

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Université Abderrahmane Mira de Bejaïa
Faculté de Technologie



Département d'Automatique, Télécommunication et
d'Électronique

Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique

Thème

**AUTOMATISATION DE LA PARTIE COMMUNE DES
CHAUDIÈRES LOOS**

Préparé par :

M^{elle}. Ouarouf Celia

M^{elle}. Batrouni Chayma

Dirigé par :

M. B. Mendil

M. A. Boukrara

Examiné par :

M. L. Tighzerth

M. F. Tafinine

Année universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre encadrant Mr. Mendil, pour son soutien inlassable, ses conseils avisés et son expertise qui ont grandement contribué à la réussite de ce travail

Nous tenons également à remercier notre co-encadrant M. Boukrara pour son implication et sa disponibilité tout au long de ce projet. Votre expertise a été précieuse pour nous

Nous voudrions également exprimer notre reconnaissance envers les membres de jury Mr. Tighzert et Mr. Tafinine, pour avoir accepté d'évaluer notre travail

Nous souhaitons également remercier Mr. Touloum pour nous avoir suggéré le thème de ce mémoire et pour nous avoir orienté tout au long de notre recherche. Votre soutien et vos conseils étaient essentiels pour la réussite de ce projet

Nous tenons aussi à exprimer notre gratitude envers Mr. Hamzaoui de nous avoir pris en charge auprès du service formation

Enfin, nous sommes profondément reconnaissantes envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Leurs conseils et leur soutien ont été des éléments clés de notre réussite.

DÉDICACES

Je dédie mon diplôme aux personnes les plus importantes de ma vie, car si j'en suis là aujourd'hui, c'est grâce à eux. À leur amour, à leurs tendresses, à leurs générosités, à leurs aides. Je les remercie de tout mon cœur et du plus profond de mon âme, car si je me suis dit et que je me dis toujours que rien n'est impossible c'est grâce à eux, à leurs encouragements et leurs soutiens. Vous êtes pour moi ce que les rails sont pour le train

À mes parents

Je dédie ce travail à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Celia

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire de fin d'études à ma famille, qui a été ma source d'inspiration, de soutien et de motivation tout au long de ce parcours académique. À mes parents, je suis reconnaissante pour leur amour inconditionnel, leur patience et leur dévouement à mon égard. À mes deux sœurs Aïcha, Anfel et mon frère Abdelouahabe, je suis reconnaissante pour leur soutien indéfectible, leurs encouragements et leur amitié. Cette dédicace est un témoignage de mon amour et de ma reconnaissance envers eux, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi. Je suis fière de faire partie de cette famille exceptionnelle, et je suis reconnaissante pour la chance de les avoir dans ma vie. Je vous aime infiniment,

Chayma

Table des matières

Introduction générale	- 4 -
Chapitre I : Présentation de la Chaufferie LOOS	
Présentation de la Chaufferie LOOS	- 2 -
I.1. Introduction	- 2 -
I.2. Présentation de l'entreprise Cevital	- 2 -
I.3. Activité de Cevital	- 2 -
I.4. Présentation de l'unité énergie et utilité	- 2 -
<i>I.4.1. Département d'électricité</i>	- 3 -
<i>I.4.2. Département de chaufferie</i>	- 3 -
I.5. Présentation de la chaufferie LOOS	- 4 -
<i>I.5.1. Structure et constituants de la chaufferie LOOS</i>	- 4 -
I.5.2. Fonctionnement de la chaufferie	- 8 -
I.6. Conclusion	- 8 -
Chapitre II : Instrumentation et fonctionnement du	
système de régulation de la chaufferie	
Instrumentation et fonctionnement du système de régulation de la chaufferie	- 9 -
II.1. Introduction	- 9 -
II.2. Les éléments d'une boucle de régulation et d'asservissement	- 9 -
<i>II.2.1. Capteur-transmetteur</i>	- 9 -
<i>II.2.2. Régulateur</i>	- 10 -
<i>II.2.3. Organes de réglage</i>	- 11 -
II.2.3.1. Vanne régulatrice	- 11 -
II.2.3.2. Pompe de dosage	- 11 -
II.2.3.3. Variateur de vitesse	- 11 -
II.3. Système de régulation de la chaufferie	- 12 -
II.4. Analyse fonctionnelle du système étudié	- 13 -
<i>II.4.1. Boucle de régulation de niveau</i>	- 13 -

II.4.2. Boucle d'asservissement du dosage des produits chimiques.....	- 13 -
III.4.3. Boucle de régulation de pression	- 14 -
II.5. Travaux antérieurs et notre contribution sur la chaufferie LOOS	- 15 -
II.6. Conclusion	- 15 -

Chapitre III : Programmation des boucles de régulation

Programmation des boucles de régulation	- 16 -
III.1. Introduction	- 17 -
III.2. Présentation de l'automate Siemens	- 17 -
III.3. Configuration matérielle de TIA PORTAL	- 17 -
III.3.1. Création du projet et la configuration matérielle	- 17 -
III.3.2. Configuration de la connexion Ethernet de la CPU.....	- 19 -
III.4. Déclaration des données.....	- 20 -
III.5. Configuration du régulateur analogique	- 21 -
III.5.1. Paramètres d'E/S du CONT_C	- 21 -
III.5.2. Fonctionnement du CONT_C	- 23 -
III.5.3. Configuration des modes Manuel/Automatique	- 24 -
III.5.4. Ajustement des paramètres du régulateur PI	- 26 -
III.6. Programmation de la boucle de régulation de niveau.....	- 26 -
III.7. Programmation de la boucle d'asservissement du dosage produits chimiques	- 29 -
III.8. Programmation de la boucle de régulation de pression.....	- 32 -
III.9. Régulation du débit d'eau envoyée aux chaudières	- 34 -
II.9.1. Régulation du débit d'eau envoyée à la 1 ^{ère} chaudière	- 34 -

Chapitre IV : La supervision de la partie commune des chaudières LOOS

La supervision de la partie commune des chaudières LOOS	- 40 -
IV.1. Introduction	- 40 -
IV.2. Mise en œuvre de la supervision du système étudié	- 40 -
IV.2.1. Création de l'écran IHM.....	- 40 -
IV.2.2. Création de la vue de supervision	- 41 -
VI.2.2.1. Vues de commande.....	- 43 -
IV.2.2.2. Vues des courbes	- 45 -
IV.2.2.3. Vue d'alarmes.....	- 47 -

IV.3. Conclusion - 48 -

Conclusion générale - 49 -

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

L'automatisation est un sujet d'actualité de plus en plus important dans le monde de l'industrie. En effet, cette technologie permet de réduire les coûts de production, d'augmenter la productivité et de garantir une qualité constante des produits. L'automatisation industrielle est rendue possible grâce à l'utilisation de machines, de robots et de systèmes informatiques pour effectuer des tâches qui étaient auparavant effectuées manuellement par des travailleurs humains. La régulation logicielle est une technique clé de l'automatisation industrielle. Elle permet de contrôler et de réguler les processus industriels à l'aide de logiciels et de systèmes informatiques.

Le travail réalisé dans ce projet de Master concerne le remplacement de la régulation matérielle d'une chaufferie au sein de l'entreprise Cevital, par une régulation logicielle. Le but est d'exploiter la flexibilité de celle-ci afin d'améliorer les performances et l'énergétique de la chaufferie.

Ce mémoire s'articulera autour de quatre axes majeurs sur l'amélioration des performances énergétiques et de la qualité de régulation de la chaufferie LOOS de l'entreprise Cevital. Dans le premier chapitre, nous présenterons l'entreprise Cevital, son activité, ainsi que l'unité énergie et utilité et ses deux départements d'électricités. Nous étudierons ensuite la chaufferie LOOS en décrivant sa structure et son fonctionnement, tout en analysant les enjeux liés à la production de la vapeur dans l'industrie. Dans le deuxième chapitre, nous nous intéresserons aux éléments des boucles de régulation et d'asservissement. Nous procéderons ensuite à une analyse fonctionnelle du système étudié, en synthétisant les travaux antérieurs et en présentant les modifications et modernisations apportées. Le troisième chapitre se concentre sur la programmation et la configuration de l'automate Siemens pour la régulation et l'asservissement de la chaufferie LOOS, ainsi que la régulation du débit d'eau envoyée aux chaudières. Dans le dernier chapitre, nous présenterons la mise en œuvre d'une interface de supervision du système étudié. Enfin, une conclusion résume le travail réalisé et les perspectives qui se dégagent.

Chapitre I :

Présentation de la Chaufferie LOOS

I.1. Introduction

Ce premier chapitre donne une brève présentation de l'entreprise et ses différentes activités industrielles. Par la suite, nous décrirons l'unité où nous avons mené notre stage. Enfin, nous clôturerons le chapitre par une description du fonctionnement global de la chaufferie.

I.2. Présentation de l'entreprise Cevital

Cevital est une entreprise algérienne de renommée internationale. Fondée en 1998, elle est considérée comme l'un des plus importants conglomérats en Afrique et le plus grand complexe privé en Algérie qui a permis au pays de passer du stade importateur à celui d'exportateur. Le complexe s'étend sur une superficie de 45000 m² le long du nouveau quai port de Bejaia, ou il comprend plusieurs unités de production [1].

I.3. Activité de Cevital

Cevital est à la tête des entreprises agro-alimentaires. Depuis sa fondation, l'entreprise n'a cessé de se développer et de s'agrandir. Aujourd'hui, elle dispose des unités de production ultra-modernes [1] :

- Raffinerie d'huiles (1800 tonnes/jour)
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure)
- Production de margarine (600 tonnes/jour)
- Fabrication d'emballage (PET) : Poly-Ethylène-Téréphtalate (9600 unités/heure)
- Deux raffineries de sucre (3000 tonnes/jour) et (3500 tonnes /jour)
- Stockage des céréales (120000 tonnes)
- Minoterie et savonnerie en cours d'étude
- Cogénération (production de l'énergie électrique avec une capacité de 64 MW et de la vapeur).

I.4. Présentation de l'unité énergie et utilité

La direction énergie et utilité est constituée de deux départements [2] :

- Département d'électricité (production et distribution de l'énergie électrique).
- Département de chaufferie (production et distribution de la vapeur).

L'organigramme présenté dans la Figure I.1 donne l'organisation générale de l'unité de production de l'énergie.

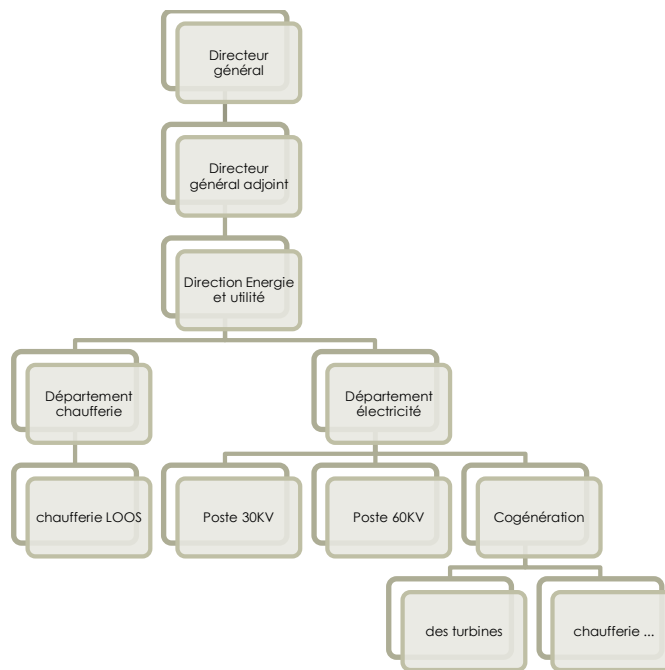


Figure I. 1 : *Organigramme de la direction Énergie.*

I.4.1. Département d'électricité

Au lancement de l'usine, l'alimentation en énergie électrique était assurée par le groupe industriel énergétique SONELGAZ par une ligne électrique de 30 kV. Une autre ligne de 60 kV a été rajoutée, suite à l'extension du complexe. A l'ajout du pole sucre, SONELGAZ ne pouvant accorder la puissance supplémentaire nécessaire pour la mise en service de la raffinerie de sucre, l'entreprise était astreinte à l'installation d'une centrale électrique en cogénération composée de deux groupes turbine alternateur de 25 MW de puissance unitaire [2].

I.4.2. Département de chaufferie

La plupart des industries agro-alimentaires utilisent la vapeur, l'eau chaude et bien sûr l'électricité dans leurs procédés de fabrication ou de services. Pour se les procurer, la majorité optent pour les chaufferies industrielles qui sont des systèmes de production de vapeur.

Le complexe est muni de deux chaufferies :

- La chaufferie Stein situé au département électricité dont la vapeur est destinée à la production d'électricité
- La chaufferie LOOS dont la vapeur est envoyée aux autres unités où elle sera exploitée dans les processus de production [3].

I.5. Présentation de la chaufferie LOOS

Notre travail est élaboré au sein de la chaufferie LOOS qui permet de produire la vapeur aux autres unités de production.

I.5.1. Structure et constituants de la chaufferie LOOS

La chaufferie LOOS est constituée des dispositifs suivants qui sont représentés dans la Figure I.2 [3] :

- Le poste de traitement de l'eau d'alimentation
- Un échangeur thermique
- Un dégazeur thermique
- Une bache alimentaire
- Deux cuves de produits chimiques
- Une cheminé
- Motopompe
- Des chaudières

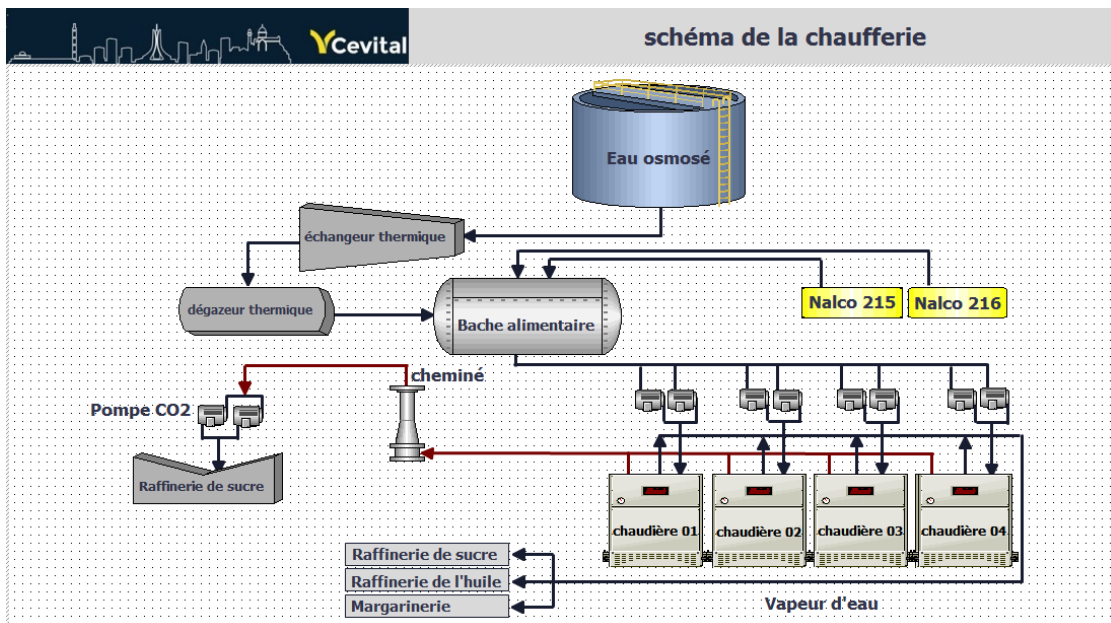


Figure I. 2 : Schéma représentatif de la chaufferie

I.5.1.1. Poste de traitement d'eau d'alimentation

Dans le but d'éviter la corrosion, le primage et l'entartrage des parois des conduites, l'eau qui alimente les chaudières est d'abord traitée au poste de traitement d'eau avant d'être envoyée à ces dernières [3]. Ce poste comprend une station d'épuration qui est constituée de :

- Filtration sur sable
- Filtration à membrane d'osmose inverse.

I.5.1.2. Échangeur thermique

L'échangeur de chaleur est un dispositif qui permet de transférer de la chaleur d'un fluide à un autre fluide, sans qu'ils se mélangent directement. Il est utilisé dans de nombreuses applications industrielles pour récupérer la chaleur perdue lors des procédés de production [4]. La Figure I.3 contient une image illustrative d'un échangeur thermique



Figure I. 3 : *Illustration de l'échangeur thermique*

I.5.1.3. Dégazeur thermique

Lorsque l'eau est chauffée, elle peut dissoudre des gaz tels que l'oxygène O_2 et le dioxyde de carbone CO_2 , qui peuvent causer des problèmes dans les systèmes de chauffage et de refroidissement. C'est pourquoi les dégazeurs thermiques sont utilisés afin d'éliminer les gaz dissous dans l'eau, en chauffant cette dernière à une très grande température.[3]

La Figure I.4 est une représentation d'un dégazeur thermique.



Figure I. 4 : *Illustration de dégazeur thermique*

I.5.1.4. Bâche alimentaire

La bâche à eau BAE, représente une réserve d'eau pour stabiliser le débit d'eau qui alimente la chaudière entre les retours de condensats et l'eau d'appoint traitée, elle reçoit et stocke les retours d'eau condensée et sécurise l'approvisionnement en eau sans risque d'interruption [3] La Figure I.5 est un dessin graphique d'une bâche à eau.

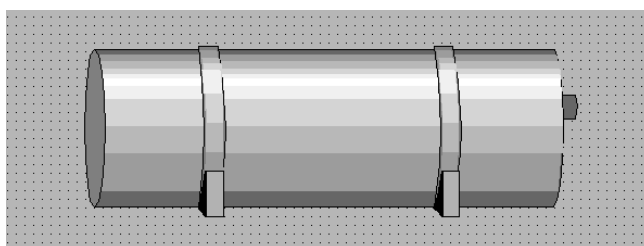


Figure I. 5 : *Illustration de la bâche à eau*

I.5.1.5. Cuves de produit chimique

La chaufferie compte deux cuves, la première est une réserve du Nalco 77215 qui est utilisé pour la protection des métaux contre la corrosion et la formation de tartre. La deuxième est une réserve du Nalco 77216 qui réduit le risque de colmatage des tuyaux [3]. Les cuves utilisées au niveau de la chaufferie sont similaires à celle illustré dans la Figure I.6



Figure I. 6 : *Illustration d'une cuve*

I.5.1.6. Cheminée

Elle transfère le CO₂ dégagé par les chaudières vers la raffinerie de sucre [3].

I.5.1.7. Motopompes

Une motopompe est un équipement composé d'une pompe et d'un moteur. Elle est utilisée pour aspirer l'eau de la BAE et le pomper vers les chaudières [3]

La Figure I.7 représente un dessin illustratif d'une motopompe.

Le choix d'une motopompe dépend de plusieurs facteurs tels que :

- Le type d'eau à pomper
- La profondeur d'aspiration
- Le débit d'eau à pomper
- L'autonomie de la pompe

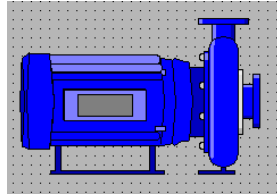


Figure I. 7 : *Illustration de la motopompe*

I .5.1.8. Chaudière

Une chaudière est un grand seau , majoritairement en métal, qui permet soit de chauffer, chauffer et vaporiser, ou vaporiser et surchauffer un fluide grâce à la chaleur dégagée par la combustion [3]. Une chaudière est donner comme exemple dans la Figure I.8.



Figure I. 8 : *Illustration de la chaudière*

Les chaudières peuvent être classées selon différents critères, quelques-uns sont citées dans la Table I.1.

Tableau I. 1 : *Différentes classifications des chaudières.*

Classification par gamme de puissance	Classification par application	Classification par construction
- Puissance < 70 KW - Puissance > 70 KW	- Chauffage central - Production d'énergie - Chauffage d'eau	- Chaudière à tube d'eau - Chaudière à retour de flamme - Chaudière à tube de fumée

I .5.2. Fonctionnement de la chaufferie

L'eau osmosée, traitée préalablement dans le poste de traitement d'eau, passe en premier lieu par l'échangeur thermique pour qu'elle s'échauffe. Par la suite, elle est transférée vers le dégazeur thermique où elle sera libérée des gazes CO₂ et O₂ qu'elle contient, avant d'être envoyée vers la BAE à l'unissant que le Nalco 77215 et Nalco 77216 stockés dans les cuves.

Chaque chaudière est alimentée en eau de la BAE par deux pompes. Cette eau sera transformée par la suite en vapeur avant d'être envoyée à la margarinerie, raffinerie de sucre et à la raffinerie de l'huile où elle sera exploitée dans les différents processus de production [3].

I.6. Conclusion

Ce premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise Cevital et, en particulier, l'unité énergie et utilité où nous avons mené notre stage. La dernière partie donne la description et le fonctionnement global de la chaufferie qui fait l'objet de notre étude.

Chapitre II :

Instrumentation et fonctionnement du système de régulation de la chaufferie

II.1. Introduction

Dans ce second chapitre, nous allons faire connaître en premier lieu, le fonctionnement d'un système de régulation en rappelant les différents éléments constitutifs d'une boucle de régulation. En second lieu, nous allons mettre en avant les systèmes de régulation de la chaufferie LOOS. Puis, nous mènerons une analyse fonctionnelle sur le système étudié.

Afin de situer notre contribution par rapport aux travaux antérieurs, la section 5 présente un aperçu sur ces travaux et les modifications apportées pour moderniser la chaufferie LOOS.

II.2. Les éléments d'une boucle de régulation et d'asservissement

Dans chaque constituant de la chaufferie, nous souhaitons maintenir une grandeur physique à une certaine valeur fixe (régulation) ou suiveuse (asservissement). Cet objectif est atteint si toutes les autres grandeurs régissant le fonctionnement de l'équipement sont stables. Pour une meilleure compréhension, nous donnons l'exemple de la température du fluide qui sort de l'échangeur thermique. Cette grandeur reste constante au dépit des variations de pression et de débit (perturbations). L'évolution d'une de ces grandeurs entraîne la modification de la température. C'est pourquoi des boucles de régulations sont mises en place afin de compenser automatiquement et en permanence toute variation de la grandeur réglée, afin qu'elle soit la plus proche de la consigne et de garantir la stabilité du système.

Une boucle de régulation, sous sa forme la plus simple, se compose des éléments suivants :

- Un capteur-transmetteur
- Un régulateur
- Un organe de réglage ; des vannes de régulation, des pompes de dosage et des variateurs de fréquences [5].

II.2.1. Capteur-transmetteur

Un capteur désigne un dispositif permettant de capter une grandeur physique et de la restituer sous forme de signal. Un transmetteur signifie un appareil qui sert à transmettre les signaux issus des capteurs. Le terme « capteur » est souvent utilisé à tort pour désigner un « transmetteur » ou le couple « capteur-transmetteur ».

Les capteurs disposent de différentes classifications selon leurs qualités métrologiques (précision, sensibilité, ...), la grandeur de sortie (tension, courant), le mesurande (Température,

niveau, débit, ...) et la nature du signal de sortie (signal logique, analogique ou numérique) [6]. La Figure II.1 est un schéma représentatif du couple capteur-transmetteur

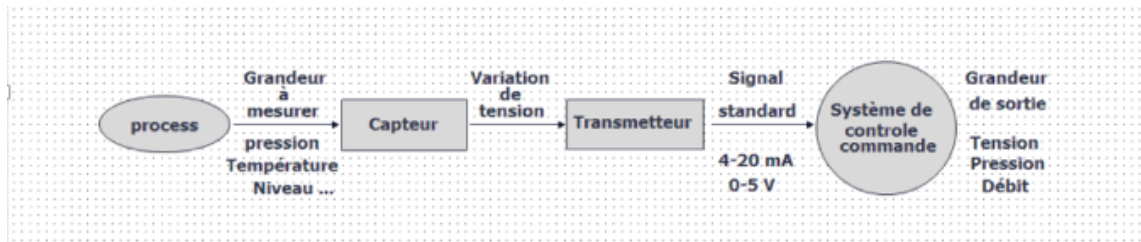


Figure II. 1 Schéma du couple capteur-transmetteur

II.2.2. Régulateur

Le régulateur est une boîte matérielle ou logicielle comprenant une sortie et deux entrées qui sont :

- La mesure : représente le signal délivré par le capteur.
- La consigne : représente la valeur cible que doit atteindre la grandeur régulée qui peut être :
 - Interne : si elle est introduite à partir de la face avant du dispositif.
 - Externe : si elle est introduite dans le régulateur via une connexion particulière.

Il permet de générer le signal de commande afin de mener la mesure le plus rapidement possible sur la consigne.[4]

Le schéma de principe d'un régulateur PID est dans la Figure II.2

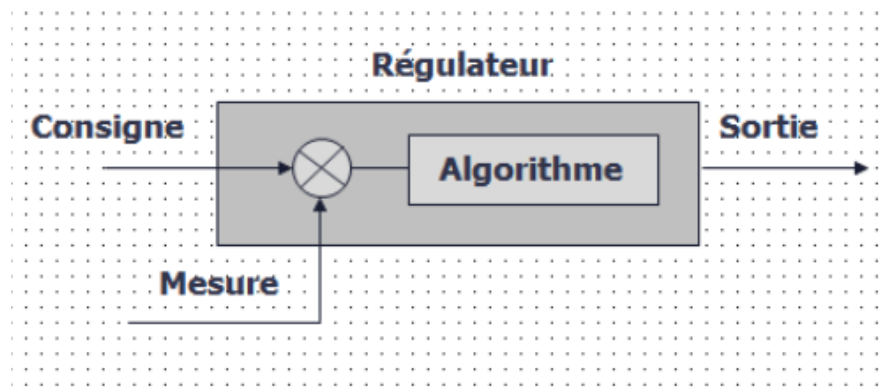


Figure II. 2 : Schéma de principe d'un régulateur

II.2.3. Organes de réglage

II.2.3.1. Vanne régulatrice

La vanne régulatrice est un dispositif utilisé pour réguler le débit des fluides et de la vapeur dans un système. Elle est souvent utilisée dans les industries pour contrôler la pression, la température, le débit des liquides ou des gaz. Son fonctionnement est basé sur la modification de l'ouverture de la vanne pour ajuster le débit des fluides [7].

II.2.3.2. Pompe de dosage

Une pompe de dosage est un équipement utilisé pour ajouter des liquides ou des produits chimiques dans les processus industriels avec une précision de dosage élevée [3].

II.2.3.3. Variateur de vitesse

Le variateur de vitesse est un dispositif électronique conçu pour le contrôle de la vitesse de rotation des moteurs en contrôlant la fréquence du courant qui alimente ces derniers. Le terme entraînement sous-entend le moteur et l'ensemble de ses composants périphériques soit l'alimentation ou le convertisseur et le système de contrôle dont le bilan énergétique dépend.

- **Régulateur** : utilisé pour la régulation de la fréquence de fonctionnement du moteur.
- **Redresseur** : transforme le courant alternatif en un courant continu.
- **Onduleur** : transforme le courant continu en un courant alternatif à fréquence variable en manipulant les interrupteur IGBT par paire.
- **Moteur asynchrone** : exploité pour l'entraînement de la charge [8].

La Figure II.3 présente les composants d'un entraînement électrique

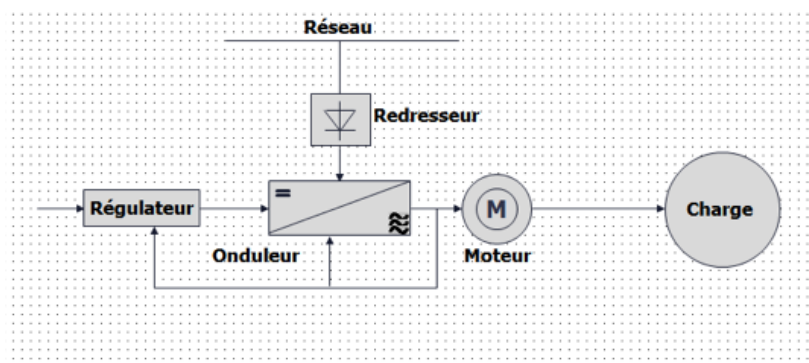


Figure II. 3 : Composants d'un entraînement électrique

II.3. Système de régulation de la chaufferie

Tous les systèmes de régulation de la chaufferie se basent sur le même principe qui peut se résumer en quatre verbes : mesurer, décider, actionner et communiquer. Le fonctionnement global d'une boucle de régulation peut être illustré par la Figure II.4

- **La mesure** est établie au moyen du couple capteur-transmetteur qui permettent l'acquisition de la valeur de la grandeur physique contrôlée en délivrant un signal standard (4-20 mA) exploitable par les instruments situés en aval.
- **La prise de décision** est établie par le régulateur PID qui génère une commande adaptée à rapporter en permanence, la grandeur mesurée à la valeur fixée par la consigne, avec des écarts les plus réduits possibles, quelles que soient les perturbations agissant sur le processus.
- **L'action** est établie par des vannes régulatrices qui reçoivent les signaux émis par les régulateurs qui commande l'ajustement de l'ouverture des vannes. Ce qui permet de modifier la grandeur de contrôle du processus qui permet, à son tour, de ramener la grandeur contrôlée à la valeur de consigne prédéterminée par l'opérateur.
- **La communication** est assurée par une interface spécifique intégrée au régulateur et un écran de supervision qui permet à l'opérateur de connaître les paramètres caractérisant l'état du système, tels que la consigne, le signal de commande et la mesure [5].

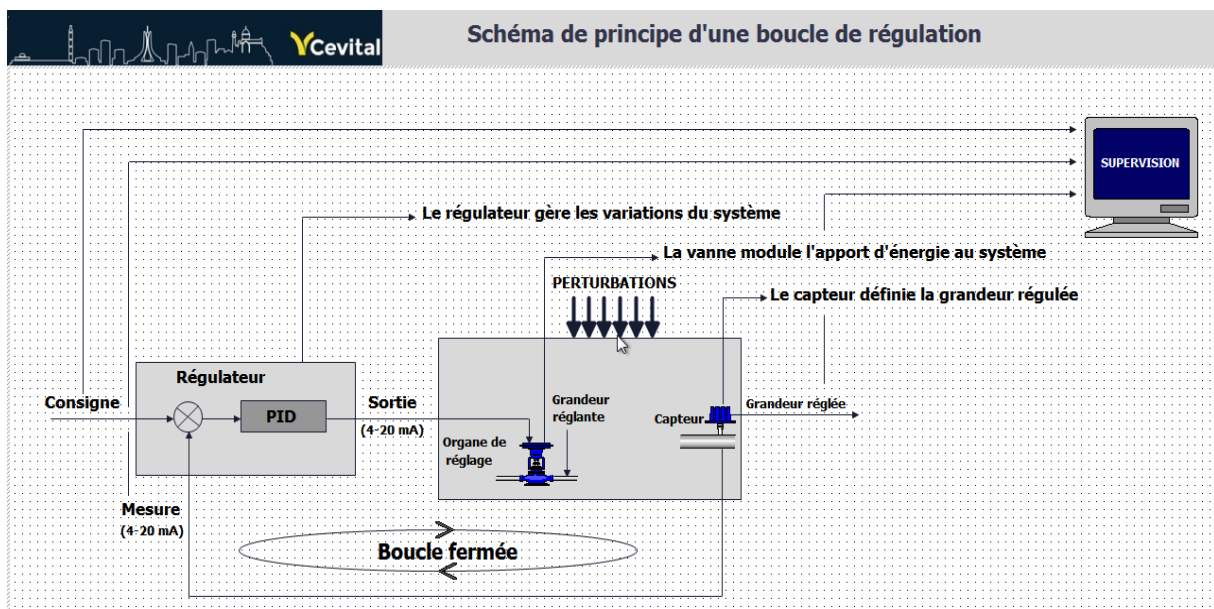


Figure II. 4 : Structure fonctionnelle d'une boucle de régulation [4][5].

II.4. Analyse fonctionnelle du système étudié

Lorsque les chaudières sont alimentées en eau de la BAE, le niveau et la pression au sein de cette dernière diminue. Ce qui fait l'objet de perturbation. C'est la présence de ces perturbations qui nécessite de mettre en place des boucles de régulation et d'asservissement pour la partie commune des chaudières LOOS qui sont les suivantes :

- La régulation du niveau d'eau dans la BAE afin d'assurer une alimentation continue des chaudières.
- L'asservissement de la quantité de produits chimiques injecter dans la BAE afin que l'eau présente en cette dernière garde la même substance chimique.
- La régulation de pression dans la BAE afin de préparer l'eau alimentaire des chaudières en contrôlant sa température dans le but d'éviter les chocs thermiques et les coups de bélier au niveau de ces dernières.

Cela est représenté dans Table II.1

Tableau II. 1 : Résumé des organes des boucles de régulation et d'asservissement

Boucle	Grandeur réglé	Processus	Grandeur régulante	Organe de réglage
Régulation	Niveau	BAE	• Débit d'eau	• Vanne d'eau
Régulation	Pression	BAE	• Débit de vapeur	• Vanne de vapeur
Asservissement	Débit	BAE	• Débit du Nalco77215 • Débit du Nalco77216	• Pompe 216 • Pompe 225

II.4.1. Boucle de régulation de niveau

Le capteur de niveau effectue la mesure du niveau d'eau à l'intérieur de la BAE qui varie de 0-100%. Le transmetteur relié à ce capteur convertira cette mesure en un signal standard 4-20 mA qui sera envoyé au régulateur de niveau. Ce dernier générera un signal proportionnel qui est destiné à la commande de la vanne régulatrice d'eau, afin de rapporter la mesure de niveau à la consigne (prédéterminé par l'opérateur), le plus rapidement possible, avec des écarts les plus réduits possibles

II.4.2. Boucle d'asservissement du dosage des produits chimiques

Étend donner que le Nalco 77215 et Nalco 77216 stockés dans les cuves sont injectés dans la BAE à l'unissant que l'eau et que la quantité des deux Nalco dépendent du débit d'eau,

une boucle d'asservissement est mise en place. Elle consiste en l'application d'une loi de variation à la quantité du Nalco injectée par les pompes. La consigne suit une loi de référence qui dépend du débit d'eau injectée dans la BAE. Ce qui pousse les pompes de dosage à avoir un comportement suiveur. Figure II.5 illustre la régulation du niveau et l'asservissement des produits chimiques.

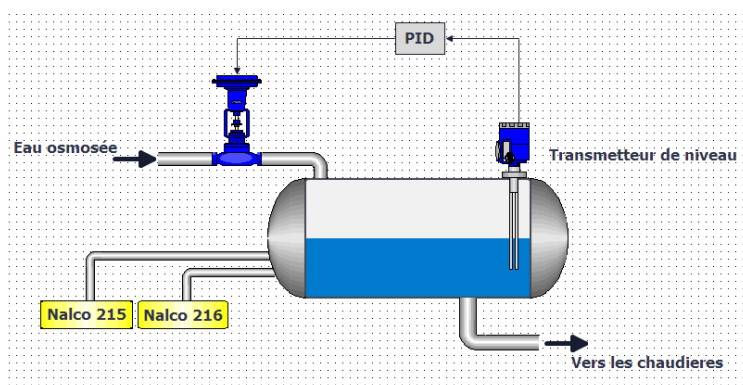


Figure II. 5 : boucles de régulation de niveau et asservissement des produits chimiques

III.4.3. Boucle de régulation de pression

Le capteur de pression effectue la mesure de pression à l'intérieur de la BAE qui varie de 0-6 bar. Le transmetteur relié à ce capteur convertira cette mesure en un signal standard 4-20 mA qui sera envoyé au régulateur de pression qui générera un autre signal 4-20 mA destiné à commander la vanne régulatrice de pression en modifiant son taux d'ouverture afin d'ajuster le débit de vapeur entrante à la BAE, pour rapporter la mesure de pression à la consigne (prédéterminé par l'opérateur) le plus rapidement possible avec des écarts les plus réduits possibles. Figure II.6 illustre la régulation de la pression

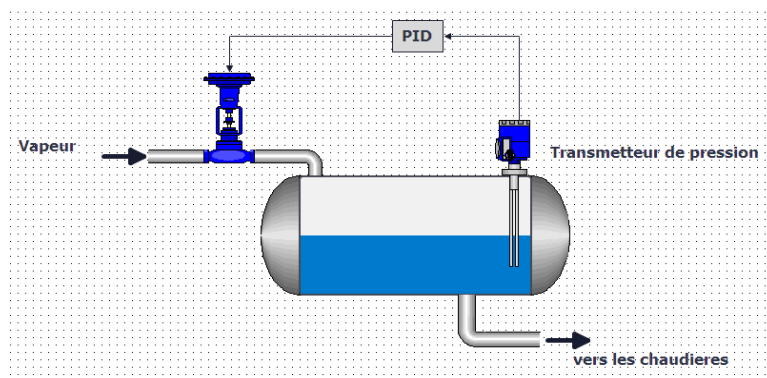


Figure II. 6 : Boucle de régulation de la pression

II.5. Travaux antérieurs et notre contribution sur la chaufferie LOOS

II.5.1. Synthèse des travaux antérieurs

Depuis la mise en service de la chaufferie LOOS, plusieurs études de différents secteurs ont été réalisées au sien de cette dernière. Afin de situer notre contribution par rapport au travaux antérieurs, quelques travaux sont cités.

- Dans [9], l'automatisation de l'une des chaudières de la chaufferie a été faite en réalisant des Grafcet sur les différentes étapes de fonctionnement.
- Dans [10], l'automatisation de l'une des chaudières de la chaufferie a été faite sous STEP7 en réalisant des Grafcet sur ses étapes de fonctionnement en incluant sa supervision.
- Dans [11], une étude est présentée sur l'automatisation et la supervision de la bache des chaudières de la cogénération via GRAFCET sous STEP7.

II.5.2. Modifications et modernisation apportée

Un système de régulation logicielle a été choisie dans la chaufferie pour de différentes raisons. Tout d'abord, le système peut être plus précis que la régulation matérielle. Ce qui peut conduire à une meilleure efficacité énergétique et à une réduction des coûts. De plus, les systèmes logiciels sont flexibles et peuvent être facilement adaptés à des conditions de fonctionnement variables. Ce qui permet une automatisation continue, réduisant ainsi le temps d'arrêt et améliorant la fiabilité globale du système.

Nous sommes chargés d'apporter des améliorations à la régulation :

- En remplaçant les deux régulateurs matériels, de niveau d'eau et de pression de la BAE, par des régulateurs logiciels.
- Un variateur de vitesse est ajouté afin contrôler la vitesse de fonctionnements des motopompes utilisées pour pomper l'eau de la BAE aux chaudières et d'améliorer leur efficacité énergétique et leur fiabilité.

II.6. Conclusion

Ce second chapitre est dédié à l'analyse fonctionnelle des systèmes de régulation de la partie commune des chaudières LOOS. La section II.5 présente un aperçu sur ces travaux antérieurs et les modifications apportées pour moderniser la chaufferie LOOS. Ce qui permet d'introduire notre contribution et les modifications proposées, qui font l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III :

Programmation des boucles de régulation

III.1. Introduction

Ce chapitre porte sur la programmation du système de régulation et d'asservissement de la partie commune des chaudières LOOS. Le système est basé sur un automate S7 300.

Les étapes clés incluent la configuration matérielle sur le logiciel TIA Portal, la déclaration des données, la configuration du PID, et enfin la programmation des différentes boucles de régulation et d'asservissement.

III.2. Présentation de l'automate Siemens

L'automatisation de la chaufferie est faite à base de l'API S7 300 de Siemens qui est composé des sous-ensembles suivants :

- L'alimentation stabilisée.
- L'unité centrale (CPU).
- Le rack (assure la communication entre l'unité centrale et les interfaces).
- L'interface d'entrées analogiques.
- L'interface d'entrées numériques.
- L'interface de sorties analogiques.
- L'interface de sorties numériques.

III.3. Configuration matérielle de TIA PORTAL

Le travail est réalisé en utilisant le logiciel de programmation TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal), qui est le nouvel environnement de travail de Siemens, destiné à la programmation et la configuration de ses automates.

III.3.1. Création du projet et la configuration matérielle

La création d'un nouveau projet est faite selon les étapes :

- Sélectionner l'action « crée un projet ».
- Nommer le projet créé.
- Choisir le chemin de sauvegarde.
- Confirmer la création du projet en sélectionnant l'action « créer ».

Ceci est illustré dans la Figure III.1.

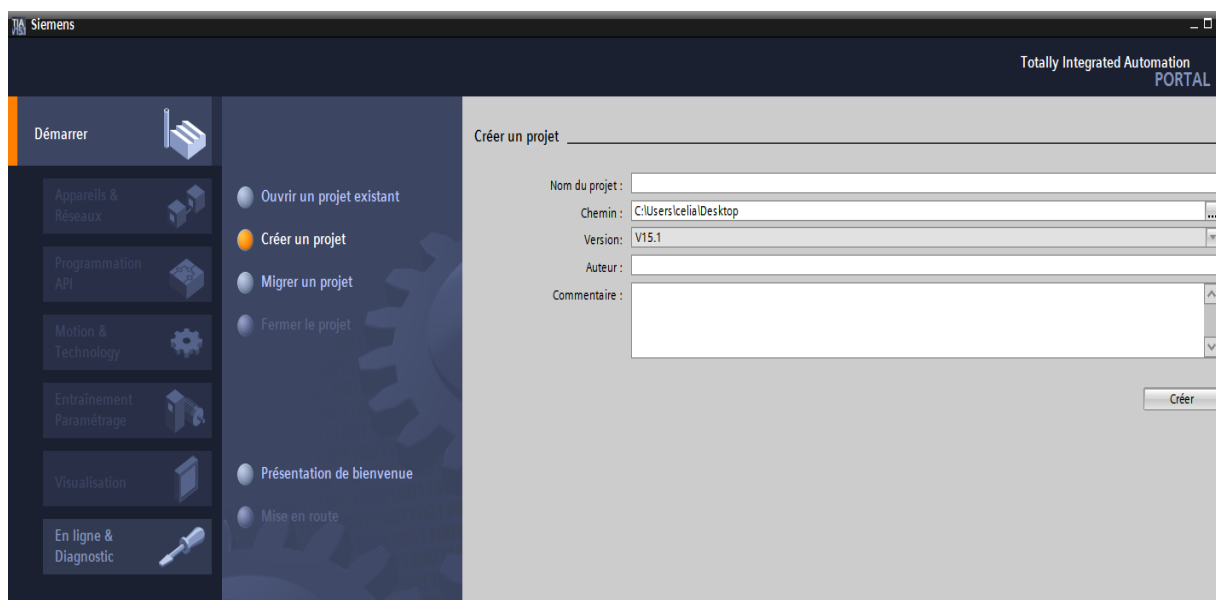


Figure III. 1 : Fenêtre de création d'un nouveau projet

La configuration et le paramétrage du matériel consiste à spécifier le matériel utilisé en choisissant :

- La CPU en passant par le « navigateur du projet » ensuite « ajouter un appareil » puis « contrôleurs ».
- Les modules complémentaires (alimentation PS, module d'entrée analogique AI, module de sortie analogique AO) en utilisant le catalogue du matériel.

Les étapes de configuration sont illustrées en partie dans la Figure III.2 ; Tableau III.1, donnant les composants choisis ainsi que leurs descriptions.

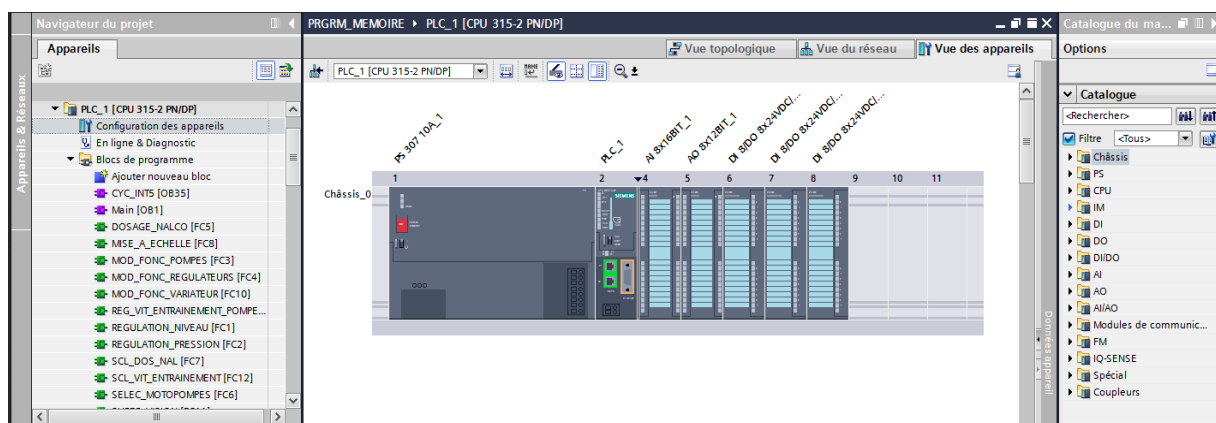


Figure III. 2 : Configuration de l'automate et ses différents modules

Tableau III. 1 : Caractéristiques de l'API utilisée

Nom d'appareil	Nom d'appareil	N° d'article	Description
Unité centrale de traitement	CPU 315-2 PN/DP	6ES7 315-2EH13-0AB0	Mémoire de travail de 256 ko ; 0.001ms/instruction ; interface profinet ; 1 port ; configuration multirangée pouvant comporter jusqu'à 32 modules
Alimentation	PS 307 10A	6ES7 307-1KA01-0AA0	Alimentation externe AC 120/230V : DC 24V / 10A ;
Module d'entrées analogiques	AI 8x16BIT	6ES7 331-7NF00-0AB0	Module d'entrée analogiques AI 8 x U/I 16bit
Module de sorties analogiques	AO 8x12BIT	6ES7 332-5HF00-0AB0	Module de sorties analogiques AI 8 x U/I 12bit
Module d'entrées/sorties numériques	DI 8/DO 8x24VDC/0.5A_1	6ES7 323-1BH01-0AA0	Module d'entrées/ sorties TOR DI8 x DC24V/0.5A

III.3.2. Configuration de la connexion Ethernet de la CPU

Afin d'établir une liaison entre la station-PC et la CPU, nous avons opté pour le processus de communication Ethernet industriel, pour sa rapidité de transmission en cas d'importante quantités de données.

La liaison se fait en attribuant aux deux appareils des adresses appartenant au même réseau, cela en pointant et cliquant sur le connecteur Ethernet de la CPU puis sur l'icône « Général » ensuite « Adresses Ethernet » pour enfin choisir le réseau utilisé et attribué une adresse IP au PLC utilisé. Ces icones sont arborées dans la Figure III.4

Après avoir finalisé la configuration matérielle, une compilation est faite afin de s'assurer que la configuration ne contient pas d'erreur. Elle est chargée par la suite dans l'automate en cliquant sur « charger dans l'appareil ».

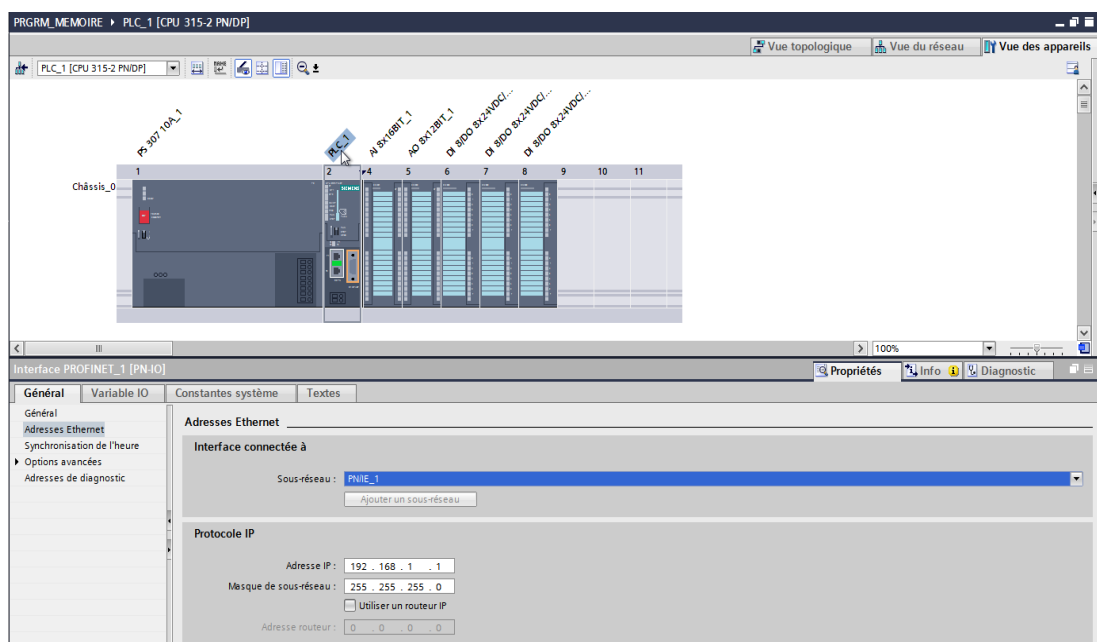


Figure III. 3 : Configuration du sous réseau

III.4. Déclaration des données

La déclaration des données est faite en deux lieux :

- **Table des variables** : comporte toutes les entrées et les sorties utilisées qui sont illustrées dans la Figure III.5.
- **Blocs de données globales** : chaque boucle de régulation ou d’asservissement programmée dispose d’un bloc de données qui comporte les cases mémoires utilisés en cette dernière dont le domaine de validité s’étend sur l’ensemble du projet. Le choix de la création de plusieurs blocs de données est fait dans le but d’avoir une meilleure organisation. La Figure III.6 présente le bloc de données du régulateur de niveau qui est l’un des blocs de données créés.

	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Visibl...	Commentaire
1	BIPOLAIRE	Table de variables s.. Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	LT_300	Table de variables s.. Int	%IW100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	ERREUR	Table de variables s.. Word	%MW10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Tag_4	Table de variables s.. Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	VANNE_EAU	Table de variables s.. Int	%QW100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	PT_314	Table de variables s.. Int	%IW104		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	VANNE_VAPEUR	Table de variables s.. Int	%QW102		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	FT_315	Table de variables s.. Int	%IW106		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	POMPE_NALCO_2	Table de variables s.. Int	%QW104		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	CMD_POMPE216	Table de variables s.. Int	%QW106		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	CMD_POMPE225	Table de variables s.. Int	%QW108		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	PT_C1	Table de variables s.. Int	%IW108		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	PT_C2	Table de variables s.. Int	%IW110		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	PT_C3	Table de variables s.. Int	%IW112		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	PT_C4	Table de variables s.. Int	%IW114		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	MAR_P1	Table de variables s.. Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	ART_P1	Table de variables s.. Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	P1_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	MAR_P2	Table de variables s.. Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	ART_P2	Table de variables s.. Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	P2_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	AR_UR	Table de variables s.. Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	MAR_P3	Table de variables s.. Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	ART_P3	Table de variables s.. Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	P3_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	P4_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	MAR_P4	Table de variables s.. Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	ART_P4	Table de variables s.. Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	MAR_P5	Table de variables s.. Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	ART_P5	Table de variables s.. Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	MAR_P6	Table de variables s.. Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	MAR_P7	Table de variables s.. Bool	%I1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	MAR_P8	Table de variables s.. Bool	%I1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	ART_P6	Table de variables s.. Bool	%I1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	ART_P7	Table de variables s.. Bool	%I2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	ART_P8	Table de variables s.. Bool	%I2.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	P5_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	P6_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	P7_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	P8_M	Table de variables s.. Bool	%Q0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	<Ajouter>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure III. 4 : Table des variables standards

	Nom	Type de données	Décalage	Valeur de départ	Rétention	Visible da...	Valeur de ..	Commentaire
1	Static							
2	CMD_MAN_V1	Bool	0.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	CMD_AUTO_V1	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	MODE_AUTO_V1	Bool	0.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	MODE_MAN_V1	Bool	0.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	P_CH1	Real	2.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	T_L_V1	Time	6.0	T#5S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	GAIN_V1	Real	10.0	0.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	P_REF_CH1	Real	14.0	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	VAL_MAN_V1	Real	18.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	CMD_V1	Real	22.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	anim1	Bool	26.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	HL_P_CH1	Real	28.0	6.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	LL_P_CH1	Real	32.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	VIT_ROT1	Real	36.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	V_MIN	Real	40.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	V_MAX	Real	44.0	2955.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	CMD_MAX	Real	48.0	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	CMD_MN	Real	52.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	SPEED1	Bool	56.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figure III. 5 : Bloc de données globales

III.5. Configuration du régulateur analogique

Le bloc fonctionnel CONT_C implémente un régulateur PID continu. Ce bloc est doté d'une sortie continue pour la grandeur de commande avec la possibilité de la modifier manuellement. Le paramétrage de ce bloc permet l'activation ou la désactivation des fonctions partielles du régulateur PID afin de l'adapter au système régulé.

III.5.1. Paramètres d'E/S du CONT_C

Le régulateur PID de l'automate S300 comprend 35 paramètres d'entrée/sorties [12]. Dans notre cas, nous avons utilisé un régulateur PI spécifié par 12 paramètres d'entrée, indiqués dans Table III.2, et 7 paramètres de sortie, indiqués dans Table III.3. Celles-ci donnent le nom, le type, la valeur par défaut et la description de chaque paramètre.

CHAPITRE III : PROGRAMMATION DES BOUCLES DE RÉGULATIONS

Tableau III. 2 : Paramètres d'entrée du CONT_C

Paramètre	Type de données	Valeur par défaut	Description
MAN_ON	BOOL	TRUE	La mise à 1 de l'entrée "activation du mode manuel" interrompt la boucle de régulation. C'est une valeur manuelle qui est introduite comme valeur de réglage.
P_SEL	BOOL	TRUE	Dans l'algorithme PID, les actions PID peuvent être activées et désactivées individuellement. L'action P est active quand cette entrée est à 1.
I_SEL	BOOL	TRUE	Dans l'algorithme PID, les actions PID peuvent être activées et désactivées individuellement. L'action I est active quand cette entrée est à 1.
D_SEL	BOOL	FALSE	Dans l'algorithme PID, les actions PID peuvent être activées et désactivées individuellement. L'action D est active quand cette entrée est à 1.
CYCLE	TIME	T#1s	Le temps entre deux appels du bloc doit être constant. Il est indiqué par cette entrée. CYCLE >= 1ms
SP_IN	REAL	0.0	L'entrée "consigne interne" permet de spécifier une consigne. Les valeurs autorisées sont comprises entre -100 et 100 % ou une grandeur physique
PV_IN	REAL	0.0	L'entrée "Entrée mesure" permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'interconnecter une mesure externe au format en virgule flottante. Les valeurs autorisées sont comprises entre -100 et 100 % ou une grandeur physique
MAN	REAL	0.0	Cette entrée sert à introduire une valeur manuelle grâce à des fonctions de contrôle-commande. Les valeurs autorisées sont comprises entre -100 et 100 % ou une grandeur physique
GAIN	REAL	2.0	L'entrée "Coefficient d'action proportionnelle" indique le gain du régulateur.
TI	TIME	T#20s	L'entrée "Temps d'intégration" détermine la réponse temporelle de l'intégrateur. TI >= CYCLE
LMN_HLM	REAL	100.0	La valeur de réglage possède toujours une limite supérieure et inférieure. L'entrée "Limitation supérieure de la valeur de réglage" indique sa limitation supérieure. Les valeurs autorisées sont des valeurs réelles à partir de LMN_LLM (%) ou une grandeur physique
LMN_LLM	REAL	0.0	La valeur de réglage possède toujours une limite supérieure et inférieure. L'entrée "Limitation inférieure de la valeur de réglage" indique sa limitation inférieure. Les valeurs autorisées sont des valeurs réelles jusqu'à LMN_HLM (%) ou une grandeur physique

Tableau III. 3 : Paramètres de sortie du CONT_C

Paramètre	Type de données	Valeur par défaut	Description
LMN	REAL	0.0	La valeur de réglage effective en format à virgule flottante est fournie à la sortie "valeur de réglage".
QLMN_HLM	BOOL	FALSE	La valeur de réglage possède toujours une limite supérieure et inférieure. La sortie "Limite supérieure de la valeur de réglage accostée" signale que la limite supérieure est atteinte.
QLMN_LLM	BOOL	FALSE	La valeur de réglage possède toujours une limite supérieure et inférieure. La sortie "Limite inférieure de la valeur de réglage accostée" signale que la limite inférieure est atteinte.
LMN_P	REAL	0.0	La sortie "action P" correspond à l'action proportionnelle de la variable réglante.
LMN_I	REAL	0.0	La sortie "action I" correspond à l'action d'intégration de la variable réglante.
PV	REAL	0.0	La mesure opérante est fournie à la sortie "Mesure".
ER	REAL	0.0	Le signal d'écart opérant est fourni à la sortie "Signal d'écart".

III.5.2. Fonctionnement du CONT_C

Comme c'est indiqué dans Figure III.7, Le fonctionnement d'un régulateur commence par la réception d'une consigne sur l'entrée "SP_INT" et d'une mesure sur l'entrée "PV_IN" dans le cas où une mise à l'échelle est faite précédemment. Si la mesure est un signal issu d'un capteur elle passe par "PV_PER", où "CRP_IN" la convertit en pourcentage et la remet en valeur réelle en la multipliant par le facteur de mesure "PV_FAC", afin de corriger l'offset, un paramètre "PV_OFF" est ajouté.

Suite à tout cela, l'écart résultant de la comparaison entre la mesure et la consigne, passe par le bloc appelé « zone morte ou DEADBAND » pour éviter les oscillations, si ces dernières dépassent le seuil de référence, le signal d'erreur "ER", multiplié par le gain "GAIN", passe par le paramètre "P_sel" pour déterminer la réaction proportionnelle et/ou "I_sel" pour la réaction intégrale.

Les paramètres de sorties LMN_P, LMN_I et LMN_D affichent les actions proportionnelle, intégrale et dérivé. Ensuite, la sortie passe par le paramètre "DISV" pour éliminer l'écart en cas de perturbation connue. Les limites maximales et minimales du processus sont définies par les paramètres "LMN_HLM" et "HLM_LLM" auquel la sortie sera comparée. Dans le cas où la sortie atteint la limite supérieure, le paramètre "QLMN_HLM" sera activé, sinon il reste désactivé, le même procédé est répété Pour la limite inférieure avec le paramètre "QLMN_LLM". Cela permet de s'assurer que le processus ne dépasse pas le seuil limite (En mode manuel, la commande se fera directement via l'entrée "MAN" sans passée par les étapes automatiques précédemment cités) pour enfin, adaptée le signal de commande à une nouvelle échelle en utilisant le paramètre "LMN_FAC" et l'offset est corrigé avec le paramètre "LMN_OFF". La sortie s'affichée via le paramètre "LMN_PER" ou envoyée vers un chemin désiré avec "LMN".

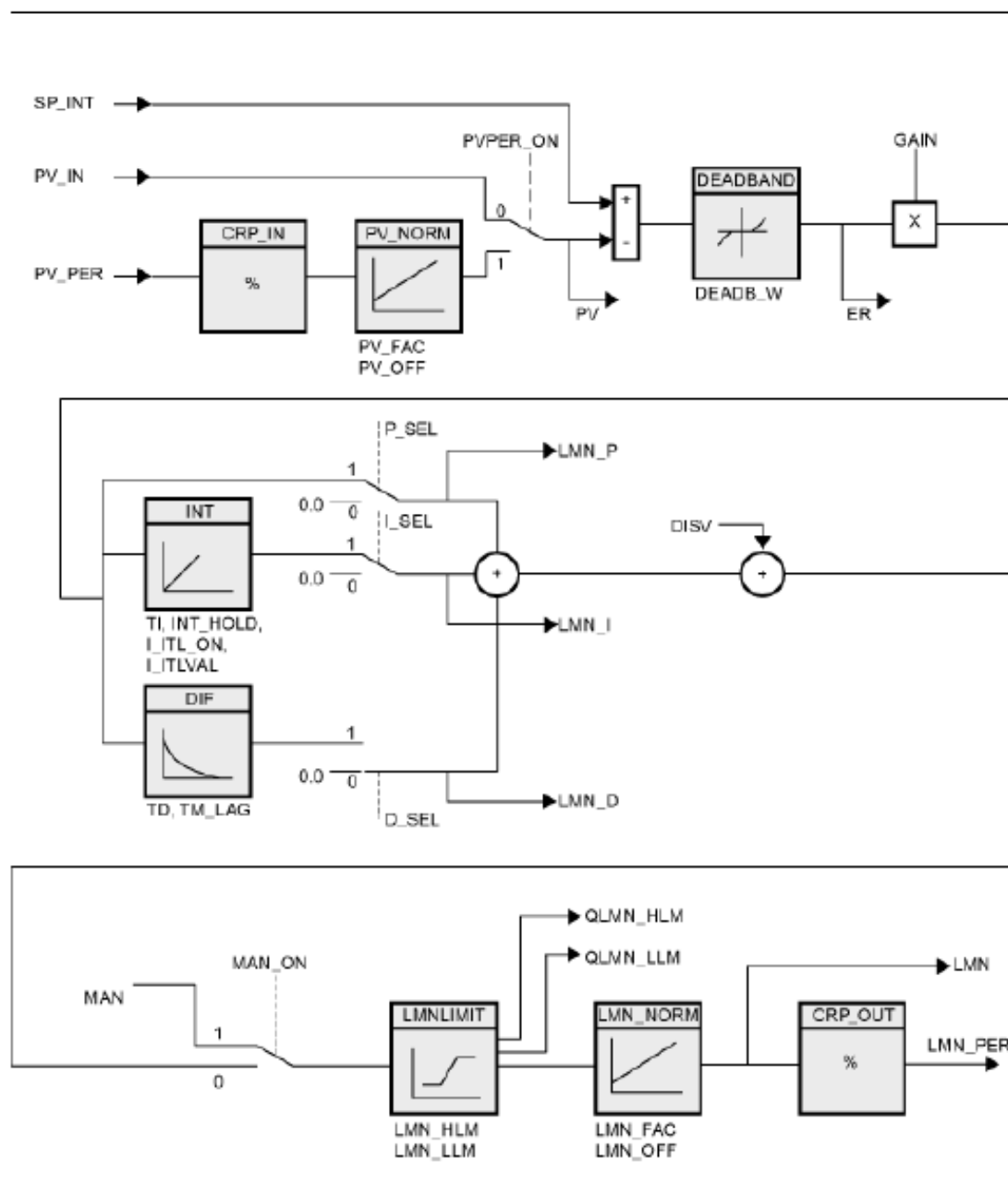


Figure III. 6 : *Fonctionnement du CONT_C.*

III.5.3. Configuration des modes Manuel/Automatique

Le régulateur utilisé est appelé à fonctionner en deux modes : Le mode manuel, utilisé lors du démarrage ou en présence d'importantes perturbations provoquant l'incapacité du régulateur à assurer sa fonction. Ce qui contraint l'opérateur de commander lui-même le système manuellement. Le mode automatique est utilisé lors du fonctionnement normal du système.

Figure III.8 et Figure III.9 représentent le programme qui permet la commutation entre le mode manuel et le mode automatique des régulateurs de niveau et de pression. La mise à 1

de l'instruction AUTO lorsque le régulateur est en MODE_MANU désactive automatiquement ce mode et le remet en MODE_AUTO. Inversement La mise à 1 de l'instruction MANU lorsque le régulateur est en MODE_AUTO désactive automatiquement ce mode et le remet en MODE_MANU.

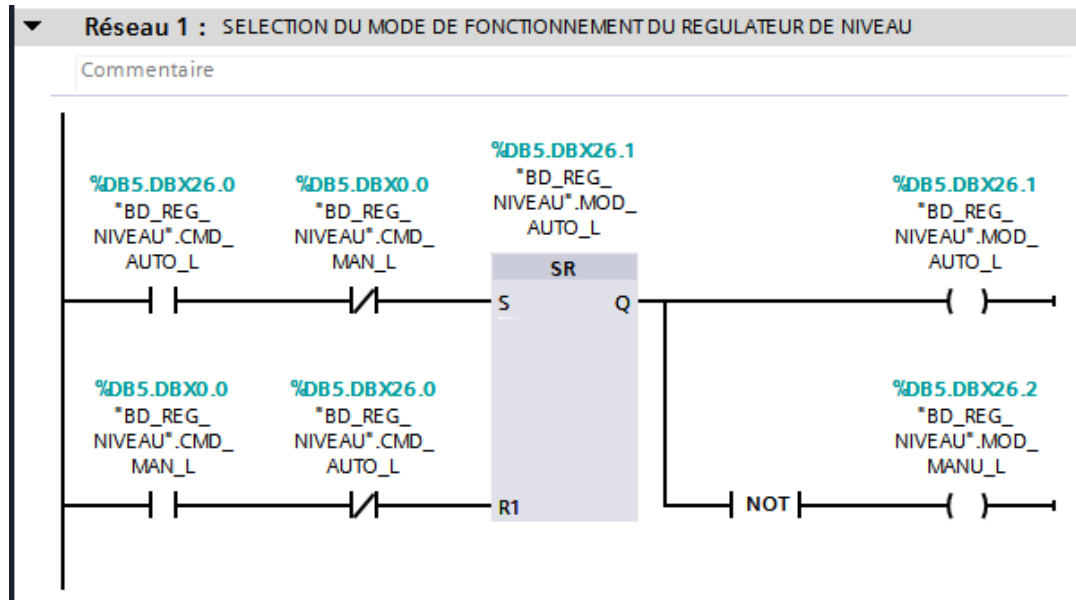


Figure III. 7 : *Commande de commutation entre le mode automatique et manuel du régulateur de niveau.*

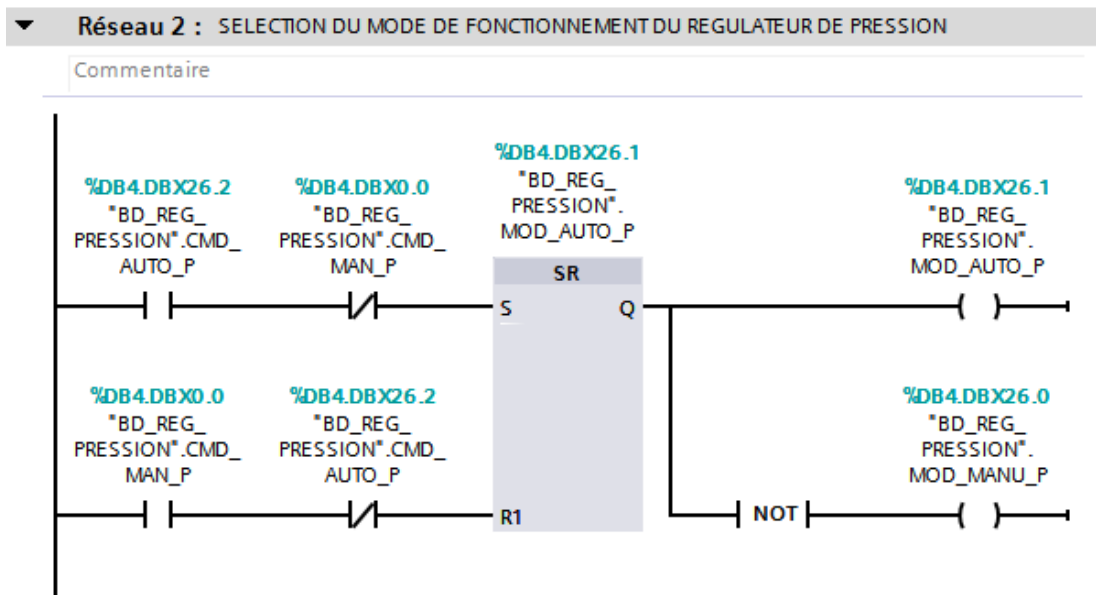


Figure III. 8 : *Commande de commutation entre le mode automatique et manuel du régulateur de pression.*

III.5.4. Ajustement des paramètres du régulateur PI

Il s'agit de l'ajustement du gain proportionnel et de la constante de temps d'intégration. En industrie, la méthode la plus utilisée pour la détermination du gain est la méthode empirique qui repose sur les étapes suivantes :

- 1) Mise du régulateur en mode automatique (en mettant l'instruction AUTO_MAN = FALSE) et sélection de la consigne désirée **SP_INT**.
- 2) Choix d'une valeur faible du gain **GAIN**, dans l'intervalle [0.5, 1].
- 3) Effectuer une variation brusque de la consigne de quelque pourcent (5 – 10%).
- 4) Régler la fréquence par rapport à la réponse observée **LMN** :
 - Si la réponse est lente : augmenter le gain
 - Si la réponse est rapide ou instable : diminuer le gain
- 5) Reprendre les étapes précédentes jusqu'à l'obtention d'une réponse satisfaisante.

La même méthode est utilisée pour la détermination du temps d'intégration **Ti** [5].

III.6. Programmation de la boucle de régulation de niveau

Comme expliqué dans le chapitre précédent, la mesure acquise par la sonde de niveau LT300 est convertie en un signal analogique qui varie de 4 à 20 mA. Ce signal sera transféré au régulateur de niveau qui effectuera les calculs nécessaires afin de générer le signal adéquat qui commandera la vanne régulatrice d'eau dans le but de ramener la mesure à la consigne.

Vu qu'au niveau du régulateur, la mesure est interprétée comme étant une valeur réelle, pour cela, une mise à l'échelle du signal d'entrée délivré par la LT300 est réalisée. Cette mise à l'échelle est faite au profit de la fonction SCALE présenté par la Figure III.10, elle permet de convertir le signal 0-27648 reçu par le transmetteur **IN** en une valeur réel **OUT** délimitée par une limite minimale, **LO_LIM**, et une limite maximale **HI_LIM**.

```
▼ Réseau 1 : MISE A L'ECHELLE du niveau
Commentaire
1 CALL SCALE
2 IN := "LT_300":P
3 HI_LIM := "BD_REG_NIVEAU".HL_L
4 LO_LIM := "BD_REG_NIVEAU".LL_L
5 BIPOLAR := "BIPOLAIRE"
6 RET_VAL := "ERREUR"
7 OUT := "BD_REG_NIVEAU".LEVEL
8
```

	§IW100:P
	§DB5.DBD28
	§DB5.DBD32
	§M0.0
	§MW10
	§DB5.DBD18

Figure III. 9 : Normalisation de la mesure du niveau d'eau

BIPOLARE est une entrée qui détermine si les valeurs négatives doivent également être converties. Si l'opérande est unipolaire, l'entrée bipolaire est mise à zéro (BIPOLAR = 0), et la valeur est normalisée dans l'intervalle [0, 27648]. Si l'opérande est bipolaire, l'entrée bipolaire est activée (BIPOLAR = 1), et la valeur est normalisée dans la plage [-27648, 27648]. La Figure III.11 rapporte le code réalisé pour le blocage du bipolaire à zéro.

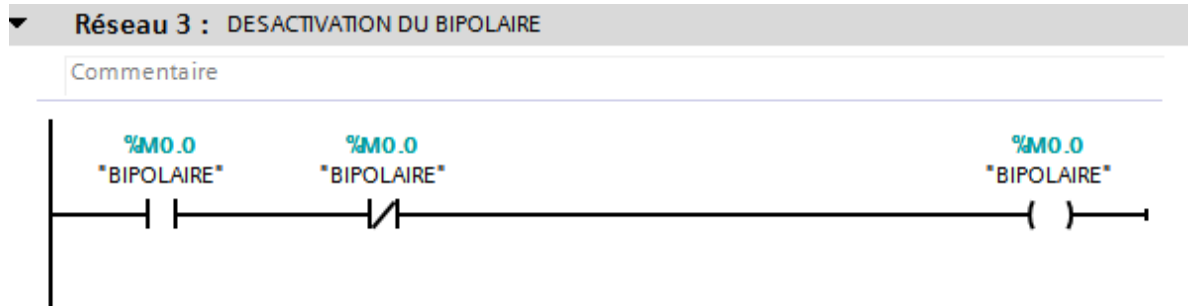


Figure III. 10 : Désactivation du bipolaire.

Une fois que la mise à l'échelle est faite, le niveau d'eau est représenté en pourcentage, est envoyé vers l'entrée **PV_IN** du régulateur communiqué dans la Figure III.12.



Figure III. 11 : Régulation du niveau d'eau de la BAE.

Le signal délivré par le régulateur LMN déterminera le taux d'ouverture de la vanne régulatrice. Étant donné que le signal est en pourcentage une normalisation se fera via le bloc UNSCALE énoncé dans la Figure III.13.

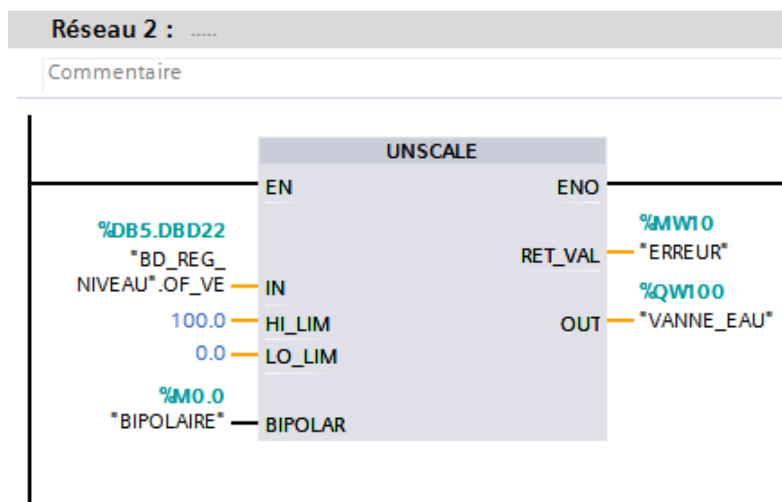


Figure III. 12 : Génération du signal de commande de la vanne d'eau.

III.7. Programmation de la boucle d'asservissement du dosage produits chimiques

Le dosage des produits chimiques est un système suiveur du débit d'eau qui varie en permanence. L'objectif de cette boucle est d'ajuster en permanence la quantité des Nalcos au débit d'eau. La mise à l'échelle de la mesure du débit est faite via la fonction SCALE afficher dans la Figure III.14.

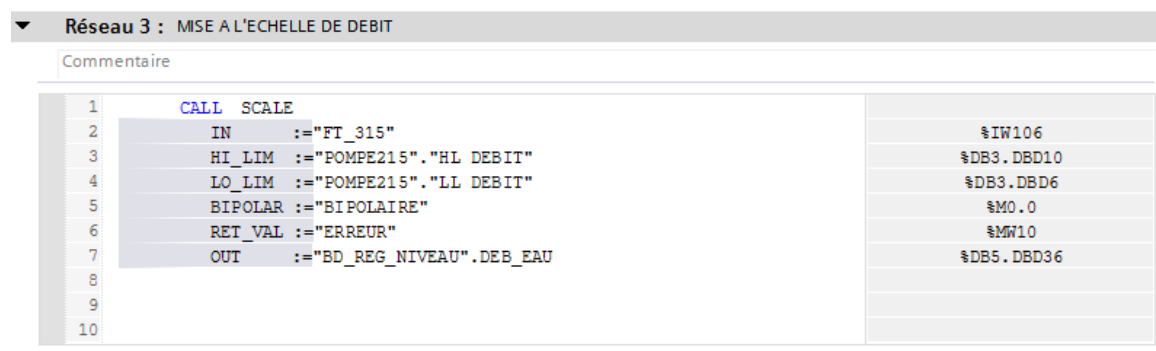


Figure III. 13 : Normalisation de la mesure du débit d'eau.

CHAPITRE III : PROGRAMMATION DES BOUCLES DE RÉGULATIONS

Le code situé dans la Figure III.15 calcule la quantité du Nalco qui doit être injectée par les pompes en utilisant la règle de trois qui a été faite avec le langage SCL.

SCL_DEBIT				
	Nom	Type de do...	...	Commentaire
1	▼ Input			
2	■ debit	Real		la quantité de produits à injecter en pourcentage %
3	■ DEBIT_LL	Real		dosage minimal exprimer en pourcentage 0%
4	■ dosage_HL	Real		dosage maximal exprimer en litre 2L
5	■ DEBIT_HL	Real		dosage maximal exprimer en pourcentage 100%
6	■ dosage_LL	Real		dosage minimal exprimer en litre 0 L
7	▼ Output			
8	■ dosage	Real		la quantité de produits à injecter en litre L
9	▼ InOut			


```

IF... CASE... FOR... WHILE... (*...*) REGION
OF... TO DO... DO...

1 IF #DEBIT_HL=0 AND #dosage_HL=0 THEN
2     #dosage := 0;
3
4 ELSE
5     #dosage:= ((#dosage_HL-#dosage_LL)/(#DEBIT_HL-#DEBIT_LL))*#debit ;
6 END_IF;
    
```

Figure III. 14 : Conversion du dosage (pourcentage en litre).

La Figure III.16 expose les deux blocs représentatifs du code de la Figure III.15 dans le langage à contacte, le premier bloc est utilisé pour la commande de la pompe 216, et le deuxième est utilisé pour la commande de la pompe 225.

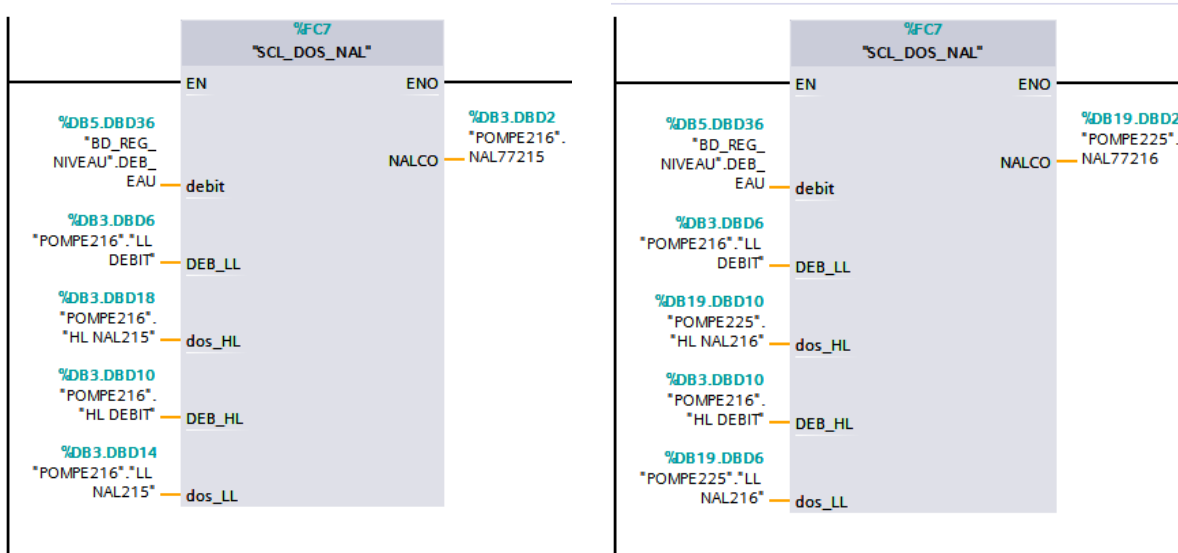


Figure III. 15 : Fonctions créent par le langage SCL pour la commande des pompes.

Les deux Figures III.17 et III.18 laissent paraître les fonctions UNSCALE utilisées pour la commande des deux pompes 216 et 225.

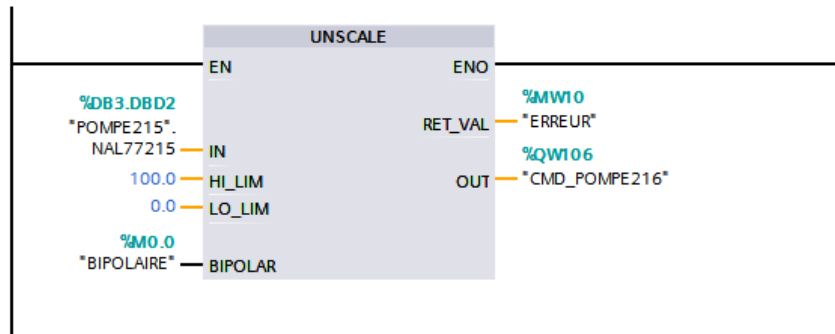


Figure III. 16 : Génération du signal de commande de la pompe 216.

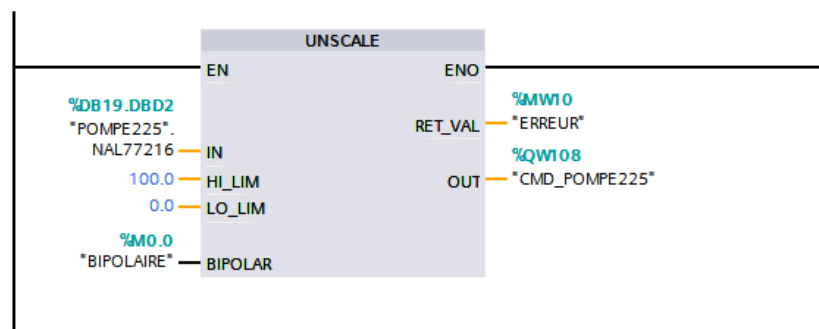


Figure III. 17 : Génération du signal de commande de la pompe 225

La commande des pompes fonctionne avec le même principe que la commande des régulateurs. La Figure III.19 et III.20 illustre le programme de commande du mode de fonctionnement des pompes qui est similaire à celui des régulateurs. Elles peuvent fonctionner en mode manuel ou en mode automatique.

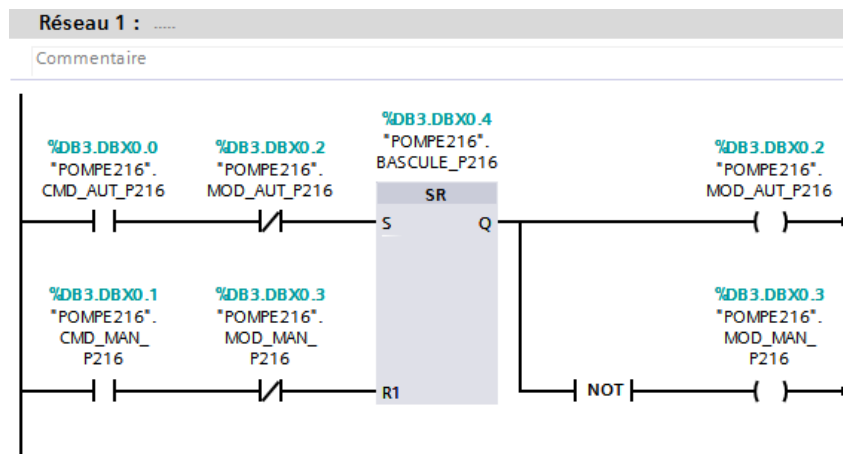


Figure III. 18 : Commande de commutation entre le mode automatique et manuel de la pompe 216

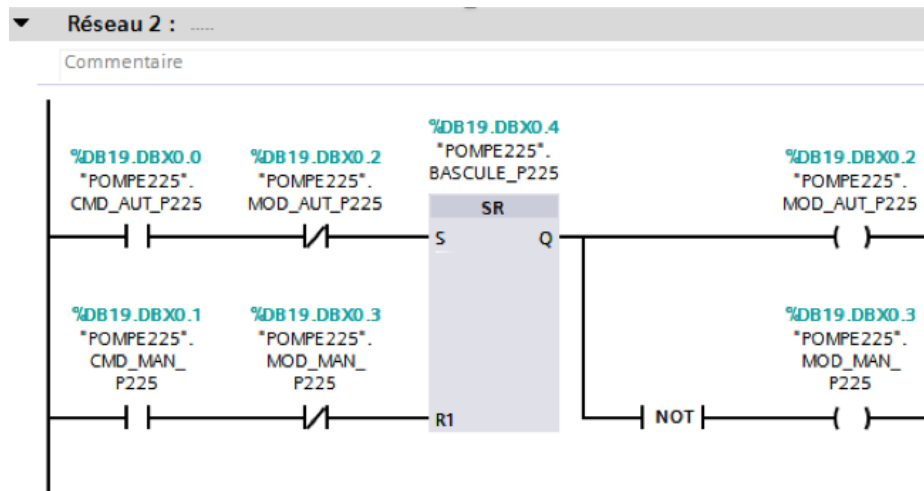


Figure III. 19 : *Commande de commutation entre le mode automatique et manuel de la pompe 225*

III.8. Programmation de la boucle de régulation de pression

La même démarche que celle utilisée pour la régulation du niveau a été adoptée pour la régulation de pression. En premier lieu, la mise à l'échelle de la mesure de pression est effectuée au profit de la fonction SCALE exposée dans la Figure III.21.

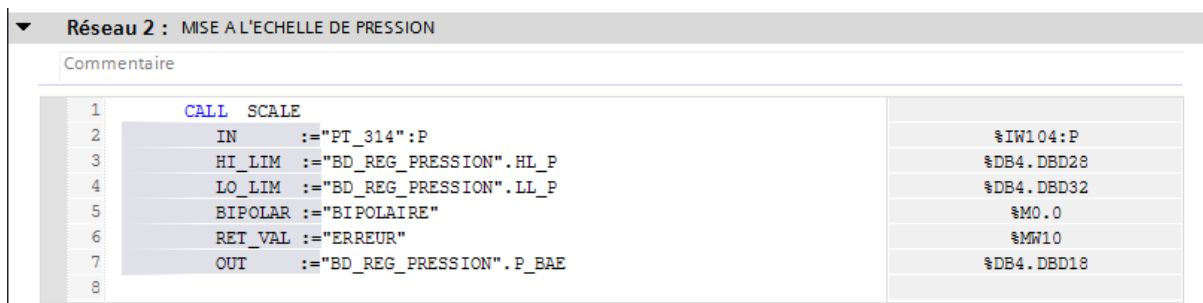


Figure III. 20 : *Normalisation de la mesure de la pression*

Par la suite, le régulateur de pression de la Figure III.22 est utilisé pour déterminer le taux d'ouverture de la vanne de vapeur afin d'ajuster le débit de vapeur entrant à la BAE et de réguler sa pression.

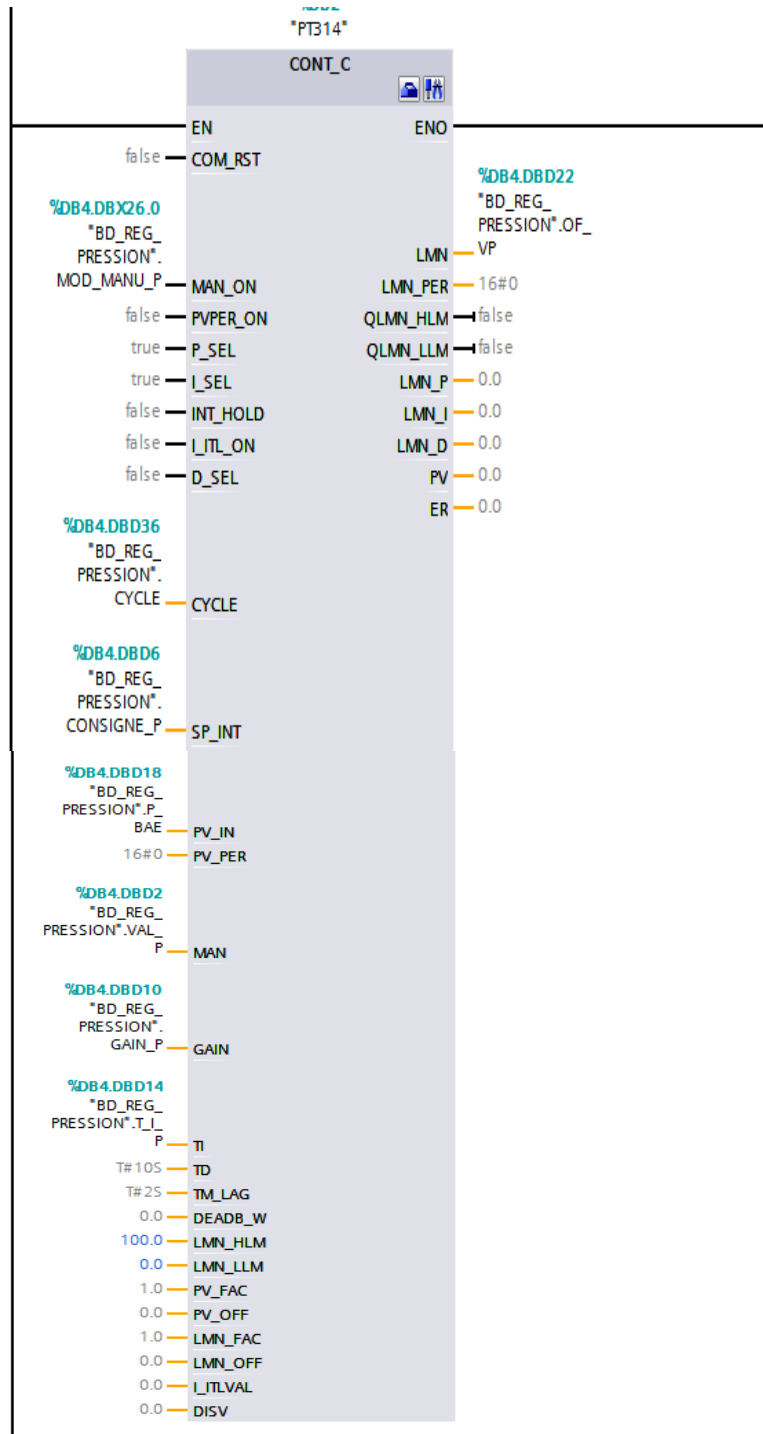


Figure III. 21 : Régulation de la pression de la BAE

La fonction UNSCALE, donnée par la Figure III.23, est exploitée pour la commande de la vanne de vapeur en normalisant le pourcentage délivré par le régulateur en un courant variant de 4 à 20mA.

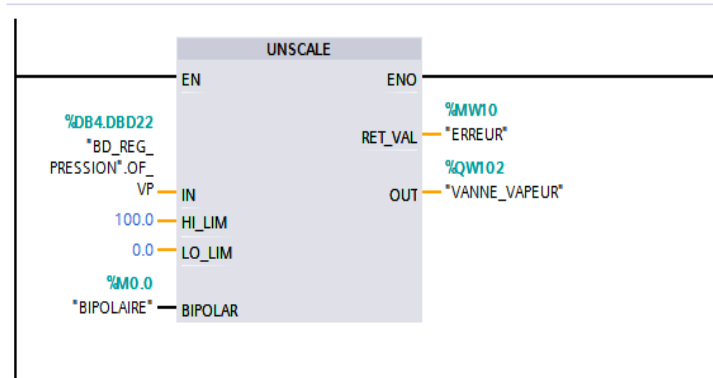


Figure III. 22 : Génération du signal de commande de la vanne de vapeur.

III.9. Régulation du débit d'eau envoyée aux chaudières

Afin d'assurer le transfert de chaleur dans les chaudières, les tubes de fumée doivent être immergés en permanence dans l'eau. Pour assurer cette émergence, la régulation de niveau d'eau est réalisée au profit de la pression en chaque chaudière. Dès que la pression des chaudières s'abaisse au-dessous de la valeur de référence, l'une des deux pompes qui fonctionne en stand-by se met en marche afin de ramener la mesure de pression à la consigne. La régulation d'eau alimentaire des chaudières est faite via des variateurs de vitesse qui délivre une fréquence de rotation des moteurs qui dépend du signal de sortie du régulateur de pression.

II.9.1. Régulation du débit d'eau envoyée à la 1^{ère} chaudière

L'acquisition de la pression de la chaudière est effectuée avec la fonction SCALE présentée dans la Figure III.24

```

▼ Réseau 4 : MISE A L'ECHELLE DE LA PRESSION D'EAU ENTRANT A LA CHAUDIERE 01
Commentaire
1
2  CALL SCALE
3  IN   := "PT_C1"
4  HI_LIM := "BD_CH01".HL_P_CH1
5  LO_LIM := "BD_CH01".LL_P_CH1
6  BIPOLAR := "BIPOLAIRE"
7  RET_VAL := "ERREUR"
8  OUT   := "BD_CH01".P_CH1
9

```

Figure III. 23 : Normalisation de la mesure de pression.

La régulation de pression de la chaudière est faite avec le régulateur présenté par Figure III.25.

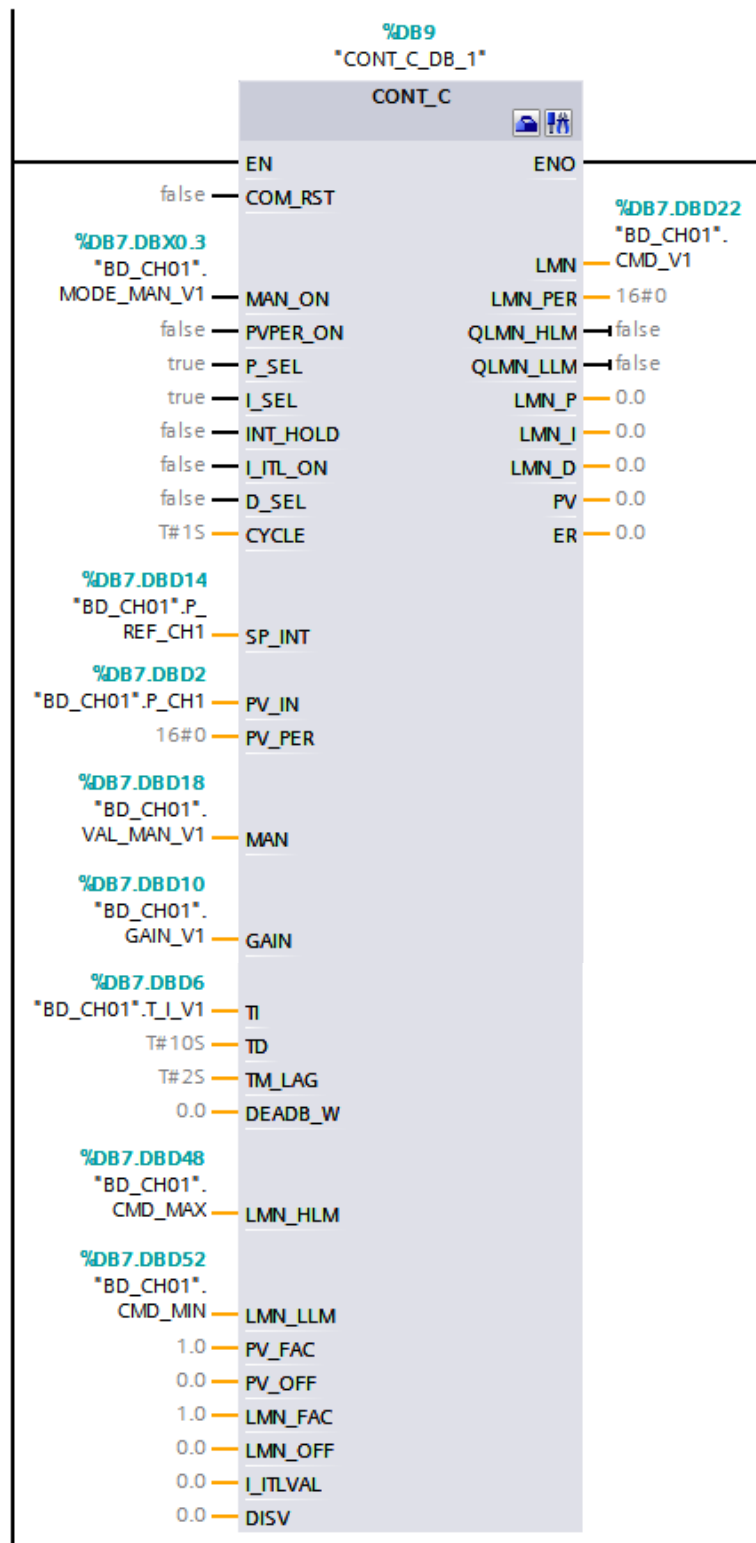


Figure III. 24 : Régulation de la pression de la chaudière.

CHAPITRE III : PROGRAMMATION DES BOUCLES DE RÉGULATIONS

La Figure III.26 représente le code utilisé pour la conversion de la vitesse de rotation des moteurs, qui est délivrée par le régulateur en pourcentage, en un nombre qui varie entre 0 et 2955 Tr/min.

	Nom	Type de données	Décalage	Valeur par déf.	Commen
1	▼ Input				
2	CMD_VAR	Real			
3	CMD_HL	Real			
4	CMD_LL	Real			
5	V_MIN	Real			
6	V_MAX	Real			
7	▼ Output				
8	vitesse	Real			

```
IF... CASE... FOR... WHILE... (*...*) REGION
OF... TO DO... DO...

1 IF #CMD_HL = 0 AND #V_MAX = 0 THEN
2   #vitesse := 0;
3
4 ELSE
5   #vitesse := ((#V_MAX - #V_MIN) / (#CMD_HL - #CMD_LL)) * #CMD_VAR;
6 END_IF;
```

Figure III. 25 : Conversion de la vitesse de rotation du moteur (pourcentage en Tr/min)

Le code de la Figure III.26 est exploité dans le langage à contacts sous forme du bloc illustré dans la Figure III.27

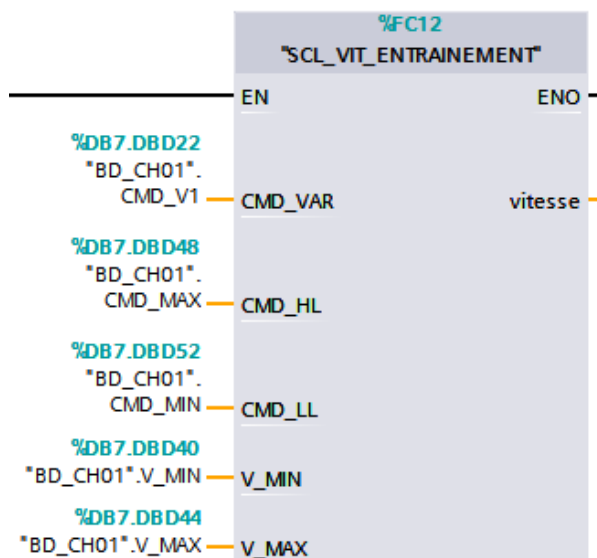


Figure III. 26 : Fonction créée par le langage SCL pour la commande du moteur.

La Figure III.28 expose la condition de la mise en marche des pompes de la chaudière qui est exprimée par la variable booléenne **speed** qui se mettra à un dès que la vitesse de rotation calculée précédemment est supérieure à zéro.

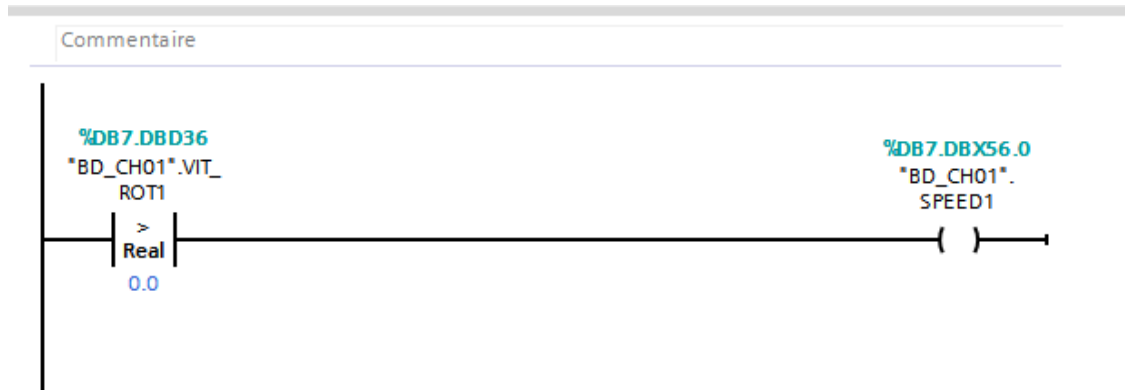


Figure III. 27 : Condition de la mise en marche des pompes.

Afin que la 1^{ère} pompe se met en marche, les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Bouton marche de la 1^{ère} pompe est mis à 1.
- Bouton arrêt de la 1^{ère} pompe est mis à 0.
- Bouton arrêt d'urgence est mis à 0.
- La 2^{ème} pompe doit être au repos.
- Speed1 doit être mis à 1.

Le programme qui vérifie ces conditions est donné dans la figure III.29

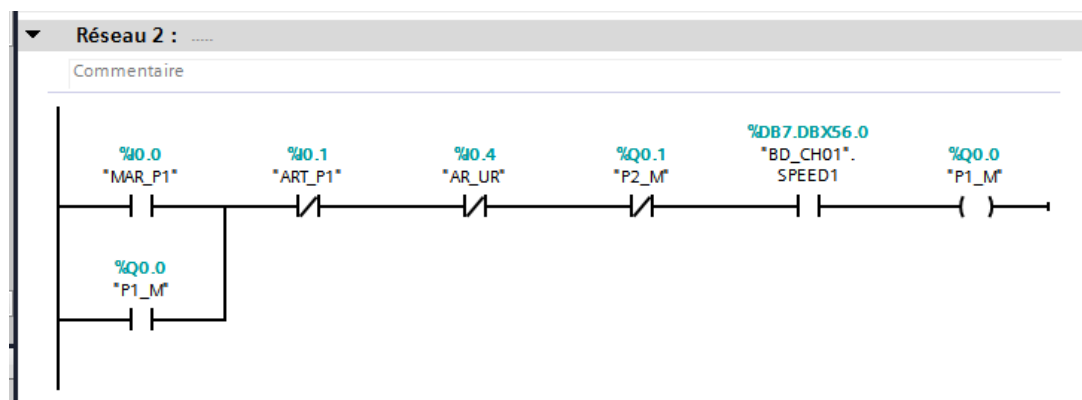


Figure III. 28 : Condition de la mise en marche de la 1^{ère} pompe

Conditions de la mise en marche de la 2^{ème} pompe :

- Bouton marche de la 2^{ème} pompe est mis à 1.
- Bouton arrêt de la 2^{ème} pompe est mis à 0.
- Bouton arrêt d'urgence est mis à 0.
- La 1^{ère} pompe doit être au repos.
- Speed1 doit être mis à 1.

Le programme qui vérifie ces conditions est donné dans la figure III.30

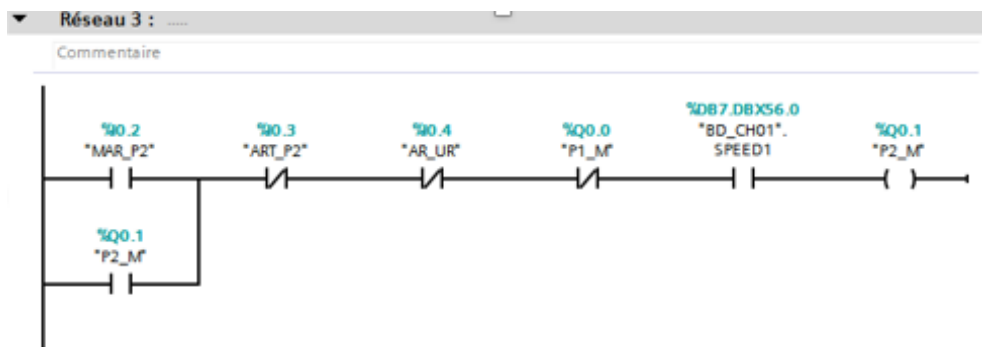


Figure III. 29 : Conditions de la mise en marche de la 2^{ème} pompe.

Une fois la conversion est faite, une autre fonction nommée SINA SPEED, est utilisée pour la commande du moteur comme le montre la Figure III.31.

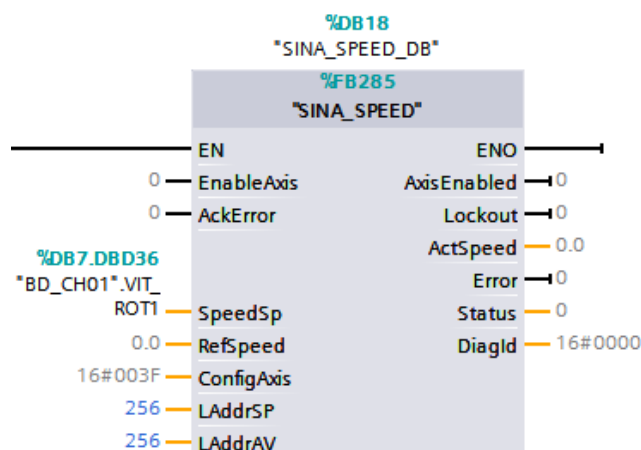


Figure III. 30 : Génération du signal de commande du moteur.

Le même programme de régulation a été implémenté sur les trois autres chaudières.

III.10. Conclusion

Le début de ce chapitre est consacré à la présentation de l'automate utilisé, des étapes clés de la création du projet et l'établissement de la communication entre l'API et le PC. Le reste du chapitre présente le fond du sujet, à savoir la programmation des différentes boucles de régulation et d'asservissement. La supervision est le sujet du prochain chapitre.

Chapitre IV :

La supervision de la partie commune des chaudières LOOS

IV.1. Introduction

Ce dernier chapitre porte sur la création et la configuration de l'écran de supervisions du système étudié en présentant les différentes vues de supervision et de commande des boucles de régulation et d'asservissement, programmées dans le chapitre précédent.

IV.2. Mise en œuvre de la supervision du système étudié

IV.2.1. Création de l'écran IHM

L'interface homme machine a été créée dans le but de visualiser, contrôler et de surveiller le processus automatisé en temps réel, en utilisant l'écran TP700 Confort Outdoor de Siemens. La configuration de l'écran est faite sous le logiciel Tia Portal. Ce dernier dispose de différents outils de visualisation et d'analyse qui facilitent la prise de décisions critiques. Les principales fonctionnalités incluent les vues de supervision, les vues d'alarmes, les vues de tendance, les vues contextuelles et les écrans de contrôle.

L'ajout de l'écran est fait en passant par le « *Navigateur du projet* » ensuite « *Ajouter un appareil* » puis « *HMI* » comme illustré dans la Figure IV.1

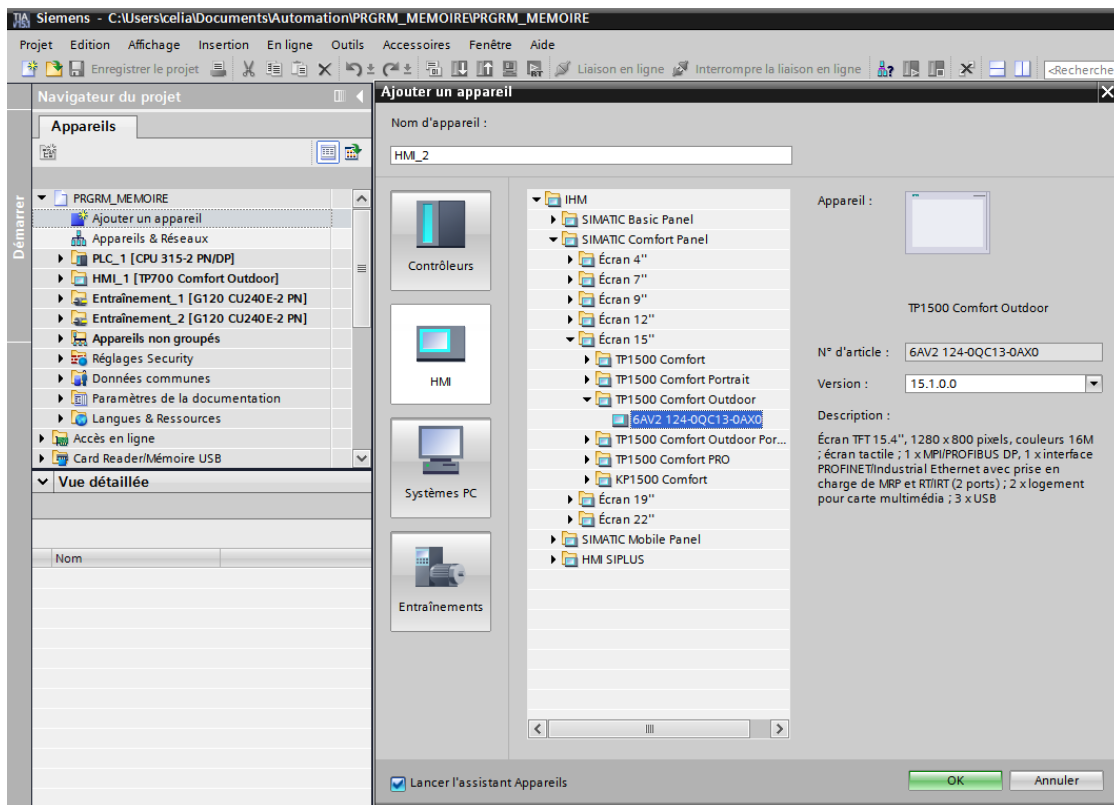


Figure IV. 1 : Création de l'écran TP 700

Après la sélection de l'écran désiré, l'assistant pupitre opérateur affiché dans la Figure IV.2 permet de

- Connecter l'écran à l'API utilisé.
- Personnaliser la vue de racine en ajoutant le logo d'entreprise, l'affichage de la date et de l'heure.
- Configurer les paramètres des alarmes.
- Insérer le nombre de vues désirées.
- Insérer les boutons systèmes désirés.

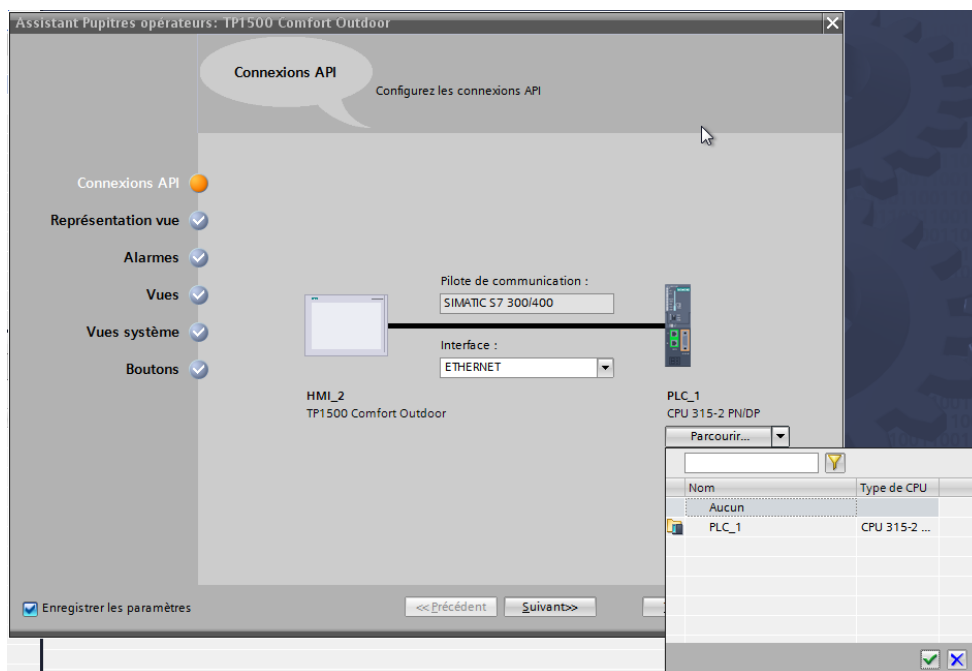


Figure IV. 2 : Assistant pupitres opérateur.

IV.2.2. Création de la vue de supervision

La supervision du système étudié est assurée par la vue principale qui permet d'accéder aux différentes pages de l'IHM de ce projet, permettant ainsi aux utilisateurs de naviguer facilement entre les différents niveaux de contrôle et de visualiser les données du processus.

Une image représentative de la bache, des cuves et des différentes conduites, réalisées précédemment sur le logiciel *Paint* est importée à la vue principale afin de réaliser un schéma représentatif du système automatisé complet, en ajoutant les différents organes de commande et d'affichage des variables du processus. Les vannes régulatrices et les motopompes ont été ajoutées à partir de la bibliothèque des icônes de l'écran utilisé comme le montre la Figure

IV.3. Quant aux afficheurs et bargraphes, ils ont été ajoutés à partir des éléments présents dans la section accessoire.

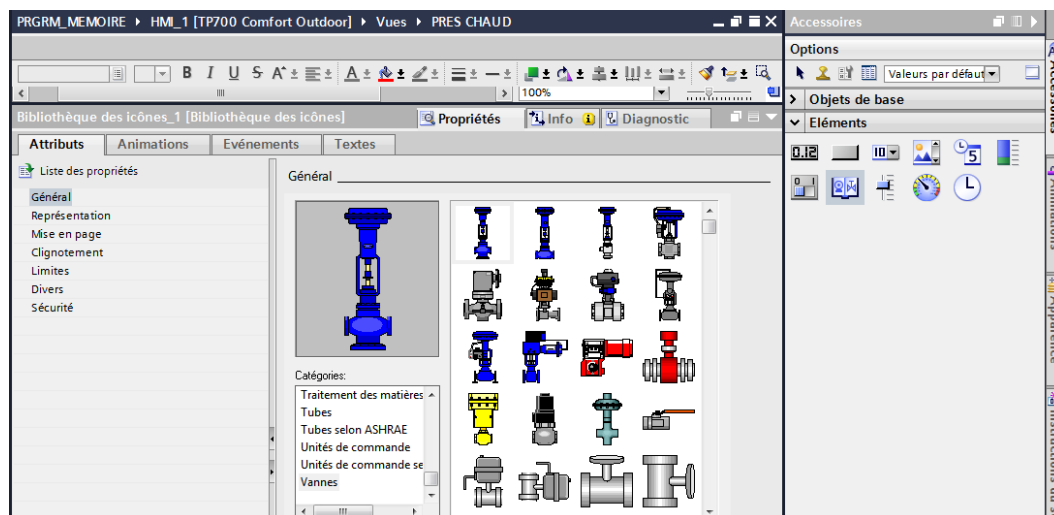


Figure IV. 3 : Fenêtre d'ajout des organes de réglage et d'affichage

La Figure IV.4 représente le schéma représentatif de la partie commune des chaudières créé et configuré pour la supervision système automatisé.

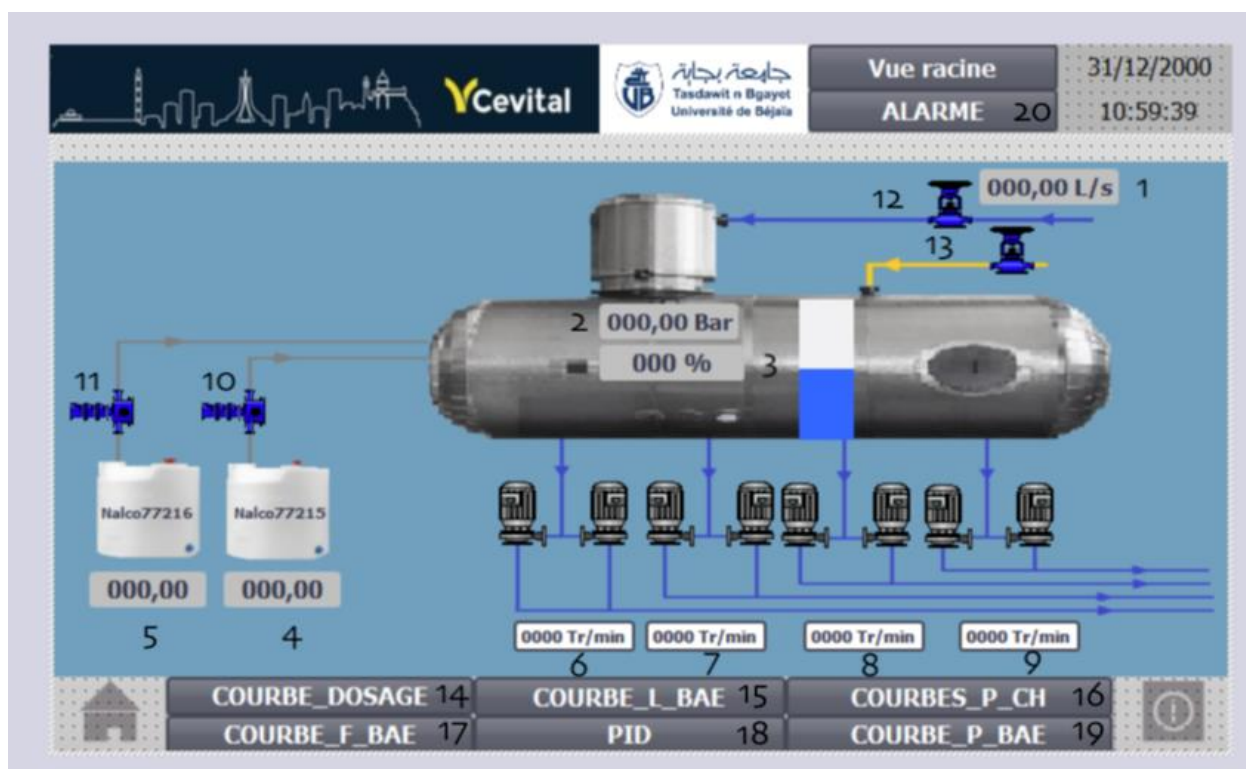


Figure IV. 4 : Vue racine et ses différents éléments.

La vue principale est illustrée par Figure IV.4 où les éléments sont définis comme suit :

(1) Affichage du débit d'eau entrant à la BAE, (2) Affichage de la pression à l'intérieur de la BAE, (3) Affichage du niveau d'eau à l'intérieur de la BAE, (4) Affichage du débit de Nalco 77215 entrant à la BAE, (5) Affichage du débit de Nalco 77216 entrant à la BAE, (6) à (9) Affichage de la vitesse de rotation du moteur, (10) Affichage de la vue de commande de la pompe de dosage du Nalco 77215, (11) Affichage de la vue de commande de la pompe de dosage du Nalco 77216, (12) Affichage de la vue de commande de la vanne régulatrice d'eau, (13) Affichage de la vue de commande de la vanne régulatrice de vapeur, (14) à (19) Bouton d'affichage des vues des courbes et (20) Bouton d'affichage de la vue d'alarme.

VI.2.2.1. Vues de commande

Le paramétrage des boucles de régulation et d'asservissement est effectué de manière qu'il soit fait à partir des vues contextuelles qui s'affichent en cliquant sur une icône préconfigurée. La création des vues contextuelles se fait à partir du « *Navigateur du projet* », « *Gestion des vues* », « *Ajouter une nouvelle vue contextuelle* » comme le montre la Figure IV.5.

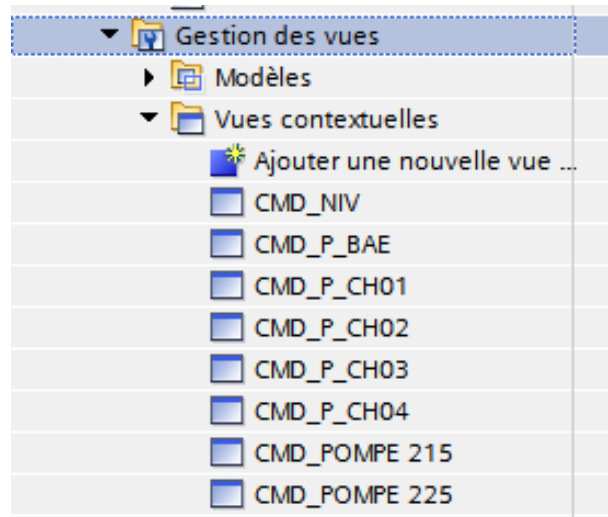
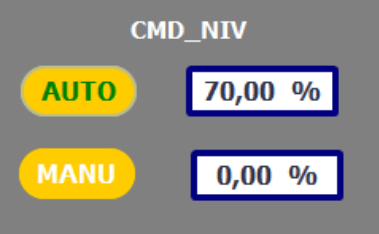
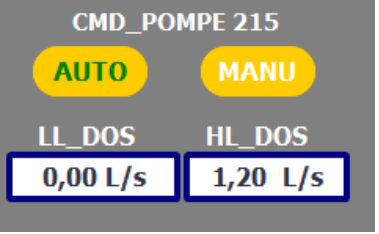
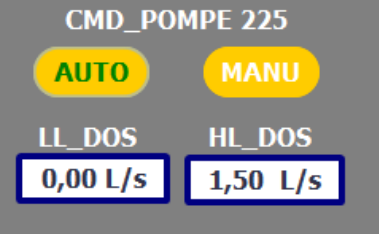
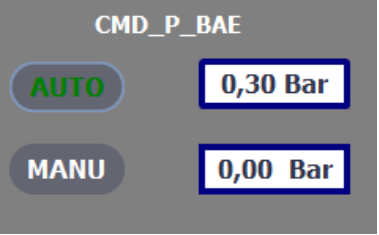
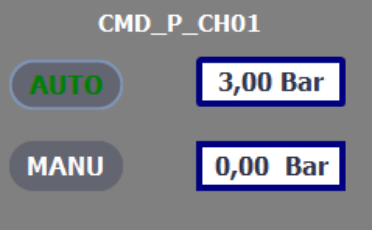


Figure IV. 5 : *Vue contextuelles créés*

La Table IV.1 illustre les différentes vues de commande créées pour sélectionner le mode de fonctionnement et le paramétrage des boucles de régulation et d'asservissement programmées dans le chapitre précédent.

Tableau IV. 1 : Présentation des vues de commande

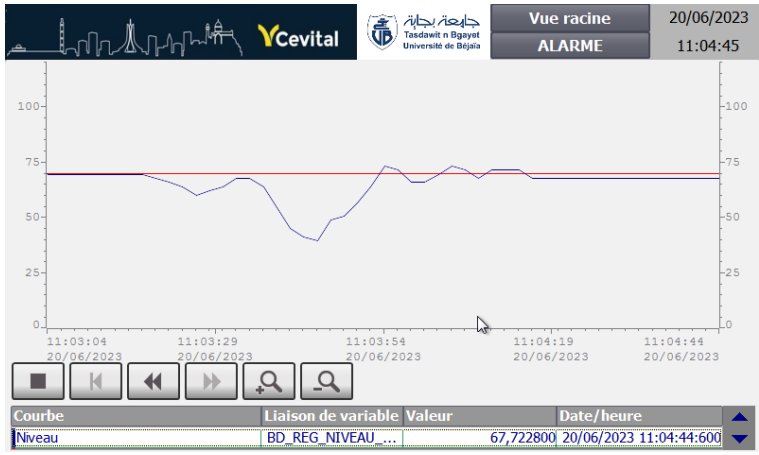
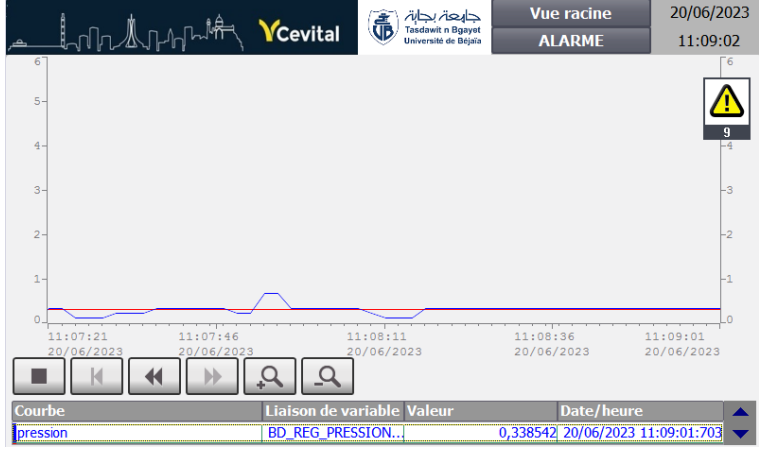
Grandeur réglée	Illustration de la vue	Description de la vue
Niveau d'eau de la BAE		<ul style="list-style-type: none"> • Commande du mode fonctionnement • Insertion de la consigne • Insertion de la commande manuelle
NALCO77215		<ul style="list-style-type: none"> • Commande du mode fonctionnement • Indication de la valeur minimale du dosage Nalco 77215 • Indication de la valeur maximale du dosage Nalco 77215
NALCO77225		<ul style="list-style-type: none"> • Commande du mode fonctionnement • Indication de la valeur minimale du dosage Nalco 77225 • Indication de la valeur maximale du dosage Nalco 77225
La pression au niveau de la BAE		<ul style="list-style-type: none"> • Commande du mode fonctionnement • Insertion de la consigne • Insertion de la commande manuelle
La pression au niveau de la chaudière 01		<ul style="list-style-type: none"> • Commande du mode fonctionnement • Insertion de la consigne • Insertion de la commande manuelle

IV.2.2.2. Vues des courbes

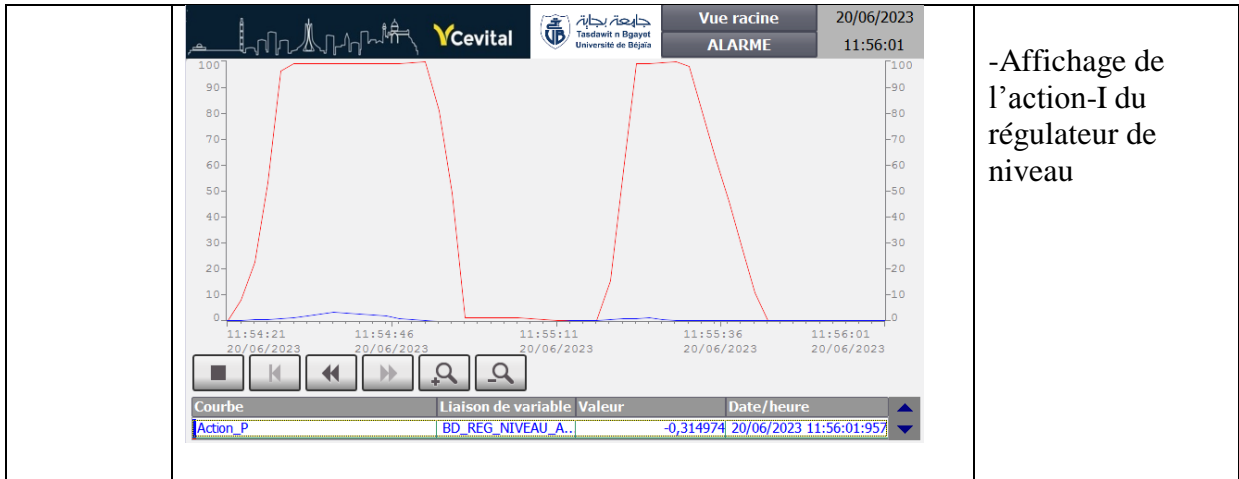
Afin d’avoir un suivi des grandeurs régulées, des graphes de tendance sont utilisés pour visualiser et d’afficher l’évolution des variables de production en fonction du temps. Cela permet la détection d’éventuelles anomalies dans les données de production.

Les vues de courbes sont ajoutées à partir de « Accessoire », « Contrôles », « Vue de courbes ». La Table IV.2 illustre les graphiques des tendances des grandeurs suivies. Les pressions des chaudières sont tracées dans le même graphe avec des couleurs différentes afin de les distinguer.

Tableau IV. 2 : Graphiques de tendances

Grandeur visualisée	Graphiques de tendance	Description
Niveau de la bâche		<p>-Affichage de l'évolution du niveau d'eau osmosée présent dans la BAE en fonction du temps</p> <p>-affichage du niveau de référence</p>
Pression de la bâche		<p>-Affichage de l'évolution de pression de la BAE en fonction du temps</p> <p>-Affichage de la pression de référence</p>

<p align="center">Dosage des produits chimiques</p>		<p>-Affichage de la quantité des deux produits chimiques envoyer au chaudières</p>
<p align="center">Débit</p>		<p>-Affichage de l'évolution du débit d'eau osmosée entrant à la BAE en fonction du temps</p>
<p align="center">Pression des chaudières</p>		<p>-Affichage de l'évolution de pression des quatre chaudières en fonction du temps</p> <p>-Affichage de la pression de référence</p>
<p align="center">PID</p>		<p>-Affichage de l'action-P du régulateur de niveau</p>



IV.2.2.3. Vue d'alarmes

La vue d'alarmes affiche les alarmes générées par l'API qui calcule, en temps réel, les conditions de leurs déclenchements, permettant ainsi aux utilisateurs de réagir rapidement aux événements critiques et aux défaillances du système. Ceci est illustré dans la Figure IV.6

Alarmes analogiques							
ID	Nom	Texte d'alarme	Classe d'alar...	Variable de d...	Valeur limite	Mode limite	Journal
1	Niveau H	Niveau haut atteint	surveillance	BD_REG_N...	85	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
2	Niveau TH	Niveau tres haut atteint	surveillance	BD_REG_NIVE...	90	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
3	Niveau B	Niveau bas atteint	surveillance	BD_REG_NIVE...	15	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
4	Niveau TB	Niveau tres bas atteint	surveillance	BD_REG_NIVE...	10	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
6	Pression H	pression haute atteinte BAE	surveillance	BD_REG_PRES...	SUP_PH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
7	Pression TH	pression tres haute atteinte BAE	surveillance	BD_REG_PRES...	SUP_PTH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
8	Pression B	pression basse atteinte BAE	surveillance	BD_REG_PRES...	SUP_PB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
9	Pression TB	pression tres basse atteinte BAE	surveillance	BD_REG_PRES...	SUP_PTB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
5	P H CH1	pression haute atteinte CH1	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH H	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
10	P TH CH1	pression tres haute atteinte CH1	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
11	P B CH1	pression basse atteinte CH1	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH B	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
12	P TB CH1	pression tres basse atteinteCH1	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
14	P H CH2	pression haute atteinte CH2	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH H	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
13	P TH CH2	pression tres haute atteinte CH2	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
15	P B CH2	pression basse atteinte CH2	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH B	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
16	P TB CH2	pression tres basse atteinte CH2	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
17	P H CH3	pression haute atteinte CH3	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH H	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
18	P TH CH3	pression tres haute atteinte CH3	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
19	P B CH3	pression basse atteinte CH3	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH B	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
20	P TB CH3	pression tres basse atteinte CH3	surveillance	BD_VARIATEU...	SUP_PCH TB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
21	P H CH4	pression haute atteinte CH4	surveillance	BD_VARATEU...	SUP_PCH H	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
22	P TH CH4	pression tres haute atteinte CH4	surveillance	BD_VARATEU...	SUP_PCH TH	Supérieure à	<input type="checkbox"/>
23	P B CH4	pression basse atteinte CH4	surveillance	BD_VARATEU...	SUP_PCH B	Inférieure à	<input type="checkbox"/>
24	P TB CH4	pression tres basse atteinte CH4	surveillance	BD_VARATEU...	SUP_PCH TB	Inférieure à	<input type="checkbox"/>

Figure IV. 6 : Configuration des alarmes

IV.3. Conclusion

Ce dernier chapitre met en place la supervision du système étudié, incluant la création de l'écran IHM, de la vue de supervision, des vues de commande, des vues des courbes et de la vue d'alarmes, a été essentielle pour optimiser la gestion des systèmes automatisés dans l'unité énergie et utilité de l'entreprise Cevital.

Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a permis d'explorer les différentes applications de l'automatisation industrielle et de la régulation logicielle dans le contexte de l'unité énergie et utilité de l'entreprise Cevital. Le premier chapitre présente le département de la chaufferie LOOS, en mettant en évidence les éléments clés de cette dernière. Le deuxième chapitre aborde les éléments des boucles de régulation du niveau et de pression ainsi que la boucle d'asservissement des produits chimiques, en présentant notamment l'analyse fonctionnelle du système étudié, les modifications et modernisations apportées. Le troisième chapitre présente la programmation de l'automate Siemens dans TIA PORTAL, avec une description détaillée de la configuration matérielle et des différentes boucles de régulation.

Le dernier chapitre présente la mise en œuvre de l'interface de supervision du système étudié

Et finalement mémoire de fin d'études, réalisé au sein de l'entreprise Cévital, nous a permis de valoriser les connaissances acquises durant notre formation et d'acquérir des compétences pratiques.

Références bibliographiques

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Site de l'entreprise CEVITAL : <https://www.cevital.com/cevital-agro-industrie/>
- [2] Debbou Sofiane et Gani Louanes, «AUTOMATISATION DE L'ARMOIRE SEG AU SEIN DE LA COGÉNÉRATION DU COMPLEXE CEVITAL», mémoire de master en commande électrique, Univ. Bejaia, 2012
- [3] Manuel opératoire unité chaufferie LOOS, version 1, 2009.
- [4] D.Dindeleux et B.Poussery, « Pratique de la régulation industrielle, » Ed. Dunod, 2022
- [5] J.Valance et B. Poussery, « le carnet du régulateur mesures et régulation, »Ed. Dunod, 18^{ème} Éd., 2017.
- [6]G. Asch et al, « Les capteurs en instrumentation industrielle, » Ed. Dunod, 7^{ème} éd., 2010.
- [7] M.Grout etP.Salaun, « Instrumentation industrielle : spécification et installation des capteurs et vannes de régulation, » Ed. Dunod, 4^{ème} éd., 2015.
- [8] office fédéral des question conjoncturelles, Entraînements électriques, automatisation et processus électrique, RAVEL, 1996.
- [9] M. Tebane et F.Tekfa, « Automatisation d'une chaudière LOOS par un automate programmable S7-300 de complexe cevital, » mémoire de master en automatisme industriel, Univ.Bejaia, 2012.
- [10] R. Kali et B. Kasmi, « Automatisation d'une chaudière LOOS avec un automate programmable S7-300 à l'unité chaufferie complexe cevital, » mémoire de master en commande des systèmes électrique, Univ. Bejaia, 2016
- [11] A. H. Harfouche et L. Hassaini, « Automatisation et supervision de la bêche des chaudières au niveau de cevital, » Mémoire de master en automatique, Univ. Bejaia, 2021.
- [12] Documentation TIA PORTAL, version 15,2018

Annexes

A1. Boucle de régulation de la deuxième chaudière

Figure A1.1 -3 illustrent la boucle de régulation de la deuxième chaudière

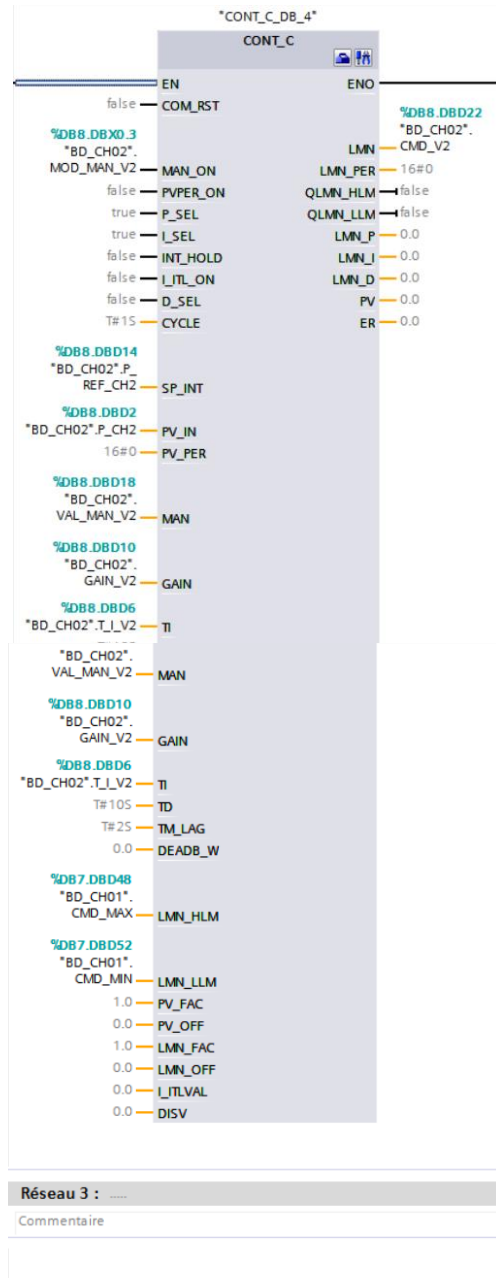


Figure A1.1. Régulation de la pression de la deuxième chaudière

ANNEXES

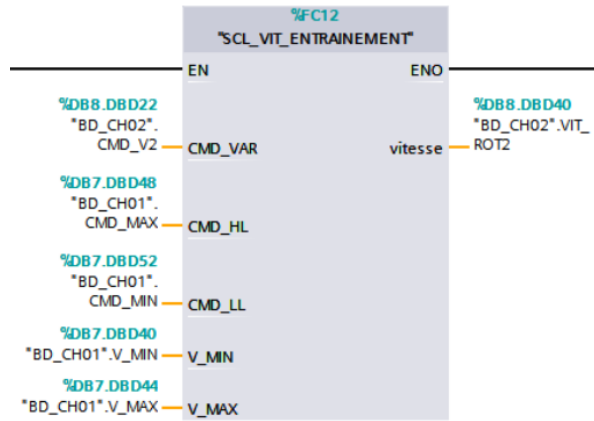


Figure A1.1. Commande du moteur

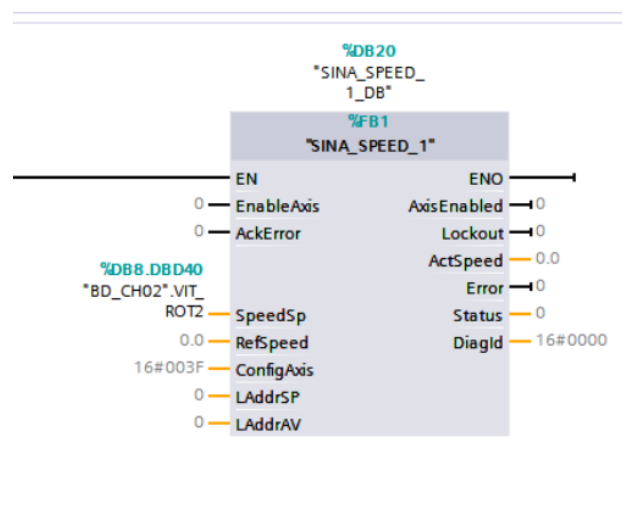


Figure A1.3. Commande du moteur

A2. Boucle de régulation de la troisième chaudière

Figure A2-5 illustrent la boucle de régulation de la troisième chaudière

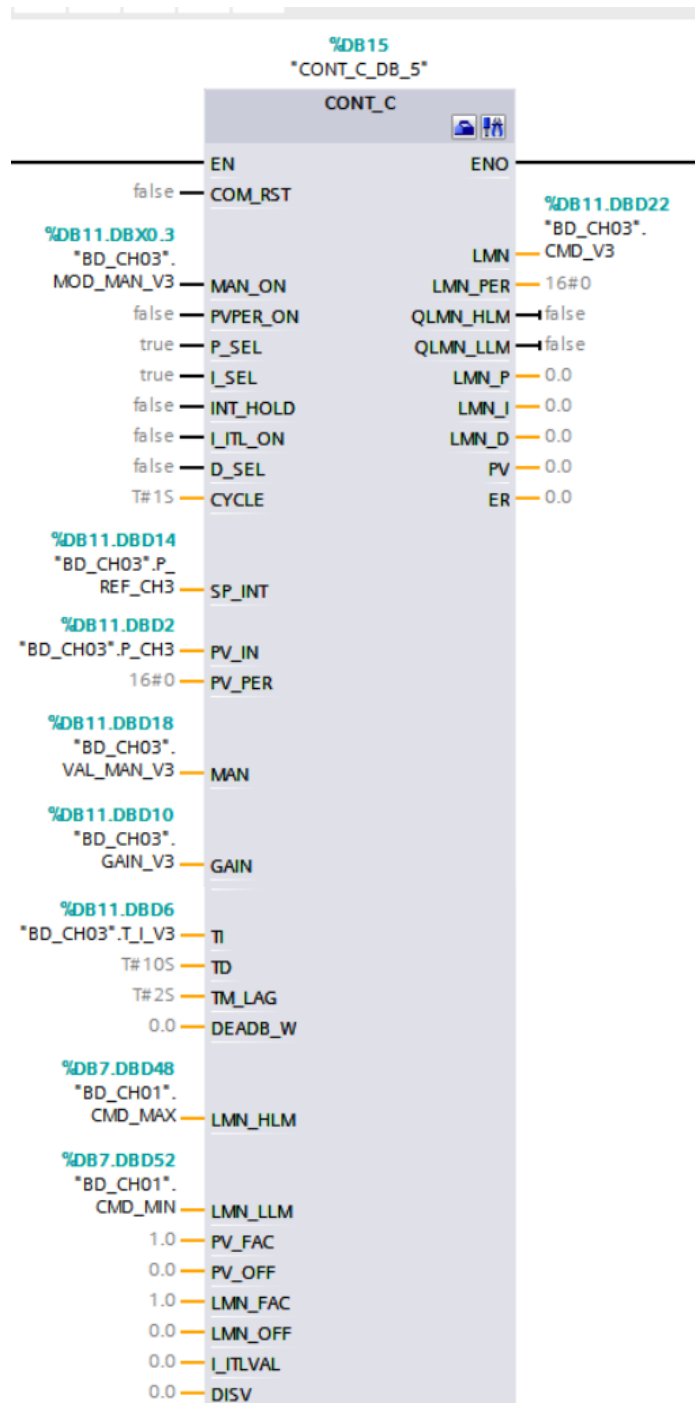


Figure A2.3. Régulation de la pression de la troisième chaudière

ANNEXES

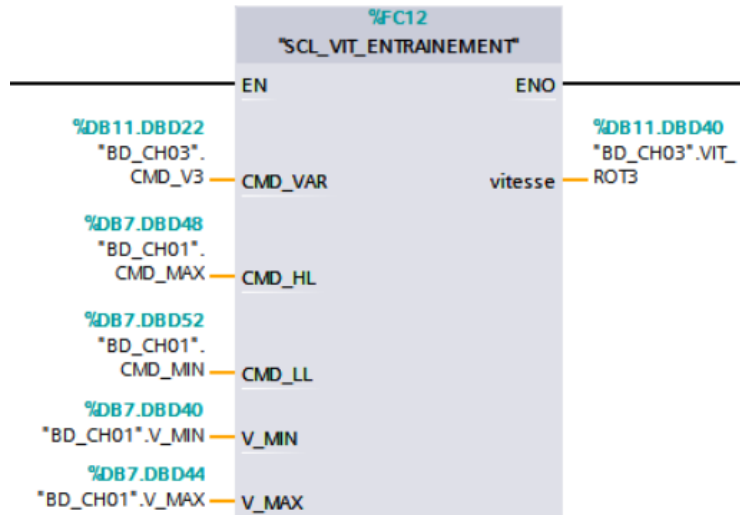


Figure A2.4. Commande du moteur

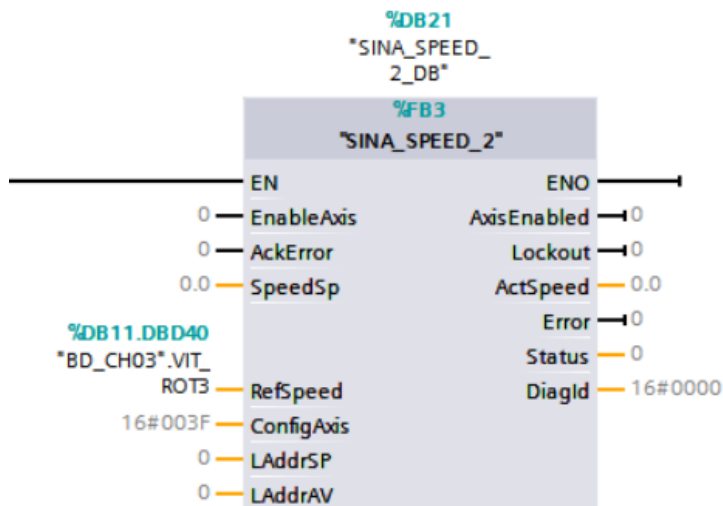


Figure A2.5. Commande du moteur

A3. Boucle de régulation de la quatrième chaudière

Figure A3.6 -8 illustrent la boucle de régulation de la quatrième chaudière

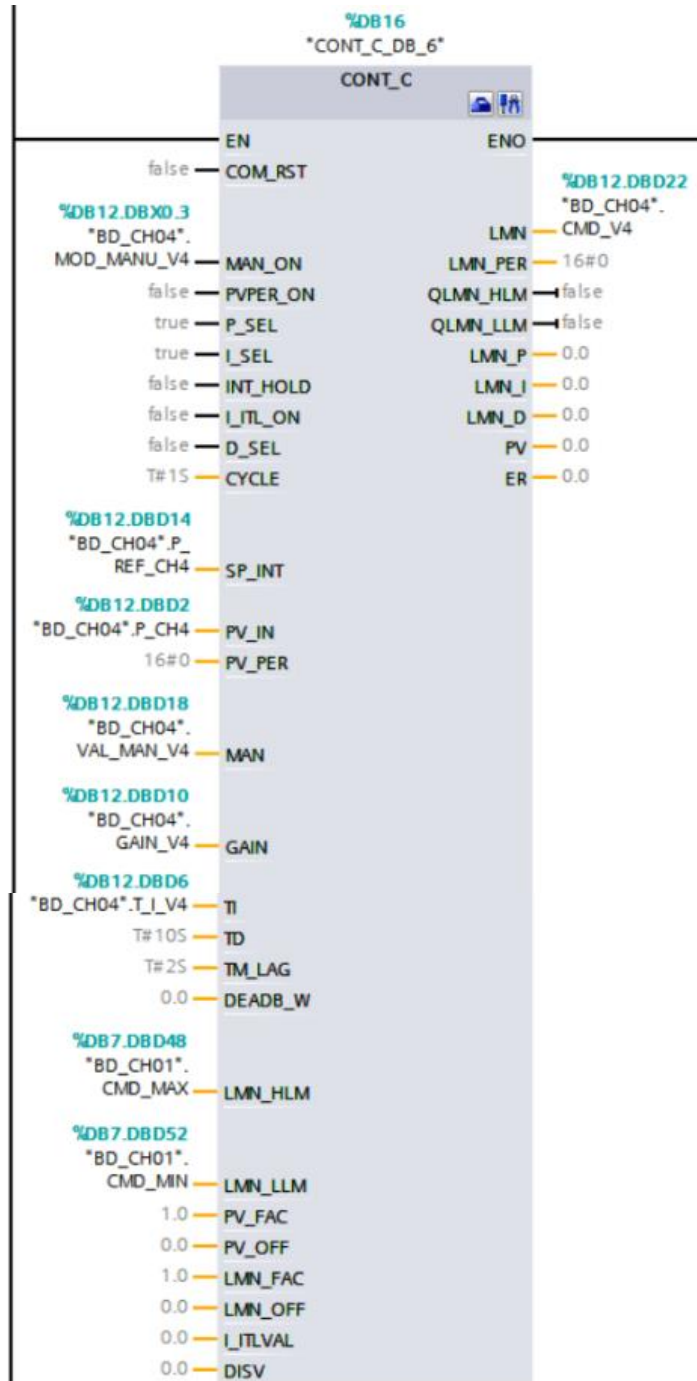


Figure A3.6. Régulation de la pression de la quatrième chaudière

ANNEXES

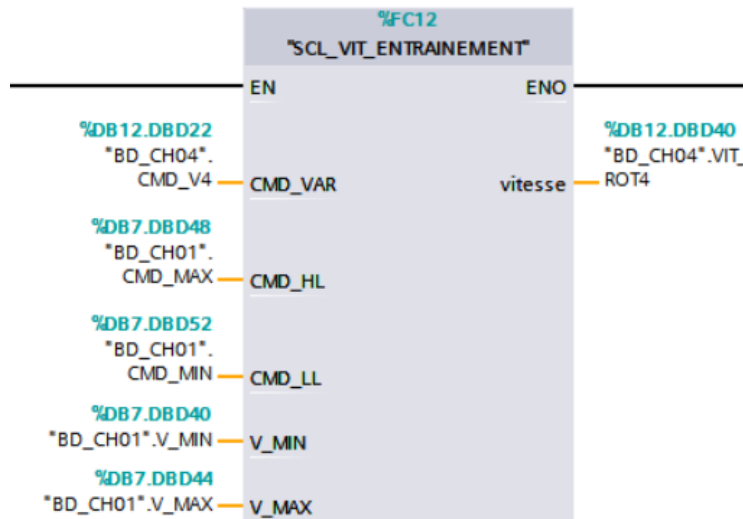


Figure A3.7. Commande du moteur

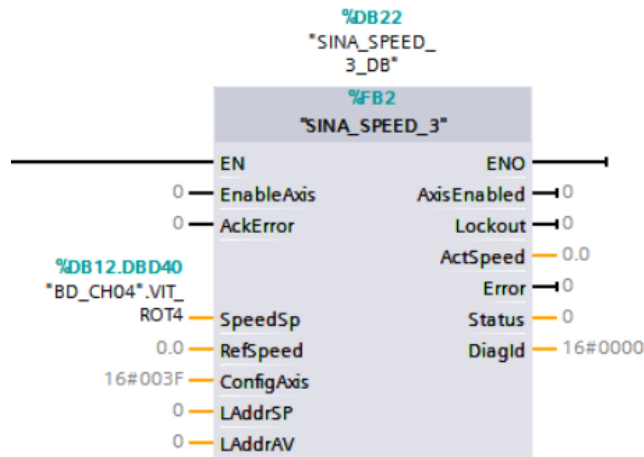


Figure A3.8. Commande du moteur

A4. Blocs de données

Figure A4.9-12 représentent la structure de données (niveau, pression, pompes de dosage) utilisée pour le stockage et l'organisation des informations dans le programme de l'API

ANNEXES

BD_REG_NIVEAU			
	Nom	Type de données	Décalage
1	▼ Static		
2	■ CMD_MAN_L	Bool	0.0
3	■ VAL_MAN_L	Real	2.0
4	■ CONSIGNE_L	Real	6.0
5	■ GAIN_L	Real	10.0
6	■ T_I_L	Time	14.0
7	■ LEVEL	Real	18.0
8	■ OF_VE	Real	22.0
9	■ CMD_AUTO_L	Bool	26.0
10	■ MOD_AUTO_L	Bool	26.1
11	■ MOD_MANU_L	Bool	26.2
12	■ HL_L	Real	28.0
13	■ LL_L	Real	32.0

Figure A4.9. Bloc de données de la régulation du niveau

BD_REG_PRESSION			
	Nom	Type de données	Décalage
1	▼ Static		
2	■ CMD_MAN_P	Bool	0.0
3	■ VAL_P	Real	2.0
4	■ CONSIGNE_P	Real	6.0
5	■ GAIN_P	Real	10.0
6	■ T_I_P	Time	14.0
7	■ P_BAE	Real	18.0
8	■ OF_VP	Real	22.0
9	■ MOD_MANU_P	Bool	26.0
10	■ MOD_AUTO_P	Bool	26.1
11	■ CMD_AUTO_P	Bool	26.2
12	■ HL_P	Real	28.0
13	■ LL_P	Real	32.0

Figure A4.10. Bloc de données de la pression

ANNEXES

POMPE215			
	Nom	Type de données	Décalage
1	Static		
2	CMD_AUT_P215	Bool	0.0
3	CMD_MAN_P215	Bool	0.1
4	MOD_AUT_P215	Bool	0.2
5	MOD_MAN_P215	Bool	0.3
6	BASCULE_P215	Bool	0.4
7	DEB_EAU	Real	2.0
8	NAL77216	Real	6.0
9	LL DEBIT	Real	10.0
10	HL DEBIT	Real	14.0
11	LL NAL215	Real	18.0
12	HL NAL215	Real	22.0

Figure A4.11. Bloc de données de la pompe215 du dosage

POMPE225			
	Nom	Type de données	Décalage
1	Static		
2	CMD_AUT_P225	Bool	0.0
3	CMD_MAN_P225	Bool	0.1
4	MOD_AUT_P225	Bool	0.2
5	MOD_MAN_P225	Bool	0.3
6	BASCULE_P225	Bool	0.4
7	NAL77215	Real	2.0
8	LL NAL225	Real	6.0
9	HL NAL225	Real	10.0

Figure A4.12. Bloc de données de la pompe225 du dosage

A5. Blocs de données des chaudières

Figure A5.13-16 indiquent les structures de données de chacune des chaudières de la chaufferie LOOS.

ANNEXES

BD_CH01			
	Nom	Type de données	Décalage
1	▼ Static		
2	CMD_MAN_V1	Bool	0.0
3	CMD_AUTO_V1	Bool	0.1
4	MODE_AUTO_V1	Bool	0.2
5	MODE_MAN_V1	Bool	0.3
6	P_CH1	Real	2.0
7	T_I_V1	Time	6.0
8	GAIN_V1	Real	10.0
9	P_REF_CH1	Real	14.0
10	VAL_MAN_V1	Real	18.0
11	CMD_V1	Real	22.0
12	anim1	Bool	26.0
13	HL_P_CH1	Real	28.0
14	LL_P_CH1	Real	32.0
15	VIT_ROT1	Real	36.0
16	V_MIN	Real	40.0
17	V_MAX	Real	44.0
18	CMD_MAX	Real	48.0
19	CMD_MIN	Real	52.0

Figure A5.13. Bloc de données de la première chaudière

BD_CH02			
	Nom	Type de données	Décalage
1	▼ Static		
2	CMD_MAN_V2	Bool	0.0
3	CMD_AUTO_V2	Bool	0.1
4	MOD_AUTO_V2	Bool	0.2
5	MOD_MAN_V2	Bool	0.3
6	P_CH2	Real	2.0
7	T_I_V2	Time	6.0
8	GAIN_V2	Real	10.0
9	P_REF_CH2	Real	14.0
10	VAL_MAN_V2	Real	18.0
11	CMD_V2	Real	22.0
12	VAL_MAN_V3	Real	26.0
13	anim2	Bool	30.0
14	HL_P_CH2	Real	32.0
15	LL_P_CH2	Real	36.0
16	VIT_ROT2	Real	40.0

Figure A5.14. Bloc de données de la deuxième chaudière

ANNEXES

BD_CH03			
	Nom	Type de données	Décalage
1	Static		
2	CMD_MAN_V3	Bool	0.0
3	CMD_AUTO_V3	Bool	0.1
4	MOD_AUTO_V3	Bool	0.2
5	MOD_MAN_V3	Bool	0.3
6	P_CH3	Real	2.0
7	T_I_V3	Time	6.0
8	GAIN_V3	Real	10.0
9	P_REF_CH3	Real	14.0
10	VAL_MAN_V3	Real	18.0
11	CMD_V3	Real	22.0
12	VAL_MAN_V4	Real	26.0
13	anim3	Bool	30.0
14	HL_P_CH3	Real	32.0
15	LL_P_CH3	Real	36.0
16	VIT_ROT3	Real	40.0

Figure A5.15. Bloc de données de la troisième chaudière

BD_CH04			
	Nom	Type de données	Décalage
1	Static		
2	CMD_MAN_V4	Bool	0.0
3	CMD_AUTO_V4	Bool	0.1
4	MOD_AUTO_V4	Bool	0.2
5	MOD_MANU_V4	Bool	0.3
6	P_CH4	Real	2.0
7	T_I_V4	Time	6.0
8	GAIN_V4	Real	10.0
9	P_REF_CH4	Real	14.0
10	VAL_MAN_V4	Real	18.0
11	CMD_V4	Real	22.0
12	VAL_MAN_V5	Real	26.0
13	anim4	Bool	30.0
14	HL_P_CH4	Real	32.0
15	LL_P_CH4	Real	36.0
16	VIT_ROT4	Real	40.0

Figure A5.16. Bloc de données de la quatrième chaudière

Résumé

L'étude réalisée dans ce projet de Master concerne le remplacement de la régulation matérielle d'une chaufferie au sein de l'entreprise Cevital, par une régulation logicielle. Le but est d'exploiter la flexibilité de celle-ci afin d'améliorer les performances et l'énergétique de la chaufferie. Ainsi, les régulateurs PID des différentes grandeurs mises en jeux (pression, niveau), à l'origine matériels, ont été remplacés par des régulateurs programmables par logiciel. De plus, des variateurs de vitesse ont été rajoutés pour une meilleure efficacité énergétique. Enfin, les capteurs de niveau d'eau dans les chaudières ont été remplacé par des capteurs de pression, pour une mesure plus précise et fiable. Ces modifications ont permis d'améliorer significativement la qualité de régulation de la chaufferie et d'optimiser la consommation d'énergie.

Summary

This Master's project concerns the replacement of the hardware-based control system of a boiler-room in the company Cevital, with a software-based one. The aim is to exploit the flexibility of the latter in order to improve the performance and the energy efficiency of the boiler-room. Thus, originally hardware-based PID controllers for the various variables involved (pressure, level), have been replaced by programmable controllers. In addition, variable speed drives are used for better energy efficiency. Finally, the water level sensors in the boilers have been replaced by pressure sensors for more precise and reliable measurements. These modifications have significantly improved the quality of the boiler-room's regulation and optimized energy consumption.