à piston. Les modèles des compresseurs utilisés au niveau de l'unité de conditionnement d'huile à Cevital sont le compresseur SIAD TEMPO 5550 et le compresseur ATLAS COPCO CREPELLE.

I.1. Air comprimé

L'air comprimé est une forme d'énergie stockée utilisée pour faire fonctionner des machines, des équipements ou des processus industriels. L'air comprimé est une « utilité » qui est utilisé dans la plupart des industries manufacturières (industries de fabrication et dans certaines industries de services), en particulier lorsqu'il est peu pratique ou même dangereux d'alimenter directement des outils ou des appareils électriques.

I.1.1 Avantages de l'air comprimé

L'air comprimé a plusieurs avantages parmi eux :

- l'air comprimé se transporte facilement ;
- on peut trouver l'air partout et avec une quantité ;
- il n'est pas polluant (propre) ;
- il s'écoule rapidement et sans risque d'inflammation ;
- possibilité de stockage.

I.1.2 Inconvénients de l'air comprimé

L'air comprimé a plusieurs inconvénients parmi eux :

- le bruit lors de l'échappement d'air ;
- pour une bonne compression il nous faut un bon système pour ne pas avoir des impuretés (poussière ...) et doit être séché ;
- des vitesses non constantes et de faible force.

I.2. Composition d'une installation de production d'air comprimé

Les installations industrielles de production d'air comprimé ne se limitent pas à un seul élément, mais un ensemble de composants qui garantissent la compression et le conditionnement. La figure I.1 illustre le principe et l'enchaînement d'une station d'air comprimé et ses différents composants.

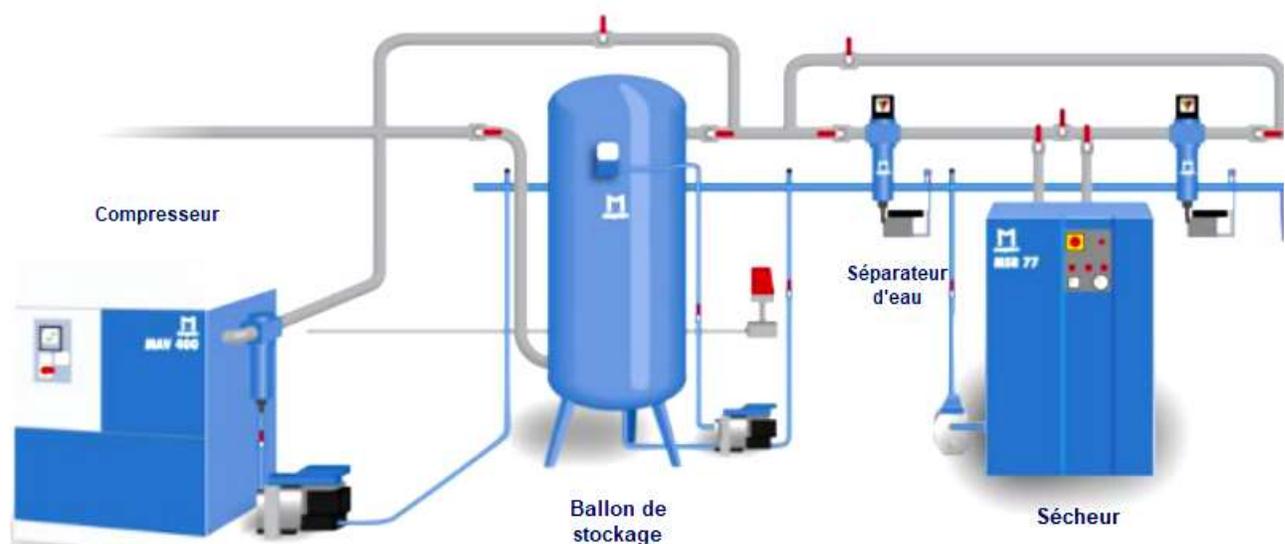


Figure I-1 Équipements de production d'air comprimé [1].

I.3. Compresseurs

Un compresseur est une machine mécanique qui produit de l'air comprimé dans un réseau de canalisation ou un réservoir de stockage, il réduit le volume et augmente la pression. Cet air est indispensable dans la plupart des industries dans leur processus de fabrication.

I.3.1 Classification des compresseurs

Il existe deux classes de compresseurs : Les compresseurs volumétriques qui peuvent être des compresseurs alternatifs ou rotatifs, et les turbocompresseurs ou ce qu'on appelle les compresseurs dynamiques qui sont soit centrifuges soit axiaux. Dans la première classe, l'élévation de pression est obtenue en diminuant le volume de gaz par action mécanique. Dans la seconde, l'élévation de la pression est obtenue en convertissant de façon continue l'énergie cinétique communiquée au gaz en énergie de pression [2].

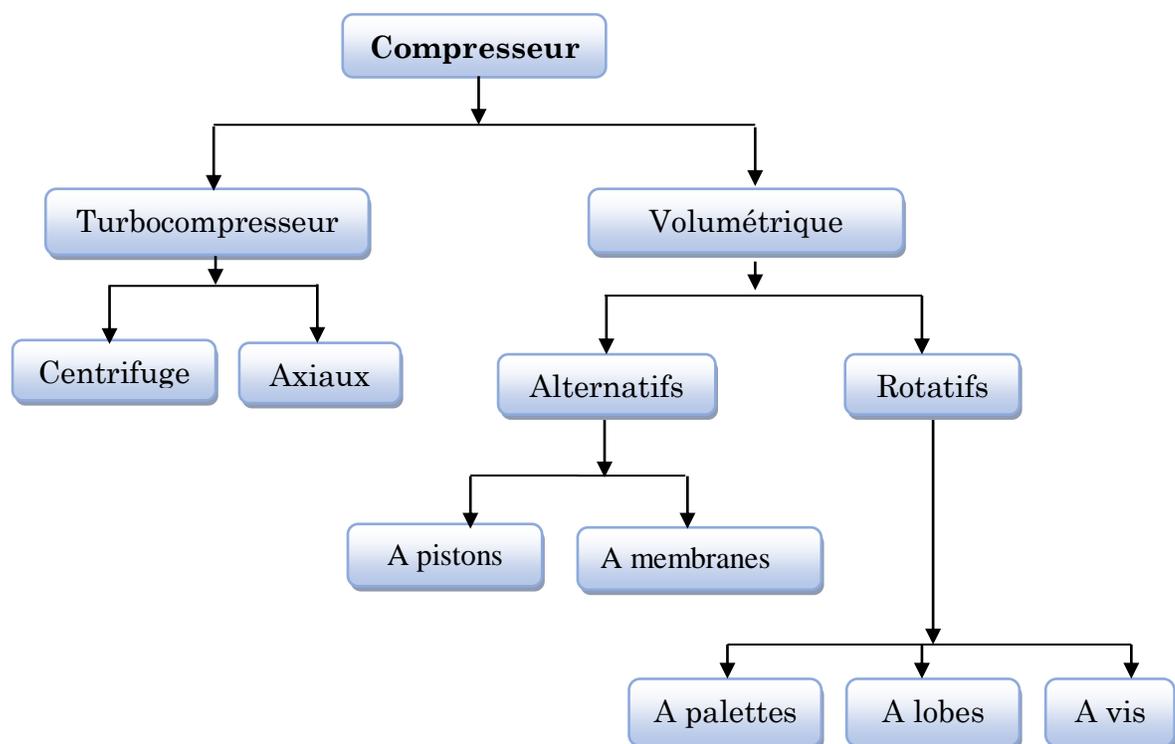


Figure I-2 Classification des compresseurs.

Dans notre station le type des compresseurs qu'on trouve c'est les compresseurs à piston de 3 étages qui sont basés sur le système : Piston-cylindre-clapet

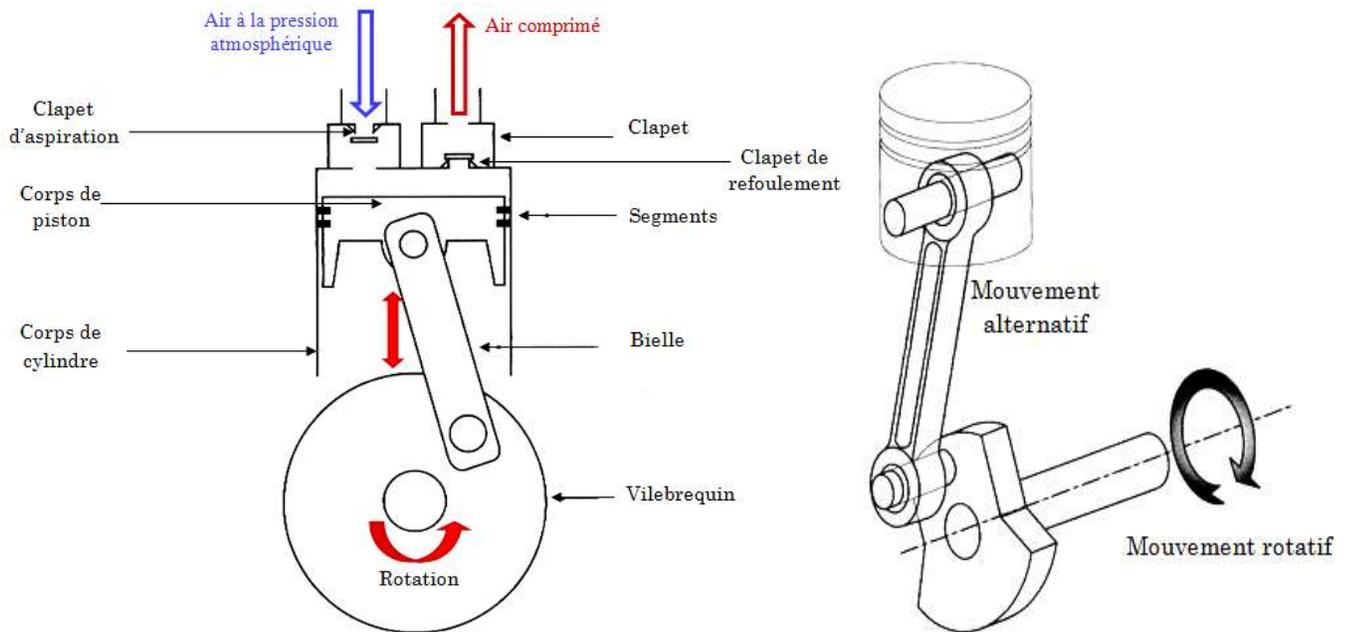


Figure I-3 Compresseurs à piston-cylindre [3]

Ce système fonctionne en deux phases : - Aspiration - Refoulement

Lors de l'aspiration (descente du piston), le volume délimité par l'ensemble piston - cylindre augmente. Lors du refoulement (montée du piston), le volume diminue et la pression augmente. Le clapet de refoulement s'ouvre et l'air est chassé vers la sortie du compresseur (utilisation). À chaque étage de compression nous trouvons une soupape de sécurité tarée à la pression finale de l'étage de compression afin d'éviter toute surpression dans le cylindre de compression et éviter la détérioration de celui-ci par explosion [3].

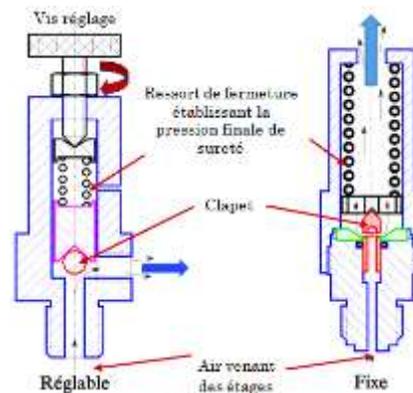


Figure I-4 Clapet de refoulement.

La compression se fait progressivement en trois étages jusqu'à la pression maximale.

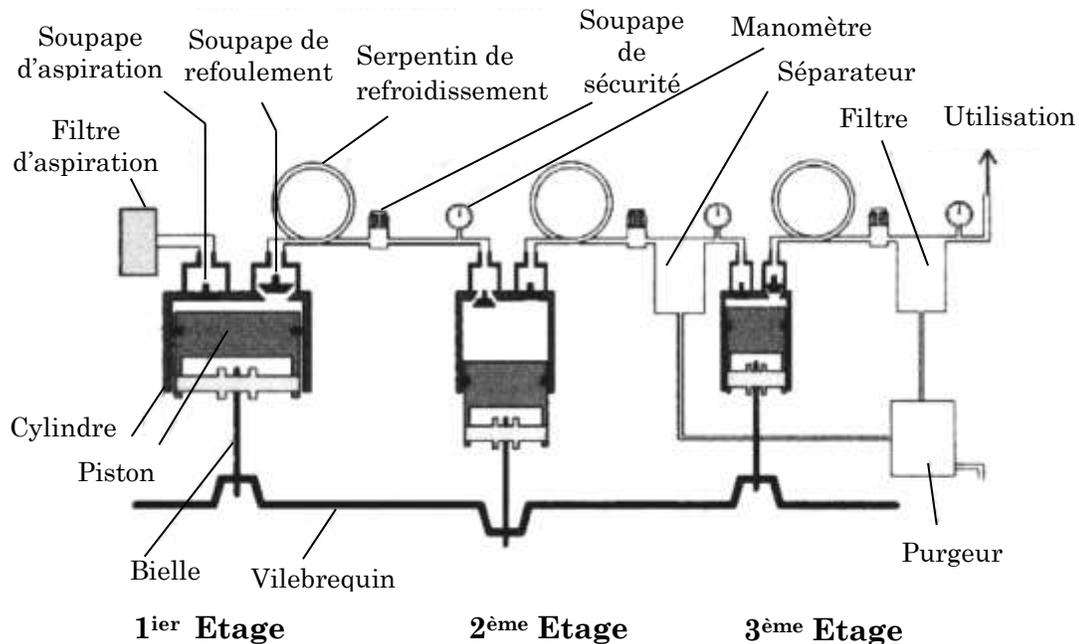


Figure I-5 Schéma de fonctionnement d'un compresseur à étages [3].

La compression de l'air dans ce schéma se fait en quatre étapes :

- 1: Comprimer l'air une première fois à une pression P_1 telle que l'élévation de température reste acceptable.
- 2: Refroidir cet air comprimé
- 3: Reprendre cet air à la pression P_1 et le re-comprimé à une pression P_2 toujours en respectant un taux de compression limité afin que l'élévation de température reste acceptable.
- 4: Refroidir à nouveau et recommencer le processus jusqu'à ce que l'on obtienne la pression de sortie désirée.

I.4. Utilisations de l'air comprimé dans l'unité de conditionnement de l'huile

L'unité de conditionnement d'huile comporte deux réseaux d'air comprimé :

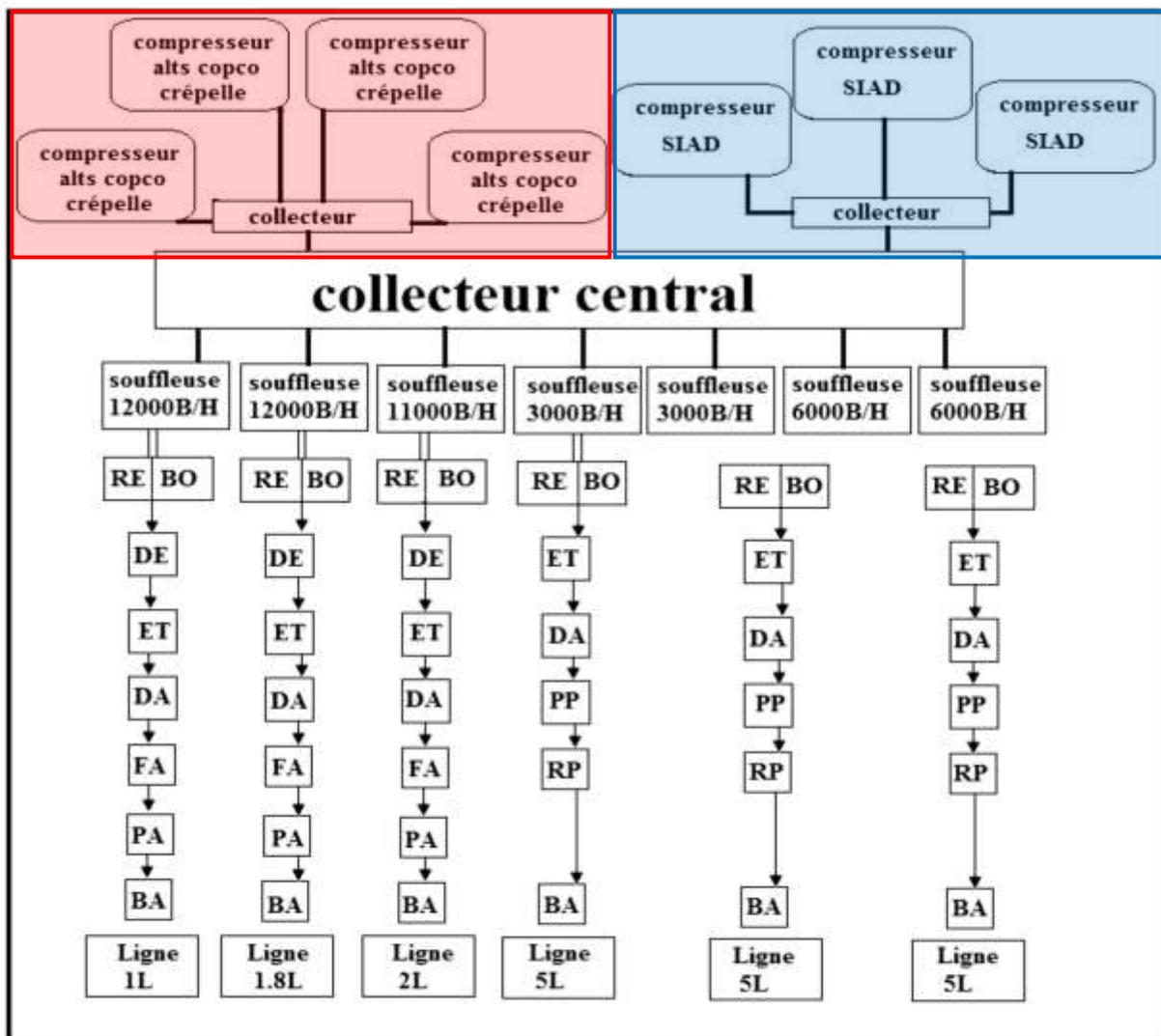
1. Le réseau haute pression (40 Bar), utilisé pour le soufflage des préformes ;
2. Le réseau basse pression (7 Bar), utilisé pour la commande pneumatique.

I.5. Description de la section utilité

Pour générer l'air comprimé afin de souffler les bouteilles de conditionnement d'huile et l'alimentation pneumatique, on fait appel à des compresseurs qui portent l'air à la pression du service désirée et avec le volume nécessaire. L'unité de conditionnement d'huile comporte deux circuits d'air comprimé:

Circuit 1 (rouge): comporte quatre compresseurs du type ATLAS COPCO CREPELLE.

Circuit 2(bleu): comporte trois compresseurs du type SIAD.



RE : Remplisseuse, **BO** : Bouchonneuse, **DE** : Déviateur, **PP** : Pose-poigné, **ET** : Etiqueteuse, **DA** : Dateur, **RP** : Robot palettiseur **BA** : Banderoleuse, **FA** : Fardeleuse, **PA** : Palettiseur

Figure I-6 Description de la section utilité [4].

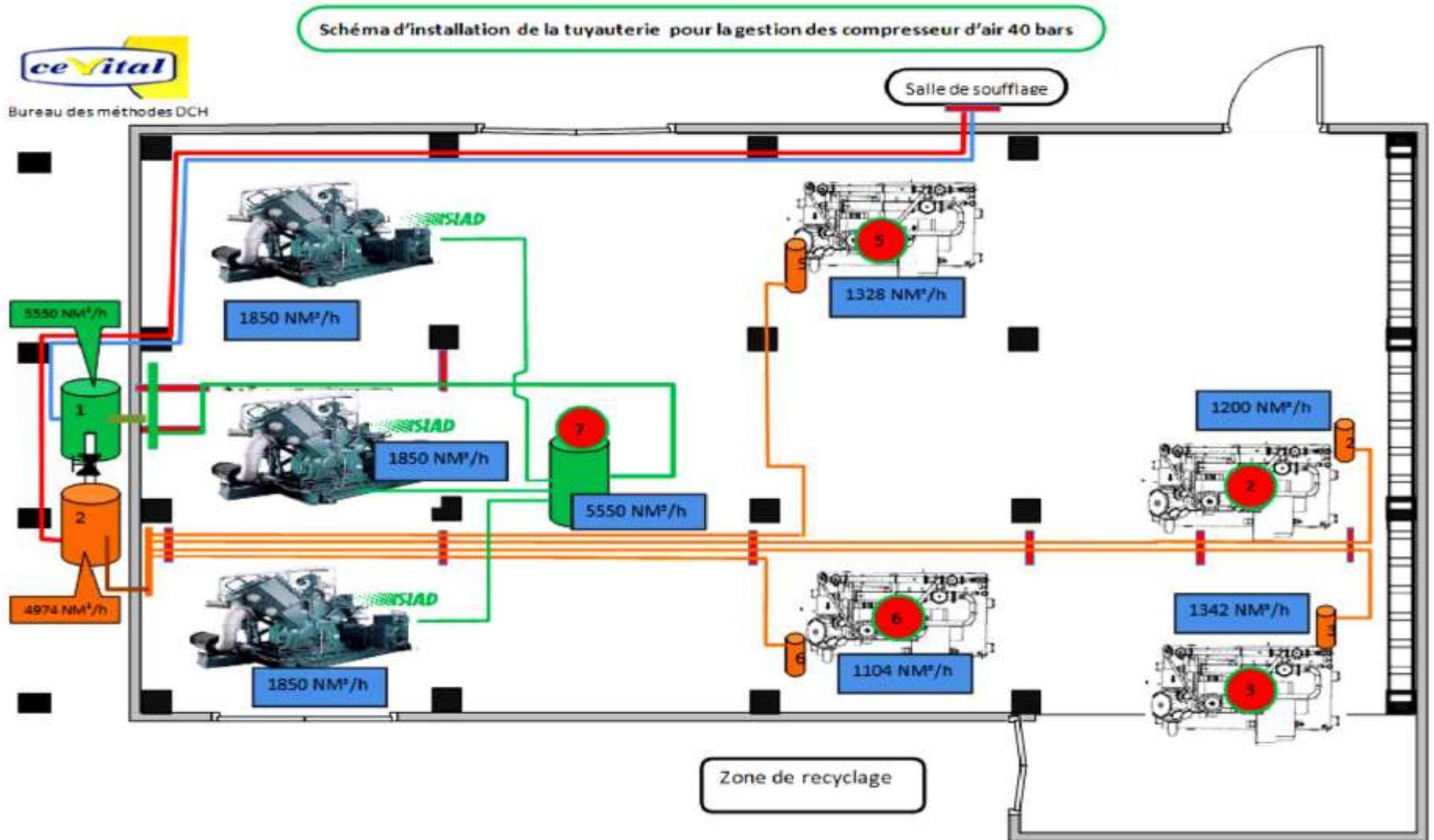


Figure I-7 Schéma de l'installation pour la gestion des compresseurs

I.5.1 Emplacement des compresseurs sur les lignes de production

I.5.1.1 Description du premier circuit

Il contient 4 compresseurs alternatifs à piston du type ATLAS COPCO CREPELLE, les 4 compresseurs sont installés au rez-de-chaussée de l'unité du conditionnement d'huile dans un emplacement spécifique qui répond au besoin du compresseur.

a) Présentation du compresseur

Il s'agit d'un compresseur ATLAS COPCO CREPELLE représenté sur la figure I.8, du type horizontal alternatif avec crosse et cylindre à (DE) double effet ou à (SE) simple effet, la compression se fait progressivement en trois étages jusqu'à la pression maximale 40 bar, dans le premier étage il comprime de 0 à 3,1 bar puis dans le 2^{ème} étage il comprime de 3,1 à 11,8 bar, dans le 3^{ème} étage il comprime de 11,9 à 40 bars. Les caractéristiques de ce compresseur sont données dans l'annexe [5].



Figure I-8 Compresseur ATLAS COPCO CREPELLE.

I.5.1.2 Description du deuxième circuit : il contient 3 compresseurs alternatifs à pistons du type SIAD. Les 3 compresseurs sont installés au rez-de-chaussée de l'unité du conditionnement d'huile dans un emplacement spécifique qui répond au besoin du compresseur.

a) Présentation du compresseur :

Le compresseur SIAD TEMPO 1850 à piston vertical intègre les toutes dernières avancées technologiques et les tout derniers processus de fabrication pour offrir une alimentation continue en air comprimé de haute qualité, avec des cylindres disposés en W sur des lignes indépendantes, reliés au bâti par des entretoises à chambre simple extra longues économique et fiable, la compression se fait progressivement en trois étages jusqu'à la pression maximal 40 bar. Les caractéristiques de ce compresseur sont données dans l'annexe [6].



Figure I-9 Compresseur SIAD TEMPO 5550

Le compresseur est doté d'une console de commande, muni d'une IHM (interface homme-machine) qui permet à l'opérateur d'avoir un contrôle total sur le compresseur et d'accéder aux réglages des paramètres.

I.5.2 Réservoir d'air (ballon de stockage)

Un réservoir d'air est nécessaire sur le refoulement de tout compresseur, il est utilisé pour emmagasiner l'air comprimé en provenance du compresseur, son objectif principal est de fournir un stockage dont il a besoin votre circuit [7].



Figure I-10 Ballon de stockage d'air

I.5.3 Filtre à air

Lorsque le compresseur aspire le gaz d'une ambiance normale, l'entrée d'aspiration est protégée contre les poussières par un filtre monté directement sur le cylindre. Les pulsations acoustiques sont atténuées par un silencieux à tubes insonorisant [8].



Figure I-11 Filtre à air

I.5.4 Séparateur d'eau et sécheur d'air

Le séparateur d'eau est un dispositif qui élimine les liquides entraînés par l'air et pour protéger les différents composants du circuit de l'air comprimé. Le sécheur d'air permet de limiter le maximum d'humidité qui sort du compresseur.



Figure I-12 Séparateur d'eau et sécheur d'air

I.5.5 Pompe à eau

La circulation d'eau est réalisée par une pompe installée par châssis du compresseur. Elle est conçue pour véhiculer l'eau de réfrigération. Cette pompe est installée sur le châssis du compresseur et alimentée par l'armoire électrique et protégée grâce à un disjoncteur magnétothermique. Le moteur électrique, du type asynchrone, entraîne la pompe à eau de réfrigération du groupe de refroidissement [5].

I.5.5.1 Moteur d'entraînement de la pompe

Le moteur série SCE 315-355 est un moteur électrique asynchrone triphasé à rotor à cage d'écurie, ce moteur entraîne le vilebrequin du compresseur. Il est alimenté à travers d'un dispositif de démarrage électronique avec ses protections. Leur freinage se fait soit par contre-courant, frein électromécanique et freinage électronique.



Figure I-13 Moteur d'entraînement

I.5.6 Tour de refroidissement

Une tour de refroidissement est un échangeur de chaleur par lequel on prélève de la chaleur de l'eau en mettant cette eau en contact avec de l'air. La transmission de la chaleur se produit par un échangeur de chaleur entre l'air et l'eau et par l'évaporation d'une petite partie de l'eau à refroidi.

La tour de refroidissement est située à l'extérieur du bâtiment avec une bache à eau. Elle est reliée au compresseur par un réseau de tuyauterie d'eau et à l'armoire de commande par une liaison électrique. Cependant, un capteur de température placé à la sortie d'eau de la tour de refroidissement arrête le moteur de ventilateur en cas de température d'eau basse, avec mise en route automatique lors d'une élévation de température. La circulation d'eau est réalisée par une pompe installée par châssis du compresseur [9].



Figure I-14 Tour de refroidissement

I.5.7 Échangeurs

Les compresseurs à plusieurs étages sont équipés des échangeurs qui sont chargés d'éliminer entre chaque étage, la chaleur de compression.

Les échangeurs sont constitués par un faisceau tubulaire (fixe ou amovible) contenu dans une enveloppe. Habituellement les machines sont munies de tuyaux de refroidissement en cuivre (tuyaux version standard), d'un faisceau tubulaire et de plaques tubulaires en acier au carbone. [7]



Figure I-15 Échangeurs

Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai présenté d'une manière générale des notions sur l'air comprimé, puis j'ai procédé à la présentation de la station utilité de CEVITAL, ainsi que les caractéristiques et rôle de chaque composant constituant cette station. Tout au long de ce chapitre j'ai essayé de décrire la station utilité avec ces éléments et leurs quelques caractéristiques.

Dans le chapitre qui suit, je serai amené à exposer la problématique et les solutions envisagées. L'élaboration de l'analyse fonctionnelle du système, en fin la réalisation des GRAFCETs.

CHAPITRE II

Analyse fonctionnelle et élaboration du GRAFCET

Introduction

Avant d'envisager l'automatisation de cette installation, il est indispensable de faire en premier lieu une analyse fonctionnelle par élaboration d'un GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions). L'analyse fonctionnelle qui est un outil performant pour recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un processus, elle permet d'avoir une vision claire des exigences attendues de ce dernier, ce qui permet d'aboutir à un cahier des charges précis. A travers ce chapitre nous déterminerons :

- 1) Le Grafcet de bon fonctionnement ;
- 2) Le nombre exact de variables d'entrées et variables de sorties ;
- 3) Les Grafcets des défauts sur les actionneurs (moteurs, compresseurs, vannes).

II.1. Problématique

La station utilité de CEVITAL localisé au niveau de l'unité de conditionnement de l'huile est composée de sept compresseurs, ces derniers produisent de l'air comprimé pour les machines souffleuses. Chaque compresseur est doté d'une console de commande, qui permet à l'opérateur d'avoir un contrôle total sur le compresseur et d'accéder aux réglages de ses paramètres, ainsi la station est équipée d'une armoire électrique pour la commande des compresseurs.

Comme initial problème, au lieu de contrôler à distance l'installation, les personnels ingénieurs et opérateurs sont obligés à chaque fois de faire des déplacements sur le site afin d'effectuer des réglages sur les paramètres des compresseurs et l'armoire de commande.

Également le dominant problème, c'est le bruit et la nuisance qui se trouvent dans la section, étouffant et empêchent d'entendre les alarmes qui détectent les différents défauts.

II.2. Objectif

Proposer une commande à distance depuis une salle de contrôle qui sera supervisée par une interface homme machine (IHM) via un automate programmable industriel (API).

- Eviter les déplacements vers ce site très dangereux ;
 - Réaliser des vues d'alarmes sur un écran dans une salle de contrôle via une IHM
-

II.3. Solution

Pour réaliser cette IHM nous sommes obligés de comprendre d'abord le fonctionnement de l'installation puis passer par l'automatisation pour enfin faire la supervision.

- Comprendre le fonctionnement ;
- Faire l'automatisation ;
- Réalisation de la supervision.

Pour résoudre la problématique nous avons proposé d'automatiser trois compresseurs sur sept compresseurs à fin de réduire le programme. Etant donné que nous pouvons généraliser le programme sur sept compresseurs.

II.4. Elaboration de l'analyse fonctionnelle

II.4.1 Présentation du système à automatisé

Notre système est constitué de 3 compresseurs à pistons et un système de refroidissement ainsi que les différents composants nécessaire pour le traitement de l'air comprimé représentés sur la Figure II.1. Le système à automatiser est constitué de :

- Trois compresseurs à pistons ;
- Quatre transmetteurs de pression ;
- Deux transmetteurs de température ;
- Un transmetteur de niveau ;
- Deux sécheurs ;
- Un ballon de stockage ;
- Sept vannes automatiques TOR (XV1, XV2, XV3, XV4, XV5, XV6, XV7);
- Trois vannes manuelles (HV1, HV2, HV3) ;
- Un séparateur d'air ;
- Quatre purgeurs (PG1, PG2, PG3, PG4) ;
- Une bache à eau ;
- Six ventilateurs ;
- Deux pompes.

La figure ci-dessous représente la vue globale du système à automatiser

Station air comprimé

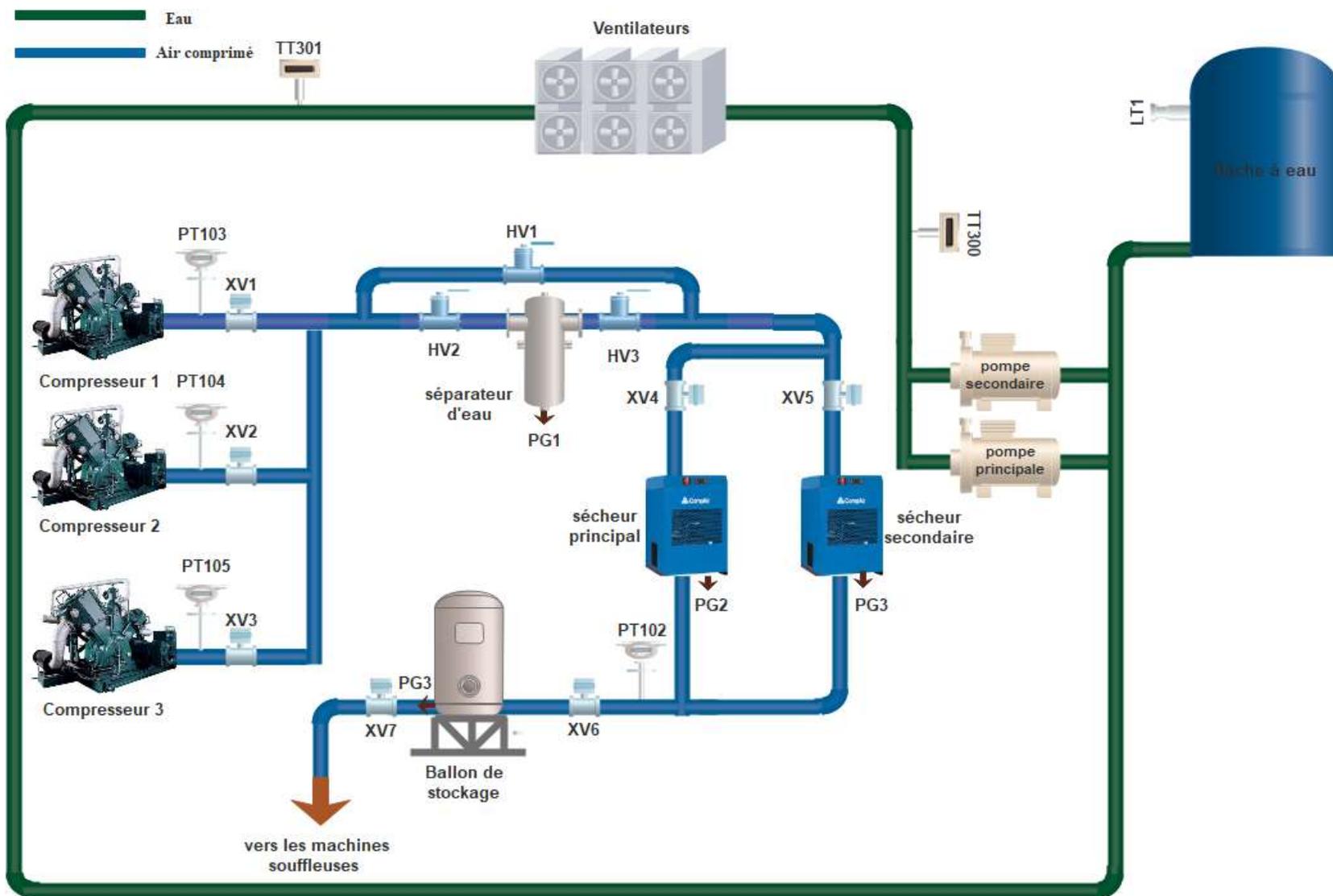


Figure II-1 Équipements de production d'air comprimé

II.5. Instruments de mesure

II.5.1 Transmetteur de pression

Cet appareil permet de mesurer la pression de l'air et de transformer la valeur de mesure en un signal électrique. Ils sont très utilisés dans les procédés industriels. Et dans notre système nous avons trois transmetteurs de pression (**PT103**, **PT104** et **PT105**) qui sont implantés au niveau de chaque compresseur respectivement et le transmetteur de pression (**PT102**) au niveau des sécheurs.



Figure II-2 Transmetteur de pression

II.5.2 Transmetteurs différentiels de pression

Le transmetteur mesure une différence de pression d'un liquide ou gaz entre deux points donnés d'une canalisation, la différence de pression est convertie en signal de sortie analogique.

Dans notre système on a six transmetteurs différentiels qui sont placés dans la centrale comme suit :

Le transmetteur «**DPT1**» installé aux bornes du filtre à air du compresseur « 1 » ;

Le transmetteur «**DPT2**» installé aux bornes du filtre à huile du compresseur « 1 » ;

Le transmetteur «**DPT3**» installé aux bornes du filtre à air du compresseur « 2 » ;

Le transmetteur «**DPT4**» installé aux bornes du filtre à huile du compresseur « 2 » ;

Le transmetteur «**DPT5**» installé aux bornes du filtre à air du compresseur « 3 » ;

Le transmetteur «**DPT6**» installé aux bornes du filtre à huile du compresseur « 3 » ;

II.5.3 Transmetteurs de température

Les transmetteurs de température sont des dispositifs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en un signal électrique. Ils peuvent agrandir les signaux de température, puis les transmettre aux signaux continus standards. Dans notre système, nous avons deux transmetteurs qui sont placés dans la centrale comme suit :

Le transmetteur de température **TT300** installé au niveau de l'entrée des ventilateurs ;

Le transmetteur de température **TT301** installé au niveau de la sortie des ventilateurs.



Figure II-3 Transmetteur de température

II.5.4 Transmetteur de niveau

Le transmetteur de niveau est un capteur qui nous permet de connaître le niveau de remplissage de la bache. Dans notre système nous avons un transmetteur de niveau **LT1** placé au niveau de la bache à eau.



Figure II-4 Transmetteur de niveau

II.6. Organes de commande

II.6.1 Vannes

Une vanne est un dispositif permettant d'arrêter ou de modifier le débit d'un fluide. Il existe de nombreux types de vannes. Notre système est équipé de deux types de vannes :

II.6.1.1 Vannes manuelle

Les vannes manuelles sont commandées manuellement, le passage du fluide peut varier de 0% jusqu'à 100%. Dans notre installation on a trois vannes manuelles qui sont installées en by-pass. La vanne **HV1**, la vanne **HV2** et la vanne **HV3**.



Figure II-5 Vannes manuelle

II.6.1.2 Vannes pneumatiques TOR

Les vannes pneumatiques TOR sont utilisées pour contrôler le débit du fluide en tout ou rien, elle s'ouvre automatiquement en prenant deux positions où deux états 0 et 1 (ou 0% et 100%) ; soit elle est complètement ouverte ou complètement fermée.

Dans notre installation on a sept vannes TOR :

Les vannes **XV1**, **XV2**, **XV3** : installées devant chaque compresseur respectivement ;

Les vannes **XV4**, **XV5** : installées à l'entrée des deux sécheurs ;

Les vannes **XV6**, **XV7** : installées à l'entrée et la sortie du ballon de stockage.



Figure II-6 Vannes pneumatiques

Après la description des différents instruments utilisés dans ce système, le tableau ci-dessous présente ces éléments :

Tableau II.1 : Organes de mesure et de détection du système

Désignations	Repère	Echelle	Seuil haut	Seuil bas	Unité	Sortie
Transmetteur de pression	PT102	0-60	40	35	Bars	4-20mA
	PT103	0-60	40	7		
	PT104	0-60	40	7		
	PT105	0-60	40	7		
Transmetteur différentiel de pression	DPT1	0-2	1.5	1	Bars	4-20mA
	DPT2	0-2	1.5	1		
	DPT3	0-2	1.5	1		
	DPT4	0-2	1.5	1		
	DPT5	0-2	1.5	1		
	DPT6	0-2	1.5	1		
Transmetteur de température	TT300	0-30	25	5	°C	4-20mA
	TT301	0-30	25	5		
Transmetteur de niveau	LT1	0-100	100	20	%	4-20mA

II.7. Actionneurs

Les différents actionneurs utilisés dans ce système sont représentés dans ce tableau II.2 :

Tableau II.2 : Différents actionneurs

Désignation	Repère	Etats
Compresseurs	Comp1	Marche/arrêt Auto/manu
	Comp2	
	Comp3	
Sécheurs	Sech1	Marche/arrêt Auto/manu
	Sech2	
Pompes	P1	Marche/arrêt Auto/manu
	P2	
Ventilateurs	Venti1 Venti2 Venti3 Venti4 Venti5 Venti6	/
Vannes	HV1 HV2 HV3	Manuelle TOR
	XV1 XV2 XV3 XV4 XV5 XV8 XV9	

II.8. Cahier des charges

Le projet concerne l'automatisation et la supervision d'une station d'air comprimé existante, le fonctionnement de la centrale d'air comprimé devra être automatisé et supervisé.

II.8.1 Conditions de démarrage de la station air comprimé

- Assurer que les 3 compresseurs ne sont pas en défaut ;
- Au moins un compresseur en automatique ;
- Au moins un sécheur en automatique ;
- Sélectionner l'un des sécheurs comme étant principal et l'autre comme secondaire;
- Ouvrir les vannes manuelles.

II.8.2 Mise en marche :

Lorsqu'on appuie sur le bouton « mise en marche » de la station : Les trois compresseurs (**comp1**, **comp2** et **comp3**) démarreront automatiquement, les retours de marches (**RM_comp1**, **RM_comp2** et **RM_comp3**) vont détecter que les compresseurs sont en marche.

Si le transmetteur de pression **PT103** ≥ 7 bars la vanne **XV1** s'ouvre

Si le transmetteur de pression **PT104** ≥ 7 bars la vanne **XV2** s'ouvre

Si le transmetteur de pression **PT105** ≥ 7 bars la vanne **XV3** s'ouvre

Les fins de courses d'ouverture (**FDC_XV1_O**, **FDC_XV2_O**, **FDC_XV3_O**) indiquent que les vannes **XV1**, **XV2**, **XV3** sont ouvertes.

Le choix du sécheur qui va démarrer est assuré par l'opérateur.

La vanne **XV4** ou bien **XV5** s'ouvre, leurs fins de course (**FDC_XV4_O** ou **FDC_XV1_O**) indiquent que ses dernières sont ouvertes.

Le premier sécheur ou le second (**Séch1** ou **Séch2**) se met en marche .

La vanne **XV6** sera ouverte si seulement le transmetteur de pression **PT102** ≥ 40 bars

Cependant un défaut survient lors de la marche d'un compresseur il s'arrêtera automatiquement (fermeture de sa vanne) alors que les deux autres resteront en service.

S'il y a un défaut au niveau du premier sécheur, il s'arrêtera automatiquement (fermeture de sa vanne), le deuxième sécheur se met en marche automatiquement après l'ouverture de ses vannes et reprend à la demande.

II.8.3 Conditions de démarrage de la tour de refroidissement

- Assurer que les ventilateurs et les pompes ne sont pas en défaut ;
- Au moins 4 ventilateurs en automatique ;
- Au moins une pompe en automatique ;
- **LT1** >= 20%.

II.8.4 Mise en marche

Le choix de la pompe qui va démarrer sera assuré par l'opérateur. Une fois une pompe (**P1** ou **P2**) démarre son retour de marche (**RM_P1** ou **RM_P2**) détecte que cette dernière est mise en marche.

Les ventilateurs démarreront successivement après 60s de surveillance de température.

Si le transmetteur de température **TT300** >= 25°C après 60s un ventilateur démarre ;

Si le transmetteur de température **TT301** <= 25°C pendant 60s un ventilateur s'arrête.

Cependant un défaut apparaît au niveau de la pompe choisie, elle s'arrêtera automatiquement. La deuxième pompe se met en marche automatiquement et reprend à la demande. Si tous les ventilateurs seront démarrés et **TT300** >= 25 °C, une alarme nous signalera un défaut dans le système.

II.8.5 Défauts de fonctionnement

II.8.5.1 Défauts moteur (compresseurs, sécheurs)

- Défauts détectés par le disjoncteur ;
- Défaut thermique détecté par un transmetteur de température.

II.8.5.2 Défaut d'arrêt d'urgence

C'est un bouton qui assure la sécurité. En appuyant sur ce dernier, les trois compresseurs ne démarrent pas.

II.8.6 Défauts arrêtant les compresseurs

- Défaut d'arrêt d'urgence ;
- Défaut moteur ;
- Défaut thermique : lié à la température de l'air comprimé et de l'huile, un défaut au niveau de l'échangeur thermique ;

- Défaut de réservoir d'huile : on a deux seuils niveau haut « **LSH** », niveau bas « **LSL** » qui contrôlent le niveau d'huile dans le compresseur à l'aide de l'ouverture ou fermeture des contacteurs ;
- Défaut colmatage des filtres : (à air, à huile). Ce défaut est détecté par des transmetteurs différentiels de pression aux bornes des filtres si la différence de pression dépasse (**DP** > 1.5 bar).

II.8.7 Défauts arrêtant les sécheurs

- Défaut d'arrêt d'urgence ;
- Défaut moteur ;
- Défaut haute température de l'air de refroidissement.

II.8.8 Défaut au niveau des vannes

- L'ouverture et la fermeture des vannes (manuelles et automatiques) sont assurées par des fins de courses d'ouverture et de fermeture (**FDC**) ;
- Défaut détecté par le disjoncteur.

II.8.9 Défauts arrêtant la tour de refroidissement

- Défaut d'arrêt d'urgence ;
- Défaut moteurs des pompes ;
- Défaut ventilateurs ;
- Défaut thermique : lié à la température de l'eau. Un défaut apparait au niveau des ventilateurs si la température est <25°C ;
- Défaut au niveau de la bache a eau si le niveau d'eau est <20%.

II.9. Analyse fonctionnelle par organigrammes de démarrage de la station

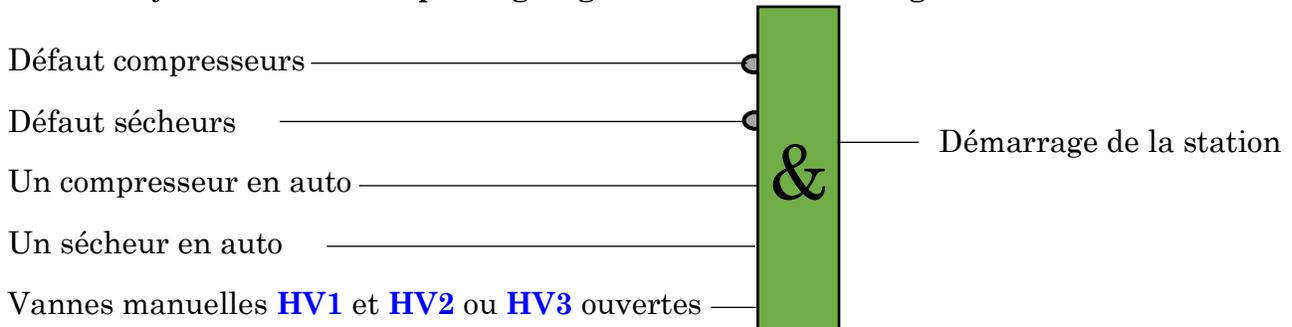


Figure II-7 Organigramme de démarrage de la station

II.10. Analyse fonctionnelle par organigrammes d'ouverture des vannes

- La vanne **XV1** :

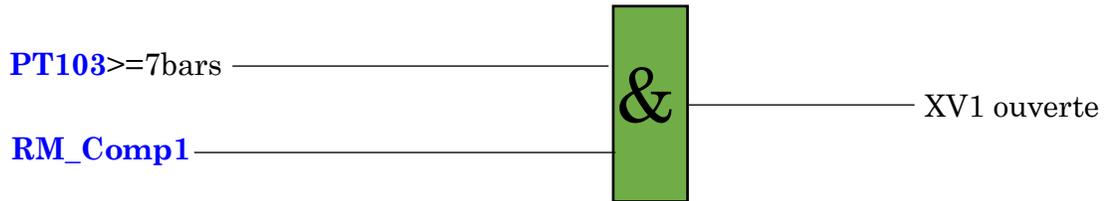


Figure II-8 Organigramme d'ouverture de la vanne XV1

- La vanne **XV2** :

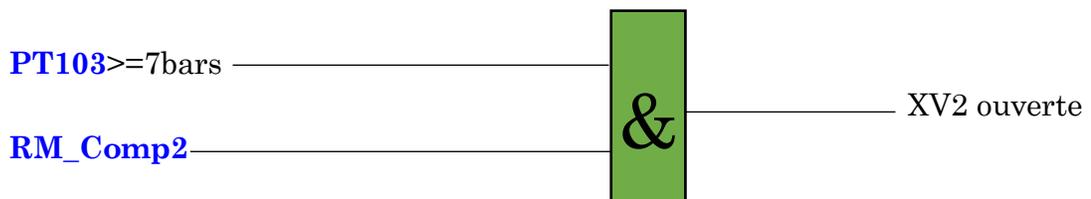


Figure II-9 Organigramme d'ouverture de la vanne XV2

- La vanne **XV3** :

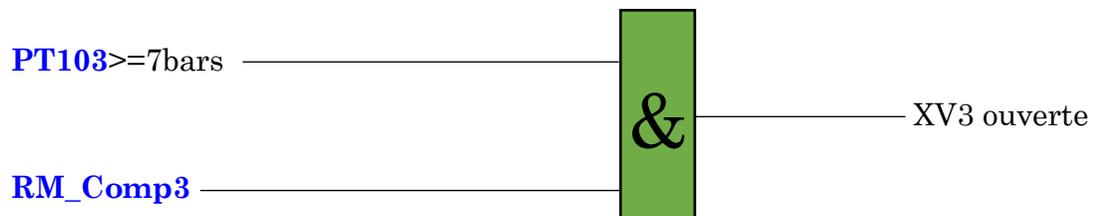


Figure II-10 Organigramme d'ouverture de la vanne XV3

II.11. Analyse fonctionnelle par organigrammes de la tour de refroidissement

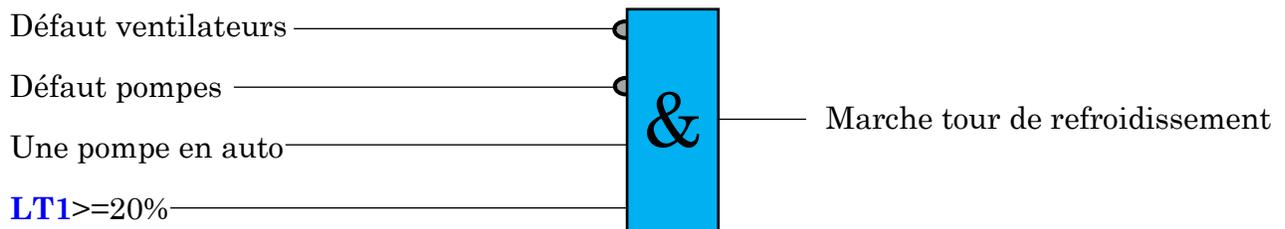


Figure II-11 Organigramme de condition de marche de la tour de refroidissement

II.12. Organigramme de marche des ventilateurs

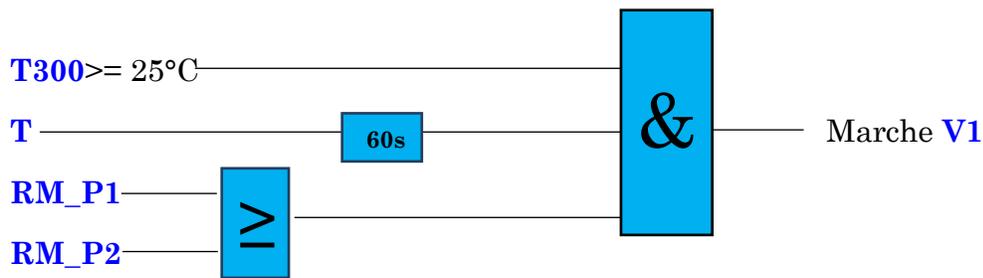


Figure II-12 Organigramme de marche du 1^{er} compresseur

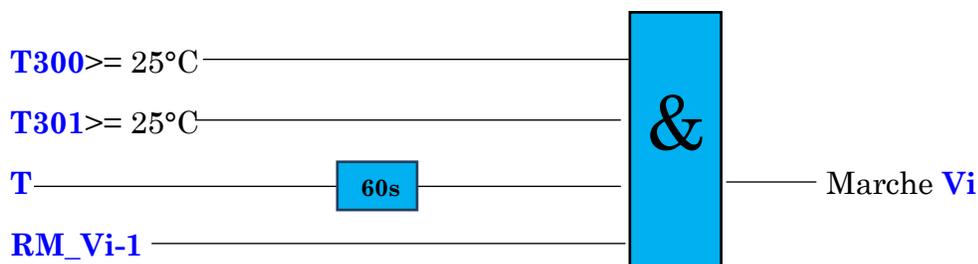


Figure II-13 Organigramme de marche des ventilateurs

II.13. Analyse fonctionnelle par Grafcet du bon fonctionnement, grafcet d'arrêt d'urgence et par Grafcet avec défauts

Un GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape-Transition) est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme. C'est un outil graphique de description du comportement d'un système séquentiel. Ce mode de représentation traduit d'une façon cohérente le cahier de charge de l'automatisme [10]

Le Grafcet du bon fonctionnement de la station est représenté sur la figure II.14.

Le Grafcet du fonctionnement de la station avec défauts est représenté sur la figure II.15 .

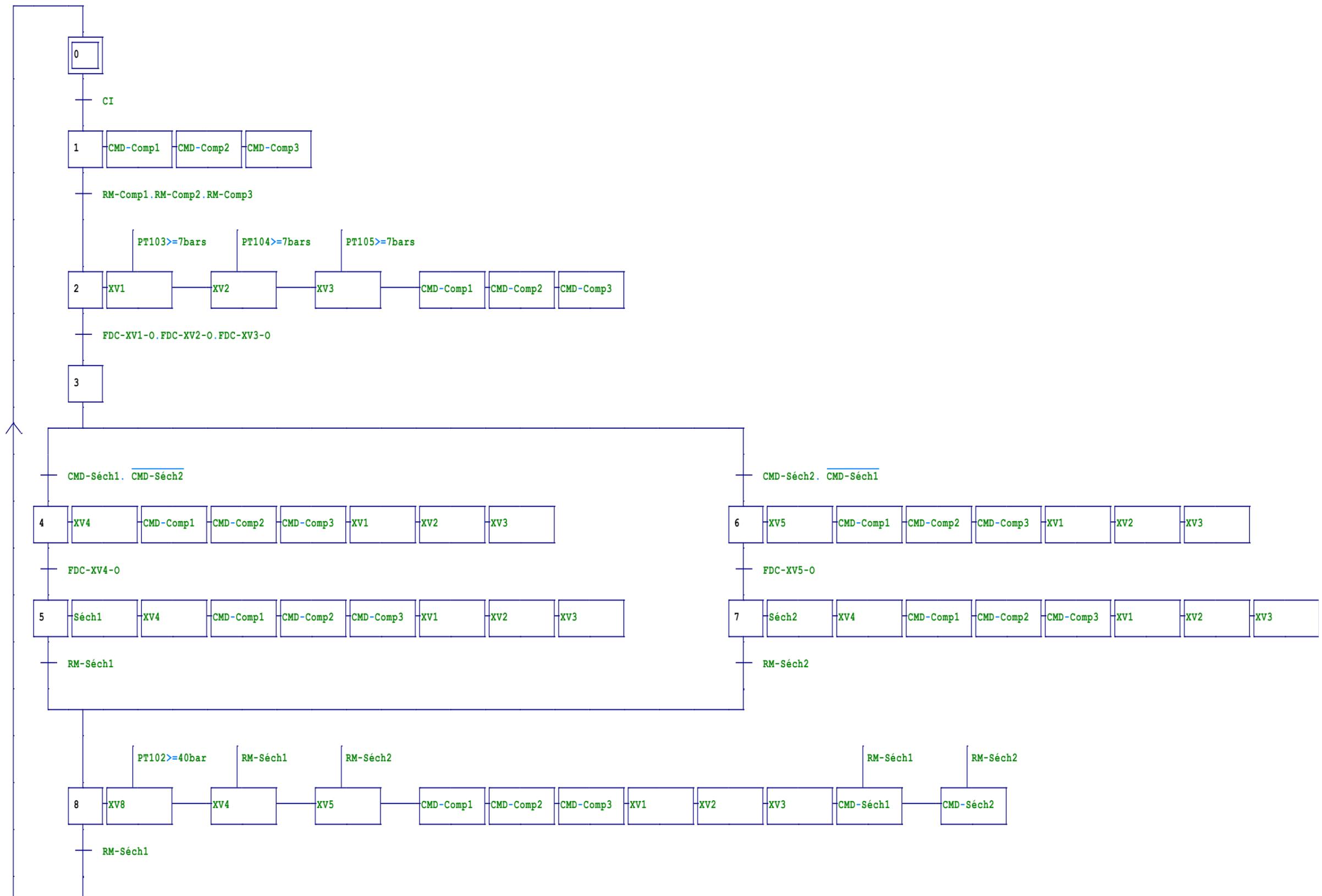
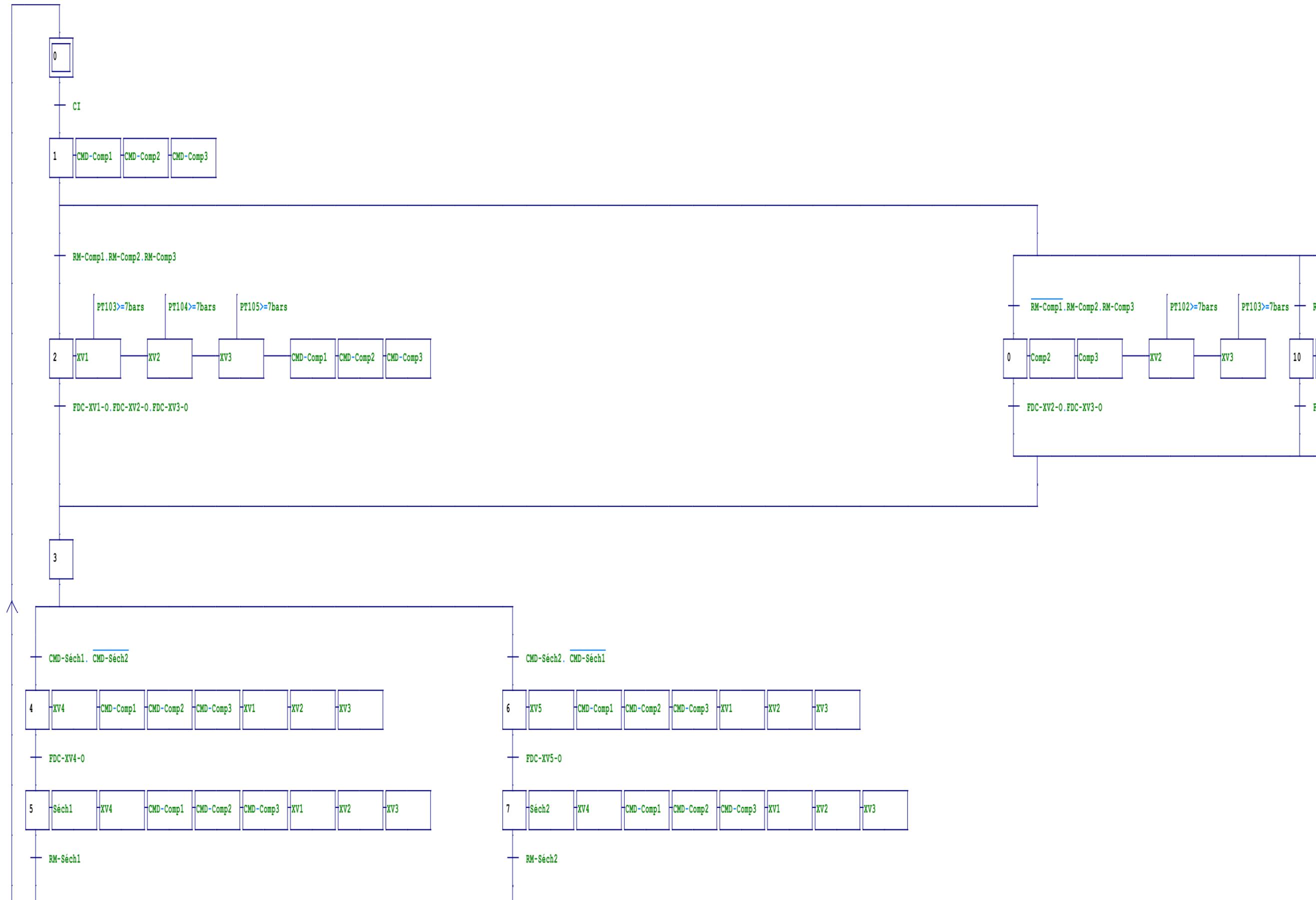
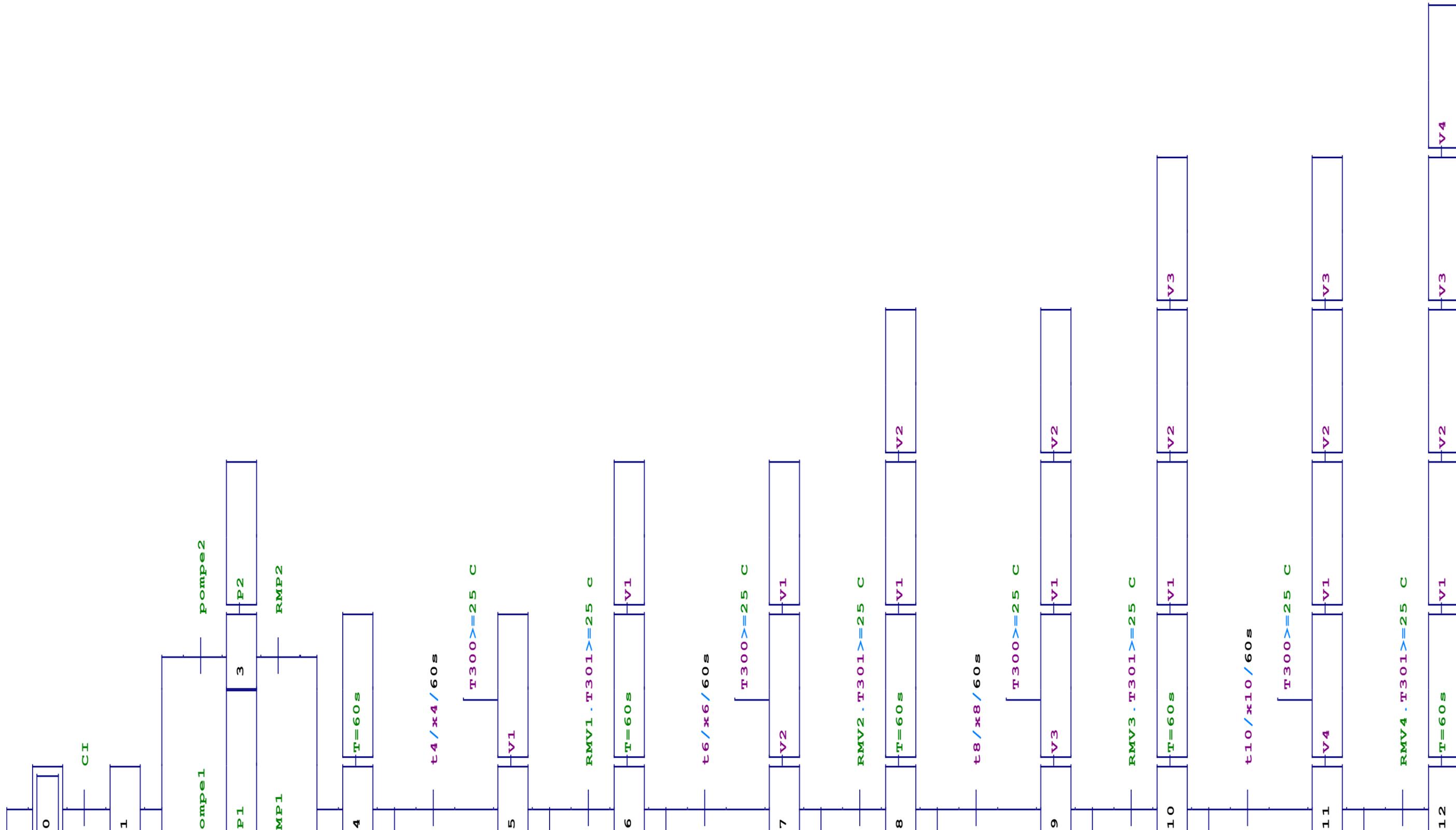


Figure II-14 Grafset du bon fonctionnement de la station et grafset d'arrêt d'urgence



II.14. Grafcet de la tour de refroidissement

Le Grafcet de la tour de refroidissement est représenté sur la figure II.16.



Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai exposé, premièrement la problématique de notre projet et j'ai fixé des objectifs et aussi proposé des solutions.

Pour résoudre cette problématique, j'ai commencé par faire une analyse fonctionnelle du système basée sur la compréhension du principe de fonctionnement de la station afin d'établir des Grafcet de bon fonctionnement et aussi des Grafcet avec des défauts de fonctionnement. Si un défaut survient sur l'un des équipements de l'unité, un processus d'arrêt au défaut est présenté par des Grafcets, cela nous servira dans les chapitres suivants à traduire par un programme permettant de déclencher le système. je présenterai dans le chapitre suivant le logiciel de programmation des automates SIEMENS et la programmation du système sous TIA Portal V16.

CHAPITRE III



Programmation sous Tia

Portal V16

Introduction

Pour réussir à commander notre station d'air comprimé présentée dans les chapitres précédents. Dans ce chapitre, nous allons élaborer un programme permettant la gestion de notre processus en détaillant chaque étape pour mieux comprendre le fonctionnement de notre projet. Notre programme sera implanté dans l'automate S7-300 grâce au logiciel de la conception des programmes pour les systèmes automatisés TIA PORTAL V16 de SIEMENS.

III.1. Système automatisé [11].

Un système automatisé est un dispositif dont le fonctionnement ne nécessite pas l'intervention de l'homme. Il est souvent composé d'éléments logiciels et matériels. Il est nécessaire de le programmer pour qu'il fonctionne de manière autonome.

III.1.1 Objectif de l'automatisation [11]

1- AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ DE L'ENTREPRISE

- Réduire les coûts de production :
 - main d'œuvre ;
 - matière ;
 - énergie.
- Améliorer la qualité de production :
 - réduction des retouches ;
 - meilleures performances du produit.

2- AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE TRAVAIL DU PERSONNEL

- Supprimer la pénibilité :
 - physique : manipulation des charges ;
- santé : produits dangereux ;
- Améliorer la sécurité :
 - meilleure protection des machines ;
 - contrôle et protection en ambiance explosive.

3- AUGMENTER LA PRODUCTION

- Améliorer la flexibilité du système de production :
 - changement rapide de fabrication ;
 - augmentation des lots de pièces d'une même famille.

III.1.2 Structure d'un System Automatisé

Un système automatisé comprend trois parties nécessaires : une partie opérative (PO), une partie commande (PC) et une partie pupitre (PP) qui dialoguent ensemble.

On peut les schématiser dans la figure suivante :

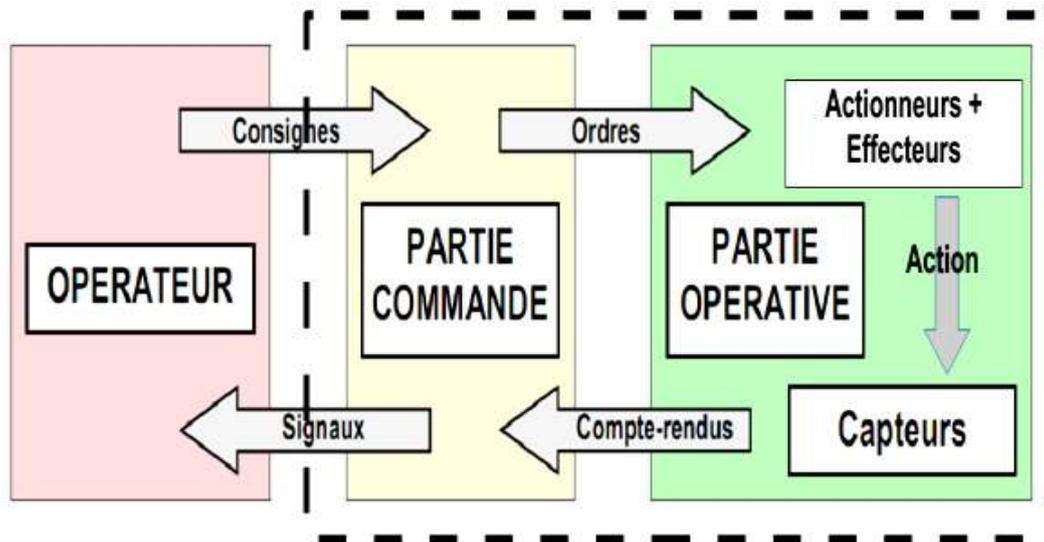


Figure III-1 Schéma fonctionnement system automatisé

III.2. Automate Programmable Industriel

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatismes pour assurer la commande des pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [12].

Les API se composent de quatre parties :

- L'alimentation;
- Le processeur ;
- La mémoire ;
- Les interfaces Entrées/sorties.

III.3. Langage de programmation [13]

La norme CEI 61131-3 définit cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des automates programmables industriels. Ces cinq langages sont :

- **FBD: Function Block Diagram** (schéma par blocs) ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide des blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types des variables, la construction d'équations complexes à partir des opérateurs standards de fonctions ou de blocs fonctionnels.
- **IL : Instruction List (liste d'instructions)** ce langage textuel de bas niveau a une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur. Un programme IL est une liste d'instructions. Chaque instruction doit commencer par une nouvelle ligne, et doit contenir un opérateur, si un commentaire est attaché à l'instruction, il doit être le dernier élément de la ligne. Des lignes vides peuvent être insérées entre des instructions. Un commentaire peut être posé sur une ligne sans instruction.
- **LD : Ladder Diagram (schéma à relais)** ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation des équations booléennes (vrai/faux). Le langage LD (ladder diagram) est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation.
- **SFC : Sequential Function Chart (langage GRAFCET)** ce langage, de haut niveau, est un langage graphique utilisé pour décrire et programmer les procédés séquentiels. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes, reliées entre elles par des transitions, une condition booléenne est attachée à chaque transition et chaque étape peut avoir une action reliée.
- **ST : Structured Text (texte structuré)** c'est un langage textuel de haut niveau dédié aux applications d'automatisation, ce langage est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphiques.

III.4. Présentation de l'automate S7 – 300 [14]

L'automate programmable industriel utilisé dans notre projet appartient à la gamme SIMATIC S7 de SIEMENS, le S7-300 (figure III.3) est un automate modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes. L'automate lui-même est constitué d'une configuration minimale composée d'un module d'alimentation, de la CPU, du coupleur et de modules d'entrées/sorties avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industrial ETHERNET.



Figure III-2 API S7-300

III.5. Création du programme d'automatisation de système

Dans un premier temps, nous décrirons la procédure à suivre pour créer et configurer le matériel d'un projet d'automatisation et la structure d'un projet, et dans un deuxième temps nous procéderons à la construction du programme.

III.5.1 Programmation sur TIA PORTAL V16

La plateforme «Totally Intergrated Automation Portal» est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intègre comprenant les logiciels SIMATIC Step7 et SIMATIC WinCC.

III.5.2 SIMATIC STEP 7 [15]

SIMATIC STEP 7, intégré à TIA Portal, est le logiciel de configuration, programmation, vérification et diagnostic de tous les automates SIMATIC. Doté d'un grand nombre de fonctions conviviales, SIMATIC STEP 7 garantit une efficacité nettement supérieure pour toutes les tâches d'automatisation, qu'il s'agisse de la programmation, de la simulation, de la mise en service ou de la maintenance.

III.6. Réalisation du Programme :

Pour réaliser notre programme, on doit suivre ces étapes :

- ✓ Création du projet ;
- ✓ Configuration matérielle ;
- ✓ Création de la table de variables ;
- ✓ La création et programmation des blocs FC et DB.

III.6.1 Configuration et paramétrage du matériel

C'est la partie essentielle de la programmation puisqu'il choisit l'alimentation, la CPU ainsi que les périphériques de communication d'entrée/sortie pour les signaux TOR et analogiques, et pour cela on a utilisé l'automate de la famille S7-300 de CPU 317-2 DP

Sur le châssis, les modules sont placés comme suit :

- ✓ Emplacement 1 : module d'alimentation PS 307 5A ;
- ✓ Emplacement 2 : CPU 317-2 DP ;
- ✓ Emplacement 3 : Vide, réservé pour la configuration à plusieurs lignes ;
- ✓ Emplacement 4: DI16/DO16 x 24V / 0,5A;
- ✓ Emplacement 5: DI16/DO16 x 24V / 0,5A;
- ✓ Emplacement 6:DI16/DO16 x 24V / 0,5A;
- ✓ Emplacement 7: DI 16x24VDC;
- ✓ Emplacement 8:DI 32x24VDC;
- ✓ Emplacement 9 : AI 8x16BIT ;
- ✓ Emplacement 10 : AI 8x16BIT.

La disposition des modules sur le châssis est illustrée par Figure III.3



Figure III-3 API S7-300 et arrangement des modules.

III.6.2 Création de la table des variables :

Avant de commencer la programmation on déclare d'abord toutes les variables avec lesquelles on va contrôler le système, dans la table des variables (voir le programme) de l'API, on peut déclarer toutes les variables et constantes utilisées par le programme. Lors de la définition d'une variable d'API, vous devez spécifier :

- Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable ;
- Le type de donnée : BOOL, IN ;
- L'adresse absolue : par exemple I 0.2.

Nous pouvons également insérer un commentaire nous informant sur cette variable, les commentaires peuvent être affichés dans chaque réseau à l'aide de variables.

Il y a 102 variables dans notre système divisé en trois catégories 78 entrées TOR, 12 entrées Analogiques et 20 sorties TOR.

III.6.3 Ajout des blocs de programmation

La CPU de l'automate fournit les types suivants de blocs de code (Figure III.4) qui permettent de créer une structure efficace pour le programme utilisateur :



Figure III-4 Vue du bloc blocs de code

III.6.3.1 Bloc d'organisation OB

Les blocs d'organisations (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation de l'automate (CPU) et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et gèrent les opérations suivantes [16] :

- Traitement cyclique du programme (par ex. OB1) ;
- Comportement au démarrage de l'automate ;
- Traitement du programme déclenché par alarme ;
- Traitement des erreurs.

III.6.3.2 Les fonctions (FC) et blocs fonctionnels (FB)

Une fonction contient un programme qui est exécuté quand un autre bloc de code appelle cette fonction. On distingue deux types :

- **Bloc fonction (FB) :**

Sont des blocs de codes avec mémoire, Les données des variables seront stockées dans une base de données (DB) après l'exécution de la fonction.

- **Bloc fonctionnel (FC) :**

Sont des blocs de codes sans mémoire. Contrairement à la FB Les données des variables sont temporaires et seront perdues après l'exécution de la fonction.

III.6.3.3 Bloc de données (DB):

Il contient les données qui peuvent être utilisées par les différents blocs de programme et sauvegarder les données de ces derniers.

III.7. Programmation des blocs utilisés :

La programmation de notre station va être divisée par un seul bloc OB et plusieurs blocs FC, le langage choisi pour la programmation est le langage à contact (LADER) .

Nous avons devisé notre programme en trois parties :

- 1- Une partie pour programmer les actionneurs ;
- 2- Une partie pour le déclenchement d'alarmes ;
- 3- Une partie pour traiter les valeurs analogiques et la mise à l'échelle.

Pour cela, On a répartie la programmation en quatorze blocs de fonction pour faciliter la tâche.

III.7.1 [OB 1]: Bloc d'organisation:

On trouve dans ce bloc l'ensemble des réseaux qui font appel aux différents blocs fonctionnels. Voici deux réseaux de la figure III.5 ci-dessous qui font appel pour les deux blocs fonctionnels FC1 et FC2 :

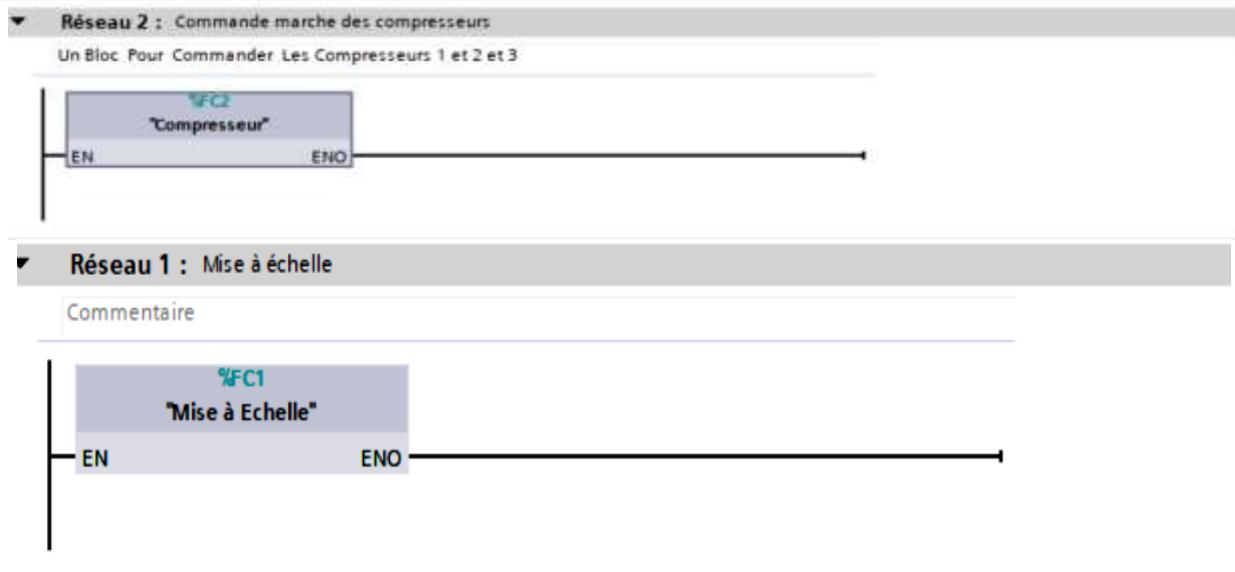


Figure III-5 Appel des deux blocs fonctionnels FC1 et FC2 dans l'OB.

III.7.2 [FC 1] : Mise à l'échelle des entrées analogiques

Le bloc est dédié à la mise à l'échelle des capteurs analogiques (4-20mA) vers des valeurs numérisées (0-27648), pour cela on fait un appel à des blocs SCALE pour traiter les grandeurs mesurées dans une plage bien spécifiée par ces derniers.

De ce fait, on a créé un bloc de données DB qui comporte et sauvegarde les données analogiques des différents capteurs.

Le réseau de la figure III.6 ci-dessous nous permet d'effectuer la mise à l'échelle du transmetteur de pression (PT103) du premier compresseur.

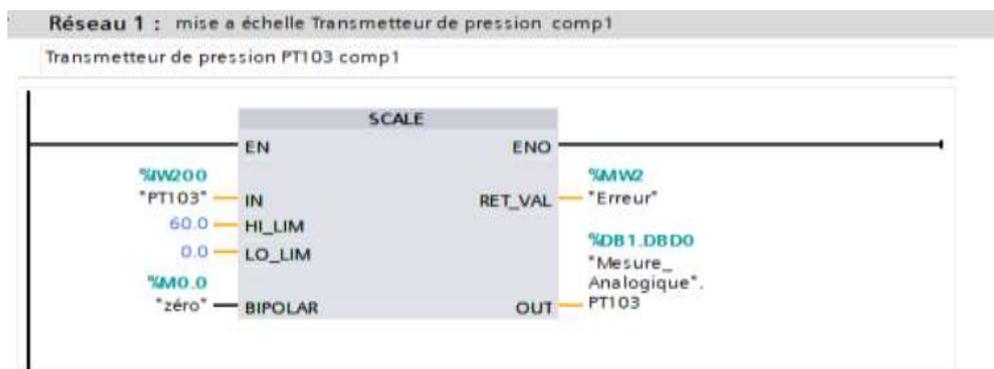


Figure III-6 Exemple de la mise à l'échelle avec l'instruction SCALE.

Et ce réseau de la figure III.7 nous permet de vérifier la pression au niveau du premier compresseur si elle est égale ou supérieure à 7Bars après une vérification de 5 secondes.

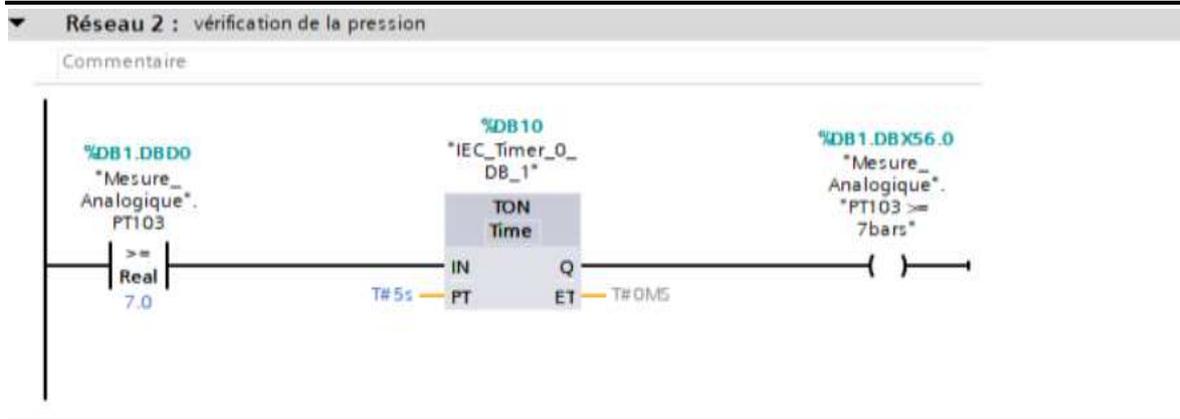


Figure III-7 Vérification de la pression.

Le réseau de la figure III.8 ci-dessous nous permet d'effectuer la mise à l'échelle du transmetteur de température de l'eau à l'entrée des ventilateurs (TT300) :

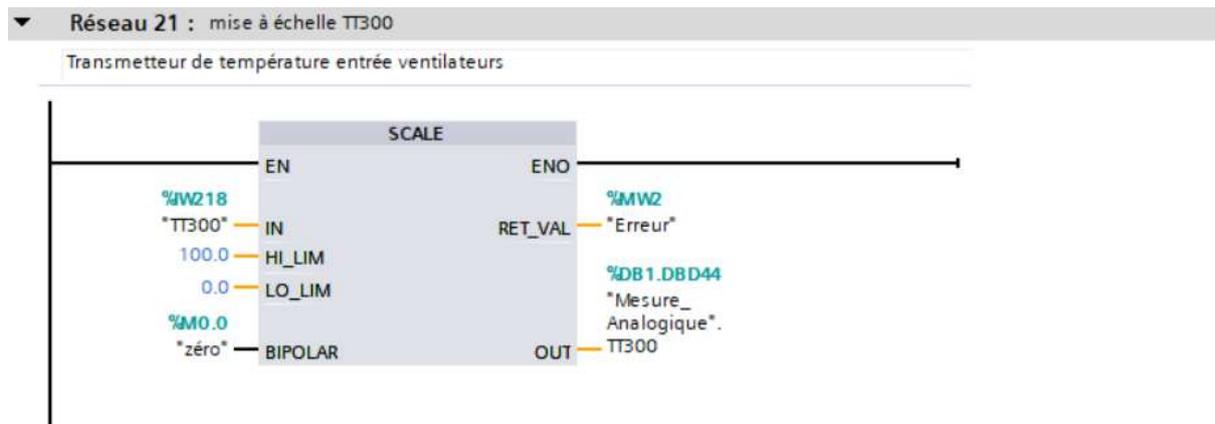


Figure III-8 Exemple de la mise à l'échelle avec l'instruction SCALE.

Ce réseau de la figure III.9 nous permet de vérifier la température de l'eau à l'entrée des ventilateurs si elle est égale ou supérieure à 25°C après une vérification de 5 secondes.

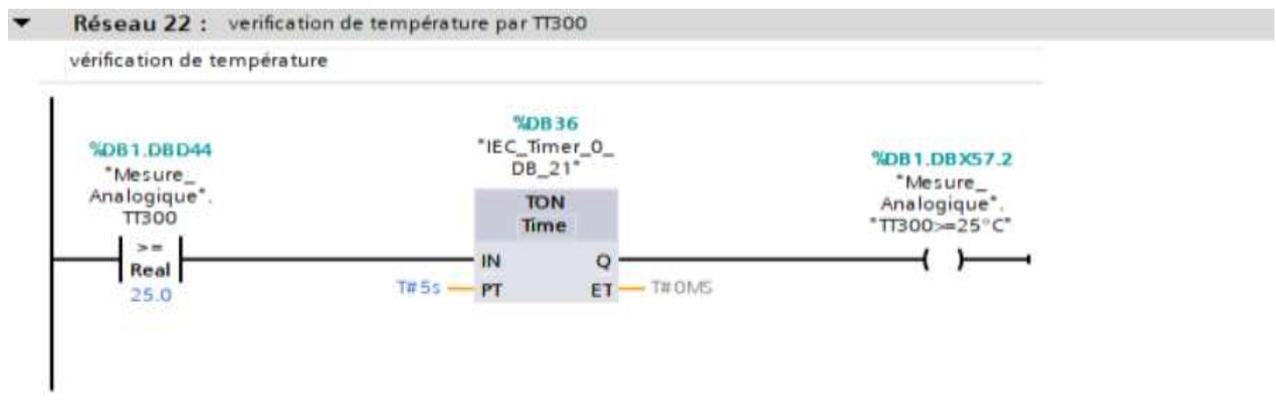


Figure III-9 Vérification de la température.

III.7.3 [FC18] : Bloc de commande marche des compresseurs

Le réseau de la figure III.10 ci-après contient le programme permettant de donner l'ordre de marche d'un compresseur avec deux modes possibles en automatique ou en manuelle.

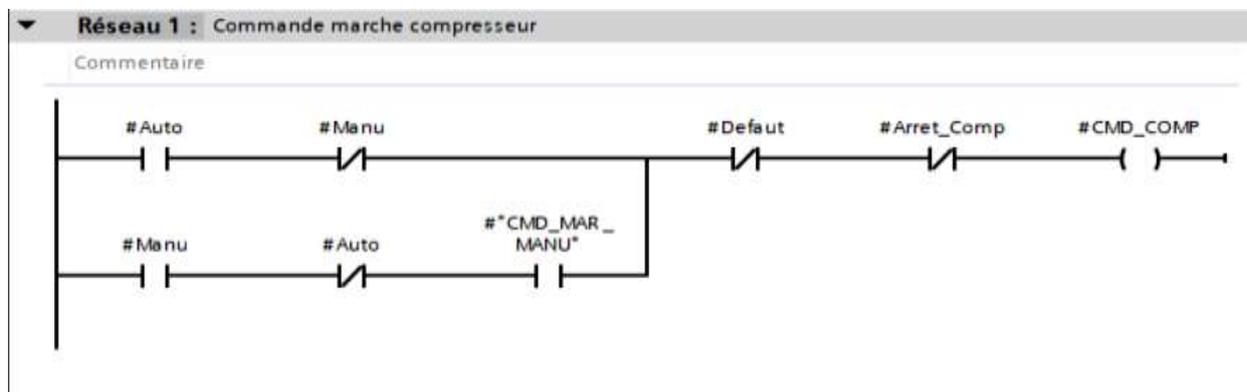


Figure III-10 Réseau intégré dans [FC1]

III.7.4 [FC19] : Bloc de commande marche des sécheurs

Le réseau de la figure III.11 contient le programme permettant de donner l'ordre de marche d'un sécheur avec deux modes possibles en automatique ou en manuelle.

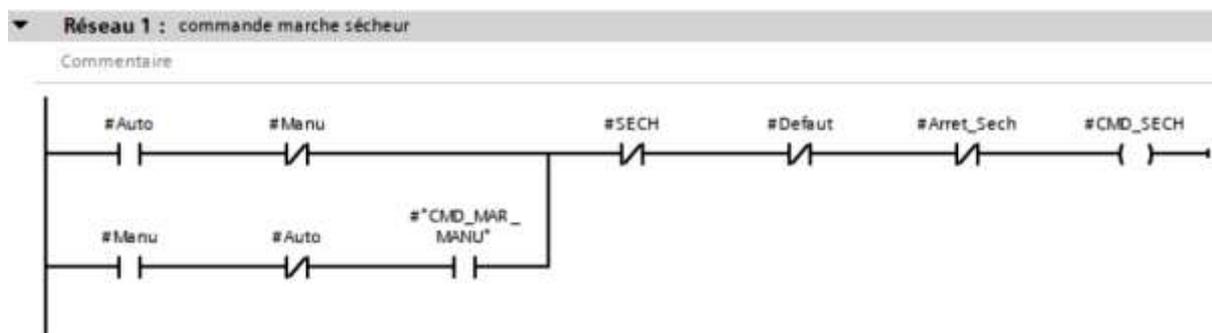


Figure III-11 Réseau intégré dans [FC5]

III.7.5 [FC2] : Bloc des compresseurs

Dans ce bloc de la figure III.12 on trouve trois réseaux dédiés pour la commande marche des trois compresseurs, ce dernier fait appel à la fonction [FC18] pour chaque compresseurs.

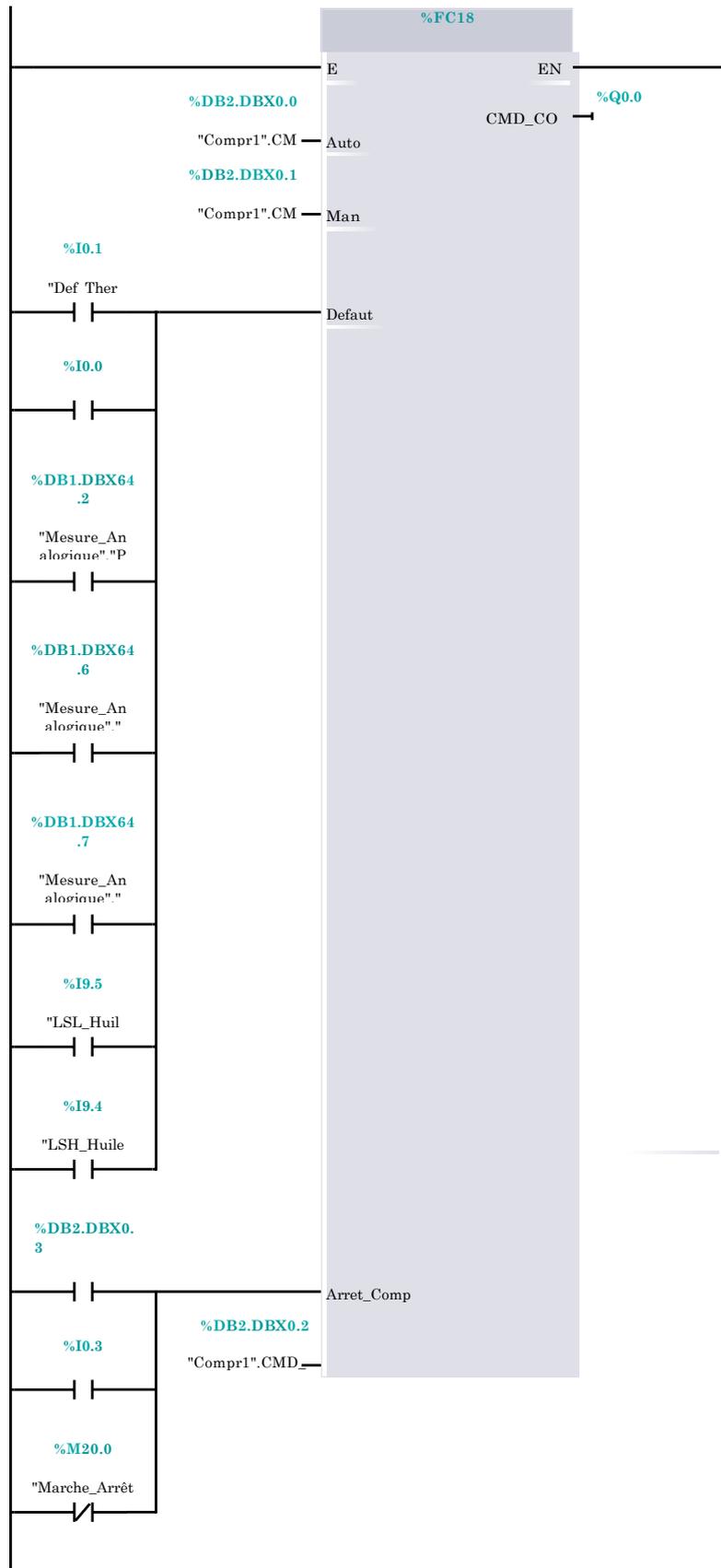


Figure III-12 Commande marche du 1er compresseur

III.7.6 [FC5] : bloc des sécheurs

Dans ce bloc de la figure III.13 on trouve trois réseaux dédiés pour la commande marche des deux sécheurs, ce dernier fait appel à la fonction [FC19] pour chaque sécheur.

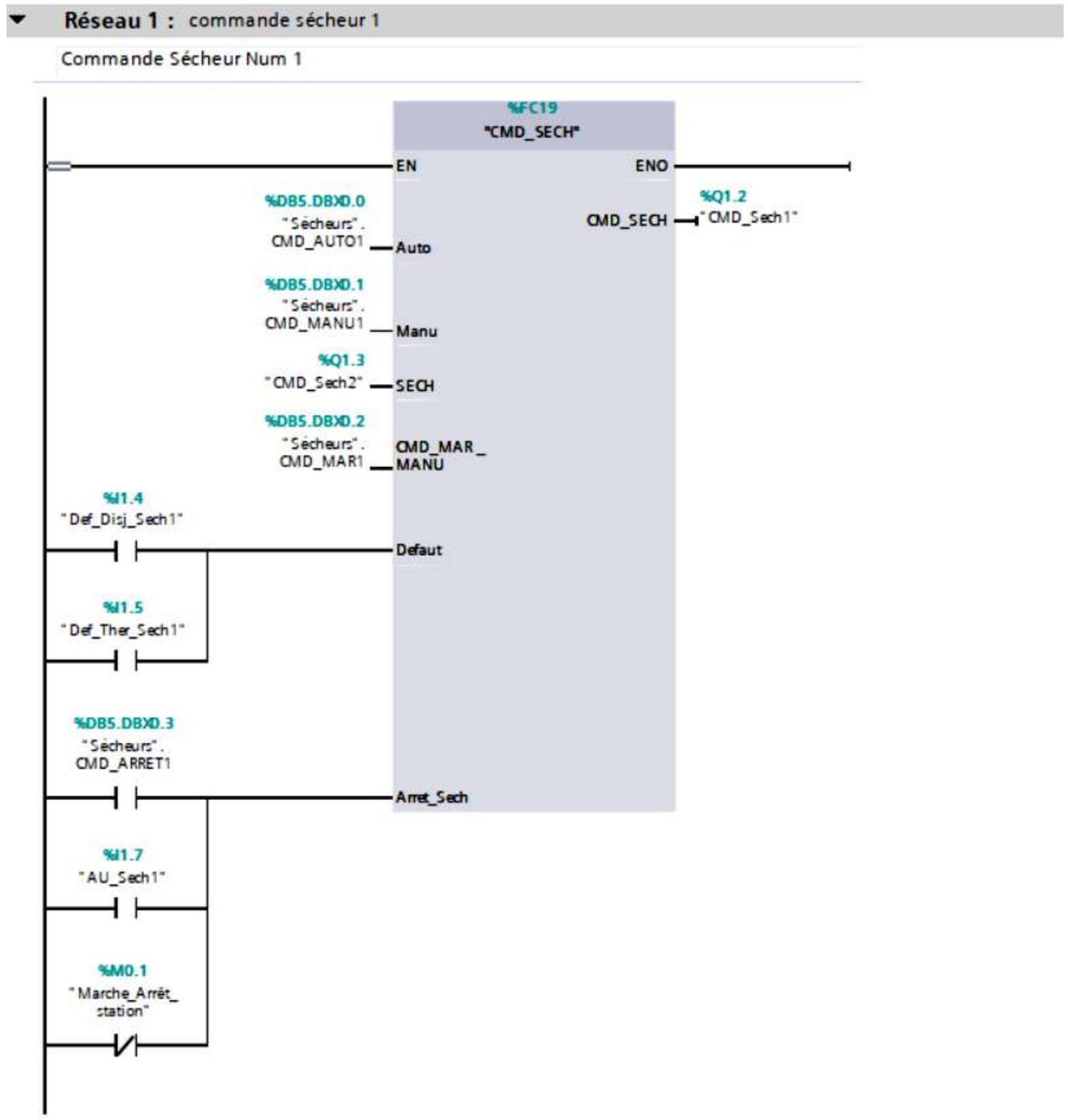


Figure III-13 Commande marche du 1^{er} sécheur

III.7.7 [FC3] : bloc de commande marche des pompes

Le réseau de la figure III.14 si après contient le programme permettant de donner l'ordre de marche d'une pompe avec deux modes possibles en automatique ou en manuelle.

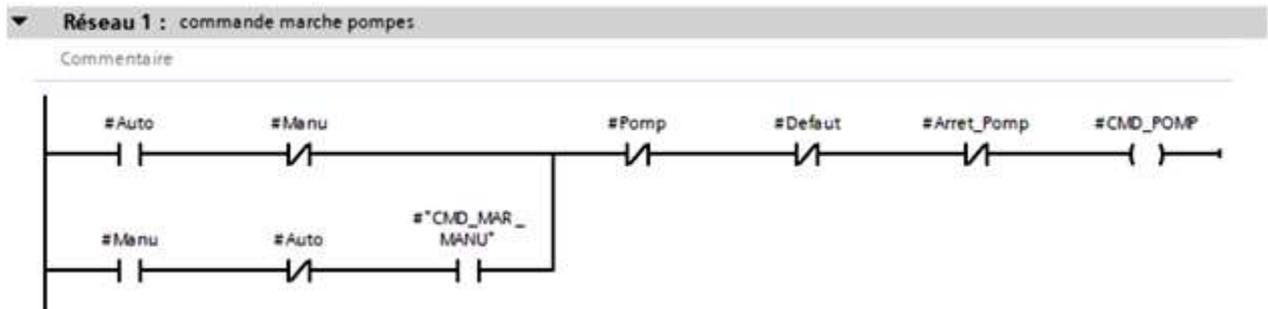


Figure III-14 Réseau intégré dans [FC9].

III.7.8 [FC9] commande marche des pompes

Dans ce bloc de la figure III.15 on trouve deux réseaux dédiés pour la commande marche des deux pompes. Ce dernier fait appel à la fonction [FC3] pour chaque pompe.

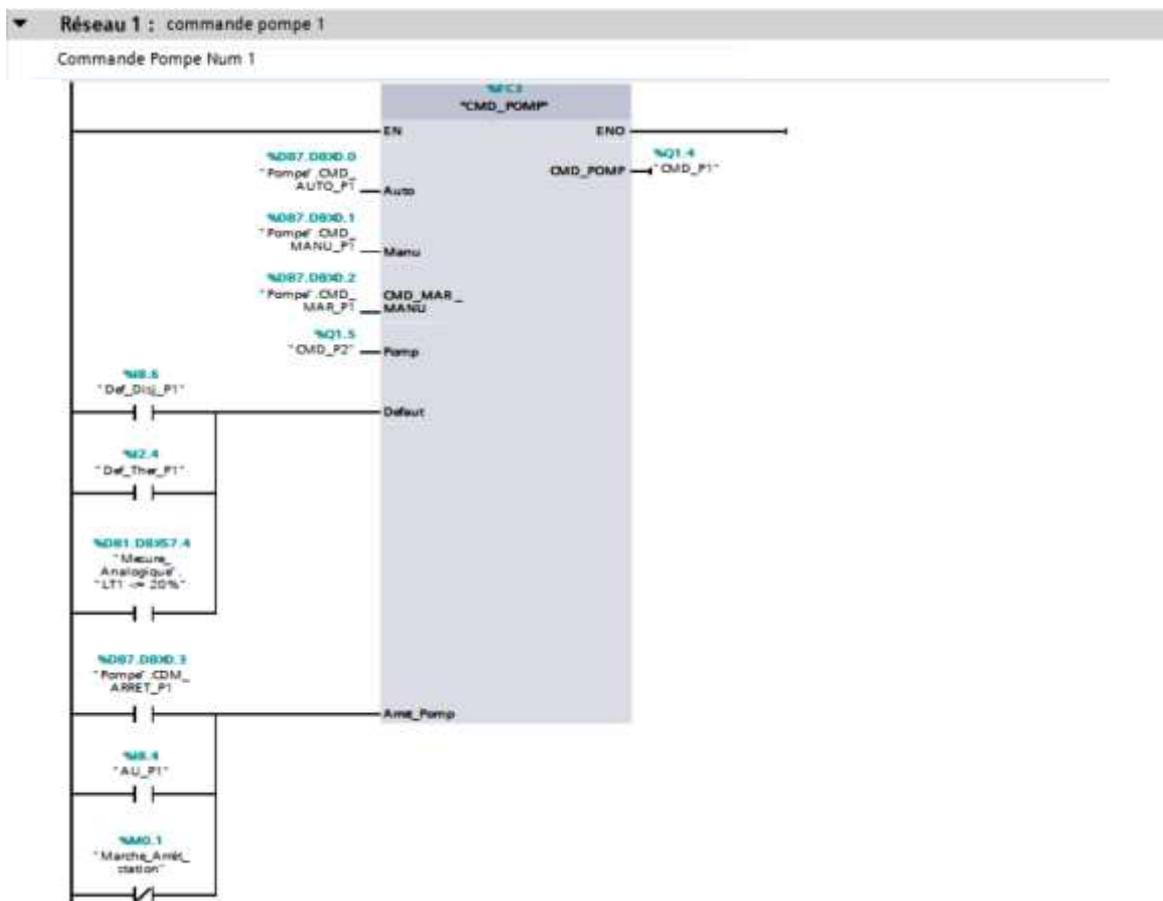


Figure III-15 Commande marche de la première pompe

III.7.9 [FC6] : Bloc commande marche des ventilateurs

Dans ce bloc on trouve 3 réseaux de la figure III.16 qui sont affectés comme suit :
 Le réseau 1 contient le programme permettant de donner l'ordre de marche d'un ventilateur avec deux modes possibles en automatique ou en manuelle.
 Le réseau 2 contient la condition de commande après la sélection du ventilateur mis en marche.
 Le réseau 3 contient les conditions qui permettent d'arrêter un ventilateur.

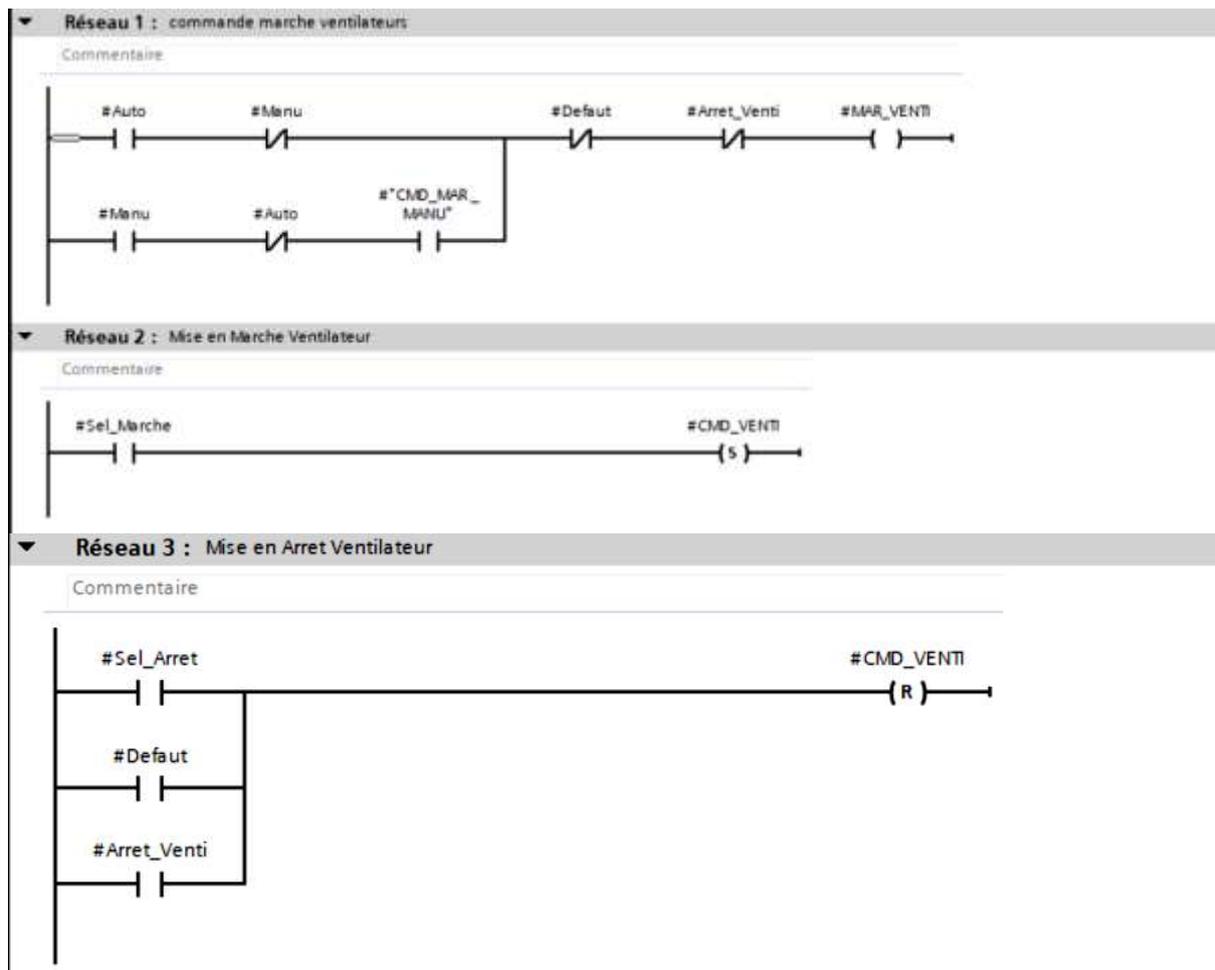


Figure III-16 Réseau intégré dans [FC7]

Ces 3 réseaux sont appelés dans un autre bloc (figure III.6) qui les englobe et qui est le [FC6] :

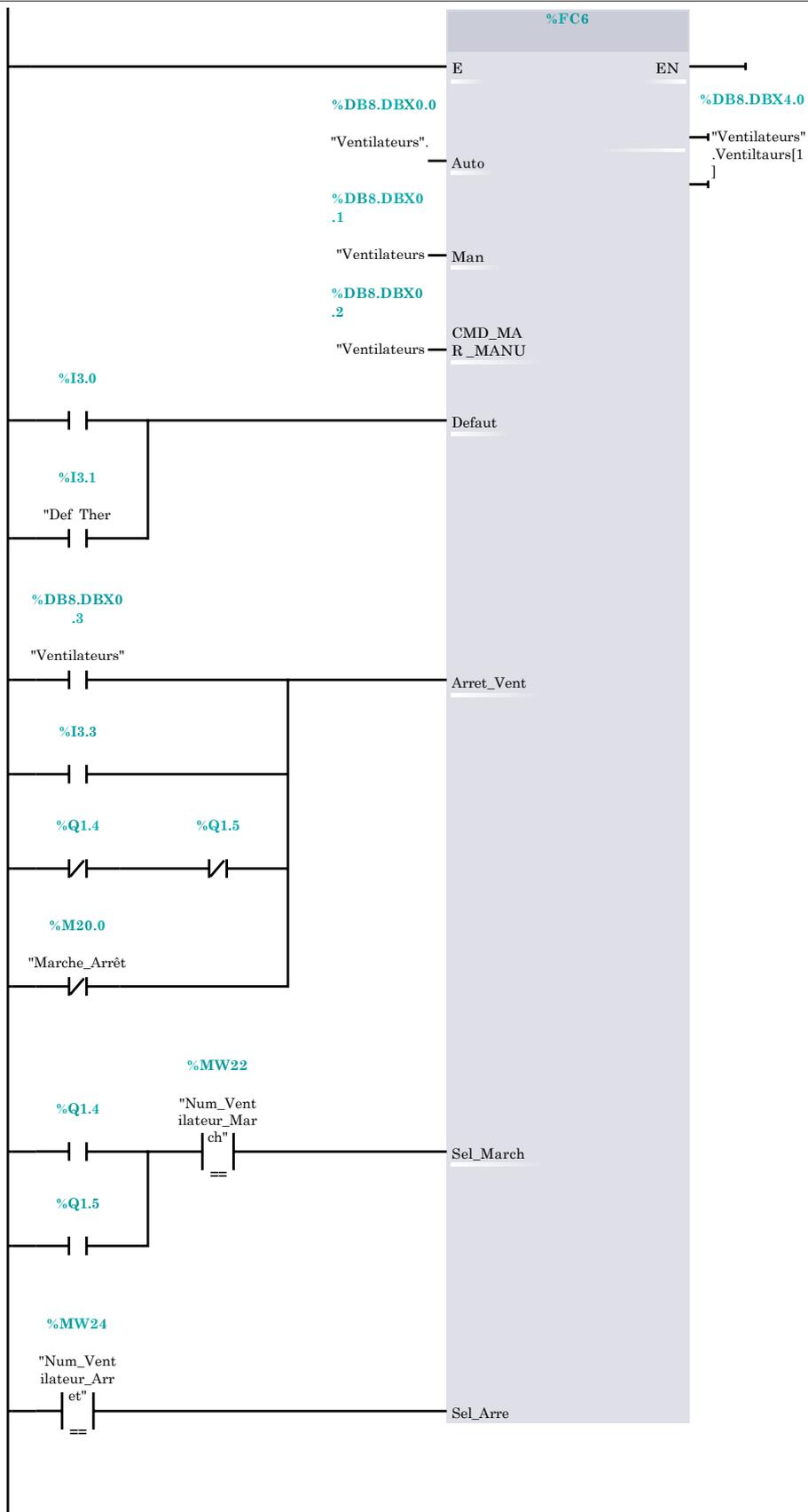


Figure III-17 Commande marche du premier ventilateur

III.7.10 [FC16] Bloc ventilateurs

Dans ce bloc on trouve 3 réseaux de la figure III.18 qui sont affectés comme suit :
 Le réseau 1 nous permet de surveiller la température à l'aide du transmetteur de température TT300 à l'entrée des ventilateurs si elle est égale ou supérieure à 25°C après une vérification de 60 secondes.

Le réseau 2 fait appel au bloc FC4 qui est programmé en langage ST et qui a le rôle de sélectionner le ventilateur qui sera en mode marche ou arrêt.

Le réseau 3 est affecté pour la réinitialisation du Timer 1.

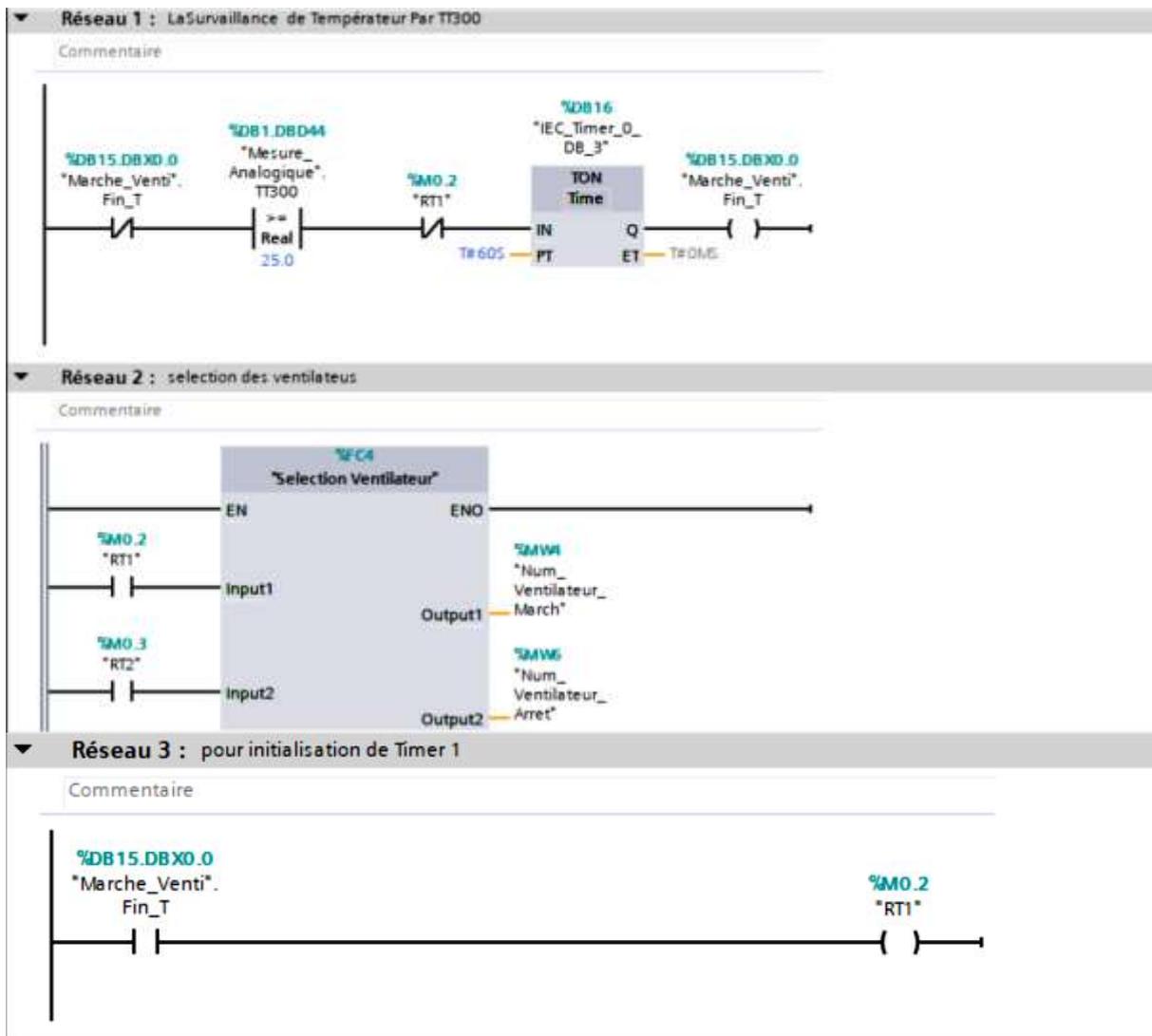


Figure III-18 Réseau intégré dans [FC11]

III.7.1 [FC11] bloc marche ventilateurs

Dans ce bloc de la figure III.19 on a fait appel au deux blocs [FC16] et [FC7]

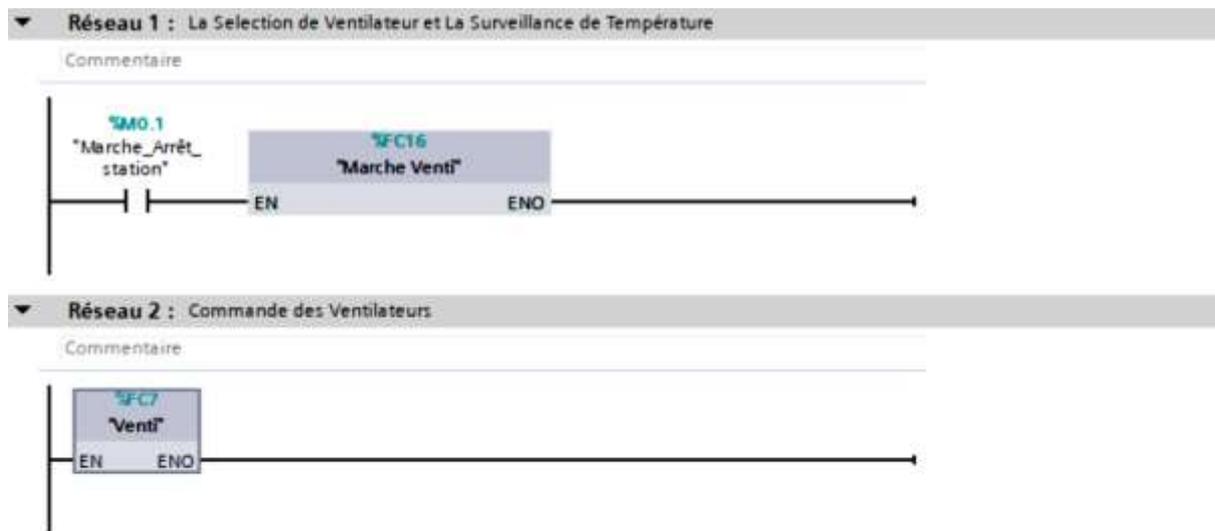


Figure III-19 Commande des ventilateurs

III.7.2 [FC4] : sélection des ventilateurs

Le bloc de la figure III.20 ci-dessous représente le script qui exécute deux tâches :

- sélectionner le ventilateur qui va être mis en marche après une surveillance de température par le TT300 en respectant ces conditions : Il allume le premier ventilateur qui est en mode automatique et qui est déjà en mode arrêt, et aussi sans défaut.
- Sélectionner le ventilateur qui va être mise en arrêt après une surveillance de température par le TT301 en respectant cette condition: il arrête le dernier ventilateur qui est en mode automatique qui est déjà en mode marche.

Après la sélection ce bloc nous indique comme sortie le numéro du ventilateur sélectionnée (marche ou arrêt), cette sortie sera intégrée dans le bloc FC7 pour qu'on puisse enfin déclencher un ventilateur.

```
1 IF #Input1 THEN
2   FOR #i := 1 TO 6 DO
3     IF "Ventilateurs".Ventilateurs[#i] = TRUE THEN
4       IF %QX(IDX := 2, BIT := #i) = FALSE THEN
5         #Output1 := #i;
6         EXIT;
7       END_IF;
8
9
10    END_IF;
11
12   END_FOR;
13
14
15 END_IF;
16
17 IF #Input2 THEN
18   FOR #j := 6 TO 1 BY -1 DO
19     IF "Ventilateurs".Ventilateurs[#j] = TRUE THEN
20       IF %QX(IDX := 2, BIT := #j) = TRUE THEN
21         #Output2 := #j;
22         EXIT;
23       END_IF;
24
25
26    END_IF;
27
28   END_FOR;
29
30
31 END_IF;
```

Figure III-20 Script de la sélection des ventilateurs

III.7.3 [FC10] : Vannes

Ce bloc de la figure III.21 regroupe l'ensemble des réseaux afin de commander les vannes TOR.

Le réseau 1 : permet d'ouvrir la vanne TOR XV1 si :

- La station est en marche ;
- Le compresseur 1 est en marche ;
- La pression mesurée par PT103 est supérieure ou égale à 7bars ;

La figure ci-dessous représente quelques réseaux des vannes utilisées dans notre projet :

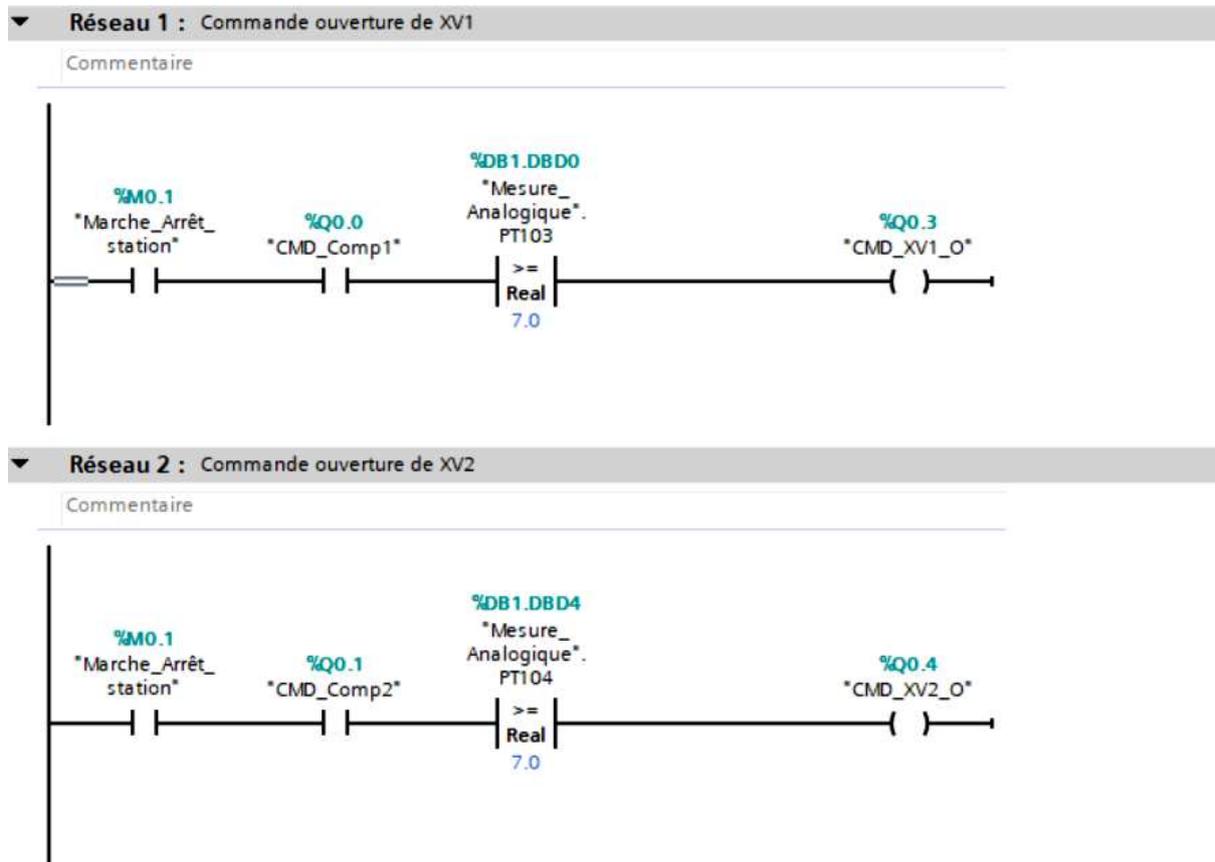


Figure III-21 Ouverture des vannes XV1 et XV2 [FC15]

Ce bloc regroupe les différentes alarmes qui peuvent se présenter dans notre station. La figure III.22 ci-dessous représente le 1^{er} réseau qui contient la condition pour déclencher l’alarme en cas d’un défaut du disjoncteur du premier compresseur.



Figure III-22 Alarme défaut disjoncteur du 1er compresseur

La figure III.23 ci-dessous représente le 3^{ème} réseau qui contient la condition pour afficher une alarme dans le cas où le niveau d'huile dans le premier compresseur est bas.



Figure III-23 Alarme défaut niveau bas de l'huile dans le 1er compresseur

La Figure III.24 ci-dessous représente le 39^{ème} réseau qui contient la condition pour afficher une alarme dans le cas où le niveau de la bêche à eau est bas.

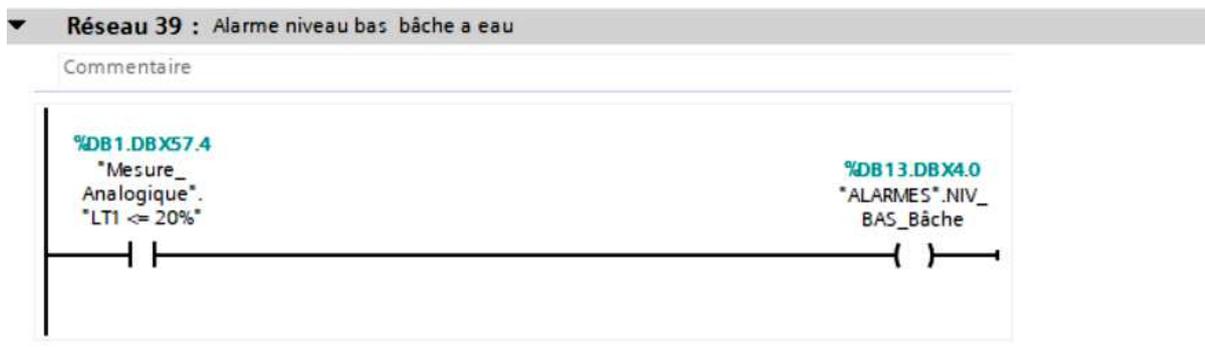


Figure III-24 Alarme défaut niveau bas de la bêche à eau

Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai présenté l'automate programmable et les différentes étapes de la création d'un programme sous TIA PORTAL V16 et son exécution. J'ai donné un aperçu sur les blocs des réseaux que j'ai utilisé lors de la création de notre programme.

Dans ce qui suit, je récupérerai les états des variables pour exploiter les performances de Win CC Flexible sous TIA Portal dans le but de créer et gérer les interfaces graphiques avec des visualisations et des animations actualisées.

CHAPITRE IV



Supervision et Simulation

Introduction

La productivité figure parmi les paramètres les plus importants au sein d'une entreprise. On y associe généralement la qualité, les moyens, la disponibilité et la sécurité. Ce sont des paramètres qui doivent être surveillés et contrôlés afin de minimiser les pertes tout en conservant la qualité. Cela est possible avec la supervision industrielle des procédés, qui est une composante essentielle pour le fonctionnement optimal et efficace d'une entreprise. La supervision industrielle permet de contrôler le bon fonctionnement du processus, elle est également utilisée pour détecter des alarmes en cas de défaut ou arrêt de ce dernier dans le but de résoudre certains problèmes et cela est réalisé par des interfaces homme-machine (IHM).

Dans ce chapitre je vais d'abord exposer des généralités sur la supervision ensuite l'interface homme machine, les différentes vues, une simulation de la station d'air comprimé à l'aide du logiciel SIMATIC WINCC sur TIA PORTAL V16 et je termine par une conclusion.

L'objectif de ce chapitre est de procéder à la supervision de notre station afin de permettre aux opérateurs une surveillance en temps réel à l'aide d'une IHM à écran tactile programmé sous le logiciel WinCC Advanced dans TIA PORTAL.

IV.1. Supervision [17]

Ensemble d'outils et de méthodes utilisées pour faire fonctionner un processus industriel en situation normale, ainsi qu'en présence de défaillances.

Elle est aussi une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés. La supervision concerne l'acquisition de données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres des alarmes (retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables.

IV.2. Objectif de la supervision [17]

- Contrôler la disponibilité des services/fonctions ;
- Contrôler l'utilisation des ressources ;
- Vérifier qu'elles sont suffisantes (dynamique) ;
- Détecter et localiser des défauts ;
- Diagnostic des pannes, prévenir les pannes/défauts ;

- Prévoir les évolutions ;
- Suivi des variables.

IV.3. Interfaces homme machine IHM

L'interface Homme/Machine permet de centraliser le contrôle d'un processus sur un seul écran. Ainsi, il est possible d'afficher plusieurs informations et de mettre à la disposition de l'opérateur des commandes qui affecteront le procédé. Ils sont surtout utilisés en complément avec un API pour avoir un affichage des états des entrées/sorties et des alarmes du système [18].

IV.4. Critères de choix de l'interface IHM [19]

Une interface homme machine doit toujours répondre à des critères spécifiques :

- Souplesse et robustesse ;
- Outil qui doit s'adapter à l'homme et non l'inverse ;
- Outil qui doit rendre le comportement du système prévisible ;
- Doit diminuer le temps de recherche d'une information ;
- Facilite la prise d'informations.

Dans notre projet nous avons choisi une interface du type IHM TP1500 qui a comme caractéristiques les paramètres du tableau IV.1.

Tableau IV.1 Caractéristiques Techniques de l'IHM TP1500

Modèle	TP1500 Comfort
Taille de l'affichage	15,4"
Type de l'affichage	TFT
Résolution de l'affichage	1 280x 800 Pixel
Couleurs	16M
Type de port	MPI, PROFIBUS DP, Ethernet

IV.5. SIMATIC WinCC sur TIA portal [20]

Le WinCC (WINDOWS CONTROL CENTER) est un logiciel qui est dédié pour la configuration des panneaux d'opérateur SIMATIC HMI ainsi que pour les systèmes de visualisation basés sur PC WinCC Runtime Advanced et WinCC Runtime Professional. WinCC (TIA Portal) est basé sur le nouveau cadre d'ingénierie central Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal), qui offre à l'utilisateur une solution uniforme, efficace et intuitive à toutes les tâches d'automatisation. Offre également une ingénierie uniforme, du panneau de base jusqu'aux applications SCADA.

IV.6. Etapes de réalisation de l'interface homme-machine du processus

Pour réaliser notre interface homme-machine nous sommes obligés de passer par les différentes étapes :

- Ajouter une IHM et la configurer ;
- Créer des vues ;
- Etablir la liaison directe avec l'API ;
- Ajouter une table des variables IHM ;
- Compiler et simuler.

IV.6.1 Création et la configuration de l'interface

La figure IV.1 ci-dessous représente l'ajout de notre IHM

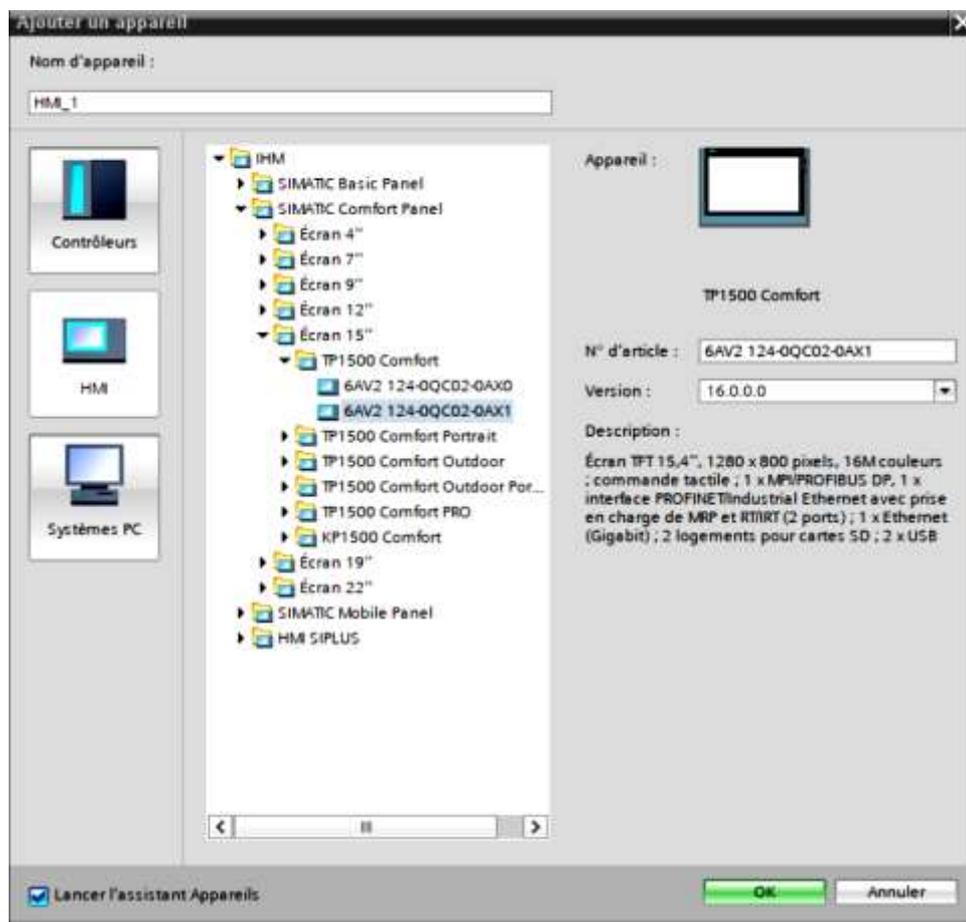


Figure IV-1 Ajout d'une interface homme machine.

IV.6.2 Etablissement d'une liaison directe :

Dans cette étape notre but est de créer une liaison directe entre l'automate (CPU) et l'IHM afin de pouvoir lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate. Dans notre cas on a utilisé la liaison MPI.

La figure IV.2 représente la liaison établie entre l'automate et l'interface:



Figure IV-2 Liaison MPI établie entre CPU et IHM

IV.6.3 Variables IHM.

On trouve deux types de variables :

- **Les variables externes :** elle permettent la communication entre un pupitre opérateur et un automate
- **Les variables internes :** ce sont des variables qui ne possèdent aucun lien avec l'automate, elles se trouvent dans la mémoire du pupitre.

IV.6.3.1 Table des variables IHM :

La figure IV.3 ci-dessous représente une partie de la table des variables IHM

Nom	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API	Adresse
CMD_Comp1	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Comp1	%Q0.0
CMD_Comp2	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Comp2	%Q0.1
CMD_Comp3	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Comp3	%Q0.2
CMD_MANU1	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	Compr1.CMD_MANU	%B2.DBX0.1
CMD_P1	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_P1	%Q1.4
CMD_P2	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_P2	%Q1.5
CMD_Sech1	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Sech1	%Q1.2
CMD_Sech2	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Sech2	%Q1.3
CMD_Vent1	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent1	%Q2.1
CMD_Vent2	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent2	%Q2.2
CMD_Vent3	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent3	%Q2.3
CMD_Vent4	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent4	%Q2.4
CMD_Vent5	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent5	%Q2.5
CMD_Vent6	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_Vent6	%Q2.6
CMD_XV1_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV1_0	%Q0.3
CMD_XV2_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV2_0	%Q0.4
CMD_XV3_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV3_0	%Q0.5
CMD_XV4_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV4_0	%Q0.6
CMD_XV5_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV5_0	%Q0.7
CMD_XV6_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV6_0	%Q1.0
CMD_XV7_0	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	CMD_XV7_0	%Q1.1
Compr1_AUTO	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	Compr1.AUTO	%B2.DBX0.4

Figure IV-3 Partie de la table des variables IHM.

IV.6.4 Création des vues

Les vues sont les éléments principaux pour la représentation de notre processus et pour cela on insère des objets sous WinCC sur TIA PORTAL puis on les configure en fonction des exigences de notre process.

Une vue est souvent composée d'éléments statiques et dynamiques. Les éléments statiques ne changent pas pendant le Run Time comme les textes et les dessins tandis que les éléments dynamiques varient en fonction de l'état de notre process. Les valeurs des variables sont affichées soit à partir de la mémoire de l'automate ou bien la mémoire de notre interface.

Notre projet de la station d'air comprimé sera représenté dans sept vues séparées : la vue principale, vue process, chaque compresseur avec sa propre vue, la vue de la tour de refroidissement et la vue des alarmes.

A) Création de la vue principale

La vue principale de notre interface s'affiche au démarrage du Runtime. Elle contient la vue de notre process et permet à l'opérateur d'accéder aux différentes vues.

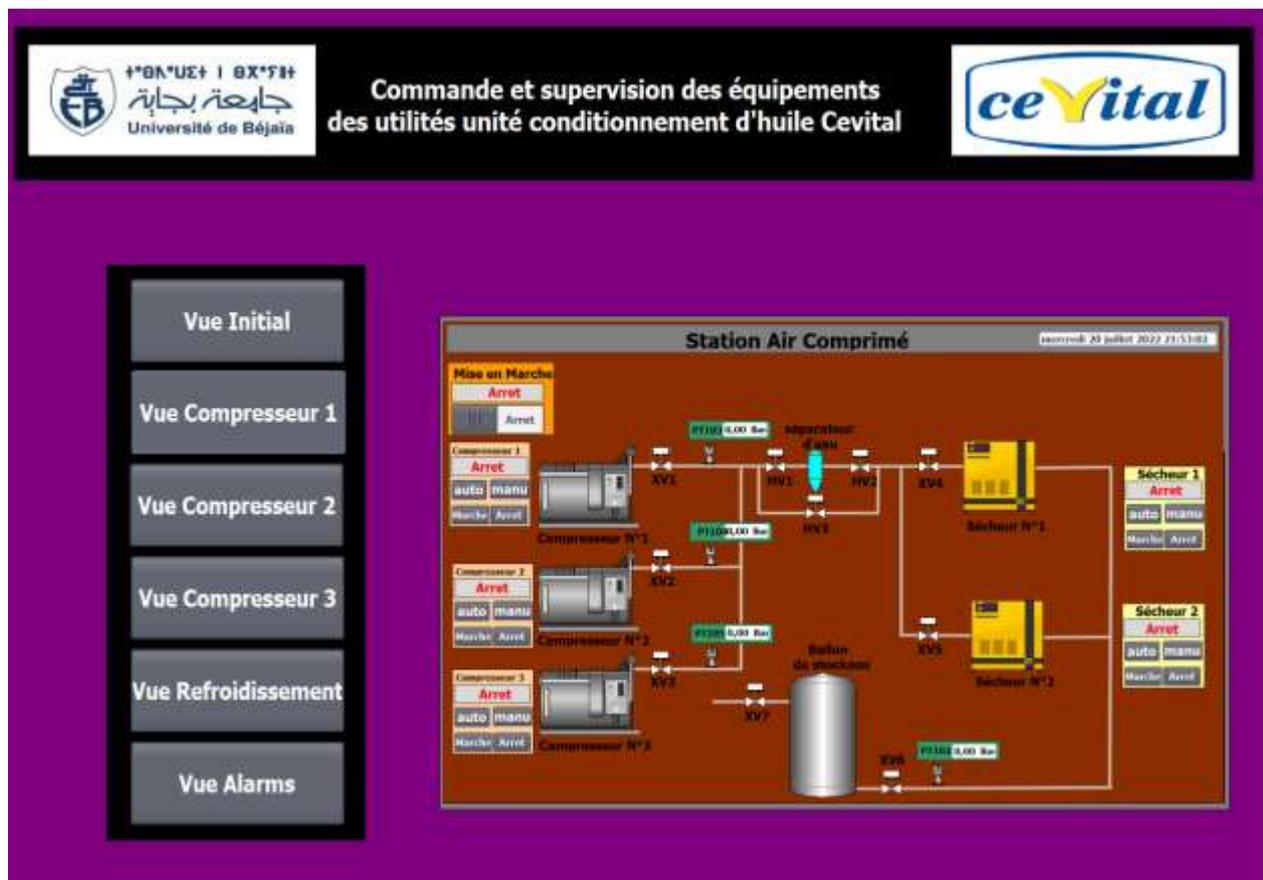


Figure IV-4 Vue principale.

B) Vue process

C'est la vue qui représente les différents organes de notre station air comprimé. Elle permet à l'opérateur :

- La mise en marche où arrêt de toute la station ;
- De mettre les compresseurs, les sécheurs en mode manuel ou automatique et en mode marche ou arrêt à l'aide des boutons de commande pour chaque élément ;
- L'affichage de l'état des compresseurs et sécheur en mode marche (la couleur verte) en mode arrêt (la couleur rouge) et pour les vannes en mode marche (couleur verte) et arrêt (couleur blanche) ;
- La visualisation des valeurs de sorties analogiques des différents capteurs de pressions.

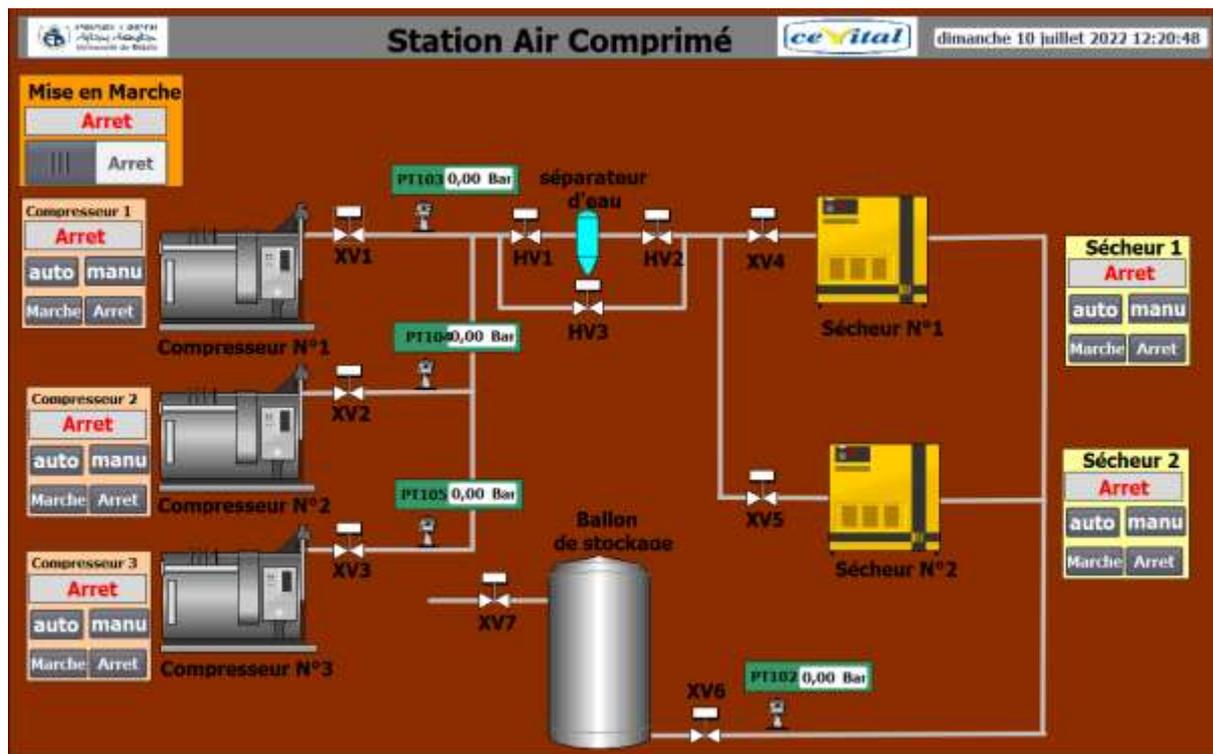


Figure IV-5 Vue process.

C) Vue compresseurs

Dans chaque vue des compresseurs on trouve l'ensemble des éléments qu'on peut trouver dans le type de compresseur choisi. Elles permettent à l'opérateur de visualiser les valeurs mesurées par les transmetteurs différentiels de pression des différents filtres (huile et eau). Par contre le niveau du réservoir de l'huile est programmé dans la vue des alarmes.

Les figures ci-dessous représentent les vues des différents compresseurs :

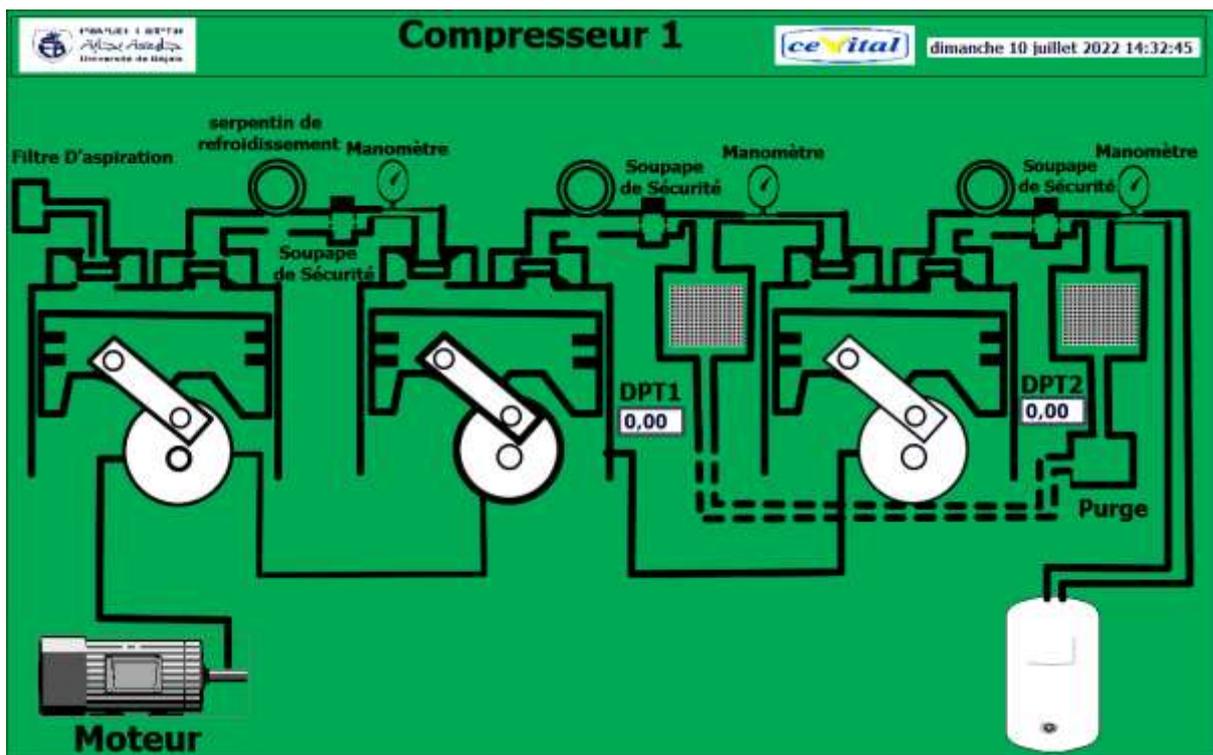


Figure IV-6 Vue compresseur 1.

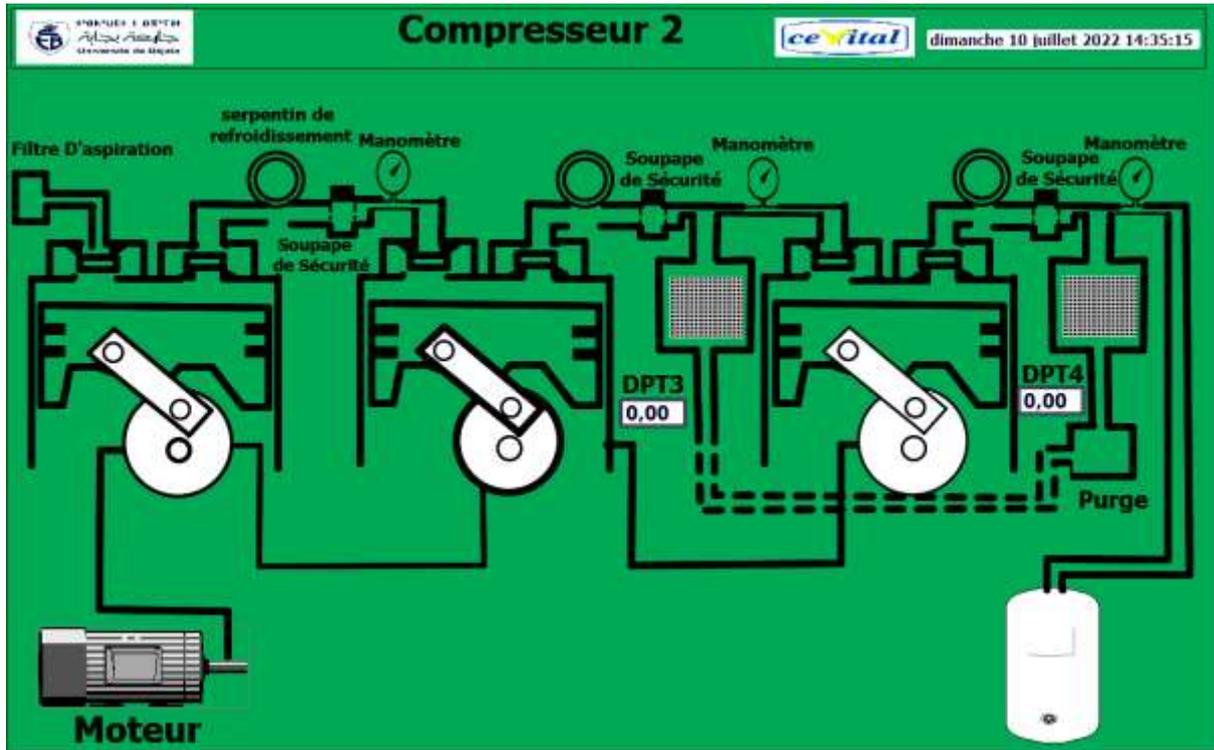


Figure IV-7 Vue compresseur 2

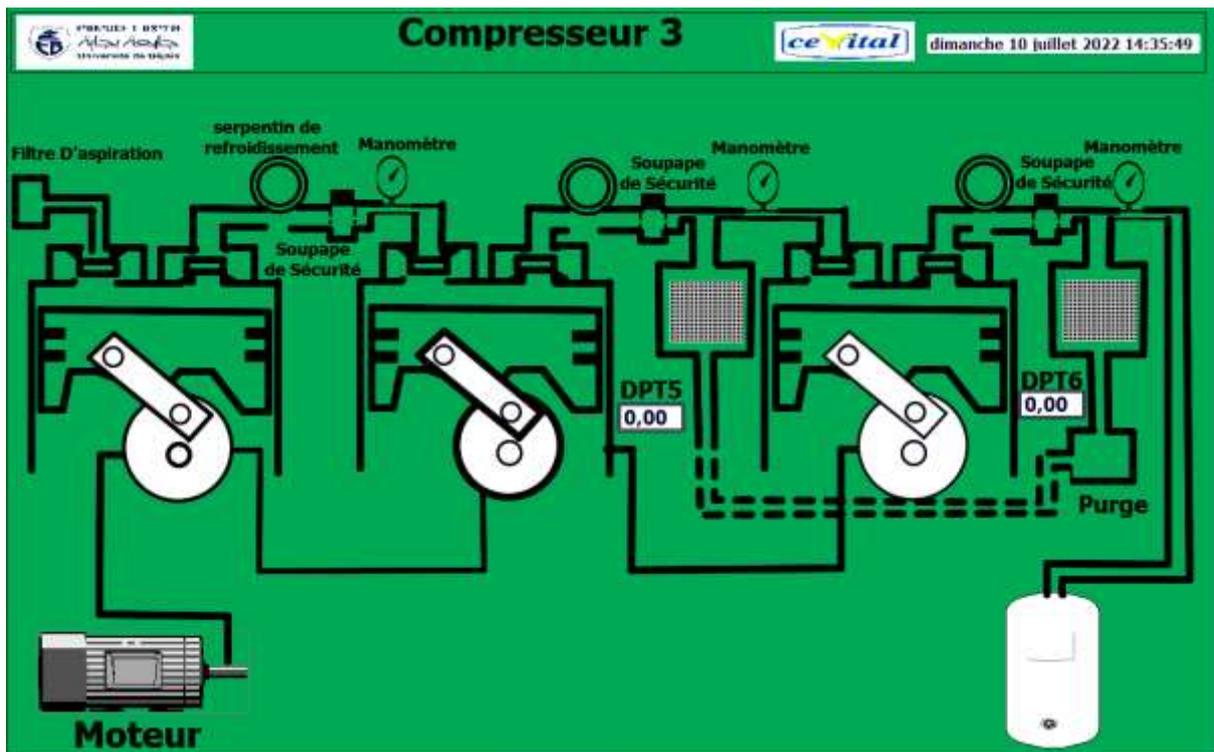


Figure IV-8 Vue compresseur 3

D) Vue de la tour de refroidissement

Dans cette vue, on trouve le système de refroidissement des compresseurs qui permet à l'opérateur de visualiser les différentes sorties analogiques :

- Surveiller la température à l'aide des transmetteurs de température ;
- De mettre les pompes et les ventilateurs en mode manuel ou automatique et en mode marche ou arrêt à l'aide des boutons de commande pour chaque éléments. Avec ces boutons on peut directement basculer d'un ventilateur à un autre ;
- Afficher le niveau de l'eau dans la bache à eau à l'aide du transmetteur de niveau.

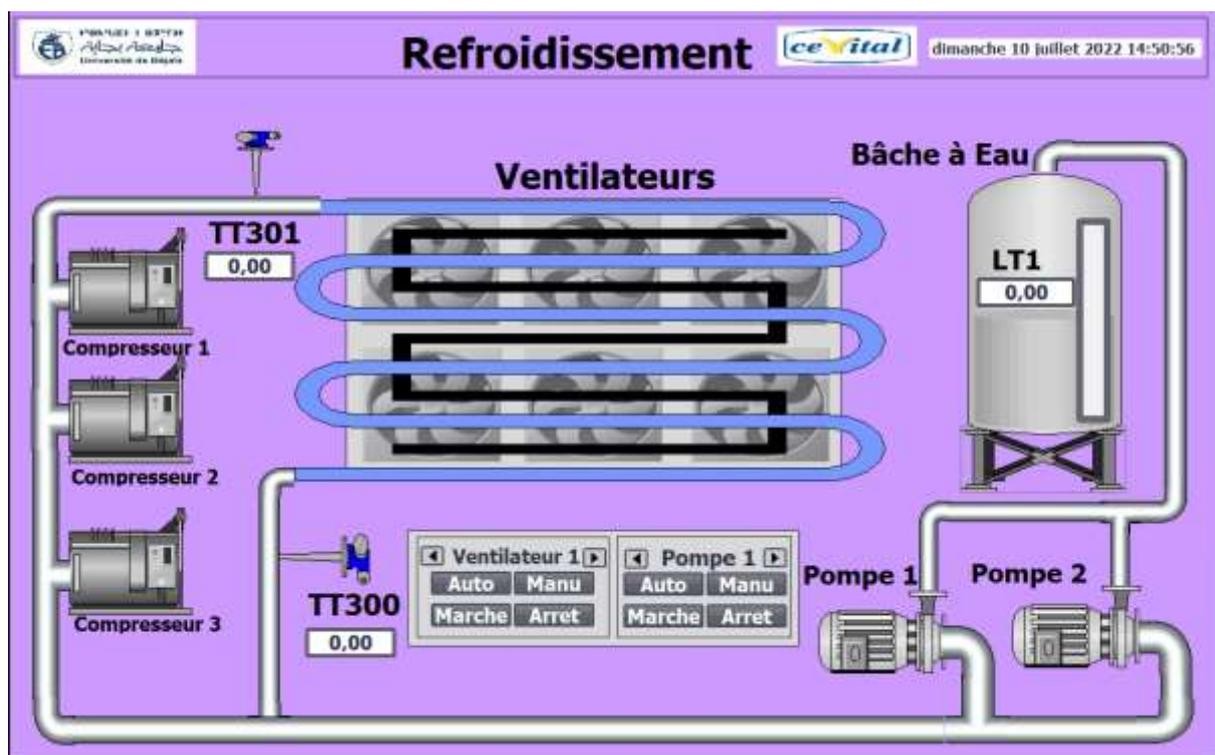


Figure IV-9 Vue de la tour de refroidissement.

E) Vue des alarmes

La Figure IV.10 représente la vue qui permet à l'opérateur d'apprécier les différentes alarmes (avertissements) et défauts (arrêt) de notre station.



Figure IV-10 Vue des alarmes.

IV.7. Compilation et Simulation

L'étape de la compilation et simulation vient juste après la programmation de notre système et sa configuration ainsi la conception de notre IHM. Il est indispensable de vérifier la cohérence de notre projet et détecter les erreurs à l'aide du simulateur S7-PLCSIM de TIA PORTAL qui nous fournissent une interface simple pour visualiser et modifier ou forcer les différents objets tels que les variables d'entrée et de sortie.

En premier lieu on a amené la table de mnémoniques de STEP7 vers PLCSIM pour faciliter la configuration des entrées de l'API ainsi les résultats, la Figure Figure IV-11 ci-dessous représente la configuration du PLCSIM :

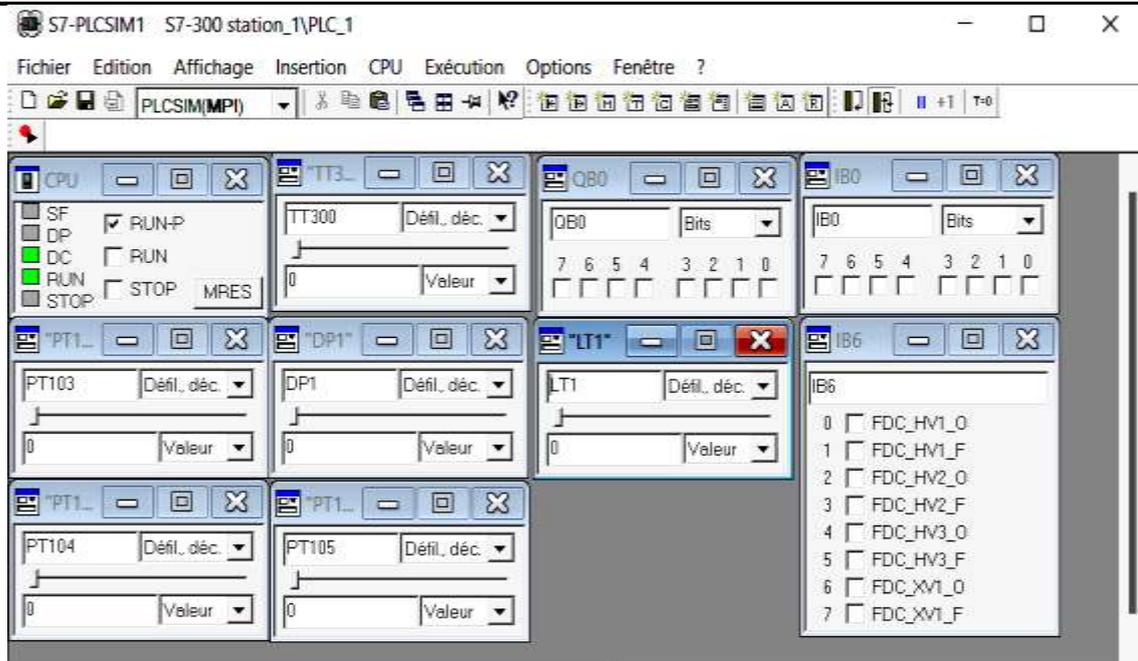


Figure IV-121 Interface de simulation PLCSIM.

Dans ce qui suit, on va forcer les entrées à chaque fois et donner des valeurs aux entrées analogiques pour pouvoir basculer notre système vers des différents états.

Dans la figure IV.12 ci-dessous la vue de notre process après la simulation, on remarque que la couleur des vannes sont devenues vertes. Devant chaque compresseur et sécheur apparait leurs états. Chaque transmetteur de pression affiche la valeur de pression que l'on a donnée.

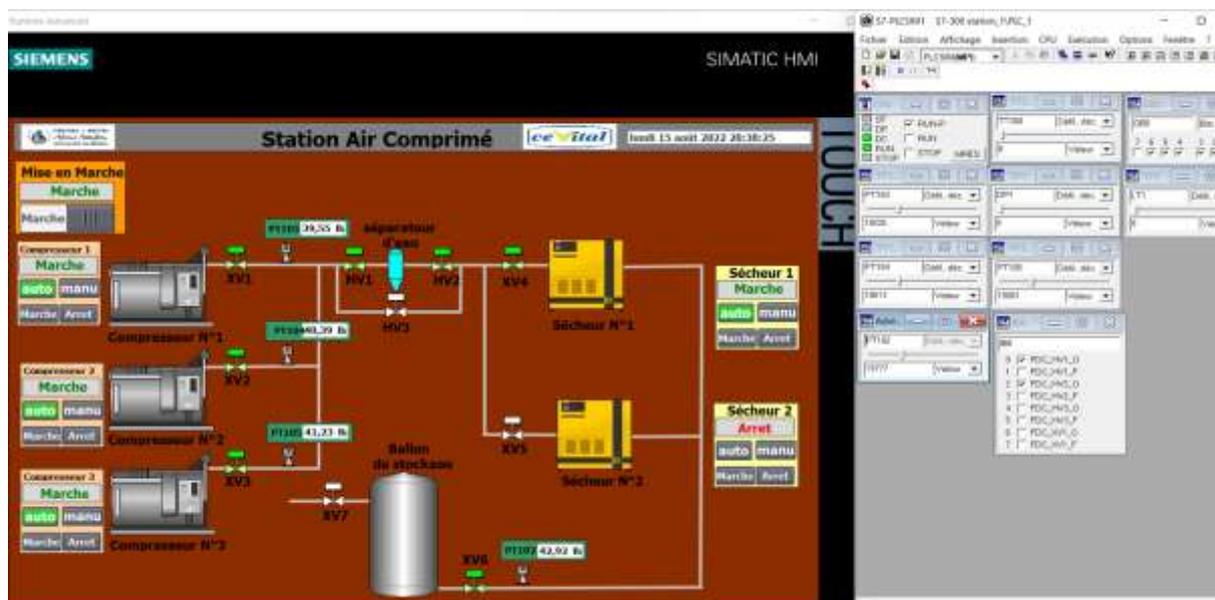


Figure IV-132 Vue process après la simulation

Dans la figure IV.13 ci-dessous la vue du 1^{er} compresseur, on remarque que la couleur du moteur de ce dernier est verte ce qui veut dire que le compresseur fonctionne. Les transmetteurs différentiels de pression affichent la valeur donnée.

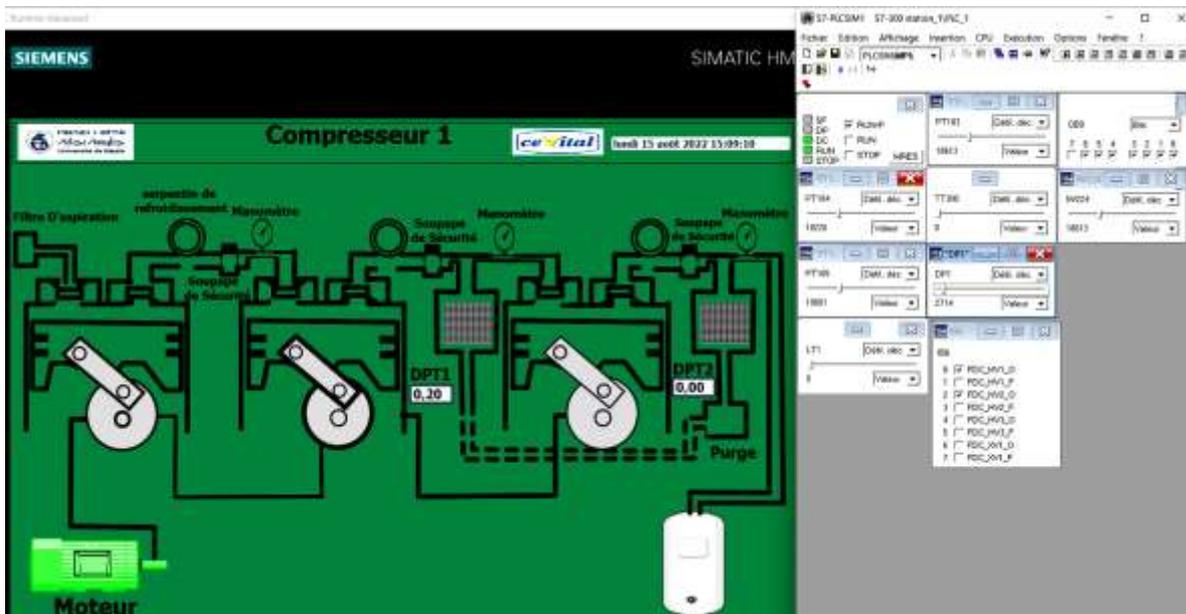


Figure IV-143 Vue compresseur 1 après la simulation.

On trouve aussi le réseau du compresseur après la simulation :

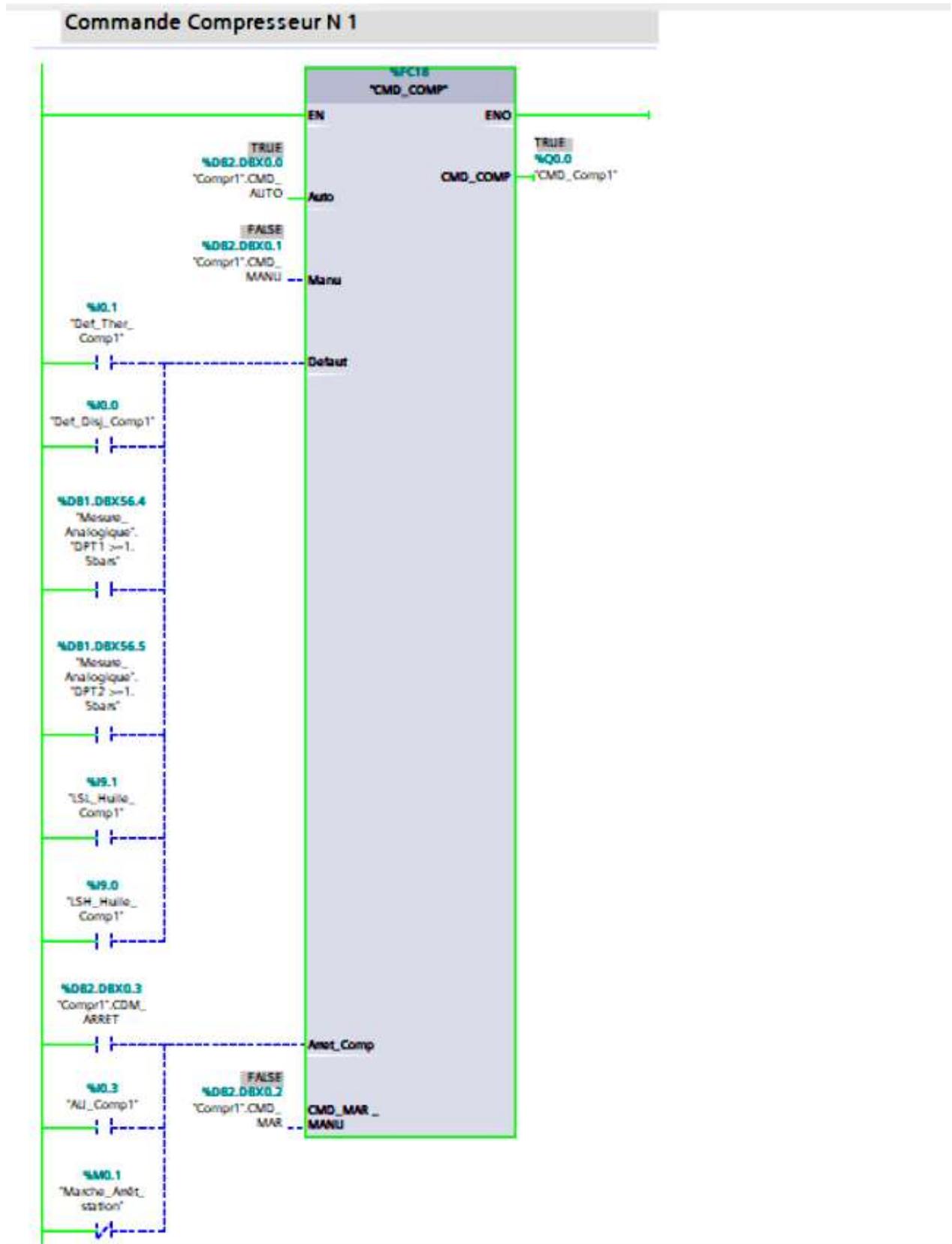


Figure IV-154 Commande marche du 1ier compresseur.

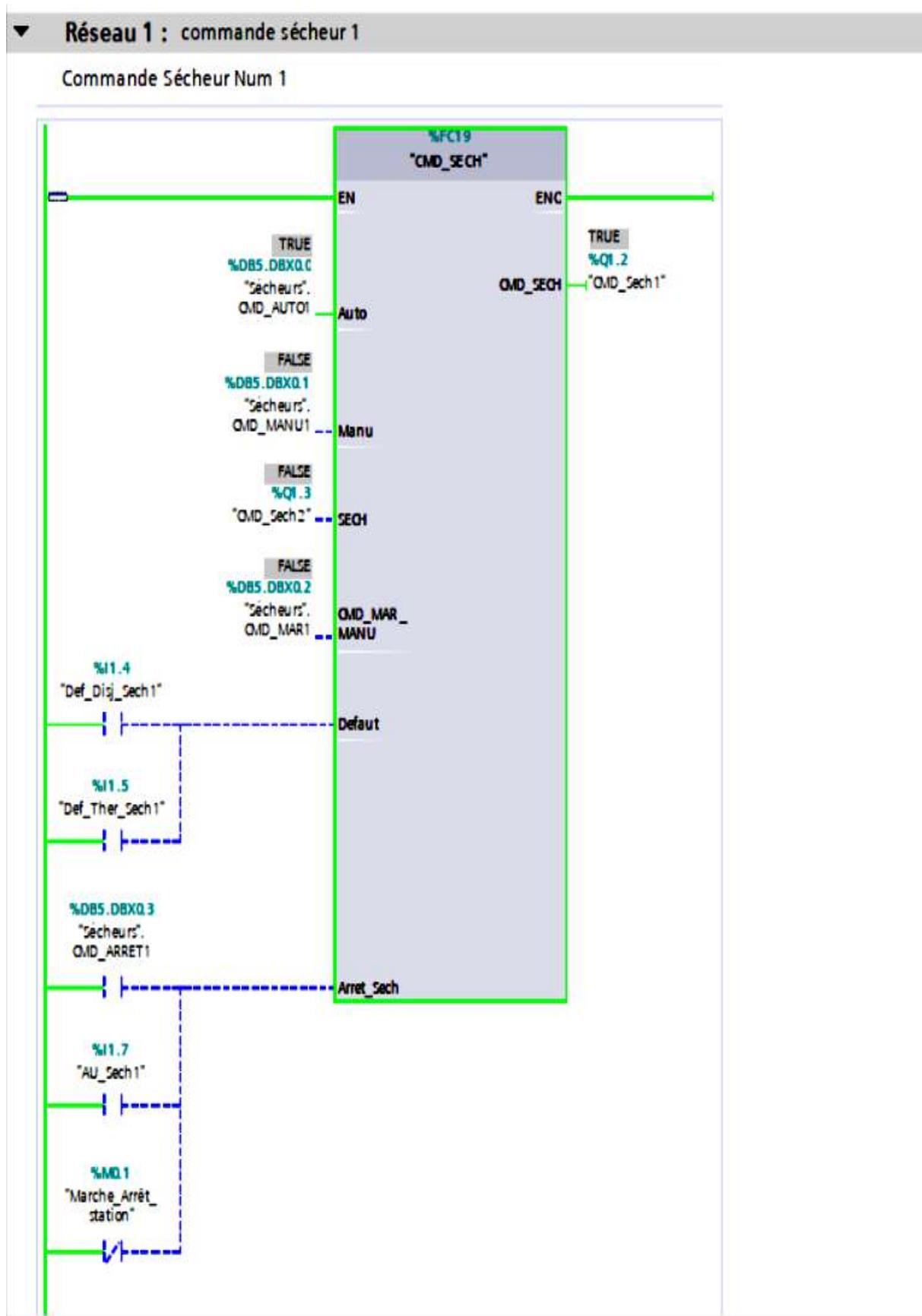


Figure IV-165 Commande marche du 1ier sécheur.

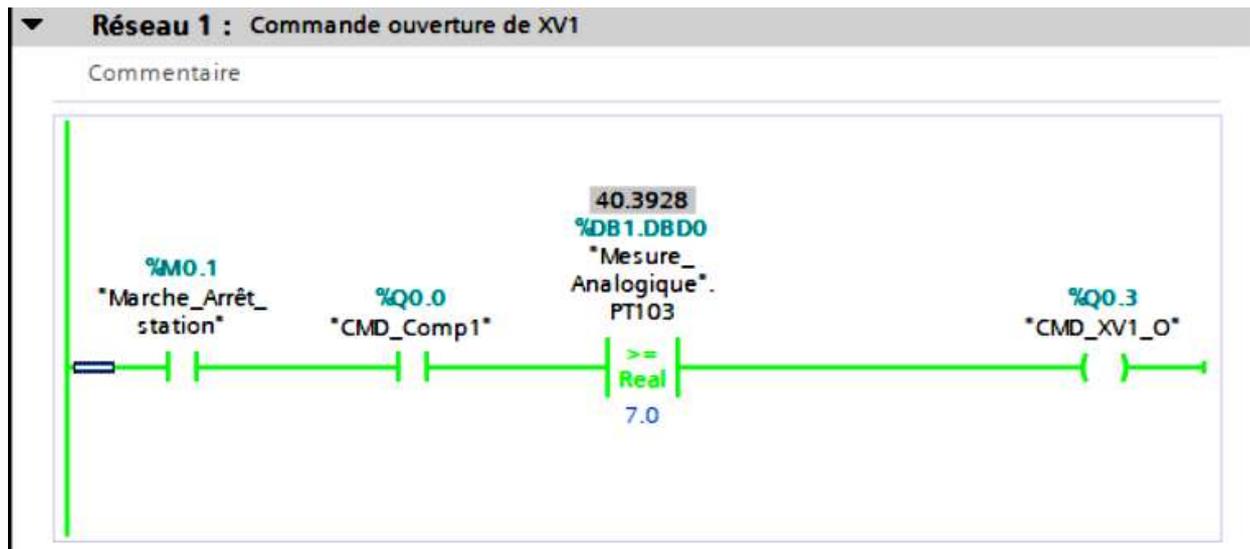


Figure IV-176 Ouverture de la vanne XV1

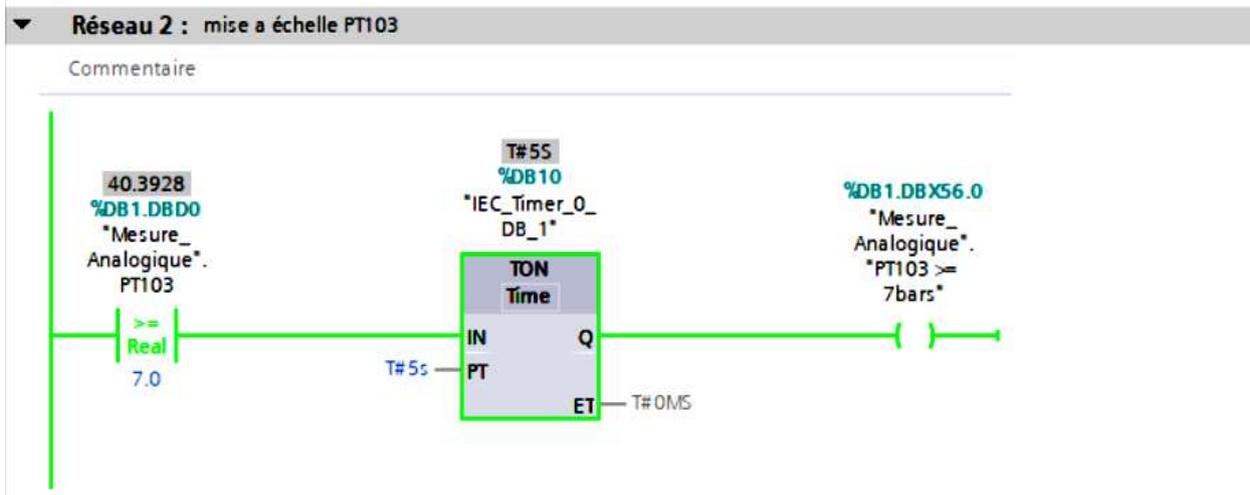
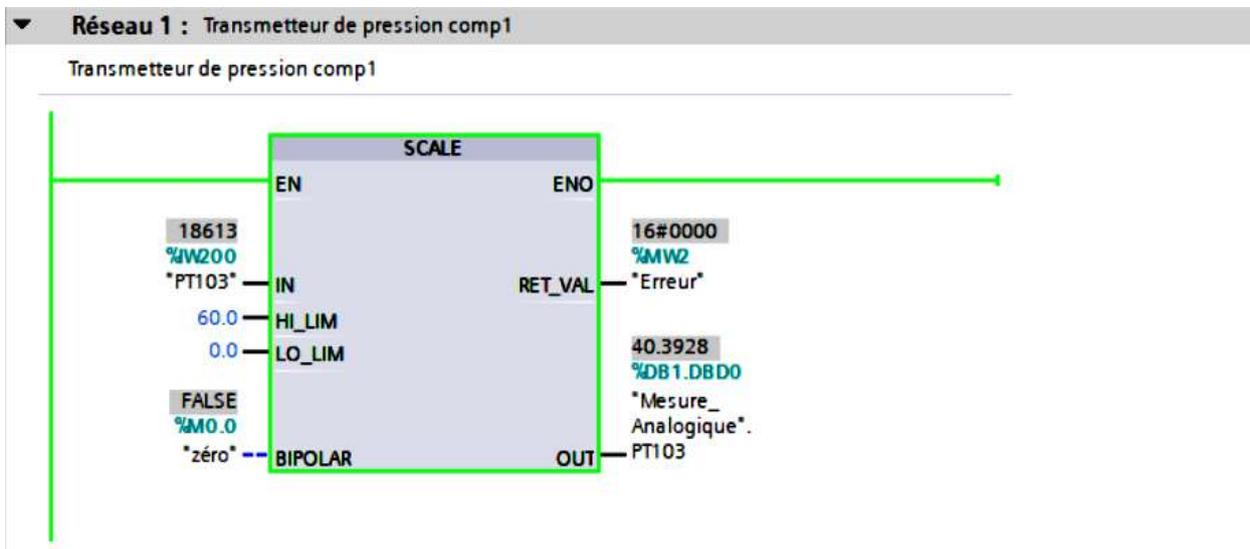


Figure IV-187 Mise à échelle du transmetteur de pression PT103.

Dans la Figure IV-198 ci-dessous la vue de la tour de refroidissement après la simulation on remarque que la couleur de la pompe qui est mise en marche est devenue verte ainsi que les ventilateurs ; devant chaque pompe et ventilateur apparait son état (marche/arrêt ou auto/manu), et chaque transmetteur de température affiche la valeur que l'on a donné.

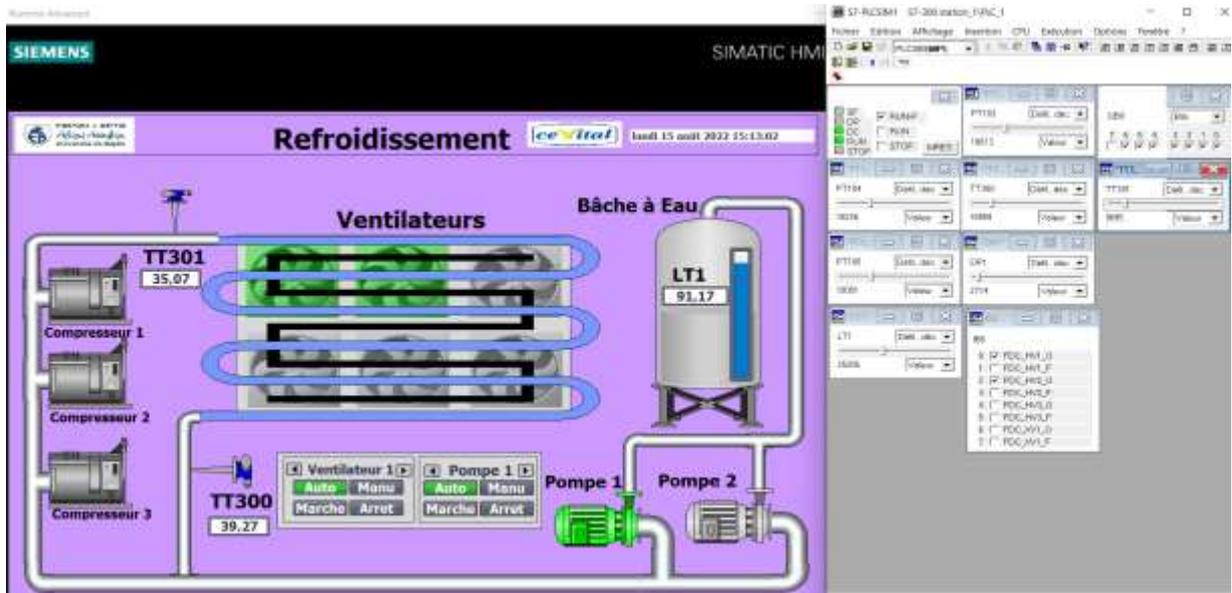


Figure IV-18 Vue tour de refroidissement après la simulation.

On trouve ci-dessous la figure IV.19 des réseaux après la simulation :

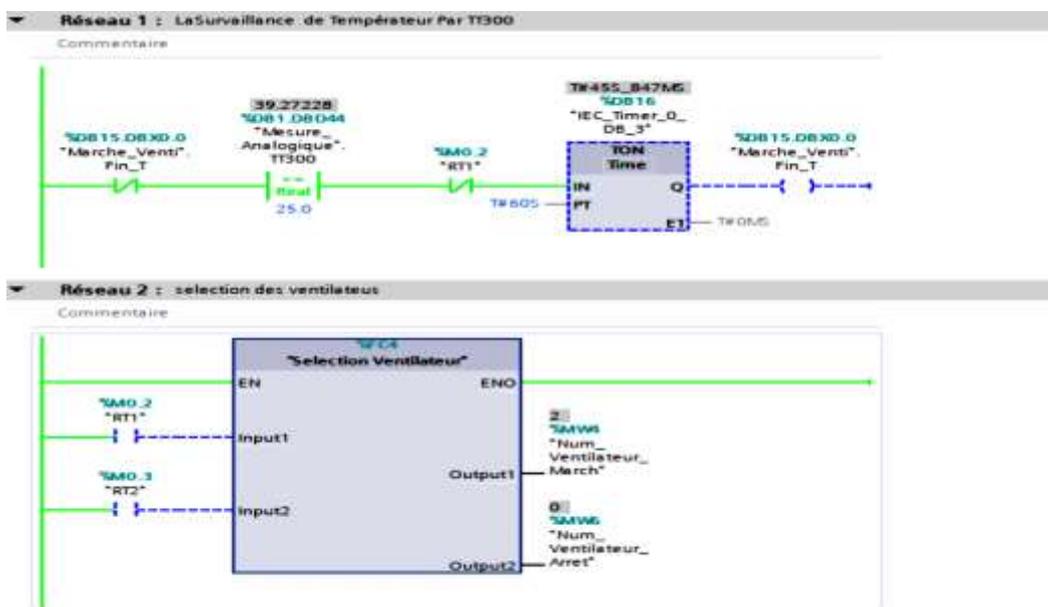


Figure IV-19 Marche des ventilateurs.

Dans la figure IV.20 ci-dessous la vue des alarmes après la simulation permet d'afficher par message sous forme d'un texte les différents défauts détectés.

Les couleurs nous renseignent sur l'état de ces alarmes (comme indiqué ci-dessous) :

Etat	Couleur
A : Alarme présente	Rouge
(A)D: Alarme disparu	Orange
(A)Q: Alarme non disparu vue par l'opérateur	Blue vert
(AD)Q : Alarme disparu et vue par l'opérateur	Vert

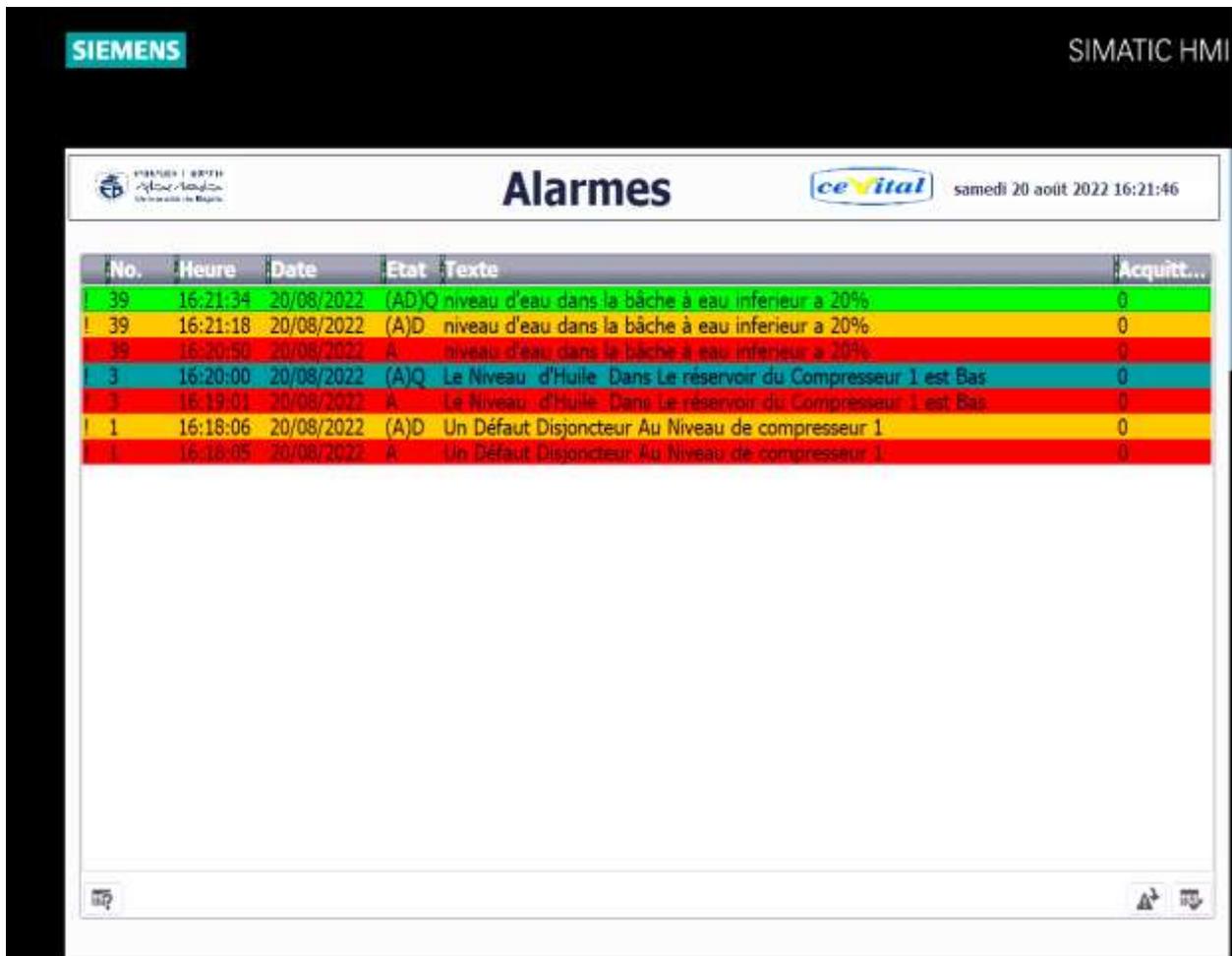


Figure IV-20 Vue alarmes après la simulation.

Les figures IV-201 ci-dessous représentent les réseaux des défauts qu'on a simulés :



Figure IV-21 Alarme lors d'un défaut disjoncteur de 1ier compresseur.

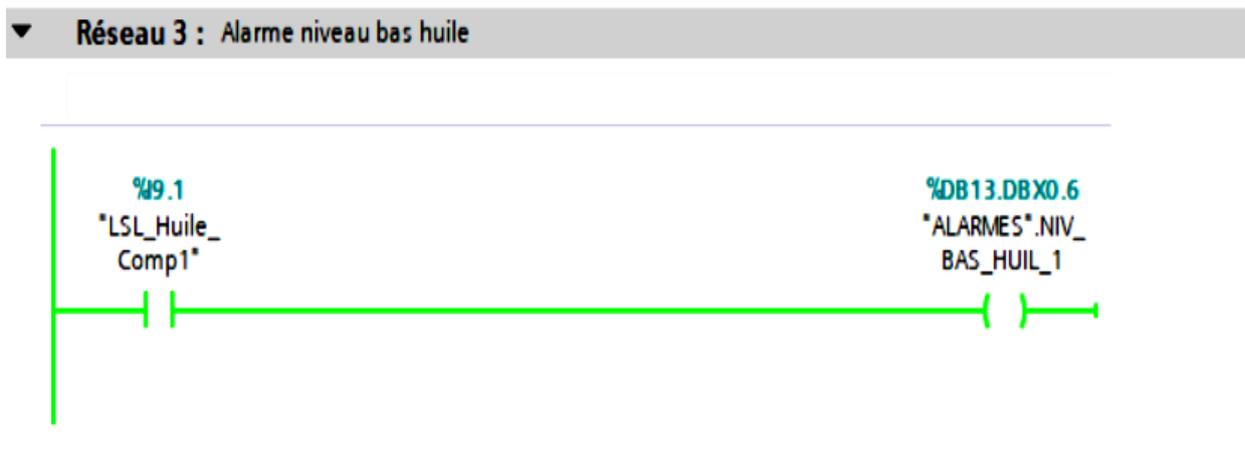


Figure IV-22 Alarme niveau bas huile dans le 1ier compresseur.

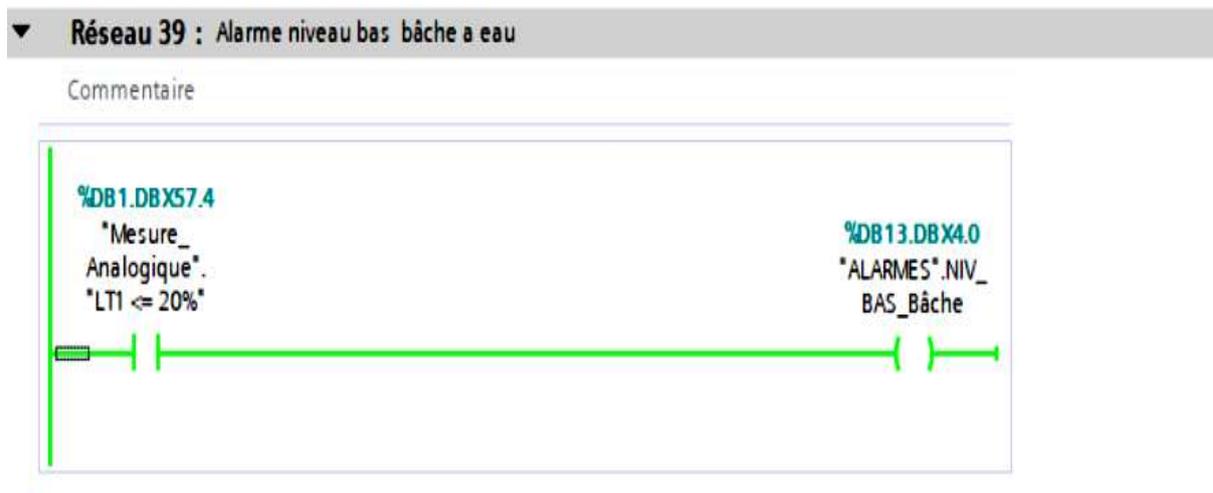


Figure IV-23 Alarme niveau bas bache à eau.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce présent projet est le fruit d'un stage de deux mois effectué au sein de l'entreprise **CeVital** SPA. Il s'agit d'un sujet industriel multidisciplinaire à problématique originale. Le point de départ de cette étude a été d'aller vers une commande et supervision des équipements des utilités « unité conditionnement d'huile **CeVital** ».

Dans le cadre de cette étude, nous sommes parvenues à faire une description de la station utilité actuelle employée pour la production d'air comprimé, ce qui nous a permis de comprendre son principe de fonctionnement et surtout nous sommes arrivés à tirer ses limites que nous avons interprétés sous forme d'une problématique, finalement nous nous sommes engagés pour trouver des solutions.

Pour atteindre l'objectif de notre travail qui est la réalisation d'une Interface Homme Machine (IHM), permettant à l'opérateur un diagnostic rapide d'éventuelles pannes, un meilleur suivi, et un bon contrôle en temps réel des groupes compresseurs. Nous avons commencé par prendre connaissance des équipements qui la constitue et étudier le processus de fonctionnement. Après cela, l'automatisation de cette dernière, a nécessité l'étude et l'élaboration de son analyse fonctionnelles ainsi que sa modélisation par Grafcet et enfin et d'en récupérer l'état des variables.

Ce travail m'a permis de mettre en valeur mes connaissances théoriques et pratiques, que j'ai cumulé pendant toute la durée de mes études, il m'a permis aussi d'acquérir une nouvelle expérience dans la programmation des APIs.

Ce projet m'a permis d'avoir l'opportunité d'approfondir mes connaissances dans un domaine qui me passionne et améliorer mes connaissances techniques. Et le fait de travailler sur le logiciel TIA PORTAL qui comprend le Step7 et le WINCC m'a permis d'avoir une vision détaillée sur l'automatisation.

Dans le prolongement direct de ce travail plusieurs études sont à envisager :

- Faire des applications en temps réel par implantation de notre programme dans l'API et finalement faire des tests de contrôle par IHM ;
- Elargir notre programmes pour la totalité des groupes de compresseurs ;
- Ajouter d'autre types de défaut non traité , si un autre défaut survient sur l'un des équipements de l'unité, un processus d'arrêt au défaut présenté.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[01] Documentation Cevital.

[1] Société ATMC Assistance technique « guide d'utilisation des réseaux d'air » Grenoble 2022 <http://www.maintenance-industrielle-grenoble.com/reseaux-dair.html>.

[2] Guide de référence sur l'efficacité énergétique de « l'air comprimé » Ressources naturelles Canada 2007.

[3] Article de formation sur « le compresseur et la station de gonflage » Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) 2022.

[4] HAMIDOUCHE Nouredine et BORDJAH Ferhat «Analyse des défaillances par la méthode AMDEC-application à un compresseur au sein du complexe CEVITAL » Mémoire de Master en génie mécanique Université de Béjaia 2014

[5] Atlas Copco Crepelle, « Documentation technique compresseur » Code N° :E982603 Cevital Algérie 1998.

[6] Document technique « Catalogue du compresseur TEMPO 1850 ».

[7] AYAD Lakhdar, BOULEKBACHE Sofiane « Etude technologique d'un compresseur à piston vertical TEMPO1850 », PFE, Université A. MIRA – BEJAIA, 2019.

- [8] MERSEL Loucif, HERAZ Salem « Automatisation et supervision d'un compresseur à 40 bar CEVITAL », PFE, Université A. MIRA – BEJAIA, 2014.
- [9] Atlas copco Crépelle, « documentation technique compresseur » cde N° :2603-CevitalAlgérie-40P36-63LH 1O53W7593, Classeur N°2
- [10] PATRICK TRAU, cours « Grafcet et sa mise en œuvre ». Université Luis Pasteur institut professionnel des sciences et technologies.
- [11] TAZERART .F « Cours d'automatisme industrielle » Université A.Mira de Béjaia 2019
- [12] GONZAGA Alain, Cours « Les Automates Programmables Industriels » Institut universitaire de technologie IUT
- [13] W. BOLTON « Automates Programmables industriels ». Livre DUNOD. Traduction de Herve Soulard 2^e édition 2015
- [14] ROCHE François « Confucius et les automates ». Livre DUNOD, Grasset, 2014.
- [15] Manuel Siemens, SIMATIC S7 300, Programmer avec STEP 7
- [16] Support d'apprentissage de formation Siemens «Automation». Cooperates with Education (SCE) | A partir de la version V14 SP1
- [17] BENALLEL Mounira « SUPERVISION DES SYSTEMES INDUSTRIELS », Laboratoire d'Automatique de Tlemcen
- [18] N- ABDELHAK / M- KELLOU « Conception d'un système de comptage automatisé à l'usine FCI : Partie automatisation par API S7-1200 » Mémoire de Master, Université de Ouargla, 2016.
- [19] Gaëtan Rey « DUT Informatique » M2105 Université Nice Sophia Antipolis.
- [20] catalogue de produit SIEMNES [SIMATIC WinCC \(TIA Portal\)](#).

ANNEXE

**Tableau N°1 : Caractéristiques du compresseur ATLAS COPCO
CREPELLE**

Type de compresseur	40P36	/	
Type de gaz	AIR	/	
Nombre de cylindres	4	/	
Pression d'aspiration	1,013	Bars absolus	
Pression de refoulement maxi	40	Bars effectifs	
Course	150	mm	
Débit (à 0° sec)	1328	Nm ³ /h	
Vitesse de rotation	758	tr/mn	
Puissance absorbée	254	Kw	
Puissance moteur	280	Kw	
Puissance totale installée	355	Kw	
Humidité relative	70	%	
Température maximal d'eau en entrée	35	°C	
Masse de l'ensemble	13250	Kg	
Nombre d'étages	3		
numéro d'étage	1	2	3 /

Calcul aux cylindres compresseur				
Diamètre alésage cylindre	320	220	140	Mm
type cylindre (DE-SE)	DE	DE	DE	
Température maximale d'aspiration	40	45	45	oC
Température de refoulement	200	176	174	oC
Pression d'aspiration	0	3,1	11,9	Bars effectifs
Pression de refoulement	3,1	11,8	41	Bars effectifs
Réglages (facultatif)				
Soupape gaz	4	16	45	Bars effectifs
Capteur température gaz	200/210	200/210	190/200	°C
Capteur pression gaz	3 7 - 3 9			Bars effectifs
Pression de détente pour mise à vide	7			Bars effectifs
Capteur pression huile	1			Bars effectifs
Capteur température eau	30/35			°C

*

**Tableau N°2 : Caractéristique technique du compresseur
SIAD**

Désignation	Compresseur à piston verticale (série)
Type	TEMPO 5550
Reference	07669
N° d'identification	K10656/10A
Année de fabrication	2005
Poids	2 614 kg

Compresseur	Caractéristique			unité
Pression service	5	9	40	Bar
Pression minimum	3			Bar
Débit pression de service	1850			M³/min
Niveau sonore	85			DB 5 (A)
Capacité d'huile	55			L
Température ambiante mini	5			°C
Température ambiante maxi	40			°C

Moteur principale	Caractéristique	unité
Puissance nominale	375	KW
Vitesse moteur entrainement	1480	Tr /min
Alimentation électrique	400V tri 50 Hz	/
Type de démarrage	Etoile / Triangle	/

refroidissement	caractéristique	unité
Débit	97	m³/h
Construction	IP54	/
Déférence entre température eau en entre .en sortie	10	°C

Résumé

L'air comprimé est considéré comme la quatrième source d'énergie, les systèmes d'air comprimé sont indispensables aux environnements de production les plus récents.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la supervision des équipements des utilités de l'unité conditionnement d'huile CEVITAL. Une étude détaillée a été réalisée sur le fonctionnement de l'ensemble des compresseurs et instruments de cette station. Après l'élaboration du cahier des charges et l'étude d'automatisation, on a réalisé l'implémentation sur l'automate (API) S7-300 programmé par logiciel TIA PORTALE de SIEMENS. Une IHM a été réalisée à base de WinCC Basic, pour la supervision et le contrôle du processus.

Abstract

Compressed air is considered as the fourth source of energy, and compressed air systems are indispensable in the most recent production environments.

The work presented in this thesis concerns the supervision of the utilities equipment of the CEVITAL oil conditioning unit. A detailed study was carried out on the operation of all the compressors and instruments of this station. After the elaboration of the specifications and the study of automation, the implementation on the PLC S7-300 programmed by software TIA PORTALE of SIEMENS was realized. An HMI was realized based on WinCC Basic, for the supervision and the control of the process.

ملخص

يعتبر الهواء المضغوط المصدر الرابع للطاقة ، وتعتبر أنظمة الهواء المضغوط ضرورية لأحدث بيئات الإنتاج.

تم إجراء دراسة CEVITAL. يتعلق العمل المقدم في هذه الرسالة بالإشراف على معدات المرافق لوحدتك تكييف الزيت تفصيلية عن تشغيل جميع ضواغط وأدوات هذه المحطة بعد تطوير المواصفات ودراسة الأتمتة ، نفذنا التنفيذ على الجهاز الآلي WinCC على أساس HMI تم إنشاء SIEMENS. من TIA PORTALE المبرمج بواسطة برنامج (PLC) S7-300

، للإشراف على العملية والتحكم فيها Basic

