

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie
Département de Génie Électrique

Mémoire de Fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER professionnalisant

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Automatismes Industriels

Thème

*Automatisation de l'atelier de refonte du sucre liquide au sein de
l'entreprise Cevital*

Réalisé par

Melle TOUATI Ismahane

Encadré par

Mr OUATAH El-Hanafi

Mr LAIFAOUI Nabil

Année universitaire : 2024/2025.

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : Touati

Prénom : Ismahane

Matricule : 202033002267

Spécialité et/ou Option : Automatismes Industriels

Département : Génie Electrique

Faculté : Technologie

Année universitaire : 24/25

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : Master

Intitulé : Automatisation de l'atelier de repartage du
sauv. liquide au sein de l'entrepise Central

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
04/04/25

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bejaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Remerciement

Avant tout, je tiens à remercier le Bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail.

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute la gratitude que je ressens aujourd'hui. Ce travail est l'aboutissement d'un parcours jalonné de doutes et d'efforts.

Mon plus grand remerciement à mon promoteur Mr OUATAH El hanafi, enseignant à l'université A.Mira Béjaia. Pour ses efforts, conseils et orientation sur le bon chemin.

A Mr LAIFAOUI Nabil ingénieur automaticien, mon Co-encadrant, je tiens à exprimer ma reconnaissance pour votre patience, votre écoute et vos conseils avisés. Votre accompagnement bienveillant a été essentiel dans la réalisation de ce travail.

Je remercier particulièrement Mr AHOUARI Abdelhak, Mr LAKOUR Mahrez, Madame Radia, Mr SAIM Amirouche, et à toute l'équipe. Un grand merci à tous pour l'aide précieuse que vous m'avez fournie, pour vos conseils, le temps consacré et votre disponibilité. Une équipe tout simplement exceptionnelle. Merci !

A mes parents, vous qui avez toujours cru en moi, même lorsque la fatigue prenait le dessus. Merci pour votre amour inconditionnel, vos encouragements et vos sacrifices. Votre présence a été ma plus grande force.

Egalement je remercier ma famille et mes proches pour leurs mots rassurants, leurs gestes réconfortants et leurs indéfectible.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Ce mémoire n'est pas seulement le fruit d'un travail personnel, mais aussi le reflet de tout l'amour, la confiance et l'accompagnement que j'ai reçus.

Merci, du fond du cœur !

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma chère maman, pour son amour et ces douaa, sa patience et son soutien constant, qui ont toujours été une source de force pour moi.

A mon cher papa, dont les enseignements, le courage et l'exemple continuent de guider ma vie. Merci pour tout ce que tu m'as donné.

A mon unique frère Wahid

A mes cousines que je considère comme sœurs

A mes cousins

A mes copines

Et à tous ceux qui ont cru en moi

T. Ismahane.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Présentation du complexe cevital

1. Historique	1
2. Situation géographique.....	1
3. Activités de CEVITAL.....	2
4. Différentes sections de sucre liquide	2
Introduction générale.....	4

Chapitre I : Etude de l'ancienne installation de refonte du sucre liquide

I.1 Introduction.....	5
I.2 Description détaillée du processus de refonte du sucre	5
I.2.1.2 Mélange	6
I.2.2 Les paramètres clés du processus	6
I.2.2.2 Concentration	7
I.2.2.3 Viscosité.....	7
I.2.3 Les contraintes et défis typiques du processus	7
I.3 Fonctionnement de l'ancienne installation Refonte du sucre liquide.....	7
I.4 Problématique	10

Chapitre II : Conception du système d'automatisation et de régulation

II.1 Introduction	11
II.2 Solution proposé	11
II.3 Eléments existant	11
II.3.1 Brixmètre	11
II.3.2 Vannes pneumatiques, et régulatrices	12
II.4 Éléments ajoutés	12
II.4.1 Convoyeur tapis	12
II.4.2 Élévateur à godets	13
II.4.3 Capteur de bourrage	13
II.4.4 Capteur Déport de bande	14
II.4.5 Capteur de déport de sangle	14
II.4.6 Contrôleur de rotation	14
II.4.7 Vannes à guillotine	15
II.4.8 Arrêt d'urgence à câble	15
II.5 Configuration de la nouvelle installation	15
II.5.1 Schéma	15
II.5.2 Liste des composants	17
II.6 Analyse fonctionnelle	18
II.6.1 Modes de fonctionnement principaux	18
II.6.1.1 Mode production	18
II.6.1.2 Mode prélavage	20
II.6.1.3 Mode désinfection	21
II.7 Elaboration des différents Grafcets	21
II.7.1 Grafcet Mode Production	22
II.7.2 Grafcet mode prélavage	23
II.7.3 Grafcet Mode Désinfection	24
II.7.4 Grafcet Arrêt d'urgence	24
II.8 Structure d'un système automatisé	25
II.9 Généralités sur les automates programmables industriels	25
II.9.1 Définition d'un automate programmable industriel	25
II.9.2 Critères de choix d'un automate programmable industriel	25
II.9.3 Différents langages de programmation	26
II.9.4 Type d'automate programmable industriel	26
II.10 Présentation de la gamme d'automate S7-1200	26

II.10.1 Structure matérielle de l'automate S7 1200	26
II.10.2 Présentation d'une CPU S7-1200.....	27
II.10.3 Choix de CPU	27
II.11 Généralités sur la Régulation.....	28
II.11.1 Régulation PID	28
II.11.2 Paramètres PID	28
II.11.3 Détermination des paramètres PID	28
II.11.4 Régulation en cascade	30
II.12 Conclusion	31

Chapitre III : Programmation et supervision

III.1 Introduction	32
III.2 Logiciel Programmation TIA Portal V16.....	32
III.2.1 Présentation de logiciel TIA Portal V16	32
III.2.2 Vue portail et projet.....	32
III.2.2.1 Vue portail	32
III.2.2.2 Vue projet	33
III.2.3 Structure du programme.....	34
III.3 Programmation de la nouvelle installation refonte du sucre liquide	35
III.3.1 Réalisation du programme	35
III.3.2 Les blocs utilisés dans le programme.....	35
III.3.2.1 [OB1] : Main	36
III.3.2.2 [OB30] : Cyclic interrupt	36
III.3.2.3 [FC1] : Gestion des vannes	37
III.3.2.4 [FC2] : Fonctionnement moteurs	39
III.3.2.5 [FC3] : Gestion des moteurs.....	40
III.3.2.6 [FC4] : Grafcet mode production	42
III.3.2.7 [FC5] : fonctionnement de vannes	43
III.3.2.8 [FC6] : Mise à l'échelle.....	44
III.3.2.9 [FC7] : Alarmes.....	46
III.3.2.10 [FC9] : Grafcet mode prélavage.....	47
III.3.2.11 [FC10] : Grafcet mode désinfection	48
III.4 Interface homme machine IHM	49
III.5 Logiciel SIMATIC WINCC sur TIA portal	49

III.6 Critère de choix de l'interface IHM	49
III.7 Création de l'interface homme machine	50
III.7.1 Configuration et paramétrage du matériel.....	50
III.7.2 Création des vues	51
III.7.2.1 Vue d'accueil.....	51
III.7.2.2 Vue paramètres.....	52
III.7.2.3 Vue process	53
III.7.2.4 Vue alarmes.....	56
III.7.2.5 Vue courbes.....	57
III.8 Conclusion.....	57
Conclusion générale	59
Références bibliographiques	60

Bibliographie

Annexe A

Annexe B

Liste de figures

Figure 1 : : Situation géographique du complexe CEVITAL.....1

Figure 2 : Unité 600 : Stockage et Chargement.....3

Chapitre I Etude de l'ancienne installation de refonte du sucre liquide

FigureI.1 : Planchait de l'ancienne installation.....9

Chapitre II Conception du système d'automatisation et de régulation

FigureII.1: Brixmètre.....12

Figure II.2 : Ensemble des vannes (Pneumatique, Régulatrice).....12

Figure II.3: Elévateur à godet.....13

Figure II.4: Capteur de bourrage.....13

Figure II.5: Capteur déport de bande.....14

Figure II.6: capteur déport de sangle14

Figure II.7: Contrôleur et support de rotation.....14

Figure II.8: Vanne à guillotine15

Figure II.9: Arrêt d'urgence à câble.....15

Figure II.10 : planchait de la nouvelle installation.....16

Figure II.11: Grafcet de production22

Figure II.12 : Grafcet Mode Prélavage.....23

Figure II.13 : Grafcet Mode Désinfection.....	24
Figure II.14 : Grafcet arrêt d'urgence.....	24
Figure II.15 : Structure d'un système automatisé.....	25
Figure II.16 : Structure matérielle d'un automate S7-1200.....	27
Figure II.17 : CPU d'un automate de type S7-1200.....	27
Figure II.18: Schéma de principe de la régulation en cascade.....	30

Chapitre III Programmation et supervision

Figure III.1 : Vue portail.....	33
Figure III.2 : Vue projet.....	33
Figure III.3 : Structure du programme.....	34
Figure III.4 : Appel des blocs fonctionnels FC dans l'OB.....	36
Figure III.5 : programmation de la régulation cascade.....	37
Figure III.6 : Commande ouverture et fermeture vannes.....	38
Figure III.7 : Affichage l'état des vannes.....	38
Figure III.8 : Gestion de l'état de fonctionnement du moteur.....	40
Figure III.9 : Commande marche moteurs.....	41
Figure III.10 : Affichage l'état de moteurs.....	42
Figure III.11 : Grafcet du mode production à l'étape.....	42
Figure III.12 : Activation de l'étape 0 et attente de l'évaluation vers l'étape 1.....	43
Figure III.13 : Activation de l'étape 1 et attente de l'évaluation vers l'étape 2.....	43
Figure III.14 : Gestion de l'état de fonctionnement de la vanne.....	44
Figure III.15: Mise à l'échelle niveau fondoir.....	45
Figure III.16 : Mise à l'échelle niveau du bac	45
Figure III.17 : Mise à l'échelle de brix.....	45
Figure III.18 : Alarme niveau haute et haute de fondoir	46
Figure III.19 : Alarme niveau haute et basse de fondoir	46
Figure III.20 : Activation de l'étape 200 et attente de l'évaluation vers l'étape 201.....	47
Figure III.21 : Activation de l'étape 201 et attente de l'évaluation vers l'étape 202.....	48
Figure III.22 : Grafcet du mode désinfection à l'étape.....	48
Figure III.23 : Activation de l'étape 300 et attente de l'évacuation de l'étape 301.....	49

Figure III.24 : Configuration et paramétrage du matériel.....	51
Figure III.25 : la vue d'accueil de l'IHM.....	52
Figure III.26 : La vue paramètres de l'IHM.....	52
Figure III.27 : La vue process de la nouvelle station refonte	53
Figure III.28 : Mode Production.....	53
Figure III.29 : Mode Prélavage	54
Figure III.30: Mode Désinfection.....	55
Figure III.31 : Discordance de l'agitateur.....	56
Figure III.32 : Vue des alarmes.....	56
Figure III.33 : Vue des courbes du brix et température de fondoir.....	57

Liste des abréviations

API : Automate Programmable Industriel

CPU : Central Processing Unit

MANU : manuel

AUTO : automatique

TOR : Tout Ou Tien

E/S : Entrées/Sorties

DB: Data Bloc

PO: Partie Opérative

PC: Partie Commande

PR: Partie Relation

ST: Structured Text

IL: Instruction Liste

PLC SIM: Programmable Logic Controller

GRAFCET: Graphe Fonctionnel de Commande Etapes Transitions

IHM: Interface Homme Machine

OB: Organisation Bloc

FC: Function

FB: Function Bloc

DB: Data Bloc

PRPFIBUS: Process Filed Bus

PID: Proportionnel Intégral Dérivée

Kp: Coefficient de Gain Proportionnel

Ti: Temps d'intégration

Td: Temps de Dérivation

TIA Portal : Totally Integrated Automation Portal

V16 : Version 16

MPI : Multi Point Interface

Liste des tableaux

Tableau II-1: liste des composants.....	17
Tableau II.2 : Paramètres PID recommandés selon ma méthode de Zeigler-Nichols.....	29
Tableau II-3 : Paramètres des régulateurs PID.....	29



Présentation du complexe Cevital

Présentation du groupe Cevital

Cevital est un groupe industriel intégré, opérant principalement dans le secteur de l'agroalimentaire : raffinage d'huile et de sucre, produits dérivés, négoce de céréales, distribution de produits destinés à l'alimentation humaine et animale. Ses produits sont de qualité supérieure à des prix compétitifs, grâce à ses installations performantes, son savoir-faire, son contrôle strict de la qualité et son réseau de distribution. Il couvre les besoins nationaux et a permis de faire passer l'Algérie du statut d'importateur à celui d'exportateur pour les huiles, les margarines et le sucre. Ses produits sont commercialisés dans plusieurs pays, notamment en Europe, au Maghreb, au Moyen-Orient et en Afrique de l'Ouest.

1. Historique

Cevital Spa, est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour suite à l'entrée de notre pays dans l'économie du marché. Il a été créé par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se situe à côté du port de Bejaïa et s'étend sur une superficie de 45000 m². Le complexe contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, il vise à satisfaire les besoins du marché national et à exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.

2. Situation géographique

Le complexe agroalimentaire de Cevital est implanté dans le nouveau quai du port de Bejaïa, à trois kilomètres de cette ville, à proximité de la RN 26 et de la RN 9. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité, car elle lui confère l'avantage de la proximité économique. En effet, elle se trouve à proximité du port et de l'aéroport.



Figure 1: Situation géographique du complexe CEVITAL

3. Activités de CEVITAL

L'ensemble des activités du complexe agroalimentaire de Cevital-Béjaïa est principalement concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales et de la margarine. Ce complexe est structuré en unités de production, comme suit :

- Conditionnement de Sucre;
- Raffinage de sucre;
- Production de margarine;
- Stockage des céréales;
- Conditionnement d'huile;
- Raffinage des huiles.

4. Différentes sections de sucre liquide [1]

5.1 Unité 100 : Déminéralisation

L'objectif principal de l'unité 100 est d'éliminer les sels minéraux et les impuretés ioniques dissous dans la solution de sucre. La déminéralisation est essentielle pour améliorer la stabilité du sucre liquide, prévenir les réactions indésirables et satisfaire les exigences de pureté imposées par l'industrie agroalimentaire.

5.2 Unité 200 : Hydrolyse

L'hydrolyse a pour but de décomposer le saccharose en ses deux composants de base : le glucose et le fructose. Ce procédé est largement utilisé pour produire des sirops de sucre inversé, appréciés pour leur pouvoir sucrant supérieur et leur meilleure résistance à la cristallisation.

5.3 Unité 300 : Filtration sur Charbon (Filtration sur Charbon)

L'unité 300 permet de purifier la solution de sucre en éliminant les colorants, les composés organiques et les résidus de l'hydrolyse. Le charbon actif est utilisé pour adsorber ces impuretés, améliorant ainsi la clarté et la qualité du sucre liquide.

5.4 Unité 400 : Pasteurisation

Le procédé de pasteurisation est employé pour détruire les micro-organismes potentiellement présents dans la solution de sucre, garantissant ainsi la sécurité microbiologique du produit final. Il contribue également à prolonger la durée de conservation du sucre liquide.

5.5 Unité 500 : Concentration

Cette unité permet d'ajuster la teneur en sucre de la solution pour atteindre la concentration finale souhaitée, généralement exprimée en % Brix. L'excédent d'eau est évaporé pour obtenir un sucre liquide plus dense

5.6 Unité 600 : Stockage et Chargement

Le sucre liquide final est stocké dans des conditions optimales avant d'être chargé pour distribution. Cette unité assure la préservation des qualités physico-chimiques et microbiologiques du produit.

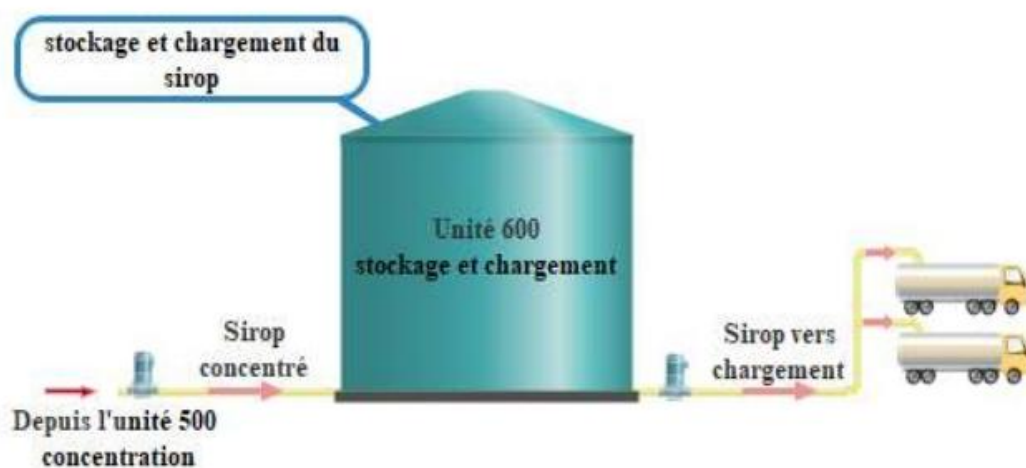


Figure 7 : Unité 600 : Stockage et Chargement

Introduction Générale

Introduction générale

Le raffinage du sucre est une étape cruciale dans l'industrie agroalimentaire, visant à transformer le sucre brut en un produit raffiné, conforme aux normes de qualité exigées par le marché. Ce processus complexe comprend plusieurs phases successives, telles que la purification, la décoloration, la cristallisation et le séchage. Parmi ces étapes, la refonte du sucre liquide occupe une place stratégique, permettant d'obtenir une solution homogène utilisée dans diverses applications industrielles, notamment dans la fabrication de boissons, de confiseries et de produits laitiers.

L'automatisation et la régulation des procédés industriels jouent un rôle déterminant pour garantir l'efficacité des opérations. L'intégration de technologies avancées de contrôle permet d'optimiser la productivité, tout en assurant une qualité constante des produits. De plus, l'automatisation réduit les erreurs humaines et permet de respecter les normes strictes de sécurité alimentaire et de conformité réglementaire.

L'objectif de ce projet est d'automatiser l'atelier de refonte du sucre liquide et de développer une programmation basée sur la régulation en cascade, afin de maintenir une concentration de sucre à $65\% \pm 0,5$, mesurée à l'aide d'un brixmètre.

Pour atteindre notre objectif nous allons utiliser un automate de la gamme Siemens S7-1200 en assurant le bon fonctionnement du système d'automate. Le simulateur S7-PLCSIM sera utilisé pour visualiser et corriger le programme de l'implémenter sur l'API.

Pour structurer clairement notre travail, ce manuscrit est organisé en trois chapitres :

- ✓ **Chapitre I** : Étude de l'ancienne installation de Refonte de sucre liquide ;
- ✓ **Chapitre II** : Conception du système d'automatisation et de régulation ;
- ✓ **Chapitre III** : Programmation et supervision.

Enfin, ce mémoire de fin d'études se termine par une conclusion générale

Chapitre I



Etude de l'ancienne installation de Refonte du sucre liquide

I.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré à l'étude descriptive de l'ancienne installation de refonte de sucre. L'objectif est de à comprendre et à optimiser les paramètres essentiels du processus, notamment la température, la viscosité et la concentration en sucre. Cette installation présente en effet un dysfonctionnement signalé par l'équipe de maintenance. L'étude descriptive nous permettra de mieux cerner la nature du problème, de formuler une problématique claire et de proposer une solution technique adaptée.

I.2 Description détaillée du processus de refonte du sucre

La refonte de sucre est un processus de transformation du sucre solide en une solution liquide homogène, utilisée dans de nombreux secteurs. Ce processus demande une maîtrise rigoureuse des conditions thermiques, de la concentration et de la qualité pour obtenir un produit final stable et conforme aux normes ;

I.2.1 Les différentes étapes

I.2.1.1 Fusion (Refonte)

La fusion du sucre, également appelée refonte, est une étape cruciale dans le processus de raffinage. Elle consiste à dissoudre le sucre brut dans un milieu aqueux, généralement de l'eau chaude, pour obtenir un sirop homogène. Cette opération est effectuée typiquement à une température comprise entre 50 °C et 90 °C, idéalement autour de 80°C. Ce contrôle thermique permet de favoriser la dissolution sans entraîner la dégradation du sucre [2].

La fusion du sucre brut a pour principaux objectifs :

- ✓ **Dissolution du sucre:** Cette étape permet de dissoudre le sucre brut afin d'éliminer les impuretés superficielles et de préparer le produit aux traitements suivants.
- ✓ **Homogénéisation :** Le mélange est agité pour obtenir un sirop homogène, condition indispensable pour assurer la qualité des phases de purification et de cristallisation.

Le processus de fusion est réalisé dans des réservoirs de refonte, conçus spécialement pour permettre :

- ✓ Une chauffe contrôlée du mélange, généralement autour de 80 °C ;
- ✓ Une agitation mécanique efficace assurant une dissolution complète et homogène du sucre dans l'eau.

I.2.1.2 Mélange [2]

Le mélange est une étape qui suit immédiatement la fusion. Il s'agit d'assurer l'homogénéité du sirop obtenu après la dissolution du sucre. Cette étape est cruciale pour garantir que le sirop est uniformément chargé en sucre et en impuretés, facilitant ainsi les traitements ultérieurs.

+ Techniques de mélange

- ✓ **Agitation Mécanique** : Des agitateurs mécaniques sont utilisés pour mélanger le sirop et garantir son homogénéité.
- ✓ **Recirculation du Sirop** : Le sirop peut être pompé à travers des circuits pour assurer une recirculation continue et une homogénéisation optimale.

+ Importance du Mélange

- ✓ **Purification efficace** : un sirop homogène permet une purification plus efficace lors des étapes suivantes, comme la phosphatation et la floculation.
- ✓ **Cristallisation uniforme** : L'homogénéité du sirop favorise une cristallisation uniforme du sucre, ce qui est essentiel pour obtenir des cristaux de qualité.

I.2.1.3 Purification (Traitement Chimique) [3]

Après la refonte, le sirop peut subir un traitement chimique tel que la carbonatation ou la phosphatation pour éliminer certaines impuretés en formant des précipités qui seront ensuite filtrés.

I.2.2 Les paramètres clés du processus

Dans le processus de refonte du sucre, plusieurs paramètres clés doivent être surveillés et contrôlés pour garantir la qualité, l'efficacité et la stabilité du produit final.

I.2.2.1 Température [4]

- + Influence sur la cristallisation : la température affecte directement la vitesse de cristallisation et la qualité des cristaux. Une température élevée augmente le taux de diffusion, ce qui favorise une cristallisation plus rapide, mais elle peut aussi réduire la sursaturation et augmenter les défauts dans les cristaux.
- + Température optimale pour le saccharose : pour éviter une dégradation excessive des molécules, il est généralement recommandé de maintenir une température inférieure à 80°C.

I.2.2.2 Concentration

La concentration en sucre, souvent exprimée en % Brix, détermine la densité et la viscosité de la solution. Typiquement, la concentration varie entre 60% et 70% Brix. Une concentration trop élevée rend la solution difficile à manipuler, tandis qu'une concentration trop faible peut affecter la qualité du produit final.

I.2.2.3 Viscosité

La viscosité diminue avec l'augmentation de la température, facilitant ainsi le mouvement des molécules vers les sites actifs ou elles peuvent se cristalliser.

I.2.3 Les contraintes et défis typiques du processus

Les contraintes et défis typique du processus de refonte du sucre incluent :

- ✓ **Entartrage des équipements** : les ions calcium et magnésium présents dans le jus sucré peuvent entraîner un entartrage des dispositifs, réduisant leur rendement énergétique.
- ✓ **Rendement faible** : La présence d'impuretés organiques et minérales ralentit la cristallisation, ce qui nécessite souvent un recyclage important des égouts de cristallisation, augmentant la consommation d'énergie.
- ✓ **Opérations coûteuses** : Les procédés traditionnels impliquent des étapes complexes comme le chaulage et la carbonatation, nécessitant des investissements importants.
- ✓ **Qualité du produit final** : La coloration et les impuretés affectent la qualité du sucre final, nécessitant une décoloration supplémentaire pour obtenir un produit de haute qualité.

I.3 Fonctionnement de l'ancienne installation Refonte du sucre liquide

D'après l'ancienne installation la refonte du sucre cristallisé assure d'obtenir un sirop d'une concentration de $60 \% \pm 2 \%$ qui serve à approvisionner l'unité 600.

L'obtention de ce sirop nécessite plusieurs étapes. Initialement, les vannes d'aspiration sont actionnées manuellement. Ensuite, la trémie est remplie de sucre cristallisé qui sera acheminé vers un fondoir de 6 m³ par l'intermédiaire d'un convoyeur à vis. Ce mélange sera agité avec de l'eau chaude à une température de 80 à 85°C. Un groupe motopompe 1 sera utilisé pour établir un circuit fermé avec ce mélange (eau-sucre), permettant ainsi de recirculer le mélange et d'assurer une dissolution adéquate du sucre dans l'eau chaude. Pour prévenir le refroidissement du sirop, ce qui provoque un colmatage, le fondoir sera muni d'un échangeur de chaleur relié à un circuit de vapeur saturée à 120°C grâce à une vanne régulatrice capable de

gérer la température du liquide. Parallèlement, un réfractomètre va évaluer la concentration du sucre dans l'eau pour ajuster la vitesse du convoyeur et l'ouverture/fermeture de la vanne d'arrivée d'eau chaude vers le fondoir, grâce à une boucle de régulation, avec pour but d'obtenir un degré brix conforme à la consigne exigée.

Par débordement, le sirop sera évacué grâce à un tuyau vers un bac de capacité de 3 m³ sous l'effet de graviter. Par la suite, le sirop stocké dans le bac sera vérifié à l'aide d'un réfractomètre. Si son taux de Brix est conforme aux exigences, il sera acheminé vers l'unité de stockage et de chargement grâce à une motopompe 2, sinon un circuit fermé renverra le sirop vers le fondoir. Après une période de fonctionnement déterminée, l'opérateur activera le cycle de nettoyage et de désinfection. L'automate procédera alors à la vidange suivie du nettoyage des réservoirs à l'aide d'eau chaude. À la fin, il est indispensable de stériliser les cuves avec de la vapeur saturée à 120°C.

La figure I.1 présente le schéma de l'ancienne installation de refonte du sucre.

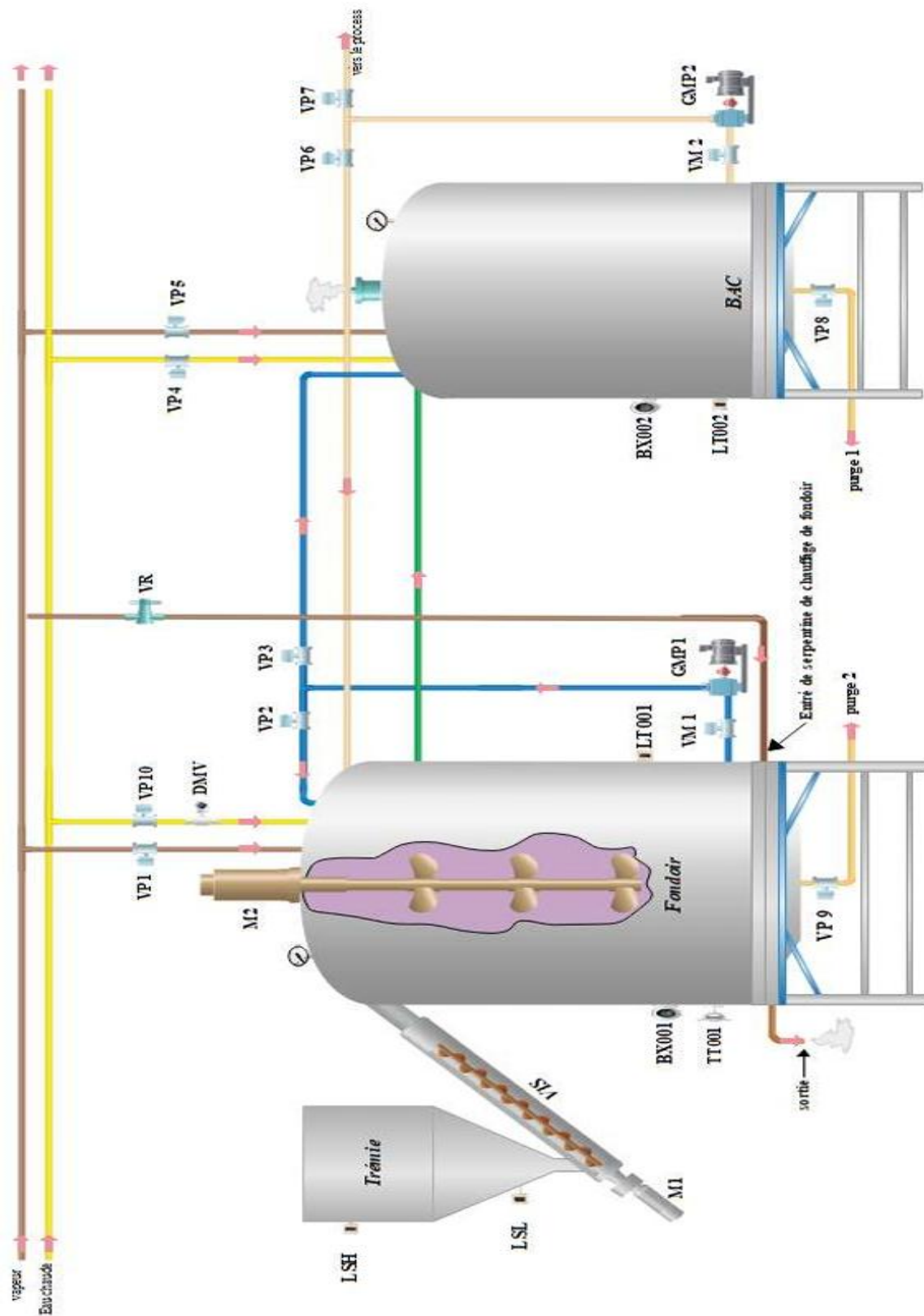


Figure I.1 : Planchait de l'ancienne installatio

I.4 Problématique

Une problématique technique a été soulevée par l'équipe de maintenance de l'unité sucre liquide au sein de l'entreprise Cevital: des dysfonctionnements récurrents sont observés au niveau du système d'alimentation en sucre solide, en particulier un bourrage fréquent de la vis doseuse verticale. Cette vis approvisionne le fondoir, qui constitue l'étape initiale du processus de préparation du sirop.

Ces bourrages ont un impact et provoquent des fluctuations importantes dans le rapport sucre/eau. En conséquence, la concentration en Brix devient instable, avec des écarts parfois supérieurs à la tolérance cible de $\pm 2 \%$ autour de la consigne de 60 %. Cette instabilité compromet la régulation automatique existante et affecte à la fois la qualité du produit final et la continuité de la production.

Chapitre II



Conception du Système d'Automatisation et de Régulation

II.1 Introduction

Ce chapitre traite la conception du système d'automatisation et de régulation de l'atelier de refonte de sucre liquide. Nous présenterons l'automate S7-1200, puis nous réaliserons l'analyse fonctionnelle du système de refonte du sucre liquide. Après, nous procéderons à l'élaboration des Grafcets pour les différents modes (mode production, mode prélavage, mode désinfection), Enfin, on termine ce chapitre par une conclusion.

II.2 Solution proposé

Dans le cadre de notre problématique, nous avons opté pour une solution technique intégrant plusieurs équipements clés associée à une régulation en cascade afin de garantir la performance, la précision et la sécurité du système.

La solution proposée repose sur l'installation des nouveaux équipements suivants :

- ✓ **Elévateur à godets** : utilisé pour le levage vertical du sucre ;
- ✓ **Convoyeur à tapis** : destiné au transport horizontal du sucre vers l'élévateur a godets
- ✓ **Vanne à guillotine** : permet l'ouverture et la fermeture nette du passage du produit. Elle joue un rôle de sécurité en isolant une partie du circuit selon des conditions opérationnelles.
- ✓ **Vanne régulatrice** : utilisée pour ajuster précisément le débit d'eau
- ✓ **Régulation en cascade** : choisie afin d'améliorer la stabilité et la précision du procédé.
- ✓ **Capteurs de sécurité** (rotation, bourrage, déport de bande, déport de sangle, arrêt d'urgence) : installés pour assurer la protection des équipements et la sécurité du personnel.

II.3 Eléments existant

II.3.1 Brixmètre

Un réfractomètre, couramment appelé brixmètre (Figure II.1), est un appareil de mesure qui indique directement la concentration d'une solution de sucre, exprimée en degrés Brix (°Bx). Un degré Brix correspond à 1 gramme de saccharose pour 100 grammes de solution. Dans ce projet, on s'en sert pour mesurer le taux de Brix dans le sirop.

**Figure II.1:** Brixmètre

II.3.2 Vannes pneumatiques, et régulatrices

Les vannes pneumatiques tout ou rien (Figure II.2-gauche) sont installées sur les tuyauteries afin de permettre l'ouverture ou la fermeture complète de la circulation des fluides et du produit d'une section à une autre. En revanche, les vannes régulatrices (Figure II.2-droite) sont utilisées pour régler le débit d'une manière continue.

**Figure II.2 :** Ensemble des vannes (Pneumatique, Régulatrice)

II.4 Éléments ajoutés

II.4.1 Convoyeur tapis

Le tapis roulant constitue une option de manutention automatisée particulièrement appropriée pour les exigences des entrepôts modernes. Son design facilite le déplacement efficace des produits sur différentes distances, que cela soit de manière horizontale ou verticale [5].

II.4.2 Élévateur à godets

C'est une installation mécanique utilisée pour le transport vertical de matières solides en vrac, généralement pondéreuse, à l'aide de récipients fixés à intervalles réguliers sur une bande souple ou une chaîne refermée sur elle-même [6].

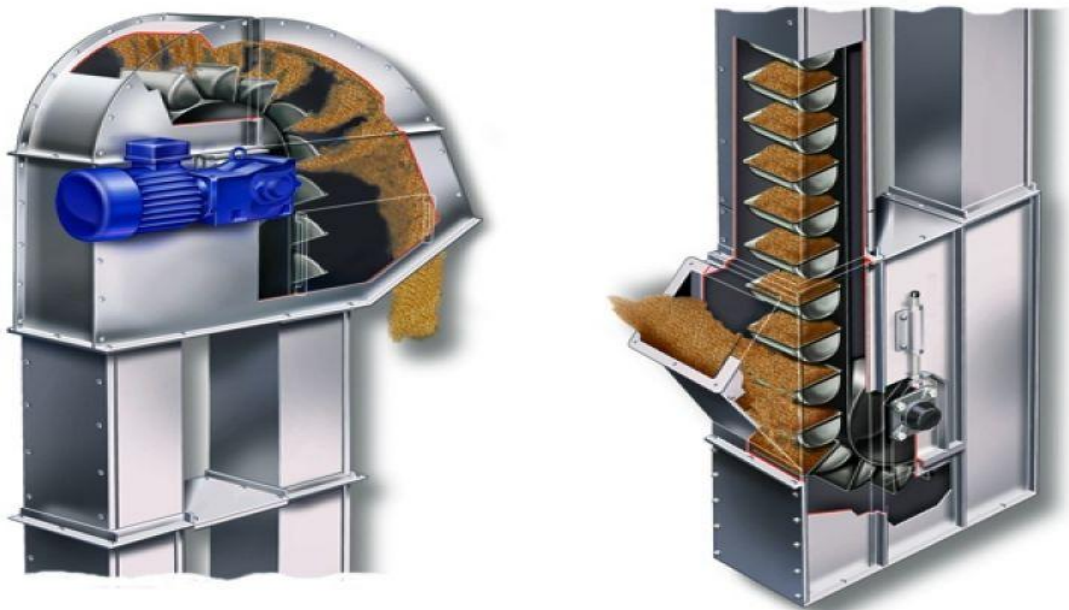


Figure II.3: Elévateur à godet

II.4.3 Capteur de bourrage

Un capteur de bourrage est un dispositif utilisé pour détecter les blocages ou bourrages dans divers systèmes de transport ou de stockage de matières, tels que les vis sans fin, les élévateurs à godets ou les trémies.



Figure II.4: Capteur de bourrage

II.4.4 Capteur Déport de bande

Ce capteur (Figure II.5) détecte le déport de la bande dans les convoyeurs. Le capteur réagit à la pression de la bande pour active un contact dans un relais. Ce relais peut ainsi déclencher une alarme ou provoquer l'arrêt de la machine [7].



Figure II.5: Capteur déport de bande

II.4.5 Capteur de déport de sangle

Comme son nom l'indique, ce capteur (Figure II.6) détecte le déport de sangle dans les élévateurs. Le capteur réagit à la pression exercée par et active contact dans un relais. Ce dernier déclenche une alarme ou provoque [7].



Figure II.6: capteur déport de sangle

II.4.6 Contrôleur de rotation

Un contrôleur de rotation est conçu pour détecter et contrôler la vitesse de rotation d'une machine ou d'un mécanisme.

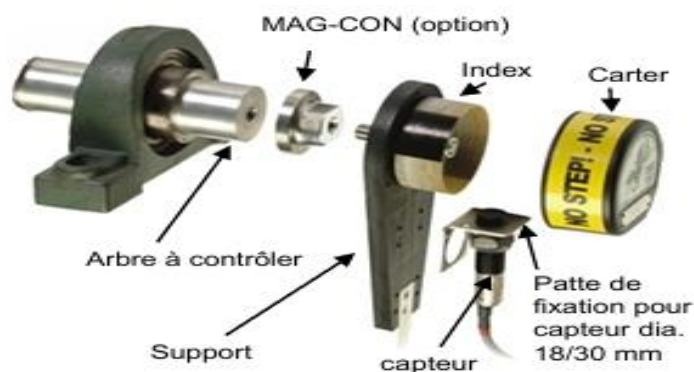


Figure II.7: Contrôleur et support de rotation

II.4.7 Vannes à guillotine

Les vannes à guillotine sont conçues pour l'isolement des réseaux transportant une forte concentration de matières solides en suspension. Elles conviennent pour des fluides corrosifs, abrasifs, boueux ou extrêmement visqueux. Ces vannes sont constituées d'une lame plane qui se déplace verticalement pour permettre ou entraver l'écoulement de la matière [8].



Figure II.8: Vanne à guillotine

II.4.8 Arrêt d'urgence à câble

Un arrêt d'urgence à câble est un dispositif de sécurité utilisé pour déclencher immédiatement l'arrêt d'une machine ou d'un processus dans des situations d'urgence [9].



Figure II.9: Arrêt d'urgence à câble

II.5 Configuration de la nouvelle installation

II.5.1 Schéma

La figure II.10 représente le schéma de l'installation proposée avec les nouveaux composants à insérer.

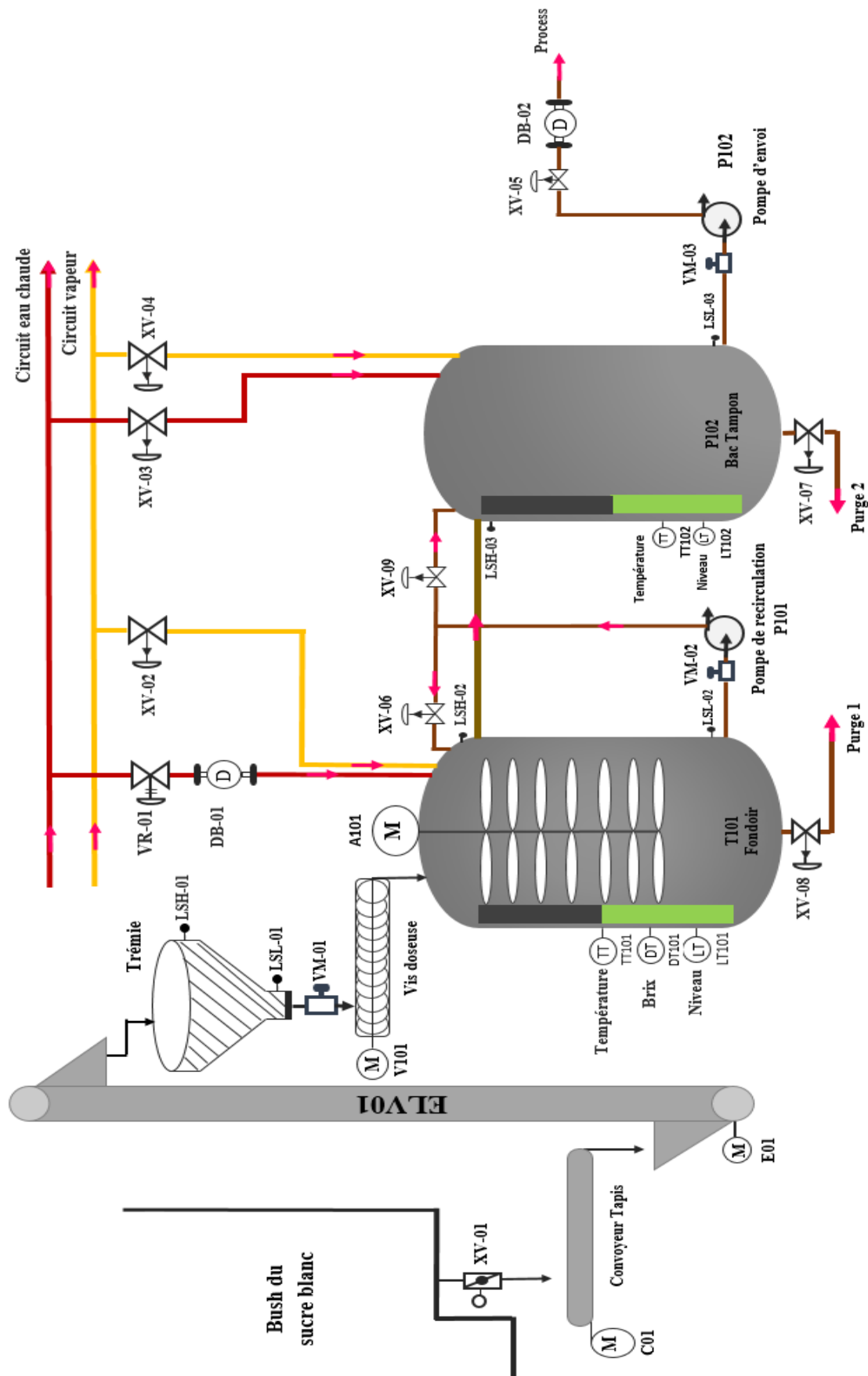


Figure II.10 : planchait de la nouvelle installation

II.5.2 Liste des composants

Dans le tableau ci-après, nous avons listé les divers composants de la nouvelle installation.

Tableau II-1: liste des composants

Code	Désignation
LSH-01	Détecteur de niveau haut de la trémie
LSH-02	Détecteur de niveau haut du fondoir
LSH-03	Détecteur de niveau haut du bac tampon
LSL-01	Détecteur de niveau bas de la trémie
LSL-02	Détecteur de niveau bas du fondoir
LSL-03	Détecteur de niveau bas du bac tampon
V101	Moteur de 5.5 KW pour entrainer la vis doseuse
A101	Moteur de 5.5 KW pour entrainer l'agitateur
LT001	Transmetteur de niveau « PMC51 Endress & Hauser » analogique du fondoir
TT001	Transmetteur de température « TR10 Endress & Hauser » du fondoir
DT101	Brixmètre pour le fondoir
LT002	Transmetteur de niveau « PMC51 Endress & Hauser » analogique du bac tampon
XV-01	Vanne à guillotine
C01	Convoyeur à tapis
E01	Elévateur à godet
LSH-01	Détecteur de niveau haut de la trémie
TT002	Transmetteur de température « TR10 Endress & Hauser » du bac tampon
VR-01	Vanne régulatrice pour l'eau chaude du fondoir
DB-01	Débitmètre volumique pour eau chaude
DB-02	Débitmètre volumique pour le sirop vers le process
XV-02	Vanne à commande pneumatique d'isolation de la vapeur vers le fondoir
XV-03	Vanne à commande pneumatique d'isolation de l'eau chaude pour vers bac tampon
XV-04	Vanne à commande pneumatique d'isolation de la vapeur vers le bac
XV-05	Vanne à commande pneumatique d'isolation de la pompe du sirop vers le process
XV-06	Vanne à commande pneumatique d'isolation pour recirculation du sirop vers le fondoir
XV-07	Vanne à commande pneumatique de vidanger du bac tampon
XV-08	Vanne à commande pneumatique de vidange du fondoir
XV-09	Vanne à commande pneumatique de vidange du fondoir vers le bac tampon

VM-01	Vanne manuelle d'isolation entre la trémie et la vis doseuse
VM-02	Vanne manuelle d'isolation à l'aspiration de recirculation P101
VM-03	Vanne manuelle d'isolation à l'aspiration d'envoi P102
P101	Pompe de recirculation du fondoir
P102	Pompe d'envoi du produit (sirop) vers le process

II.6 Analyse fonctionnelle

II.6.1 Modes de fonctionnement principaux

L'installation fonctionne selon trois modes distincts :

- ✓ **Mode Production** : transformation continue du sucre en sirop, suivie de son acheminement vers le procédé.
- ✓ **Mode prélavage** : nettoyage du circuit avec de l'eau pour éliminer les résidus de sucre avant un nouveau cycle de production.
- ✓ **Mode désinfection** : nettoyage approfondi du circuit avec de la vapeur pour garantir l'hygiène et éviter les contaminations du produit fini.

II.6.1.1 Mode production

Dans ce mode de fonctionnement, l'installation permet de transformer du sucre blanc solide en sirop liquide avec une concentration précise de $65\% \pm 0.5\%$ Brix. Le processus de dosage, de fusion et de régulation est piloté par un système automatisé. Ce dernier utilise une régulation en cascade ajuste continuellement le débit d'eau chaude pour maintenir la concentration souhaitée.

a. Séquence opératoire du Mode Production

Démarrage du process

Une fois le dosage réglé (50 % par exemple) sur le synoptique des paramètres, l'opérateur appuie sur le bouton « **Marche Process** ». Les actions ci-après s'enchaînent dans l'ordre :

1. Démarrage du moteur V101 (vis doseuse) si le niveau haut du fondoir (LSH2) et le niveau haut de la trémie (LSH1) sont pas atteint.
2. Démarrage du moteur A101 (agitateur).
3. Démarrage du moteur E01 (élévateur à godet) si la trémie n'a pas atteint le niveau haut (LSH-01) ainsi que la vis doseuse (V101) est en marche
4. Démarrage du moteur C01 (convoyeur) si l'élévateur (E01) est en marche ainsi qu'il n'y a pas de retour signal bourrage.

5. Ouverture de la vanne à guillotine XV-01 pour alimenter le convoyeur, uniquement si le convoyeur (C01) est en marche.
6. Activation de la régulation en cascade du Brix :
 - ✓ La vanne régulatrice VR-01 ajuste le débit d'eau chaude en fonction des mesures fournies par le Brixmètre.
 - ✓ Ouverture des vannes XV-06 et VM-02 et démarrage de la pompe de recirculation P101 pour permettre recirculation du mélange eau-sucre, assurant ainsi une homogénéisation et une fusion complète.
7. Transfert vers le bac tampon T102 : une fois le niveau de la conduite de débordement est atteint, le sirop se dirige vers le bac tampon T102.
8. Ouverture des vannes XV-05 et VM-03, suivie du démarrage de la pompe d'envoi vers le process P102, fonctionnant à vitesse variable, à condition que le niveau bas du bac tampon T102 ne soit pas atteint.

Régulation de la concentration (Brix)

La concentration en sucre (Brix) est régulée via une régulation en cascade pour assurer un contrôle précis.

1. Boucle principale (Brix)

Dans la boucle principale de régulation, la mesure continue de la concentration du sirop de par le brixmètre permet de générer une consigne de débit d'eau. Mesures-en continue la

Si le Brix est trop bas, cela signifie qu'il y a trop d'eau et par conséquent il réduit la consigne de débit d'eau (moins de dilution). Inversement, si le Brix est trop élevé, la consigne de débit d'eau est augmentée (plus de dilution).

2. Boucle secondaire (Débit d'eau)

Dans la boucle secondaire, le débit d'eau chaude est ajusté par la vanne régulatrice VR-01 pour atteindre la consigne de la boucle principale. Le débit est mesuré par le débitmètre placé sur la conduite d'eau chaude du fondoir après la vanne régulatrice.

Les paramètres principaux de la régulation en cascade sont :

- Concentration Brix : 65 ± 0.5 %. Elle est mesurée toutes les 10 secondes.
- Débit d'eau chaude : 20-100 l/min Le débit d'eau est réglé par la vanne régulatrice VR-01.
- Température de l'eau : 80-90°C. La température du produit est maintenue dans cet intervalle pour favoriser la dissolution du sucre.

Grâce à la régulation en cascade, le système garantit une stabilité et une précision optimales du Brix, évitant les variations excessives et assurant un produit conforme aux spécifications.

✓ **Arrêt de process**

1. Appui sur le bouton "Arrêt Process" ou consigne de production atteinte :

- ✓ Fermeture de la vanne XV-01.
- ✓ Arrêt des moteurs C01 (convoyeur), E01 (Elévateur a godet), V101 (Vis doseuse), A101 (Agitateur).
- ✓ Fermeture de la vanne XV-09.
- ✓ Transfert des résidus : la pompe P102 continue l'envoi du produit jusqu'à détection du niveau bas (LSL) dans le bac tampon.
- ✓ Arrêt de P102.
- ✓ Vidange du contenu du fondoir et du bac tampon dès que les niveaux des bacs sont atteints, la pompe s'arrête la vanne XV-05 se ferme.
- ✓ Ouverture des purges XV-07 et XV-08 pendant 2minutes.
- ✓ Fermeture automatique des vannes après vidange.

II.6.1.2 Mode prélavage

Le mode prélavage est utilisé pour nettoyer le circuit avec de l'eau afin d'éliminer les résidus de sucre avant une nouvelle production.

Avant d'effectuer le mode prélavage le mode process doit être à l'arrêt, et l'ouverture des vannes manuelles VM-02 et VM-03.

Dès l'appui sur le bouton « Mode Prélavage », les étapes ci-dessous se succèdent :

- ✓ Ouverture de la vanne régulatrice VR-01 à 100 % pour remplir le fondoir à 90 %.
- ✓ Une fois le fondoir est rempli à son maximum, fermeture de la vanne régulatrice VR-01.
- ✓ Démarrage du moteur A101 de l'agitateur pour une durée de 5 minutes pour bien fondre le sucre cristallisé sur les différentes parties internes du fondoir.
- ✓ Ouverture des vannes XV-09 et XV-05.
- ✓ Démarrage de la pompe P101 et la pompe P102 pour transférer l'eau vers le bac tampon, puis vers le bac des eaux sucrées.
- ✓ Dès que le fondoir atteint le niveau bas la pompe P101 s'arrête et la vanne XV-09 se ferme.
- ✓ Ouverture de la vanne XV-03 pour remplir le bac tampon à 90%.

- ✓ Après avoir le remplissage du bac au niveau maximum, la vanne XV-03 se ferme. Le contenu du bac tampon est transféré vers le bac des eaux sucrées par la pompe P102.
- ✓ Une fois le niveau bas du bac tampon est détecté, la pompe P102 s'arrête et la vanne XV-05 se ferme.
- ✓ Ouverture des vannes de purge XV-07 et XV08.
- ✓ Après la vidange complète du fondoir et du bac tampon, les vannes XV-07 et XV08 se ferment.

II.6.1.3 Mode désinfection

Ce mode de fonctionnement est utilisé pour un nettoyage approfondi du circuit avec de l'eau pour garantir l'hygiène et éviter les contaminations.

1. Ouvertures des vannes manuelle VM-02, VM-03.
2. Appui sur le Bouton « Mode Désinfection » : On aura le fonctionnement séquentiel ci-après :
 - ✓ Ouverture la vanne de vapeur XV-02 : une vapeur à 90 °C est injectée pendant 10 minutes afin de stériliser complètement les parties internes du fondoir.
 - ✓ Fermeture la vanne XV-02.
 - ✓ Ouverture la vanne de vapeur XV-04 : une vapeur à 90 °C est injectée pendant 10 minutes afin de stériliser complètement les parties internes du bac tampon.
 - ✓ Fermeture la vanne XV-04.

II.7 Elaboration des différents Graficets

Le Graficet (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **É**tape **T**ransition) est une méthode d'analyse et de représentation d'un système automatisé, particulièrement appropriée pour les systèmes à progression séquentielle [10]. Il représente le fonctionnement d'un automatisme par un ensemble de :

- ✓ Étapes auxquelles sont associées des actions ;
- ✓ Transitions entre étapes auxquelles sont associées des conditions de transition (réceptivités) ;
- ✓ Liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

II.7.1 Grafcet Mode Production

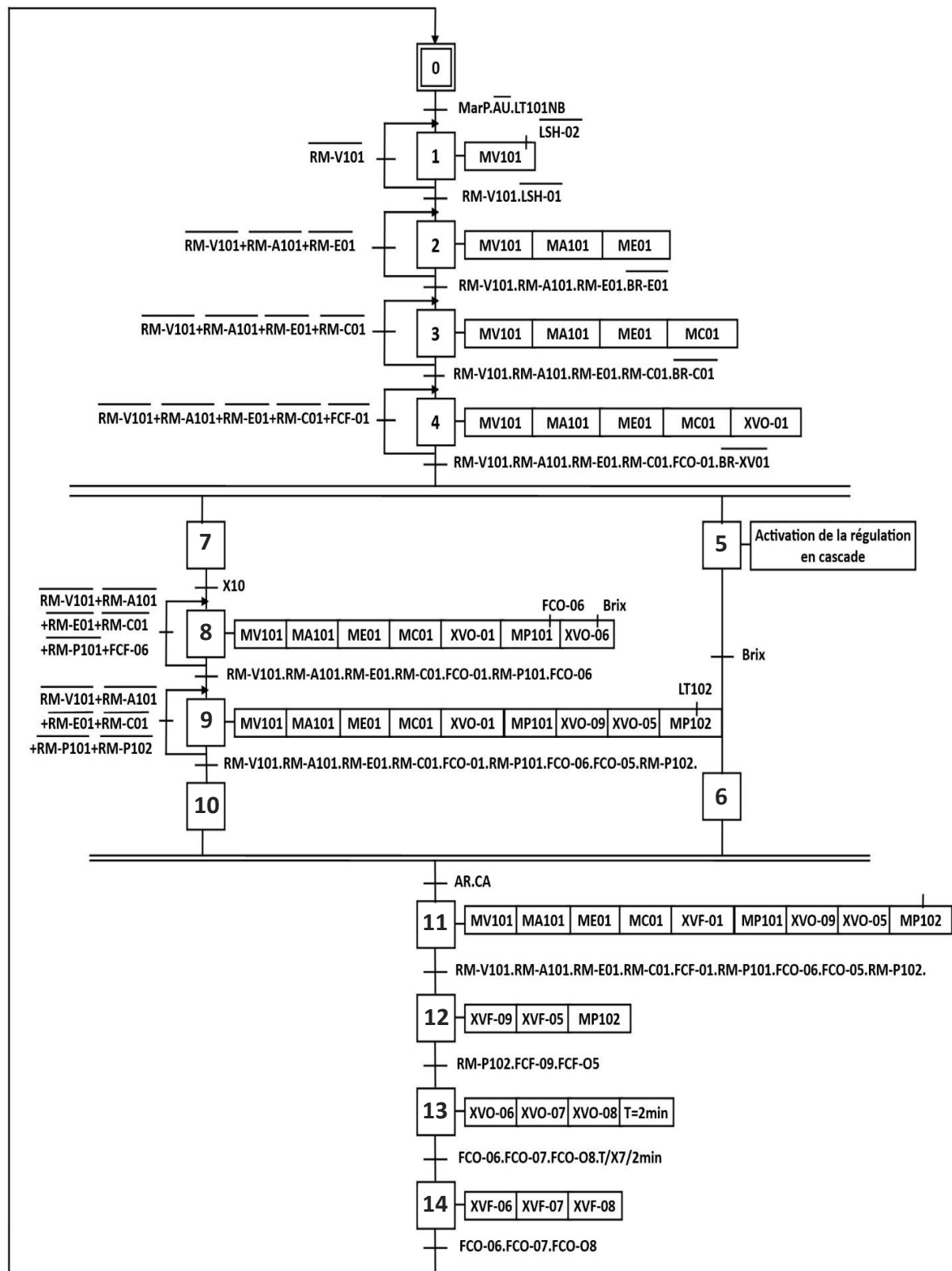


Figure II.11: Grafcet de production

II.7.2 Grafcet mode prélavage

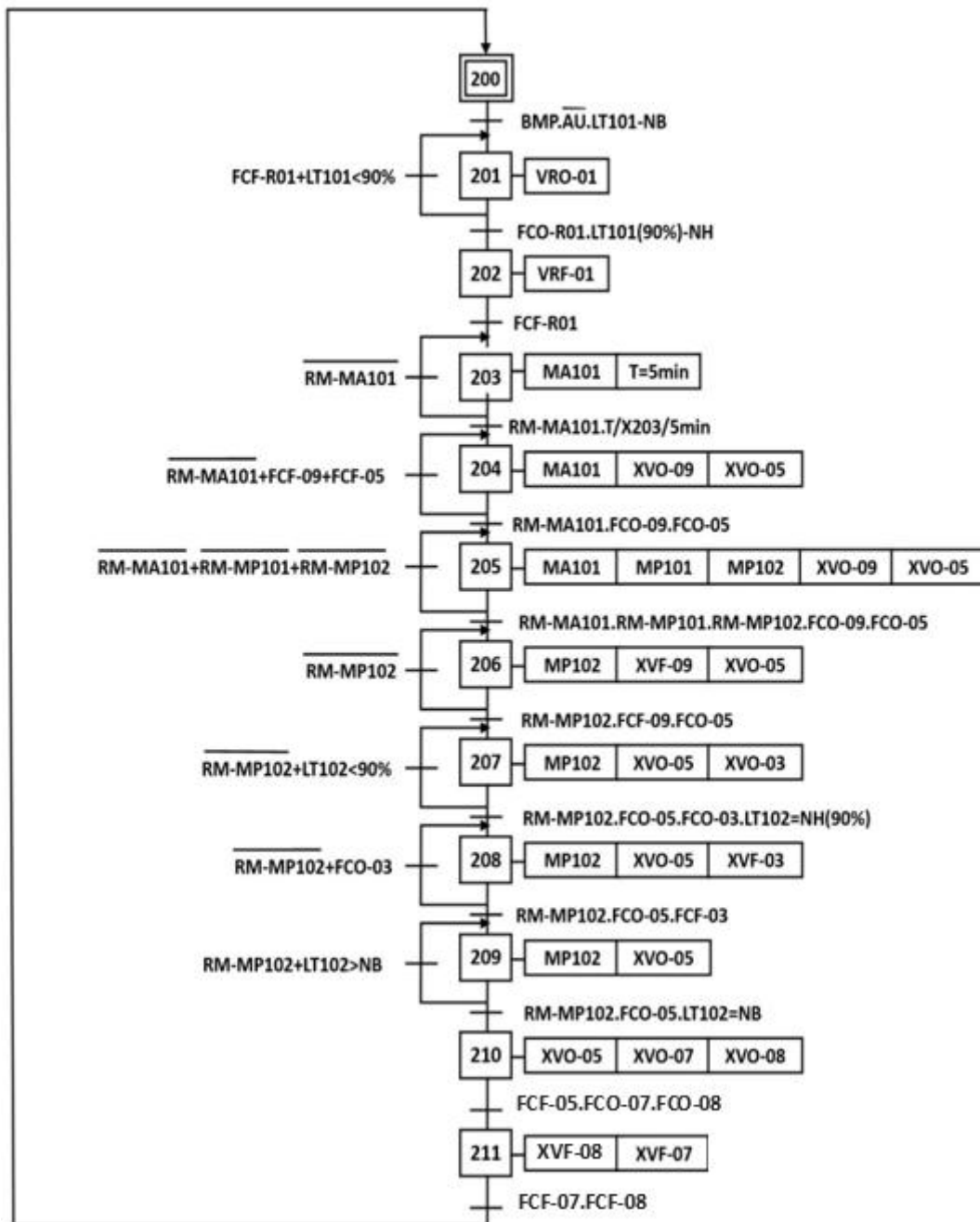


Figure II.12 : Grafcet Mode Prélavage

II.7.3 Grafcet Mode Désinfection

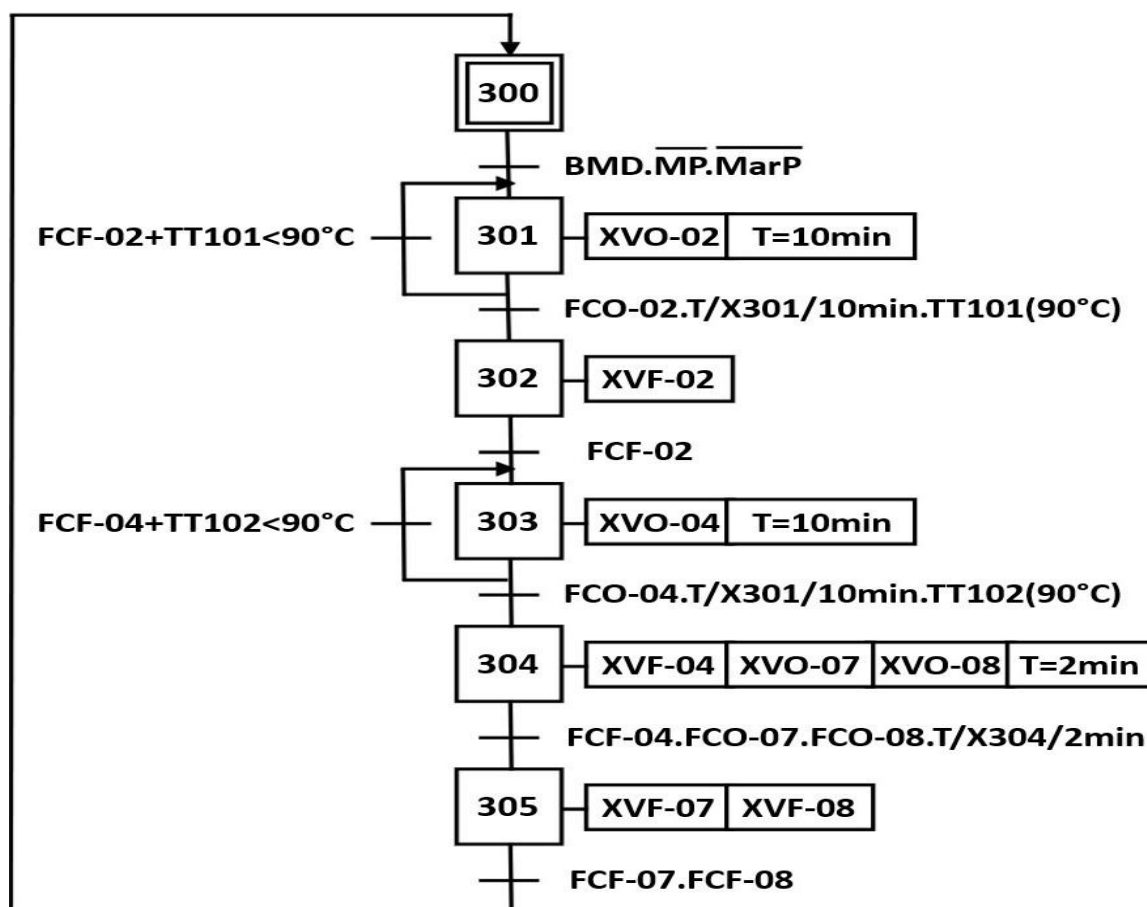


Figure II.13 : Grafcet Mode Désinfection

II.7.4 Grafcet Arrêt d'urgence

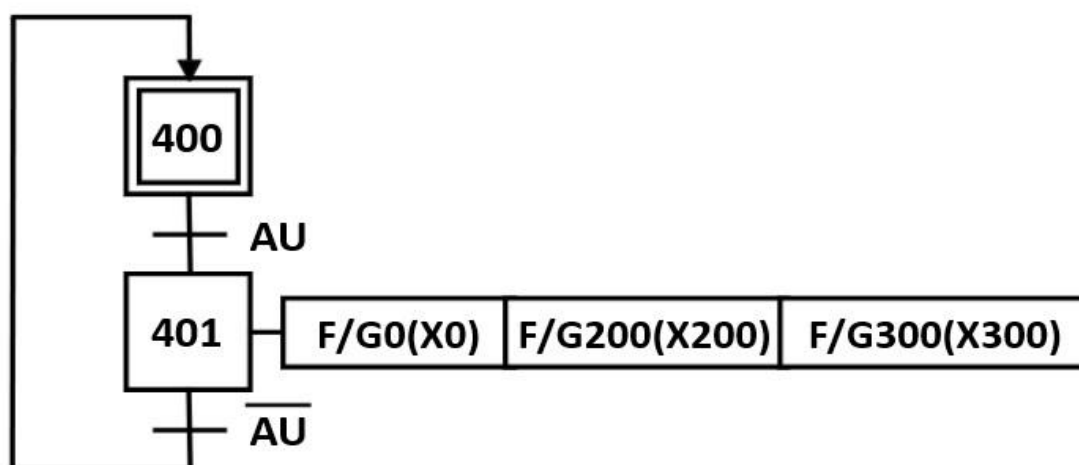


Figure II.14 : Grafcet arrêt d'urgence

II.8 Structure d'un système automatisé

Les systèmes automatisés ont tous la même structure. Ils sont constitués de trois parties : partie relation (PR), partie commande (PC) et partie opérative (PO). La structure d'un système automatisé peut être représentée comme le montre la figure ci-après [11]:

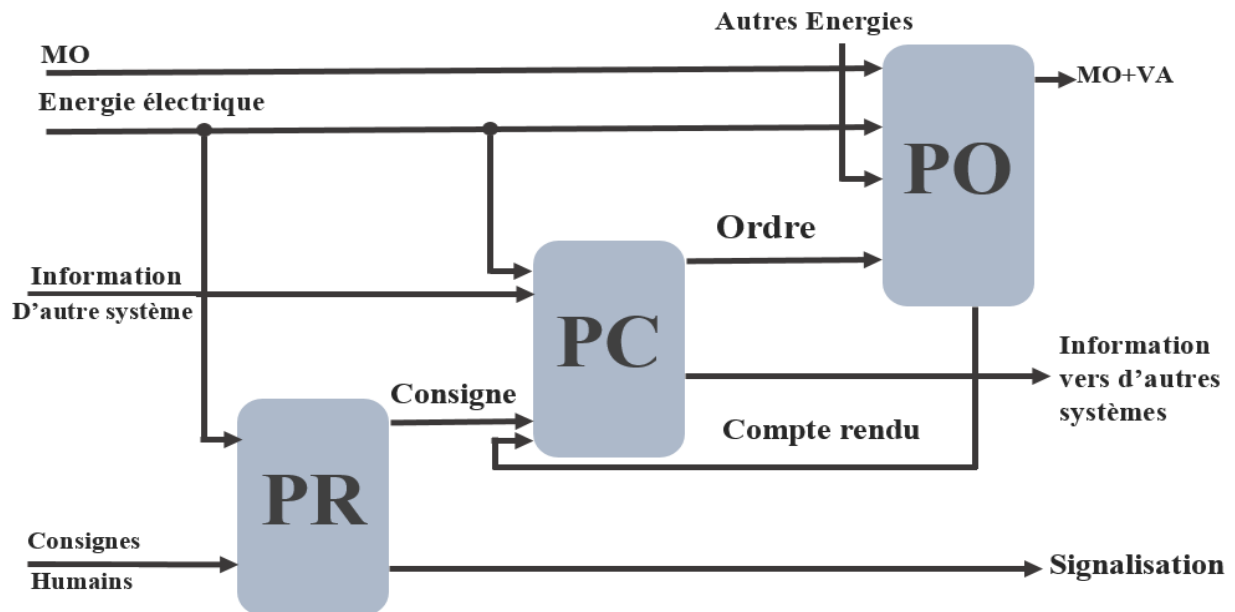


Figure II.15 : Structure d'un système automatisé

II.9 Généralités sur les automates programmables industriels

II.9.1 Définition d'un automate programmable industriel

Un automate programmable industriel (API) est un appareil électronique numérique programmable dédié au contrôle de processus industriels via un traitement séquentiel. Il transmet des directives à des pré-actionneurs, basées sur des entrées (signaux provenant de capteurs) (partie contrôle ou PC coté capteur), des consignes et un programme informatique [12].

II.9.2 Critères de choix d'un automate programmable industriel [13]

Le choix d'un API est basé sur plusieurs critères à prendre en considération afin d'assurer un choix optimal aux exigences du cahier. Parmi ces critères, on cite :

- ✓ La technologie utilisée dans la CPU, c'est-à-dire le type du processeur, sa vitesse de traitement et d'analyse ;
- ✓ Le nombre des entres /sorties avec leur nature (analogique, TOR ...);
- ✓ La disponibilité de service après-vente ;

- ✓ Le langage de programmation à utiliser ;
- ✓ Le type de communication avec les autres systèmes (MPI, Profibus...) ;
- ✓ La robustesse et la stabilité.

II.9.3 Différents langages de programmation

Il existe différents langages de programmation définis par la CEI 61131-3 :

- ✓ IL (Instruction List),
- ✓ ST (Structured Text),
- ✓ LD (Ladder Diagram),
- ✓ FBD (Function Block Diagram),

Lors de la programmation d'un automate, on a aussi l'option d'utiliser le SFC, une variante du grafcet [12].

II.9.4 Type d'automate programmable industriel

Il existe plusieurs types d'automates programmables industriels, adaptés selon la complexité des applications. Voici les différents types d'automates programmables industriels (API) [13] :

- Automate monobloc.
- Automate modulaire.

II.10 Présentation de la gamme d'automate S7-1200

Les automates S7-1200 sont des automates industriels programmables compacts et économiques. Cette catégorie d'automate présente une grande flexibilité.

II.10.1 Structure matérielle de l'automate S7 1200

Dans ce projet de refonte du sucre liquide nous utilisant un automate programmable industriel de la gamme S7-1200, qui est composé de l'automate (CPU) ce dernier sera fixé sur un rack qui va servir à fixer aussi l'ensemble des modules entrées/sorties (SM) que ce soit du type tout ou rien (TOR) ou bien analogique, et des modules de communication (CM) [14].

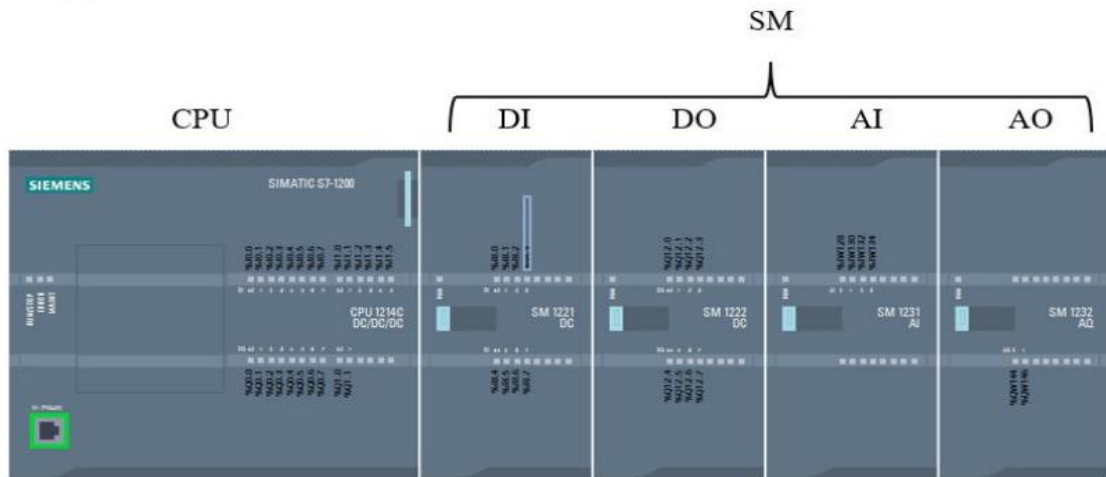


Figure II.16 : Structure matérielle d'un automate S7-1200

II.10.2 Présentation d'une CPU S7-1200

L'automate de type S7-1200 choisi dans le cadre de ce projet est un ensemble compact qui contient un microprocesseur, une alimentation intégrée, des entrées/sorties (TOR, analogique) et un PROFINET intégré. Cette configuration crée et forme un contrôleur de forte puissance qui assure le contrôle et la commande des ensembles d'appareils qui sont connectés à la CPU. Cette dernière (Figure II.17) surveille en temps réel les signaux émis par les entrées afin de modifier les sorties conformément à la logique du programme injecté dans la CPU [14].

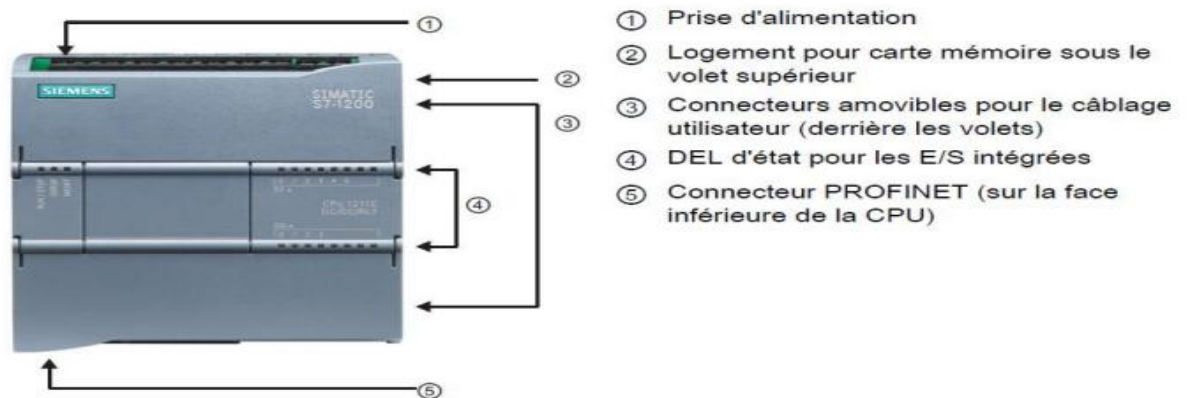


Figure II.17 : CPU d'un automate de type S7-1200

II.10.3 Choix de CPU

La gamme S7-1200 contient une large et vaste collection de CPU. Pour cela, on utilisera une CPU 1214FC DC/DC/RLY d'une référence 6ES7 214-1HF40-0XB0,

II.11 Généralités sur la Régulation

II.11.1 Régulation PID

La régulation PID est largement utilisée dans le secteur industriel afin d'optimiser l'efficacité des systèmes en boucle fermée.

II.11.2 Paramètres PID

- ✓ **Proportionnel P :** L'action proportionnel du régulateur PID réagit à l'erreur actuelle. Plus l'erreur est grande, plus la correction appliquée est importante. Cela permet une réaction rapide aux variations ou aux perturbations du système.
- ✓ **Intégrale I :** L'action intégrale prend en compte l'accumulation des erreurs passées. Elle permet de corriger l'erreur résiduelle à long terme, assurant ainsi que le système atteigne précisément la consigne, sans décalage permanent (ou erreur statique).
- ✓ **Dérivé D :** Cette action anticipe l'évolution future de l'erreur en analysant sa vitesse de variation. Cela permet de réduire les oscillations et d'augmenter la stabilité du système, lors du changement rapide ou de perturbations brusques.

La combinaison de ces trois actions permet d'obtenir une régulation stable, précise et rapide, en compensant les limites de chaque composant pris isolément [15].

II.11.3 Détermination des paramètres PID

Dans notre projet, nous avons utilisé la méthode Ziegler-Nichols pour calculer les paramètres PID. Cette méthode est simple, facile et fiable pour obtenir un réglage initial des paramètres PID.

a. Méthode Ziegler-Nichols

La méthode de Ziegler-Nichols est une technique heuristique classique utilisée pour le réglage initial des paramètres d'un régulateur PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé). Elle a été développée en 1942 par John G. Ziegler et Nathaniel B. Nichols. Cette méthode repose sur deux approches principales, souvent appelées méthode en boucle ouverte et méthode en boucle fermée.

b. Réglage des paramètres PID selon Zeigler-Nichols

Une fois les paramètres critiques K_u et T_u déterminés, les coefficients du PID sont calculés par des formules standards. Dans la méthode en boucles fermée, les réglages typiques sont [16]:

Tableau II.2 : Paramètres PID recommandés selon ma méthode de Zeigler-Nichols

Méthode Zeigler-Nichols			
Régulateur	K_p (Gain proportionnel)	T_i (Temps intégral)	T_d (Temps dérivé)
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$T_u/1.2$	-
PID	$0.6K_u$	$T_u/2$	$T_u/8$

c. Calcul paramètres PID

✓ Boucle secondaire (Débit, rapide)

$K_u = 2, T_u = 10 \text{ s}$:

PID (Boucle débit)	$K_p = 1,2$	$T_i = 5 \text{ s}$	$T_d = 1,25 \text{ s}$
--------------------	-------------	---------------------	------------------------

✓ Boucle principale (Brix, lente)

$K_u = 1, T_u = 30 \text{ s}$:

PID (Boucle Brix)	$K_p = 0,45$	$T_i = 15 \text{ s}$	$T_d = 0$
-------------------	--------------	----------------------	-----------

Pour les boucle lente, l'action dérivée est souvent inutile ($T_d = 0$).

Enfin, les paramètres des deux régulateurs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau II-3 : Paramètres des régulateurs PID

Boucle	K_p	T_i (s)	T_d (s)	Type PID
Secondaire (débit)	1.2	5	1.25	PID
Principale (Brix)	0.45	25	0	PI

II.11.4 Régulation en cascade

a. Définition

La régulation en cascade est une technologie employée pour assurer une réaction rapide des procédés à forte constante de temps face aux perturbations extérieures ainsi qu'aux changements de consigne, tout en réduisant les risques de dépassement de la mesure [17].

La figure ci-après schématise le principe de la régulation en cascade.

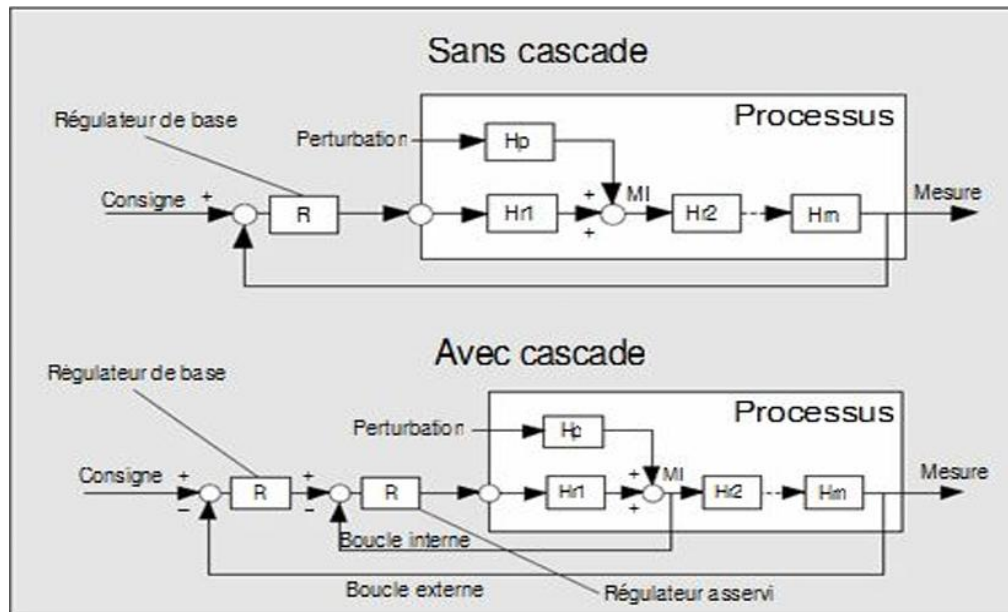


Figure II.18: Schéma de principe de la régulation en cascade

La régulation en cascade implique l'utilisation de deux boucles de régulation imbriquées :

- ✓ **La boucle principale (maître) :** elle mesure la variable de sortie souhaitée et détermine la consigne pour la boucle secondaire. Dans notre cas, cette boucle est réservée à la grandeur contrôlée : le brix.
- ✓ **La boucle secondaire (esclave) :** elle mesure une variable intermédiaire et ajuste l'action de contrôle pour atteindre la consigne fournie par la boucle principale. Dans notre application, nous avons utilisé cette boucle intermédiaire pour le contrôle du débit.

Ce système permet une réponse plus rapide et précise aux perturbations, car la boucle secondaire peut corriger les variations avant qu'elles n'affectent la variable principale.

b. Avantages de la régulation cascade

- ✓ Rapidité de réponse aux perturbations ;

- ✓ Diminution de la variabilité ;
- ✓ Efficacité énergétique ;
- ✓ Amélioration de la qualité du produit ;
- ✓ Adaptabilité et flexibilité ;
- ✓ Maintenance simplifiée [18].

II.12 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons développé une analyse fonctionnelle de l'installation étudiée, qui nous a permis d'élaborer les GRAFCETs des différents modes de fonctionnement. Nous avons également présenté une description générale du système d'automatisation, ainsi qu'un aperçu de la gamme d'automates S7-1200. Enfin, nous avons abordé les généralités sur la régulation, un élément essentiel pour garantir la stabilité et la précision du système, en limitant les variations excessives et en assurant un produit conforme aux exigences du marché en termes de concentration en sucre.

Dans le chapitre suivant, nous allons effectuer la programmation à l'aide du logiciel TIA Portal, version 16, ainsi que la mise en place de la supervision du système.

Chapitre III

**Programmation et
supervision**

III.1 Introduction

Ce chapitre décrit le processus de mise en œuvre de l'automatisation de l'atelier à l'aide de logiciel TIA Portal V16, en combinant la programmation de l'automate S7-1200 et la création d'une interface homme-machine IHM avec WINCC. Après avoir acquis une bonne maîtrise du logiciel, nous avons développé, exécuté et simulé le programme.

III.2 Logiciel Programmation TIA Portal V16

III.2.1 Présentation de logiciel TIA Portal V16

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16, élaboré par Siemens, est une plateforme logicielle dédiée à l'ingénierie intégrée des systèmes d'automatisation industrielle. La version 16 propose des fonctionnalités intégrées permettant la configuration, la programmation et la supervision des équipements industriels pilotés par des APIs développé par Siemens. TIA Portal V16 facilite également la création des IHMs, offrant ainsi une solution complète et cohérente pour l'automatisation industrielle [19].

III.2.2 Vue portail et projet

III.2.2.1 Vue portail

La figure III.1 présente l'interface d'accueil de TIA Portal, appelée « vue portail ». C'est la première fenêtre qui s'ouvre lorsqu'on lance le logiciel. Elle permet de créer un nouveau projet ou de gérer ceux déjà existants de manière simple et rapide. Les éléments principaux de cette interface sont :

1. Zone « Démarrer », 2. Menu de navigation, 3. Zone de mise en route, 4. Onglet « vue du projet », 5. Chemin du projet.

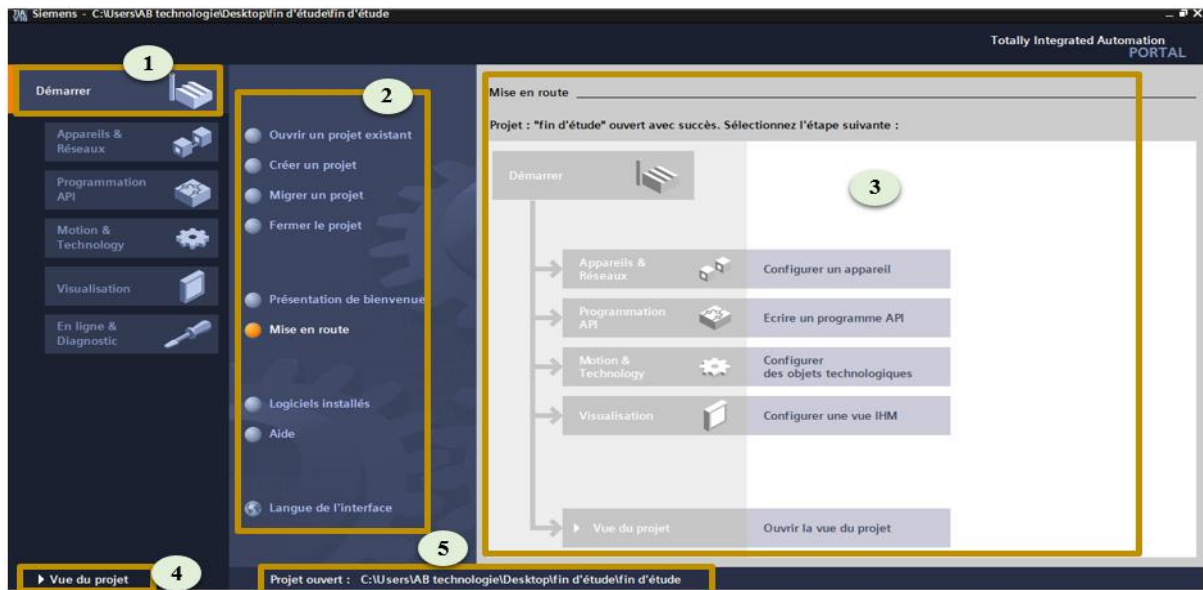


Figure III.1 : Vue portail

III.2.2.2 Vue projet

La figure III.3 présente l'interface principale du logiciel TIA Portal, utilisé pour le développement, la configuration et la programmation des automates Siemens. Elle reflète la structure générale d'un projet d'automatisation et permet une gestion centralisée de l'ensemble de ses composants. Les principaux éléments visibles sur cette interface sont :

1. Menus et barre d'outils, 2. Navigateur du projet, 3. Vue topologique et matérielle,
4. Catalogue des composants, 5. Fenêtre des propriétés, 6. onglet « vue portail ».

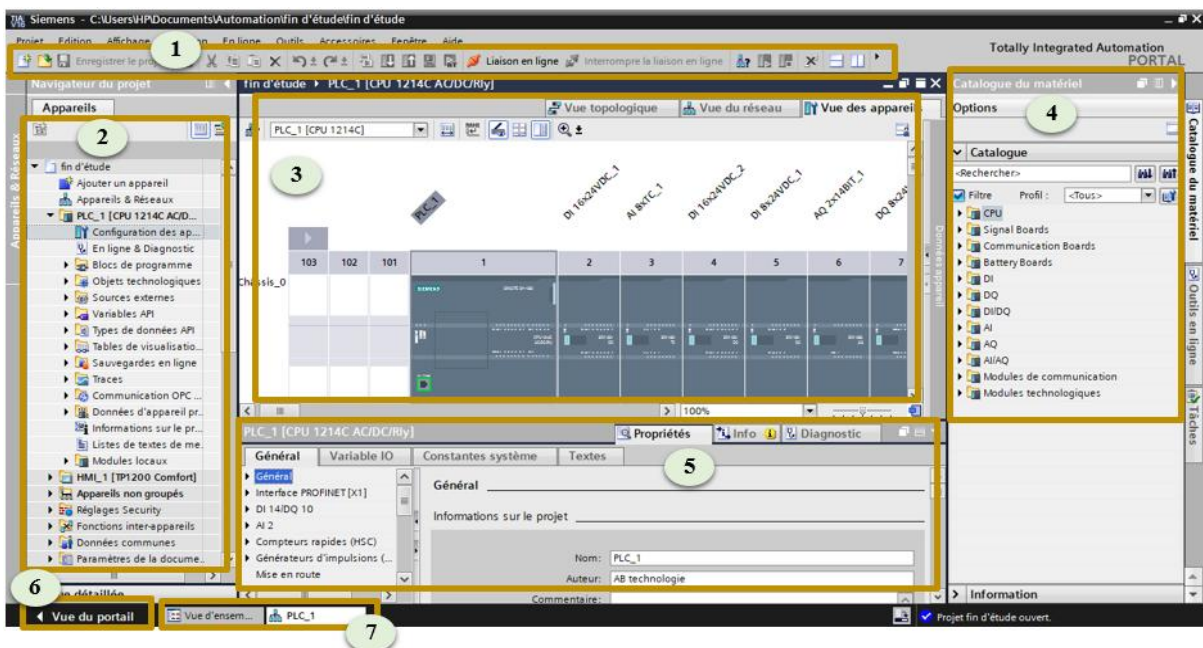


Figure III.2 : Vue projet

III.2.3 Structure du programme

La structure d'un programme dans TIA Portal V16 repose sur une organisation hiérarchique et modulaire, permettant de gérer efficacement des projets d'automatisation industrielle avec les automates Siemens SIMATIC.

La programmation est structurée autour de différents types de blocs, chacun ayant un rôle spécifique :

- **Bloc d'organisation [OB] :** Gère le cycle d'exécution du programme.
- **Bloc fonctionnel [FC] :** Contient des fonctions réutilisables avec mémoire interne.
- **Bloc fonction [FB] :** Réalise une tâche précise sans mémoire interne.
- **Bloc de données [DB] :** Stock des variables (données globales ou locales).

Notre programme est structuré de la manière suivante :

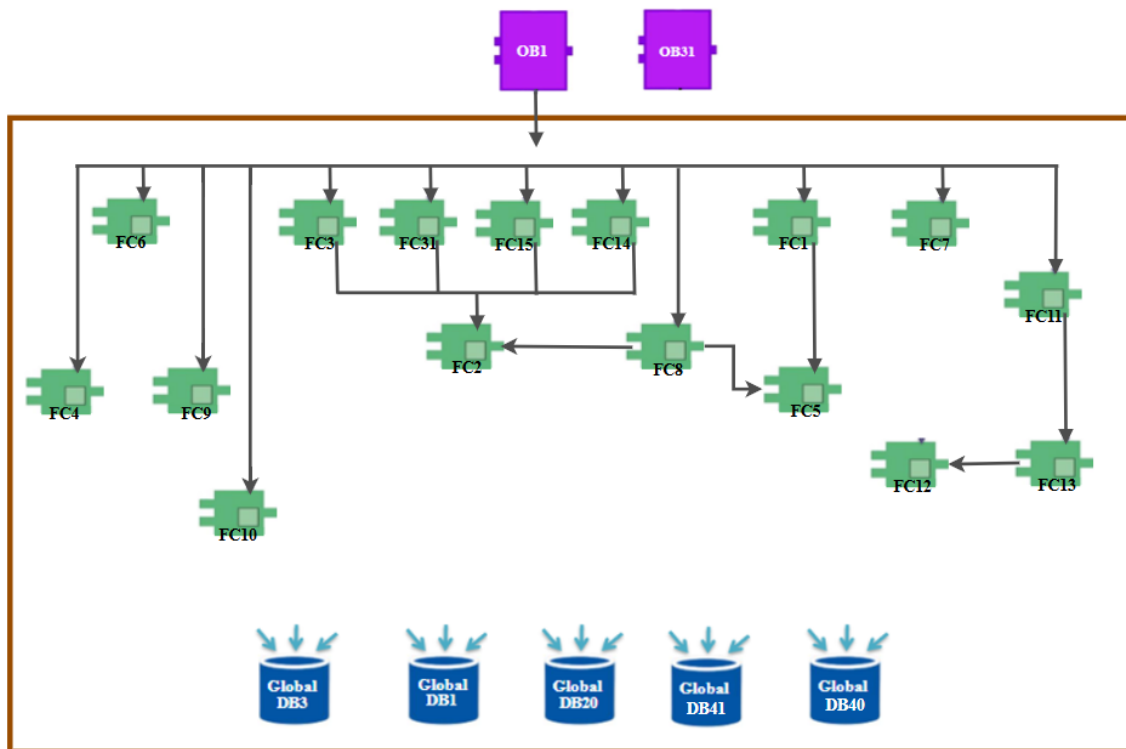


Figure III.3 : Structure du programme

- **OB1 :** Bloc d'organisation ;
- **OB30 :** Cyclic interrupt (régulation cascade) ;
- **FC1 :** Gestion vannes ;
- **FC2 :** Fonctionnement moteurs ;
- **FC3 :** Gestion moteurs ;

- **FC4** : Grafcet en mode production ;
- **FC5** : Fonctionnement vannes ;
- **FC6** : Mise à l'échelle ;
- **FC7** : Alarmes ;
- **FC8** : Fonctionnement auto ;
- **FC9** : Grafcet en mode prélavage ;
- **FC10** : Grafcet en mode désinfection ;
- **FC11** : Comparateur ;
- **FC12** : Analogique ;
- **FC13** : Traitement analogique ;
- **FC14** : Gestion moteur vis doseuse ;
- **FC15** : Gestion moteur élévateur ;
- **FC31** : Gestion moteur convoyeur ;
- **DB3, DB1, DB20, DB40 et DB41** : Blocs de données.

III.3 Programmation de la nouvelle installation refonte du sucre liquide

III.3.1 Réalisation du programme

La réalisation d'un programme sur TIA Portal suit une démarche structurée. Voici les principales étapes :

- ✓ Démarrage et création du projet ;
- ✓ Configuration matérielle ;
- ✓ Elaboration de la table des variables ;
- ✓ Création du programme ;
- ✓ Compilation et transfert vers l'automate.

III.3.2 Les blocs utilisés dans le programme

Dans le cadre du programme développé pour l'automatisation de l'atelier de refonte du sucre liquide, trois types de blocs ont été utilisés. Le bloc OB, FC et DB.

III.3.2.1 [OB1] : Main

Les deux réseaux de la figure III.4 ci-dessous démontrent l'appel des blocs fonctionnels FC4, FC6, FC9 et FC10 dans le bloc d'organisation OB1

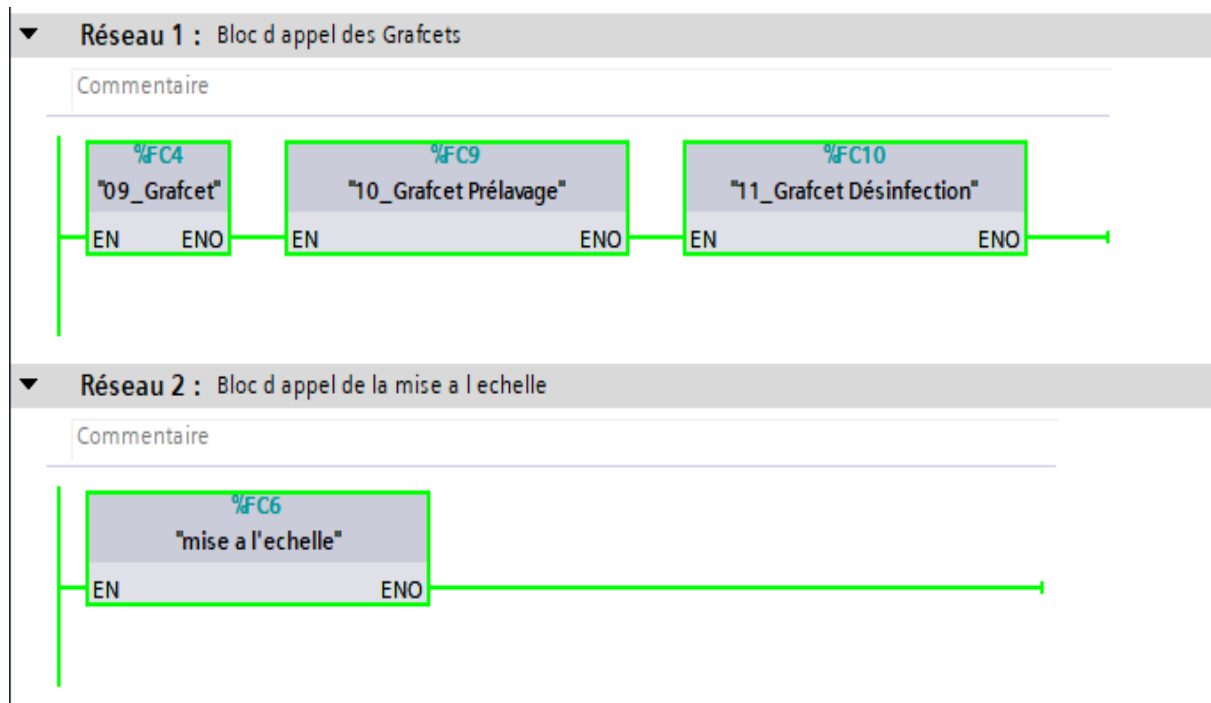


Figure III.4 : Appel des blocs fonctionnels FC dans l'OB

III.3.2.2 [OB30] : Cyclic interrupt

Ce bloc d'organisation met en œuvre deux régulateurs PID_Compact en cascade pour le contrôle de la concentration en Brix.

Simulation du bloc OB30

Le réseau 1 de la figure III.5 ci-dessus représente comme suit :

- Le premier bloc PID_Compact_4 régule la concentration en Brix à partir de la valeur mesurée et de la consigne (commande.consigne_brix). Il délivre une sortie correspondant à un débit de consigne (MD1), utilisée comme consigne pour le second régulateur.
- Le deuxième bloc, PID_Compact_5, régule le débit réel en fonction de la consigne reçue et génère une commande analogique (QW160) vers l'actionneur (vanne régulatrice).
- Des mots mémoire (MW20.1, MW20.2, MW20, MW22) permettent de suivre les états, erreurs et sorties des régulateurs.

Ce système permet une régulation en cascade plus stable et réactive, en particulier utile lorsque la dynamique de l'actionneur est significative.

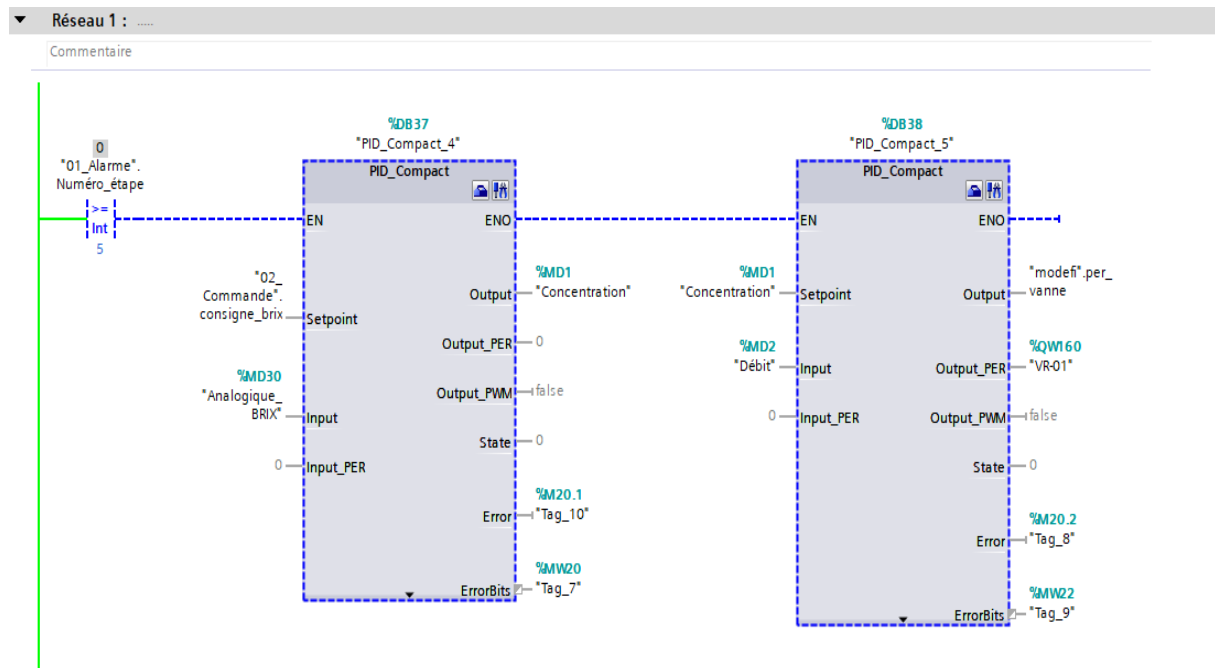


Figure III.5 : programmation de la régulation cascade

III.3.2.3 [FC1] : Gestion des vannes

Ce bloc fonctionnel (FC1) assure la commande de l'ouverture et fermeture de la vanne en fonction du mode de fonctionnement sélectionné (manuel ou automatique) tout en garantissant la sécurité du système.

Simulation du bloc [FC1]

Le réseau 1 de la figure III.6 représente un circuit en ladder pour la commande d'ouverture et de fermeture de la vanne. En mode manuel, l'opérateur peut forcer l'ouverture ou la fermeture de la vanne via les boutons de commande manuelle : CMD_Ouverture_Manu , CMD_Fermeture_Manu, à condition que le bit manu soit actif.

En mode automatique, la vanne est pilotée par une logique automatique via les signaux Ouverture_Auto et Fermeture_Auto, à condition que le bit de sélection du mode automatique soit activé.

Si une discordance ou une erreur est détectée (#Discordance), la vanne est immédiatement désactivée par réinitialisation de la sortie.

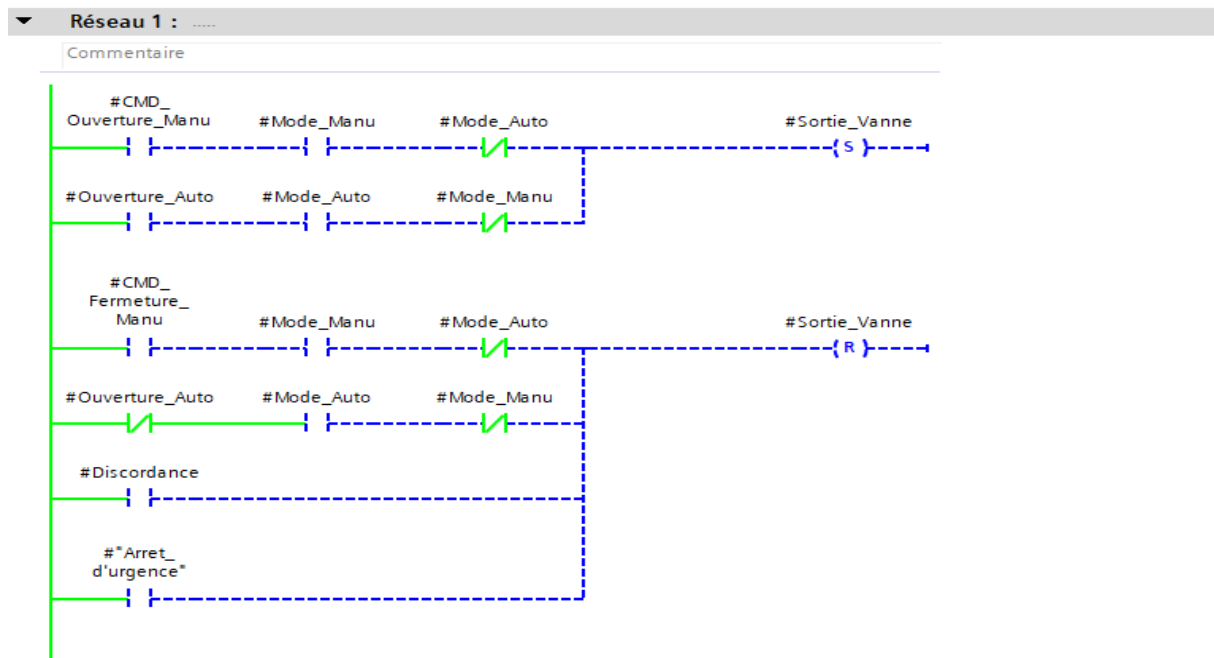


Figure III.6 : Commande ouverture et fermeture vannes

Les trois réseaux de la figure III.7 représentent la gestion des états de la vanne. Si la vanne n'est pas en discordance et qu'un mode (auto ou manu) est actif, le bit de *Etat_vanne* est mis en 1. Si la vanne est ouverte, ce bit est mis en 2. En cas discordance le bit *Etat_vanne* sera mis à 3 afin de signaler une anomalie de fonctionnement.

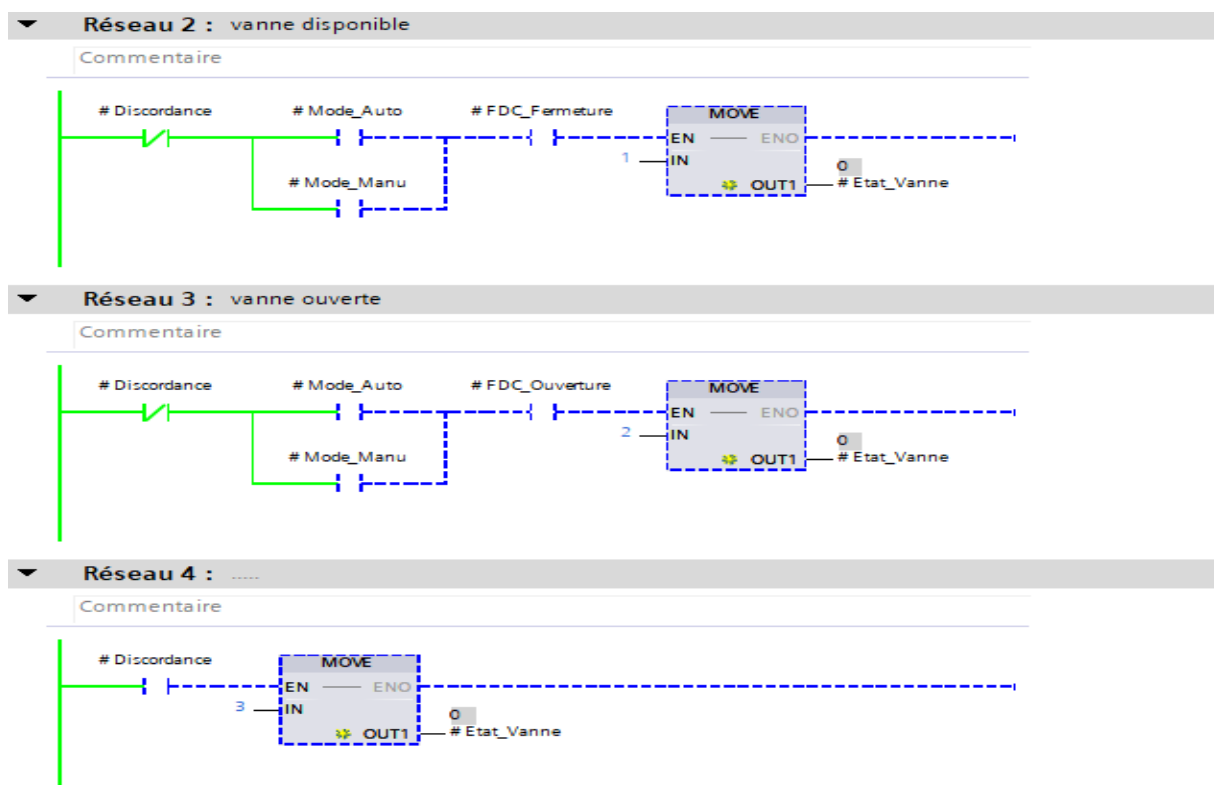


Figure III.7 : Affichage l'état des vannes

III.3.2.4 [FC2] : Fonctionnement moteurs

Le bloc fonctionnel FC2 est destiné la supervision de l'état de fonctionnement des moteurs. Il permet de détecter et d'indiquer les différents états tels que l'arrêt, la marche, ou encore les situations de discordance ou de défaut.

Simulation du bloc FC2

Le réseau présenté dans la figure III.8 représente un bloc fonctionnel préprogrammé qui destiné à afficher l'état de l'élève E101. La sortie de ce bloc, *Etat_moteur*, indique l'état du moteur :

- ✓ 1 : le moteur est à l'arrêt et disponible,
- ✓ 2 : le moteur en marche,
- ✓ 3 : le moteur le moteur est en discordance.

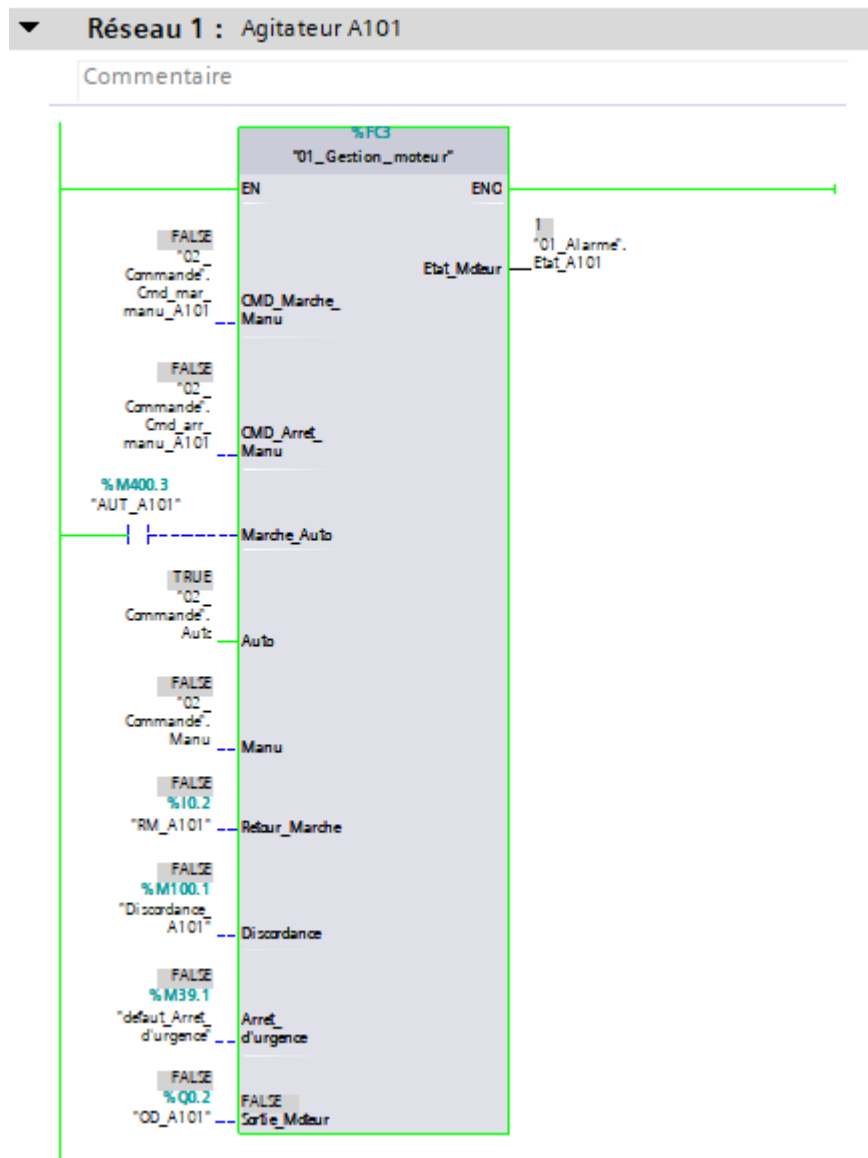


Figure III.8 : Gestion de l'état de fonctionnement du moteur

III.3.2.5 [FC3] : Gestion des moteurs

Le bloc fonctionnel FC1 assure la commande de mise en marche des moteurs, avec gestion du mode manuel/automatique et prise en compte d'un signal de discordance.

Simulation du bloc [FC 3]

Le réseau 1 de la figure III.9 représente un réseau en ladder pour la commande de mise en marche du moteur.

- ✓ En mode manuel (#Manu), si la commande de marche manuelle (#Cmd_Marche_Manu) est activée, la sortie moteur est enclenchée.

- ✓ En mode automatique (#Auto), si une commande de marche automatique (#Marche_Auto) est présente, la sortie moteur (#Sortie_Moteur) est activée (mise à 1).

La sortie de moteur est désactivée si :

- En mode manuel, une demande d'arrêt manuel (#CMD_Arret_Manu) est détecté.
- En mode automatique, aucune demande de marche automatique n'est présente.

Si une discordance est détectée (#Discordance), la sortie moteur est immédiatement réinitialisée pour garantir la sécurité du système.

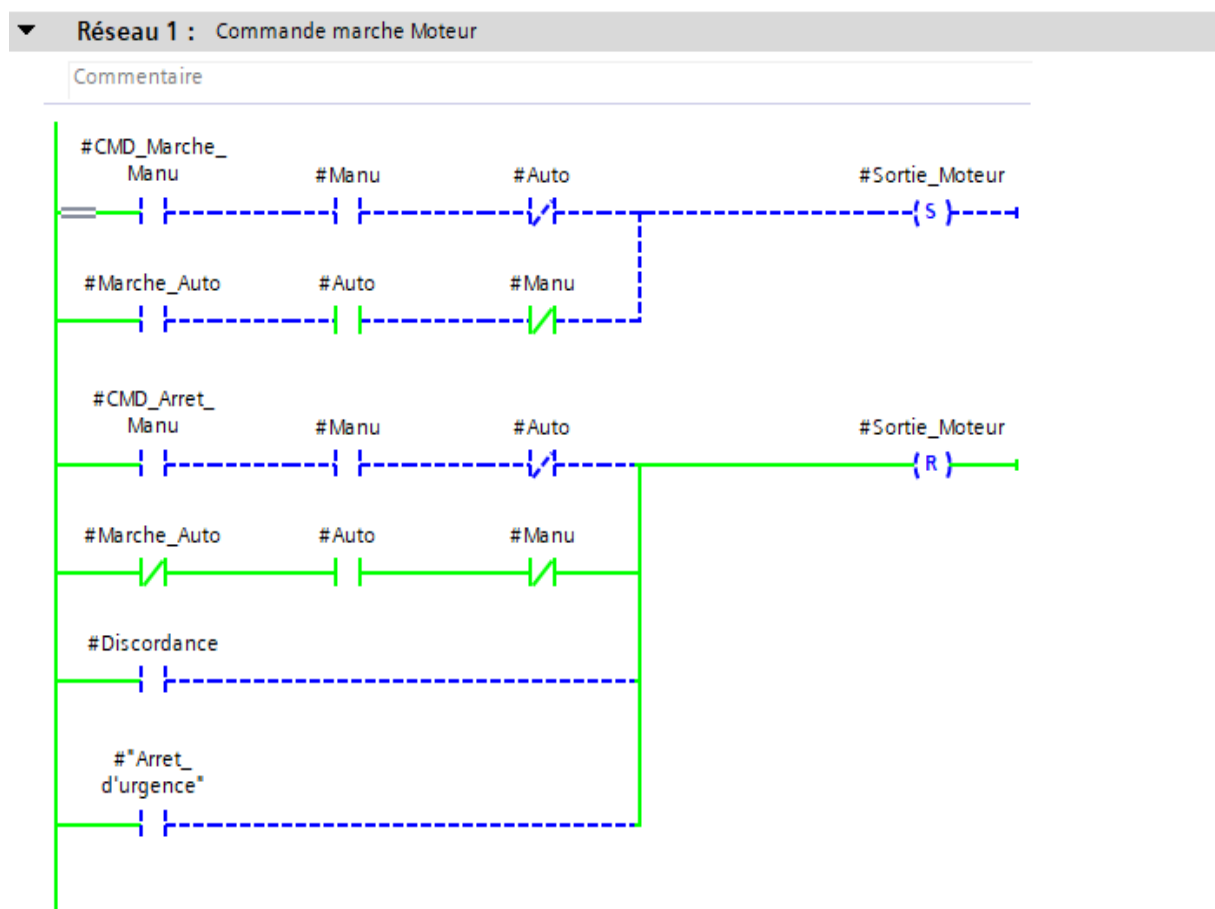


Figure III.9 : Commande marche moteurs

Les trois réseaux de la figure III.10 représentent les indications de l'état du moteur. Si aucune discordance n'est détectée et qu'un mode de fonctionnement (manuel ou automatique) est actif, le bit de *Etat_Moteur* est mis à 1. Si le moteur est en marche, ce bit est mis à 2.

Enfin, en cas de discordance, le bit *Etat_Moteur* sera mis à 3.

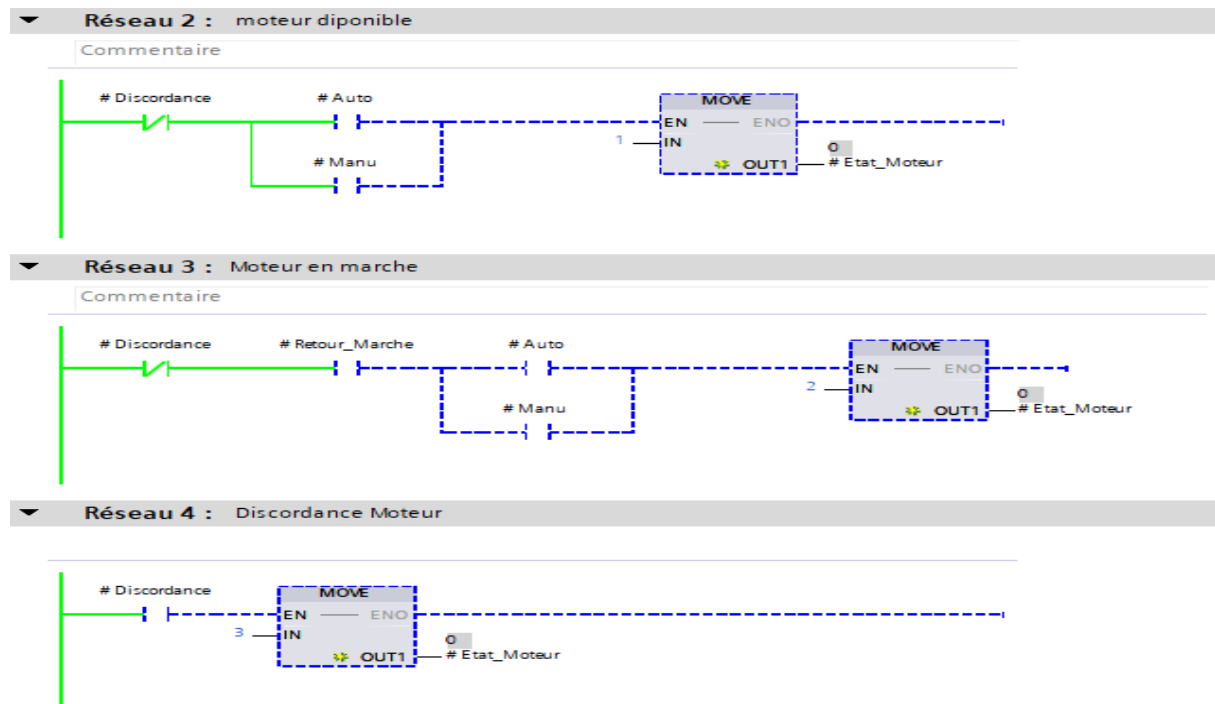


Figure III.10 : Affichage l'état de moteurs

III.3.2.6 [FC4] : Grafcet mode production

Ce bloc fonctionnel est constitué d'une série de réseaux sous forme d'équation ladder qui rassemble toutes les étapes du grafcet en mode production (mode processus). Il intègre également les conditions logiques nécessaires à la réalisation des transitions entre les différentes étapes, assurant ainsi le bon déroulement du cycle automatisé.

Simulation du bloc [FC4]

Le réseau de la figure III.11 ci-après permet d'évaluer l'état du grafcet afin de déterminer s'il est à l'étape 0 (étape initiale) ou à la dernière étape. S'il est à l'étape 0, le système attend la condition de déclenchement pour initier le cycle. S'il atteint la dernière étape, il revient automatiquement à l'étape 0 pour redémarrer le processus.

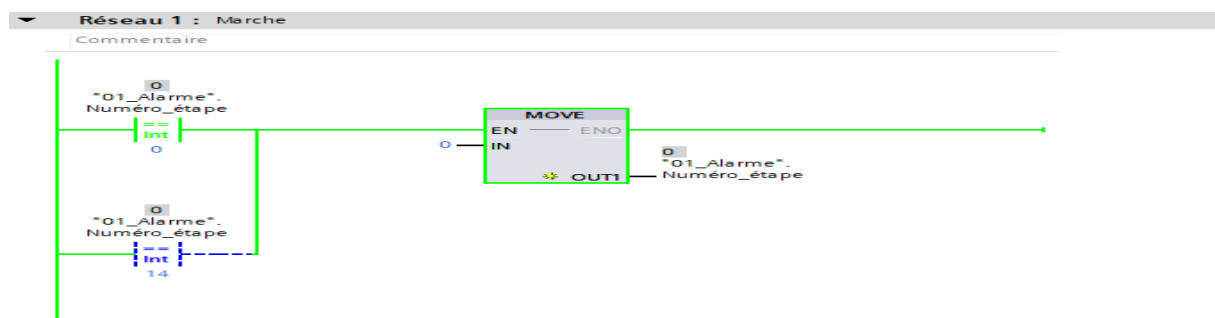


Figure III.11 : Grafcet du mode production à l'étape

Le réseau représenté sur la figure III.12 active l'étape 0 du grafcet tout en garantissant la transition vers l'étape 1.

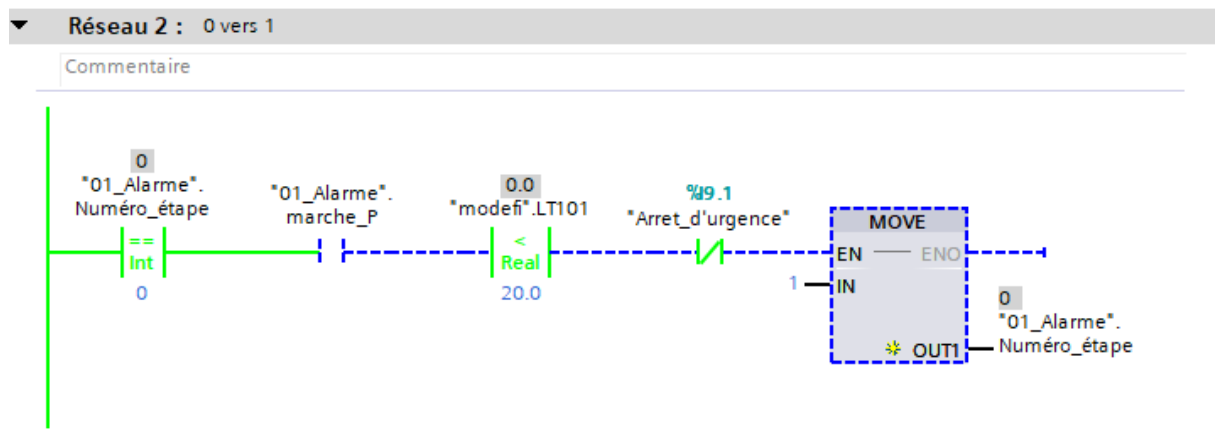


Figure III.12 : Activation de l'étape 0 et attente de l'évaluation vers l'étape 1

Le réseau de la figure III.13 ci-dessous active l'étape numéro 1 du grafcet tout en garantissant la transition vers l'étape 2.

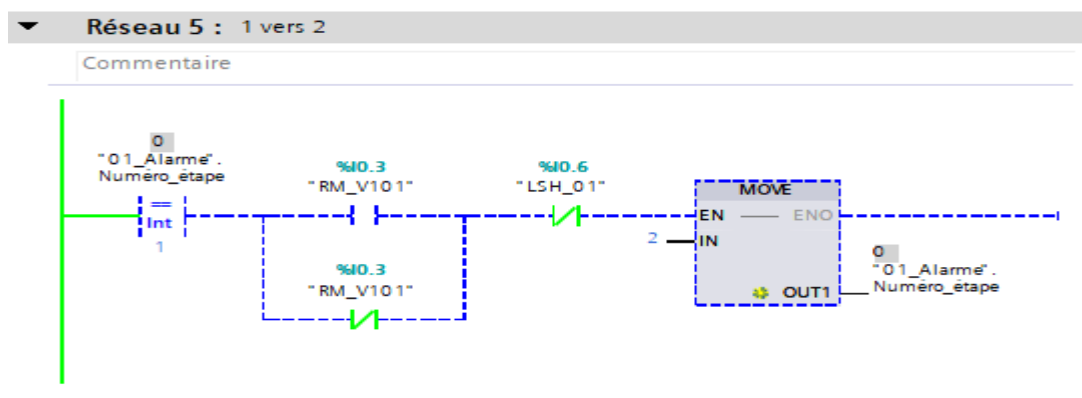


Figure III.13 : Activation de l'étape 1 et attente de l'évaluation vers l'étape 2

III.3.2.7 [FC5] : fonctionnement de vannes

Le bloc fonctionnel FC5 représente le bloc fonctionnel destiné à superviser l'état de fonctionnement des vannes (ouverture, fermeture, discordance...).

Simulation du bloc FC5

La figure III.14 représente le bloc fonctionnel permettant d'afficher l'état de la vanne à guillotine XV-01. Si la sortie de ce bloc (*Etat_vanne*), est à 1 cela signifie qu'elle est fermée et disponible. Si cette sortie est à l'état 2, la vanne ouverte. Si la sortie de ce bloc indique 3, cela indique que la vanne est en discordance.

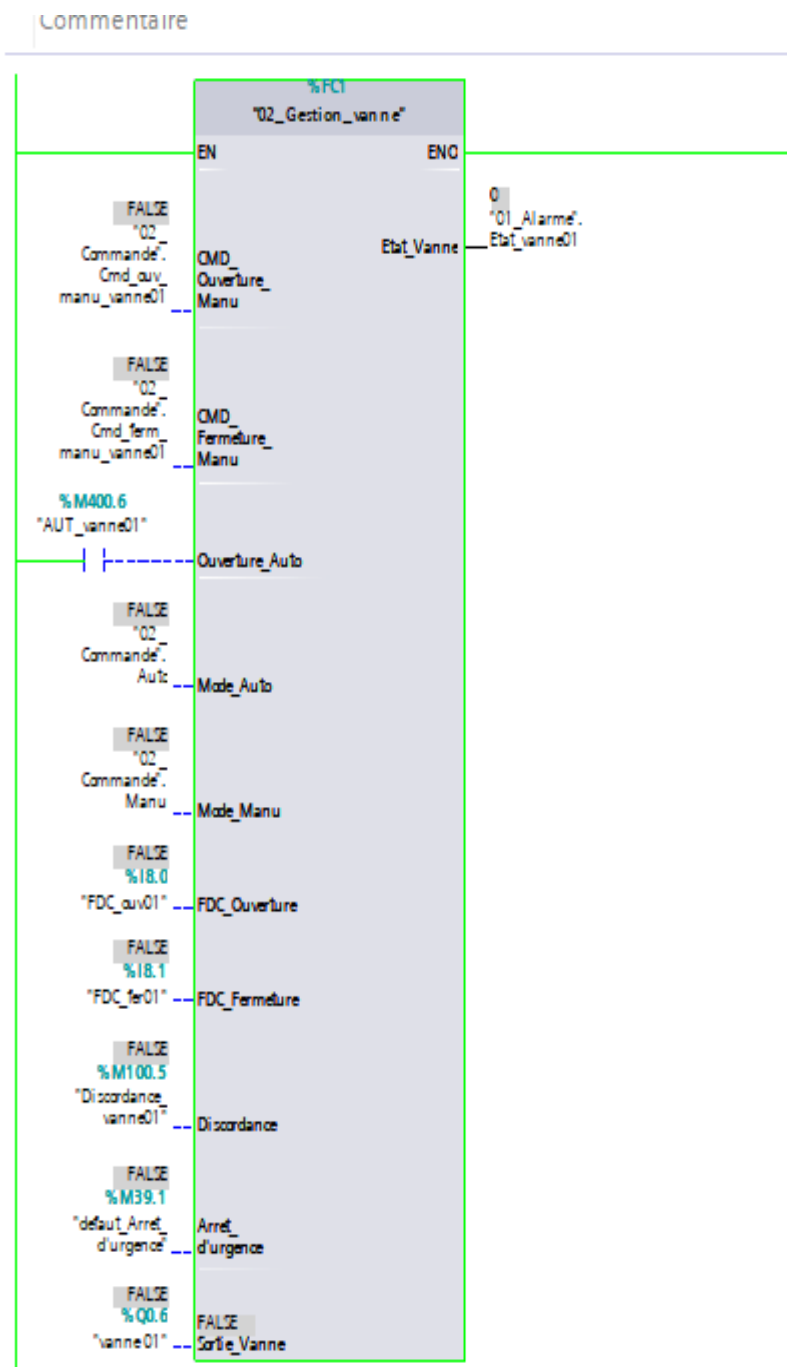


Figure III.14 : Gestion de l'état de fonctionnement de la vanne

III.3.2.8 [FC6] : Mise à l'échelle

Ce bloc fonctionnel permet de faire fonctionner les entrées analogiques des détecteurs en les convertissant en données numériques via deux instructions successives :

- ✓ **NORM_X** : Convertit une valeur d'entrée analogique brute en une valeur normalisée,
- ✓ **SCALE_X** : Transforme une valeur normalisée en une grandeur physique réelle.

Simulation du bloc [FC6] mise à l'échelle

Le réseau de la figure III.15 permet d'effectuer la mise à l'échelle du signal analogique du transmetteur de niveau du fondoir.

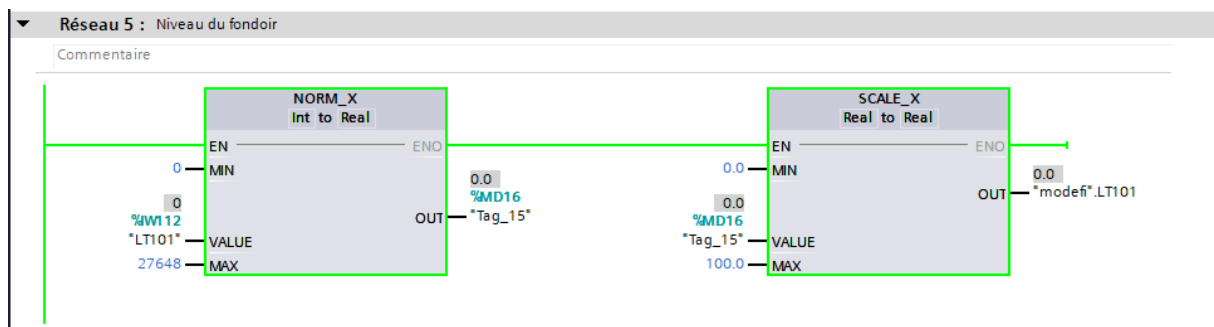


Figure III.15: Mise à l'échelle niveau fondoir

Le réseau représenté sur la figure III.16 permet d'effectuer la mise à l'échelle du signal analogique du transmetteur de niveau du bac.

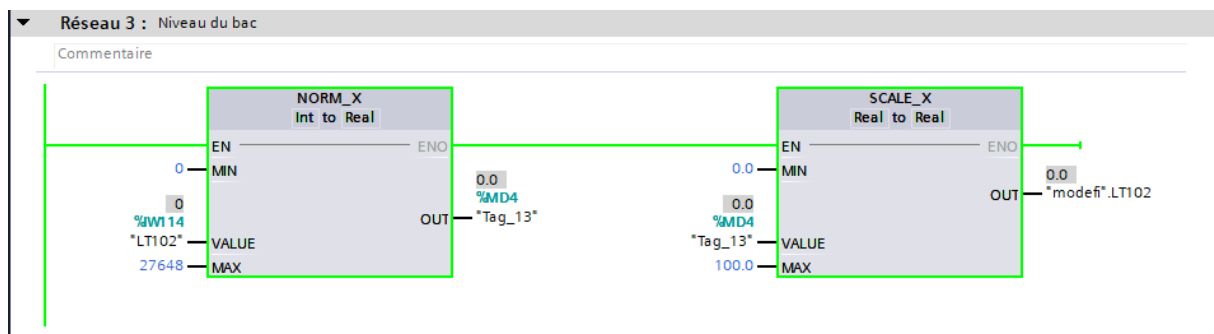


Figure III.16 : Mise à l'échelle niveau du bac

Le réseau « Brix de fondoir » donné dans la figure III.17 permet d'effectuer la mise à l'échelle du signal analogique du brixmètre.

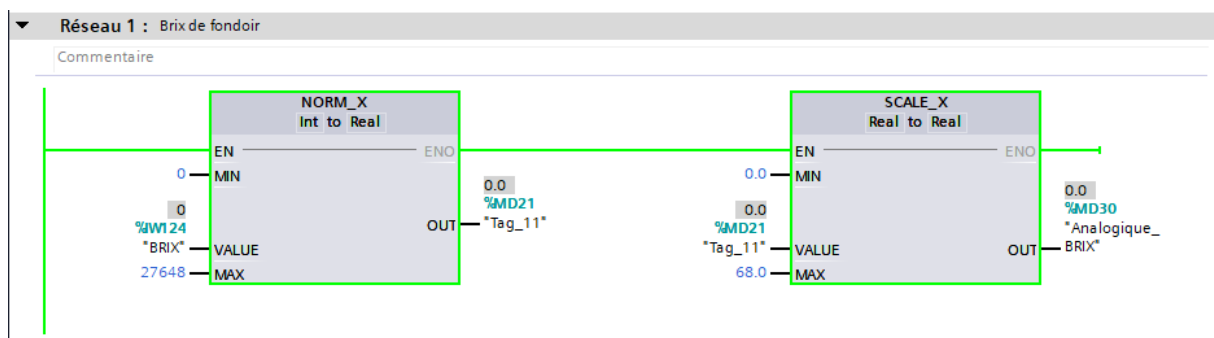


Figure III.17 : Mise à l'échelle de brix

III.3.2.9 [FC7] : Alarmes

Le bloc fonctionnel FC7 est utilisé pour la gestion des alarmes, afin de surveiller le processus et générer les alarmes correspondantes.

Simulation du bloc alarmes

Le réseau 4 ci-dessous (Figure III.18) permet de déclencher une alarme mémorisée lorsque le niveau du fondoir dépasse un seuil haut. L'alarme est activée par un bit de seuil (*Alarme_niveau_haute_F*) et reste enregistrée jusqu'à la réception d'une commande manuelle de réinitialisation.

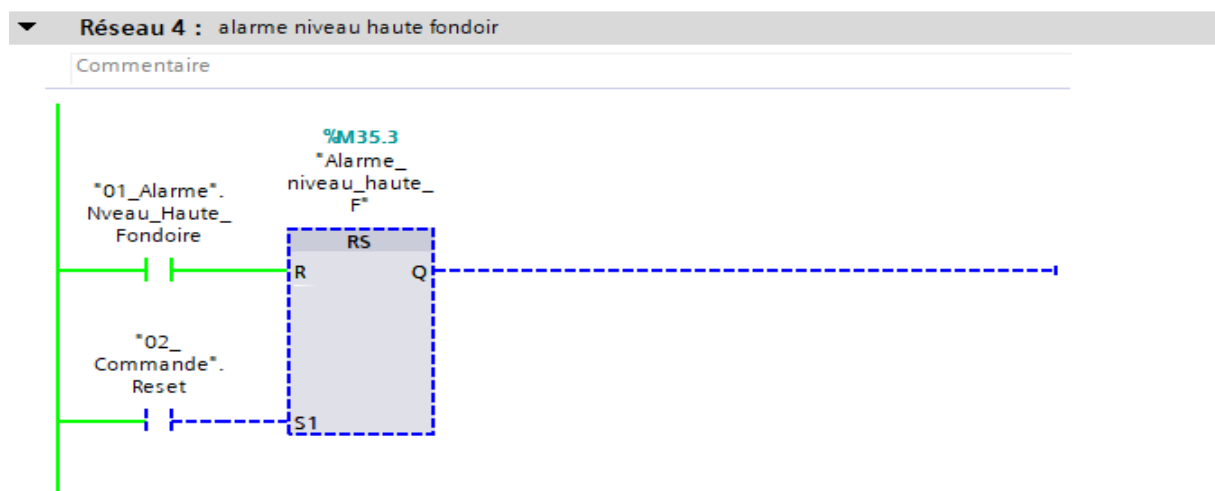


Figure III.18 : Alarme niveau haute et haute de fondoir

Le réseau de la figure III.19 permet de déclencher une alarme mémorisée lorsque le niveau du fondoir devient inférieur à un seuil bas. L'alarme est activée par un bit de seuil (*Alarme_niveau_basse_F*) et reste enregistrée jusqu'à la réception d'une commande manuelle de réinitialisation.

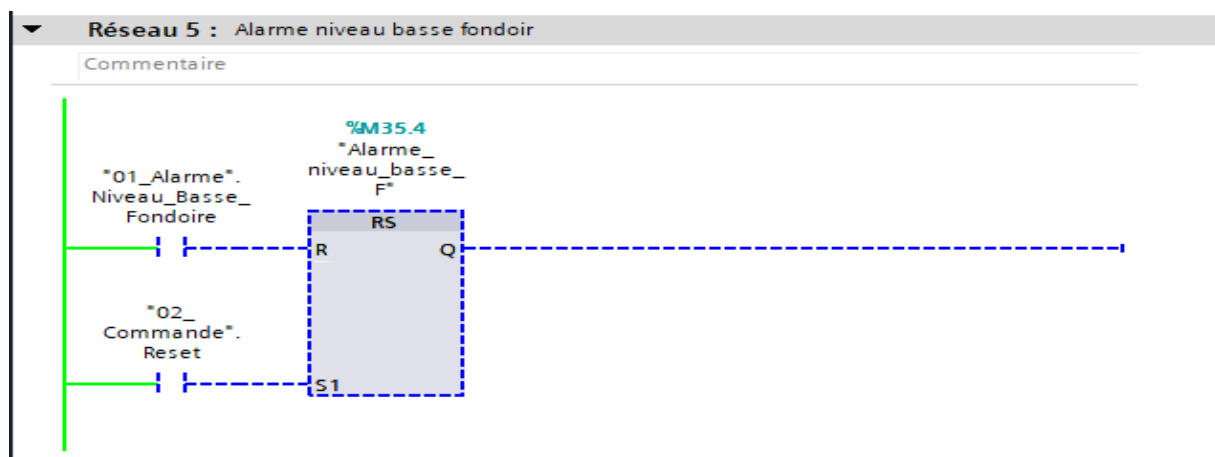


Figure III.19 : Alarme niveau haute et basse de fondoir

III.3.2.10 [FC9] : Grafcet mode prélavage

Ce bloc fonctionnel est constitué d'une série de réseaux sous forme d'équations ladder qui rassemblent toutes les étapes du Grafcet du mode prélavage, y compris les conditions nécessaires aux transitions entre différentes étapes.

Simulation du bloc grafcet du mode prélavage

Le 1^{er} réseau de la figure III.20 permet d'évaluer le Grafcet du mode prélavage afin de déterminer s'il est à l'étape 200 pour progresser selon la transition définie, ou s'il est à la dernière étape pour revenir à l'étape 200. Initialement en attente de la condition de déclenchement lui permettant d'évoluer d'une étape à une autre en fonction des transitions.

Le 2^{ème} réseau de la figure III.21 active l'étape numéro 200 du grafcet tout en garantissant la transition vers l'étape 201.

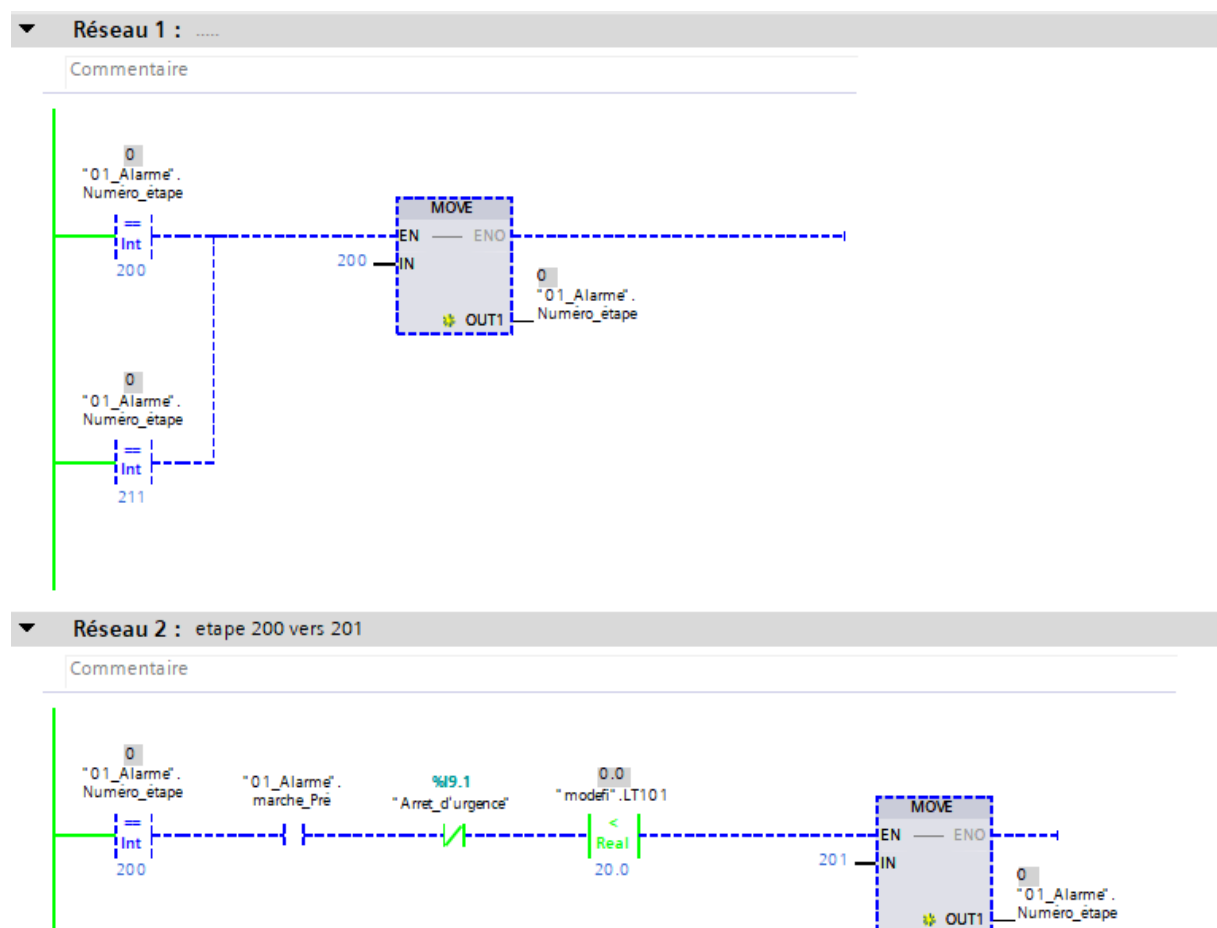


Figure III.20 : Activation de l'étape 200 et attente de l'évaluation vers l'étape 201

Le réseau ci-dessous active l'étape numéro 201 du grafcet tout en garantissant la transition vers l'étape 202.

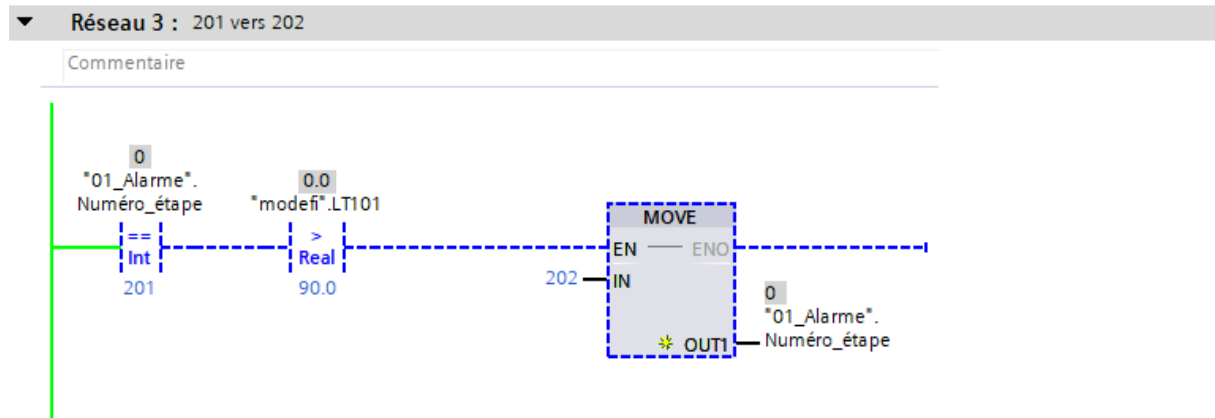


Figure III.21 : Activation de l'étape 201 et attente de l'évaluation vers l'étape 202

III.3.2.11 [FC10] : Grafcet du mode désinfection

Ce bloc fonctionnel est constitué d'une série de réseaux sous forme d'équations ladder qui rassemblent toutes les étapes du Grafcet du mode désinfection, y compris les conditions nécessaires pour effectuer les transitions entre les différentes étapes.

Simulation du bloc [FC10]

Le réseau ci-après permet d'évaluer le Grafcet afin de déterminer s'il se trouve à l'étape 300 pour progresser selon la transition du Grafcet, ou s'il est à la dernière étape pour revenir à l'étape 300. Initialement en attente de la condition de déclenchement pour évoluer en fonction des transitions d'une étape à une autre.

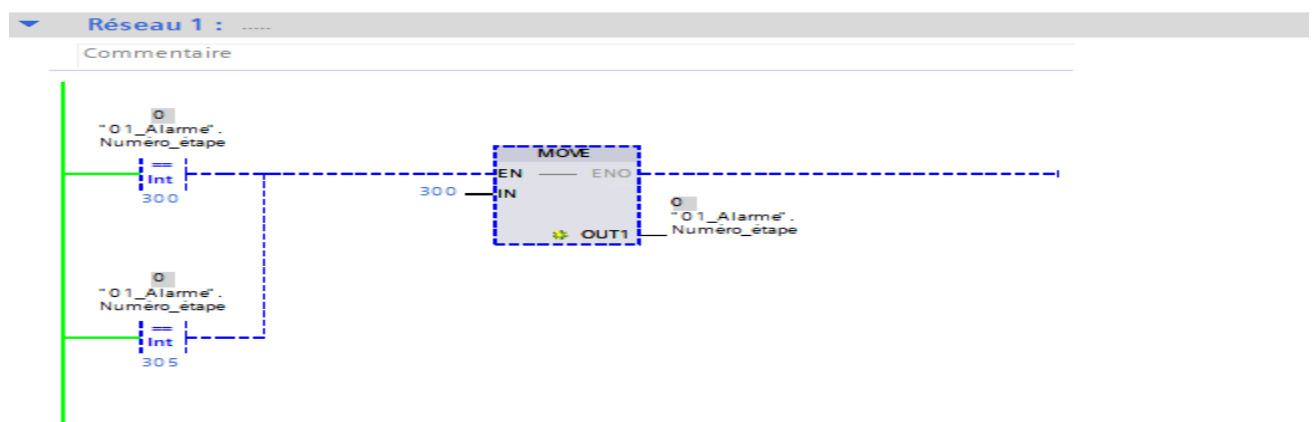


Figure III.22 : Grafcet du mode désinfection à l'étape

Le réseau de la figure III.23 active l'étape numéro 300 du Grafset tout en garantissant la transition vers l'étape 301.

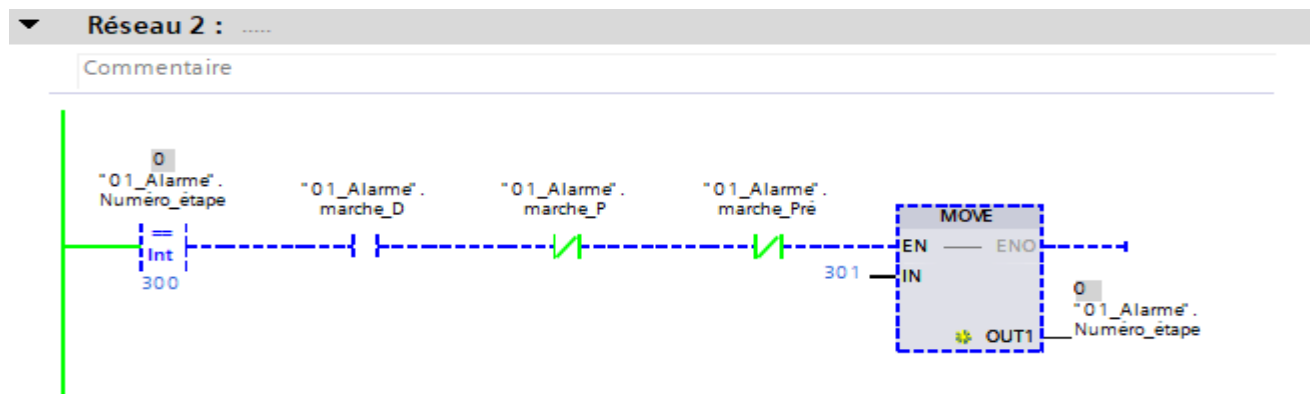


Figure III.23 : Activation de l'étape 300 et attente de l'évacuation de l'étape 301

III.4 Interface homme machine IHM

L'Interface Homme-Machine (IHM) est un dispositif ou un ensemble de dispositifs matériels et logiciels qui permettent à un utilisateur humain de communiquer et d'interagir avec une machine, un système ou un équipement. Elle sert principalement à faciliter la supervision, le contrôle et la gestion des opérations d'un système automatisé [20].

III.5 Logiciel SIMATIC WINCC sur TIA portal

SIMATIC WinCC est un logiciel de visualisation et de supervision industrielle (HMI/SCADA) intégré à la plateforme TIA Portal de Siemens. Il permet de concevoir, configurer et gérer des interfaces homme-machine afin de piloter et surveiller des installations automatisées, tout en assurant une communication standardisée avec les automates Siemens.

III.6 Critère de choix de l'IHM

Voici les principaux critères à prendre en compte pour choisir une interface homme-machine (IHM) adaptée :

- ✓ Type d'application et degré de complexité ;
- ✓ Taille et résolution de l'écran ;
- ✓ Compatibilité et connectivité avec les équipements;
- ✓ Robustesse et environnement d'utilisation (température, humidité, poussière, etc) ;
- ✓ Cout et disponibilité du support technique.

Ces critères permettent de choisir une IHM fiable, ergonomique et adaptée aux besoins spécifiques de l'application industrielle [21].

Nous avons opté pour une interface de supervision de type IHM présentant les caractéristiques suivantes :

- ✓ Modèle : TP1200 Comfort ;
- ✓ Taille de l'affichage : 12.1'' ;
- ✓ Type de l'affichage : TFT ;
- ✓ Résolution de l'affichage : 1280*800 pixels;
- ✓ Type de port : MPI, PROFIBUS DP, Ethernet.

III.7 Création de l'interface homme machine

Dans le cadre de notre projet, nous avons suivi une série d'étapes pour réaliser l'interface homme-machine. Ces étapes peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Paramétrage et la configuration du matériel ;
- ✓ Création de la table des variables IHM ;
- ✓ Conception des vues ;
- ✓ Mise en place d'un lien direct entre les outils de supervision et l'automate ;
- ✓ Compilation et simulation de l'interface.

III.7.1 Configuration et paramétrage du matériel

Cette étape se réalise par l'ouverture de l'icône « Ajouter un appareil » dans TIA Portal (Figure III.24), qui permet d'intégrer le matériel dans le projet. On sélectionne ensuite le type d'automate (CPU) souhaité ainsi que les modules complémentaires nécessaires (alimentation, modules d'entrées/sorties, communication), puis on valide l'enregistrement du projet. La Figure ci-dessous présente la vue d'ajout et de configuration du matériel dans le rack virtuel de TIA Portal.

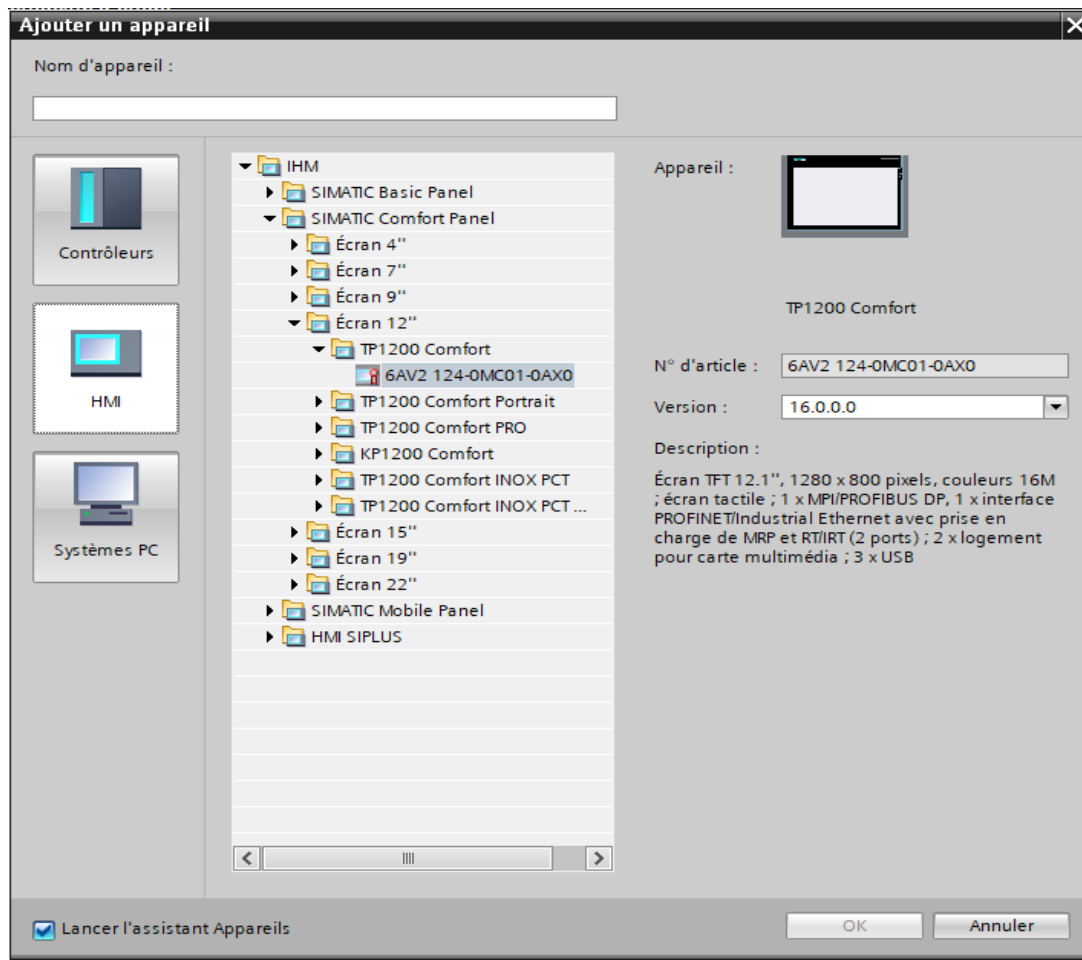


Figure III.24 : Configuration et paramétrage du matériel

III.7.2 Création des vues

Dans TIA Portal V16, la création des vues constitue une étape clé pour la mise en place de l'interface de supervision. Ces vues permettent de représenter visuellement le processus industriel afin de faciliter le contrôle et la commande de l'installation.

Pour la nouvelle station, cinq vues principales ont été créées, chacune correspondant à une partie spécifique du système. Ces vues intègrent des objets graphiques tels que des champs d'entrées/sorties, les textes informatifs, ainsi que les éléments de l'installation comme les pompes, vannes, bacs et cuves. La structure des vues a été pensée pour être intuitive et hiérarchisée, afin de garantir une navigation fluide et une surveillance efficace de l'ensemble du processus.

III.7.2.1 Vue d'accueil

La vue d'accueil de notre interface, représentée sur la figure III.25, permet d'accéder aux vues : paramètres, process, alarmes et courbes.



Figure III.25 : la vue d'accueil de l'IHM

III.7.2.2 Vue paramètres

La vue "Paramètres" a pour but de permettre la saisie des différentes limites du fondoir et du bac ainsi que des consignes de température du fondoir et de Brix.

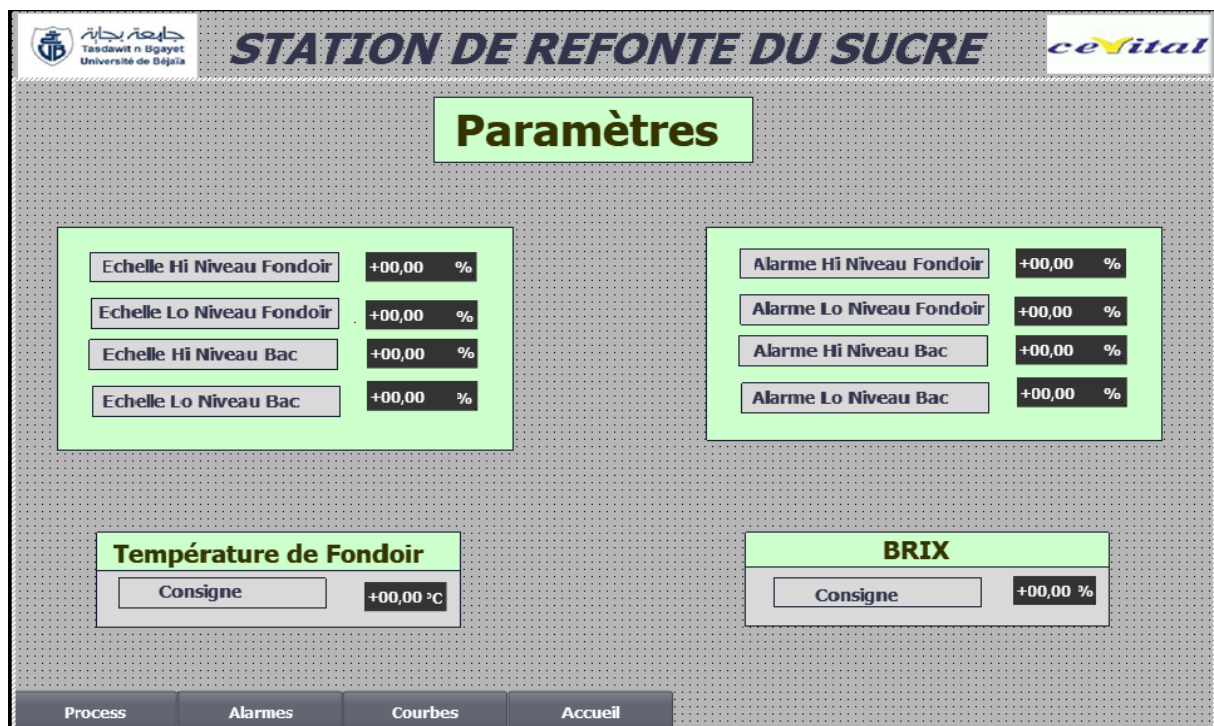


Figure III.26 : La vue paramètres de l'IHM

III.7.2.3 Vue process

La vue "Process" est une représentation du nouveau plancher réel de la station de refonte du sucre liquide. Elle permet à l'opérateur de surveiller et de visualiser l'état général de la station.

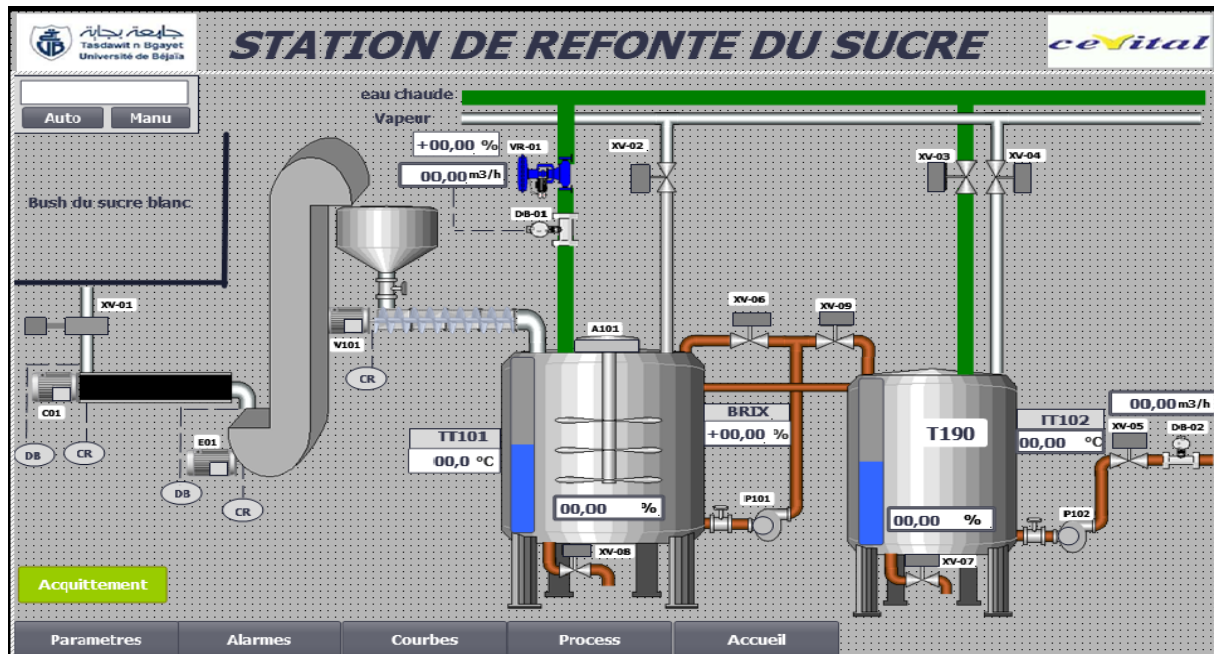


Figure III.27 : La vue process de la nouvelle station refonte

✓ Mode production

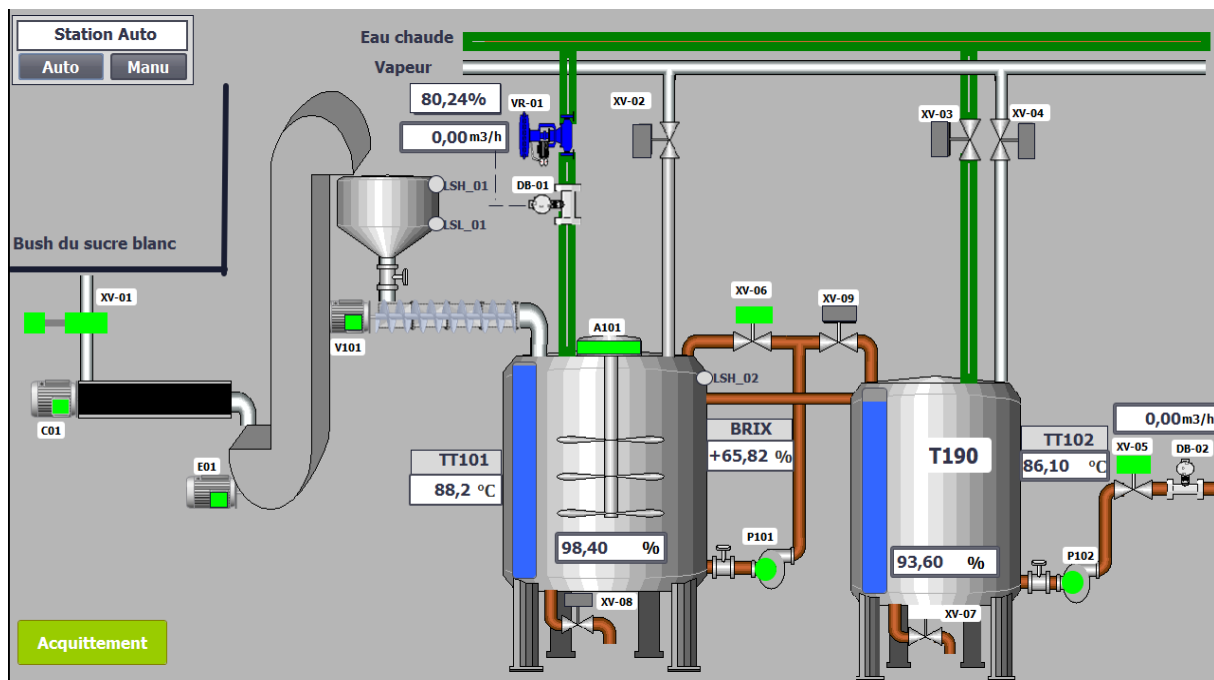


Figure III.28 : Mode Production

- Mode Prélavage

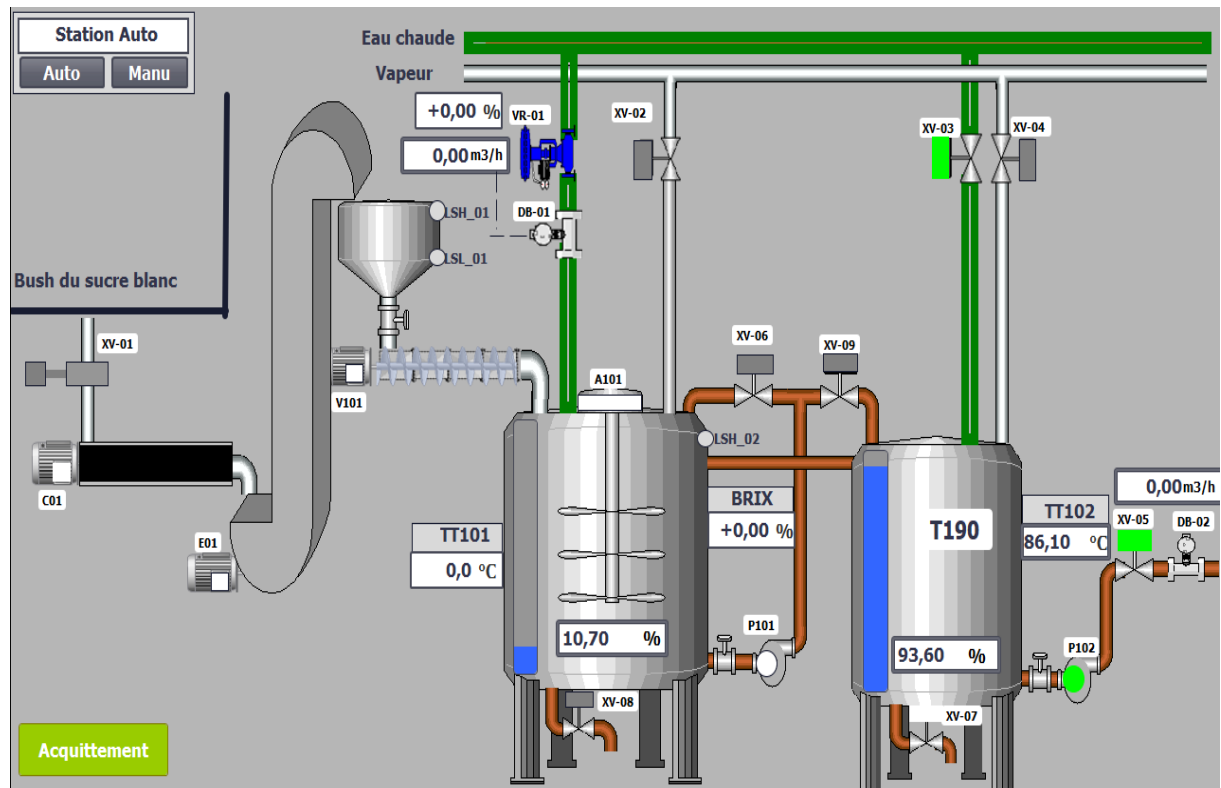
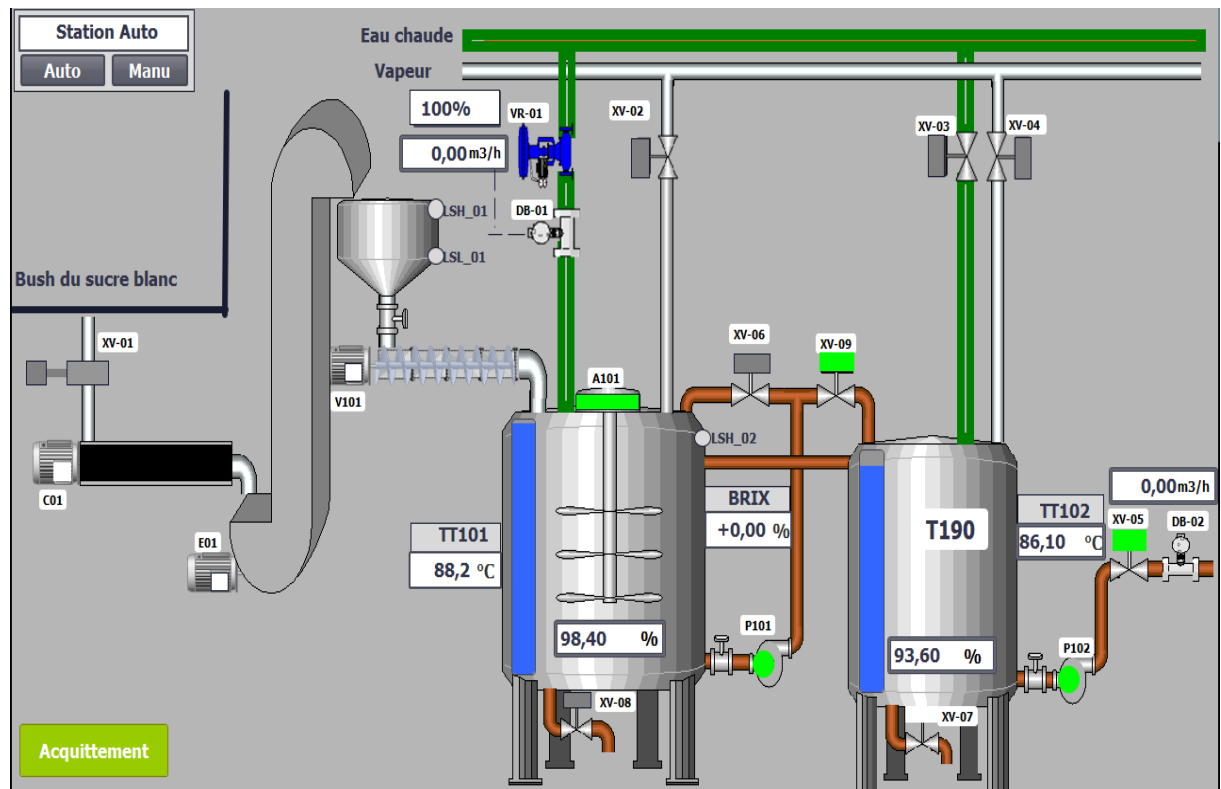


Figure III.29 : Mode Prélavage

- Mode Désinfection

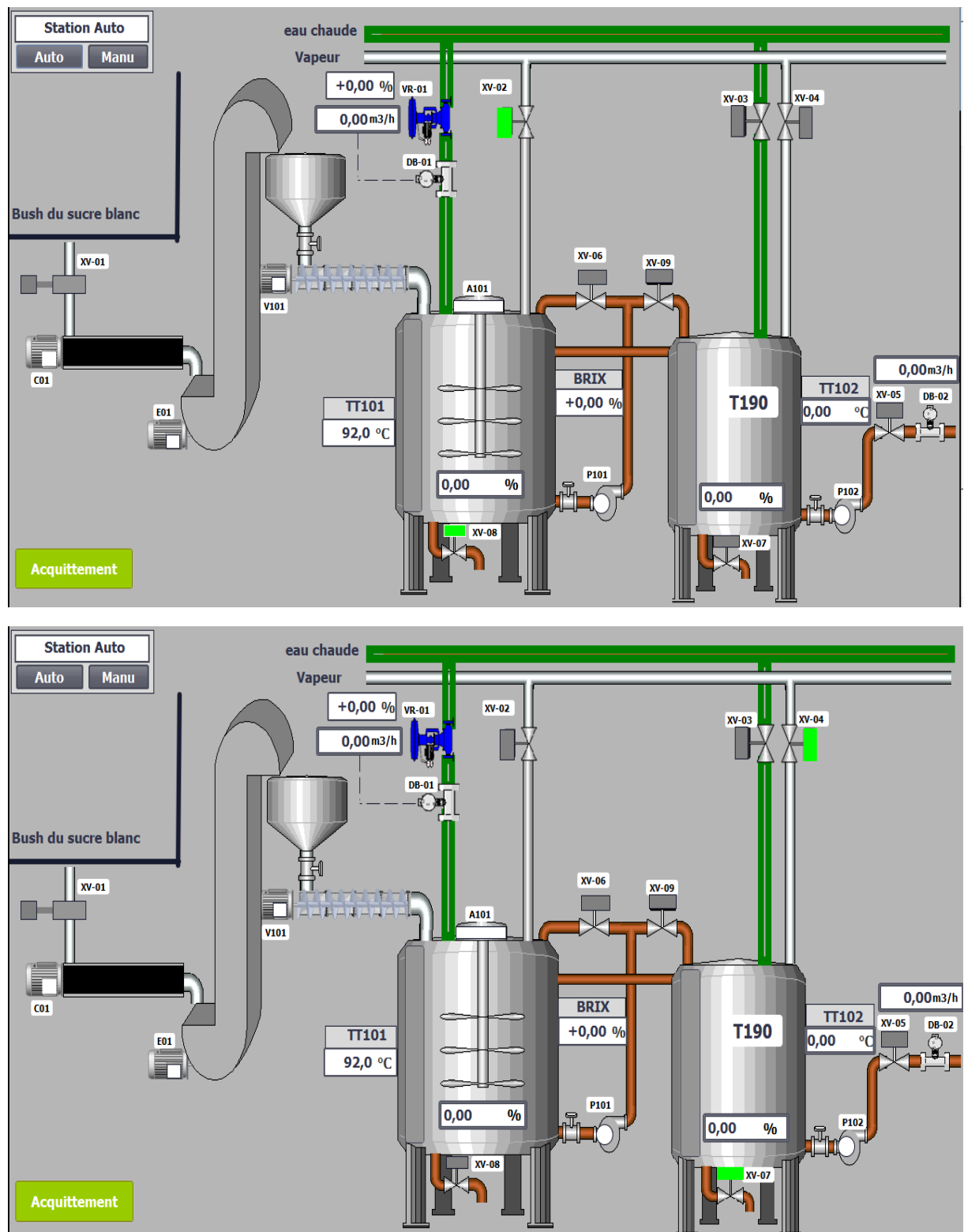


Figure III.30: Mode Désinfection

- Discordance de l'agitateur A101

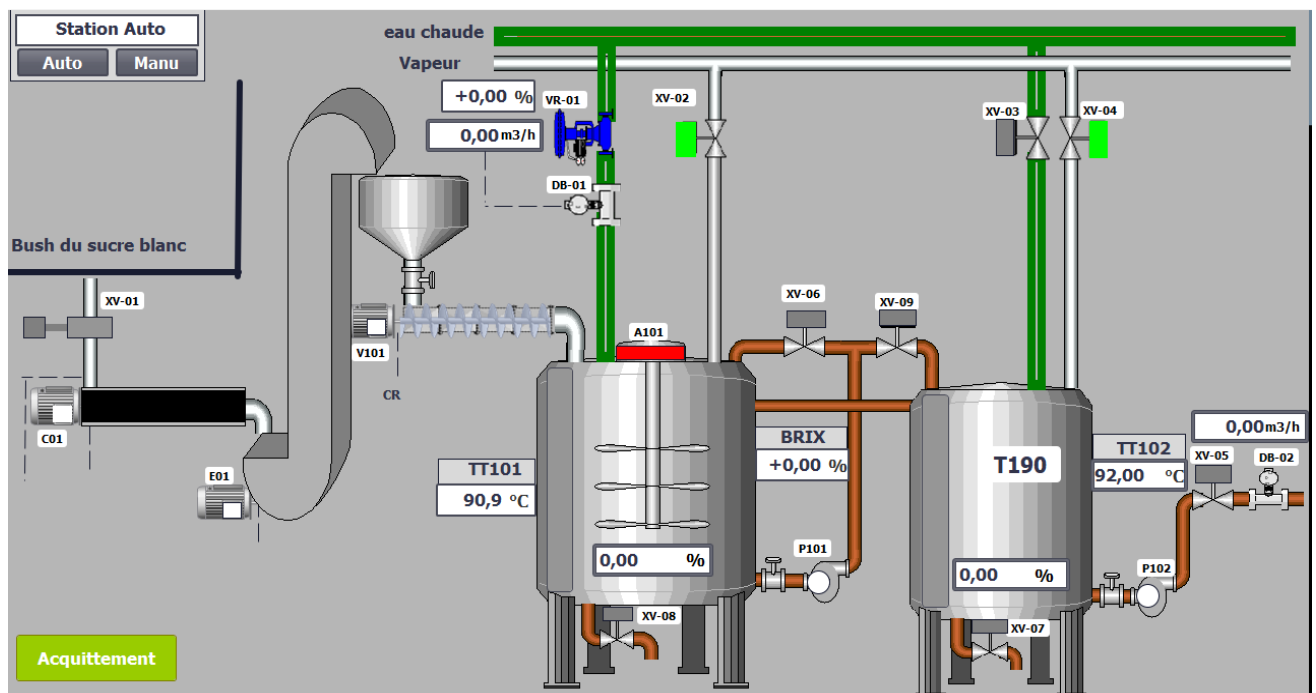


Figure III.31 : Discordance de l'agitateur

III.7.2.4 Vue alarmes

La vue "Alarmes" sert à afficher les alarmes liées aux défauts détectés, afin d'assurer une meilleure sécurisation du système.

Alarmes non acquittées						
No.	Heure	Date	Etat	Texte	Acquitter le groupe	
3	23:25:18	02/06/2025	A	Alarme discordance moteur E01	0	
12	23:25:17	02/06/2025	AD	Alarme Niveau haute fondoir	0	
9	23:25:17	02/06/2025	AD	Alarme Debit haute	0	
16	23:24:43	02/06/2025	A	Alarme niveau basse du bac	0	
13	23:24:43	02/06/2025	A	Alarme Niveau basse fondoir	0	
7	23:24:43	02/06/2025	A	Alarme discordance moteur P102	0	
2	23:24:43	02/06/2025	A	Alarme discordance moteur C01	0	

Figure III.32 : Vue des alarmes

III.7.2.5 Vue courbes

Cette vue permet d'observer en temps réel les variations et du Brix ainsi que les changements de température du fondoir.

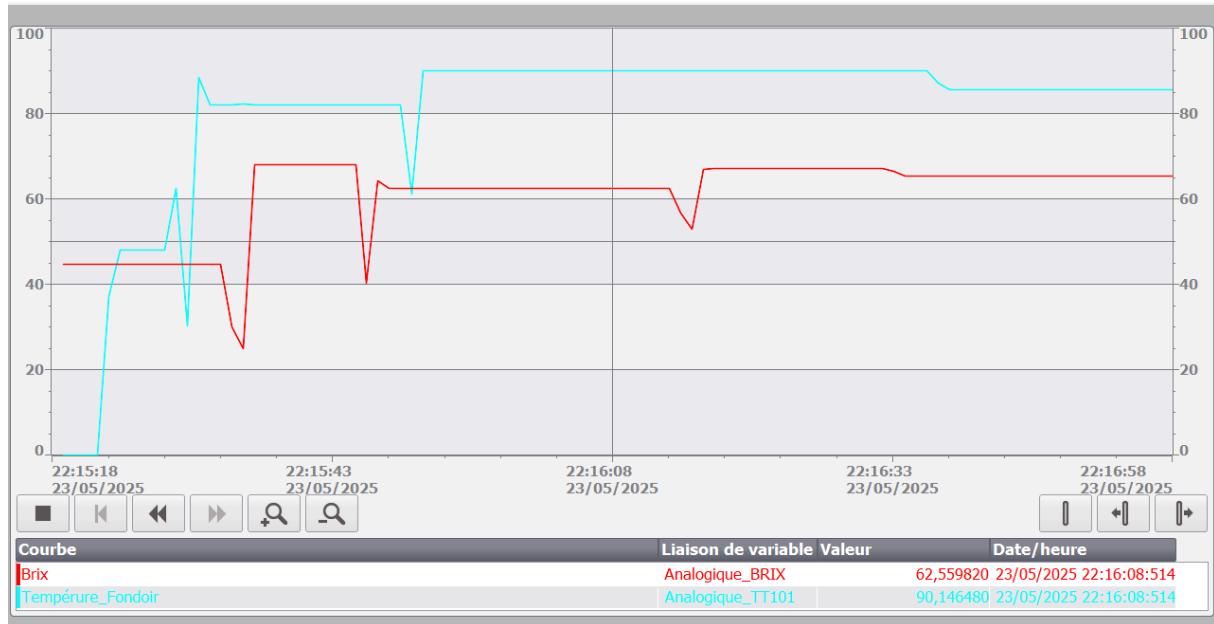


Figure III.33 : Vue des courbes du brix et température de fondoir

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les étapes essentielles de la programmation et de la supervision pour notre projet, en utilisant le logiciel Tia Portal V16 pour la programmation de l'automate et WINCC pour la création de l'interface homme-machine (IHM). Après avoir configuré les équipements matériels établi la connexion entre l'automate et les éléments de supervision, nous avons programmé les différents blocs nécessaires à la gestion du procédé étudié.



Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire fin d'études, réalisé dans le cadre de mon stage au sein du groupe Cevital, a porté sur l'automatisation de l'atelier de refonte du sucre liquide. L'objectif principal était d'optimiser le fonctionnement de cet atelier en intégrant des solutions d'automatisation et de régulation, adaptées aux exigences de production et de qualité.

Dans le premier chapitre, nous avons étudié et analysé l'ancienne installation. Cette analyse nous a permis de poser la problématique principale, à savoir le manque d'automatisation et la difficulté de suivi des paramètres critiques, tels que la concentration en Brix.

Le deuxième chapitre a été consacré à la conception d'une solution adaptée. Nous y avons proposé une nouvelle architecture d'automatisation basée sur un automate programmable Siemens S7-1200, des régulateurs PID, ainsi que des capteurs et actionneurs adaptée aux contraintes du processus. Nous avons également réalisé une analyse fonctionnelle détaillée et élaboré les Grafcets nécessaires à la structuration logique du processus.

Ensuite, après avoir élaboré l'analyse fonctionnelle, le troisième chapitre a été consacré à la programmation de l'automate avec logiciel TIA Portal, ainsi qu'à la mise en place de la supervision via SIMATIC WinCC. Cette étape a permis de concrétiser les choix de conception et de mettre en œuvre un système automatisé performant, capable de contrôler et surveiller en temps réel l'ensemble de l'atelier, tout en facilitant le travail des opérateurs.

Au final, cette expérience a permis non seulement d'apporter une amélioration significative du processus industriel, mais aussi de mettre en pratique les compétences acquises tout au long de ma formation.



Références bibliographiques

- [1] : manuel opération sucre liquide de l'entreprise cevital.
- [2] : site web [EP0635578A1 - Procédé de raffinage d'un sucre brut, notamment de sucre roux provenant de l'industrie sucrière de la canne à sucre - Google Patents](#) consulté le 10/02/2025
- [3] : site web <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/chimie-decouvrez-fabrication-sucre-4-etapes-7111/> consulté le 11/02/2025
- [4] : Burzawa, E, & Heitz, F. (1994, novembre). La cristallisation du sucre : des bases théoriques à la production industrielle. 3ème colloque sur la cristallisation, Paris. Société vermandoise industries, établissement de Sainte-Emilie/ Groupement Technique de Sucreries.
- [5] : Site web [Le convoyeur tapis : un équipement incontournable pour le transport de marchandises en entrepôt - Info Industrie](#) consulté le 15/02/2025
- [6] : site web [Élévateur à godets — Wikipédia](#) consulté le 26/02/2025
- [7] : Site web [4B Touchswitch - controleur de deport de bande / sangle - 4B Braime Components - Catalogue PDF | Documentation technique | Brochure](#) consulté le 25/02/2025
- [8] : Site web [Vanne guillotine | Palamatic Process](#) consulté le 26/02/2025
- [9] : Site web [Arrêts d'urgence à câble | steute Controltec](#) consulte le 01/03/2025
- [10] : Site web [Grafcet — Wikipédia](#) consulte le 02/04/2025
- [11] : OUATAH El Hanafi « CAO conception assister par ordinateur » polycopié de cours, université A MIRA. Bejaia,
- [11] : Site web [Automate programmable industriel — Wikipédia](#) consulte le 02/04/2025
- [12] : AIDOUH Mohammed, SEBBAGH Abdenmour, « Automatismes industriels », Cours, université 8 mai 1945 3 Guelma, période académique 2019-2020.
- [13] :site web <https://4electromecanique.blogspot.com/2016/10/les-types-dautomate-programmable.html> consulte le 02/04/2025
- [14] : Siemens AG. (2009). Mise en roue avec le S7-1200 (A5E02486793-01). Siemens Industry. Consulté le 18/05/2025
- [15] :site web [Proportional–integral–derivative controller - Wikipedia](#) consulté le 18/05/2025
- [16] : Site web [Méthode de Ziegler-Nichols — Wikipédia](#) consulte le 26/05/2025

[17] : S. GOURARI, «LA REGULATION INDUSTRIELLE DES ECHANGEURS DE CHALEUR CALCUL ET DIMENSIONNEMENT », courrier de savoir, université biskra, année 17 décembre 2013

[18] : site web [les avantages de la régulation cascade](#) consulté le 18/05/2025

[19] : Site web [Plateforme d'ingénierie Siemens pour développement logiciel continu | Machines Production](#) consulté le 25/05/2025

[20] :site web [HMI \(IHM\) définition facile | Pro-face France](#) consulté le 27/05/2025

[21] :Site web [Comment choisir la bonne IHM ? - KnowHow](#) Consulté le 02/06/2025



Annexes

Annexe A

Table de Nomenclature

Eléments	Description
MV101	Moteur de vis doseuse V101
MA101	Moteur de l'agitateur A101
MC01	Moteur du convoyeur tapis C01
ME01	Moteur de l'élévateur E01
MP101	Groupe motopompe P101
MP102	Groupe motopompe P101
AU	Arrêt d'urgence
RM-C01	Retour de marche de moteur de convoyeur C01
RM-E01	Retour de marche de moteur de l'élévateur E01
RM-A101	Retour de marche de moteur de l'agitateur A101
RM-V101	Retour de marche de moteur de la vis doseuse V101
RM-P101	Retour de marche de groupe motopompe P102
RM-P102	Retour de marche de groupe motopompe P102
OD-C01	Ordre démarrage de convoyeur C01
OD-E01	Ordre démarrage d'élévateur E01
OD-A101	Ordre démarrage de l'agitateur A101
OD-V101	Ordre démarrage de la vis doseuse V101
OD-P101	Ordre démarrage de P101
OD-P102	Ordre démarrage de P102
LSH-01	Capteur de niveau Haut de la Trémie
LSH-02	Capteur de niveau Haut de Fondoir
LSH-03	Capteur de niveau Haut du Bac
LSL-01	Capteur de niveau Bas de la Trémie
LSL-02	Capteur de niveau Bas de Fondoir
LSL-03	Capteur de niveau Bas du Bac
XVO-01	Ouverture de la vanne pneumatique 01
XVF-01	Fermeture de la vanne pneumatique 01
XVO-02	Ouverture de la vanne pneumatique 02
XVF-02	Fermeture de la vanne pneumatique 02
XVO-03	Ouverture de la vanne pneumatique 03
XVF-03	Fermeture de la vanne pneumatique 03
XVO-04	Ouverture de la vanne pneumatique 04
XVF-04	Fermeture de la vanne pneumatique 04
XVO-05	Ouverture de la vanne pneumatique 05
XVF-05	Fermeture de la vanne pneumatique 05
XVO-06	Ouverture de la vanne pneumatique 06
XVF-06	Fermeture de la vanne pneumatique 06
XVO-07	Ouverture de la vanne pneumatique 07
XVF-07	Fermeture de la vanne pneumatique 07
XVO-08	Ouverture de la vanne pneumatique 08
XVF-08	Fermeture de la vanne pneumatique 08
XVO-09	Ouverture de la vanne pneumatique 09
XVF-09	Fermeture de la vanne pneumatique 09
VRO-01	Ouverture de la vanne régulatrice 01
VRF-01	Fermeture de la vanne régulatrice 01
FCO-01	Fin de course ouverture vanne 01
FCF-01	Fin de course fermeture vanne 01
FCO-02	Fin de course ouverture vanne 02
FCF-02	Fin de course fermeture vanne 02
FCO-03	Fin de course ouverture vanne 03
FCF-03	Fin de course fermeture vanne 03
FCO-04	Fin de course ouverture vanne 04
FCF-04	Fin de course fermeture vanne 04
FCO-05	Fin de course ouverture vanne 05

FCF-05	Fin de course fermeture vanne 05
FCO-06	Fin de course ouverture vanne 06
FCF-06	Fin de course fermeture vanne 06
FCO-07	Fin de course ouverture vanne 07
FCF-04	Fin de course fermeture vanne 04
FCO-05	Fin de course ouverture vanne 05
FCF-05	Fin de course fermeture vanne 05
FCO-06	Fin de course ouverture vanne 06
FCF-06	Fin de course fermeture vanne 06
FCO-07	Fin de course ouverture vanne 07
FCF-07	Fin de course fermeture vanne 07
FCO-08	Fin de course ouverture vanne 08
FCF-08	Fin de course fermeture vanne 08
FCO-09	Fin de course ouverture vanne 09
FCF-09	Fin de course fermeture vanne 09
FCO-R01	Fin de course ouverture vanne régulatrice 01
FCF-R01	Fin de course fermeture vanne régulatrice 01
BR-C01	Capteur de bourrage de convoyeur C01
BR-E01	Capteur de bourrage d'élévateur E01
BR-XV01	Capteur de bourrage de la vanne a guillotine XV-01
CR-C01	Contrôleur de rotation de convoyeur C01
CR-E01	Contrôleur de rotation d'élévateur E01
LT101	Transmetteur de niveau de fondoir
LT102	Transmetteur de niveau du bac
TT101	Transmetteur de température de fondoir
TT102	Transmetteur de température du bac
DM-01	Débit mètre 01
DM-02	Débit mètre 02
BRX	Brixmètres

Annexe B

Table de variables API

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API									
Variables									
Variables API									
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
1	FDC_ouv01	Table de variables s..	Bool	%I8.0					Fin de course ouverture de la vanne
2	FDC_fer01	Table de variables s..	Bool	%I8.1					fin de course fermeture de la vanne1
3	BR_V01	Table de variables s..	Bool	%I8.2					capteur de bourrage de la vanne1
4	CR_C01	Table de variables s..	Bool	%I8.6					contrôleur de rotation de tapis
5	FDC_ouv02	Table de variables s..	Bool	%I9.5					fin de course ouverture vanne 2
6	FDC_fer02	Table de variables s..	Bool	%I9.6					fin de course fermeture vanne 2
7	VR-01	Table de variables s..	Int	%QW160					vanne régulatrice
8	vanne 01	Table de variables s..	Bool	%Q0.6					
9	vanne 02	Table de variables s..	Bool	%Q0.7					
10	vanne 03	Table de variables s..	Bool	%Q1.0					
11	vanne 04	Table de variables s..	Bool	%Q1.1					
12	Discordance_C01	Table de variables s..	Bool	%M10.0					discordance convoyeur
13	LTI01	Table de variables s..	Int	%IW112					Transmetteur de niveau du fondoir
14	LTI02	Table de variables s..	Int	%IW114					Transmetteur de niveau du bac
15	TTI02	Table de variables s..	Int	%IW116					Transmetteur de température du bac
16	TTI01	Table de variables s..	Int	%IW118					Transmetteur de température du fondoir
17	DM_01	Table de variables s..	Int	%IW120					débit mètre fondoir
18	DM_02	Table de variables s..	Int	%IW122					débit mètre process
19	BRX	Table de variables s..	Int	%W124					brix mètre
20	RM_C01	Table de variables s..	Bool	%I0.0					retour de marche convoyeur
21	RM_E01	Table de variables s..	Bool	%I0.1					retour de marche d'élévateur
22	RM_A101	Table de variables s..	Bool	%I0.2					retour de marche agitateur
23	RM_V101	Table de variables s..	Bool	%I0.3					retour de marche vis doseuse
24	RM_P101	Table de variables s..	Bool	%I0.4					retour de marche pompe fondoir
25	RM_P102	Table de variables s..	Bool	%I0.5					retour de marche pompe bac
26	OD_C01	Table de variables s..	Bool	%Q0.0					ordre démarrage convoyeur tapis
27	OD_E01	Table de variables s..	Bool	%Q0.1					ordre démarrage élévateur
28	OD_A101	Table de variables s..	Bool	%Q0.2					ordre démarrage agitateur
29	OD_V101	Table de variables s..	Bool	%Q0.3					ordre démarrage vis doseuse
30	OD_P101	Table de variables s..	Bool	%Q0.4					ordre démarrage pompe 01
31	OD_P102	Table de variables s..	Bool	%Q0.5					ordre démarrage pompe 02
32	Discordance_E01	Table de variables s..	Bool	%M100.0					Discordance élévateur E01
33	Discordance_A101	Table de variables s..	Bool	%M100.1					Discordance de l'agitateur
34	Discordance_V101	Table de variables s..	Bool	%M100.2					Discordance de la vis doseuse

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API									
Variables									
Variables API									
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
36	Discordance_P102	Table de variables s..	Bool	%M100.4					Discordance de la pompe P102
37	Discordance_vanne01	Table de variables s..	Bool	%M100.5					Discordance de la vanne 01
38	Discordance_vanne02	Table de variables s..	Bool	%M100.6					Discordance de la vanne 02
39	Discordance_vanne03	Table de variables s..	Bool	%M100.7					Discordance de la vanne 03
40	Discordance_vanne04	Table de variables s..	Bool	%M101.0					Discordance de la vanne 04
41	Discordance_vanne05	Table de variables s..	Bool	%M101.1					Discordance de la vanne 05
42	Discordance_vanne06	Table de variables s..	Bool	%M101.2					Discordance de la vanne 06
43	Discordance_vanne07	Table de variables s..	Bool	%M101.3					Discordance de la vanne 07
44	Discordance_vanne08	Table de variables s..	Bool	%M101.4					Discordance de la vanne 08
45	Discordance_vanne09	Table de variables s..	Bool	%M101.5					Discordance de la vanne 09
46	BR_E01	Table de variables s..	Bool	%I8.3					Capteur de bourrage élévateur
47	BR_XV01	Table de variables s..	Bool	%I8.4					Capteur de bourrage vanne a guillotine
48	CR_E01	Table de variables s..	Bool	%I8.5					Contrôleur de rotation d'élévateur
49	DS_E01	Table de variables s..	Bool	%I8.7					déport sangle elevateur
50	DB_C01	Table de variables s..	Bool	%I9.0					déport de sangle convoyeur tapis
51	Arret_d'urgence	Table de variables s..	Bool	%I9.1					Arret d'urgence
52	LID_C01	Table de variables s..	Bool	%I9.2					local distant convoyeur
53	LID_E01	Table de variables s..	Bool	%I9.3					local distant élévateur
54	LID_A101	Table de variables s..	Bool	%I9.4					local distant agitateur
55	LSH_01	Table de variables s..	Bool	%I0.6					niveau haut de la trémie
56	LSH_02	Table de variables s..	Bool	%I0.7					niveau haut du fondoir
57	LSH_03	Table de variables s..	Bool	%I1.0					niveau haut du bac
58	LSL_01	Table de variables s..	Bool	%I1.1					niveau bas de la trémie
59	LSL_02	Table de variables s..	Bool	%I1.2					niveau bas du fondoir
60	LSL_03	Table de variables s..	Bool	%I1.3					niveau bas du bac
61	FDC_ouv03	Table de variables s..	Bool	%I9.7					fin de course ouverture de la vanne 03
62	FDC_fer03	Table de variables s..	Bool	%I20.0					fin de course fermeture de la vanne 03
63	FDC_ouv04	Table de variables s..	Bool	%I20.1					fin de course ouverture de la vanne 04
64	FDC_fer04	Table de variables s..	Bool	%I20.2					fin de course fermeture de la vanne 04
65	FDC_ouv05	Table de variables s..	Bool	%I20.3					fin de course ouverture de la vanne 05
66	FDC_fer05	Table de variables s..	Bool	%I20.4					fin de course fermeture de la vanne 05
67	FDC_ouv06	Table de variables s..	Bool	%I20.5					fin de course ouverture de la vanne 06
68	FDC_fer06	Table de variables s..	Bool	%I20.6					fin de course fermeture de la vanne 06
69	FDC_ouv07	Table de variabl...	Bool	%I20.7					fin de course ouverture de la vanne 07

Annexe B

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API

Variables Constantes utilisateur Constantes système

Variables API

	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
70	FDC_fer07	Table de variables s..	Bool	%I21.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	fin de course fermeture de la vanne 07
71	FDC_ouv08	Table de variables s..	Bool	%I21.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	fin de course ouverture de la vanne 08
72	FDC_fer08	Table de variables s..	Bool	%I21.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	fin de course fermeture de la vanne 08
73	FDC_ouv09	Table de variables s..	Bool	%I21.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	fin de course ouverture de la vanne 09
74	FDC_fer09	Table de variables s..	Bool	%I22.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	fin de course fermeture de la vanne 09
75	vanne 05	Table de variables s..	Bool	%Q28.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
76	vanne 06	Table de variables s..	Bool	%Q28.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
77	vanne 07	Table de variables s..	Bool	%Q28.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
78	vanne 08	Table de variables s..	Bool	%Q28.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
79	vanne 09	Table de variables s..	Bool	%Q28.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
80	mar_auto_mot_V101	Table de variables s..	Bool	%M28.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
81	mar_auto_mot_A101	Table de variables s..	Bool	%M28.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
82	mar_auto_mot_C01	Table de variables s..	Bool	%M28.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
83	mar_auto_mot_E01	Table de variables s..	Bool	%M29.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
84	mar_auto_mot_P101	Table de variables s..	Bool	%M29.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
85	mar_auto_mot_P102	Table de variables s..	Bool	%M29.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
86	ouver_auto_vanne01	Table de variables s..	Bool	%M29.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
87	ouver_auto_vanne02	Table de variables s..	Bool	%M29.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
88	ouver_auto_vanne03	Table de variables s..	Bool	%M29.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
89	ouver_auto_vanne04	Table de variables s..	Bool	%M29.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
90	ouver_auto_vanne05	Table de variables s..	Bool	%M29.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
91	ouver_auto_vanne06	Table de variables s..	Bool	%M30.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
92	ouver_auto_vanne07	Table de variables s..	Bool	%M30.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
93	ouver_auto_vanne08	Table de variables s..	Bool	%M30.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
94	ouver_auto_vanne09	Table de variables s..	Bool	%M30.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
95	Tag_1	Table de variables s..	Real	%MD10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
96	Tag_2	Table de variables s..	Real	%MD0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
97	Tag_3	Table de variables s..	Real	%MD15		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
98	Analogique_LT101	Table de variables s..	Real	%MD20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
99	BR_C01	Table de variables s..	Bool	%M24.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
100	Analogique_LT102	Table de variables s..	Real	%MD32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API

Variables Constantes utilisateur Constantes système

Variables API

	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
101	AUT_P101	Table de variables s..	Bool	%M400.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
102	AUT_V101	Table de variables s..	Bool	%M400.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
103	AUT_E01	Table de variables s..	Bool	%M400.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
104	AUT_A101	Table de variables s..	Bool	%M400.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
105	AUT_C01	Table de variabl...	Bool	%M400.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
106	AUT_P102	Table de variables s..	Bool	%M400.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
107	AUT_vanne01	Table de variables s..	Bool	%M400.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
108	AUT_vanne05	Table de variables s..	Bool	%M400.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
109	AUT_vanne07	Table de variables s..	Bool	%M401.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
110	AUT_vanne08	Table de variables s..	Bool	%M4021.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
111	AUT_vanne09	Table de variables s..	Bool	%M401.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
112	Tag_4	Table de variables s..	Bool	%M4101.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
113	AUT_vanne06	Table de variables s..	Bool	%M401.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
114	AUT_vanne02	Table de variables s..	Bool	%M401.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
115	AUT_vanne04	Table de variables s..	Bool	%M401.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
116	Concentration	Table de variables s..	Real	%MD1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
117	Tag_5	Table de variables s..	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
118	Tag_6	Table de variables s..	Bool	%M20.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
119	Tag_7	Table de variables s..	Word	%M120		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
120	Débit	Table de variables s..	Real	%MD2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
121	Tag_9	Table de variables s..	Word	%M122		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
122	Tag_8	Table de variables s..	Bool	%M20.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
123	Tag_10	Table de variables s..	Bool	%M20.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
124	Analogique_BR1X	Table de variables s..	Real	%MD30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
125	Tag_11	Table de variables s..	Real	%MD21		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
126	Débit_haute_01	Table de variables s..	Bool	%M35.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
127	Débit_basse_01	Table de variables s..	Bool	%M35.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
128	Repture_débit_01	Table de variables s..	Bool	%M35.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
129	Alarme_niveau_haute_F	Table de variables s..	Bool	%M35.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
130	Alarme_niveau_basse_F	Table de variables s..	Bool	%M35.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
131	Rupture_Niveau_Fondoir	Table de variables s..	Bool	%M35.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
132	Alarme_niveau_haute_B	Table de variables s..	Bool	%M35.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
133	Alarme_niveau_basse_B	Table de variables s..	Bool	%M35.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
134	Rupture_niveau_Bac	Table de variables s..	Bool	%M36.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Annexe B

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API									
Variables									
Variables API									
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
134	Rupture_niveau_Bac	Table de variables s..	Bool	%M6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
135	Dis_C01	Table de variables s..	Bool	%M6.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
136	Dis_E01	Table de variables s..	Bool	%M6.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
137	Dis_A101	Table de variables s..	Bool	%M6.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
138	Dis_V101	Table de variables s..	Bool	%M6.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
139	Dis_P101	Table de variables s..	Bool	%M6.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
140	Dis_P102	Table de variables s..	Bool	%M6.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
141	Dis_XV01	Table de variables s..	Bool	%M6.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
142	Dis_XV02	Table de variables s..	Bool	%M7.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
143	Dis_XV03	Table de variables s..	Bool	%M7.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
144	Dis_XV04	Table de variables s..	Bool	%M7.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
145	Dis_XV05	Table de variables s..	Bool	%M7.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
146	Dis_XV06	Table de variables s..	Bool	%M7.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
147	Dis_XV07	Table de variables s..	Bool	%M7.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
148	Dis_XV08	Table de variables s..	Bool	%M7.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
149	Dis_XV09	Table de variables s..	Bool	%M7.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
150	Tag_12	Table de variables s..	Real	%MD3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
151	Analogique_TT101	Table de variables s..	Real	%MD33		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
152	Niveau_Fondoir	Table de variables s..	Int	%IW10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
153	AUT_Vanne03	Table de variables s..	Bool	%M401.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
154	alarme	Table de variables s..	Word	%MW402		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
155	Alarme_Tem_haute_F	Table de variables s..	Bool	%M8.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
156	Alarme_Tem_basse_F	Table de variables s..	Bool	%M8.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
157	Rupture_température_Fondoir	Table de variables s..	Bool	%M8.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
158	Alarme_Tem_haute_B	Table de variables s..	Bool	%M8.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
159	Alarme_Tem_basse_B	Table de variables s..	Bool	%M8.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
160	Rupture_Température_Bac	Table de variables s..	Bool	%M8.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
161	Débit_haute_02	Table de variables s..	Bool	%M8.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
162	Débit_basse_02	Table de variables s..	Bool	%M8.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
163	Rupture_débit_02	Table de variables s..	Bool	%M9.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
164	Tag_13	Table de variables s..	Real	%MD4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
165	Tag_14	Table de variables s..	Real	%MD5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
166	Analogique_TT102	Table de variables s..	Real	%MD34		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
167	Tag_15	Table de variables s..	Real	%MD16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

fin d'étude ▶ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Variables API									
Variables									
Variables API									
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
167	Tag_15	Table de variables s..	Real	%MD16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
168	Tag_16	Table de variables s..	Real	%MD17		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
169	Tag_17	Table de variables s..	Real	%MD18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
170	Tag_18	Table de variables s..	Real	%MD19		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
171	AU_C01	Table de variables s..	Bool	%I21.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	arrêt d'urgence C01
172	CR_V101	Table de variables s..	Bool	%I21.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Contrôleur de rotation de la vis dozeuse
173	System_Byte	Table de variables s..	Byte	%MB1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
174	FirstScan	Table de variables s..	Bool	%M1000.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
175	DiagStatusUpdate	Table de variables s..	Bool	%M1000.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
176	AlwaysTRUE	Table de variables s..	Bool	%M1000.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
177	AlwaysFALSE	Table de variables s..	Bool	%M1000.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
178	default_Arret_d'urgence	Table de variables s..	Bool	%M9.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
179	Acquitement_AU	Table de variables s..	Bool	%M9.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
180	Alarme_3	Table de variables s..	Word	%MW95		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
181	Alarme_4	Table de variables s..	Word	%MW97		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
182	Alarme_5	Table de variables s..	Word	%MW40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
183	default_DS	Table de variables s..	Bool	%M9.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
184	default_CR_E01	Table de variables s..	Bool	%M9.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
185	default_CR_C01	Table de variables s..	Bool	%M9.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
186	default_DB	Table de variables s..	Bool	%M9.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
187	deaut_CR_V101	Table de variables s..	Bool	%M9.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
188	<Ajouter>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

ملخص

تتطور التقنيات الصناعية بشكل مستمر، مما يجعل تحديث المنشآت القديمة أمرًا ضروريًا لضمان الأداء والموثوقية. يهدف هذا العمل إلى دراسة وأتمتة وحدة إعادة صهر السكر السائل القديمة.

سمحت الدراسة بتحديد المتغيرات الأساسية للعملية، مثل درجة الحرارة، اللزوجة، وتركيز السكر، بالإضافة إلى رصد خلل متكرر أبلغت عنه فرق الصيانة. بناءً على ذلك، تم تحديد الإشكالية وتصميم نظام أتمتة يعتمد على المتحكم المنطقي Siemens S7-1200.

شملت المنهجية تحليلًا وظيفيًا دقيقًا، إعداد مخططات GRAFCET لمختلف أوضاع التشغيل (الإنتاج، ما قبل الغسل، والتعقيم)، وتطوير البرنامج باستخدام برنامج TIA Portal V16. كما تم إنشاء واجهة تشغيل (IHM) باستخدام WinCC لتسهيل التفاعل مع المشغل. تم اختبار النظام ومحاكاته بنجاح، مما ساهم في تحسين التحكم واستقرار العملية.

Résumé

L'automatisation joue un rôle clé dans l'industrie en améliorant la productivité et la fiabilité des processus. Ce projet consiste à moderniser une unité ancienne de refonte du sucre liquide en mettant en place un système automatisé basé sur l'automate Siemens S7-1200. Des schémas de fonctionnement ont été développés, ainsi qu'un programme via TIA Portal et une interface opérateur avec WinCC. Les tests ont confirmé une meilleure stabilité et un contrôle plus efficace du procédé.

Summary

Automation is a key element in industrial development, helping to improve productivity and increase process reliability. This project aims to modernize an old liquid sugar remelting unit by implementing an automated system based on the Siemens S7-1200 PLC. Operating diagrams were developed, the program was created using TIA Portal, and an HMI was designed with WinCC. Tests showed a clear improvement in process stability and control efficiency.