

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire Fin D'études

AUTOMATIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Présenté par

Benamar Nedjma

Hadjour Ourdia

Mémoire proposé par Mr **Lotfi HADJ ARAB** et encadré par Mr
Mohamed Seddik BAHRI

**Contribution à la Conception d'une Station de Production du
Bioéthanol**

Mémoire soutenu publiquement le 24/06/2024 devant le jury composé de:

M. Arezki BENFDILA	Président	UMMTO
Mme. Karima HOUACINE	Promotrice	UMMTO
Mme. Zouhra HALLICHE	Examinatrice	UMMTO
Mme. Ouiza BOUKENDOUR	Examinatrice	UMMTO

Ce projet de fin d'études est réalisé au sein de GRD-LABELLE (Boumerdes)

Remerciement

Louange à Allah, par la grâce duquel les bonnes actions sont accomplies.

Nous remercions Dieu, le Créateur de toutes choses, pour son aide, la patience et le courage qui nous a donné durant ces longues années d'études.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères :

À **Mr. Lotfi HADJARAB** qui nous a permis de bénéficier de cette opportunité de stage, pour sa confiance, et surtout l'autonomie qu'il nous a offert.

À **Mr. Mohammed Seddik BAHRI**, notre encadreur de stage pour son aide précieuse et de nous avoir fait profiter de son expérience. Nous le remercions sincèrement pour sa patience et sa disponibilité tout au long de notre projet.

À toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de notre stage, pour leur accueil chaleureux au sein de l'entreprise **GRD-LABELLE**. En particulier, **Mr. Hichem AMMAR** pour ses conseils et intérêt porté à notre travail et **Mlle. Faiza MEFTA**H, pour son soutien inestimable et encouragements.

À notre promotrice **Mme. Karima HOUACINE** pour ses conseils et son intérêt incontestable tout au long de la réalisation de ce mémoire.

À tous les enseignants qui ont contribué à notre formation. Particulièrement, **Mr. Moussa CHARIF** et **Mr. Ahmed MAIDI** qui nous ont fourni une aide précieuse et une collaboration renforcée.

Nos remerciements vont également aux membres de jury qui feront l'honneur de juger notre travail et d'apporter leurs réflexions scientifiques.

À toute personne ayant nous ont apporté leur aide et qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre projet de fin d'études et à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Ce travail est dédié :

*À mes très cher parents qui m'ont soutenus tout ou long
de mon parcours universitaire et tout au long de ma vie.*

Qu'Allah le tout Puissant me les garde.

*À mes deux grands-mères, je leurs souhaite une bonne
santé et une longue vie.*

À mon frère, pour son aide et encouragement.

À ma sœur, à qui je souhaite la réussite dans ses études.

À toute ma famille.

Ourdia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui sont le secret de ma réussite.

Mes deux adorables sœurs Zakia et Nouara.

Mon cher petit frère Mohamed Salim.

Mes nièces Ghoufrane et Aya.

Mon neveu Abed Almohaimen.

Ma copine Hanane.

Ma petite famille, vous êtes les étoiles qui illuminent mon ciel. Merci pour votre soutien inconditionnel et votre amour infini.

★ *Nedjma* ★

Avant-propos

1. Présentation de GRD-LABELLE

GRD-LABELLE (**Grande Raffinerie Dahmani LABELLE**) est une entreprise algérienne située à Ouled Moussa, dans la wilaya de Boumerdes. Elle est spécialisée dans le raffinage du sucre roux pour la production de sucre blanc, qui est commercialisé en sacs de 1 kg, 25 kg, 50 kg et en big bag de 1100 kg. Cette raffinerie est certifiée ISO9001 version 2015, ISO14001 version 2015, FSSC22000 et Halal NA6184.

GRD-LABELLE s'est affirmée comme un acteur majeur dans la production de sucre blanc, avec une présence notable à l'échelle internationale. Cette entreprise compte actuellement 410 employés possédant une large gamme de compétences, ce qui lui permet de répondre efficacement aux spécificités de chaque client. Elle possède plusieurs unités de production, chacune est dédiée au traitement du sucre roux [1].



FIGURE 1 – Vue par satellite de la raffinerie.

2. Historique de GRD-LABELLE

La société de négoce familial Dahmani, spécialisée au début des années 1990 dans l'importation de denrées alimentaires, est devenue à partir de 1995 une entreprise de transformation agroalimentaire en se faisant connaître du grand public avec la marque de margarine LaBelle.

Au début des années 2000, LaBelle se dote de plusieurs usines à Ouled Moussa, dont une minoterie, une semoulerie, un couscoussier et une autre dédiée à la torréfaction produisant le café de marque Bonal.

En 2004, l'unité de production de margarine est ouverte à Dar El Beida.

En 2005, elle acquiert l'entreprise nationale des Corps-gras (ENCG), qui compte deux unités de raffinage, et en 2006, les Moulins de la Mezghenna, une filiale du groupe public

ERAD Alger dotée d'une minoterie d'une capacité de 400 tonnes par jour.

Au début des années 2010, elle se lance dans le conditionnement de produits alimentaires tels que le riz, les lentilles, les haricots, les pois chiches, le sucre cristallisé et le lait dans une usine à Khemis El Khechna.

LaBelle a signé un partenariat avec le Groupe Cristal Union, qui a permis la naissance de GRD-LABELLE en 2011, et entrée en production en mars 2016 [1].

3. Unités de production de GRD-LABELLE

➤ Réception et stockage du sucre roux

La raffinerie GRD-LABELLE reçoit le sucre roux depuis le Brésil et puis le stocke dans un silo plat de stockage.

➤ La reprise du sucre roux et atelier fondoir

Après la reprise du sucre roux dans le process, il passe au atelier fondoir pour devenir un sirop (refonte principale 65° C à 67° C).

➤ Chaulage

Au niveau de cette unité il y aura la préparation de lait du chaux qui sera mélangé avec la refonte brute (le sirop) afin d'éliminer les impuretés organiques du sucre roux.

➤ Carbonatation

L'unité de carbonatation consiste à injecter le CO_2 dans le sirop chaulé afin de solidifier et précipiter les impuretés organiques captées par la chaux.

➤ Filtration refonte carbonaté et lavage des écumes

Cette étape permet d'éliminer les impuretés contenues dans le sirop carbonaté au niveau des filtres à épaisseur. Le sirop filtré sera envoyé vers une installation de décoloration des résines, tandis que les boues seront dirigées vers les filtres-presses pour le dé-sucrage.

➤ Le filtre presse

Les boues de carbonatation contiennent une quantité importante de sucre, même après filtration dans les filtres épaisseurs. Ainsi, l'utilisation des filtres-presses vise à épuiser ces boues en sucre et en eau, afin de minimiser les pertes de sucre et de réduire la charge de polluants.

➤ **Interface de décoloration**

Cette unité permet d'éliminer les fines particules d'impuretés telles que les cendres et les sels minéraux qui pourraient altérer la blancheur du sucre. Elle consiste à adsorber ces particules sur des résines échangeuses d'ions.

➤ **Préparation et nanofiltration de saumure**

La préparation de la saumure consiste à dissoudre le sel dans de l'eau froide, puis à la séparer sous pression par nanofiltration, ce qui permet de régénérer la résine en reproduisant une nouvelle saumure.

➤ **Concentration refonte**

Au niveau de cette unité se fait la concentration refonte pour porter le brix de la refonte de 62° à 72° en passant par deux corps d'évaporation à flot tombant (2effets).

➤ **Cristallisation**

Cette unité consiste à produire du sucre blanc cristallisé à partir d'un sirop décoloré concentré. Cette opération possède trois étapes : cuisson, malaxage et turbinage.

➤ **Interface centrifugeuse discontinue**

La centrifugation discontinue permet la séparation du sucre blanc humide et les égouts, puis le sucre décharge vers la bonde transporteuse et les égouts sont collectés dans les bacs d'égouts.

➤ **Interface centrifugeuse continue**

Les centrifugeuses continues sont prévues pour le traitement de la masse cuite destinée à la refonte, pour y être turbinée, puis lavée par jet de condensats chauds et de vapeur à 6 bar, cette séparation permet d'obtenir une mélasse et des égouts.

➤ **Interface de séchage du sucre blanc**

Cette interface permet de sécher le sucre blanc car il contient encore de l'eau entre 0.6 à 1 %. Malgré ce faible taux d'humidité, il peut altérer la quantité du sucre lors du stockage.

➤ **Production du vide par condensation de vapeurs et atelier de d'aéroréfrigérant**

Les postes de condensats des vapeurs et d'aéroréfrigérants sont pour la création du vide par condensation des vapeurs produites dans les cuites de cristallisation, évaporation le refroidissement des condensats produit et préchauffage de l'eau adoucie.

➤ **Stockage de la mélasse**

Dans cette unité, on stocke le résidu obtenu après la cristallisation du sirop de sucre.

➤ **Séparation vapeur et condensats**

Dans cette unité, on trouve un circuit bouilleur qui alimente les différents ateliers de l'usine en vapeur stable, en pression et en température. Un bac à condensats qui permet de séparer des condensats d'origines différentes, leur maintenir à une température donnée par flash. Et une bache de sécurité qui est alimentée en eau adoucie chaude.

➤ **Interface eaux neuves**

Dans cette unité on trouve l'eau brute nécessaire pour l'alimentation de l'usine en cas de coupure de l'eau, eau adoucie pour éliminer la dureté de l'eau. Et on trouve aussi la déminéralisation d'eau pour éliminer les ions minéraux dans l'eau.

➤ **Interface chaudière**

C'est une interface de production de la vapeur qui est utilisé avec des quantités importantes pour le raffinage.

➤ **Interface turbo alternateur**

C'est l'association d'une turbine et d'un alternateur en vue de transformer la puissance mécanique d'un fluide en mouvement en électricité.

➤ **Stockage du sucre blanc**

Une fois le produit final (le sucre blanc) est obtenu, il sera stocké dans l'interface de stockage.

➤ **Conditionnement de sucre blanc**

À la fin du processus de raffinage, le sucre blanc est conditionné en sacs de 1 kg, 25 kg, 50 kg, ainsi que dans de grands sacs de 1100 kg.

➤ Interface step

C'est une interface où se trouvent les impuretés du sucre roux et les effluents à neutraliser.

Les unités sont organisées comme montre la figure ci-dessous :

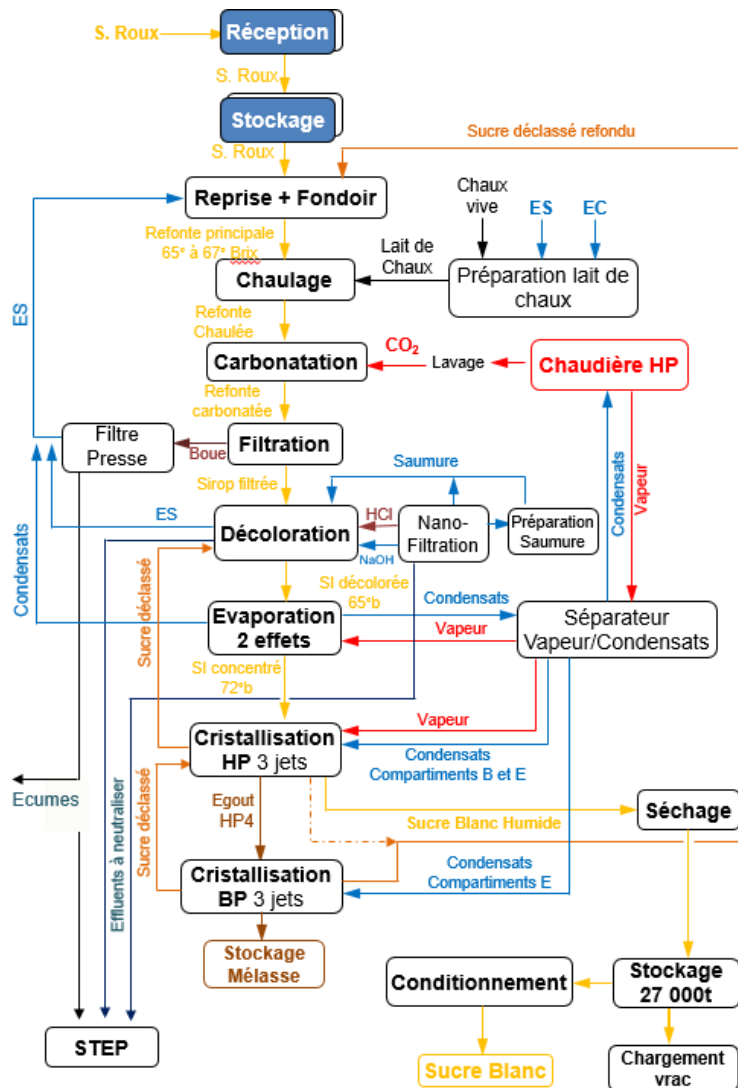


FIGURE 2 – L'organigramme d'organisation des unités de production.

Table des matières

Introduction générale	1
1 Description de la station de production de bioéthanol PB	2
1.1 Introduction	2
1.2 Description de la station de production de bioéthanol	2
1.2.1 Unité de préparation de la levure activée	5
1.2.2 Unité de dilution de la mélasse	5
1.2.3 Unité de fermentation	6
1.2.4 Unité de distillation	6
1.2.5 Unité de rectification et déshydratation	7
1.2.6 Unité de stockage de bioéthanol	7
1.3 Composants de la station PB	8
1.3.1 Capteurs	8
1.3.1.1 Capteur de niveau hydrostatique	8
1.3.1.2 Capteur de niveau radar	8
1.3.1.3 Détecteur de flamme	9
1.3.1.4 pH-mètre	10
1.3.1.5 Capteur de température type PT100	10
1.3.1.6 Capteur de pression	10
1.3.1.7 Capteur de débit	11
1.3.1.8 Détecteur de dioxyde de carbone	12
1.3.1.9 Sonde à éthanol	12
1.3.2 Actionneurs	13
1.3.2.1 Moteur asynchrone	13
1.3.2.2 Pompes doseuses	13
1.3.2.3 Pompes centrifuges	14
1.3.2.4 Électrovannes TOR	14
1.3.2.5 Vannes de régulation	15
1.3.3 Pré-actionneurs	15
1.3.4 Échangeur de chaleur	15
1.3.5 Dispositifs de sécurité	16

1.4	Problématique	17
1.5	Solution	17
1.6	Conclusion	17
2	Modélisation de la station PB	18
2.1	Introduction	18
2.2	Généralités sur l'outil GRAFCET	18
2.2.1	Définition d'un grafcet	18
2.2.2	Concepts de base d'un grafcet	18
2.2.2.1	Étape	18
2.2.2.2	Transition	19
2.2.2.3	Liaison orientée	19
2.2.3	Structures de bases d'un grafcet	19
2.2.3.1	Divergence et convergence en OU	19
2.2.3.2	Notions de séquence	20
2.2.3.3	Saut d'étape	21
2.2.3.4	Reprise de séquence	21
2.2.3.5	Divergence et convergence en ET	21
2.2.3.6	Macro-étape	22
2.2.3.7	Sous programmes	23
2.2.4	Règles d'évolution d'un GRAFCET	23
2.3	Niveau d'un grafcet	24
2.3.1	Grafcet de niveau 1	24
2.3.2	Grafcet de niveau 2	24
2.3.3	Cahier des charges et le grafcet de la station PB	24
2.4	Conclusion	31
3	Automatisation de la station PB et régulation de température	32
3.1	Introduction	32
3.2	Systèmes automatisés de production (SAP)	32
3.2.1	Définition	32
3.2.2	Description des différentes parties	32
3.3	Différents types de commande d'un système automatisé	34
3.3.1	Systèmes automatisés combinatoires	34
3.3.2	Systèmes automatisés séquentiels	34
3.3.3	Logique câblée	34
3.3.4	Logique programmée	34
3.4	L'API	35
3.4.1	Définition	35
3.4.2	Domaines d'emploi des automates	35

3.4.3	Nature de l'information traitée par les APIs	35
3.4.4	Architecture des APIs	36
3.4.4.1	Aspect extérieur	36
3.4.4.2	Structure interne	37
3.4.5	Critères du choix de l'automate	37
3.4.6	Présentation de l'API S7-300	38
3.4.6.1	Module d'alimentation	38
3.4.6.2	Unités centrales	38
3.4.6.3	Coupleur	39
3.4.6.4	Module de communication	39
3.4.6.5	Modules de fonctions	39
3.4.6.6	Modules de signaux	39
3.4.6.7	Modules de simulation	39
3.5	Langages de programmation	40
3.6	Logiciel de programmation TIA Portal	40
3.6.1	Présentation du logiciel	40
3.6.2	Création du projet	41
3.6.3	Configuration matérielle	41
3.6.4	Table des variables	42
3.7	Régulation	43
3.7.1	Présentation de régulateur PID	43
3.7.2	Différentes structures de PID	43
3.8	Régulation PID de température	45
3.8.1	Description du bloc CONT_C	45
3.8.2	Méthode essai-erreur	46
3.9	Exemple de simulation	47
3.10	Conclusion	50
4	Développement de la plateforme de supervision	51
4.1	Introduction	51
4.2	Généralités sur la supervision	51
4.2.1	Définition de la supervision	51
4.2.2	Avantages de supervision	51
4.2.3	Constitution d'un système de supervision	52
4.2.3.1	Affichage	52
4.2.3.2	Archivage	52
4.2.3.3	Communication	52
4.2.3.4	Traitement	52
4.2.4	Interface IHM	52

4.3	Communication entre le pupitre de commande et l'automate	52
4.4	Création d'un projet de supervision sous TIA portal	53
4.5	Développement d'un système de supervision sous le logiciel TIA portal . .	55
4.5.1	Création de la tables des variables IHM	55
4.5.2	Réalisation des vues contrôle et de supervision de la station PB . .	56
4.6	Conclusion	62
	Conclusion générale	63

Table des figures

1.1 La mélasse de GRD-LABELLE.	3
1.2 Le bioéthanol.	3
1.3 La vue global du système de production.	4
1.4 Capteur de niveau hydrostatique.	8
1.5 Capteur de niveau radar.	9
1.6 Détecteur de flamme.	9
1.7 Le pH-mètre.	10
1.8 Capteur de température PT100.	10
1.9 Capteur de pression capacitif.	11
1.10 Le débitmètre électromagnétique.	11
1.11 Détecteur de CO2.	12
1.12 Sonde à éthanol.	13
1.13 Moteur asynchrone.	13
1.14 Pompe doseuse.	14
1.15 Pompe centrifuge.	14
1.16 Électrovanne TOR.	14
1.17 La vanne de régulation.	15
1.18 Les échangeurs thermiques.	16
1.19 Disjoncteur bipolaire.	16
2.1 Symbolisation d'un grafcet.	19
2.2 La divergence et la convergence en OU.	20
2.3 Une séquence dans un grafcet.	20
2.4 Le saut d'étape.	21
2.5 La reprise d'étape.	21
2.6 La divergence et la convergence en ET	22
2.7 La macro-étape.	22
2.8 Un sous programme.	23
2.9 Grafcet niveau 1.	28
2.10 Grafcet niveau 2.	29
2.11 Sous programme niveau 1 et niveau 2.	30

2.12 Sous programme niveau 1.	30
2.13 Sous programme niveau 2.	31
3.1 La structure d'un système automatisé.	33
3.2 Automate Compact.	36
3.3 Automate Modulaire.	36
3.4 Structure matérielle du S7-300.	40
3.5 La table des variables.	43
3.6 Régulateur PID de type série.	44
3.7 Régulateur PID de type parallèle.	44
3.8 Régulateur PID de type mixte.	45
3.9 Le régulateur PID pour atteindre 78 °C.	46
3.10 Le paramétrage de régulateur de température.	47
3.11 Activation de Pump2.	48
3.12 Activation de xv_vapeur.	49
3.13 La mise en échelle du capteur 'LT2'.	49
3.14 Activation de la LED OP.	50
4.1 Communication automate pupitres.	53
4.2 Table des variables de l'IHM.	55
4.3 Table des variables de la station PC.	56
4.4 Vue d'accueil.	57
4.5 Vue système global.	58
4.6 Vue activation de levure.	59
4.7 Vue dilution.	59
4.8 Table des alarmes TOR.	60
4.9 Table des alarmes analogiques.	60
4.10 Vue alarmes.	61
4.11 Activation de Pump3.	61
4.12 Activation de Pump5.	62
4.13 Activation de Pump7 et xv10.	62

Liste des abréviations

<i>API</i>	Automate Programmable Industrielle
<i>AS</i>	Acide Sulfurique
<i>BF</i>	Boucle Fermée
<i>BS</i>	Bac de Stockage
<i>BSE</i>	Bac de Stockage d'Eau
<i>BSM</i>	Bac de Stockage de la Mélasse
<i>c(s)</i>	La fonction de transfert de régulateur
<i>CPU</i>	Central Processing Unit
<i>Dco2</i>	Détecteur de CO2
<i>DCY</i>	Départ CYcle
<i>E(s)</i>	L'erreur statique
<i>ER</i>	Eau de Rinçage
<i>FT</i>	Flow Transmeter
<i>IHM</i>	Interface Homme-Machine
<i>K_{cr}</i>	Gain critique
<i>K_p</i>	Gain proportionnel
<i>LT</i>	Level Transmitter
<i>PID</i>	Proportionnelle Intégrale Dérivée
<i>PBM</i>	Production de Bioéthanol à partir de la Mélasse
<i>PC</i>	Partie Commande
<i>PO</i>	Partie Opérative
<i>PR</i>	Partie Relation
<i>RTD</i>	Resistance Temperature Detector
<i>PT</i>	Pression Transmitter
<i>SPA</i>	Systèmes Automatisées de Production
<i>T_{cr}</i>	Période critique
<i>T_d</i>	Temps de dérivation
<i>T_i</i>	Temps d'intégration
<i>TOR</i>	Tout Ou Rien
<i>XV</i>	Électrovanne

Introduction générale

L'automatisme industriel joue un rôle crucial dans les entreprises modernes, permettant d'améliorer l'efficacité, la productivité et la qualité des processus de production. Les automates programmables constituent l'un des piliers essentiels de ces processus.

La production de bioéthanol consiste à valoriser la mélasse qui est un sous-produit du processus de raffinage du sucre de canne, en raison de sa teneur élevée en sucre, Étant donné que le bioéthanol est un alcool renouvelable de grande pureté et il est considéré comme l'un des carburants les plus consommés dans le monde.

Notre objectif est de concevoir une chaîne de production automatisée et sécurisée qui assure cette conversion à l'aide d'un automate programmable industriel S7-300 et de développer une interface homme-machine conforme pour la supervision.

Pour atteindre ces objectifs, notre travail est subdivisé en quatre chapitres, comme présenté ci-dessous :

- Le **premier** chapitre sera consacré à la description de la station de conversion de la mélasse en bioéthanol et ses différents composants en précisant le rôle de chacun.
- Le **deuxième** chapitre sera consacré à la présentation générale de l'outil "GRAF-CET" ainsi qu'à la modélisation du cahier des charges de la station de production de bioéthanol à l'aide de cet outil.
- Le **troisième** chapitre portera sur portera sur l'automatisation de la station de production de bioéthanol ainsi que l'intégration de la régulation PID de température et l'identification de ses paramètres (K_p , T_i et T_d).
- Le **quatrième** chapitre décrira la réalisation de l'interface homme-machine pour la supervision de notre processus afin d'assurer le bon fonctionnement.

Nous achevons notre travail par une conclusion générale mettant en avant les principaux acquis de notre projet.

Chapitre 1

Description de la station de production de bioéthanol PB

1.1 Introduction

La conversion de la mélasse en bioéthanol est un processus essentiel dans l'industrie de la bioénergie. La mélasse est un résidu de la production de sucre blanc à partir de sucre roux, elle est riche en saccharose, qui peut être fermentée pour produire de bioéthanol, qui est un carburant écologique et durable. Cette conversion offre plusieurs avantages, notamment la valorisation d'un sous-produit industriel, la réduction des déchets et des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que la promotion de la sécurité énergétique en fournissant une alternative aux carburants fossiles.

Dans ce chapitre, nous décrivons les différentes unités de l'entreprise d'accueil, en mettant particulièrement l'accent sur les différentes phases nécessaires à la réalisation du processus de production de bioéthanol.

1.2 Description de la station de production de bioéthanol

La station **PB** (**P**roduction de **B**ioéthanol)est une installation industrielle, conçue pour produire de bioéthanol à partir de la mélasse pour une utilisation dans l'industrie ou comme carburant. Le procédé de fabrication passe par plusieurs étapes :

La première étape consiste à activer la levure pour créer un environnement plus favorable à la fermentation.

La deuxième étape sert à diluer la mélasse pour faciliter la fermentation car la mélasse est assez visqueuse, et très concentrée pour les levures.

Une fois les deux produits (la mélasse diluée et la levure activée) sont prêts, ils vont passer par l'étape de fermentation pendant 72 heures, où les levures convertissent les

sucres de la mélasse en bioéthanol et en dioxyde de carbone.

Ensuite, le mélange fermenté passe par l'étape de distillation pour séparer le bioéthanol des autres composants. Puis il sera rectifié et déshydraté pour augmenter sa pureté encore davantage à plus de 95 %.

Enfin, le bioéthanol produit sera stocké dans des réservoirs et peut être distribuer pour une utilisation dans divers applications, telles que les carburants et les produits pharmaceutiques.

La mélasse : est un sirop très visqueux de couleur brune foncée extrait de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. Elle est riche en sucres résiduels, tels que le saccharose, le glucose et le fructose, ainsi qu'en divers minéraux et vitamines [2].



FIGURE 1.1 – La mélasse de GRD-LABELLE.

Le bioéthanol : est un biocarburant produit par la fermentation de matières premières riches en sucre obtenues à partir de la biomasse. Sa combustion est plus propre pour l'environnement que celle de l'essence ou du diesel [2].



FIGURE 1.2 – Le bioéthanol.

La vue globale qui représente la station PB est donnée par la figure [1.3].

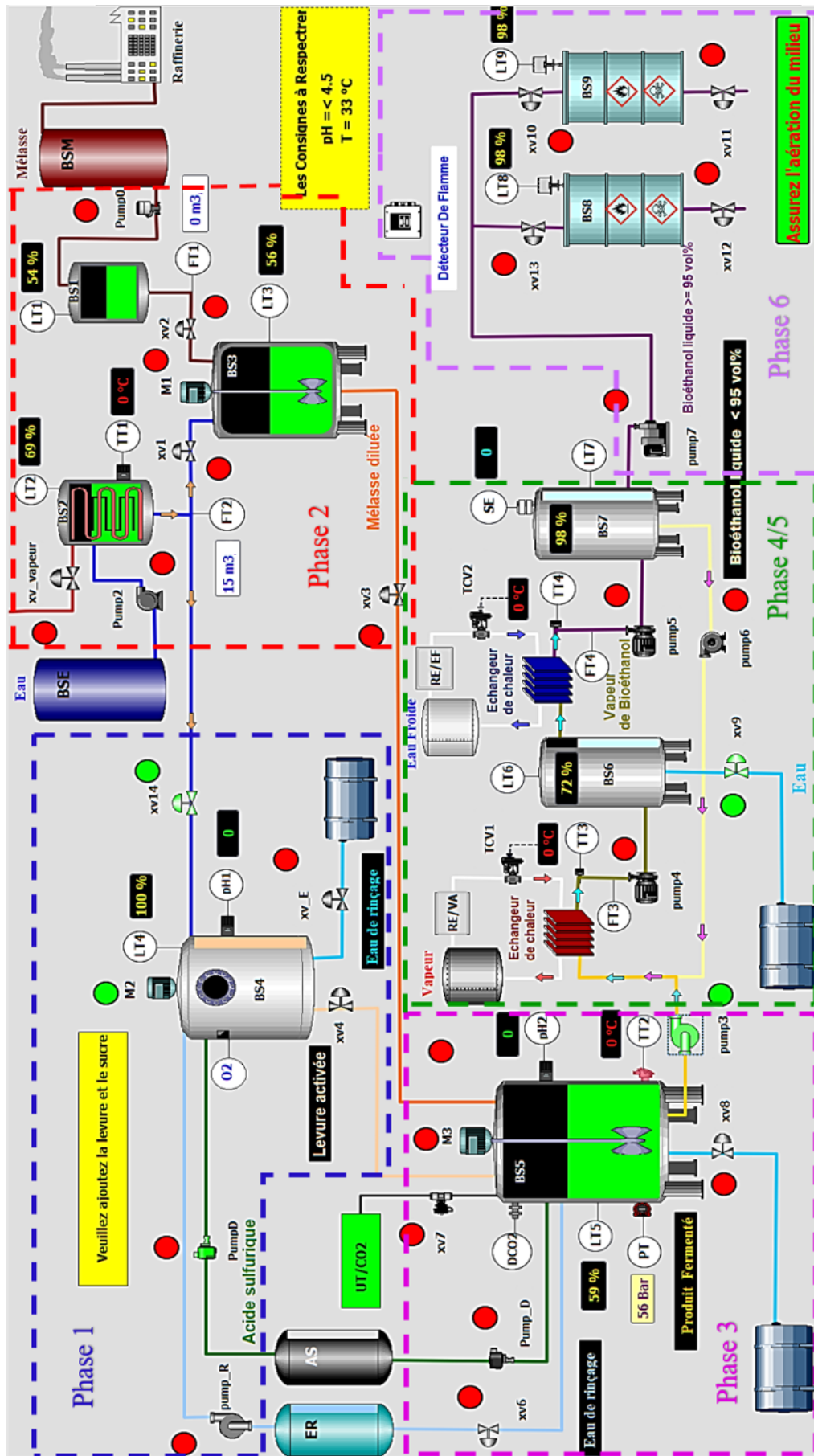


FIGURE 1.3 – La vue global du système de production.

1.2.1 Unité de préparation de la levure activée

Cette unité sert à augmenter le rendement et à minimiser le temps de fermentation. Pour activer la levure, on mélange trois matières : 1529.5 g de levure (*Saccharomyces Cerevisiae*), 7659 g de sucre, et 30.59 L d'eau tiède à une température de 33°C, sous une agitation continue pendant 15 minutes tout en maintenant le pH à 4.5. Pendant l'activation, si cette condition n'est pas satisfaite (c'est-à-dire si le pH du milieu est supérieur à 4.5), on ajoute une quantité précise d'acide sulfurique qui va diminuer le pH [3]. Une fois que les trois matières sont bien mélangées, on laisse la levure activée se reposer pendant 15 minutes, qui sera utilisée ultérieurement dans l'étape de fermentation.

L'unité de préparation de levure activée (Phase 1) est représentée sur la figure [1.3]. Elle est constituée de :

- Bac 'BS4' avec agitateur 'M2' pour mélanger la levure avec l'eau et le sucre.
- Bac de stockage d'acide sulfurique 'AS' qui diminue la valeur de pH dans les deux bac 'BS4' et 'BS5'.
- Bac de stockage d'eau 'ER', pour faire le rinçage dans BS4 et BS5.
- Un capteur de niveau 'LT4'.
- Un pH-mètre 'pH'.
- Trois électrovannes : 'xv4' pour vider la levure activée, 'xv_E' pour vider l'eau de rinçage et 'xv14' pour ajouter l'eau au BS4.
- Une pompe centrifuge 'Pump_R' pour rincer BS4.
- Une pompe doseuse 'PumpD' pour faire circuler l'acide sulfurique dans BS4.
- La tuyauterie.

1.2.2 Unité de dilution de la mélasse

Cette unité permet une dilution efficace du sucre et d'autres composés dans l'eau, car la mélasse est initialement un liquide plus visqueux. On mélange une quantité de 1250 L de mélasse avec 5000 L d'eau chaude à 85 °C, sous agitation continue pendant 15 minutes. Une fois que les deux produits sont bien mélangés, ils seront utilisés dans l'étape de fermentation [3].

L'unité de dilution de la mélasse (Phase 2) est représentée sur la figure [1.3]. Elle est composée de :

- Un bac de stockage de l'eau 'BS2'.
- Un bac de stockage de la mélasse 'BS1'.
- Un bac 'BS3' avec un agitateur 'M1' pour mélanger la mélasse avec l'eau.
- Deux pompes centrifuges, Pump0 pour remplir le bac de stockage BS1 et Pump2 pour remplir BS2.
- Deux électrovannes sont utilisées : xv3 pour vider la mélasse diluée et xv_vapeur pour circuler la vapeur dans les serpentins et chauffer l'eau.

- Deux électrovannes, l'une pour ajouter la mélasse 'xv2' et l'autre pour ajouter l'eau 'xv1' au BS3.
- Trois capteurs de niveau 'LT1', 'LT2' et 'LT3'.
- Deux capteurs de débit pour mesurer les quantités d'eau 'FT2' et de la mélasse 'FT1' passées au BS3.
- Un capteurs de température 'TT1'.
- Un serpentin de vapeur.
- La tuyauterie.

1.2.3 Unité de fermentation

La fermentation alcoolique consiste à transformer les sucres fermentescibles en anaérobie par des levures en alcool et en gaz carbonique, avec dégagement de calories.

Pour réaliser la fermentation, on mélange les deux produits préparés auparavant (mélasse diluée et levure activée) sous agitation continue pendant 15 minutes. Pour obtenir de meilleurs résultats, il est essentiel de maintenir la température à 33 °C et le pH à 4.5. Si le pH est supérieur à 4.5, on ajoute de l'acide sulfurique avec précision pour le diminuer. On laisse le mélange pendant 72 heures afin d'obtenir le bioéthanol [3].

L'unité de fermentation (Phase 3) est représentée sur la figure [1.3]. Elle est composée de :

- Un bac de fermentation 'BS5' avec agitateur 'M3'.
- Deux électrovannes sont utilisées : 'xv3' pour ajouter la mélasse diluée et 'xv4' pour ajouter la levure activée dans BS5.
- Deux électrovannes sont utilisées : 'xv6' pour remplir BS5 avec la solution de rinçage et 'xv8' pour le vidange.
- Une électrovanne 'xv7' pour le dégagement du CO₂.
- Une pompe centrifuge 'pump3' est utilisée pour vider le produit fermenté.
- Une pompe doseuse 'Pump_D' pour injecter l'acide sulfurique dans BS5.
- Un capteur de température 'TT2'.
- Un capteur de pression 'PT'.
- Un détecteur de CO₂ 'DCO2'.
- Un capteur de niveau 'LT5'.
- Un pH-mètre 'pH2'.
- La tuyauterie.

1.2.4 Unité de distillation

La distillation est faite pour la séparation et purification de bioéthanol obtenu après la fermentation. Elle repose sur la vaporisation partielle d'un composé liquide suite de la

condensation des vapeurs obtenus pour retrouver le composé purifié sous la forme liquide [2].

Après les 72 heures, la température sera augmentée jusqu'à 78 °C afin d'évaporer le bioéthanol du mélange fermenté (c'est-à-dire que l'alcool est séparé de l'eau par évaporation). Une fois la vapeur de bioéthanol est récupérées, la température diminue jusqu'à 20 °C pour obtenir le bioéthanol sous forme liquide.

L'unité de distillation (phase 4) montrée sur la figure [1.3], comporte essentiellement :

- Deux échangeurs de chaleur, un pour réchauffer le produit fermenté ou pour réchauffer le bioéthanol produit obtenu après la distillation, l'autre pour faire refroidir la vapeur de bioéthanol (condensation).
- Deux bacs 'BS6' et 'BS7' pour la distillation.
- Deux capteurs de débit TOR 'FT3' et 'FT4'.
- Deux capteurs de température 'TT3' et 'TT4'.
- Une sonde à éthanol 'SE'.
- Deux capteurs de niveau 'LT6' et 'LT7'.
- Trois pompes centrifuges : 'pump4' pour remplir BS6, 'pump5' pour le remplissage de BS7 et 'Pump6' pour faire repasser le bioéthanol liquide par l'étape de distillation.
- Une électrovanne 'xv9' pour vider l'eau obtenu après l'évaporation de bioéthanol.
- Deux vannes régulatrices 'TCV1' et 'TCV2' pour régler la température.
- La tuyauterie.

1.2.5 Unité de rectification et déshydratation

Pour obtenir de bioéthanol d'une plus grande pureté, il est possible de le faire passer par une étape de rectification, c'est-à-dire que l'alcool est purifié à travers des phases successives d'évaporation et de condensation [2].

L'étape de distillation est refaite plusieurs fois jusqu'à obtention d'une pureté importante.

1.2.6 Unité de stockage de bioéthanol

Cette unité est utilisée pour stocker le bioéthanol obtenu après la distillation dans des réservoirs spéciaux, en respectant les conditions de stockage appropriées pour le bioéthanol.

L'unité de stockage est présentée dans la figure [1.3]. Elle comporte :

- Deux bac 'BS8' et 'BS9' pour le stockage de bioéthanol.
- Une pompe centrifuge 'pump7' pour le vidange de BS7.
- Deux électrovannes : 'xv13' pour remplir BS8 et 'xv10' pour remplir BS9.
- Deux électrovannes 'xv11' et 'xv12' pour vider le bioéthanol stocké.

- Système de ventilation pour assurer l'aération du milieu.
- Deux capteurs de niveau de types radar 'LT8' et 'LT9'.
- Un détecteur de flamme pour la sécurité de l'unité.
- La tuyauterie.

1.3 Composants de la station PB

Les différents composants qui sont nécessaires pour réaliser notre station de production sont :

1.3.1 Capteurs

Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique (position, distance, température, etc) d'une machine ou d'un processus en une grandeur généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle et de commande. On peut les classer en trois catégories : les capteurs numériques, les capteurs analogiques et les capteurs TOR (logique).

1.3.1.1 Capteur de niveau hydrostatique

Les capteurs de niveau hydrostatiques assurent la mesure en continu des liquides dans les cuves et les réservoirs par la mesure de la pression avec une grande précision.

❖ Principe de mesure

Le capteur de niveau hydrostatique mesure la pression (relative ou différentielle) du liquide exercée à la surface de sa membrane. Cette pression sera traduite en une hauteur ou un niveau [4].



FIGURE 1.4 – Capteur de niveau hydrostatique.

1.3.1.2 Capteur de niveau radar

Le capteur radar est approprié pour des applications dans les liquides, intégré dans des simples processus. Il permet de réaliser une mesure fiable du niveau.

❖ Principe de mesure

Le capteur émet des ondes électromagnétiques qui propage jusqu'à la surface du liquide à mesurer. Une fois ces ondes atteignant la surface, elles sont reflétées et retournées au capteur. La vitesse de propagation des ondes est mesurée et convertie en distance, ce qui permet de calculer le niveau du liquide dans le réservoir [4].



FIGURE 1.5 – Capteur de niveau radar.

1.3.1.3 Détecteur de flamme

Les détecteurs optiques de flammes sont particulièrement adaptés aux zones industrielles à hauts risques notamment les raffineries, stations de pompage, les centres de remplissage, les dépôts de stockage (solvants, peintures).

Les détecteurs optiques de flammes réagissent aux rayonnements invisibles, comme l'ultraviolet (UV) ou l'infrarouge (IR) émis par tous types de flammes. Ils sont élaborés pour prévenir très rapidement (en quelques dizaines de millisecondes).

❖ Principe de fonctionnement

Le détecteur de flammes utilise des capteurs UV, UV/IR ou IR3 ainsi qu'une analyse sophistiquée des signaux pour détecter rapidement les incendies tout en minimisant les fausses alarmes [5].



FIGURE 1.6 – Détecteur de flamme.

1.3.1.4 pH-mètre

Le pH-mètre est un outil de mesure permettant de déterminer le pH d'un liquide avec précision. Il est régulièrement utilisé pour surveiller et contrôler le niveau de pH, d'une solution intervenant dans une manipulation de laboratoire. Certains modèles peuvent également mesurer la conductivité et la température d'un liquide.

❖ Principe de mesure

Mesure de pH avec électrodes en verre. La valeur de pH est utilisée comme unité de mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'un liquide. L'élément sensible au pH des électrodes en verre est un bulbe en verre qui délivre un potentiel électrochimique qui dépend de la valeur de pH du produit. Ce potentiel est généré par la pénétration de petits ions H^+ à travers la couche externe de la membrane alors que les ions plus gros H^- , chargés négativement, restent dans la solution [6].



FIGURE 1.7 – Le pH-mètre.

1.3.1.5 Capteur de température type PT100

Une sonde de température PT100 est un type de résistance à température RTD qui utilise une résistance en platine dont la résistance est de 100Ω à $0^\circ C$.

❖ Principe de mesure

Les sondes PT100 ont une valeur ohmique qui varie proportionnellement à la température. Plus la température augmente, plus la résistance électrique du platine augmente [4].



FIGURE 1.8 – Capteur de température PT100.

1.3.1.6 Capteur de pression

C'est un appareil de mesure de pression dont le principe consiste à convertir la force appliquée par la pression d'un fluide sur une surface donnée en un signal électrique.

❖ Principe de mesure

Le capteur de pression capacitif mesure la force appliquée sur une membrane métallique en acier inoxydable ou céramique. La pression exercée déforme la pellicule métallique qui transmet la variation de pression via un fluide incompressible intermédiaire (huile ou eau). Celui-ci vient déformer un élément silicium capacitif. Ce composant est un condensateur variable qui convertit la déformation en valeur capacitive [4].



FIGURE 1.9 – Capteur de pression capacitif.

1.3.1.7 Capteur de débit

Un débitmètre électromagnétique est un compteur volumétrique basé sur le principe des ondes électromagnétiques sur fluides conducteurs, comme l'eau, les acides, les bases, les boues, etc. Il a un bon rapport précision de mesure. Il est installés pour la surveillance des liquides, le remplissage et le dosage volumique.

❖ Principe de mesure

D'après le principe d'induction de Faraday : à chaque fois qu'un conducteur coupe des lignes de champ magnétique généré par deux bobines situées des deux côtés du tube de mesure, une force électromotrice induite perpendiculaire au plan du conducteur et au champ magnétique est générée.

Perpendiculairement à cela, deux électrodes montées sur la paroi interne de la conduite mesurent la tension produite lors du passage du fluide. La tension induite est proportionnelle à la vitesse d'écoulement et de ce fait au débit volumique [4].



FIGURE 1.10 – Le débitmètre électromagnétique.

1.3.1.8 Détecteur de dioxyde de carbone

Le détecteur de CO₂ détermine le contenu en dioxyde de carbone de l'air grâce au capteur par infrarouge à une température ambiante entre -10 et +50 °C. Il mesure la concentration en dioxyde de carbone d'une façon plus rapide et précise.

❖ Principe de mesure

Le fonctionnement d'un capteur de CO₂ implique que le gaz soit pompé ou diffusé dans le tube lumineux. L'électronique mesure alors l'absorption de la longueur d'onde caractéristique de la lumière. La quantité d'absorption de lumière est convertie en une sortie électrique qui fournit une mesure en parties par million (ppm) ou en % de volume. Plus la lumière absorbée équivaut à un plus grand nombre de molécules de gaz cibles présentes, ce qui se traduit par un signal de sortie plus faible et, inversement, une concentration de CO₂ rapportée plus élevée [7].



FIGURE 1.11 – Détecteur de CO₂.

1.3.1.9 Sonde à éthanol

Ce capteur est utilisé pour mesurer la concentration en éthanol. Il est extrêmement sensible et très adapté à la mesure du dégagement d'éthanol lors du processus de fermentation alcoolique par les levures.

❖ Principe de mesure

Le capteur d'éthanol utilise un semi-conducteur à oxyde métallique pour détecter les concentrations d'éthanol dans l'air. L'éthanol réagit avec l'oxyde métallique et est consommée dans une réaction de combustion qui réduit la résistance interne de l'élément capteur. La concentration d'éthanol est donc inversement proportionnelle à l'efficacité de la résistance [8].



FIGURE 1.12 – Sonde à éthanol.

1.3.2 Actionneurs

Un actionneur est l'organe de la partie opérative (OP) qui convertit l'énergie qui lui est fournie sous l'ordre de la partie commande, pour l'exécution d'un travail demandé.

1.3.2.1 Moteur asynchrone

Connue également sous le terme anglo-saxon moteur à induction, est largement utilisé dans l'industrie. C'est une machine électrique à courant alternatif qui peut être monophasé ou triphasé. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage et d'une partie rotative, le rotor (bobine ou cage d'écureuil). La vitesse de rotation de l'arbre est différente de la vitesse de rotation du champ tournant. Sa puissance peut dépasser 50000 KW et sa vitesse peut atteindre 100000 tr/min.

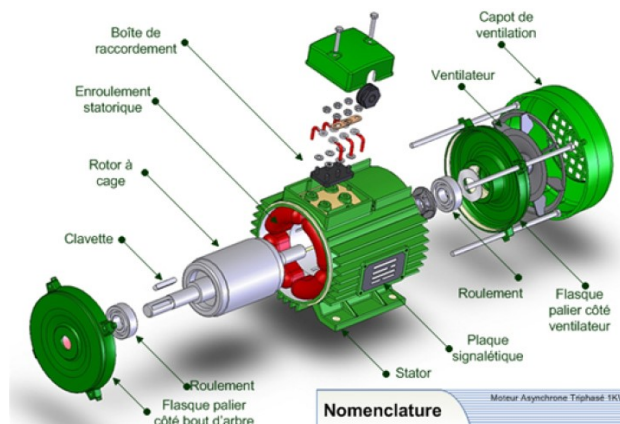


FIGURE 1.13 – Moteur asynchrone.

1.3.2.2 Pompes doseuses

pompe doseuse = pompe + doseur

La pompe doseuse est à la fois une pompe et un doseur. Elle transfère un liquide chimique et le dose en même temps avec une précision de l'ordre 0.5 %. Elle est auto-amorçage mais n'accepte que des viscosités faibles, les vitesses de translation maximales sont de l'ordre de 150 à 200 tour/min. Il existe deux types de pompe : les pompes alternatives à membrane et les pompes multi-pistons [9].



FIGURE 1.14 – Pompe doseuse.

1.3.2.3 Pompes centrifuges

Les pompes centrifuges sont le type de pompe le plus répandu en raffinerie et usines chimiques. Elles sont simple de conception, souples dans leur emploi, d'entretien réduit et d'un prix modéré. Cette pompe est conçue selon un principe tout simple : le liquide s'écoule vers le noyau de la roue, puis est projeté vers la périphérie des roues grâce à la force centrifuge [9].

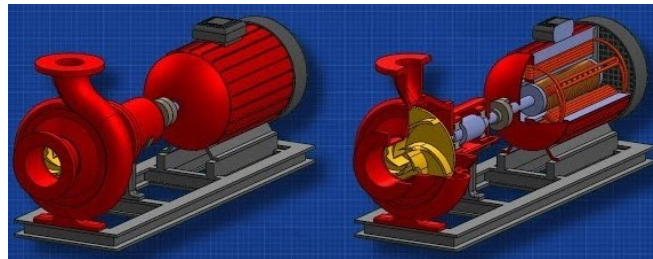


FIGURE 1.15 – Pompe centrifuge.

1.3.2.4 Électrovannes TOR

Une électrovanne est une vanne marche/arrêt électromagnétique contrôlée par un signal électrique transmis par un système de contrôle. Dans les applications de contrôle de procédé, les soupape sont généralement utilisées pour mettre sous (ou hors) tension les actionneurs marche/arrêt [10].



FIGURE 1.16 – Électrovanne TOR.

1.3.2.5 Vannes de régulation

La vanne de régulation gère un fluide qui coule, comme le gaz, la vapeur, l'eau ou des produits chimiques, afin de compenser les interférences de charge et de maintenir la variable de procédé régulée à une valeur la plus proche possible du point de consigne voulu 10.



FIGURE 1.17 – La vanne de régulation.

1.3.3 Pré-actionneurs

Les pré-actionneurs permettent de distribuer l'énergie aux différents actionneurs.

■ Relais

Un relais électrique est un dispositif électronique qui agit comme un interrupteur, utilisant une bobine électromagnétique pour contrôler l'ouverture et la fermeture de contacts. Lorsqu'un courant est appliqué à la bobine, il crée un champ magnétique qui attire ou repousse les contacts, permettant ou interrompant le flux de courant dans un circuit.

■ Contacteurs

Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande à distance électrique ou pneumatique.

1.3.4 Échangeur de chaleur

L'échangeur thermique est un élément essentiel des systèmes de chauffage, de climatisation, aussi de réfrigération. Il permet d'assurer le transfert de chaleur entre deux fluides, sans que ces derniers ne se mélangent.

Principe de fonctionnement

L'échangeur thermique dispose de réseaux parallèles à travers lesquels circulent les fluides à des températures différentes. Ces derniers sont séparés par une paroi aux capacités conductrices optimales. C'est l'écart de température entre les deux fluides qui permet

l'échange de chaleur. En effet, le plus chaud va naturellement se diriger vers le plus froid, le réchauffant immédiatement, tout en perdant des calories. Ainsi, lorsqu'il entre chaud dans l'échangeur thermique, le fluide primaire va réchauffer le fluide secondaire qui est froid. Il sort alors refroidi, tandis que le second fluide est réchauffé.

L'installation réalisée est munie d'un échangeur thermique à plaques figure 1.18a qui permet d'alterner entre deux fonctions : chauffer le produit et le refroidir. Et un échangeur thermique en forme de serpentin figure 1.18b pour chauffer l'eau.

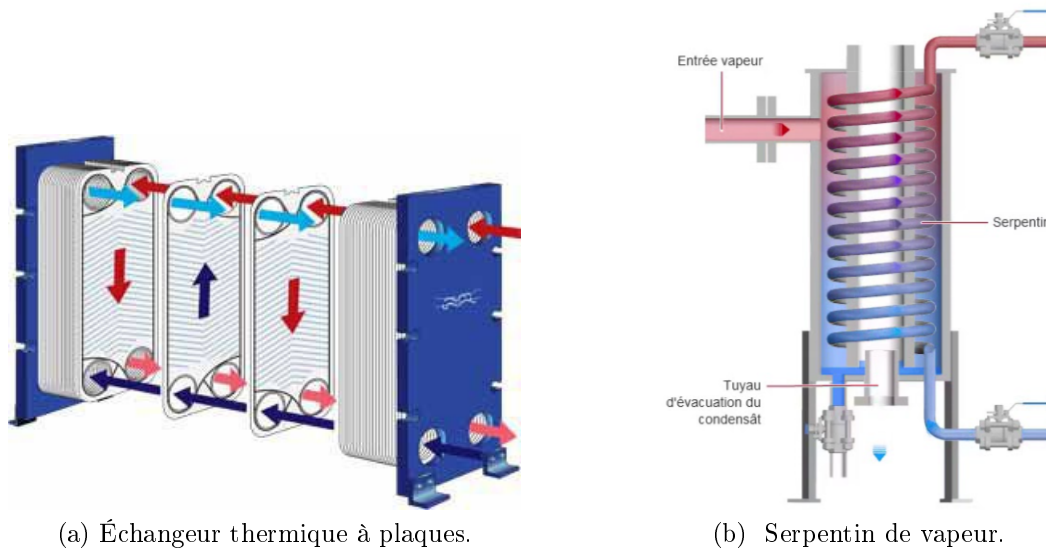


FIGURE 1.18 – Les échangeurs thermiques.

1.3.5 Dispositifs de sécurité

Disjoncteur

Le disjoncteur protège un circuit électrique des surintensités en le coupant en cas de défaut. Ce dernier peut être un court-circuit (sursurintensité puissante mais brève), ou une surcharge (sursurintensité faible mais de longue durée). La coupure au niveau du disjoncteur permet d'éviter les échauffements qui risquent d'endommager les circuits.



FIGURE 1.19 – Disjoncteur bipolaire.

1.4 Problématique

La mélasse peut en effet poser des problèmes dans les raffineries de sucre, elle peut être générée en grandes quantités et nécessite une manipulation appropriée. Voici quelques problèmes courants associés à la mélasse :

- Faible demande dû à une méconnaissance des utilisations de la mélasse.
- Manque d'espace de stockage : la production de mélasse a augmenté plus rapidement que les capacités de stockage disponibles.
- Corrosion : la mélasse est souvent acide et peut causer la corrosion des équipements en contact avec elle.
- Réduction des déchets et des rejets : la gestion efficace des processus de production conformément à la norme ISO 14001 permet de réduire les déchets et les rejets dans l'environnement.

1.5 Solution

Pour atténuer ces problèmes, les raffineries mettent en œuvre diverses mesures de gestion de la mélasse tandis que certaines cherchent des moyens de valoriser la mélasse en la transformant en produits à valeur ajoutée telle que le bioéthanol. Nous avons réalisé une étude pour cette dernière, en mettant en place une chaîne de production automatisée pour le processus de transformation de la mélasse en bioéthanol.

1.6 Conclusion

Nous avons mené une étude sur le fonctionnement du système de production de bioéthanol, les composants de ce système ainsi leurs principes de fonctionnements et leurs caractéristiques.

En effet, pour bien comprendre plus précisément le fonctionnement automatique du processus, la modélisation du système s'avère nécessaire, ce que nous allons faire dans le chapitre suivant, où nous procéderons à la modélisation à l'aide de l'outil GRAFCET.

Chapitre 2

Modélisation de la station PB

2.1 Introduction

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : le chronogramme, l'organigramme et le GRAFCET.

Dans ce chapitre nous avons traduit le principe de fonctionnement de la station PB, en utilisant le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physique et logique de fonctionnement.

2.2 Généralités sur l'outil GRAFCET

2.2.1 Définition d'un grafcet

Le grafcet (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel [12].

2.2.2 Concepts de base d'un grafcet

Le grafcet se compose de :

2.2.2.1 Étape

Une étape caractérise un comportement invariant d'une partie ou de la totalité de la partie commande à un instant donné. Une étape est soit active, soit inactive. Une ou plusieurs actions peuvent être associées à cette étape [12].

La figure ci-dessous représente la convergence et la divergence en OU :

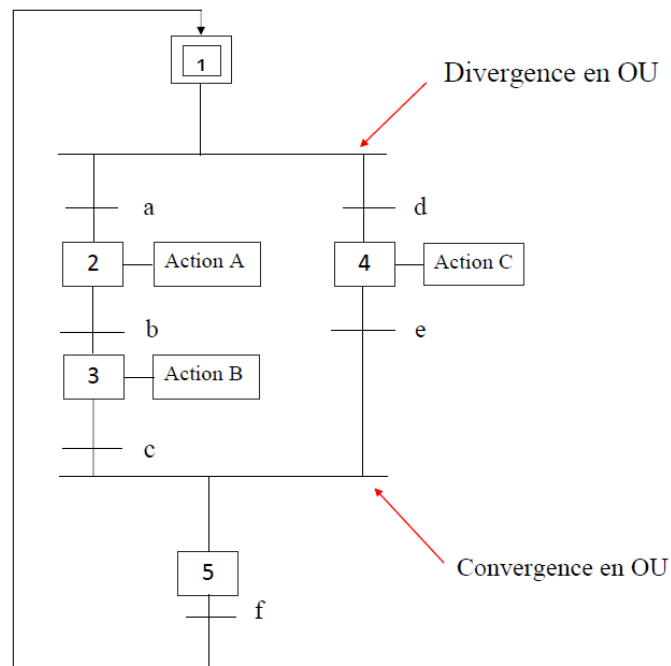


FIGURE 2.2 – La divergence et la convergence en OU.

2.2.3.2 Notions de séquence

Une séquence dans un grafctet est une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape. La séquence est dite active si au moins une étape est activée. Elle est dite inactive si toutes les étapes sont inactives [14].

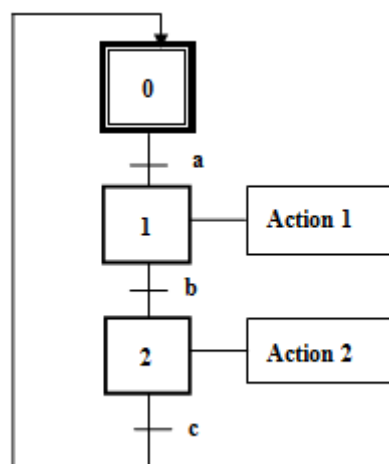


FIGURE 2.3 – Une séquence dans un grafctet.

2.2.3.3 Saut d'étape

Le saut d'étape(s) est un cas particulier de choix de séquences. Elle permet au système de passer directement à une étape spécifique et sauter soit une ou plusieurs étapes de la séquence lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles [12].

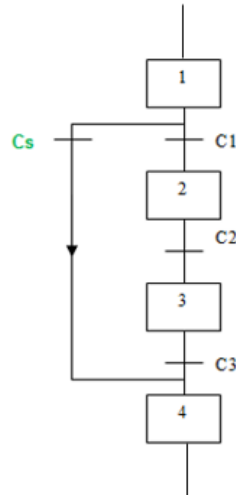


FIGURE 2.4 – Le saut d'étape.

2.2.3.4 Reprise de séquence

La reprise de séquence est un cas particulier de choix de séquences. Elle permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que une condition fixée obtenue [12].

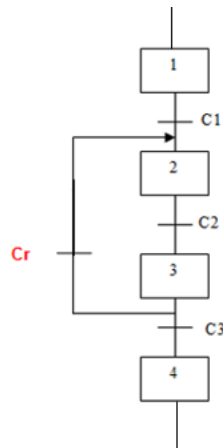


FIGURE 2.5 – La reprise d'étape.

2.2.3.5 Divergence et convergence en ET

La divergence :

Les étapes **2** et **5** deviennent simultanément actives si : l'étape **1** étant activée et la transition **n** est franchie.

La convergence

L'étape 7 devient active si, les étapes 4 et 6 étant activées [14].

La figure ci-dessous représente la convergence et la divergence en ET :

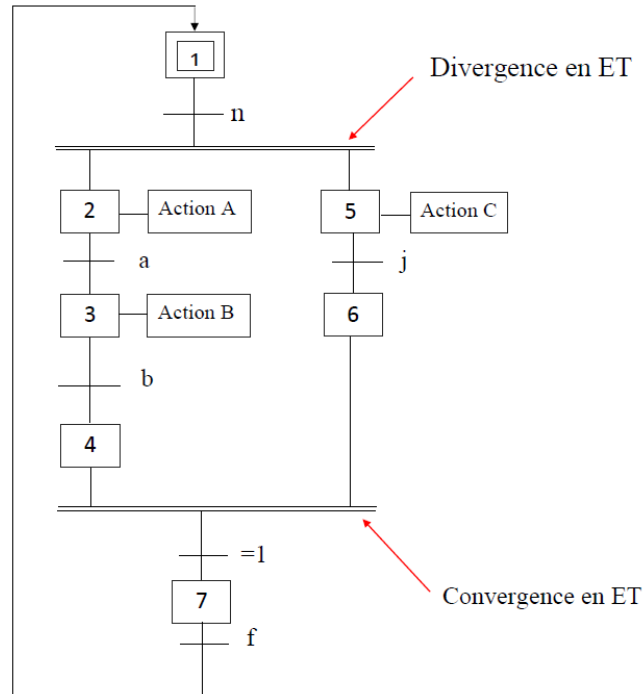


FIGURE 2.6 – La divergence et la convergence en ET

2.2.3.6 Macro-étape

La macro-étape est une représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée expansion de la macro-étape. Le but d'une macro-étape est de simplifier la description des systèmes complexes en évitant la surcharge du grafcet principal. Cette dernière commence par une étape d'entrée « Ei » et se termine par une étape de sortie « Si » [12].

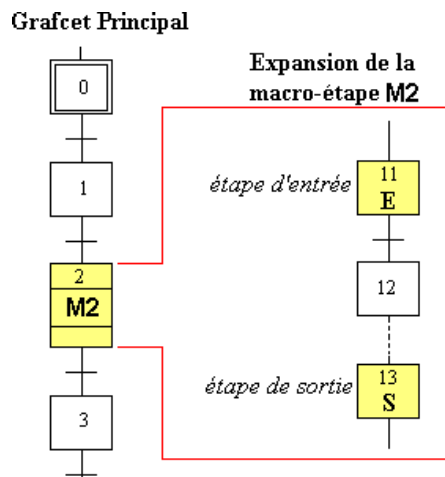


FIGURE 2.7 – La macro-étape.

2.2.3.7 Sous programmes

Dans un système automatisé, certaines séquences peuvent revenir de façon répétitive dans le cycle. Pour éviter de répéter ces mêmes actions, il est possible d'utiliser un sous-programme. Celui-ci est écrit sous la forme d'un grafcet indépendant, connecté au grafcet principal. Il est représenté dans la case action par un rectangle dont les côtés verticaux sont doublés [14].

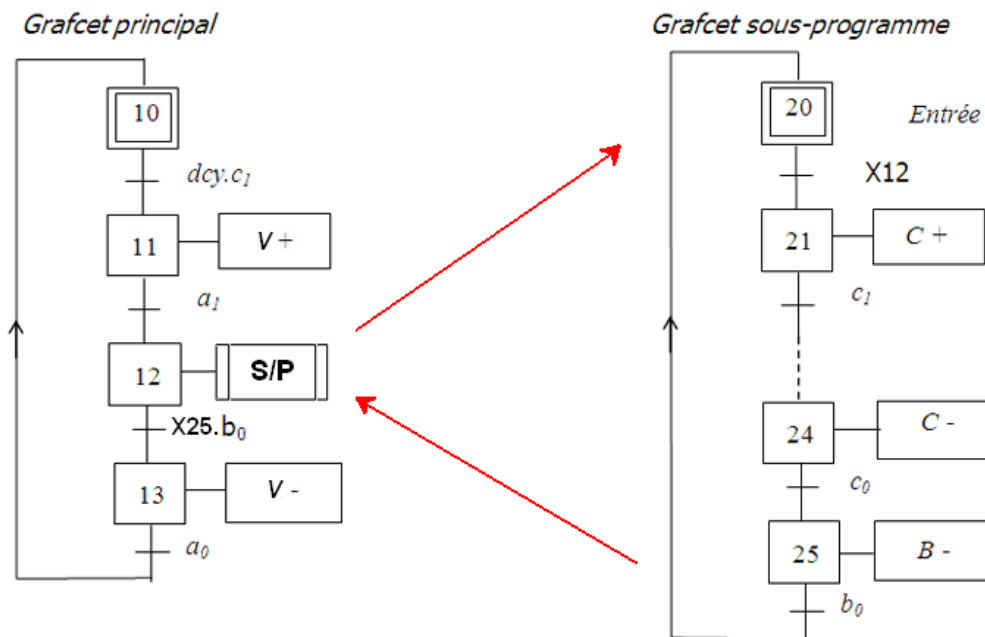


FIGURE 2.8 – Un sous programme.

2.2.4 Règles d'évolution d'un GRAFCET

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, elle est réagit par 5 règles [12] :

➤ Règle N°1 : Situation initiale

La situation initiale décrite par l'ensemble des étapes actives à cet instant. Elles sont représentées par un double carré. Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse au début du cycle de fonctionnement de l'automatisme.

➤ Règle N°2 : Franchissement d'une transition

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est validée ;

- Et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

➤ Règle N°3 : Évolutions des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

➤ Règle N°4 : Évolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies. Cette règle permet de décomposer un grafcet en plusieurs parties, tout en assurant leur coordination.

➤ Règle N°5 : Activation et désactivation simultanées

Si au cours du fonctionnement d'un grafcet, une même étape active est simultanément activée et désactivée, alors elle reste active pour éviter des commandes transitoires non désirées.

2.3 Niveau d'un grafcet

2.3.1 Grafcet de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

2.3.2 Grafcet de niveau 2

C'est le niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des préactionneurs et des capteurs. La représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots, en associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité.

2.3.3 Cahier des charges et le grafcet de la station PB

Pour démarrer la station de production de bioéthanol, nous devons nous assurer que toutes les conditions de démarrage sont remplies : Le bouton d'urgence est en état normal. Aucune panne électrique ou mécanique n'est signalée. Les moteurs ne sont pas en période

de maintenance. Tous les actionneurs sont à l'arrêt, et les équipements sont prêts. Les bacs de stockage de la mélasse et de l'eau 'BSM' et 'BSE' sont complètement remplis. Le niveau bas est atteint dans BS1, BS2, BS3, BS4, BS5, BS6, BS7, BS8 et BS9. Le niveau haut est atteint dans les deux bacs 'AS' et 'ER'. Si ces conditions sont satisfaites, nous appuyons sur le bouton 'DCY' ou sur le bouton 'On_Supervision',

- la pompe 'Pump2' démarre pour remplir le bac 'BS2' avec de l'eau. Et elle s'arrête une fois que le niveau haut est atteint.

- Si la température dans BS2, indiquée par TT1, est strictement inférieure à 33°C, la vanne xv_vapeur s'ouvre pour faire circuler la vapeur dans le serpentin de vapeur afin de chauffer l'eau.

- Lorsque la température atteint 33°C, la vanne 'xv_vapeur' se ferme automatiquement et la LED OP clignote pour signaler à l'opérateur d'ajouter 1538 g de levure et 7702 g de sucre dans le bac BS4.

- Une fois que le niveau dans BS4 ≥ 9 %, trois actions sont effectuées : La vanne 'xv14' s'ouvre pour ajouter de l'eau au BS4, le clignotement de la LED OP s'arrête et l'agitateur 'M2' s'active pour mélanger les trois composants.

- Lorsque le capteur de débit 'FT2' indique que la quantité d'eau passée est égale à 30.760 L, la vanne 'xv14' se ferme.

- Si le pH est supérieur à 4.5, la pompe doseuse 'PumpD' s'active pour ajouter de l'acide sulfurique au BS4 afin de diminuer la valeur du pH du milieu et elle se désactive lorsque le pH ≤ 4.5 .

- Sinon, une temporisation T1 de 10 minutes est enclenchée. Une fois celle-ci terminée, l'agitateur 'M2' s'arrête et une autre temporisation T2 de 15 minutes est enclenchée.

- Lorsque la temporisation T2 est terminée, la température dans BS2 est inférieure à 85°C et que le niveau dans BS2 est strictement inférieur à 98 %, deux séquences s'effectuent simultanément :

- La pompe 'Pump0' démarre pour remplir le bac 'BS1' avec de la mélasse. Lorsque le niveau haut est atteint, elle s'arrête et la vanne 'xv2' s'ouvre pour ajouter de la mélasse à BS3. Elle se ferme lorsque le capteur de débit FT1 indique que la quantité ajoutée est égale à 1250 L.

- La vanne 'xv_vapeur' s'ouvre pour faire circuler la vapeur dans le serpentin de vapeur afin de chauffer l'eau. Lorsque la température égale à 85 °C, elle se ferme et la vanne 'xv1' s'ouvre pour ajouter de l'eau au BS3. Elle se ferme lorsque le capteur de débit FT2 indique que la quantité de l'eau passée est égale à 5000 L.

- Après ces deux tâches, l'agitateur 'M1' se déclenche pour mélanger les deux matières pendant 15 minutes.

- Une fois que ces 15 minutes sont terminées, il s'arrête et la vanne 'xv3' s'ouvre pour vider la mélasse diluée. Lorsque le niveau dans BS5 atteint 10 % ou plus, l'agitateur 'M3' s'enclenche pour diminuer la température du milieu.

- Après que le bac 'BS3' soit complètement vidé, la vanne 'xv3' se ferme.
- Si le pH dans BS5 est supérieur à 4.5, la pompe doseuse 'Pump_D' s'active pour ajouter de l'acide sulfurique afin de diminuer la valeur de pH du milieu, et elle se désactive lorsque le pH est inférieur ou égal à 4.5.
- Sinon, dès que la température dans BS5 est indiquée par le capteur 'TT2' est égale à 33 °C, la vanne 'xv4' s'ouvre pour vider la levure activée.
- Lorsque le niveau bas est atteint dans BS4, la vanne 'xv4' se ferme et une temporisation T4 de 15 minutes s'enclenche.
- Une fois celle-ci terminée et le niveau dans BS5 est supérieur ou égal à 70 %, l'agitateur 'M3' s'arrête et la fermentation commence pendant 72 heures. Au cours de cette fermentation, il y aura un dégagement de CO₂. Lorsque ce dernier est détecté par le capteur 'dioxyde de carbone', la vanne 'xv7' s'ouvre et se referme en son absence. Après 72 heures si le niveau dans BS5 est strictement inférieur à 70 %,
 - la pompe 'Pump3' démarre pour pomper le produit fermenté vers le premier échangeur. Elle s'arrête lorsque le niveau bas est atteint dans le bac 'BS5'.
 - Si la température indiquée par le capteur 'TT3' est égale à 78 °C, la pompe 'Pump4' démarre pour remplir le bac 'BS6' avec de la vapeur de bioéthanol et de l'eau.
 - Une fois que le niveau dans BS6 est indiquée par le capteur 'LT6' est supérieur ou égal à 2 % et que le capteur de débit 'FT3' ne détecte plus de débit, la pompe 'Pump4' s'arrête et la vanne 'xv9' s'ouvre pour vider BS6 des eaux usées, et elle s'arrête lorsque le niveau est très bas.
 - Après avoir la température indiquée par le capteur 'TT4' est égale à 20 °C, la pompe 'Pump5' démarre pour remplir le BS7 avec de bioéthanol liquide. Lorsque le niveau haut est indiquée et le capteur de débit 'FT4' ne détecte plus de débit, la pompe 'Pump5' s'arrête. Après cette étape, deux cas se présentent :
 - Si la sonde d'éthanol (SE) détecte une concentration strictement inférieure à 95 %vol, le processus de rectification et de déshydratation est initié. La pompe 'Pump6' démarre pour pomper le liquide obtenu vers l'entrée du premier échangeur et s'arrêtant si le niveau de bioéthanol dans le BS7 est très bas. Ce processus de chauffage et de condensation se répète plusieurs fois jusqu'à ce que le pourcentage de bioéthanol souhaité est atteint. À chaque répétition, la concentration de bioéthanol dans le BS7 augmente.
 - Sinon, la pompe 'Pump7' démarre pour remplir les bacs de stockage de bioéthanol et la vanne 'xv13' s'ouvre.
 - Après que le niveau haut est atteint dans BS8, deux séquences sont effectuées simultanément :
 - Fermeture de la vanne 'xv13' et ouverture de la vanne 'xv12' pour vider le BS8. Elle se ferme une fois le niveau bas est atteint.
 - Ouverture de la vanne 'xv10' pour remplir le bac 'BS9'. Une fois que le niveau haut est atteint et que le niveau bas est atteint dans BS7, la pompe 'Pump7' s'arrête, xv10 se

ferme et xv11 s'ouvre pour vider le BS9. Et elle se ferme lorsque le niveau est très bas.

Une fois que le système de production de bioéthanol est terminé et le niveau bas est indiqué dans les deux bacs 'BS4' et 'BS5', nous appuyons sur le bouton 'Nettoyage' pour lancer le rinçage de deux bacs simultanément :

- Ouverture de la pompe 'Pump_R' pour ajouter l'eau de rinçage dans BS4. Une fois que le niveau atteint 90 % ou plus, 'Pump_R' s'arrête et 'xv_E' s'ouvre pour effectuer le vidange. xv_E se ferme lorsque BS4 est vidé.

- Ouverture de la vanne 'xv6' pour remplir le BS5 par l'eau de rinçage. Une fois que le niveau est supérieur ou égal à 90 %, la vanne xv8 s'ouvre pour effectuer le vidange. Et elle se ferme si le niveau bas est atteint.

On note que :

- Dans la phase de distillation, lorsque la température du produit fermenté entrant dans le premier échangeur est strictement inférieure à 78 °C, la vanne régulatrice 'TCV1' s'ouvre automatiquement grâce à un régulateur PID pour augmenter la température du liquide fermenté jusqu'à 78 °C en utilisant de la vapeur.

- Lorsque la vapeur d'éthanol entre dans le deuxième échangeur, la vanne régulatrice 'TCV2' s'ouvre automatiquement grâce à un régulateur PID pour abaisser la température jusqu'à 20 °C en utilisant de l'eau froide.

La modélisation de cette procédure ne peut pas se faire avec l'outil GRAFCET. Pour éviter toute confusion, nous avons utilisé le bloc 'FB41' pour inclure ces deux régulateurs de température.

→ Grafcet principal niveau 1



FIGURE 2.9 – Grafcet niveau 1.

→ Grafset principal niveau 2

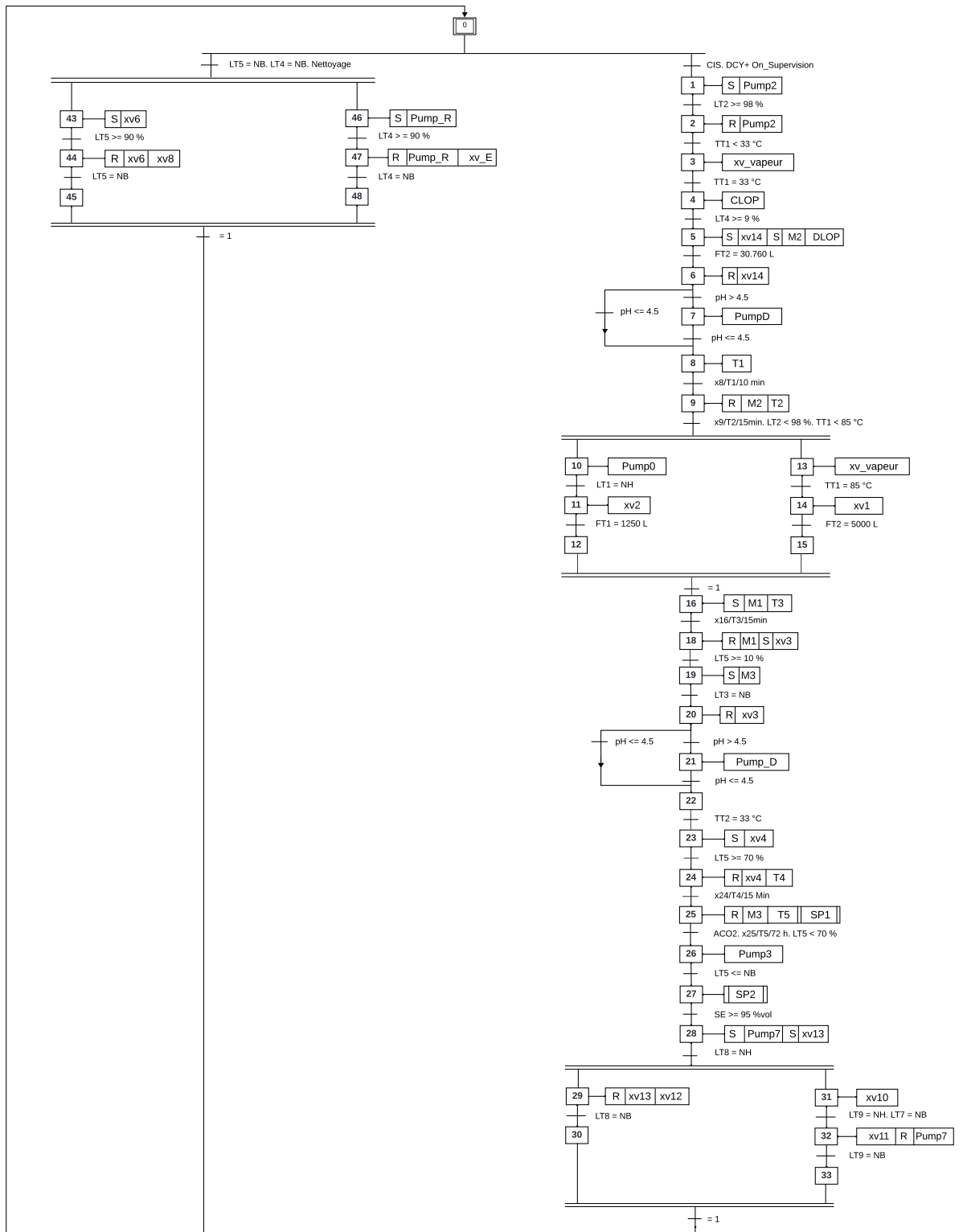


FIGURE 2.10 – Grafset niveau 2.

→ **Sous programmes**

La figure ci-dessous illustre les niveaux 1 et 2 du sous-programme 'SP1'.

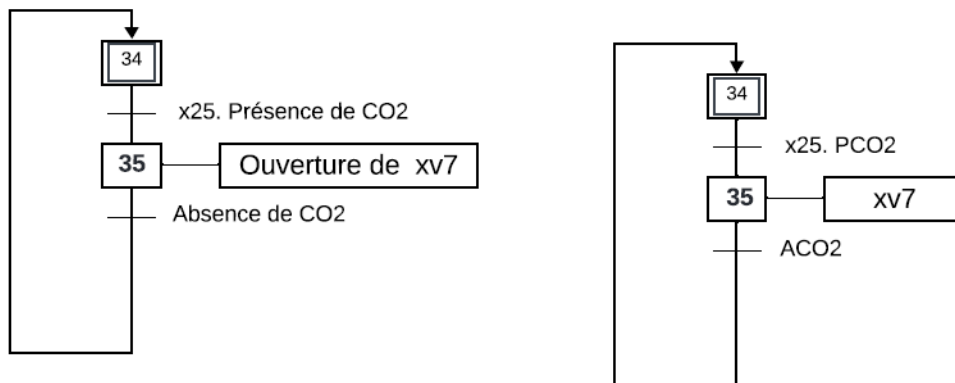


FIGURE 2.11 – Sous programme niveau 1 et niveau 2.

Les figures ci-dessous représentent le niveau 1 et le niveau 2 du sous-programme 'SP2'.

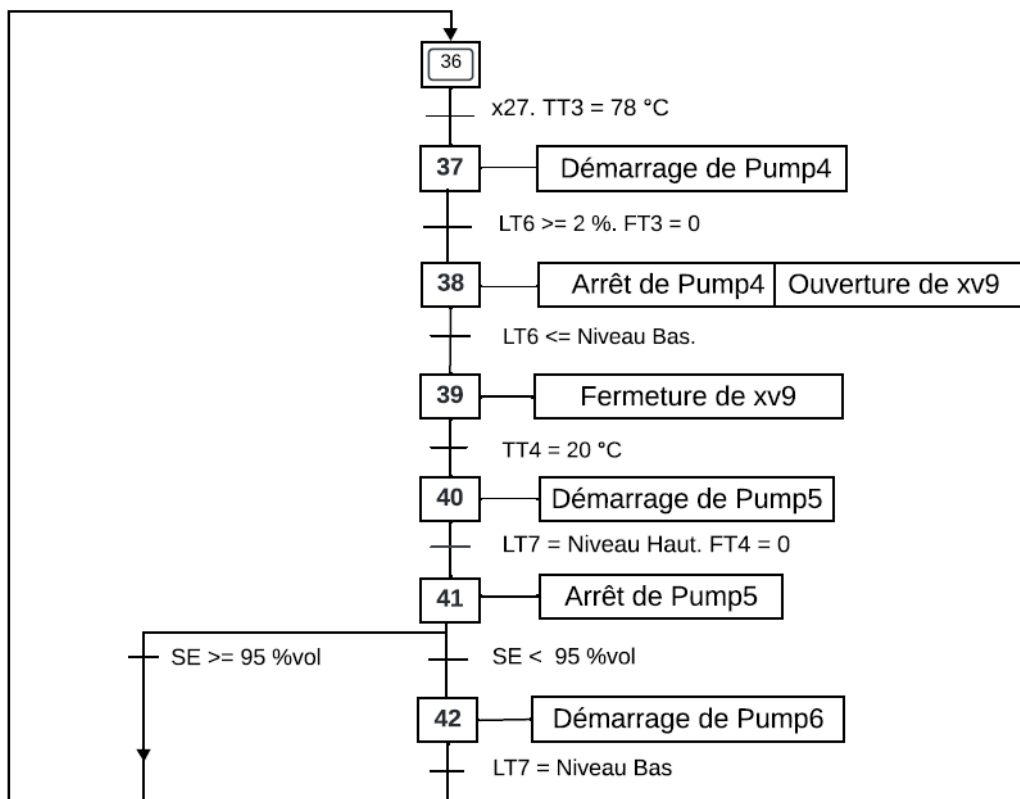


FIGURE 2.12 – Sous programme niveau 1.

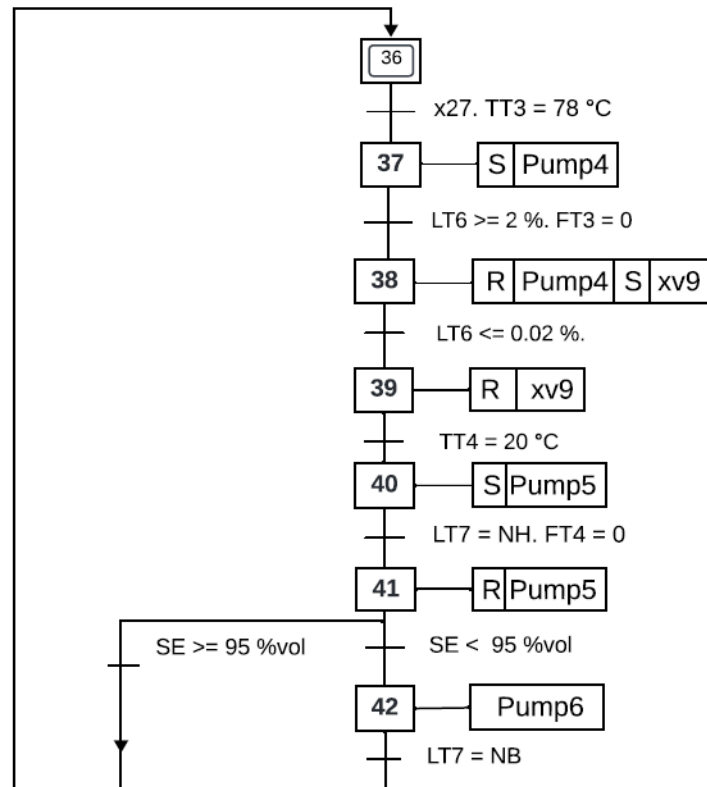


FIGURE 2.13 – Sous programme niveau 2.

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élaboré le modèle grafset de la station PB. Ce modèle nous a facilité considérablement le passage de la description fonctionnelle au développement du programme de contrôle de la partie opérative qui pilotera le procédé.

Le prochain chapitre sera consacré à l'automatisation de la station PB et la régulation de température.

Chapitre 3

Automatisation de la station PB et régulation de température

3.1 Introduction

La commande industrielle est un ensemble de techniques et de méthodes utilisées pour contrôler des processus de productions dans des environnements industriels.

Elle consiste à utiliser des dispositifs de commande tels que les APIs (Automates Programmables Industriels), les cartes à microprocesseur et microcontrôleurs.

Dans ce chapitre, nous avons d'abord présenté l'API utilisée dans la station PB, ensuite nous avons créé le programme sous TIA Portal qui sera implémenté dans l'automate S7-300. Enfin, nous avons intégré la régulation PID de température dans la station PB.

3.2 Systèmes automatisées de production (SAP)

3.2.1 Définition

Un système de production est dit automatisé lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli. Ces systèmes sont conçus pour augmenter l'efficacité, la productivité et la qualité des produits fabriqués, tout en réduisant les coûts de main-d'œuvre et en minimisant les erreurs humaines.

3.2.2 Description des différentes parties

Les systèmes automatisés utilisés dans le secteur industriel possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de trois parties, plus ou moins complexes, reliées entre elles 14 :

➤ Partie Opérative

La partie opérative (PO) est la partie visible du système qui opère ou agit sur la matière d'œuvre ou le produit. Elle comporte les éléments du procédé, c'est à dire :

- des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs) qui reçoivent des ordres de la partie commande.

- des actionneurs (vérins, moteurs, vannes, etc) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique ;

- des capteurs (ou détecteurs) qui recueillent des données sur les conditions physiques telles que la température, la pression, le niveau de liquide, etc, afin de contrôler, mesurer, surveiller et informer la Partie Commande (PC) sur l'évolution du système.

➤ Partie Commande

Elle comporte les APIs, les cartes à microprocesseur, etc. Selon les informations émises par la partie PR (consignes) et les capteurs de la PO, elle traite ces informations par un programme préétabli et les restitue vers la PO sous forme d'ordres.

➤ Partie Relation

La partie relation (PR) comporte le pupitres de dialogue homme-machine équipé des organes de commandes permettant la mise en et hors énergie l'installation, la commande manuel des actionneurs ainsi que des signalisation divers telles que les voyants lumineux, afficheurs et écrans.

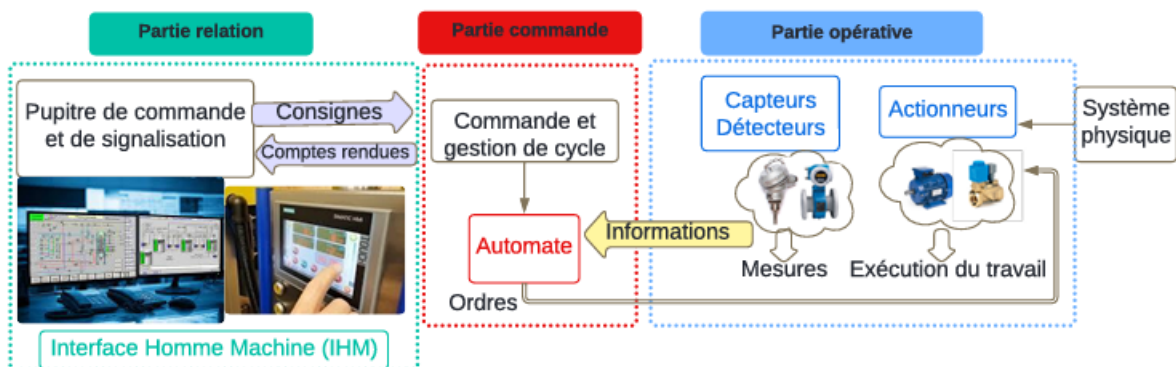


FIGURE 3.1 – La structure d'un système automatisé.

3.3 Différents types de commande d'un système automatisé

3.3.1 Systèmes automatisés combinatoires

Ces systèmes n'utilisent aucun mécanisme de mémorisation : à une combinaison des entrées ne correspond qu'une seule combinaison des sorties. La logique associée est la logique combinatoire. Les outils utilisés pour les concevoir sont l'algèbre de Boole, les tables de vérité et les tableaux de Karnaugh.

Les systèmes automatisés utilisant la technique "combinatoire" sont aujourd'hui très peu utilisés. Ils peuvent encore se concevoir sur des mécanismes simples où le nombre d'actions à effectuer est limité. Ils présentent en outre l'avantage de n'utiliser que très peu de composant.

3.3.2 Systèmes automatisés séquentiels

Ces systèmes sont les plus répandus dans le domaine industriel. Le déroulement du cycle s'effectue étape par étape. À une situation des entrées peuvent correspondre plusieurs situations de sortie. Il s'agit d'une démarche séquentielle, c'est-à-dire qu'une seule opération est exécutée à la fois.

La logique associée est appelée logique séquentielle. Elle peut être avec commande :

- Pneumatique, c'est alors de la logique câblée ;
- Ou électrique, c'est de la logique programmée.

3.3.3 Logique câblée

Le fonctionnement de l'installation est défini par câblage entre les différents éléments. Une modification de ce fonctionnement impose une modification du câblage.

L'élément principal s'appelle module séquenceur et l'association de modules constitue un ensemble appelé séquenceur.

3.3.4 Logique programmée

L'élément principal s'appelle API, le fonctionnement de l'installation est défini par un programme exécuté de manière cyclique par un processeur. Un changement de fonctionnement consiste à modifier le programme sans avoir touché aux raccordements des capteurs et des actionneurs. La détection est électrique, le pilotage des actionneurs se fait par l'intermédiaire de relais ou de distributeurs. Il existe sur le marché de nombreuses marques d'automates comme : Siemens, Schneider Electric, Allen-Bradley, Mitsubishi, Omron et ABB [14].

3.4 L'API

3.4.1 Définition

Un API est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme, pour assurer la commande de préactionneurs et d'actionneurs en temps réel, à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

3.4.2 Domaines d'emploi des automates

Les APIs s'adressent à des applications que l'on trouve dans la plupart des secteurs industriels [13] :

- **Mécanique et automobile** : on le rencontre sur les lignes de fabrication et de montage, sur les bans d'essais de moteurs et en liaison avec diverses machines.
- **Industries chimiques** : actuellement, les APIs sont utilisés en pilotage d'unités de production, dosage, mélange de produits et épuration des effluents.
- **Industries pétrolières** : ils peuvent être présents dans les stations de pompage, à la commande et à la surveillance des pipe-lines, ou affectés aux parcs de changement et à la distribution des gaz et des liquides.
- **Applications diverses** : on les trouve principalement aux postes de mélanges, séchage, contrôle en ligne de produits et concernant les systèmes de conditionnement d'aliments ou produits divers.

3.4.3 Nature de l'information traitée par les APIs

Les automates programmables traitent différents types d'informations en fonction de leur configuration et de leur fonction dans un système automatisé. Les informations peuvent être de type :

- **Tout ou rien (TOR)** : l'information est limitée à deux états distincts, généralement représentés par vrai/faux ou 0 et 1. Ce type d'information est généré par des dispositifs tels que des détecteurs ou des boutons poussoirs.
- **Analogique** : l'information est analogique et varie dans une plage spécifique. Elle peut prendre une valeur continue comprise dans cette plage. Ce type d'information est fourni par des capteurs, comme ceux mesurant la pression ou la température.
- **Numérique** : l'information est encodée en mots binaires ou hexadécimaux. Ce format est typique des données transmises par un ordinateur.

3.4.4 Architecture des APIs

3.4.4.1 Aspect extérieur

Les APIs sont principalement disponibles sous deux formes : compact ou modulaire **15**.

a. Compact

Le modèle en boîtier unique ou coffret, est souvent utilisé pour commander de petits automatismes. Il intègre l'alimentation, le processeur, la mémoire, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques, etc) et recevoir des extensions en nombre limité.



FIGURE 3.2 – Automate Compact.

b. Modulaire

Un API modulaire est constitué des modules séparés pour le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties, qui sont fixés sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus et connecteurs). Ces automates sont intégrés dans des automatismes complexes nécessitant une grande puissance.



FIGURE 3.3 – Automate Modulaire.

3.4.4.2 Structure interne

La structure interne d'un API peut se représenter comme suit 15 :

- Module d'alimentation assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- Unité centrale (CPU) ou le processeur a pour rôle principal le traitement des instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'application (telles que les fonctions logiques ET, OU, les fonctions de temporisation, de comptage et de calcul PID, etc).
- Le bus interne permet la communication entre l'ensemble des blocs de l'automate et d'éventuelles extensions.
- Mémoires permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- Les interfaces d'entrées/sorties : l'interface d'entrée permet de recevoir les informations du S.A.P ou du pupitre et de les mettre en forme (par filtrage) tout en assurant l'isolement électrique. Et l'interface de sortie permet de commander les divers préactionneurs et éléments de signalisation du S.A.P, toujours en garantissant l'isolement électrique.

3.4.5 Critères du choix de l'automate

En principe, le choix se fait selon le cahier des charges du système étudié. Il est important de prendre en compte plusieurs critères à savoir :

❖ Critère fonctionnel et technologique

Il caractérise le nombre et la nature des entrées et sorties disponibles, la rapidité de traitement de l'information au niveau du CPU, ainsi que la nature des signaux traités et délivrés par l'automate. Il inclut également les moyens de dialogue et le langage de programmation, la communication avec les autres systèmes, et la capacité de la mémoire.

❖ Critère opérationnel

Il caractérise les contraintes d'exploitation des systèmes automatisés après la mise en marche dans l'entreprise c'est-à-dire l'aptitude de l'automate à travailler dans des conditions réelles en restant fiable.

❖ Critère économique

Il caractérise le coût d'investissement nécessaire pour l'acquisition de l'automate ainsi que le coût de sa maintenance après sa mise en marche et aussi la disponibilité de l'automate sur le marché. La documentation, le service après vente, la durée de la garantie et la formation.

Nous avons opté pour l'automate programmable industriel S7-300 de la marque SIEMENS, qui est un automate modulaire, vue la disponibilité de ce produit au niveau laboratoire. ainsi ses caractéristiques qui permettent d'avoir une commande flexible.

3.4.6 Présentation de l'API S7-300

L'automate programmable industriel S7-300 fabriqué par SIEMENS, qui fait partie de la gamme SIMATIC S7 est un automate destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes. L'automate lui-même est constitué d'une configuration minimale composée d'un module d'alimentation, de la CPU, du coupleur et de modules d'entrées/sorties.

Le S7-300 est de conception modulaire, une vaste gamme de module est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation. Les types des modules sont les suivants :

1. Module d'alimentation (PS).
2. Unité centrale (CPU).
3. Coupleurs (IM).
4. Processeurs de communication (CP).
5. Modules de fonctionnements (FM).
6. Modules de signaux (SM).
7. Modules de simulation (SM 374).

Dans le S7-300 les modules sont fixés dans l'ordre et leurs nombres sont limités c'est-à-dire que le profilé support (Rack) contient au maximum 11 emplacements.

3.4.6.1 Module d'alimentation

Le module d'alimentation assure la conversion de tension du réseau (220 V ou 230 V) en tension de 24 V pour l'alimentation de l'automate et des capteurs et des actionneurs.

3.4.6.2 Unités centrales

La CPU est le cerveau de l'automate qui permet de lire les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties.

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes :

- CPU à utilisateur standard : CPU 313, CPU 314, CPU 315 et CPU 316.
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314 IFM.
- CPU avec interface PROFILBUS DP (CPU 315-2 DP, CPU 316-2 DP CPU 318-2 DP).

3.4.6.3 Coupleur

Les coupleurs ont pour rôle le raccordement d'un ou plusieurs châssis au châssis de base. Pour l'API S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : pour les couplages entre les châssis d'un mètre de distance au max.
- IM 360 et IM 361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distances.

3.4.6.4 Module de communication

Les modules de communication sont destinés aux tâches de communication par transmission en série. Ils permettent d'établir également la communication avec des pupitres opérateurs. Des automates SIMATIC S7, SIMATIC S5 et des automates d'autres constructeurs. Il existe plusieurs modules de communication telles que : Profinet, Profibus et AS interface.

3.4.6.5 Modules de fonctions

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes de calculs. On peut citer les modules suivants :

- FM 353 : Module de positionnement pour moteur pas à pas.
- FM 355 : Module de régulation.
- FM 350-1 et FM 350-2 : Module de comptage.

3.4.6.6 Modules de signaux

Ils servent d'interface entre le processus et l'automate. Ils existent des modules d'entrées/sorties TOR, ainsi que des modules d'entrées/sorties analogiques.

3.4.6.7 Modules de simulation

Le module de simulation SM 374 est un module spécial qui offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service en cours de fonctionnement. Il assure plusieurs fonctions telles que : la simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs et la signalisation d'état des signaux de sorties par des LEDS.

La figure ci-dessous représente la structure matérielle de l'automate S7-300 :

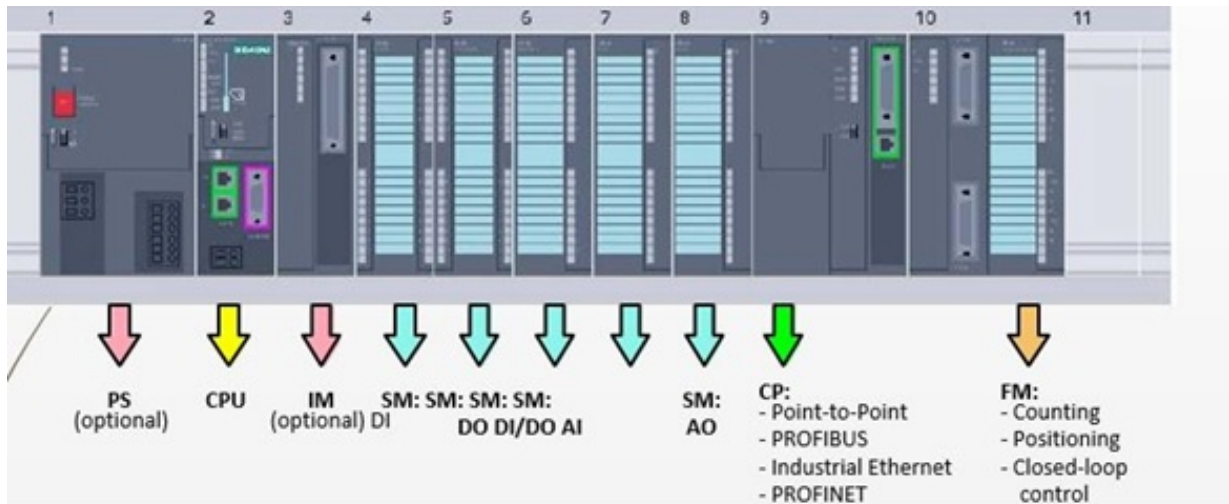


FIGURE 3.4 – Structure matérielle du S7-300.

3.5 Langages de programmation

Il existe plusieurs langages de programmation des automates conformes à la norme internationale IEC CEI 61131-3. Parmi les langages normés, on a 15 :

- Langage à contacts (LAD : Ladder Diagram).
- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram).
- Liste d'instructions (IL : Instruction List).
- Langage littéral structuré (ST : Structured Text).
- Le Grafcet (SFC : Sequential Function Chart).

Dans notre projet, nous avons utilisé le langage Ladder qui offre aux programmeurs une flexibilité pour développer des applications industrielles complexes en fonction de leurs besoins.

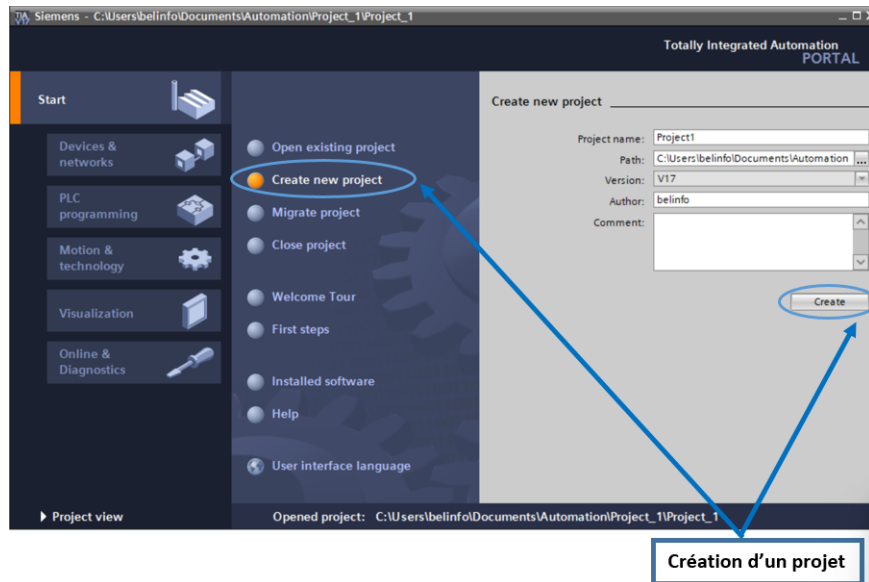
3.6 Logiciel de programmation TIA Portal

3.6.1 Présentation du logiciel

La plateforme de développement TIA Portal (**T**otally **I**ntegrated **A**utomation) de siemens permet de faire un gain important en temps lors du développement de système d'automatisation. C'est une plateforme tout en comportant le logiciel Step 7 pour la programmation d'automates et WinCC flexible (**W**indows **C**ontroller **C**enter) pour les interface homme-machine, cette plateforme est très architecturée proposant les sections IHM pour les interfaces réseaux. Grâce à PLCSIM, on peut simuler de manière intuitive notre projet avant de la déployé sur un contrôleur.

3.6.2 Création du projet

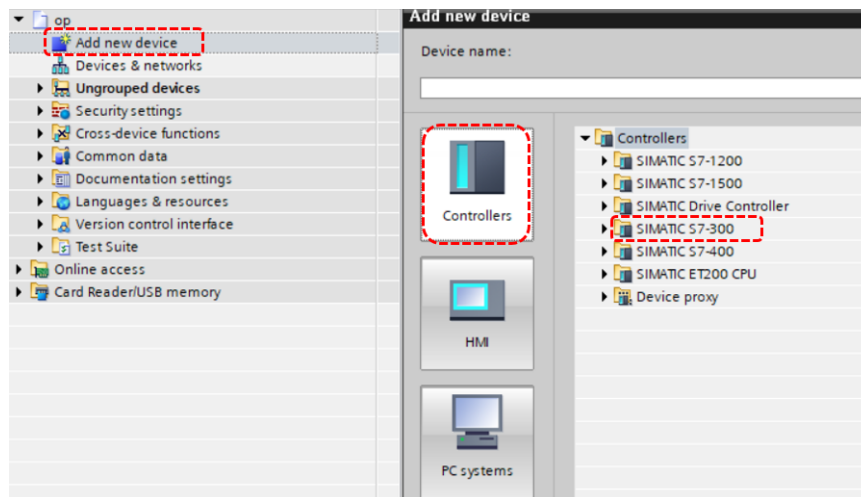
- ✓ Sélectionner : « Create new project ».
- ✓ Entrer le nom du projet. Cliquez sur « Create ».



- ✓ Lorsque le projet est créé, cliquez sur « project view ».

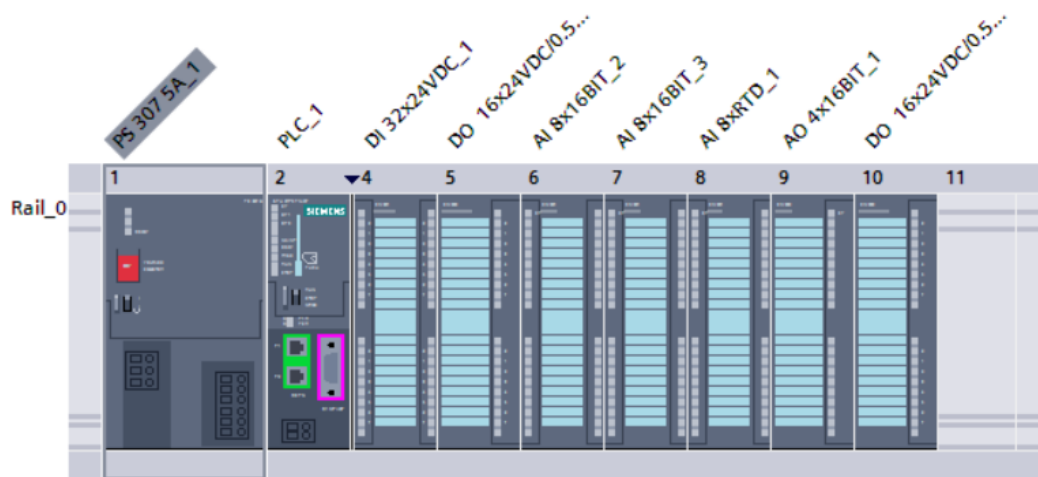
3.6.3 Configuration matérielle

- ✓ Sélectionner « Add new device ».
- ✓ Sélectionner « Controllers ».
- ✓ Sélectionner « SIMATIC S7-300 ».



- ✓ Insertion du CPU : Sélectionner CPU puis sélectionner le nom du module CPU « CPU 317-2 PN/DP ».
- ✓ Sélectionner la référence : « 6ES7 317-2EK14 0AB0 ». Cliquez sur « OK ».

- ✓ Ouvrir le catalogue du matériel "Catalog".
- ✓ Insertion module d'alimentation : Sélectionner PS. Sélectionner « PS 307 5A ». Sélectionner «6ES7 307-1EA00-0AA0».
- ✓ Insertion un module d'entrée numérique : Sélectionner DI. Sélectionner le nom du module (DI 32*24VDC). Sélectionner la référence (6ES7 321-1BL00-0AA0).
- ✓ Insertion deux module de sortie numérique : Sélectionner DO. Sélectionner le nom du module (DO 16*24VDC/0.5A). Sélectionner la référence (6ES7 322-1BH01-0AA0).
- ✓ Insertion trois module d'entrée analogique : Sélectionner AI. Sélectionner le nom du module (AI 8*16BIT). Sélectionner la référence (6ES7 331-7NF10-0AB0).
- ✓ Insertion un module d'entrée analogique : Sélectionner AI. Sélectionner le nom du module (AI 8*RTD). Sélectionner la référence (6ES7 331-7PF01-0AB0).
- ✓ Insertion un module de sortie analogique : Sélectionner AO. Sélectionner le nom du module (AO 4*16BIT). Sélectionner la référence (6ES7 332-7ND02-0AB0).



3.6.4 Table des variables

La saisie des variables est très utiles, elles permettent de déclarer les différentes entrées/sorties ainsi que les mémotos pour les distinguer et faciliter la programmation. Pour créer la table des variables :

- ✓ Double clic sur : « Show all tags ».
- ✓ Une fois la table ouverte, il suffit de saisir un identificateur symbolique pour chaque variable : Les identificateurs symboliques se saisissent dans la colonne "Name". Les adresses physiques dans la colonne "address", les types des variables dans la colonne "data type".

Name	Tag table	Data type	Address
Tag_86	Default tag table	Bool	%M90.7
Stop_Supervision	Default tag table	Bool	%M91.0
On_Supervision	Default tag table	Bool	%M91.1
Tag_87	Default tag table	Bool	%M91.2
Tag_88	Default tag table	Bool	%M91.3
xv_vapeur	Tag table_Sorties	Bool	%Q29.0
xv_E	Tag table_Sorties	Bool	%Q29.1
PumpD	Tag table_Sorties	Bool	%Q29.2
PumpR	Tag table_Sorties	Bool	%Q29.3
PH1	Tag table_Entrées	Int	%IW308
la mesure_ph1	Default tag table	Real	%MD304
on_xv_E	Default tag table	Bool	%M91.4
off_xv_E	Default tag table	Bool	%M91.5
on_Pump_R	Default tag table	Bool	%M91.6
off_Pump_R	Default tag table	Bool	%M91.7
on_pumpD	Default tag table	Bool	%M92.0
off_pumpD	Default tag table	Bool	%M92.1
Pump0	Tag table_Sorties	Bool	%Q29.4
Tag_89	Default tag table	Timer	%T8
PV_TEM_RECH	Default tag table	Real	%MD316
PV_TEM_REF	Default tag table	Real	%MD320
Tag_90	Default tag table	Bool	%M92.2
Tag_91	Default tag table	Bool	%M92.3
Tag_92	Default tag table	Bool	%M92.4
Tag_93	Default tag table	Bool	%M92.5
FT3	Tag table_Entrées	Bool	%I2.2
FT4	Tag table_Entrées	Bool	%I2.3
Disjoncteur_P5	Tag table_Entrées	Bool	%I2.0
Disjoncteur_P6	Tag table_Entrées	Bool	%I2.1

FIGURE 3.5 – La table des variables.

3.7 Régulation

3.7.1 Présentation de régulateur PID

L'avantage d'un régulateur PID réside dans sa performance dynamique, sa précision de réglage et sa stabilité. Les éléments de ce régulateur sont une combinaison d'actions P (Proportionnelle), I (Intégrale) et D (Dérivée) choisies en fonction du type d'application. L'action proportionnelle permet de réduire l'erreur statique, l'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique du système, tandis que l'action dérivée accélère la réponse mesurée et améliore la stabilité du système.

3.7.2 Différentes structures de PID

Les trois actions (P, I et D) peuvent être associées différemment, ce qui modifie le comportement du régulateur. On peut rencontrer les structures « parallèle », « mixte » ou « série ».

➤ Structure série

Les trois actions sont en série, comme illustré dans le schéma fonctionnel ci-dessous.

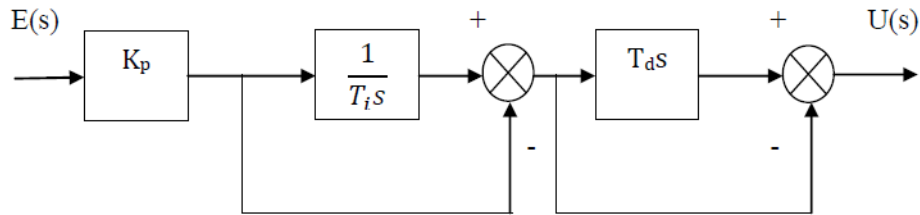


FIGURE 3.6 – Régulateur PID de type série.

Sa fonction de transfert est donnée par la formule suivante :

$$c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) (1 + T_d s)$$

où :

$c(s)$: La fonction de transfert de régulateur.

$U(s)$: La commande.

$E(s)$: L'erreur statique.

K_p : Gain proportionnel.

T_d : Temps de dérivation.

T_i : Temps d'intégration.

➤ Structure parallèle

Les trois actions sont en parallèle. Le schéma fonctionnel de cette structure est donné par :

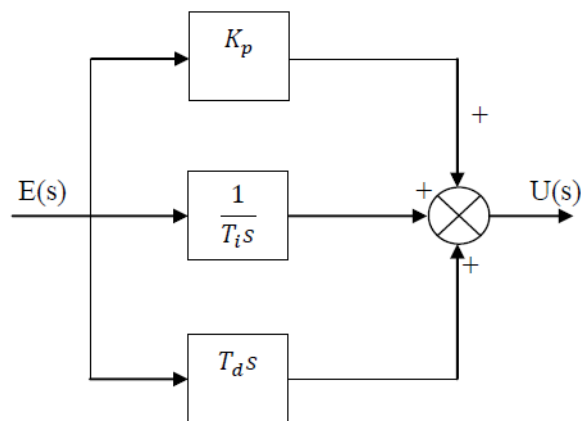


FIGURE 3.7 – Régulateur PID de type parallèle.

Sa fonction de transfert est définie par :

$$c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s$$

Le régulateur que nous avons utilisé dans la station PBM (FB41) est de structure parallèle.

➤ Structure mixte

Cette structure combine les deux configurations : série et parallèle, comme le montre la figure ci-dessous.

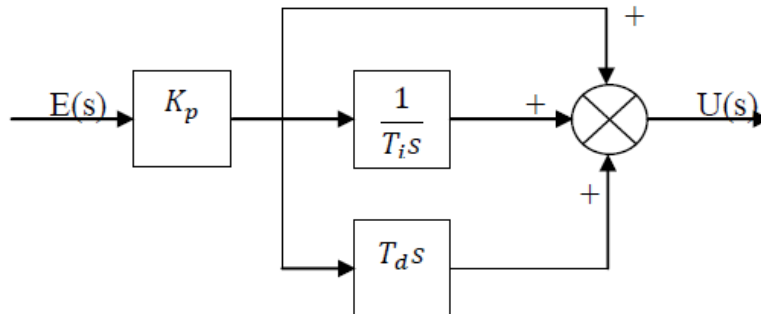


FIGURE 3.8 – Régulateur PID de type mixte.

Sa fonction de transfert est donnée par :

$$c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

3.8 Régulation PID de température

Dans l'unité de distillation, les grandeurs d'entrée et de sortie sont continues pour les deux régulateurs de température. Ainsi, le bloc qui convient le mieux est le CONT_C (CONTInuous Controler).

3.8.1 Description du bloc CONT_C

Le bloc CONT_C "FB41" dans les automates programmables SIMATIC S7 est un outil essentiel pour réguler des processus industriels où les grandeurs d'entrée et de sortie sont continues. Ce bloc permet d'appliquer un contrôle précis en ajustant en temps réel les sorties en fonction des variations des entrées. Son paramétrage offre une flexibilité remarquable en permettant d'activer ou de désactiver des fonctions spécifiques du régulateur PID selon les besoins du système.

Dans notre contexte spécifique, les principaux paramètres dont nous aurons besoin sont :

- COM_RST pour remettre le régulateur à zéro.
- MAN_ON pour activer le mode manuel.
- MAN pour ajuster manuellement la sortie du régulateur.
- P_SEL pour sélectionner l'action proportionnelle.
- I_SEL pour sélectionner l'action intégrale.
- D_SEL pour sélectionner l'action dérivée.

- SP_INT pour définir la consigne désirée.
- PV_IN pour représenter la valeur mesurée après normalisation de l'entrée analogique.
- GAIN pour ajuster le gain du régulateur.
- TI pour spécifier le temps d'intégration.
- TD pour spécifier le temps de dérivation.
- LMN pour indiquer la commande réelle après normalisation de la sortie analogique.
- ER pour quantifier l'erreur entre la consigne désirée et la valeur mesurée en sortie.
- PV représente la sortie de mesure.

Les deux régulateurs que nous avons configurés sont des régulateurs de température, l'un pour maintenir la température du milieu à 78 °C, et l'autre pour la maintenir à 20 °C.

La figure ci-dessous illustre le régulateur de température.

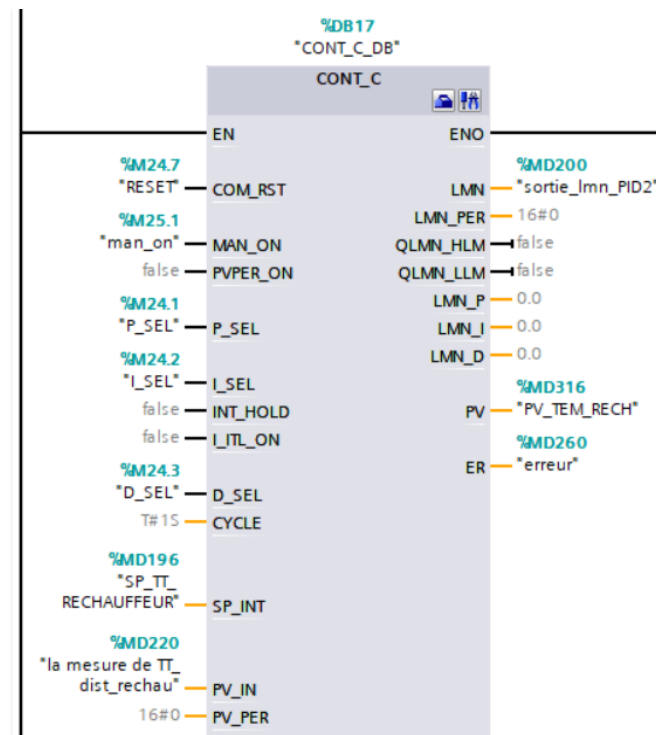


FIGURE 3.9 – Le régulateur PID pour atteindre 78 °C.

Il existe actuellement plusieurs méthodes d'identification des paramètres K_p , T_i , et T_d du régulateur PID. Nous présentons dans ce qui suit la méthode utilisée pour identifier les paramètres du régulateur PID.

3.8.2 Méthode essai-erreur

Le réglage d'un régulateur PID par cette méthode empirique consiste à ajuster les paramètres du régulateur et observer les effets sur la mesure enregistrée jusqu'à obtenir la

réponse optimale. On commence par régler l'action proportionnelle, puis l'action dérivée et enfin l'action intégrale.

Nous avons identifié les paramètres K_p , T_i et T_d qui sont respectivement :

$$K_p = 8$$

$$T_i = 500 \text{ ms.}$$

$$T_d = 0 \text{ ms.}$$

La figure ci-dessous illustre le paramétrage du régulateur de température avec la méthode essai-erreur :

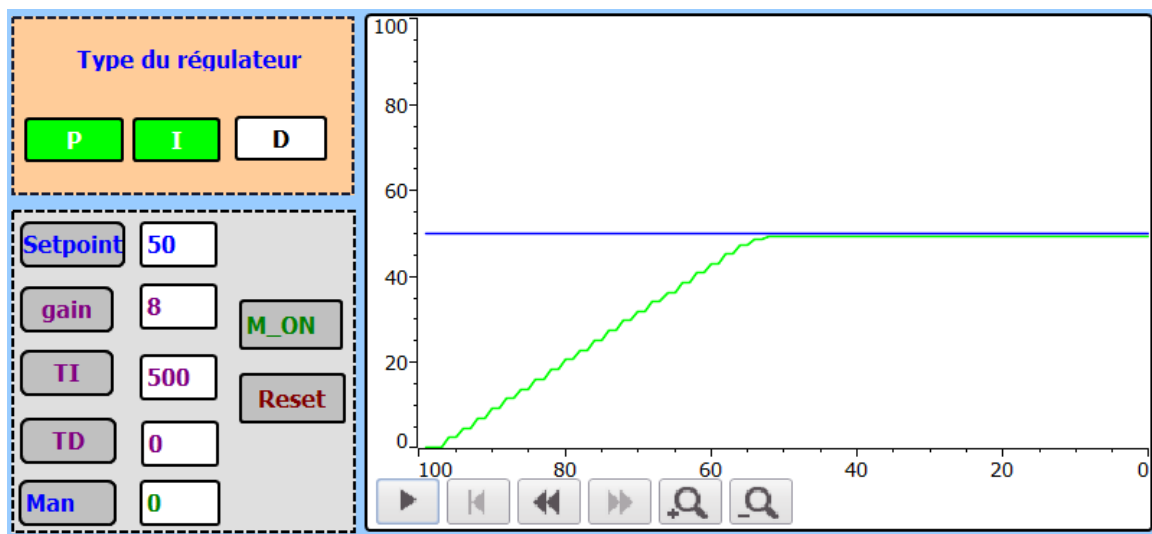


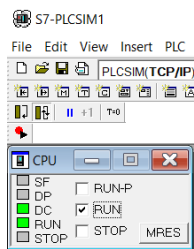

FIGURE 3.10 – Le paramétrage de régulateur de température.

3.9 Exemple de simulation

TIA Portal nous permet de visualiser l'état du programme. En cliquant sur l'icône :



afin de charger le programme dans la CPU, après avoir la mise en marche de PLC-

SIM, nous cliquons sur (RUN) , puis nous cliquons sur l'icône :  pour visualiser le programme.

➤ Activation de la pompe 'Pump2' : Lorsque la mesure `_LT_BSE` est inférieure ou égale à 27 %, que le bouton manuel n'est pas sélectionné et que le bouton 'DCY' ou 'on_supervision' a été enclenché. Ou lorsque le bouton 'manuel' est sélectionné et que le bouton 'On_Pump2' a été enclenché.

➤ Désactivation de la pompe Pump2 : Une fois que la mesure `_LT_BSE` est supérieure ou égale à 98 %, ou lors d'un appui sur l'un des boutons : 'Stop_Supervision' ou 'arrêt d'urgence'.

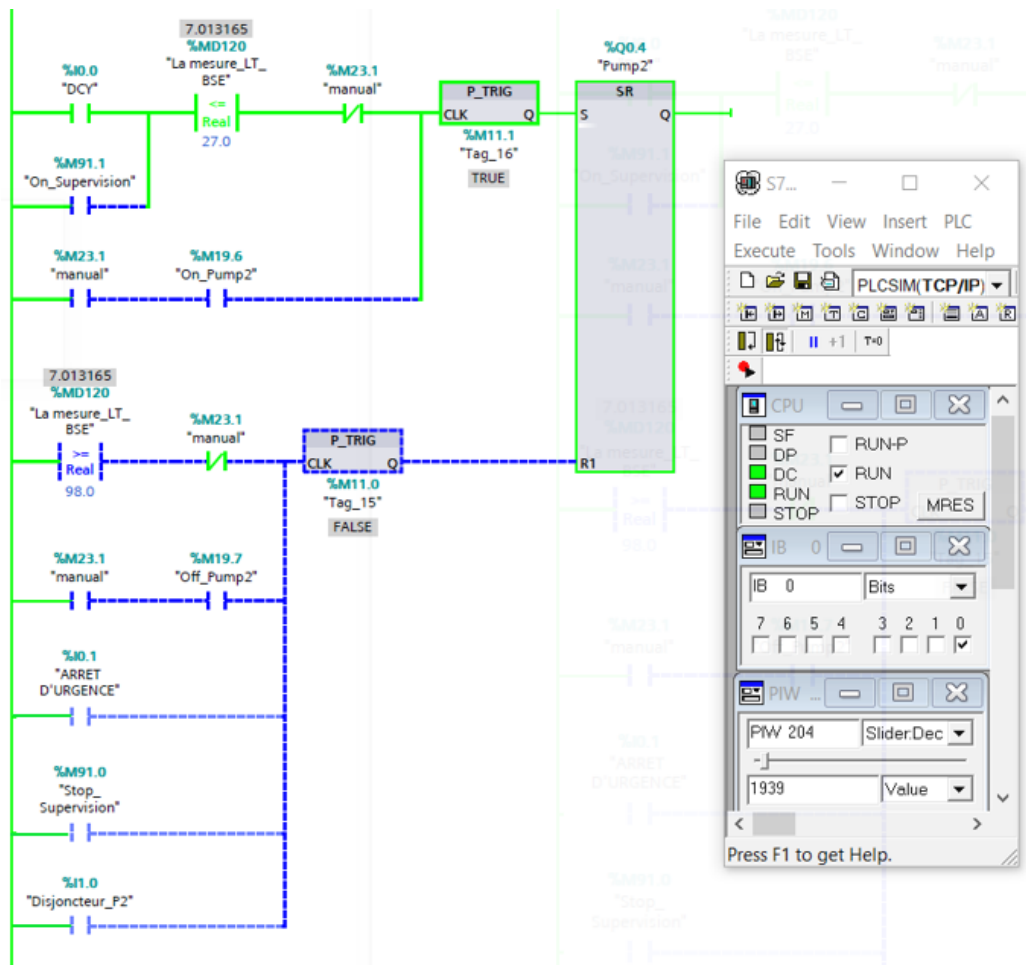


FIGURE 3.11 – Activation de Pump2.

➤ Ouverture de la vanne 'xv_vapeur' : Lorsque la mesure `_LT_BSE` est supérieure ou égale à 98 % et que la mesure TTE est inférieure à 33 °C. Ou lorsque la temporisation T2 est terminée, la mesure `_LT_BSE` est inférieure à 98 % et que la mesure TTE est inférieure à 85 °C.

➤ Fermeture de la vanne xv_vapeur : Lorsque la mesure TTE indique une valeur comprise entre 32 °C et 34 °C ou entre 84 °C et 86 °C. Ou lors d'un appui sur l'un des boutons : 'Stop_Supervision' ou 'arrêt d'urgence'.

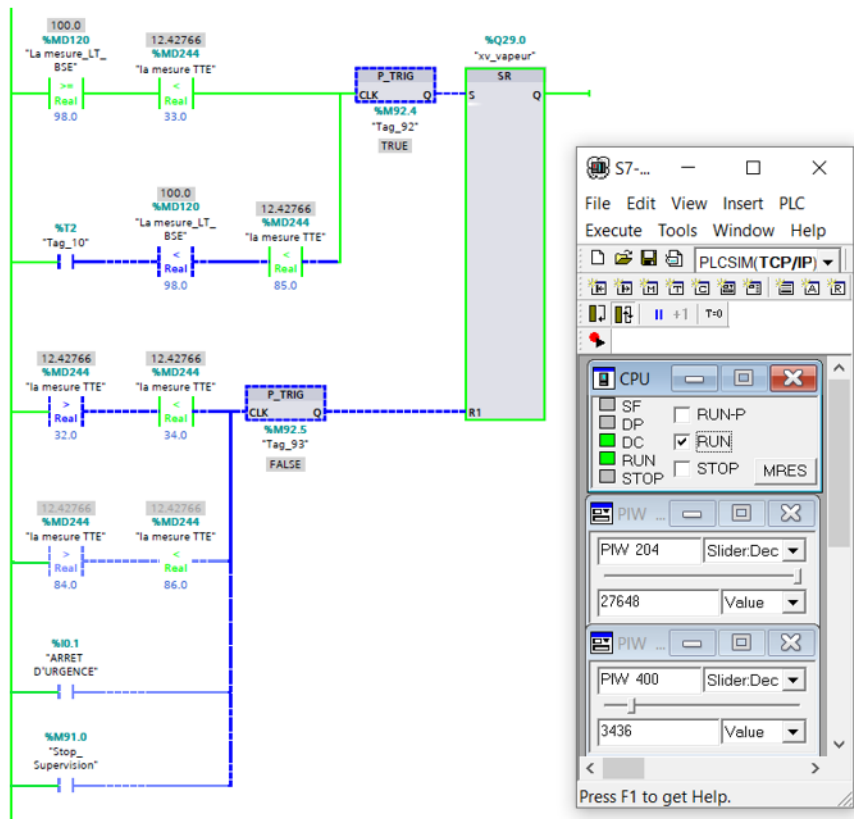


FIGURE 3.12 – Activation de xv_vapeur.

➤ La mise en échelle du capteur de niveau analogique 'LT2'.

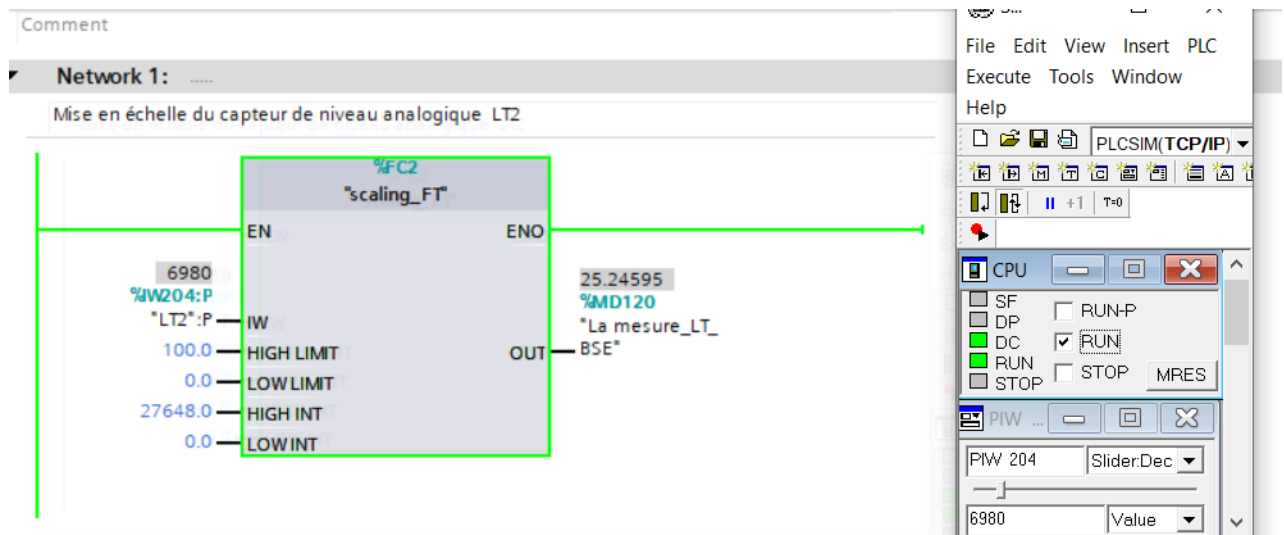


FIGURE 3.13 – La mise en échelle du capteur 'LT2'.

➤ Activation de la 'LED_OP' : Lorsque la mesure TTE indique une valeur comprise entre 32°C et 34°C et le bouton manuel n'est pas sélectionné.

➤ Désactivation de la 'LED_OP' : Lorsque la mesure_LT_BS_LEV_ACT est supérieure ou égale à 9 %, ou lorsque nous appuyons sur le bouton 'Stop_Supervision' ou sur le bouton 'Arrêt d'urgence'.

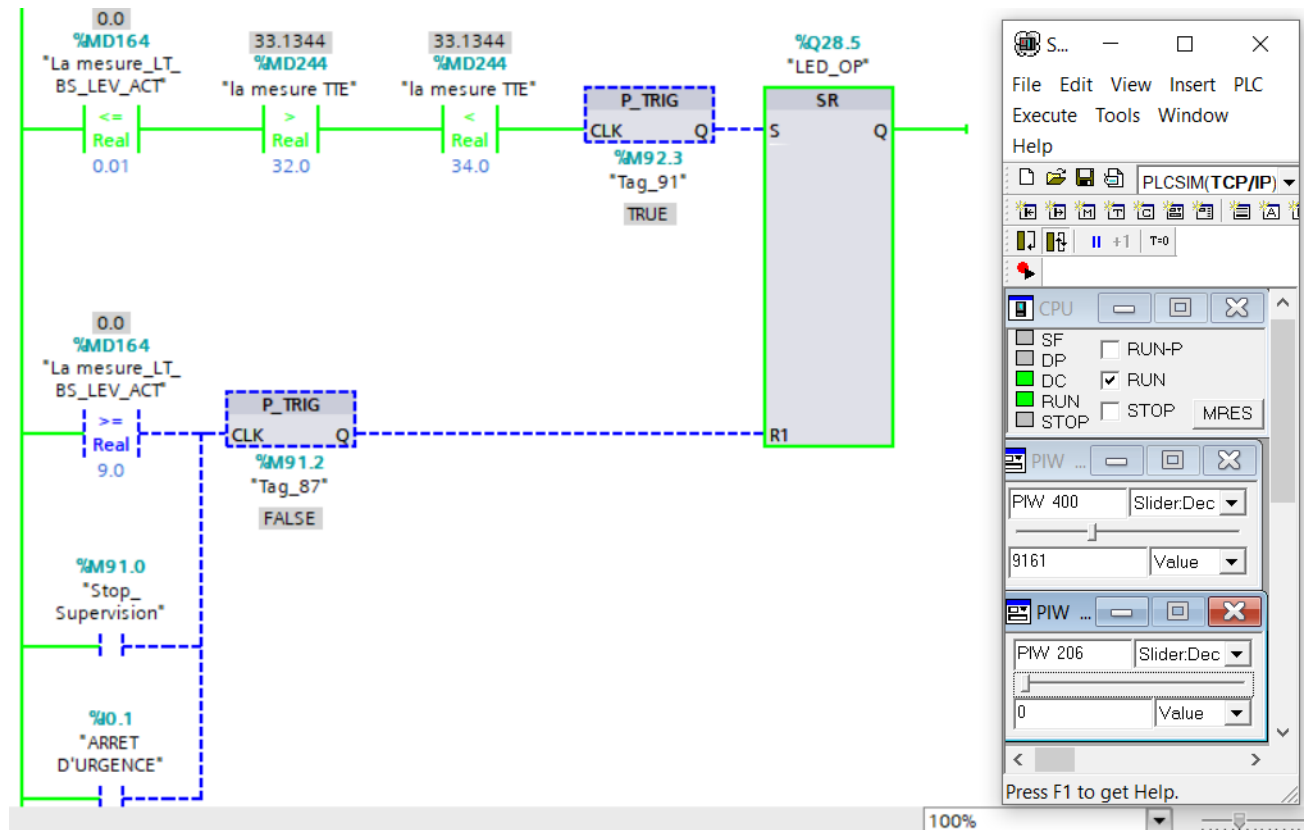


FIGURE 3.14 – Activation de la LED OP.

3.10 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons d'abord présenté des généralités sur les systèmes automatisés et les APIs. Ensuite, l'accent a été mis sur la configuration matérielle, la réalisation du programme de l'automate S7-300 sous TIA Portal et sur la régulation de température afin de maintenir les valeurs à 78 °C et 20 °C durant l'étape de distillation. Enfin nous avons simulé notre programme en utilisant le simulateur PLCSIM.

Ces résultats mettent en évidence l'impact positif de l'automatisation sur les opérations industrielles et démontrent les améliorations significatives dans le domaine de la production automatisée.

Le prochain chapitre sera sur le développement de la plateforme de supervision.

Chapitre 4

Développement de la plateforme de supervision

4.1 Introduction

Les systèmes automatisés ont pour objective de fonctionner sans l'intervention humaine. Mais l'homme est demandé d'interagir dans certains cas, et ceci à travers d'une plateforme de supervision afin de surveiller en temps réel les processus industriels.

Dans ce chapitre nous avons réalisé une plateforme de supervision à l'aide du logiciel WinCC intégré dans TIA Portal V17 pour surveiller et contrôler la station PB.

4.2 Généralités sur la supervision

4.2.1 Définition de la supervision

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

4.2.2 Avantages de supervision

- Surveiller en temps réel les opérations et les processus industriels.
- Tenter de prévenir en cas de problème (défaillances matérielles ou interruption des services) et garantir une remontée d'information rapide.
- Sécurité renforcée et amélioration de la qualité du produit.
- Permet la simulation des programmes avant leur mise en œuvre par des logiciels de supervision.

4.2.3 Constitution d'un système de supervision

Un superviseur est souvent constitué de quatre modules [17] :

4.2.3.1 Affichage

Il permet de récupérer et de rendre disponibles à l'opérateur toutes les informations requises pour évaluer le procédé.

4.2.3.2 Archivage

Sa fonction principale consiste à stocker les données (alarmes et événements) sur une durée prolongée, permettant ainsi leur utilisation dans des applications dédiées à la maintenance ou à la gestion de la production.

4.2.3.3 Communication

Il prend en charge l'acquisition et le transfert de données, ainsi que la gestion des communications avec d'autres périphériques tels que les automates programmables industriels.

4.2.3.4 Traitement

Il permet de structurer les données selon un format prédéfini, puis de les afficher aux opérateurs via un module de visualisation.

4.2.4 Interface IHM

IHM est un dispositif qui permet le dialogue entre l'opérateur et la machine. Elle réalise deux fonctionnalités : Présenter des informations à l'opérateur et lui permettre d'agir sur le système en introduisant des commandes ou des consignes [17].

4.3 Communication entre le pupitre de commande et l'automate

La configuration de la liaison entre l'automate et le pupitre de commande est une étape indispensable pour l'échange de données entre les deux, en effet cette communication peut être établie via le réseau MPI, PROFIBUS ou Ethernet. Nous avons opté dans notre projet à l'interface Ethernet pour faire la communication entre l'API et les pupitres de commande (IHM et la station PC).

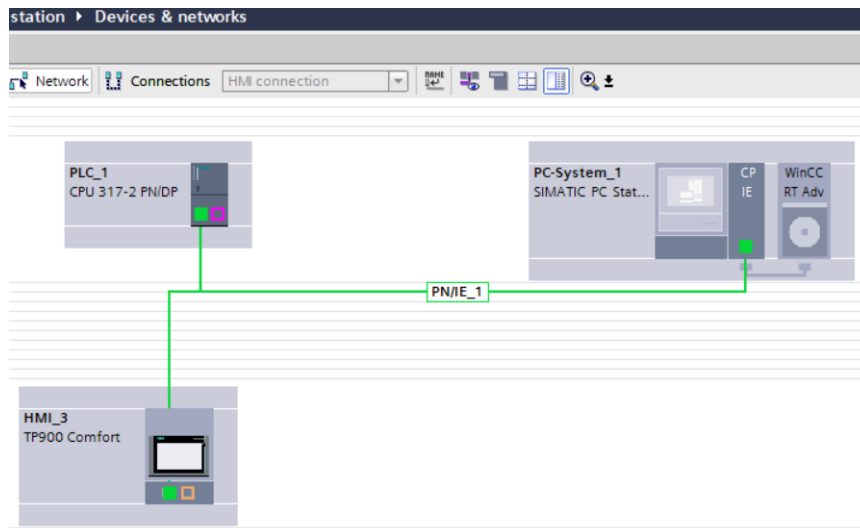
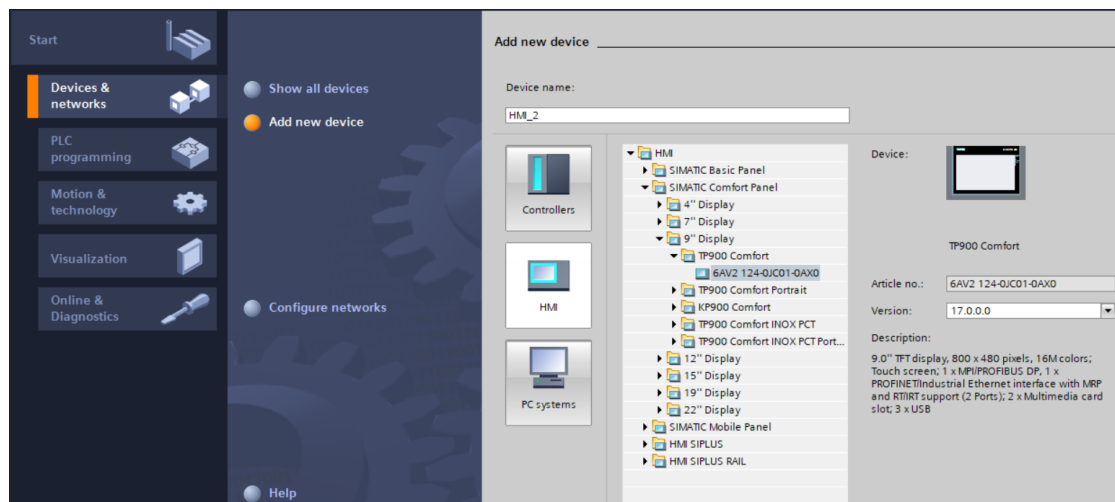


FIGURE 4.1 – Communication automate pupitres.

4.4 Création d'un projet de supervision sous TIA portal

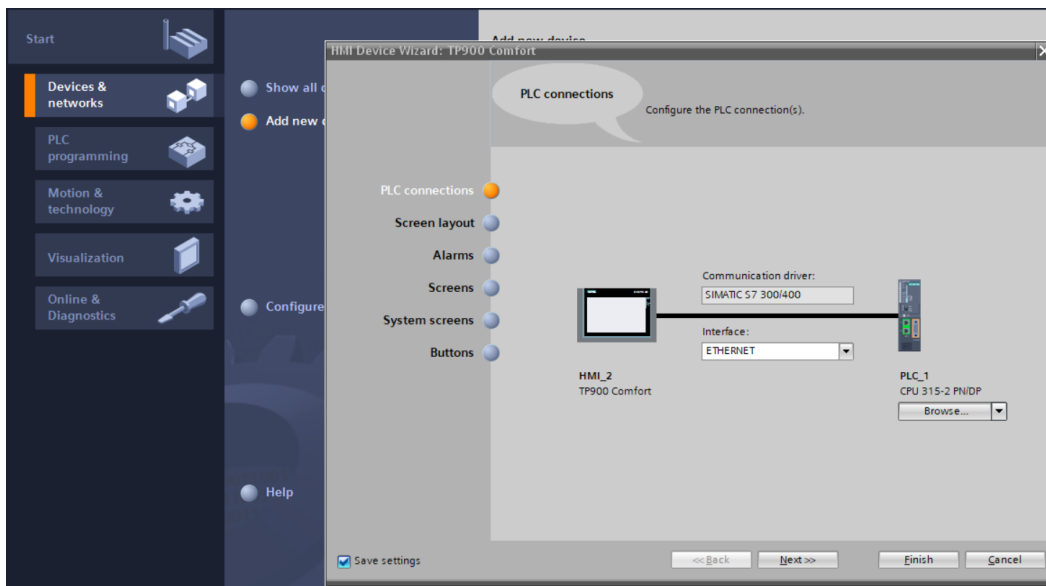
Pour visualiser un processus sous TIA Portal, nous allons suivre les étapes suivantes :

- ✓ Sélectionner « Add new device ».
- ✓ Sélectionner « HMI ».
- ✓ Sélectionner le nom « SIMATIC Comfort Panel» et puis sélectionner « TP900 Comfort».
- ✓ Sélectionner la référence : 6AV2 124- 0JC01-0AX0. Cliquer sur "OK".

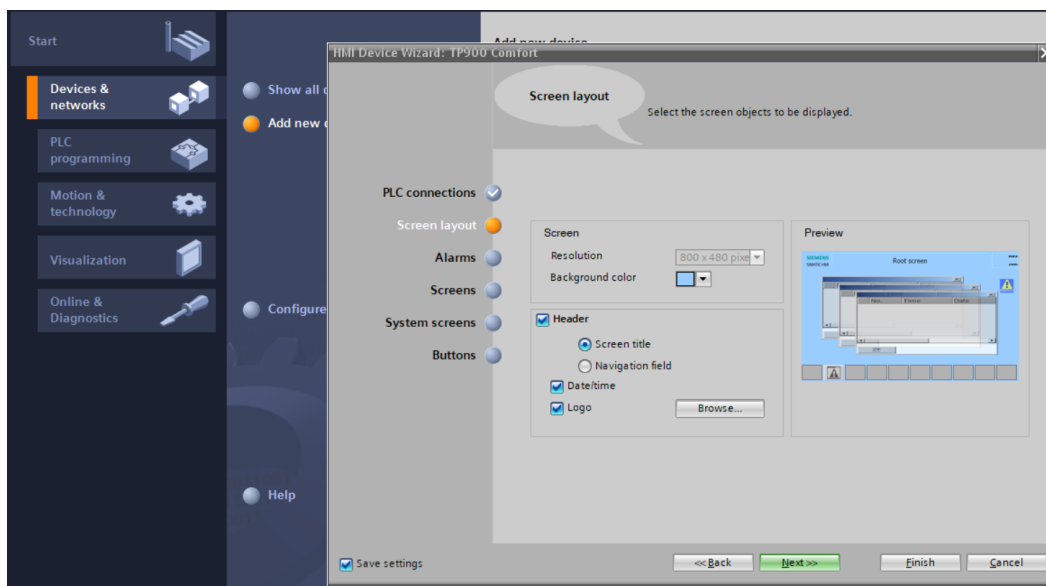


- ✓ Cliquer sur "Browse" pour connecter HMI avec l'automate approprié.
- ✓ Sélectionner PLC_1, puis cliquer sur "OK".
- ✓ Choisir Ethernet.

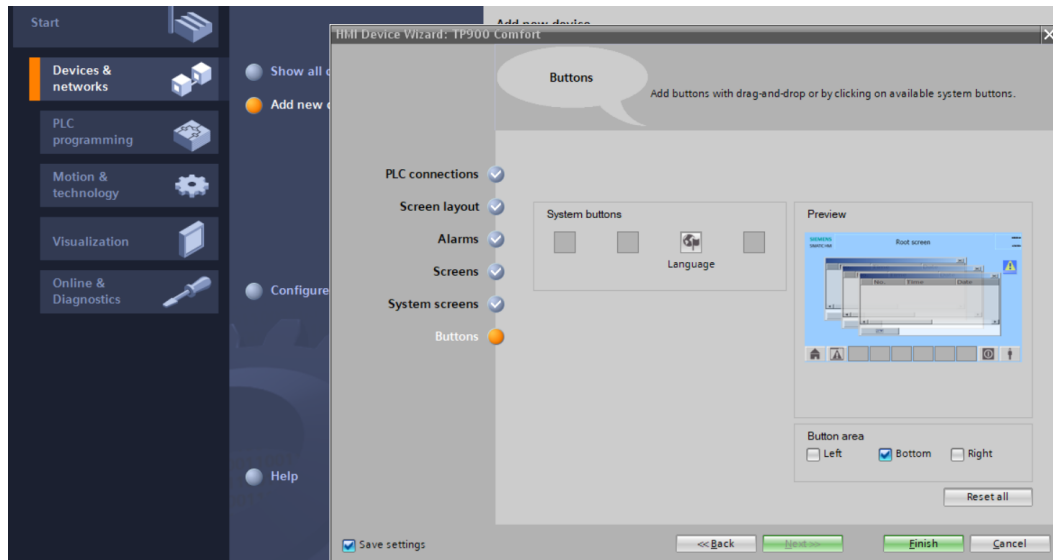
✓ Cliquer sur "Next".



✓ Sélectionner les éléments que nous voulons voir apparaître sur l'écran de supervision, tels que la date, l'heure, le logo, etc. Ensuite, cliquer sur "Next".



✓ Sélectionner les boutons que l'on souhaite afficher sur toutes les vues. Ensuite, cliquer sur "Finish".



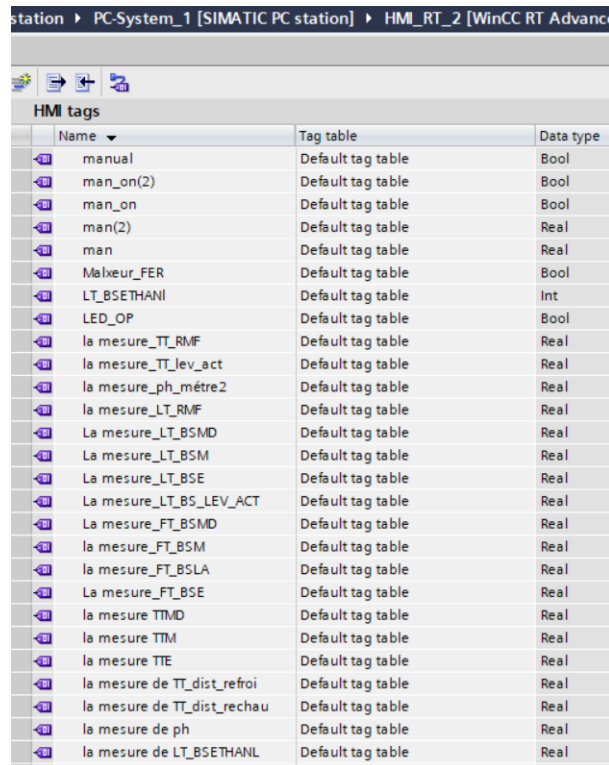
4.5 Développement d'un système de supervision sous le logiciel TIA portal

4.5.1 Création de la tables des variables IHM

Les variables permettent le transfert des données entre l'automate et l'interface IHM, ainsi qu'entre l'automate et le station PC, comme le montre les tableaux suivants :

Name	Tag table	Data type
xv9	Default tag table	Bool
xv8	Default tag table	Bool
xv7	Default tag table	Bool
xv6	Default tag table	Bool
xv5	Default tag table	Bool
xv4	Default tag table	Bool
xv3	Default tag table	Bool
xv2	Default tag table	Bool
xv14	Default tag table	Bool
xv13	Default tag table	Bool
xv12	Default tag table	Bool
xv11	Default tag table	Bool
xv10	Default tag table	Bool
xv1	Default tag table	Bool
xv_E	Default tag table	Bool
Vanne_Vapeur	Default tag table	Int
Vanne_Eau_Froide	Default tag table	Int
TT_BSMD	Default tag table	Int
TT_BSE	Default tag table	Int
Ti(2)	Default tag table	Time
Ti	Default tag table	Time
TD(2)	Default tag table	Time
TD	Default tag table	Time
Tag_ScreenNumber	Default tag table	UInt
SP_TT_REFROIDISSEUR	Default tag table	Real
SP_TT_RECHAUFFEUR	Default tag table	Real
sortie_Imn_PID2	Default tag table	Real

FIGURE 4.2 – Table des variables de l'IHM.



Name	Tag table	Data type
manual	Default tag table	Bool
man_on(2)	Default tag table	Bool
man_on	Default tag table	Bool
man(2)	Default tag table	Real
man	Default tag table	Real
Malxeur_FER	Default tag table	Bool
LT_BSETHANI	Default tag table	Int
LED_OP	Default tag table	Bool
la mesure_TT_RMF	Default tag table	Real
la mesure_TT_lev_act	Default tag table	Real
la mesure_ph_mètre2	Default tag table	Real
la mesure_LT_RMF	Default tag table	Real
La mesure_LT_BSM	Default tag table	Real
La mesure_LT_BSM	Default tag table	Real
La mesure_LT_BSE	Default tag table	Real
La mesure_LT_BS_LEV_ACT	Default tag table	Real
La mesure_FT_BSM	Default tag table	Real
la mesure_FT_BSM	Default tag table	Real
la mesure_FT_BSLA	Default tag table	Real
La mesure_FT_BSE	Default tag table	Real
la mesure TIMD	Default tag table	Real
la mesure TIM	Default tag table	Real
la mesure TIE	Default tag table	Real
la mesure de TT_dist_refroi	Default tag table	Real
la mesure de TT_dist_rechau	Default tag table	Real
la mesure de ph	Default tag table	Real
la mesure de LT_BSETHANL	Default tag table	Real

FIGURE 4.3 – Table des variables de la station PC.

4.5.2 Réalisation des vues contrôle et de supervision de la station PB

Pour suivre en temps réel le fonctionnement normal et faciliter le diagnostic de pannes dans la station PB, nous avons présenté une interface de supervision qui décrit en plusieurs vues :

❖ Vue d'accueil

Le premier écran de contrôle représente la page d'accueil. Il comprend plusieurs boutons de navigation pour accéder aux autres écrans de commande et de contrôle, ainsi qu'un bouton d'initialisation générale, un bouton de sécurité et un bouton d'extinction d'écran présent sur tous les écrans. De plus, il affiche des informations telles que le titre du projet, l'université, la faculté, etc.

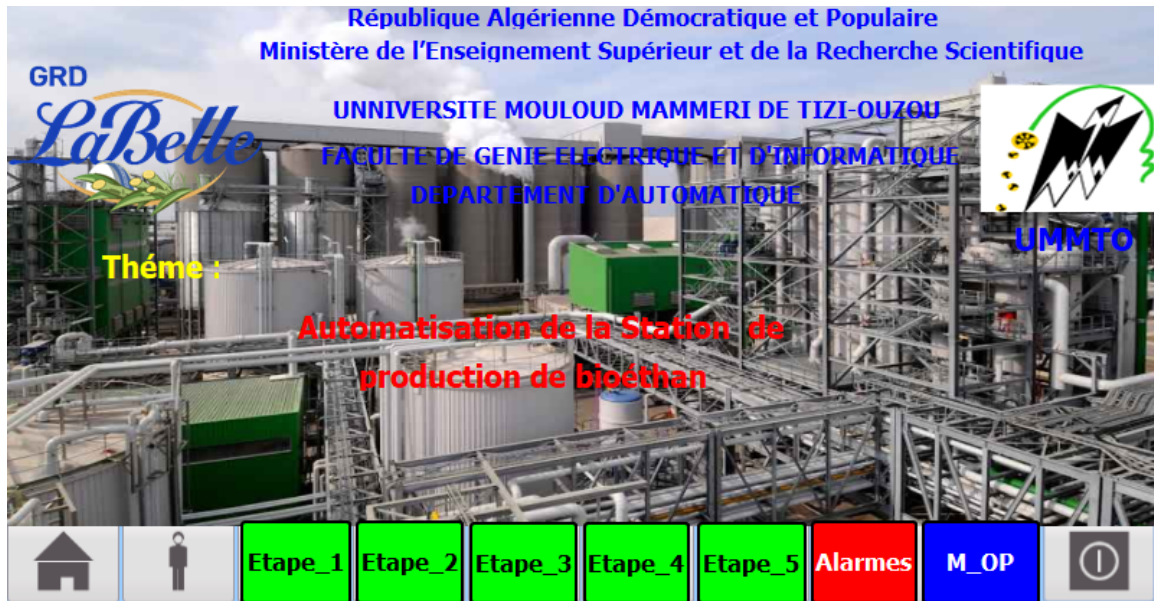


FIGURE 4.4 – Vue d'accueil.

❖ Vue système global

Cette vue correspond à la station PC. Elle permet au superviseur de suivre, contrôler et commander le fonctionnement global du système PB.

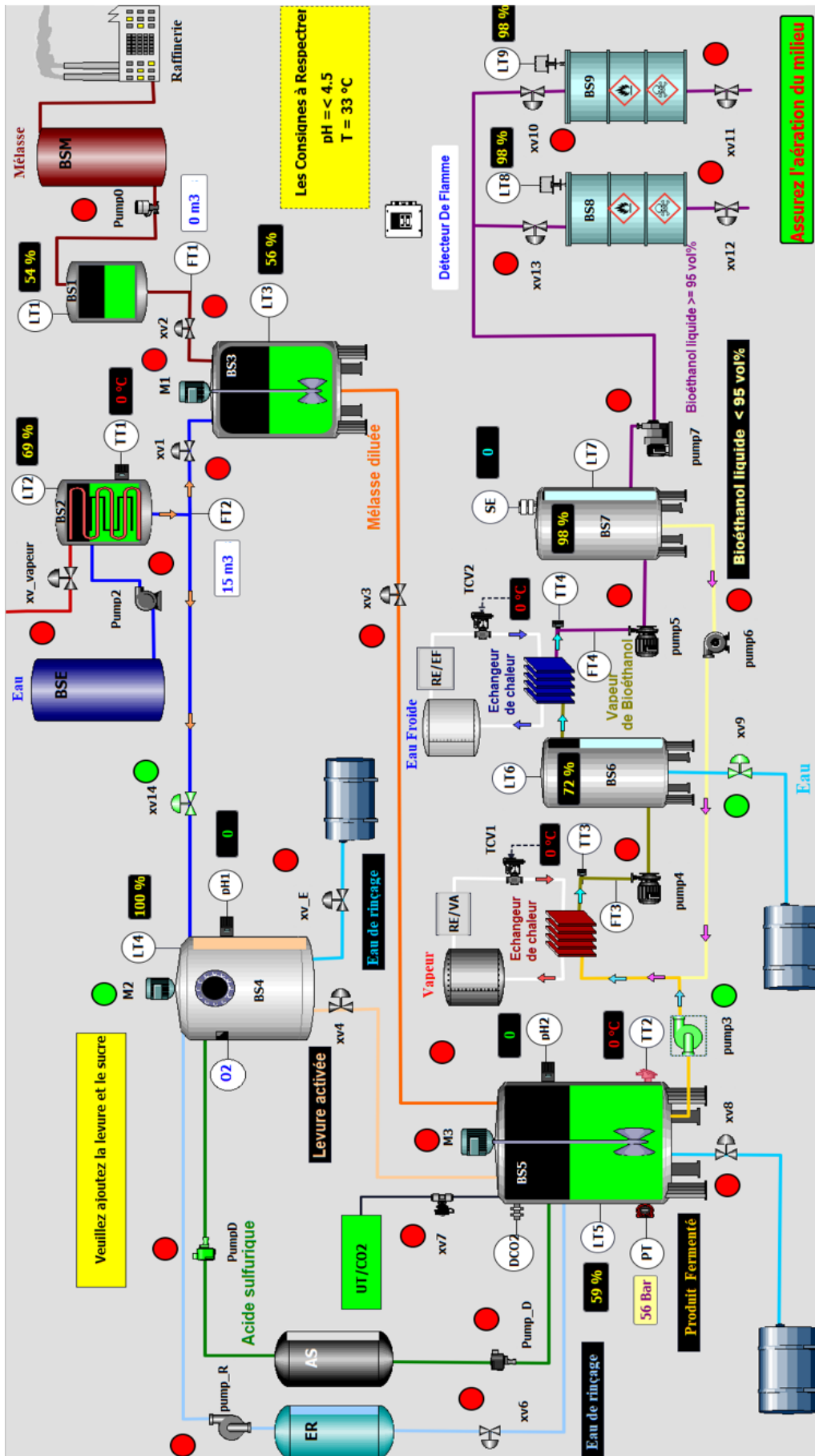


FIGURE 4.5 – Vue système global.

❖ Vue activation de levure

Cette vue permet de contrôler et de commander l'unité d'activation de levure. Elle permet également d'accéder à d'autres vues en cliquant sur l'un de ces boutons « Étape_2 », « Étape_3 », « Étape_4 », « Étape_5 », « Alarmes », et « M_OP ».

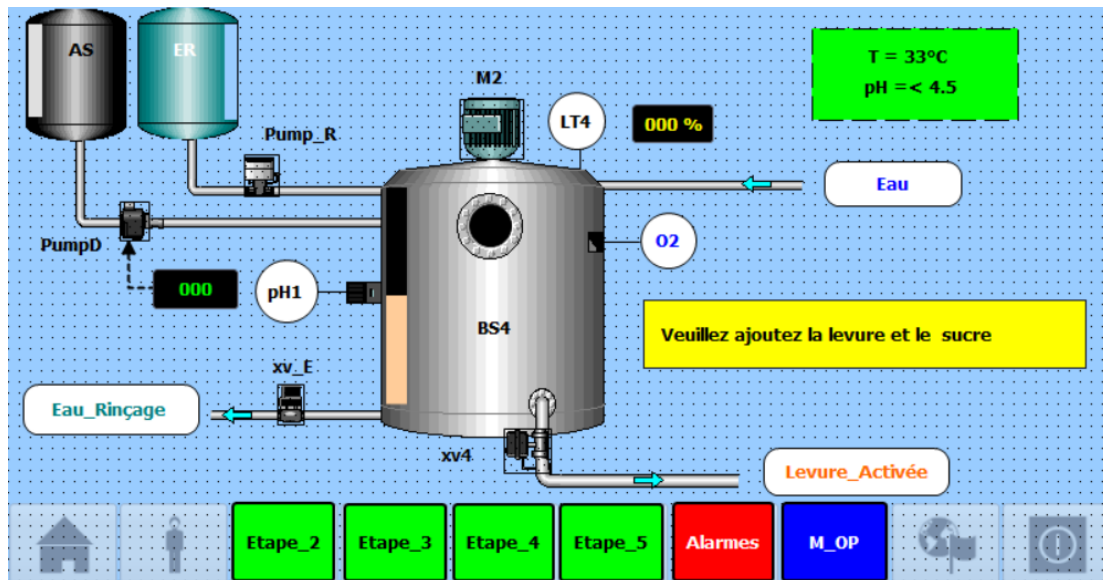


FIGURE 4.6 – Vue activation de levure.

❖ Vue dilution

Cet écran de supervision nous permet de visualiser l'unité de dilution de la mélasse, afin de suivre et contrôler son fonctionnement.

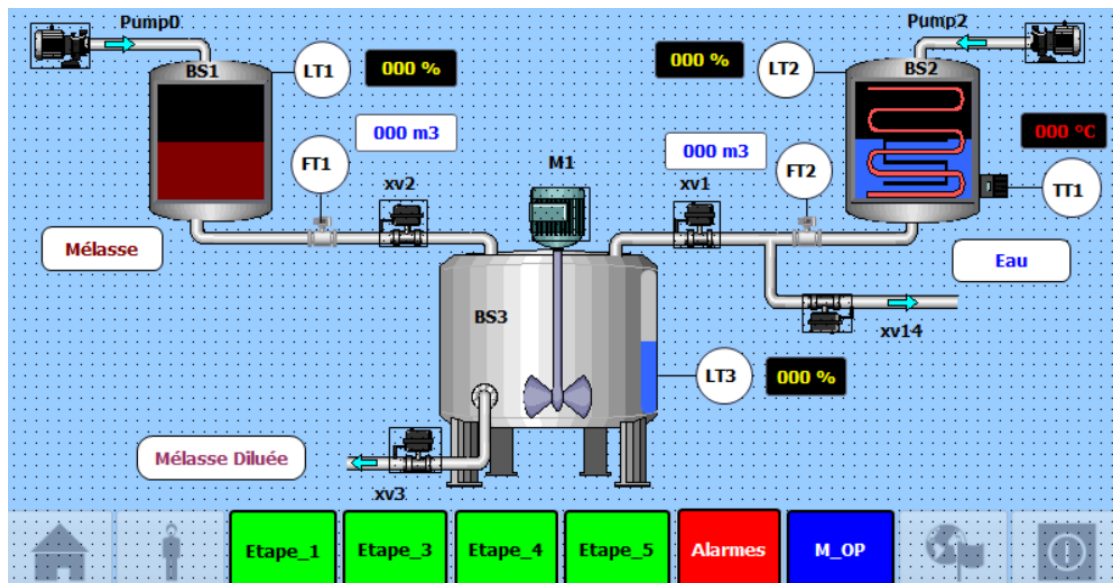


FIGURE 4.7 – Vue dilution.

❖ Vue alarme

Afin de contrôler l'état de fonctionnement du système de PBM, la gestion des messages de défaillance est une phase très importante. En effet, lorsqu'un défaut survient, une alarme apparaît immédiatement. L'opérateur a la possibilité de consulter la vue des alarmes pour identifier les problèmes. De ce fait, nous avons défini les alarmes TOR [4.8](#) et les alarmes analogiques [4.9](#). Cette vue comprend plusieurs boutons de navigation pour accéder aux autres écrans de supervision tels que « Étape_1 », « Étape_2 », etc.

Discrete alarms							
ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	
1	Discrete alarm_1	LE SYSTEME EST EN ARRET	Errors	Alarme	0	%M99.0	
2	Discrete alarm_2	ATTENTION RISQUE D'EXPLOSION	Warnings	Alarme	1	%M99.1	
3	Discrete alarm_3	ATTENTION UNE FLAMME EST	Warnings	Alarme	2	%M99.2	
4	Discrete alarm_4	PUMPO EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	3	%M99.3	
5	Discrete alarm_5	PUMP2 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	4	%M99.4	
6	Discrete alarm_6	PUMP3 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	5	%M99.5	
7	Discrete alarm_7	PUMP4 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	6	%M99.6	
8	Discrete alarm_8	PUMP5 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	7	%M99.7	
9	Discrete alarm_9	PUMP6 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	8	%M98.0	
10	Discrete alarm_10	PUMP7 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	9	%M98.1	
11	Discrete alarm_11	PUMP_D EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	10	%M98.2	
12	Discrete alarm_12	PUMPD EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	11	%M98.3	
13	Discrete alarm_13	M1 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	12	%M98.4	
14	Discrete alarm_14	M2 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	13	%M98.5	
15	Discrete alarm_15	M3 EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	14	%M98.6	
16	Discrete alarm_16	PUMP_R EST SURCHARGE	Warnings	Alarme	15	%M98.7	

FIGURE 4.8 – Table des alarmes TOR.

Analog alarms							
ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Limit	Limit mode	
2	HHL_eau	Attention risque de débordement de	Warnings	La mesure_LT...	99	Higher	
3	LLL_eau	Attention niveau très bas de l'eau	Warnings	La mesure_LT...	0.01	Lower	
4	LLL_mélasse	Attention niveau très bas de la	Warnings	La mesure_LT...	0.01	Lower	
5	HHL_mélasse	Attention risque de débordement de	Warnings	La mesure_LT...	99	Higher	
6	HHL_MD	Attention risque de débordement de	Warnings	La mesure_LT...	99	Higher	
7	LLL_MD	Attention niveau très bas de la	Warnings	La mesure_LT...	0.01	Lower	
8	HHL_PF	Attention risque de débordement du	Warnings	la mesure_LT...	99	Higher	
9	LLL_PF	Attention niveau très bas du produit	Warnings	la mesure_LT...	0.01	Lower	
10	HHL_dist1	Attention risque de débordement du	Warnings	la mesure de ...	99	Higher	
11	LLL_dist1	Attention niveau très bas dans B1	Warnings	la mesure de ...	0.01	Lower	
13	HHL_éthanol2	Attention risque de débordement du	Warnings	la mesure_LT...	99	Higher	
14	LLL_éthanol2	Attention niveau très bas dans B2	Warnings	la mesure_LT...	0.01	Lower	
15	HHL_éthanol1	Attention risque de débordement du	Warnings	la mesure de ...	99	Higher	
16	LLL_éthanol1	Attention niveau très bas dans B1	Warnings	la mesure de ...	0.01	Lower	
12	HHL_dist2	Attention risque de débordement du	Warnings	la mesure de ...	99	Higher	
18	LLL_LA	Attention niveau très bas de la	Warnings	La mesure_LT...		Lower	
19	HHL_LA	Attention risque de débordement de	Warnings	La mesure_LT...	99	Higher	
20	LLL_dist2	Attention niveau très bas dans B2	Warnings	la mesure de ...	0.01	Lower	

FIGURE 4.9 – Table des alarmes analogiques.

No.	Time	Date	Sta...	Text	Acknowledge...
11	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas dans B1...	0
21	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention débit défaillant (mélasse)	0
9	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas du prod...	0
18	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas de la lev...	0
7	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas de la mé...	0
3	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas de l'eau	0
17	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention débit défaillant (eau)	0
4	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas de la mé...	0
20	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas dans B2...	0
14	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas dans B2...	0
16	4:08:04 PM	6/17/2024	I	Attention niveau très bas dans B1...	0

FIGURE 4.10 – Vue alarmes.

❖ Vue des étapes du teste

Une fois que nous avons terminé le développement de notre interface de supervision, nous passons à sa mise en œuvre.

➤ Activation de la pompe 'Pump3' pour faire pomper le produit fermenté vers le premier échangeur de l'unité de distillation.

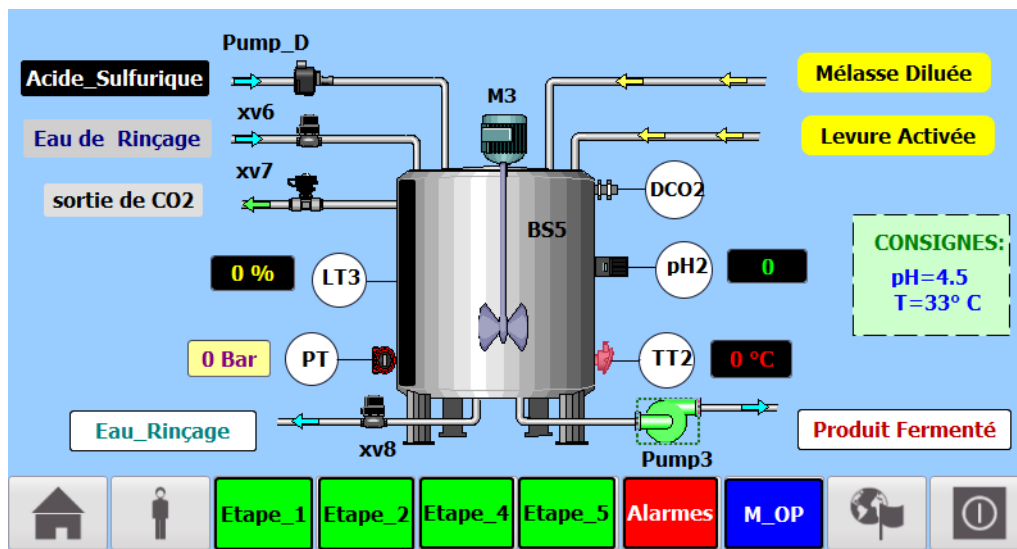


FIGURE 4.11 – Activation de Pump3.

➤ Activation de la pompe 'Pump5' pour remplir le bac 'BS7' avec de bioéthanol liquide.

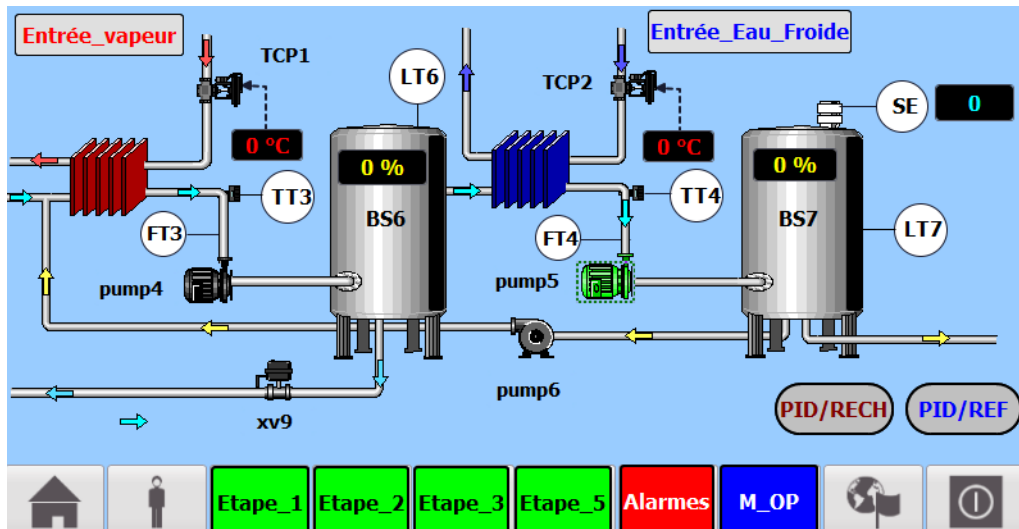


FIGURE 4.12 – Activation de Pump5.

➤ Activation de la pompe 'Pump7' et la vanne 'xv10' pour remplir le bac 'BS9' avec le bioéthanol produit.

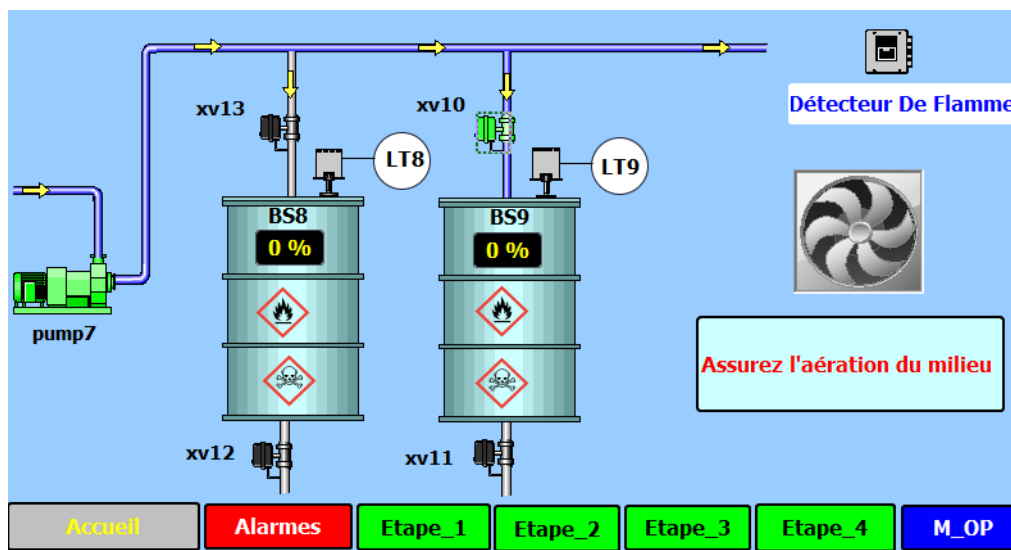


FIGURE 4.13 – Activation de Pump7 et xv10.

4.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de création de l'interface Homme-machine et du système PC dédiée à la supervision du système de production de bioéthanol à partir de la mélasse. Cette interface propose plusieurs vues graphiques d'exploitation et elle a été développée à l'aide du logiciel WinCC intégré dans TIA Portal V17.

Conclusion générale

L'objectif de ce notre travail était la conception et la mise en œuvre d'une solution permettant l'automatisation et la supervision de la station de production de bioéthanol à partir de la mélasse. Au cours de cette période, nous avons eu l'opportunité d'approfondir nos connaissances acquises lors de notre formation et de les mettre en pratique à travers une étude de simulation d'un problème industriel réel, grâce aux informations fournies par l'entreprise. Cette expérience nous a permis d'acquérir une expérience précieuse dans le domaine industriel.

Afin d'accomplir cette tâche, nous avons entamé une analyse fonctionnelle de ce système. Suite à celle-ci, une modélisation fonctionnelle en utilisant l'outil grafcet a été élaborée. Ensuit l'intégration de la régulation PID afin de produire le bioéthanol en quantité et qualité satisfaisantes.

Pour la mise en œuvre de l'automatisme, une architecture matérielle basée sur un API de type Siemens S7-300 a été choisie afin d'optimiser le rendement de l'installation.

La programmation de commande de notre processus a été réalisée en langage Ladder à l'aide du logiciel TIA Portal V 17. Afin de valider et d'assurer le bon fonctionnement du programme développé, nous avons effectué une simulation avec le simulateur S7-PLCSIM.

Enfin, nous avons développé une Interface Homme-Machine pour la supervision du système de production de bioéthanol en utilisant le logiciel TIA Portal V 17. Nous avons choisi le pupitre Control Pannel TP 900 COMFORT 9 Key, pour une meilleure gestion du système et une bonne compréhension du principe de visualisation de l'état de notre procédé en temps réel, ainsi que la commande à distance depuis le PC.

Néanmoins, ce modeste travail constitue la base d'une étude à poursuivre et à améliorer pour une analyse plus approfondie, qui pourrait bénéficier d'une optimisation des ressources et du rendement de bioéthanol.

Les perspectives futures incluent, dans un premier temps, la détermination précise de la quantité de bioéthanol qui sera produite afin de savoir s'il s'agit d'une production à

grande échelle. Cela implique une évaluation énergétique plus approfondie pour garantir que la production d'énergie est satisfaisante.

De plus, pour améliorer cette étude, il était nécessaire d'équiper la station d'un système de recyclage des déchets issus de cette production, ainsi que d'unités de traitement des eaux usées et de capture de CO₂ pour une utilisation dans l'usine car ils sont issus de la biomasse.

Nous espérons avoir initié les premières avancées dans le domaine de l'automatique en relation avec la bioénergie, ce qui stimulera la recherche dans cette direction en faveur de la prise de conscience de 'Bioéthanol' du respect de l'environnement et du développement durable.

Bibliographie

- [1] Documentation interne de l'entreprise GRD-LABELLE.
- [2] Z.MEGRANE, F. MOSTEFAI, « *Production de bioéthanol à partir des biomasses* », Mémoire Master, Département de Biologie, Université de Djelfa, 2023.
- [3] A. BABANDJAR, B. ZAABI, « *Optimisation de production de l'éthanol à partir des matières premières différentes* », Mémoire master, Département de Génie des Procédés, Université de Ghardaïa, 2021.
- [4] K. LAL KISHORE. « *Electronic Measurements and Instrumentation* ». Pearson, New Delhi, 2010.
- [5] [https ://www.safetygas.com/detection-gaz/detecteurs-optiques-de-flamme](https://www.safetygas.com/detection-gaz/detecteurs-optiques-de-flamme). Consulté le 26/02/2024.
- [6] [https ://www.fr.endress.com/fr/instrumentation-terrain-sur-mesure/analyseliquides-produits/capteurs-transmetteurs-ph](https://www.fr.endress.com/fr/instrumentation-terrain-sur-mesure/analyseliquides-produits/capteurs-transmetteurs-ph). Consulté le 26/02/2024.
- [7] Th. Lang, H.-D. Wiemhöfer et W. Göpel, « Carbonate Based CO2 Sensors with High Performance ». Conf. Proc. Eurosensors IX, Stockholm (S), 1995.
- [8] Capteur à éthanol. [https ://sordalab.com/RESSOURCES/documents/FR/ps-2194.pdf](https://sordalab.com/RESSOURCES/documents/FR/ps-2194.pdf).
- [9] J-J. Crassard. « *La pompe centrifuge dans tous ses états* ». Les éditions parisiennes (EDIPA), Paris, 2011.
- [10] Emerson. « *MANUEL DE LA VANNE DE RÉGULATION* ». Marshalltown, 2019.
- [11] Adeline M. 06-09-22. « *Échangeur thermique* ». [https ://www.totalenergies.fr](https://www.totalenergies.fr).
- [12] J. JACQUES. « *Gracet-concepts de base* ». DUMÉRY, 2007.
- [13] M.GILLES. « *Les A.P.I. Architecture et applications des automates programmables industriels* », DUNBOD.
- [14] L.BERGOUGNOUX. « *A.P.I. Automates Programmables Industriels* ». Département de Mécanique Énergétique, POLYTECH Marseille, 2004–2005.
- [15] W.BOLTON. « *AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIEL* ». Dunod, Paris, 2015.
- [16] Documentation SIEMENS

- [17] P. BONNET. « Introduction à la supervision », Université Lille, novembre 2010.
- [18] M.ETIQUE. « *REGULATION AUTOMATIQUE* ». Département des systèmes industriels et des microtechniques, école d'ingénieurs du canton de Vaud, 2004.