

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABDERRAHMANE
MIRA-BEJAÏA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine: **Science et Technologies**

Filière : **Électrotechnique**

Spécialité : **AUTOMATISMES INDUSTRIELS**

Thème

**DESCRIPTION ET AUTOMATISATION D'UN
PASTEURISATEUR A TUNNEL À CEVITAL
D'EL-KSEUR**

Présenté par :
Mr KHIRI HALIM

Encadré par :
Dr ACHOUR A/YAZID

Promotion : **Juin 2024**

Remerciement

Je tiens tout d'abord à exprimer ma plus profonde gratitude à mon encadreur, Monsieur ACHOUR Yazid, ainsi qu'à mon promoteur, Monsieur RABHI Sofiane. Leur engagement et leur soutien indéfectibles ont été essentiels pour diriger mon mémoire et me guider tout au long de cette recherche. Ils m'ont offert des orientations précieuses et des conseils avisés, sans lesquels ce travail n'aurait pas pu aboutir.

Je souhaite également adresser mes remerciements chaleureux à l'ensemble du personnel de l'Entreprise CEVITAL, et plus particulièrement à Monsieur KHIRI Nassim. Sa générosité et sa disponibilité à répondre à mes questions de recherche m'ont permis de recueillir des données pertinentes et de grande valeur.

À tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur aide, que ce soit par un geste, une parole ou un conseil, je leur exprime ma sincère gratitude.

Enfin, je tiens à remercier du fond du cœur mes parents, dont le soutien inestimable a été d'une aide précieuse tout au long de la préparation de mon mémoire. Leur amour et leur encouragement ont été ma plus grande source de motivation.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, véritables piliers de ma vie, dont l'amour inconditionnel et le soutien sans faille m'ont constamment inspiré.

À mon frère Farouk, dont la présence et la fraternité ont été d'une grande valeur.

À mes sœurs, dont l'affection et les encouragements ont toujours été une source de réconfort.

À mes amis précieux, Nasro, Nadjim, massifas, Rinas, Khaled, Idir, Massi, Tarik, Sofiane, dont l'amitié sincère et le soutien constant ont été inestimables.

À mon cousin Nassim, dont l'aide précieuse et les conseils avisés ont grandement contribué à ce travail.

À mes collègues de travail, Yanis, Nonor, Hichem, Amir, Youva, dont la camaraderie et le soutien ont rendu cette aventure professionnelle enrichissante.

À ma chère et tendre femme, dont l'amour et la patience m'ont été une source de force et de motivation inébranlable.

ملخص

يقدم هذا العمل أتمتة و اشراف على مبستر نفق باستخدام المتحكم المنطقي الصناعي S7-313C من سيمنز و واجهة الانسان و الآلة (HMI). بعد دراسة معمقة وتحليل دفتر الشروط، تم تطوير برنامج باستخدام برنامج TIA Portal V15 ونقله الى المتحكم لتلبية المتطلبات المحددة وإدارة التشغيل التلقائي لمبستر النفق. تم تقديم وصف مفصل لمختلف تقنيات أتمتة الأنظمة الصناعية، خاصة تلك القائمة على وحدات سيمنز. تم تخصيص جزء كبير من العمل للبرمجة باستخدام TIA Portal، مع تسليط الضوء على خطوات انشاء مشروع الأتمتة، و تكوين الأجهزة، و تطوير البرنامج و محاكته. بالإضافة الى ذلك، تم تصميم واجهة الانسان و الآلة باستخدام برنامج WinCC Flexible، المدمج في TIA Portal، مما يتيح للمشغل عرض و تحليل سلوك النظام في الوقت الفعلي.

الكلمات المفتاحية: الاشراف، واجهة الانسان و الآلة، WinCC Flexible، Tia Portal.

Résumé

Ce travail présente l'automatisation et la supervision d'un pasteurisateur à tunnel, en utilisant l'automate programmable industriel S7-313C Siemens et l'interface homme-machine (HMI). Après une étude approfondie et l'analyse du cahier des charges, un programme a été développé avec le logiciel TIA Portal V15 et transféré à l'automate pour répondre aux exigences spécifiées et gérer le fonctionnement automatique du pasteurisateur à tunnel. Une description détaillée des différentes technologies d'automatisation des systèmes industriels, en particulier celles basées sur les modules Siemens, est fournie. Une grande partie du travail est consacrée à la programmation avec TIA Portal, mettant en évidence les étapes de création d'un projet d'automatisation, la configuration matérielle, l'élaboration du programme et sa simulation. De plus, une interface Homme-Machine a été conçue avec le logiciel WinCC Flexible, intégré dans TIA Portal V15, permettant à l'opérateur de visualiser et d'analyser le comportement du système en temps réel.

Mots-clés : Automatisation, supervision, interface homme-machine, TIA Portal V15, WinCC Flexible.

Abstract

This work presents the automation and supervision of a tunnel pasteurizer using the Siemens S7-313C industrial programmable logic controller (PLC) and the human-machine interface (HMI). After an in-depth study and analysis of the specifications, a program was developed with the TIA Portal V15 software and transferred to the PLC to meet the specified requirements and manage the automatic operation of the tunnel pasteurizer. A detailed description of various industrial automation technologies, particularly those based on Siemens modules, is provided. A significant portion of the work is dedicated to programming with TIA Portal, highlighting the steps for creating an automation project, hardware configuration, program development, and simulation. Additionally, a human-machine interface was designed with WinCC Flexible software, integrated into TIA Portal V15, allowing the operator to visualize and analyze the system's behavior in real time.

Keywords: Automation, supervision, human-machine interface, TIA Portal V15, WinCC Flexible.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE I : Description du Fonctionnement de Pasteurisateur a tunnel | |
| I.1 Introduction | 2 |
| I.2 Définition..... | 2 |
| I.3 Objectifs de la pasteurisation | 2 |
| I.4 Avantages et inconvénients de la pasteurisation | 3 |
| I.4.1 Avantages..... | 3 |
| I.4.2 Inconvénients..... | 3 |
| I.5 Domaine d’application | 3 |
| I.6 Description et données techniques du pasteurisateur tunnel « Vettori Manghi & c/SE237 » | 3 |
| I.6.1 Description..... | 3 |
| I.6.2 Caractéristiques | 4 |
| I.6.3 Dispositifs de sécurité..... | 5 |
| I.7 Principe de fonctionnement du pasteurisateur | 5 |
| I.8 Pasteurisation du produit | 5 |
| I.8.1 Préchauffage..... | 5 |
| I.8.2 Pasteurisation | 5 |
| I.8.3 Premier refroidissement | 6 |
| I.8.4 Deuxième refroidissement | 6 |
| I.8.5 Troisième refroidissement | 6 |
| I.8.6 Récupération de l’eau | 6 |
| I.9 Zones de pasteurisation du produit | 6 |
| I.10 Description du procédé à automatiser..... | 7 |
| I.11 Instrumentations | 7 |
| I.11.1 Capteurs | 7 |
| I.11.1.1 Capteurs de température | 7 |
| I.11.1.2 Manomètres..... | 8 |
| I.11.1.3 Capteurs de bourrage..... | 8 |
| I.11.2 Actionneurs | 9 |
| I.11.2.1 Electrovannes | 9 |
| I.11.2.2 Vannes modulantes..... | 9 |
| I.11.2.3 Moteurs et Pompes | 9 |
| I.11.3 Pré-actionneurs..... | 10 |

| | | |
|---|--|----|
| I.11.3.1 | Relais thermique | 11 |
| I.11.3.2 | Contacteurs | 11 |
| I.11.3.3 | Disjoncteur magnétothermique | 12 |
| I.11.4 | Cuves de stockage | 12 |
| I.11.5 | Tapis roulant | 13 |
| I.11.6 | Convoyeurs Entrée/Sortie | 13 |
| I.11.7 | Tour de refroidissement | 14 |
| I.12 | Définition de la problématique..... | 15 |
| I.13 | Conclusion..... | 15 |
| CHAPITRE II : Conception du GRAFCET du Système | | |
| II.1 | Introduction | 16 |
| II.2 | Définition de GRAFCET | 16 |
| II.3 | Cahier des charges | 16 |
| II.3.1 | Fonctionnement Actuel du pasteurisateur | 16 |
| II.3.1.1 | Remplissage des bassins | 16 |
| II.3.1.2 | Démarrage des pompes et chauffage..... | 16 |
| II.3.1.3 | Refroidissement | 17 |
| II.3.1.4 | Lancement des Convoyeurs | 17 |
| II.4 | Automatisation complète du fonctionnement du pasteurisateur..... | 17 |
| II.4.1 | Vérification de l'absence des défauts..... | 17 |
| II.4.1.1 | Défauts des équipements | 17 |
| II.4.1.2 | Défauts vapeur et Air | 17 |
| II.4.2 | Remplissage des Bassins..... | 18 |
| II.4.3 | Chauffage | 18 |
| II.4.4 | Refroidissement | 18 |
| II.4.5 | Mise en marche des convoyeurs et du tapis roulant..... | 18 |
| II.5 | GRAFCET de fonctionnement de pasteurisateur a tunnel | 18 |
| II.5.1 | GRAFCET de conduite | 19 |
| II.5.2 | GRAFCET des défauts des équipements | 19 |
| II.5.3 | Fonctions du GRAFCET des défauts des équipements..... | 20 |
| II.5.4 | GRAFCET de défaut vapeur | 20 |
| II.5.5 | GRAFCET de défaut air | 21 |
| II.5.6 | Grafcet de remplissage des bassins..... | 22 |
| II.5.7 | GRAFCET de Chauffage de l'eau | 23 |
| II.5.8 | Grafcet de Refroidissement de l'eau | 24 |

| | | |
|---|--|----|
| II.5.9 | Grafctet de Mise en marche des Convoyeurs..... | 24 |
| II.5.10 | Grafctet d'arrêt d'urgence..... | 25 |
| II.6 | Table de Nomenclature | 25 |
| II.6.1 | Liste des capteurs nécessaires pour la pasteurisation..... | 25 |
| II.6.2 | Liste des actionneurs nécessaires pour la pasteurisation | 26 |
| II.7 | Conclusion..... | 28 |
| CHAPITRE III : Conception du Programme du Nouveau API..... | | |
| III.1 | Introduction | 29 |
| III.2 | Caractéristique de L'API S7 300 choisis..... | 29 |
| III.3 | Définition de logiciel TIA Portal | 30 |
| III.4 | Création d'un projet et configuration de l'espace de travail | 30 |
| III.4.1 | Création d'un projet..... | 30 |
| III.4.2 | Élaboration de la configuration matérielle..... | 31 |
| III.4.3 | Configuration des adresses | 32 |
| III.4.4 | Création des tables des variables de l'API | 33 |
| III.4.5 | Élaboration du Programme..... | 34 |
| III.4.6 | Mise à l'échelle des capteurs de température..... | 35 |
| III.4.7 | Activation des GRAFCETS | 35 |
| III.4.8 | Vérification des défauts..... | 36 |
| III.4.9 | Remplissage des bassins et activation des pompes..... | 36 |
| III.4.10 | Régulation de la température | 37 |
| III.4.10.1 | Système de commande en boucle fermée | 38 |
| III.4.10.2 | Le régulateur utilisé | 38 |
| III.4.10.3 | Les réseaux de régulation | 39 |
| III.4.11 | Activation de la tour de refroidissement..... | 40 |
| III.4.12 | Mise en marche du tapis roulant et des convoyeurs | 41 |
| III.4.13 | Fonction de protection des pompes | 41 |
| III.4.14 | Fonction de protection des moteurs | 42 |
| III.5 | Conclusion..... | 43 |
| CHAPITRE IV : Validation du Programme par Simulation | | |
| IV.1 | Introduction | 44 |
| IV.2 | WINCC TIA Portal..... | 44 |
| IV.3 | Sélection du pupitre opérateur de visualisation | 44 |
| IV.4 | Caractéristique de l'HMI TP 900 | 44 |
| IV.5 | Liaison entre l'IHM et la CPU de l'API..... | 45 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| IV.6 | Variables IHM | 45 |
| IV.7 | Création des vues..... | 47 |
| IV.7.1 | Vue principale | 47 |
| IV.7.2 | Vue des anomalies et des défauts..... | 47 |
| IV.7.3 | Vue de remplissage des bassins | 48 |
| IV.7.4 | Vue de la régulation de température de préchauffage et pasteurisation..... | 48 |
| IV.7.5 | Vue de refroidissement..... | 49 |
| IV.7.6 | Vue de mise en marche des convoyeurs et du tapis roulant..... | 50 |
| IV.8 | Simulation de processus..... | 50 |
| IV.9 | Mise en œuvre de la supervision | 50 |
| IV.10 | Conclusion..... | 53 |
| | Conclusion générale | 54 |
| | Liste des références bibliographiques | |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure I- 1: Pasteurisateur a tunnel | 2 |
| Figure I- 2: Les étapes de fonctionnement du pasteurisateur..... | 7 |
| Figure I- 3: Organigramme du cycle de pasteurisation..... | 7 |
| Figure I- 4: Sonde de température PT100..... | 8 |
| Figure I- 5: Manomètre..... | 8 |
| Figure I- 6: Capteur a contact | 9 |
| Figure I- 7: Vanne modulante | 9 |
| Figure I- 8: Pompe électrique..... | 10 |
| Figure I- 9: Relais thermique | 11 |
| Figure I- 10: Contacteur..... | 11 |
| Figure I- 11: Disjoncteur magnétothermique..... | 12 |
| Figure I- 12: Cuve de stockage | 12 |
| Figure I- 13: Tapis roulant du pasteurisateur a tunnel | 13 |
| Figure I- 14: Convoyeurs d'entrée et de sortie | 13 |
| Figure I- 15: Tour de refroidissement..... | 14 |
| | |
| Figure II- 1: Grafcet de Conduite. | 19 |
| Figure II- 2: Grafcet de Défaut d'équipement. | 19 |
| Figure II- 3: Grafcet de Défaut Vapeur. | 20 |
| Figure II- 4: Grafcet de Défaut air..... | 21 |
| Figure II- 5: Grafcet de remplissage des bassins. | 22 |
| Figure II- 6: Grafcet de Chauffage Eau. | 23 |
| Figure II- 7: Grafcet de Refroidissement Eau..... | 24 |
| Figure II- 8: Grafcet de Mise en marche des Convoyeurs..... | 24 |
| Figure II- 9: Grafcet d'Arrêt d'Urgence | 25 |
| | |
| Figure III- 1 : Architecture d'un système automatisé de production..... | 29 |
| Figure III- 2 : Unité centrale de traitement CPU 313C | 30 |
| Figure III- 3: Création du projet | 30 |
| Figure III- 4: Configuration matérielle..... | 32 |
| Figure III- 5: Adressage E/S..... | 33 |
| Figure III- 6: Variables d'entrées E de l'API | 33 |
| Figure III- 7: Variables de sorties O de l'API..... | 34 |
| Figure III- 8: Blocs utilisés dans le programme | 34 |
| Figure III- 9: Mise à l'échelle du signale fourni par le capteur de température..... | 35 |
| Figure III- 10: Activation des GRAFCETS..... | 35 |
| Figure III- 11: Programme de vérification des défauts..... | 36 |
| Figure III- 12: Réseau d'activation de la vanne 1 | 37 |
| Figure III- 13: Réseau d'activation de la pompe 1 | 38 |

| | |
|--|----|
| Figure III- 14: Réseau d'activation des régulateurs | 39 |
| Figure III- 15: Régulateur de température | 40 |
| Figure III- 16: Réseau d'activation de la vanne de refroidissement 1 | 40 |
| Figure III- 17: Réseau de mise en marche des moteurs de tapis et des convoyeurs..... | 41 |
| Figure III- 18: Fonction de protection des pompes de circulation | 41 |
| Figure III- 19: Réseau de protection de la pompe de circulation 1 | 42 |
| Figure III- 20: Fonction de protection des moteurs | 42 |
| Figure III- 21: Réseau de protection de moteur de Tapis | 43 |
| | |
| Figure IV- 1: Pupitre TP 900 | 45 |
| Figure IV- 2: Liaison entre l'HMI et l'automate S7 300 | 45 |
| Figure IV- 3: Table de variables HMI | 46 |
| Figure IV- 4: Vue principale | 47 |
| Figure IV- 5: Vue des anomalies et défauts | 47 |
| Figure IV- 6: Vue de remplissage des bassins | 48 |
| Figure IV- 7: vue de la régulation des températures de préchauffage et pasteurisation | 48 |
| Figure IV- 8: Vue de premier et deuxième refroidissement | 49 |
| Figure IV- 9: Vue de mise en marche des convoyeurs et de tapis | 50 |
| Figure IV- 10: Simulation et supervision des anomalies et défauts..... | 51 |
| Figure IV- 11: Simulation et supervision de remplissage des bassins..... | 51 |
| Figure IV- 12: Simulation et supervision de la régulation des températures..... | 52 |
| Figure IV- 13: Simulation et supervision de refroidissement | 52 |
| Figure IV- 14: Simulation et supervision des convoyeurs et tapis | 53 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-------|
| Tableau 1 Liste des capteurs, des boutons poussoirs et des temporisations..... | 25-25 |
| Tableau 2 Liste des actionneurs et des bits (variables) interne à l'API. | 26-27 |

Liste des abréviations

AISI : American Iron and Steel Institute

Bph : Bouteille Par Heure

KW : Kilowatt

RTD : Resistance Temperature Detectors

GRAFNET : Graphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition

API : Automates Programmables Industriels

Tia Portal : Totally Integrated Automation

CC : Centrale Cogénération

IHM : Interface Homme-Machine

Win CC : Windows Control Center

IO : INPUT/ OUTPUT (Entrées/Sorties)

D/A : Digital / Analog

CPU : Central Processing Unit

SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition

PC : Personal computer

MPI : Message Passing Interface

PLCSIM : Programmable Logic Controller SIMulator

MRP : Media Redundancy Protocol

RT : Real Time

IRT : Isochronous Real Time

DP : Decentralized Peripherals

USB : Universal Serial Bus

LED : Light Emitting Diode

FC : Fonction

FB : Fonction Block

DB : Data Block

OB : Organization Block

INTRODUCTION GENERALE

Dans un monde où la qualité et la sûreté des aliments sont primordiales, la pasteurisation joue un rôle essentiel pour garantir que nos aliments soient exempts de micro-organismes dangereux.

La pasteurisation, élimine les micro-organismes nuisibles tout en préservant la qualité du produit. Ce traitement thermique précis et fiable est assuré par des équipements spécialisés, indispensables pour garantir la sécurité et la qualité des produits alimentaires.

L'optimisation du processus de pasteurisation est cruciale non seulement pour répondre aux normes de sécurité alimentaire de plus en plus strictes, mais aussi pour améliorer l'efficacité de la production agroalimentaire. En maximisant la fiabilité et l'efficacité de ce processus, les industries peuvent non seulement garantir la sécurité des consommateurs, mais aussi réduire les coûts de production.

Le GRAFCET joue un rôle fondamental dans la programmation des systèmes automatisés. Cet outil graphique permet de représenter de manière claire et structurée les différentes étapes du processus de pasteurisation, facilitant ainsi la conception, la mise en service et la maintenance des systèmes automatisés. L'automatisation des systèmes de production ne se limite pas à améliorer la qualité des produits, mais permet également de réduire les coûts en minimisant l'intervention humaine.

Cette étude se penche sur le fonctionnement des pasteurisateurs, l'intégration du GRAFCET pour modéliser les processus, et l'utilisation du contrôleur S7-300 de Siemens avec le logiciel TIA Portal pour illustrer la gestion d'un projet d'automatisation. De plus, elle explore l'utilisation du logiciel WinCC pour la configuration et la visualisation des systèmes automatisés « SIMATIC », en mettant en avant les différentes étapes pour établir une liaison efficace entre l'interface homme-machine (HMI) et l'unité centrale de traitement (CPU).

L'objectif principal est d'explorer les différentes facettes de l'automatisation dans le cadre de la pasteurisation, en mettant en avant les technologies modernes disponibles. Cela permettra d'optimiser les processus industriels tout en assurant une production alimentaire sûre et efficace.

Le mémoire présenté est scindé en quatre chapitres tel que : Le premier chapitre présente le système de pasteurisation et le fonctionnement des pasteurisateurs ; L'importance du GRAFCET pour la programmation des systèmes automatisés est invoquée au deuxième chapitre ; Le troisième chapitre se concentre sur l'automatisation des systèmes de production à l'aide du l'API S7-300 de Siemens et en utilisant le logiciel TIA Portal ; Enfin, l'utilisation du logiciel WinCC pour la configuration et la visualisation des systèmes automatisés est explorée au dernier chapitre.

CHAPITRE

I

Description du Fonctionnement de Pasteurisateur a tunnel

I.1 Introduction

La pasteurisation est essentielle dans l'industrie agroalimentaire pour éliminer les micro-organismes dangereux en chauffant les aliments entre 60°C et 100°C, sans altérer leurs qualités. Des pasteurisateurs spécialisés assurent un traitement thermique précis et fiable. Ce chapitre présente d'abord le système de pasteurisation, puis aborde le fonctionnement du pasteurisateur et le processus d'automatisation pour résoudre le problème identifié.

I.2 Définition

La pasteurisation est un traitement thermique à des températures comprises entre 60 et 100°C, ayant pour but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés et de réduire significativement la flore végétative présente dans un produit. C'est un procédé de conservation limité pour lequel le produit doit être conditionné hermétiquement (avec ou sans atmosphère modifiée ou sous vide) et réfrigéré (le produit pasteurisé peut être en effet conservé à +4°C de quelques jours à quelques semaines) [1].



Figure I- 1: Pasteurisateur a tunnel.

I.3 Objectifs de la pasteurisation

La pasteurisation est une technique utilisée très fréquemment en agroalimentaire. L'objectif est d'allonger de façon significative la durée de conservation des aliments. La pasteurisation réduit au maximum les activités biologiques d'un produit tout en évitant de modifier ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles. Les activités biologiques détruites ou inactivées par la pasteurisation sont :

- ❖ Les flores non pathogènes d'altération des aliments ;
- ❖ Les flores pathogènes et toxigènes (Salmonella, Brucella, Listeria, etc.) ;
- ❖ Les enzymes intracellulaires nuisibles.

La pasteurisation comme tout traitement thermique, doit permettre :

- ❖ De préserver l'aspect nutritionnel du produit tel que la non –destruction dévitaminés.
- ❖ De ne pas modifier les qualités organoleptiques telles que l'absence de brunissement [1].

I.4 Avantages et inconvénients de la pasteurisation

La pasteurisation est caractérisée comme la plus part des processus par des avantages et des inconvénients dont on présente les plus pertinents :

I.4.1 Avantages

- ✓ Elle préserve l'aspect nutritionnel du produit tel que la non –destruction des vitamines.
- ✓ Elle ne modifie pas ses qualités organoleptiques telles que l'absence de brunissement.
- ✓ Elle prolonge la durée de conservation des produits.

I.4.2 Inconvénients

- ✓ La pasteurisation rend les constitutions du produit indigestes ;

I.5 Domaine d'application

- ✓ Pasteurisation du lait.
- ✓ Pasteurisation du jus.
- ✓ Pasteurisation de la confiture.
- ✓ Pasteurisation de la bière.

I.6 Description et données techniques du pasteurisateur tunnel « Vettori Manghi & c/SE237 »

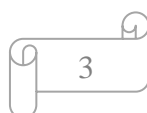
I.6.1 Description

Le pasteurisateur est une machine apte pour la réalisation du traitement thermique à tout type de boîtes, bouteilles ou bocaux, elle est composée de cinq sections :

- a- Section préchauffage ;
- b- Section de pasteurisation ;
- c- Section de premier refroidissement ;
- d- Section de deuxième refroidissement ;
- e- Section de troisième refroidissement.

La structure est réalisée complètement en acier inox AISI 304 et elle est composé de :

- Tapis d'entrée à deux voies de longueur 5000 mm avec chaine à lattes en acier inox largeur 114 mm ;



- Tapis de sortie à 3 voies de longueur 6000 mm avec chaîne à lattes d'acier inox largeur 114mm ;
- Une hotte en acier inox AISI 304 pour l'aspiration de la vapeur ;
- Couvercles étanches, amovibles, en acier inox AISI 304, complets de poignées ;
- Pompes de circulation eau en acier inox, placées à l'extérieur de la structure et par conséquent facilement accessibles ainsi que la motorisation du pasteurisateur ;
- Cuve en acier inox AISI 304 complètes de couvercle et filtre pour effectuer le nettoyage sans arrêter la machine ;
- Instrument de contrôle de la température de la section de pasteurisation avec by-pass et collecteurs pour la vapeur et tuyauteries pour la recirculation de l'eau dans la section de pré-refroidissement ;
- Tuyaux collecteurs d'acier inox AISI 304 pour la collecte et la distribution uniforme de l'eau de gicleurs vaporisateurs.

La machine est équipée de motoréducteur commandé par convertisseur de fréquence, permet de varier le format et elle est en outre équipée de pieds spéciaux réglables en acier inox pour faciliter le positionnement de la machine dans l'usine.

I.6.2 Caractéristiques

Les caractéristiques du pasteurisateur étudié sont :

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| • Production indicative | 18.000 bph |
| • Température de pasteurisation | 90 ÷ 95°C |
| • Temps moyen du cycle complet | 50 min |
| • Puissance installée | 45 KW environ |
| • Consommation de vapeur | 280 kg/h à 4 Bar |
| • Consommation d'eau | 25 m ³ /h |
| • Consommation d'air | 2 nmc/h à 8 Bar |
| • Décharge d'eau | 25 mc/h |
| • Vidange | 3.000 l |
| • Niveau de pression acoustique | <80 dbA |

I.6.3 Dispositifs de sécurité

Tous les panneaux externes et les cartes de protections sont boulonnés par conséquent amovibles ils peuvent être libérés que par l'utilisation des clefs spéciales et qui ne sont pas fournies avec la machine.

Si un entretien est nécessaire alors l'opérateur démonte les cartes ou initialement, toutes les machines électriques sont déconnectées par l'interrupteur général du tableau électrique.

I.7 Principe de fonctionnement du pasteurisateur

L'introduction des bouteilles, bocaux ou boîtes se fait avec glissement sur un tapis à maille soutenu par des rouleaux en acier inox AISI 304.

Les contenants sont dosés par un petit tapis transporteur qui les convoie dans un tunnel de vapeur et eau à pluie à (90°÷95°) C, dans lequel la température est réglée par un instrument adéquat.

Après, les contenants passent dans la section de vaporisation eau qui est divisé en deux sous-sections, dont l'une avec eau de récupération.

A la sortie, les contenants sont égouttés par un ventilateur électrique.

I.8 Pasteurisation du produit

Le produit est mis dans des bouteilles fermées qui sont transportées par les convoyeurs dans le tunnel de pasteurisation, ou elles passent par les cinq zones principales de la pasteurisation :

I.8.1 Préchauffage

Le produit entre avec une température de 5°C. Les eaux de ruissellement de cette zone s'écoulent en film sur les bouteilles. Ainsi, la température démarre de 5°C pour atteindre progressivement 70°C pendant 15mn.

I.8.2 Pasteurisation

C'est l'étape la plus importante du processus pour éliminer le plus complètement possible les micro-organismes qui pourraient se développer ultérieurement et nuire à la bonne conservation du produit et à ses qualités organoleptiques. Dans cette zone, le produit est maintenu à la température 92°C pendant 22mn.

I.8.3 Premier refroidissement

Dans cette phase initiale de refroidissement, l'objectif principal est de réduire la température du produit à environ 42°C. Cette dernière est choisie avec soin pour éviter tout choc thermique qui pourrait compromettre la qualité du produit ou endommager le verre des bouteilles de jus.

I.8.4 Deuxième refroidissement

C'est l'avant dernière étape du procédé, l'objectif est de poursuivre la diminution progressive de la température pour la diminuer à 32°C.

I.8.5 Troisième refroidissement

C'est la dernière étape du procédé, ou le produit subit un refroidissement brusque pendant 7mn pour atteindre une température ambiante adaptée au stockage.

I.8.6 Récupération de l'eau

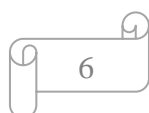
En plus des eaux de ruissellement déjà récupérées dans les quatre premières zones, une autre partie de l'eau utilisée au niveau du tunnel de pasteurisation est récupérée directement.

I.9 Zones de pasteurisation du produit

Chaque zone principale du pasteurisateur est subdivisée en plusieurs zones secondaires. Cette configuration permet de contrôler avec précision le temps que les produits passent dans chaque zone principale. Les zones secondaires assurent que les produits atteignent et restent à des températures requises pour la pasteurisation ou le refroidissement à chaque étape du processus. Cela garantit un traitement uniforme et efficace des produits tout au long de leur passage dans le pasteurisateur. Les différentes zones du pasteurisateur sont :

- Zone 1 : Préchauffage, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 1 ;
- Zone 2 : Préchauffage, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 1 ;
- Zone 3 : Pasteurisation, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 2 ;
- Zone 4 : Pasteurisation, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 2 ;
- Zone 5 : Pasteurisation, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 2 ;
- Zone 6 : Premier refroidissement, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 3 ;
- Zone 7 : Deuxième refroidissement, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 4 ;
- Zone 8 : Troisième refroidissement, c'est l'arrosage avec l'eau de la cuve 5.

L'évolution progressive de la température du produit est réalisée par des échanges thermiques avec de l'eau s'écoulant en film sur les bouteilles. Ces dernières sont arrosées en permanence par un réseau de rampes et des buses de pulvérisation. La densité de l'eau pulvérisée est identique en tout point du pasteurisateur.



I.10 Description du procédé à automatiser

Le fonctionnement du pasteurisateur est composé de quatre étapes qui sont représentées dans la figure ci-dessous :

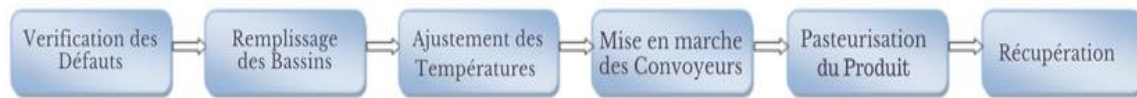


Figure I- 2: Etapes de fonctionnement du pasteurisateur.

L'organigramme suivant illustre le cycle que doit parcourir la bouteille pendant tout le processus de pasteurisation.

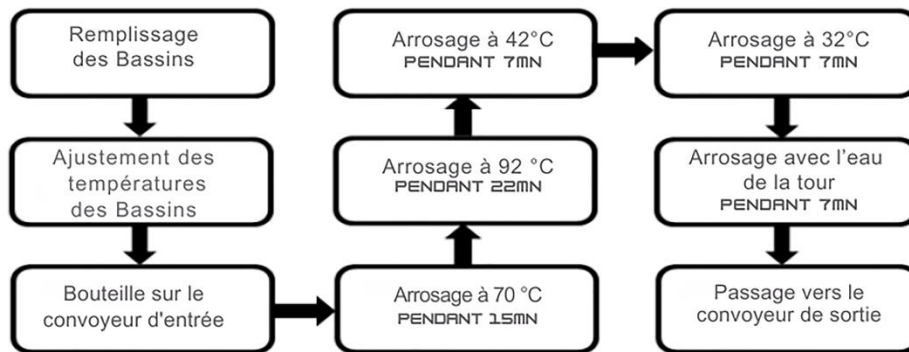


Figure I- 3: Organigramme du cycle de pasteurisation.

I.11 Instrumentations

La pasteurisation nécessite beaucoup d'instruments afin de réaliser avec précisions divers tâches.

I.11.1 Capteurs

I.11.1.1 Capteurs de température

Les RTD (Resistance Temperature Detectors) sont des capteurs de température basés sur la variation de la résistance électrique en fonction de la température (figure I-4). Les RTD les plus utilisés sont fabriqués à partir du platine et ils sont donc également appelés PT100 (Platinum Résistance Thermomètre). Lorsque la température augmente, la résistance électrique du PT100 augmente également de manière linéaire, cela se produit car la température affecte les collisions entre les électrons et les atomes dans le matériau du PT100, ce qui modifie la conductivité électrique du matériau [2].



Figure I- 4: Sonde de température PT100.

I.11.1.2 Manomètres

Les manomètres a tube de Bourdon (figure I-5) sont utilisés pour la mesure de pressions positives ou négatives de fluides gazeux ou liquides, à condition que ceux-ci ne soient ni hautement visqueux ni cristallisé. Les étendues de mesure s'étalent sur toutes les plages de 0,6 bar à 4 Kbar. Pour les valeurs allant à 40 bars, on utilise la forme en arc et à partir de 60 bars la forme hélicoïdale. Les appareils sont fabriqués avec le raccordement vertical ou arrière. Il convient de les protéger contre les risques de surpression ou de dépassement d'échelle. Le tube de Bourdon ne permet pas de mesurer les phénomènes rapides et évolutifs de pression. L'incertitude de mesure varie de 0,02 à 0,2 % pour le domaine de mesure de 0 à 3 Kbar [3].



Figure I- 5: Manomètre.

I.11.1.3 Capteurs de bourrage

C'est des capteurs à contacts qui sont installés au niveau des convoyeurs de sortie, pour donner un signal d'arrêt aux convoyeurs d'entrée, en cas d'encombrement des bouteilles à la sortie.



Figure I- 6: Capteur a contact.

I.11.2 Actionneurs

I.11.2.1 Electrovanes

Les électrovannes sont constituées d'une bobine électromagnétique et d'un robinet d'air. Les électrovannes placées dans notre système sont des vannes pneumatiques, c'est donc une pression d'air qui leur permet de bloquer ou de libérer la canalisation. Dans notre système nous avons un circuit ouvert (système de robinet d'eau).

I.11.2.2 Vannes modulantes

Le rôle principal de la vanne modulante est la régulation de la vapeur, utilisée pour la régulation de la température, en faisant passer de la vapeur dans l'eau suivant une consigne réglée par l'API. Elle se compose d'une vanne et d'un convertisseur courant-pression.



Figure I- 7: Vanne modulante.

I.11.2.3 Moteurs et Pompes

Le moteur asynchrone (MAS) triphasé est largement utilisé dans l'industrie pour sa robustesse. La simplicité de la structure du MAS a fait de lui un matériel très fiable qui demande

peu d'entretien et une durée de vie assez lente. Il est constitué d'une partie fixe (le stator), d'une partie rotative (le rotor) et d'une plaque à bornes pour couplage et alimentation.

Toutes les pompes utilisées dans le pasteurisateur sont actionnées par des MAS. Elles assurent l'envoi de l'eau des cuves jusqu'au tunnel via une tuyauterie, en augmentant sa pression pour permettre de vaincre les pertes de charges ou le débit fournis est supérieur à celui qu'elles reçoivent.



Figure I- 8: Pompe électrique.

I.11.3 Pré-actionneurs

Les pré-actionneurs jouent un rôle crucial dans les systèmes automatisés. Ils servent de lien essentiel entre la partie commande, la source d'énergie de puissance et les actionneurs. Ils transmettent les ordres de la commande aux actionneurs et ils assurent que les directives soient correctement exécutées. De plus, ils transmettent l'énergie nécessaire pour activer les actionneurs, garantissant ainsi que ceux-ci puissent accomplir les tâches requises. Grâce à leur double fonction de transmission d'ordres et d'énergie, ils sont indispensables au bon fonctionnement des systèmes automatisés.

I.11.3.1 Relais thermique

Les relais thermiques protègent les moteurs contre les surcharges, les coupures de phase et les démarrages prolongés.

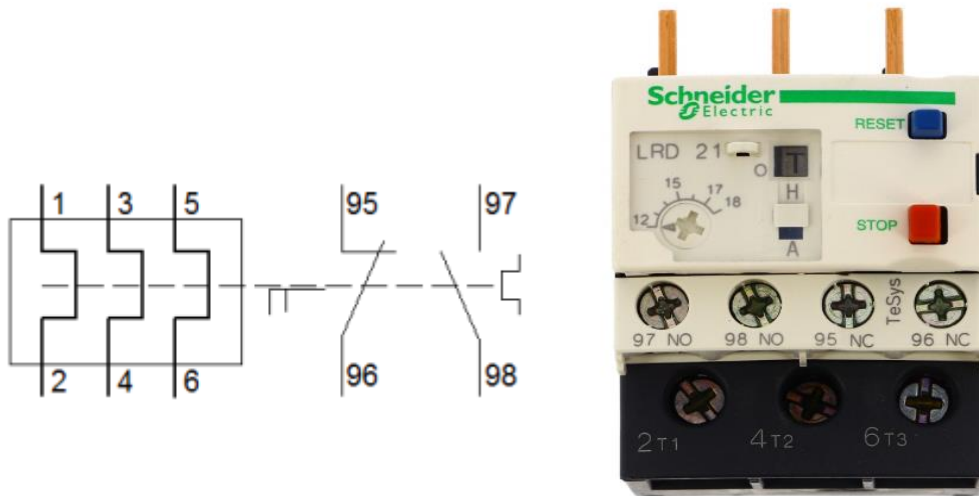


Figure I- 9: Relais thermique.

I.11.3.2 Contacteurs

Un contacteur est un appareil électrique qui établit ou interrompt le passage du courant électrique dans un circuit. Principalement, il est utilisé dans les systèmes de contrôle industriel et il permet de commander à distance des équipements comme les moteurs. Il assure la gestion et la protection des installations électriques.

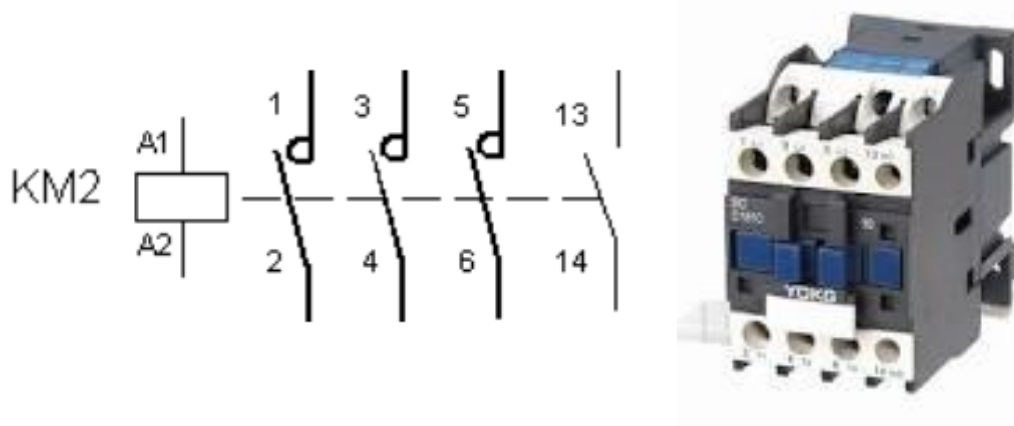


Figure I- 10: Contacteurs

I.11.3.3 Disjoncteur magnétothermique

Les disjoncteurs magnétothermiques offrent une double protection pour les circuits électriques. En plus de les protéger contre les courts-circuits, ils détectent et interrompent les surcharges pour éviter les dommages aux équipements. Leur mécanisme combine des éléments magnétiques et thermiques pour une protection fiable et efficace.

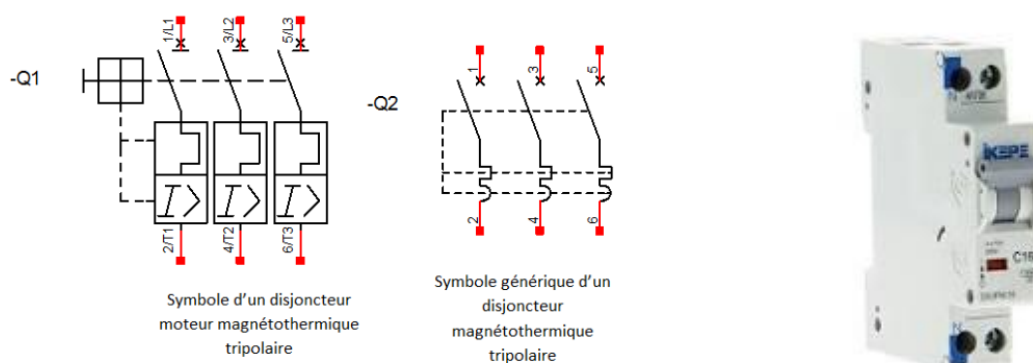
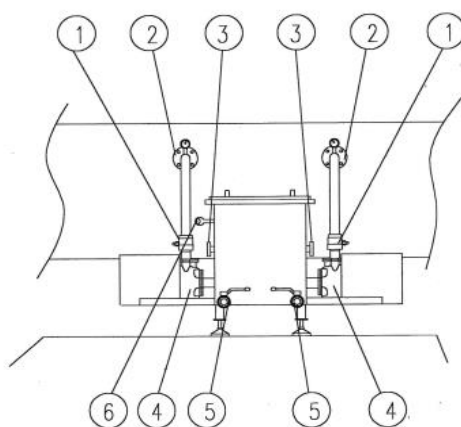


Figure I- 11: Disjoncteur magnétothermique.

I.11.4 Cuves de stockage

Elle stocke l'eau chauffée à la température appropriée pour le processus de pasteurisation. L'eau chaude est pompé dans le pasteurisateur pour élever la température des produits alimentaires.



| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1- Soupape à bille en cuivre jaune | 4- Électropompe |
| 2- Garniture pour bride | 5- Soupape à bille en cuivre jaune |
| 3- Thermomètre | 6- Thermo-résistance |

Figure I- 12: Cuve de stockage.

I.11.5 Tapis roulant

Les tapis roulants du pasteurisateur ont une vitesse de rotation très lente, ce qui permet de respecter le temps nécessaire pour la pasteurisation des produits. Ils sont conçus pour permettre l'échappement de l'eau et résister à de hautes températures, assurant ainsi une pasteurisation efficace et durable.

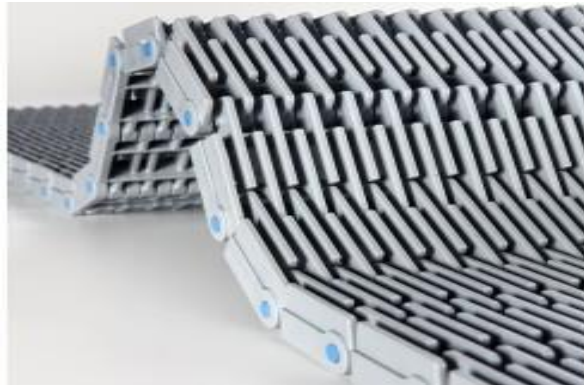


Figure I- 13: Tapis roulant du pasteurisateur a tunnel.

I.11.6 Convoyeurs Entrée/Sortie

Le convoyeur d'entrée amène le produit à l'intérieur du pasteurisateur, tandis que celui de sortie évacue le produit pasteurisé. Le démarrage de leurs moteurs est direct. Ces derniers fonctionnent en continu, sauf en cas de bouchage au niveau du convoyeur de sortie, dans ce cas, les capteurs de bouchage ordonnent l'arrêt des moteurs du convoyeur d'entrée et du tapis.

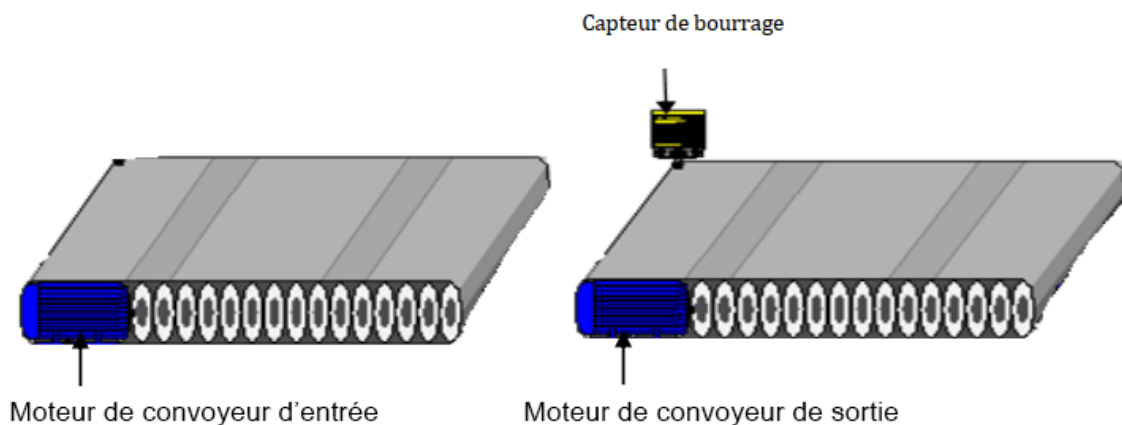
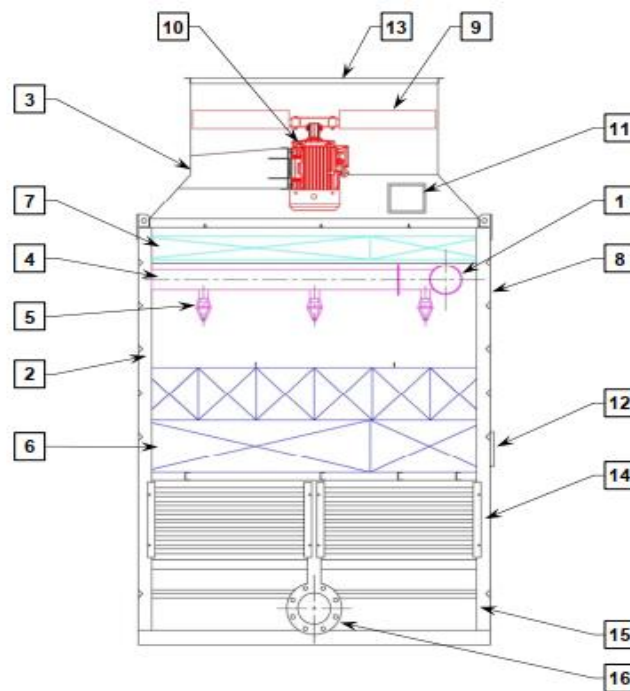


Figure I- 14: Convoyeurs d'entrée et de sortie.

I.11.7 Tour de refroidissement

Une tour de refroidissement, également appelée refroidisseur atmosphérique (cooling tower en anglais), est un échangeur thermique qui dissipe la chaleur de l'eau en la mettant en contact avec l'air. Étant donné les grandes quantités de chaleur à évacuer, les systèmes de refroidissement doivent être dimensionnés en conséquence, nécessitant l'utilisation d'importantes quantités de fluide caloporteur (eau) [4].



| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1- Entrée eau chaude | 9- Ventilateur |
| 2- Structure | 10- Moteur électrique |
| 3- Conduite | 11- Sortie câbles électrique |
| 4- Système de distribution | 12- Plaquette d'identification |
| 5- Buse | 13- Grille de protection |
| 6- Système de dispersion | 14- Section d'entrée air |
| 7- Séparateur de gouttes | 15- Bac de recueil de l'eau |
| 8- Paroi du périmètre | 16- Sortie eau refroidie |

Figure I- 15: Tour de refroidissement.

I.12 Définition de la problématique

L'automatisation joue un rôle crucial dans le fonctionnement efficace des équipements industriels, y compris les pasteurisateurs à tunnel utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Cependant, L'entreprise CEVITAL est confrontée à un défi majeur : son pasteurisateur à tunnel fonctionne actuellement avec un automate OMRON, ou les programmes sont verrouillés ce qui entrave les ajustements quand c'est nécessaires ou pour assurer sa maintenance ce qui fait perdre à l'automatisation du pasteurisateur une caractéristique importante qui est la « flexibilité ».

Cette situation soulève des enjeux critiques en termes d'accessibilité, de maintenance et d'efficacité opérationnelle du pasteurisateur. Face à cette entrave, une solution émerge : la migration vers un nouvel automate, tel que le S7-300. Cette transition vers un automate plus accessible et adaptable, offrirait à l'entreprise la possibilité de contrôler pleinement son équipement et d'optimiser ses opérations de pasteurisation, améliorant ainsi sa compétitivité et sa performance globale dans le secteur agroalimentaire.

I.13 Conclusion

En examinant le fonctionnement d'un pasteurisateur à tunnel et ses composants techniques, on constate l'importance cruciale de la pasteurisation dans l'industrie agroalimentaire, pour assurer la sécurité et la qualité des produits alimentaires.

La migration vers un nouvel automate, le S7-300, offre une solution prometteuse pour l'inaccessibilité de l'automate actuel. Cette transition permet à CEVITAL de reprendre le contrôle total de son équipement, optimisant ainsi ses opérations et renforçant sa compétitivité. Cette migration représente une étape essentielle pour relever les défis d'automatisation et de maintenance, garantissant la conformité aux normes de sécurité alimentaire et améliorant l'efficacité opérationnelle de l'entreprise.

CHAPITRE

II

Conception du GRAFCET du Système

II.1 Introduction

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition) est un outil qui permet une représentation claire et structurée de fonctionnement des processus à fonctionnement séquentiel dont fait partie le pasteurisateur à tunnel. Chaque phase du processus, du remplissage des bassins à la régulation des températures et au démarrage des convoyeurs, est modélisée par des GRAFCET. Ce langage graphique facilite la conception, la mise en service et la maintenance, assurant une communication efficace entre les techniciens. La maîtrise du GRAFCET est donc cruciale pour optimiser et faciliter l'automatisation du pasteurisateur à tunnel.

II.2 Définition de GRAFCET

Le GRAFCET a été développé pour représenter graphiquement le fonctionnement des processus à fonctionnement séquentiel ainsi que les technologies utilisées pour la conception des automatismes qui rendent leur fonctionnement autonome, offrant ainsi une compréhension claire de ces systèmes à toutes les parties prenantes. Chaque automate est la mise en œuvre d'un GRAFCET optimal, et celui-ci facilite la conception et la réalisation précise de ces dispositifs. Il est donc essentiel que le langage GRAFCET soit maîtrisé par toutes les personnes impliquées dans la conception et la mise en œuvre des automatismes [5].

II.3 Cahier des charges

II.3.1 Fonctionnement Actuel du pasteurisateur

II.3.1.1 Remplissage des bassins

Les bassins se remplissent manuellement à l'aide de vannes manuelles **V1, V2, V3, V4**, et **V5** chaque vanne est associée à un bassin **Bass_1, Bass_2, Bass_3, Bass_4** et **Bass_5**, respectivement. L'opérateur doit ouvrir manuellement la vanne correspondante à chaque bassin pour le remplir.

II.3.1.2 Démarrage des pompes et chauffage

Le démarrage des pompes et le chauffage de l'eau se font selon les séquences suivantes :

- Démarrage du pasteurisateur à tunnel et vérification du pressostat d'air **Prso_Air**, suivi de la mise en marche des pompes de circulation d'eau **Pomp_1, Pomp_2, Pomp_3, Pomp_4** et **Pomp_5**.

- Lancement de la régulation des températures des bassins de préchauffage et de pasteurisation. L'automate OMRAN vérifie la présence de vapeur à l'aide d'un pressostat de vapeur **Prso_Vap**, puis ordonne l'ouverture des vannes modulantes **Van_Vap_1** et **Van_Vap_2** pour réguler l'entrée de vapeur dans le système de chauffage de l'eau des bassins **Bass_1** et **Bass_2**, selon une consigne désirée et lue par les capteurs de température analogiques **TT_1** et **TT_2**.

II.3.1.3 Refroidissement

Le refroidissement de l'eau des bassins **Bass_3** et **Bass_4** se fait manuellement. L'opérateur ouvre les vannes manuel **Van_Ref_1** et **Van_Ref_2** respectivement pour les bassins **Bass_3** et **Bass_4**, permettant à l'eau froide de la tour de refroidissement de circuler vers les bassins alors la température de l'eau de chaque bassin diminue et elle est indiquée par un capteur visuel.

II.3.1.4 Lancement des Convoyeurs

L'opérateur démarre les moteurs : **Mot_Conv_E** du convoyeur d'entrée, **Mot_Conv_S** du convoyeur de sortie et **Mot_Tap** du tapis roulant.

Un capteur de bourrage « Bourg » permet la désactivation du convoyeur d'entrée et le tapis roulant, quand le pasteurisateur à tunnel est saturé.

II.4 Automatisation complète du fonctionnement du pasteurisateur

II.4.1 Vérification de l'absence des défauts

La mise en marche du pasteurisateur est conditionnée par l'absence totale des défauts de ces équipements. Les défauts subtils qui peuvent alternés le fonctionnement du processus sont énumérés ci-dessous :

II.4.1.1 Défauts des équipements

- Vérification des pompes tout-ou-rien **Pomp_(i)** à l'aide des capteurs de protection **Prot_Pomp_(i)**, avec (**i = 1, 2, 3, 4, 5 et 6**).
- Vérification des moteurs des convoyeurs **Mot_Conv_E** et **Mot_Conv_S** respectivement à l'aide des capteurs de protection **Prot_Conv_E** et **Prot_Conv_S** et le moteur du tapis roulant avec le capteur **Prot_Mot_Tap**.

II.4.1.2 Défauts vapeur et Air

- Vérifier la présence de la vapeur avec un pressostat de vapeur **Prso_Vap**.
- Vérifier la présence de l'air avec un pressostat d'air **Prso_Air**.

II.4.2 Remplissage des Bassins

Une fois que tous les défauts sont corrigés ou vérifiées et que la présence d'eau est vérifiée avec un capteur de pression **Prc_Eau**, le remplissage des bassins peut commencer. Chaque bassin Bassin(i) est rempli via sa vanne correspondante **Van_(i)**. Chaque bassin est équipé de deux capteurs de niveau : **NB_Bass_(i)** pour le niveau bas et **NH_Bass_(i)** pour le niveau haut, avec (**i=1, 2, 3, 4, 5**). Lorsque les bassins sont remplis jusqu'au niveau haut, les pompes de circulation d'eau sont activées comme suit : **Pomp_Circ_1** pour le bassin 1, **Pomp_Circ_2** et **Pomp_Circ_3** pour le bassin 2, **Pomp_Circ_4** pour le bassin 3, **Pomp_Circ_5** pour le bassin 4 et **Pomp_Circ_6** pour le bassin 5.

II.4.3 Chauffage

Une fois les bassins remplis et la présence de vapeur est vérifiée par le pressostat de vapeur **Prso_Vap**, deux vannes modulantes, **Van_Vap_1** et **Van_Vap_2**, sont actionnées pour chauffer l'eau des bassins 1 et 2 respectivement, jusqu'à ce que la température mesurée par les capteurs de température **TT_1** et **TT_2** dans les bassins 1 et 2 respectivement, atteigne la consigne définie.

II.4.4 Refroidissement

Lorsque les températures des bassins 3 et 4 dépassent leur consigne respective, de l'eau fraîche est déversée dans ces derniers par l'ouverture de deux vannes tout-ou-rien, **Van_ref_1** et **Van_ref_2** respectivement, sont activées jusqu'à ce que la température l'eau dans les bassins atteigne leur consigne choisies.

II.4.5 Mise en marche des convoyeurs et du tapis roulant

Lorsque l'eau de tous les bassins atteigne leur consigne de température, les moteurs des convoyeurs d'entrée, le convoyeur de sortie **Mot_Conv_E**, **Mot_Conv_S** et le moteur du tapis roulant **Mot_Tap** démarrent. Un capteur de bourrage **Bourg** désactive le convoyeur d'entrée et le tapis roulant lorsque le pasteurisateur à tunnel est saturé.

II.5 GRAFCET de fonctionnement de pasteurisateur à tunnel

La représentation du fonctionnement normal ainsi que les défauts du pasteurisateur nécessite plusieurs GRAFCET.

II.5.1 GRAFCET de conduite

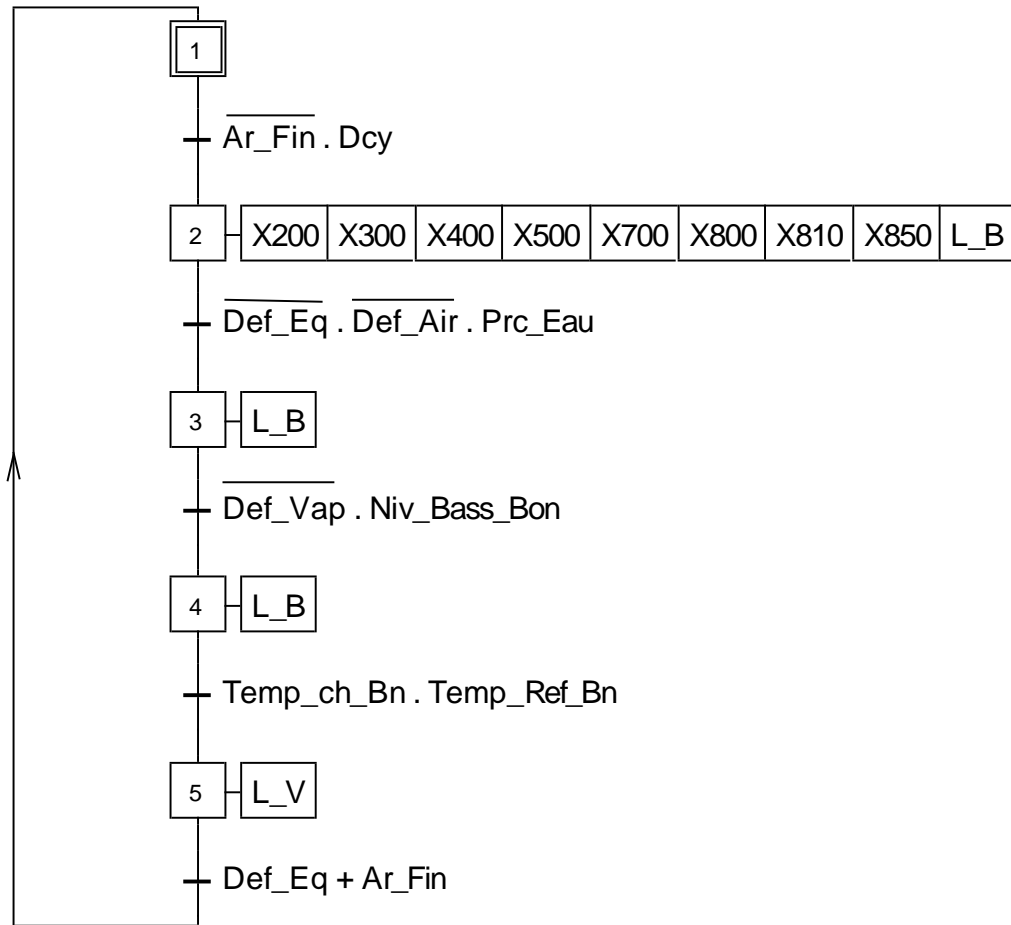


Figure II- 1 : GRAFCET de conduite.

II.5.2 GRAFCET des défauts des équipements

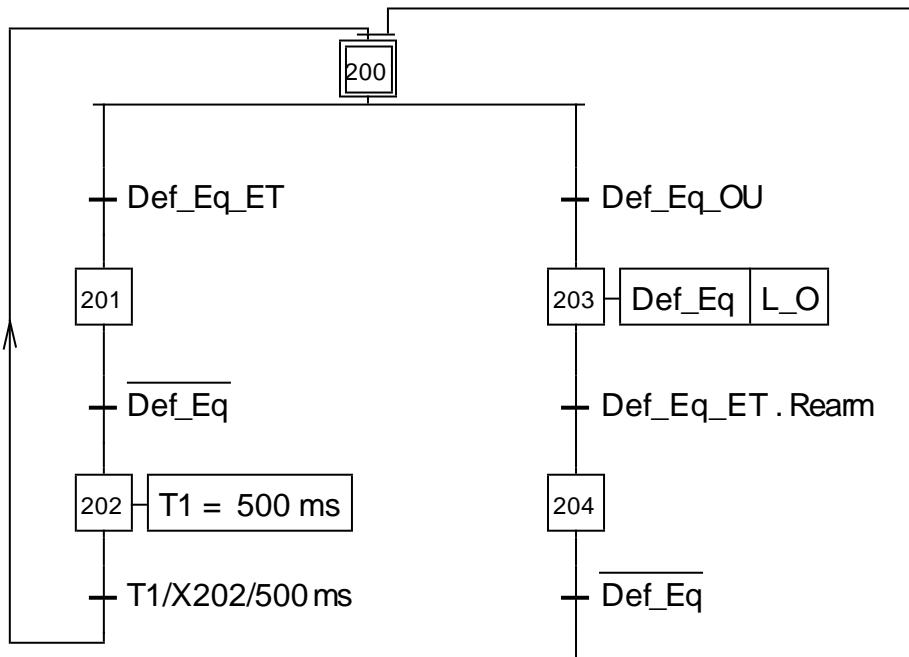


Figure II- 2 : GRAFCET des défauts des équipements.

II.5.3 Fonctions du GRAFCET des défauts des équipements

Def_Eq_ET = Prot_Conv_S . Prot_Conv_E . Prot_Tap .

Prot_Pomp_1 . Prot_Pomp_2 . Prot_Pomp_3 . Prot_Pomp_4 . Prot_Pomp_5 .

Prot_Pomp_6 . Prot_Van_Ref_1 . Prot_Van_Ref_2 . Prot_Van_Vap_1 .

Prot_Van_Vap_2

Def_Eq_OU = $\overline{\text{Prot_Conv_S}} + \overline{\text{Prot_Conv_E}} + \overline{\text{Prot_Tap}} + \overline{\text{Prot_Pomp_1}}$
 $+ \overline{\text{Prot_Pomp_2}} + \overline{\text{Prot_Pomp_4}} + \overline{\text{Prot_Pomp_5}} + \overline{\text{Prot_Pomp_6}}$
 $+ \overline{\text{Prot_Van_Ref_1}} + \overline{\text{Prot_Van_Ref_2}} + \overline{\text{Prot_Van_Vap_1}}$
 $+ \overline{\text{Prot_Van_Vap_2}}$

II.5.4 GRAFCET de défaut vapeur

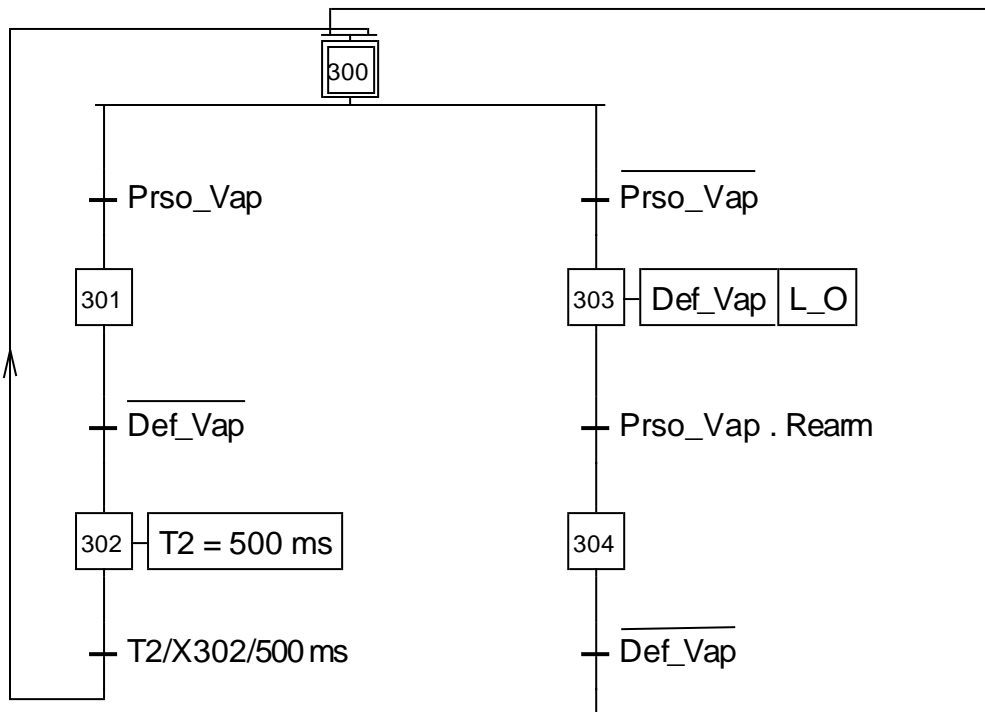


Figure II- 3 : GRAFCET de défaut vapeur.

II.5.5 GRAFCET de défaut air

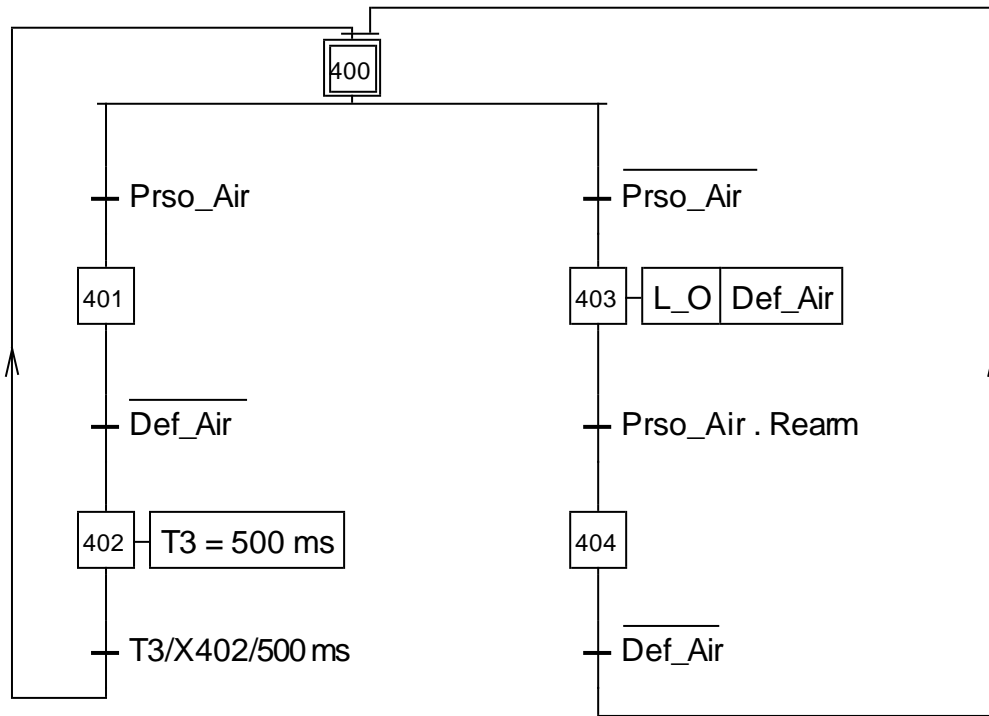


Figure II- 4 : GRAFCET de défaut air.

II.5.6 Grafcet de remplissage des bassins

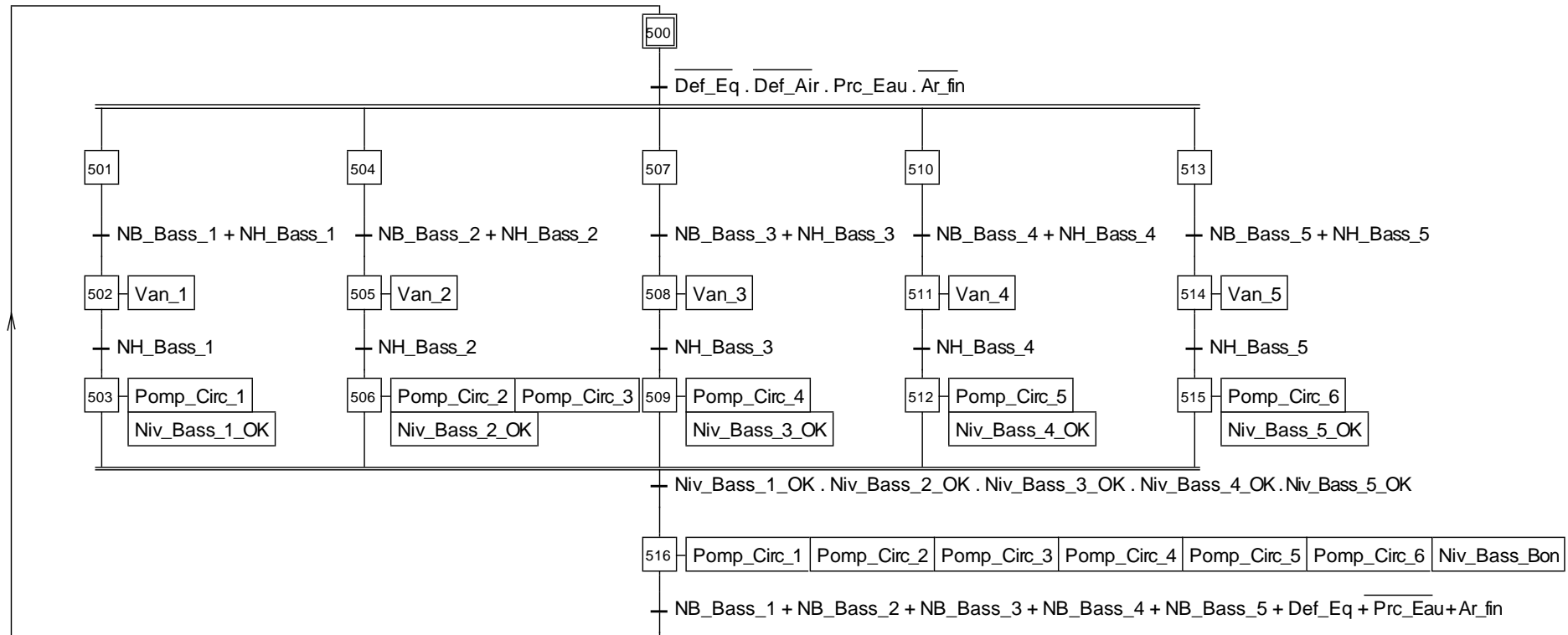


Figure II- 5 : GRAFCET de remplissage des bassins.

II.5.7 GRAFCET de Chauffage de l'eau

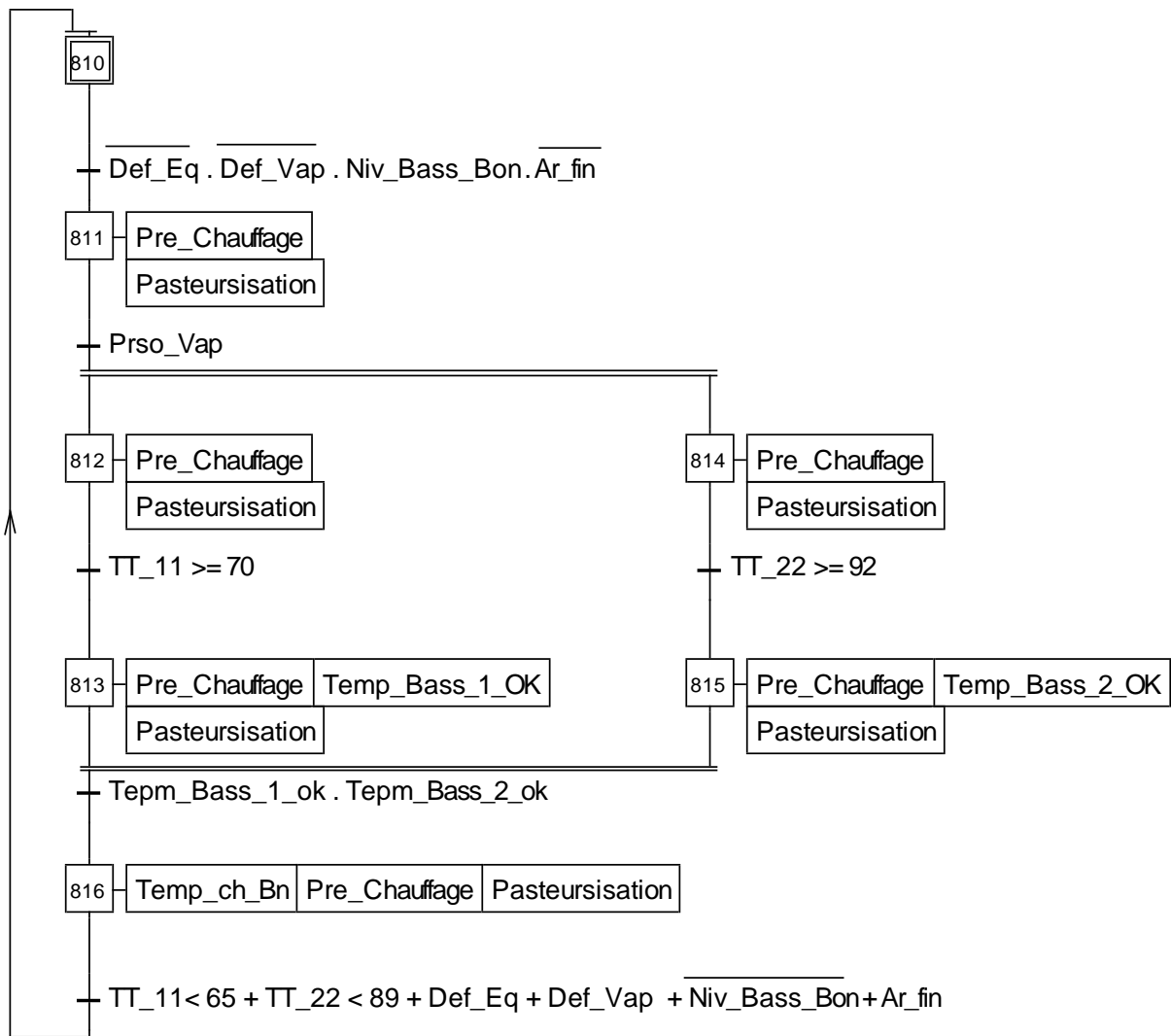


Figure II- 6 : GRAFCET de chauffage de l'eau.

II.5.8 Grafcet de Refroidissement de l'eau

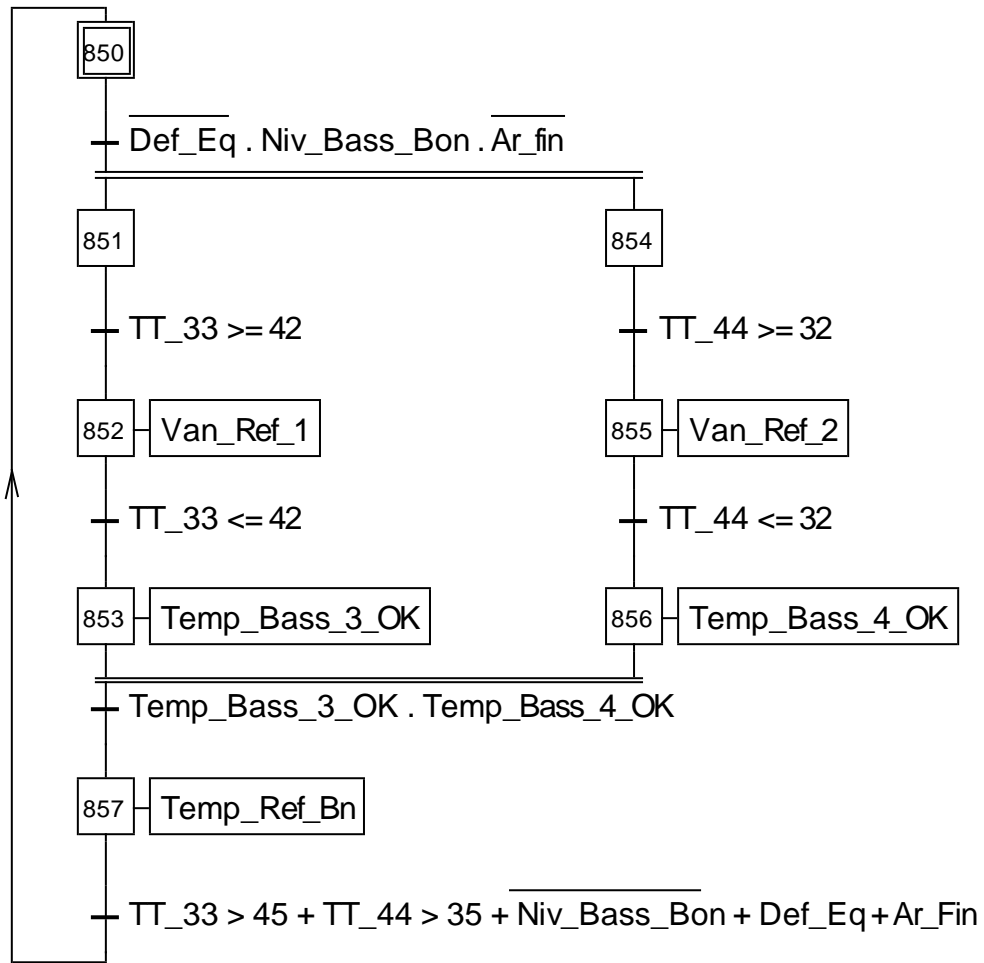


Figure II- 7 : Grafcet de refroidissement de l'eau.

II.5.9 Grafcet de Mise en marche des Convoyeurs

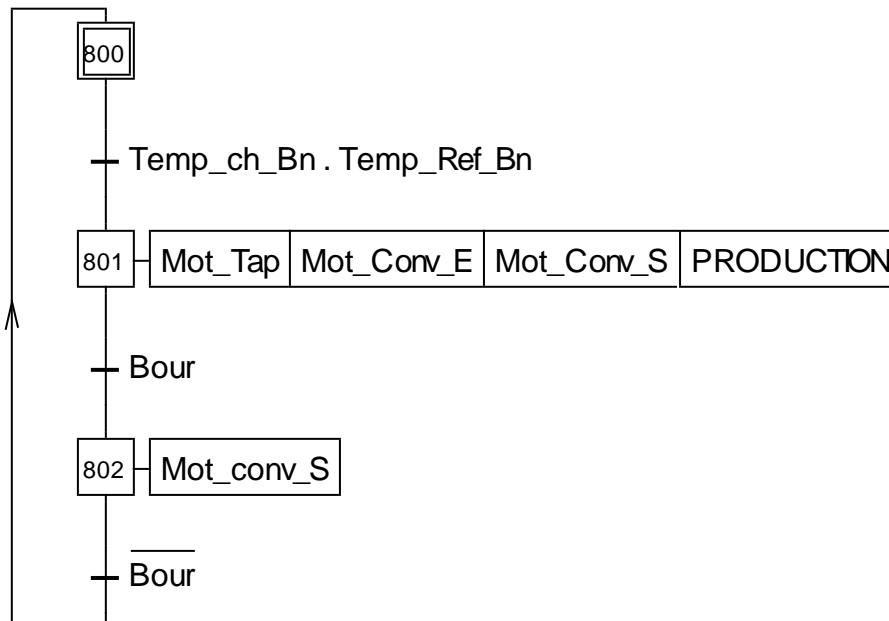


Figure II- 8 : GRAFCET de mise en marche des convoyeurs.

II.5.10 Grafcet d'arrêt d'urgence

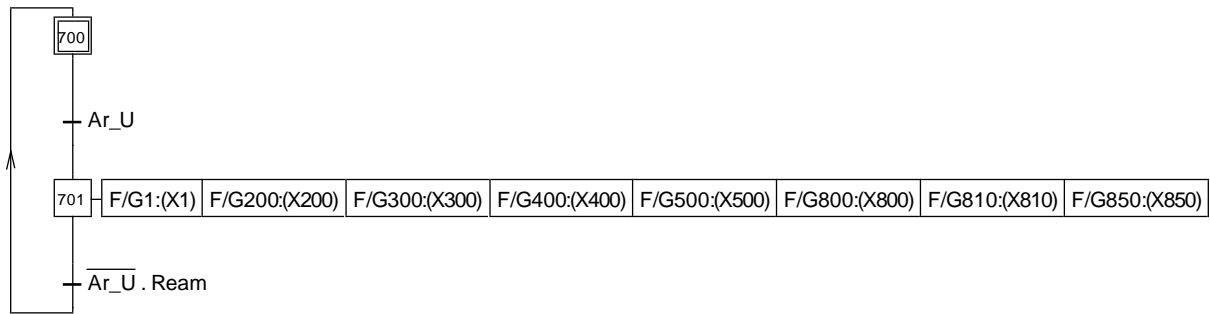


Figure II- 9 : Grafcet d'arrêt d'urgence.

II.6 Table de Nomenclature

La solution d'automatisation du pasteurisateur étudié nécessite l'utilisation de plusieurs types de capteurs pour garantir le bon fonctionnement du système. Le tableau II.1 ci-dessous présente en détail les capteurs utilisés, ainsi que leurs caractéristiques et leurs rôles spécifiques. Les actionneurs nécessaires pour l'automatisation du pasteurisateur sont énumérés dans le tableau II.2 ci-dessous.

II.6.1 Liste des capteurs nécessaires pour la pasteurisation

Pour assurer une intégration harmonieuse des capteurs dans notre système, nous avons mis en place une série de transitions entre les différentes étapes du processus.

Tableau II.1 : Liste des capteurs, des boutons poussoirs et des temporisations.

| Variable | Définition de la variable |
|-----------------------|---|
| Dcy | Bouton de mise en marche de pasteurisateur |
| Ar_U | Bouton d'arrêt d'urgence |
| Ar_Fin | Bouton d'arrêt en fin de cycle |
| Rearm | Bouton de réarmement de pasteurisateur |
| NB_Bass_1 | Capteur de niveau bas dans le bassin numéro 1 |
| NB_Bass_2 | Capteur de niveau bas dans le bassin numéro 2 |
| NB_Bass_3 | Capteur de niveau bas dans le bassin numéro 3 |
| NB_Bass_4 | Capteur de niveau bas dans le bassin numéro 4 |
| NB_Bass_5 | Capteur de niveau bas dans le bassin numéro 5 |
| NH_Bass_1 | Capteur de niveau haut dans le bassin numéro 1 |
| NH_Bass_2 | Capteur de niveau haut dans le bassin numéro 2 |
| NH_Bass_3 | Capteur de niveau haut dans le bassin numéro 3 |
| NH_Bass_4 | Capteur de niveau haut dans le bassin numéro 4 |
| NH_Bass_5 | Capteur de niveau haut dans le bassin numéro 5 |
| Bour | Capteur de bourrage des bouteilles dans le pasteurisateur |
| Prso_Vap | Capteur de pression de présence de la vapeur |
| Prso_Air | Capteur de pression de présence d'air |
| Prc_Eau | Capteur de pression de présence d'eau |
| Prot_Van_Ref_1 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de refroidissement 1 |
| Prot_Van_Ref_2 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de refroidissement 2 |
| Prot_Van_Vap_1 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de vapeur 1 |

| | |
|-----------------------|---|
| Prot_Van_Vap_2 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de vapeur 2 |
| Prot_Van_1 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de remplissage du bassin 1 |
| Prot_Van_2 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de remplissage du bassin 2 |
| Prot_Van_3 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de remplissage du bassin 3 |
| Prot_Van_4 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de remplissage du bassin 4 |
| Prot_Van_5 | Capteur de détection des anomalies de la vanne de remplissage du bassin 5 |
| Prot_Conv_E | Capteur de détection des anomalies dans le convoyeur de d'entrée |
| Prot_Conv_S | Capteur de détection des anomalies dans le convoyeur de sortie |
| Prot_Tap | Capteur de détection des anomalies dans le tapis roulant |
| AUTO | Sélecteur de mode automatique |
| MANUEL | Sélecteur de mode manuel |
| TT_1 | Capteur de température de préchauffage |
| TT_2 | Capteur de température de pasteurisation |
| TT_3 | Capteur de température de premier refroidissement |
| TT_4 | Capteur de température de deuxième refroidissement |
| T1/X202/500ms | Temporisation de l'étape X202 pour une durée de 500 ms |
| T2/X302/500ms | Temporisation de l'étape X302 pour une durée de 500 ms |
| T3/X402/500ms | Temporisation de l'étape X402 pour une durée de 500 ms |

II.6.2 Liste des actionneurs nécessaires pour la pasteurisation

Pour assurer le bon fonctionnement de notre système automatisé, nous avons utilisé des actionneurs afin de réaliser les actions nécessaires à chaque étape du processus.

Tableau II.2 : Liste des actionneurs et des bits (variables) interne à l'API.

| Action | Rôle de l'action |
|------------------|--|
| Van_Vap_1 | Moduler la vanne modulante de Vapeur_1 |
| Van_Vap_2 | Moduler la vanne modulante de Vapeur_2 |
| Van_Ref_1 | Ouverture et fermeture de la vanne de Refroidissement_1 |
| Van_Ref_2 | Ouverture et fermeture de la vanne de Refroidissement_2 |
| L_V | Lampe Vert de mise en marche de pasteurisateur |
| L_R | Lampe Rouge d'arrêt d'urgence |
| L_B | Lampe Bleu de remplissage des bassins |
| L_O | Lampe Orange de signalisation de défaut |
| Van_1 | Ouverture et fermeture Vanne de remplissage de bassin de préchauffage |
| Van_2 | Ouverture et fermeture Vanne de remplissage de bassin pasteurisation |
| Van_3 | Ouverture et fermeture Vanne de remplissage de bassin de premier refroidissement |
| Van_4 | Ouverture et fermeture Vanne de remplissage de bassin de deuxième refroidissement |
| Van_5 | Ouverture et fermeture Vanne de remplissage de bassin de troisième refroidissement |

| | |
|-----------------------|--|
| Pomp_Circ_1 | Activation et désactivation Pompe de circulation d'eau dans la section de préchauffage |
| Pomp_Circ_2 | Activation et désactivation de la première Pompe de circulation d'eau dans la section de pasteurisation |
| Pomp_Circ_3 | Activation et désactivation le deuxième Pompe de circulation d'eau dans la section de pasteurisation |
| Pomp_Circ_4 | Activation et désactivation Pompe de circulation d'eau dans la section de premier refroidissement |
| Pomp_Circ_5 | Activation et désactivation Pompe de circulation d'eau dans la section de deuxième refroidissement |
| Pomp_Circ_6 | Activation et désactivation de la pompe de circulation d'eau dans la section de troisième refroidissement |
| Mot_conv_E | Activation et désactivation du contacteur du moteur du convoyeur d'entrée |
| Mot_conv_S | Activation et désactivation du contacteur du moteur du convoyeur de sortie |
| Mot_Tap | Activation et désactivation du contacteur du moteur du tapis |
| Def_Eq | Activation et désactivation memento de Défaut Equipement |
| Def_Vap | Activation et désactivation memento de Défaut Vapeur |
| Def_Air | Activation et désactivation memento de Défaut Air |
| Niv_Bass_1_OK | Activation et désactivation memento de remplissage de bassin 1 |
| Niv_Bass_2_OK | Activation et désactivation memento de remplissage de bassin 2 |
| Niv_Bass_3_OK | Activation et désactivation memento de remplissage de bassin 3 |
| Niv_Bass_4_OK | Activation et désactivation memento de remplissage de bassin 4 |
| Niv_Bass_5_OK | Activation et désactivation memento de remplissage de bassin 5 |
| Niv_Bass_Bon | Activation et désactivation memento de remplissage de tous les bassins |
| Temp_ch_Bn | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans les bassins chauffage |
| Temp_Ref_Bn | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans les bassins refroidissement |
| Temp_Bass_1_OK | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans le bassin de préchauffage |
| Temp_Bass_2_OK | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans le bassin de pasteurisation |
| Temp_Bass_3_OK | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans le bassin de premier refroidi |
| Temp_Bass_4_OK | Activation et désactivation memento d'atteinte de consigne de température dans le bassin de deuxième refroidissement |
| Pasteurisation | Activation et désactivation memento de lancement de la régulation de température dans la section de pasteurisation |
| Pre-Chauffage | Activation et désactivation memento de lancement de la régulation de température dans la section de préchauffage |

II.7 Conclusion

L'utilisation du GRAFCET comme outil de représentation du fonctionnement du pasteurisateur à tunnel ou de sa programmation permet une représentation précise et structurée de chaque étape de ce processus automatisé. Le GRAFCET facilite la conception, la mise en service, et la maintenance. Il améliore la compréhension et il facilite la communication entre les équipes techniques. La maîtrise du GRAFCET est indispensable pour garantir l'efficacité et la fiabilité du fonctionnement du pasteurisateur étudié, optimisant ainsi son cycle de vie et la qualité des opérations industrielles.

CHAPITRE

III

Conception du Programme du Nouveau API

III.1 Introduction

L'automatisation des systèmes de production vise à améliorer la qualité des produits et à réduire les coûts en minimisant l'intervention humaine. Un système automatisé comprend une partie opérative (actionneurs et capteurs), une partie commande (automate programmable industriel (API)), et une partie dialogue (interface homme-machine). L'API S7-300 de la firme SIEMENS, avec son logiciel TIA Portal sont des outils très utilisés pour la création et la gestion d'un projet d'automatisation. Ce chapitre explore la structure, les composants, les configurations, et les programmes nécessaires pour un système automatisé efficace.

L'API S7-300 est choisie pour remplacer celui de marque OMRON qui commande une partie du pasteurisateur ou le programme exploité est verrouillé. Le nouveau programme développé avec le logiciel TIA Portal V15.1 permet de rendre le processus de pasteurisation complètement autonome.

III.2 Caractéristique de L'API S7 300 choisie

Le S7-300 est un contrôleur logique programmable (CLP) appelé aussi API et il est de marque SIEMENS, appartenant à la génération SIMATIC S7. Il est lancé en 1996, il se présente sous une forme modulaire et offre une large gamme de processeurs (CPU) pouvant être équipés de divers modules d'entrées/sorties. La programmation du S7-300 s'effectue via le logiciel STEP7, et récemment, une version professionnelle avancée nommée TIA Portal (Totally Integrated Automation) de SIEMENS a été développée. Ce portail offre une interface utilisateur intuitive pour la configuration matérielle et la programmation de base. Les programmes peuvent être rédigés dans plusieurs langages de programmation tels que le langage à contacts, le logigramme, le GRAFCET, le texte structuré et la liste des instructions.

Le S7-300 supporte divers protocoles de communication, comme PROFIBUS et PROFINET, facilitant ainsi la connexion de l'API à d'autres équipements industriels tels que des capteurs et des actionneurs ... etc [6]. Une image de la CPU 313C de la famille S7-30 est présentée la figure III-1 ci-dessous.



Figure III- 1 : Unité centrale de traitement CPU 313C.

III.3 Définition de logiciel TIA Portal

La plate-forme TIA Portal (Totally Integrated Automation) constitue la dernière avancée des logiciels d'ingénierie de SIEMENS, permettant de déployer des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré. Cette plateforme consolide la programmation des différents dispositifs d'une installation au sein d'un logiciel unique. Elle permet ainsi de programmer et de configurer, en plus des automates, les interfaces homme-machine (HMI) et les variateurs de vitesse.

En outre, TIA Portal optimise la maintenance et la mise à jour des systèmes grâce à sa compatibilité avec les protocoles de communication industriels tels que PROFINET et PROFIBUS. Sa conception ergonomique améliore l'efficacité des projets d'automatisation, en offrant des outils de diagnostic avancés et une gestion centralisée des configurations de projet [7].

III.4 Création d'un projet et configuration de l'espace de travail

La programmation avec TIA Portal nécessite une procédure bien structurée qui est expliquée dans les sous-sections étalée ci-dessous :

III.4.1 Création d'un projet

Une fois le logiciel TIA PORTAL est démarré, cliquez sur "Créer un projet", une fenêtre apparaîtra, elle permet de donner un nom au projet (exemple : automatisation centrale à béton) et de choisir l'emplacement où il sera enregistré (voire figure III-2 ci-dessous).

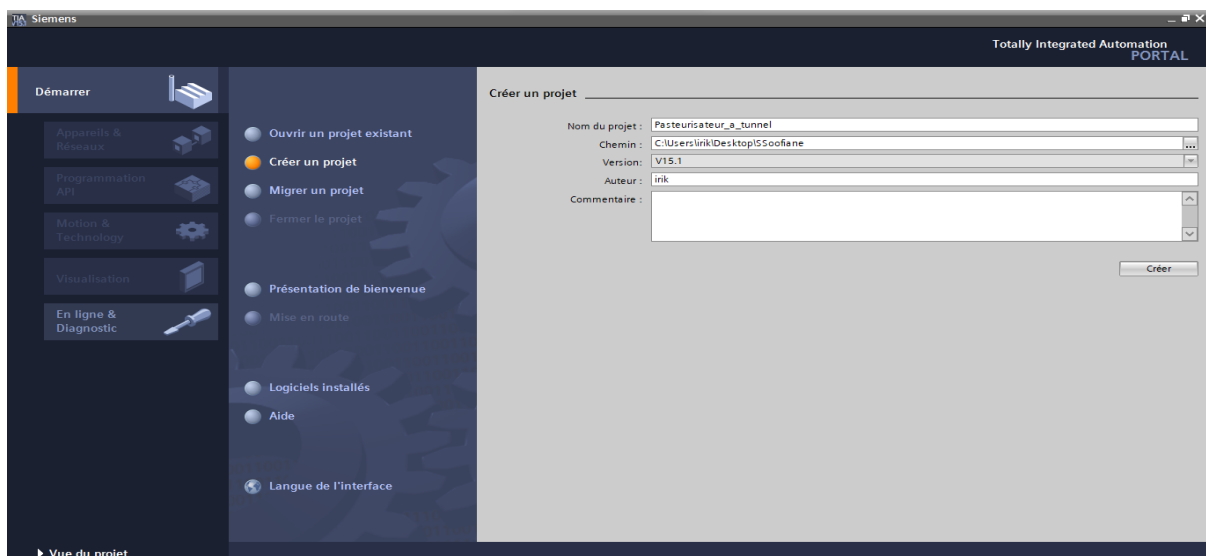


Figure III- 2 : Création du projet.

III.4.2 Élaboration de la configuration matérielle

Après avoir déterminé les entrées/sorties nécessaires selon le cahier des charges (voir chapitre 2) désiré, c'est-à-dire recenser les entrées/sorties, il est maintenant temps de choisir une CPU qui répond aux caractéristiques du processus à automatiser (voir figure III-3 ci-dessous). Les caractéristiques de l'API choisis sont :

- Unité centrale de traitement :
 - ✓ CPU 313C, mémoire de travail de 128 Ko ;
 - ✓ 0,07 ms/kilo bit d'instructions ;
 - ✓ DI24/DO16 E/S digitales, AI5/AO2 intégrées E/S analogiques ;
 - ✓ 3 sorties d'impulsions (2,5 kHz) ;
 - ✓ 3 voies de comptage et de mesure avec codeurs incrémentaux 24 V (30 kHz) ;
 - ✓ Interface MPI ;
 - ✓ Configuration capable d'accueillir jusqu'à 31 modules ;
 - ✓ Firmware 3.3.
- Alimentation : PS 307/5A Alimentation externe AC120/230V, DC24V/5A
- Modules :
 - ✓ DI 16x24VDC Module d'entrées TOR DI16 x DC24V, type M ; par groupes de 16 ; retard à l'entrée env. 1, 2..4,8 ms, fixe ; type d'entrée 1 (CEI 61131) ; connecteur frontal à 20 points.
 - ✓ DO 16x24VDC/0.5A Module de sorties TOR, DO16 x DC24V / 0,5A, avec diagnostic, reparamétrable en ligne, redondance.
 - ✓ DI 16x24VDC Module d'entrées TOR DI16 x DC24V, type M ; par
 - ✓ groupes de 16 ; retard à l'entrée env. 1, 2..4,8 ms, fixe ; type d'entrée 1 (CEI 61131) ; connecteur frontal à 20 points.

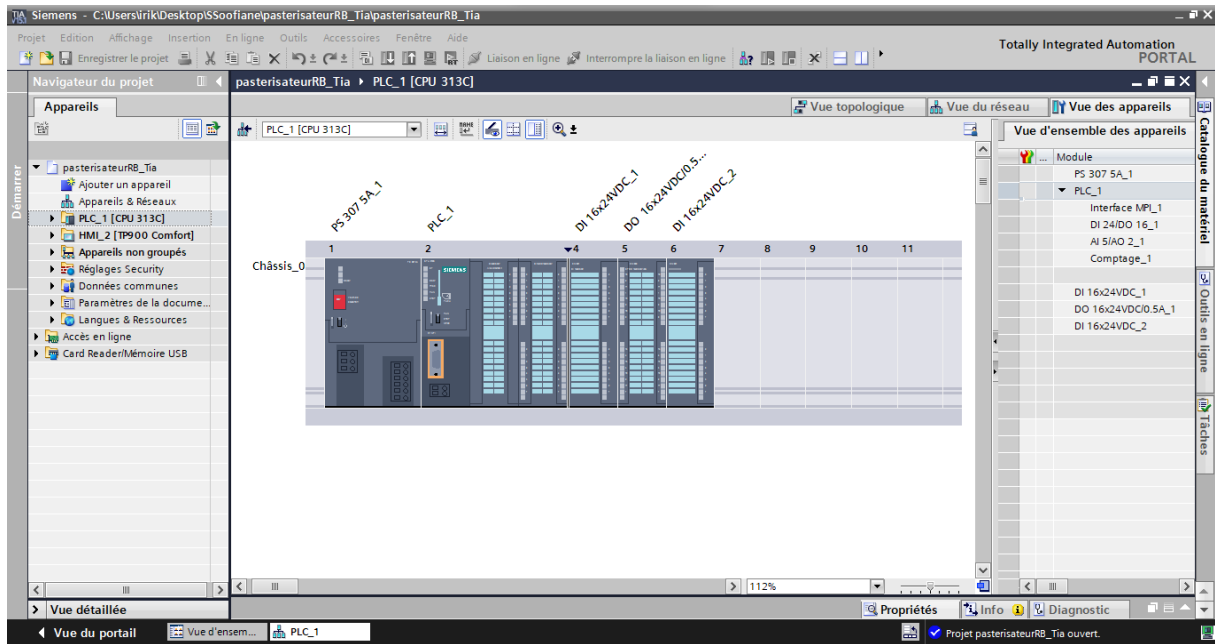


Figure III-3 : Configuration matérielle.

III.4.3 Configuration des adresses

La prochaine étape consiste à configurer les adresses de début et de fin pour les modules AI/DO/DI (voire figure III-4 ci-dessous).

- Pour les DI et DO intégrées :
 - Les adresses d'entrée vont de 124 (adresse de début) à 126 (adresse de fin).
 - Les adresses de sortie vont de 124 (adresse de début) à 125 (adresse de fin)
- Pour les AI et AO intégrées :
 - Les adresses d'entrée vont de 752 (adresse de début) à 761 (adresse de fin).
 - Les adresses de sortie vont de 752 (adresse de début) à 755 (adresse de fin)
- Pour le module de sortie DO :
 - L'adresse de début est 8 et l'adresse de fin est 9.
- Pour les modules d'entrée DI :
 - L'adresse de début est 128 et l'adresse de fin est 129.
 - L'adresse de début est 130 et l'adresse de fin est 131.

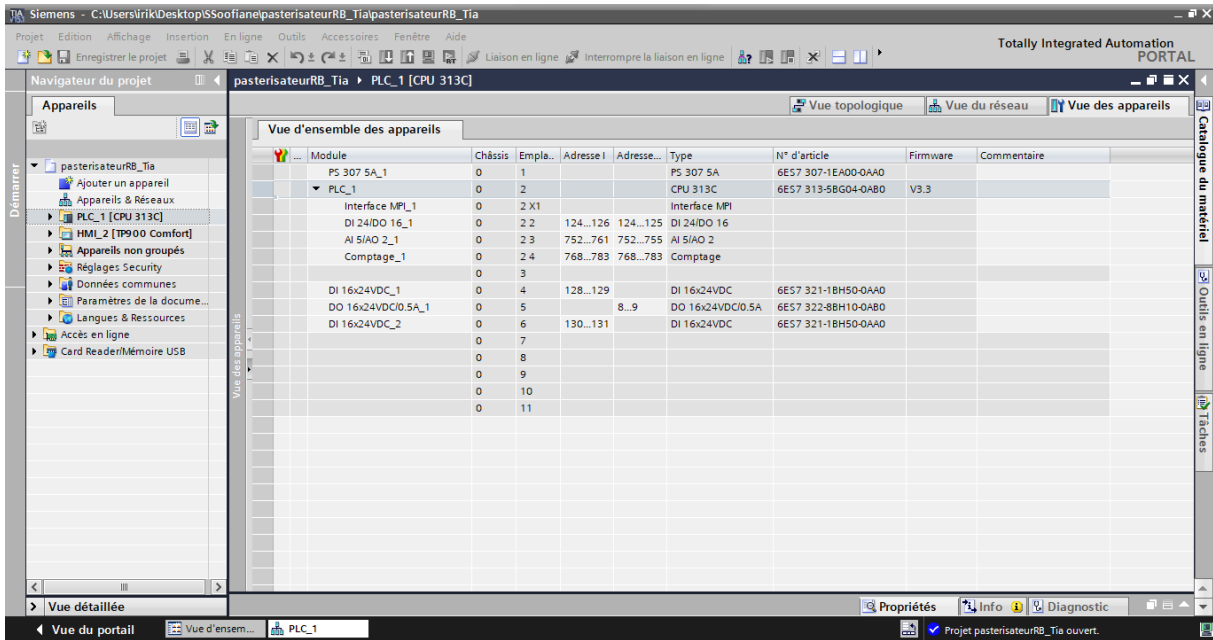


Figure III-4 : Adressage E/S.

III.4.4 Création des tables des variables de l'API

La table de variable standard permet de configurer, surveiller et gérer efficacement les échanges de données entre les différents composants du système. Les figures III-5 et III-6 présentes la table des variables d'entrées et ceux des sorties respectivement.

The screenshot shows the 'Table de variables standard' (Standard Variable Table) in SIMATIC Manager. It lists 33 variables with their names, data types, addresses, and comments. The table includes columns for Nom, Type de données, Adresse, Réma..., Acces..., Visibl..., and Commentaire.

| Nom | Type de données | Adresse | Réma... | Acces... | Visibl... | Commentaire |
|-------------|-----------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Dcy | Bool | %I124.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bouton de mise en marche |
| Ar_fin | Bool | %I124.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bouton d'arrêt en fin de cycle |
| Rearm | Bool | %I124.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bouton de Rearmement |
| Prot_pomp_1 | Bool | %I124.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 1 |
| Prot_pomp_2 | Bool | %I124.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 2 |
| Prot_pomp_3 | Bool | %I124.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 3 |
| Prot_pomp_4 | Bool | %I124.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 4 |
| Prot_pomp_5 | Bool | %I125.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 5 |
| Prot_pomp_6 | Bool | %I125.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans la pompe 6 |
| INIT | Bool | %I125.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | INITIALISATION |
| NB_Bass_1 | Bool | %I125.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau bas dans le bassin num |
| NB_Bass_2 | Bool | %I125.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau bas dans le bassin num |
| NB_Bass_3 | Bool | %I125.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau bas dans le bassin num |
| NB_Bass_4 | Bool | %I125.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau bas dans le bassin num |
| NB_Bass_5 | Bool | %I126.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau bas dans le bassin num |
| Bour | Bool | %I126.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de saturation dans le pasteurisate |
| NH_Bass_5 | Bool | %I126.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau haut dans le bassin nu.. |
| NH_Bass_1 | Bool | %I126.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau haut dans le bassin nu.. |
| NH_Bass_2 | Bool | %I126.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau haut dans le bassin nu.. |
| NH_Bass_3 | Bool | %I126.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau haut dans le bassin nu.. |
| NH_Bass_4 | Bool | %I126.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de niveau haut dans le bassin nu.. |
| Prso_Vap | Bool | %I128.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Presostat de présence de vapeur |
| Prso_Air | Bool | %I128.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de pression de présence du prise . |
| Prc_Eau | Bool | %I128.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de pression de présence d'eau |
| Ar_U | Bool | %I128.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Bouton d'arrêt d'urgence |
| Prot_Conv_E | Bool | %I128.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans le convoyeur d'en... |
| Prot_Conv_S | Bool | %I128.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans le convoyeur de s... |
| Prot_Com | Bool | %I128.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut de la comande |
| Prot_Tap | Bool | %I128.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de défaut dans le Tapis |
| TT_1 | Int | %IW752 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de température du Bassin 1 |
| TT_2 | Int | %IW754 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de température du Bassin 2 |
| TT_3 | Int | %IW756 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de température du Bassin 3 |
| TT_4 | Int | %IW758 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Capteur de température du Bassin 4 |

Figure III-5 : Variables d'entrée de l'API.

| | Nom | Type de données | Adresse | Réma... | Acces... | Visibl... | Commentaire |
|----|-------------|-----------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 34 | Van_Ref_1 | Bool | %Q8.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne Refroidissement_1 |
| 35 | Van_Ref_2 | Bool | %Q8.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne Refroidissement_2 |
| 36 | Mot_conv_E | Bool | %Q8.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Moteur du convoyeur d'entrée |
| 37 | Mot_conv_S | Bool | %Q8.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Moteur du convoyeur de sortie |
| 38 | Mot_Tap | Bool | %Q8.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Moteur du Tapis |
| 39 | L_R | Bool | %Q124.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Lampe rouge |
| 40 | L_V | Bool | %Q124.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Lampe verte |
| 41 | Van_1 | Bool | %Q124.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne de remplissage de bassin de pré-ch. |
| 42 | Van_2 | Bool | %Q124.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Deuxième Vanne de remplissage de bassir |
| 43 | Van_3 | Bool | %Q124.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne de remplissage de bassin de premie |
| 44 | Van_4 | Bool | %Q124.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne de remplissage de bassin de dexie.. |
| 45 | Van_5 | Bool | %Q124.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne de remplissage de bassin de troisie |
| 46 | L_B | Bool | %Q125.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Lampe bleu |
| 47 | L_J | Bool | %Q125.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Lampe jaune |
| 48 | Pomp_Circ_1 | Bool | %Q125.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 49 | Pomp_Circ_2 | Bool | %Q125.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 50 | Pomp_Circ_3 | Bool | %Q125.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 51 | Pomp_Circ_4 | Bool | %Q125.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 52 | Pomp_Circ_5 | Bool | %Q125.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 53 | Pomp_Circ_6 | Bool | %Q125.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Pompe de circulation d'eau dans la partie . |
| 54 | Van_Vap_1 | Word | %QW752 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne modulante de Vapeur_2 |
| 55 | Van_Vap_2 | Word | %QW754 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Vanne modulante de Vapeur_1 |

Figure III-6 : Variables de sortie de l'API.

III.4.5 Élaboration du Programme

Le logiciel TIA Portal utilise des "blocs de programmation" pour écrire les programmes. Lors de l'ajout d'une CPU, le "bloc OB1" est automatiquement créé, servant d'interface entre l'utilisateur et la CPU. Les parties du programme sont rassemblées dans l'OB1 pour un traitement cyclique. Les autres types de blocs incluent les "DB" (blocs de données) pour stocker des informations, les "FC" (fonctions) sans mémoire, et les "FB" (blocs de fonction) avec un stockage dédié aux variables. Les différents blocs créés dans notre projet sont illustrés par la figure III-7 ci-dessous.

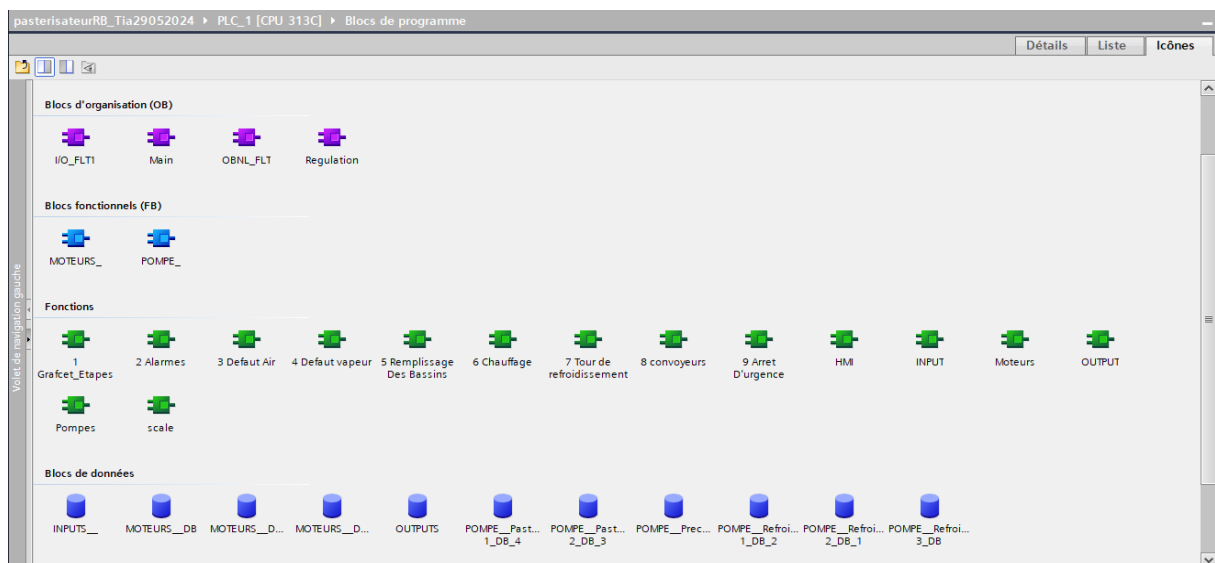


Figure III-7 : Blocs utilisés dans le programme.

III.4.6 Mise à l'échelle des capteurs de température

Les capteurs de température sont branchés aux entrées analogiques de l'API et chacun délivre une valeur brute comprise entre 0 et 27648. Le logiciel convertit cette valeur en une échelle de 0 à 100. Cette conversion permet de représenter la température réelle de manière standardisée. La figure III-8 montre le réseau de mise à l'échelle du premier capteur de température TT_1 et les autres capteurs (TT_2, TT_3, TT_4) sont mis à l'échelle dans les réseaux 2,3 et 4 respectivement.

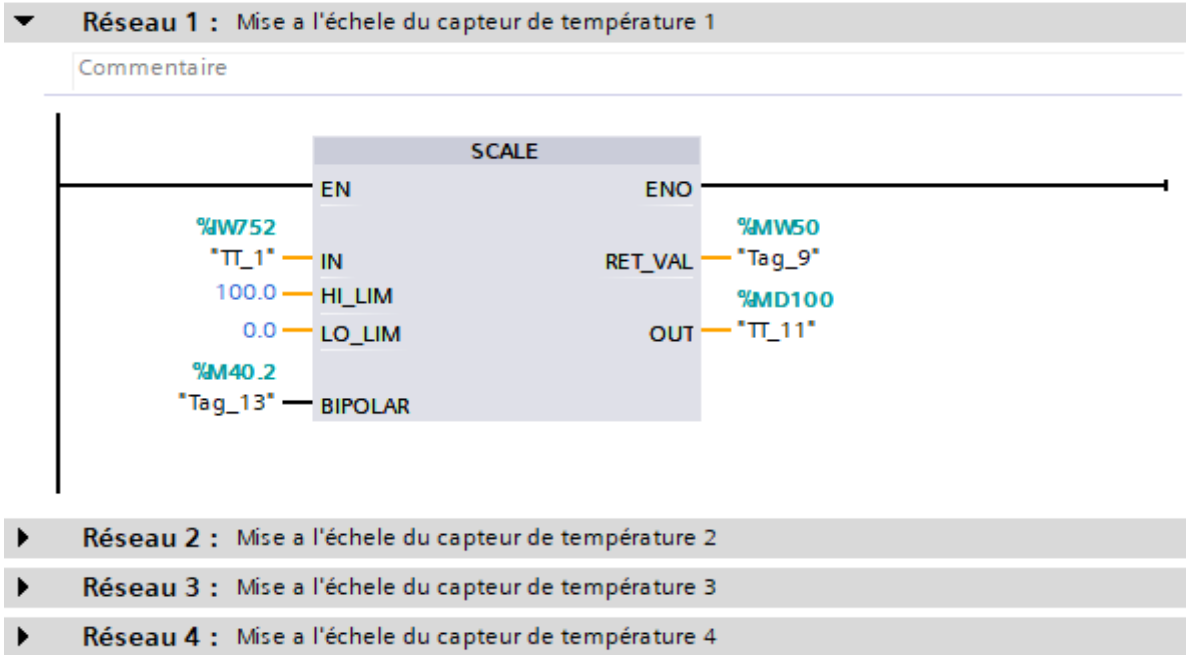


Figure III-8 : Mise à l'échelle du signal fourni par le capteur de température.

III.4.7 Activation des GRAFCETS

Le réseau qui permet d'activer les GRAFCET conçus, c'est-à-dire l'activation de leurs étapes initiales est représenté par la figure III-9 ci-dessous.

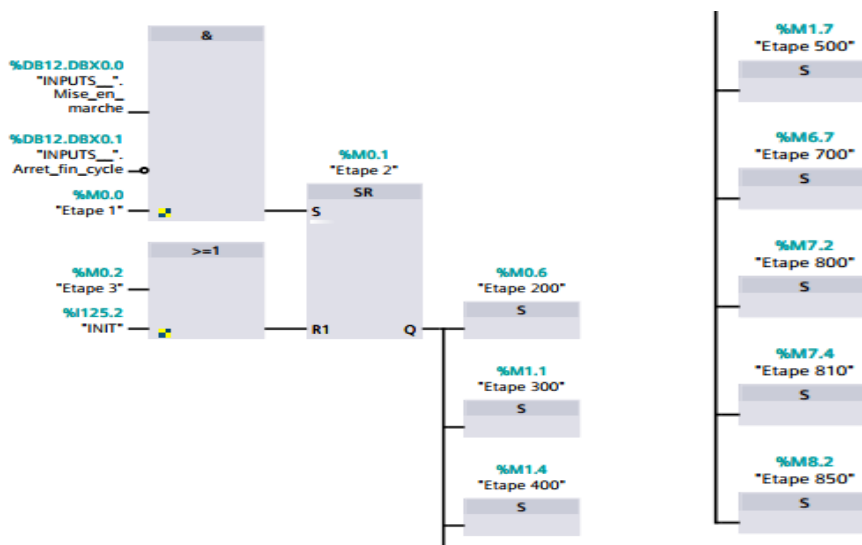


Figure III-9 : Activation des GRAFCETS.

III.4.8 Vérification des défauts

La surveillance des défauts se fait par l'inspection des disjoncteurs de protection associés à chaque équipement électrique. La surveillance des défauts d'air se réalise en contrôlant la présence de prises d'air dans les pompes, et la détection des défauts de vapeur consiste à vérifier l'absence de vapeur dans la machine. La figure III-10 présente le programme de détection des différents défauts dans le pasteurisateur.

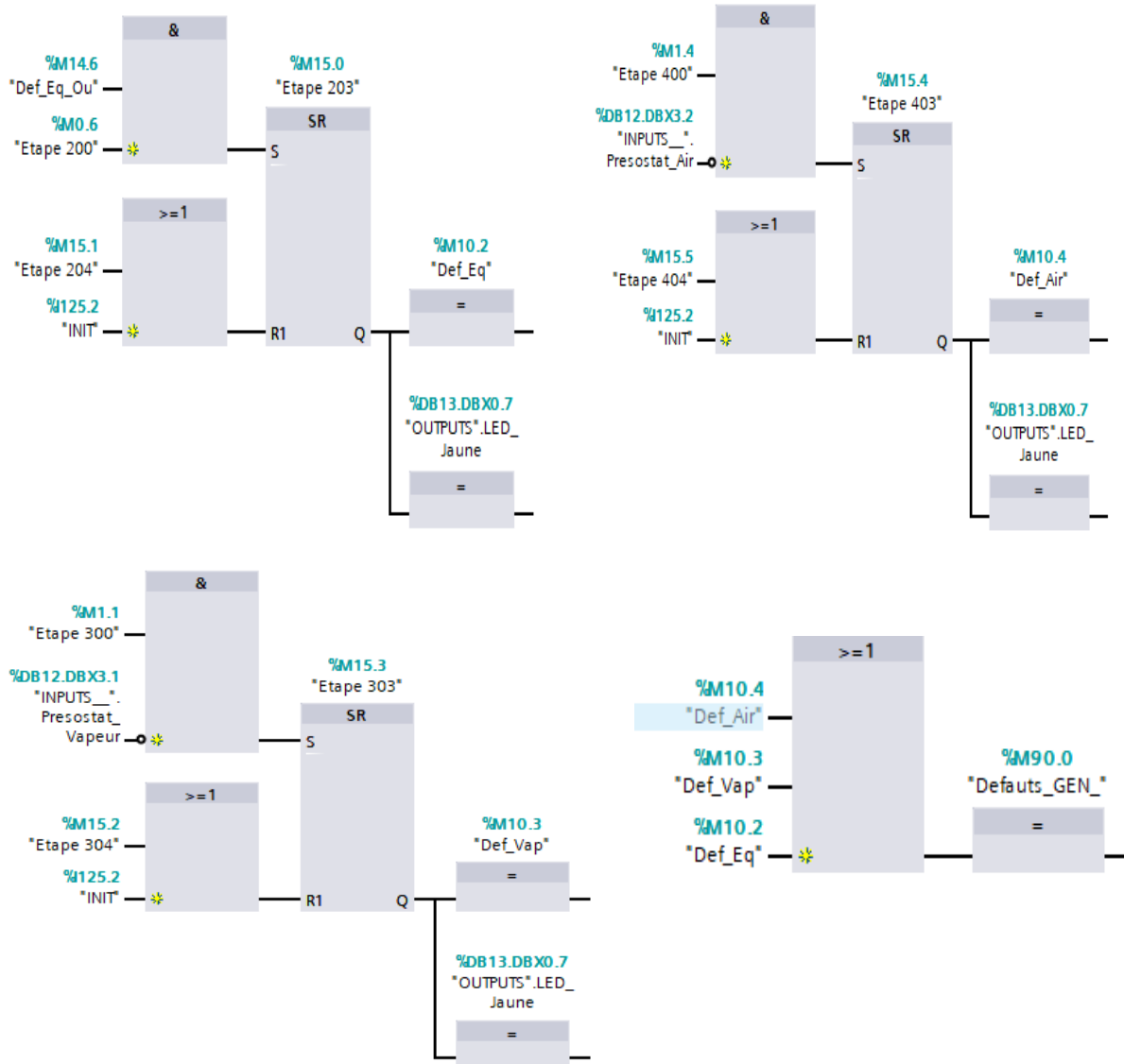


Figure III-10 : Programme de détection des défauts.

III.4.9 Remplissage des bassins et activation des pompes

La détection du niveau bas des bassins active une vanne de remplissage associée à chaque bassin. La vanne se ferme lorsque le niveau haut est atteint, puis une pompe de circulation d'eau s'active. Les figures III-11 et III-12 montre les réseaux d'activation de la vanne de remplissage_1 et de la pompe de circulation_1 respectivement.

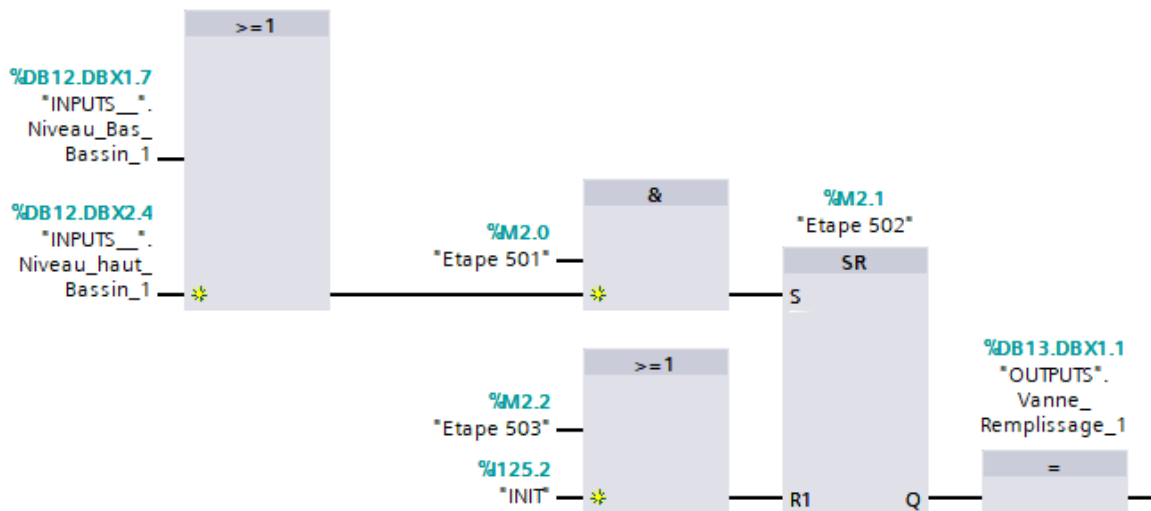


Figure III-11 : Réseau d'activation de la vanne 1.

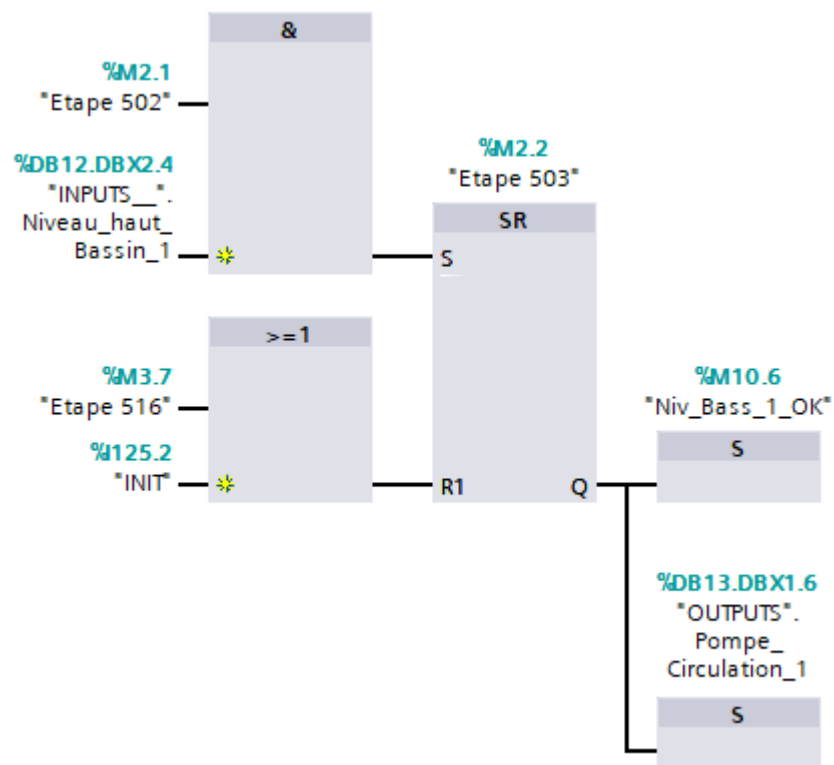


Figure III-12 : Réseau d'activation de la pompe 1.

III.4.10 Régulation de la température

Le rôle du régulateur dans un système en boucle fermée est de garantir que la réponse présente des caractéristiques dynamiques et stationnaires appropriées.

On peut évaluer le contrôleur selon les critères suivants :

- Le contrôleur doit maintenir la variable commandée à sa consigne.
- Le système en boucle fermée doit être asymptotiquement stable et offrir des performances satisfaisantes sur une large gamme de fréquences.

- L'influence des perturbations doit être minimale.
- Les réponses aux variations de consigne doivent être rapides et fluides.
- Une action de commande excessive doit être évitée (la variable de commande $u(t)$ ne doit pas être trop sollicitée).
- Le système de commande doit être robuste, c'est-à-dire insensible aux variations du procédé et aux erreurs du modèle du procédé.

III.4.10.1 Système de commande en boucle fermée

Une structure de commande en boucle fermée est définie comme un système où le signal de commande (d'entrée) dépend d'une manière ou d'une autre du signal de sortie. Ces systèmes sont couramment appelés des systèmes asservis (figure III-13). La structure de commande en boucle fermée (contre-réaction) est capable de :

- Stabiliser un système instable en boucle ouverte ;
- Rejeter les perturbations externes.
- Compenser les incertitudes internes au processus lui-même.

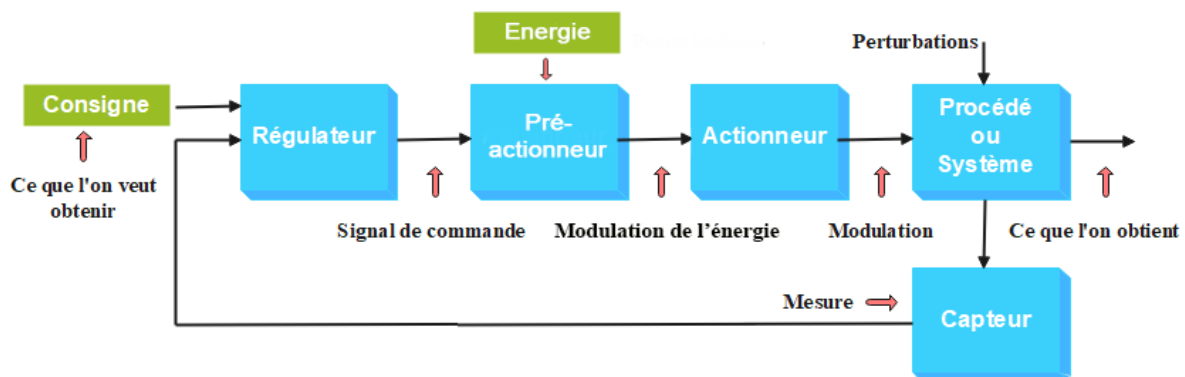


Figure III-13 : Système en boucle fermée.

Le rôle du correcteur est d'éliminer l'écart entre la mesure et la consigne, indépendamment des perturbations, et de faire réagir le système aussi rapidement que possible, quelles que soient les variations de l'entrée de référence ou des perturbations. Il existe plusieurs structures de correcteurs (PID) basées sur les actions proportionnelle, intégrale et différentielle.

III.4.10.2 Le régulateur utilisé

Le régulateur le plus couramment utilisé en industrie est le régulateur PID (proportionnel, intégral, dérivé). Il est relativement simple à dimensionner et aussi il assure les bonnes performances du système en boucle fermée car il offre la possibilité de régler l'amortissement, le temps de réponse et le dépassement, en utilisant ces trois actions. Ce régulateur est efficace en particulier dans le domaine linéaire des processus du premier et du deuxième ordre.

III.4.10.3 Les réseaux de régulation

La bibliothèque du logiciel TIA Portal contient des fonctions particulières ou le régulateur PID discret fait partie de ces dernières. Les régulations des températures sont réalisées par les régulateurs PID du TIA Portal ou leurs dimensionnement se fait d'abord sur l'action proportionnelle, puis l'action intégrale et enfin l'action dérivée si c'est nécessaire. Les régulateurs de température contrôlent l'ouverture et la fermeture des vannes modulantes de vapeur afin de maintenir la température de l'eau à la consigne désirée. La figure III-14 présente le réseau qui permet l'activation des régulateurs de température. Un régulateur PID de température est donné par la figure III-15.

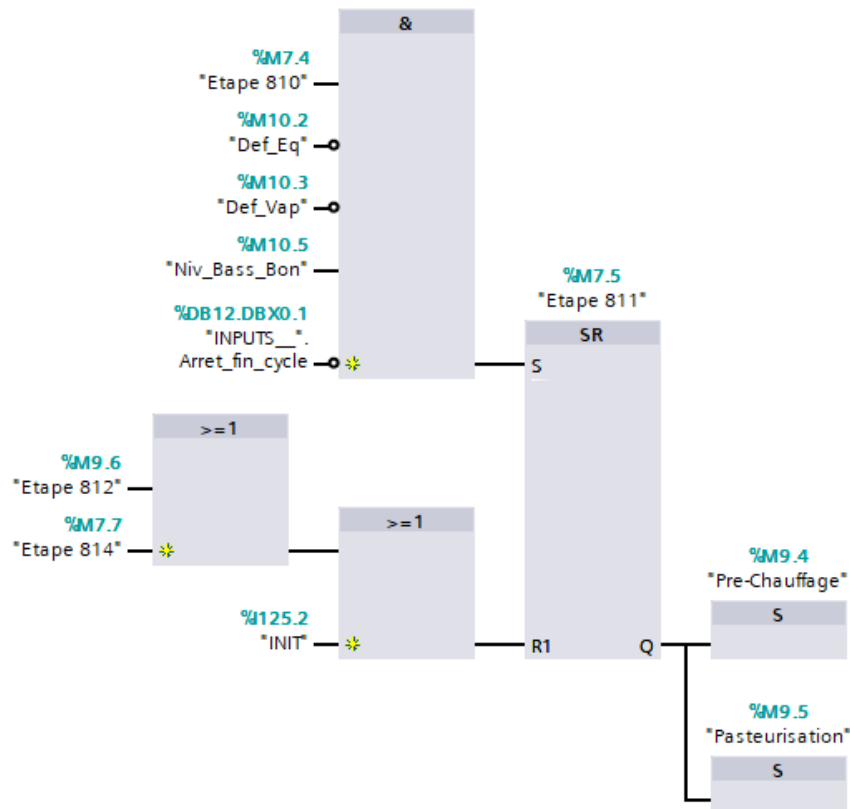


Figure III- 14: Réseau d'activation des régulateurs.

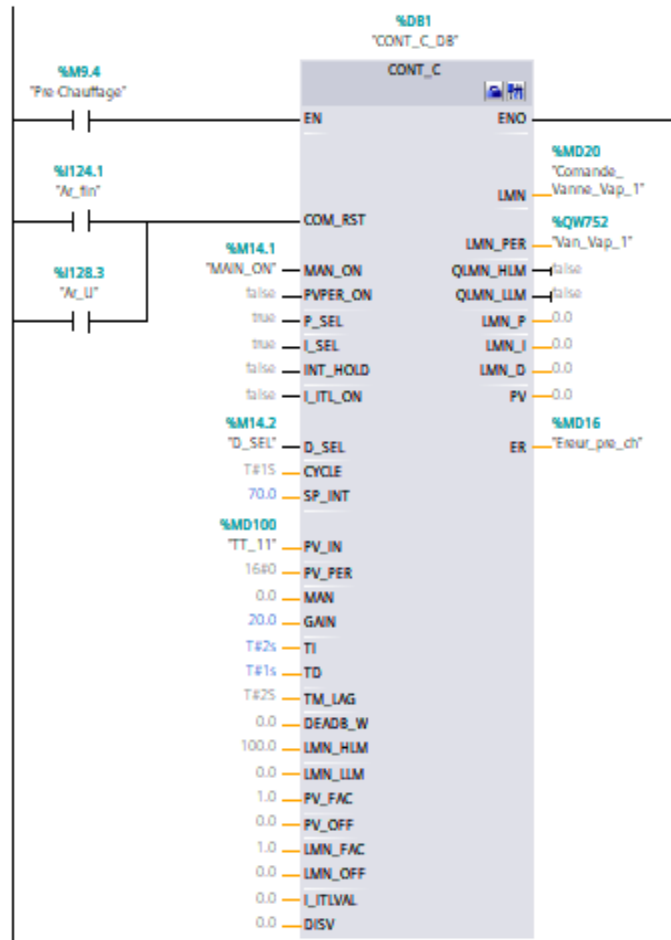


Figure III-15 : Régulateur de température.

III.4.11 Activation de la tour de refroidissement

Le dépassement des consignes de température de l'eau des bassins 3 et 4 active les vannes de refroidissement, ce qui déclenche la tour de refroidissement. Celle-ci aspire l'eau chaude des bassins, la refroidit, puis la renvoie aux bassins. Le réseau d'activation de la première vanne qui permet le refroidissement de l'eau est donné à la figure III-16.

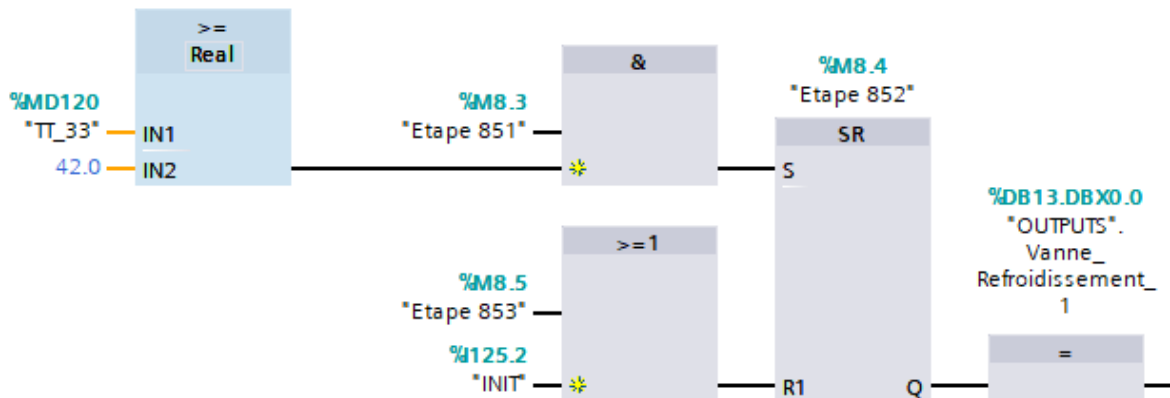


Figure III-16 : Réseau d'activation de la vanne de refroidissement 1.

III.4.12 Mise en marche du tapis roulant et des convoyeurs

Une fois que la température de l'eau de chaque bassin a atteint sa consigne, on commence la pasteurisation des bouteilles ou, on met en marche le moteur du tapis roulant du pasteurisateur ainsi que les moteurs des convoyeurs d'entrée et de sortie (figure III-17).

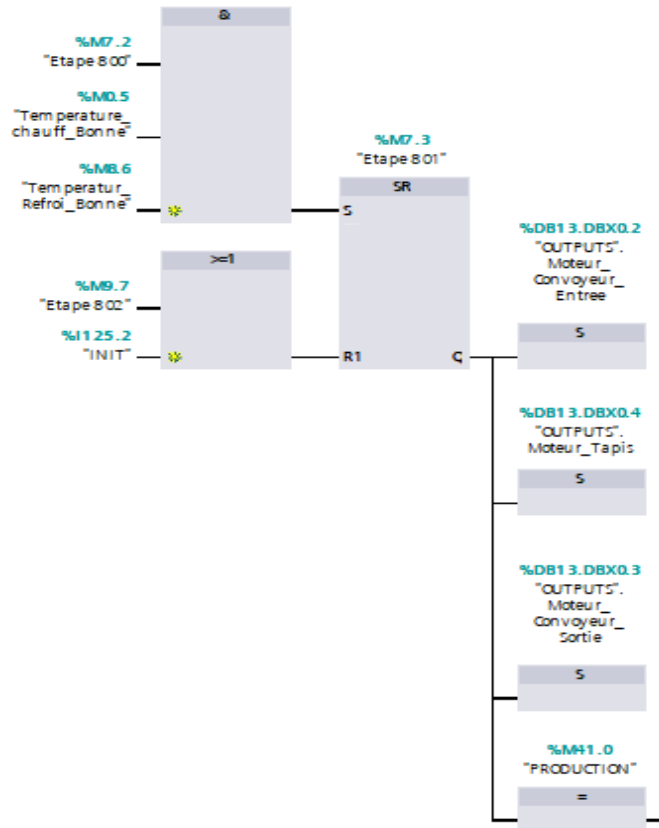


Figure III-17 : Réseau de mise en marche des moteurs du tapis roulant et des convoyeurs.

III.4.13 Fonction de protection des pompes

La fonction de protection des pompes (figures III-18 et III-19) sécurise chaque pompe du pasteurisateur en cas de défaut ou si le bassin associé à la pompe est vide.

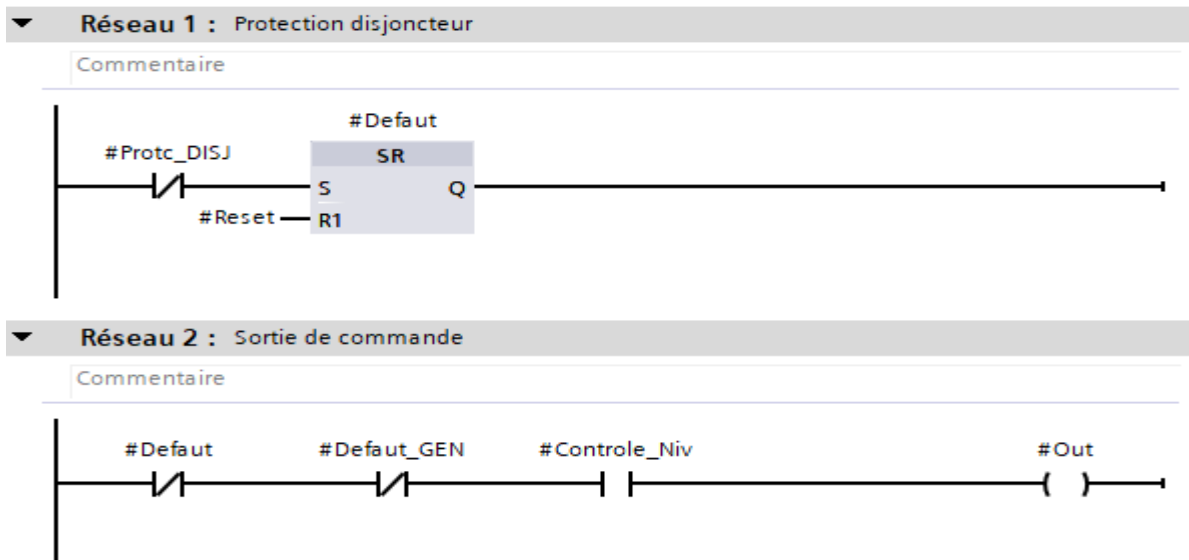


Figure III-18 : Fonction de protection des pompes de circulation.

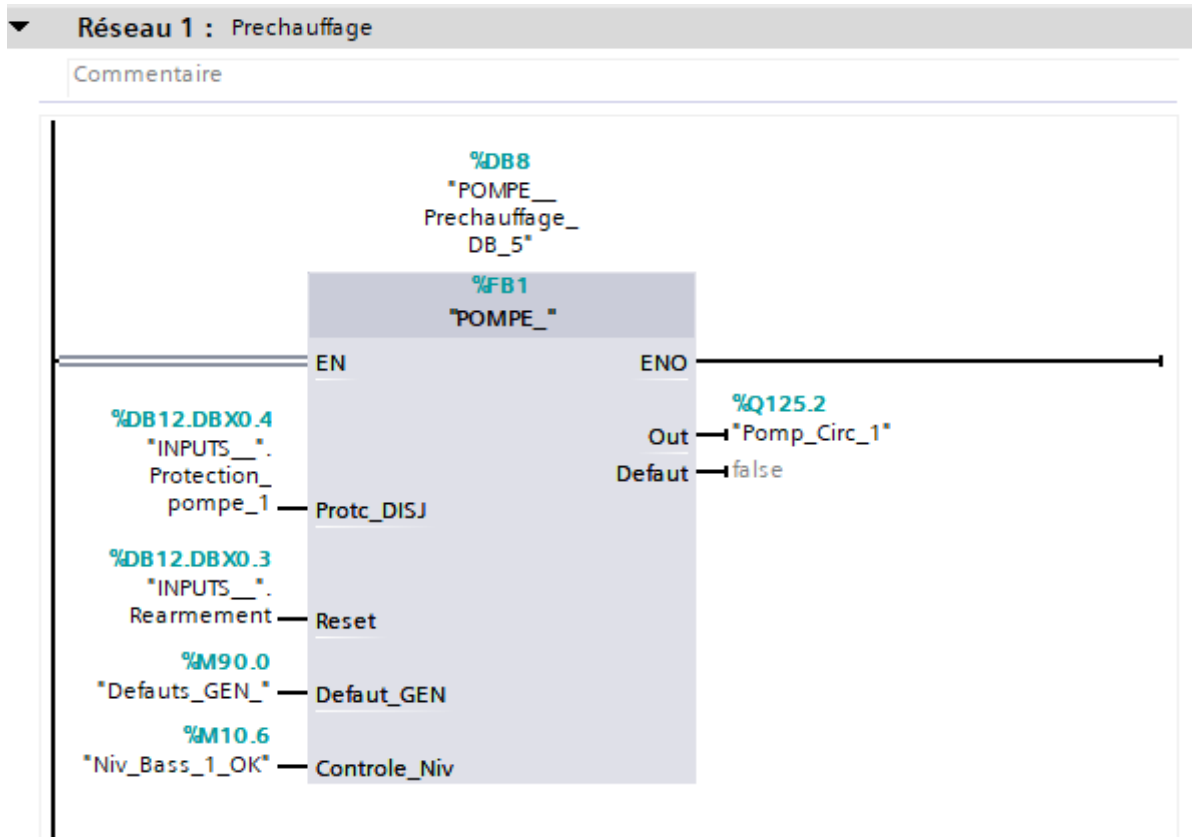


Figure III-19 : Réseau de protection de la pompe de circulation 1.

III.4.14 Fonction de protection des moteurs

La fonction de protection des moteurs (figures III-20 et III-21) sécurise les moteurs en cas de défaut et elle les désactive en cas de dépassement des consignes de température, afin d'assurer une pasteurisation réussie et normalisée sans dommage.

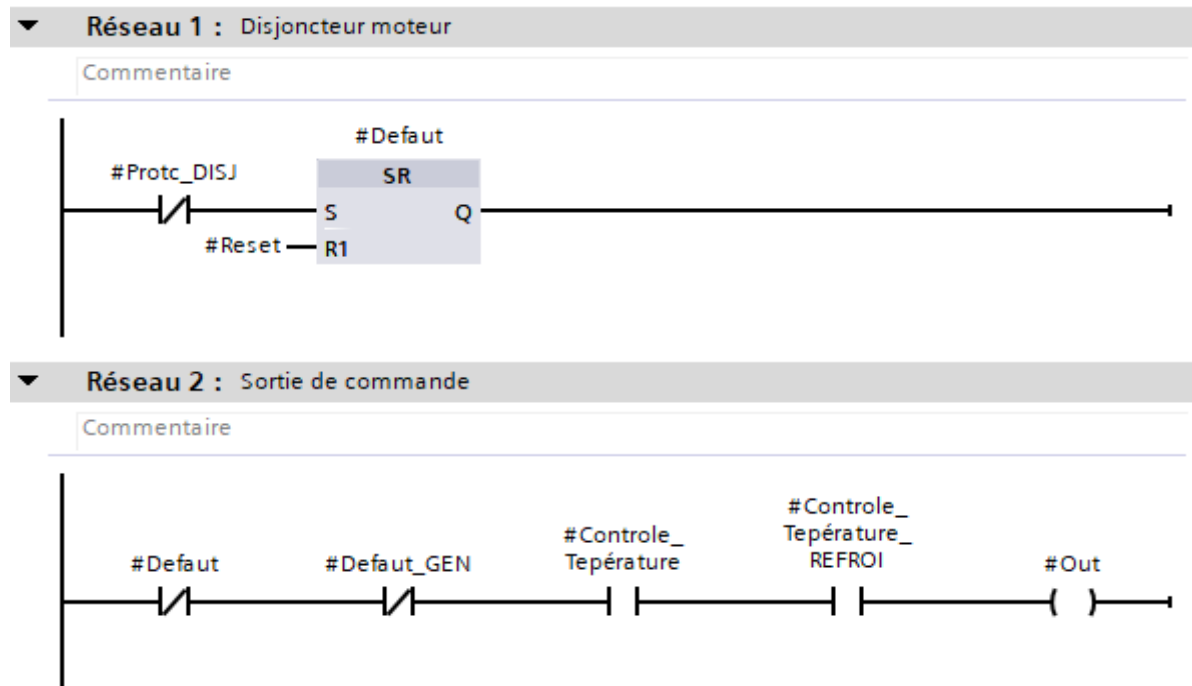


Figure III-20 : Fonction de protection des moteurs.

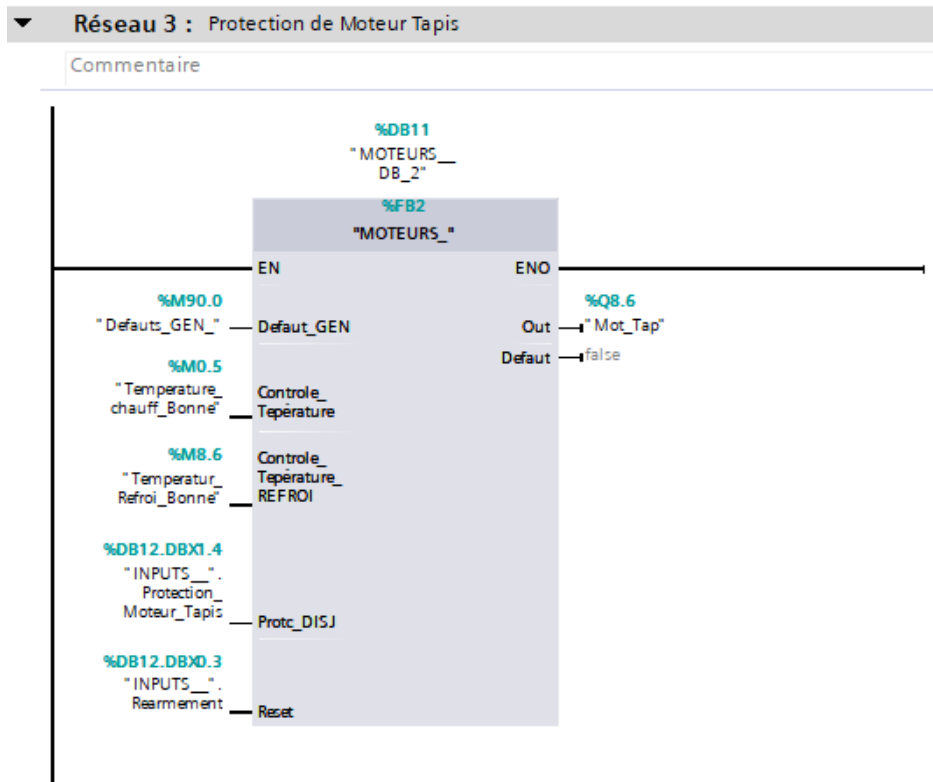


Figure III-21 : Réseau de protection du moteur du tapis roulant.

III.5 Conclusion

Ce chapitre présente la mise en place de l'automatisation complète du pasteurisateur, soulignant l'importance des parties opérative, commande et dialogue. En utilisant l'API S7-300 et le logiciel TIA Portal, la création et la gestion de projets d'automatisation sont efficaces et claire. La modularité du S7-300 et l'intégration du TIA Portal offrent une solution polyvalente et avancée pour une gamme d'applications industrielles dont fait partie la pasteurisation étudiée. Comprendre la configuration matérielle, la programmation et la mise en œuvre des fonctionnalités comme la régulation de température est crucial pour optimiser les processus industriels. Cette automatisation offre des avantages significatifs en termes de qualité, d'efficacité et de rentabilité dans l'industrie moderne.

CHAPITRE

IV

Validation du Programme par Simulation

IV.1 Introduction

La supervision du pasteurisateur est réalisée par logiciel « WinCC », ou ce dernier est intégré dans TIA Portal. Le WinCC offre un environnement d'ingénierie homogène pour la programmation et la configuration des solutions de commande et de supervision, s'adaptant à diverses applications. On présente les caractéristiques du pupitre TP900 Comfort tactile ainsi que les étapes pour établir une liaison efficace entre l'HMI et la CPU.

IV.2 WINCC TIA Portal

Le WinCC est un logiciel d'ingénierie destiné à la configuration des pupitres et des PC industriels SIMATIC ainsi que des PC standards. Il fait partie d'un concept novateur d'ingénierie intégré, offrant un environnement homogène pour la programmation et la configuration de solutions de contrôle et de supervision. Ce logiciel est adapté à toutes les applications IHM, allant des solutions de contrôle simples avec des pupitres basiques aux applications SCADA pour des systèmes multipostes basés sur PC [8].

IV.3 Sélection du pupitre opérateur de visualisation

Le pupitre utilisé est un modèle « TP900 Comfort tactile » qui offre de nombreuses possibilités d'application, une performance élevée et un excellent rapport qualité-prix. Il prend en charge les tâches suivantes :

- ✓ Réduction du travail de configuration grâce à l'utilisation des blocs d'affichage ;
- ✓ Archivage des alarmes et des données de production ;
- ✓ Émission automatique des rapports d'état et de production lors des changements d'équipe ;
- ✓ Passage de la machine du mode manuel au mode automatique ;
- ✓ Gestion des opérations avec différents niveaux de droits d'accès.
- ✓ Affichage des états d'exploitation, des valeurs actuelles du processus de production, et des alarmes de l'API, avec possibilité de contrôler facilement l'installation de production ;
- ✓ Commutation de la langue entre le français et l'anglais.

IV.4 Caractéristique de l'HMI TP 900

Le pupitre utilisé dans l'interface de visualisation est le « TP900 » représenté dans la figure VI-1 et dont les caractéristiques sont :

- ✓ Écran TFT 9.0 800 x 480 pixels ;
- ✓ Couleurs 16 Mio ;
- ✓ Écran tactile ;
- ✓ 1×MPI/PROFIBUS DP ;
- ✓ 1×interface PROFINET/Industriel Ethernet avec prise en charge de MRP et RT/IRT (2 ports) ;
- ✓ 2×logement pour carte multimédia ;
- ✓ 3×USB.



Figure IV- 1: Pupitre TP 900.

IV.5 Liaison entre l'IHM et la CPU de l'API

Il est d'abord nécessaire d'établir une liaison entre l'unité centrale de traitement (CPU) de l'API utilisé (S7-300) et l'interface homme-machine (IHM). Cette connexion permet de lire et de récupérer les données présentes dans l'API. En configurant correctement cette liaison, on s'assure que les informations collectées par la CPU peuvent être visualisées et manipulées via l'IHM, facilitant ainsi la surveillance et le contrôle du système automatisé.

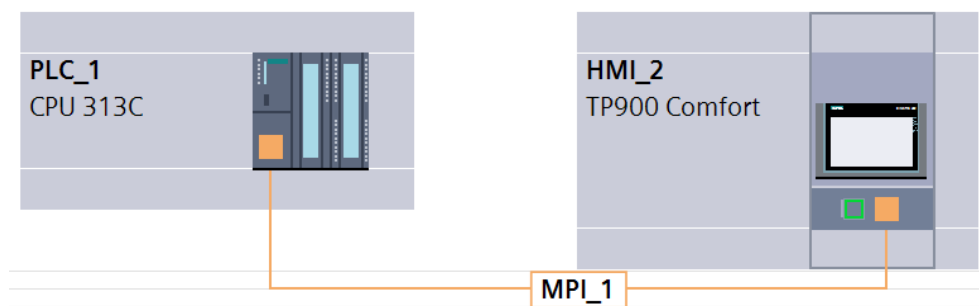


Figure IV- 2: Liaison entre l'IHM et l'API S7 300.

IV.6 Variables IHM

Dans tous les programmes, il est essentiel de définir une liste de variables qui sont utilisées pendant la programmation, pour lesquelles une table de variables est créée (figure IV-3). L'utilisation de noms explicites facilite la compréhension et l'utilisation des programmes.

| Table de variables standard | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|---------|----------------------------|--------------|--|
| Nom ▲ | Type de données | Connexion | Nom API | Variable API | Adresse | |
| Ar_fin | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | <indéfini> | %M600.1 | |
| arret fin de cycle | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *arret fin de cycle* | %M60.1 | |
| arret_durgence | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | arret_d'urgence | %M60.7 | |
| chauf_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | chauf_1 | %M40.7 | |
| chauf_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | chauf_2 | %M40.6 | |
| chauf_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | chauf_3 | %M40.5 | |
| chauf_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | chauf_4 | %M40.4 | |
| Def_Eq | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Def_Eq | %M10.2 | |
| Defaults_GEN_(1) | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Defaults_GEN_ | %M90.0 | |
| INPUTS__Arret_fin_cycle | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Arret_fin_cycle | %DB12.DBX0.1 | |
| INPUTS__Arret_Urgnce | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Arret_Urgnce | %DB12.DBX0.2 | |
| INPUTS__Auto/manuel | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Auto/manuel | %DB12.DBX1.6 | |
| INPUTS__Mise_en_marche | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Mise_en_mar... | %DB12.DBX0.0 | |
| INPUTS__Niveau_Bas_Bassin_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_Bas_B... | %DB12.DBX1.7 | |
| INPUTS__Niveau_Bas_Bassin_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_Bas_B... | %DB12.DBX2.0 | |
| INPUTS__Niveau_Bas_Bassin_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_Bas_B... | %DB12.DBX2.1 | |
| INPUTS__Niveau_Bas_Bassin_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_Bas_B... | %DB12.DBX2.2 | |
| INPUTS__Niveau_Bas_Bassin_5 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_Bas_B... | %DB12.DBX2.3 | |
| INPUTS__Niveau_haut_Bassin_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_haut... | %DB12.DBX2.4 | |
| INPUTS__Niveau_haut_Bassin_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_haut... | %DB12.DBX2.5 | |
| INPUTS__Niveau_haut_Bassin_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_haut... | %DB12.DBX2.6 | |
| INPUTS__Niveau_haut_Bassin_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_haut... | %DB12.DBX2.7 | |
| INPUTS__Niveau_haut_Bassin_5 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Niveau_haut... | %DB12.DBX3.0 | |
| INPUTS__Presence_Eau | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Presence_Eau | %DB12.DBX3.3 | |
| INPUTS__Presostat_Air | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Presostat_Air | %DB12.DBX3.2 | |
| INPUTS__Presostat_Vapeur | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Presostat_Vap. | %DB12.DBX3.1 | |
| INPUTS__Protection_Commande | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_C... | %DB12.DBX1.5 | |
| INPUTS__Protection_Moteur_convoyeur_Entree | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_M... | %DB12.DBX1.3 | |
| INPUTS__Protection_Moteur_convoyeur_Sortie | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_M... | %DB12.DBX1.2 | |
| INPUTS__Protection_Moteur_Tapis | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_M... | %DB12.DBX1.4 | |
| INPUTS__Protection_pompe_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX0.4 | |
| INPUTS__Protection_pompe_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX0.5 | |
| INPUTS__Protection_pompe_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX0.6 | |
| INPUTS__Protection_pompe_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX0.7 | |
| INPUTS__Protection_pompe_5 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX1.0 | |
| INPUTS__Protection_pompe_6 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Protection_p... | %DB12.DBX1.1 | |
| INPUTS__Rearmement | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | *INPUTS___.Rearmement | %DB12.DBX0.3 | |
| L_B | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | L_B | %Q125.0 | |
| L_R | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | L_R | %Q124.0 | |
| L_V | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | L_V | %Q124.1 | |
| marche_GEN | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | marche_GEN | %M60.2 | |
| Mot_Tap | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Mot_Tap | %Q8.6 | |
| Niv_H_atein | Real | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | nh | %MD52 | |
| Niv_Bas | Word | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | nnbb | %MW68 | |
| Niv_Haut | Word | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | nnhh | %MW70 | |
| Numero_vue_variable | UInt | <Variable interne> | | <indéfini> | | |
| OUTPUTS_LED_Bleu | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.LED_Bleu | %DB13.DBX0.6 | |
| OUTPUTS_LED_Jaune | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.LED_Jaune | %DB13.DBX0.7 | |
| OUTPUTS_LED_Rouge | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.LED_Rouge | %DB13.DBX1.0 | |
| OUTPUTS_LED_Verte | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.LED_Verte | %DB13.DBX0.5 | |
| OUTPUTS_Moteur_Convoyeur_Entree | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Moteur_Convo... | %DB13.DBX0.2 | |
| OUTPUTS_Moteur_Convoyeur_Sortie | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Moteur_Convo... | %DB13.DBX0.3 | |
| OUTPUTS_Moteur_Tapis | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Moteur_Tapis | %DB13.DBX0.4 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX1.6 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX1.7 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX2.0 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX2.1 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_5 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX2.2 | |
| OUTPUTS_Pompe_Circulation_6 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Pompe_Circula... | %DB13.DBX2.3 | |
| OUTPUTS_Vanne_Refroidissement_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Refroidi... | %DB13.DBX0.0 | |
| OUTPUTS_Vanne_Refroidissement_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Refroidi... | %DB13.DBX0.1 | |
| OUTPUTS_Vanne_Remplissage_1 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Remplis... | %DB13.DBX1.1 | |
| OUTPUTS_Vanne_Remplissage_2 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Remplis... | %DB13.DBX1.2 | |
| OUTPUTS_Vanne_Remplissage_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Remplis... | %DB13.DBX1.3 | |
| OUTPUTS_Vanne_Remplissage_4 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Remplis... | %DB13.DBX1.4 | |
| OUTPUTS_Vanne_Remplissage_5 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | OUTPUTS.Vanne_Remplis... | %DB13.DBX1.5 | |
| PRODUCTION | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | PRODUCTION | %M41.0 | |
| Remplissage_1 | Int | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Remplissage_1 | %MW56 | |
| Remplissage_2 | Int | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Remplissage_2 | %MW58 | |
| Remplissage_3 | Int | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Remplissage_3 | %MW62 | |
| Remplissage_4 | Int | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Remplissage_4 | %MW64 | |
| Remplissage_5 | Int | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Remplissage_5 | %MW66 | |
| TT_11 | Real | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | TT_11 | %MD100 | |
| TT_22 | Real | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | TT_22 | %MD110 | |
| TT_33 | Real | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | TT_33 | %MD120 | |
| TT_44 | Real | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | TT_44 | %MD180 | |
| Van_3 | Bool | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Van_3 | %Q124.4 | |
| Van_Vap_1 | Word | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Van_Vap_1 | %QW752 | |
| Van_Vap_2 | Word | HMI_Liaison_2 | PLC_1 | Van_Vap_2 | %QW754 | |
| <ajouter> | | | | | | |

Figure IV- 3: Table de variables IHM.

IV.7 Création des vues

L'analyse de la structure du pasteurisateur et de son fonctionnement normal ainsi que les défauts énumérés a conduit à la création de six vues distinctes. Ce choix permet d'améliorer la visualisation et le contrôle du processus, garantissant une supervision et une gestion optimales des opérations.

IV.7.1 Vue principale

Cette vue (figure IV-4) permet de contrôler la mise en marche et l'arrêt du pasteurisateur, ainsi que son arrêt en fin de cycle et le réarmement. Elle fournit des indications sur les phases de la pasteurisation, elle signale les défauts du système et elle permet l'arrêt d'urgence. De plus, elle offre un accès aux autres vues, facilitant ainsi la navigation et le contrôle complet du système.

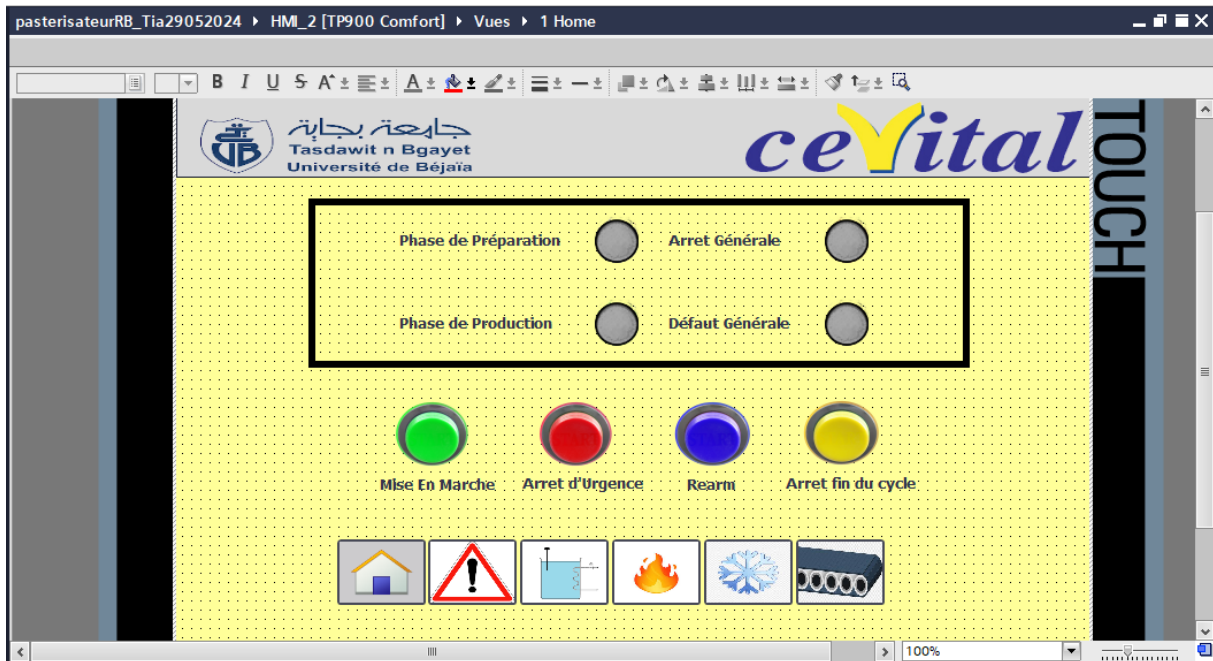


Figure IV- 4: Vue principale.

IV.7.2 Vue des défauts

Cette vue (figure IV-5) offre des indications sur les défauts de chaque équipement du pasteurisateur et signale les défauts des prises d'air ainsi que l'absence de la vapeur.

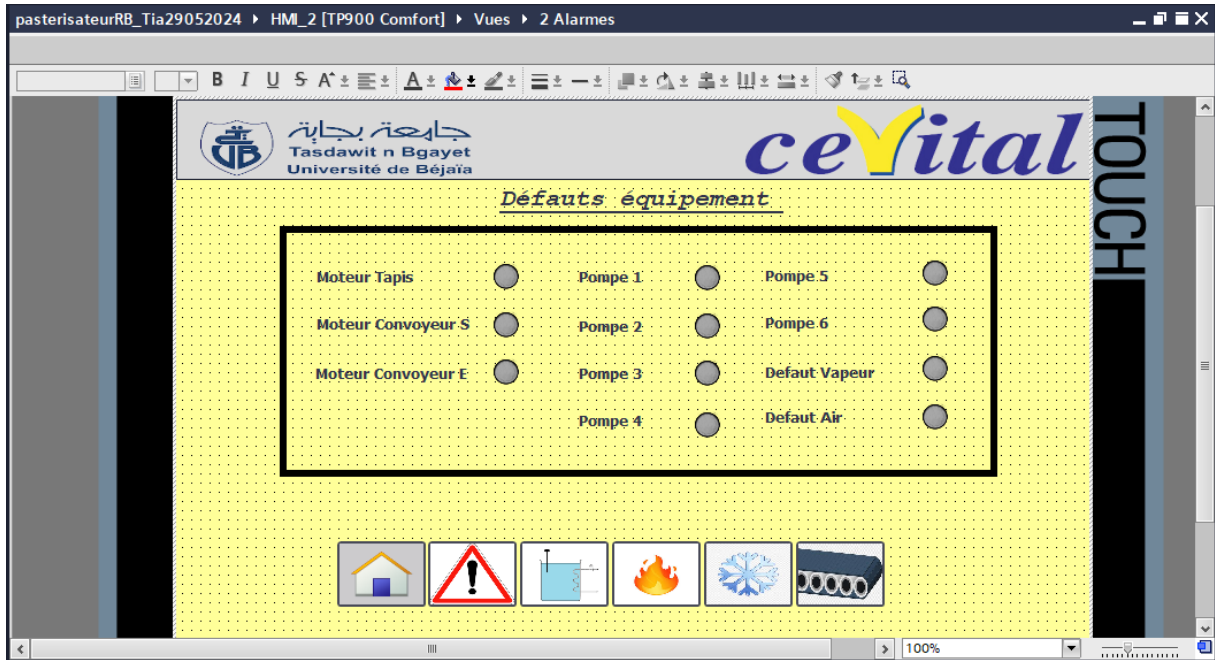


Figure IV- 5: Vue des défauts.

IV.7.3 Vue de remplissage des bassins

Cette vue (figure IV-6) présente l'état de chaque bassin du pasteurisateur, le niveau de remplissage, l'activation des vannes de remplissage et des pompes de circulation correspondantes. De plus, elle inclut une LED indiquant la présence d'eau dans les conduites.

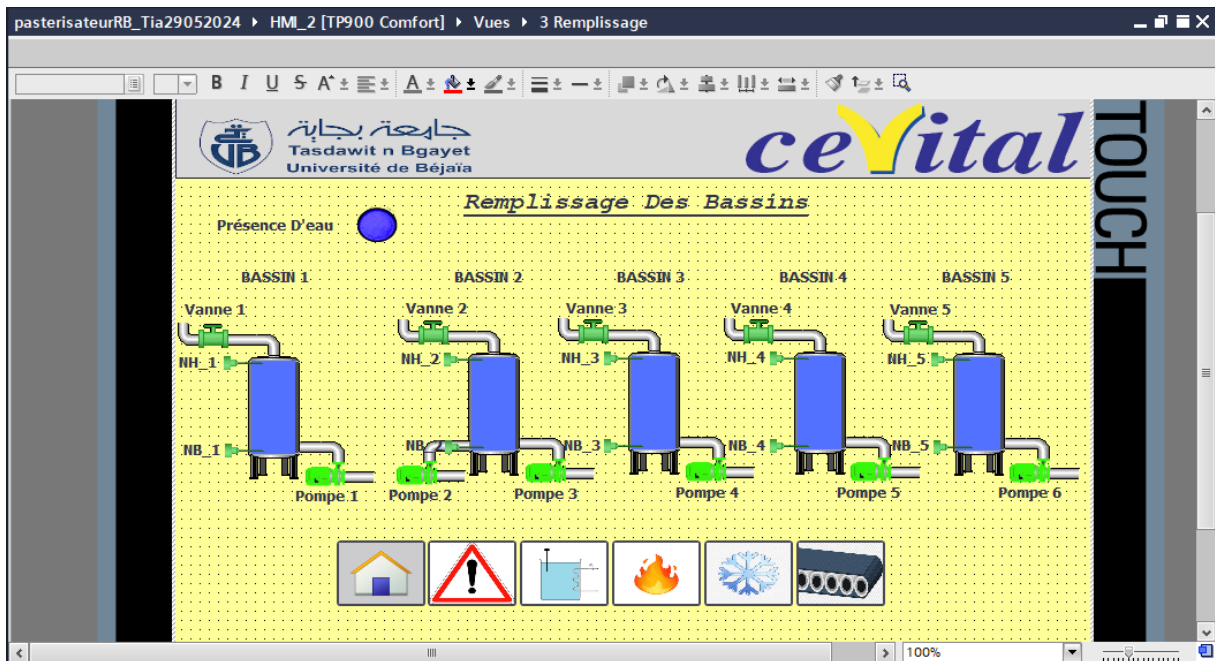


Figure IV- 6: Vue de remplissage des bassins.

IV.7.4 Vue de la régulation de température de préchauffage et pasteurisation

Dans cette vue (figure IV-7), on peut observer en temps réel l'ouverture et la fermeture des vannes modulantes de vapeur, permettant ainsi un contrôle précis du flux de vapeur dans

chaque bassin. De plus, la température de chaque bassin est affichée, offrant une surveillance détaillée et permettant d'ajuster les paramètres selon les besoins du processus.

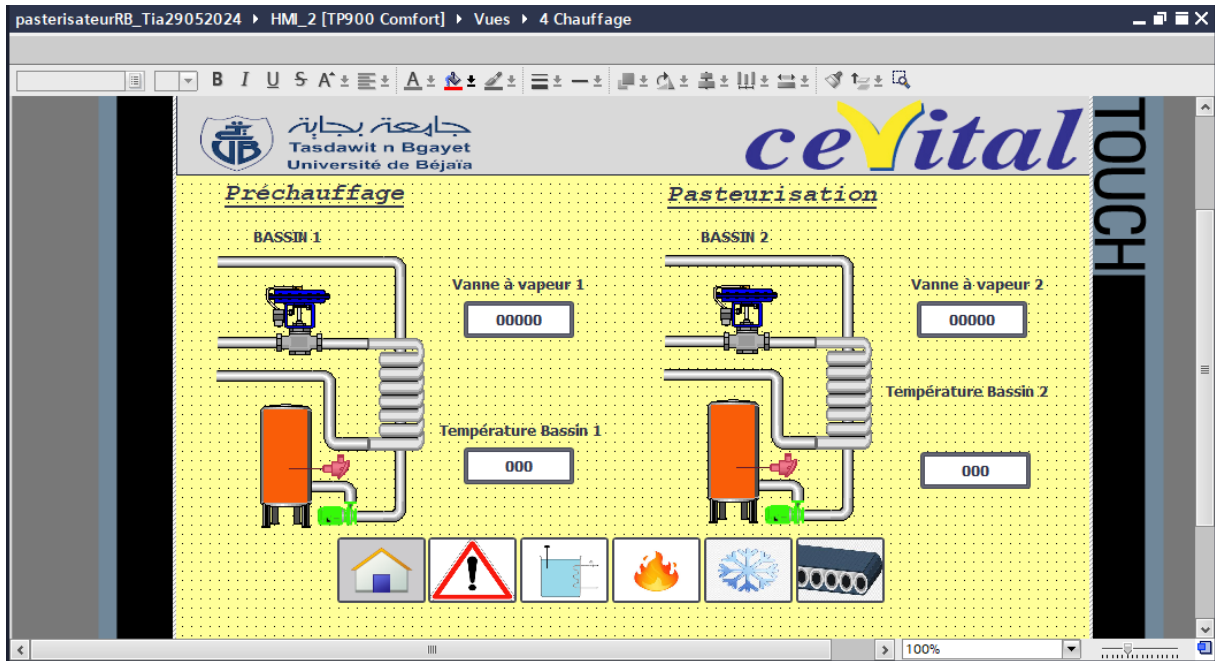


Figure IV- 7: vue de la régulation des températures de préchauffage et pasteurisation.

IV.7.5 Vue de refroidissement

Dans cette interface (figure IV-8), on a la capacité de visualiser la température des bassins de premier et deuxième refroidissement. De plus, elle permet également de surveiller l'ouverture et la fermeture des vannes de refroidissement associées à chaque bassin. Cette fonctionnalité offre un contrôle complet sur le processus de refroidissement.

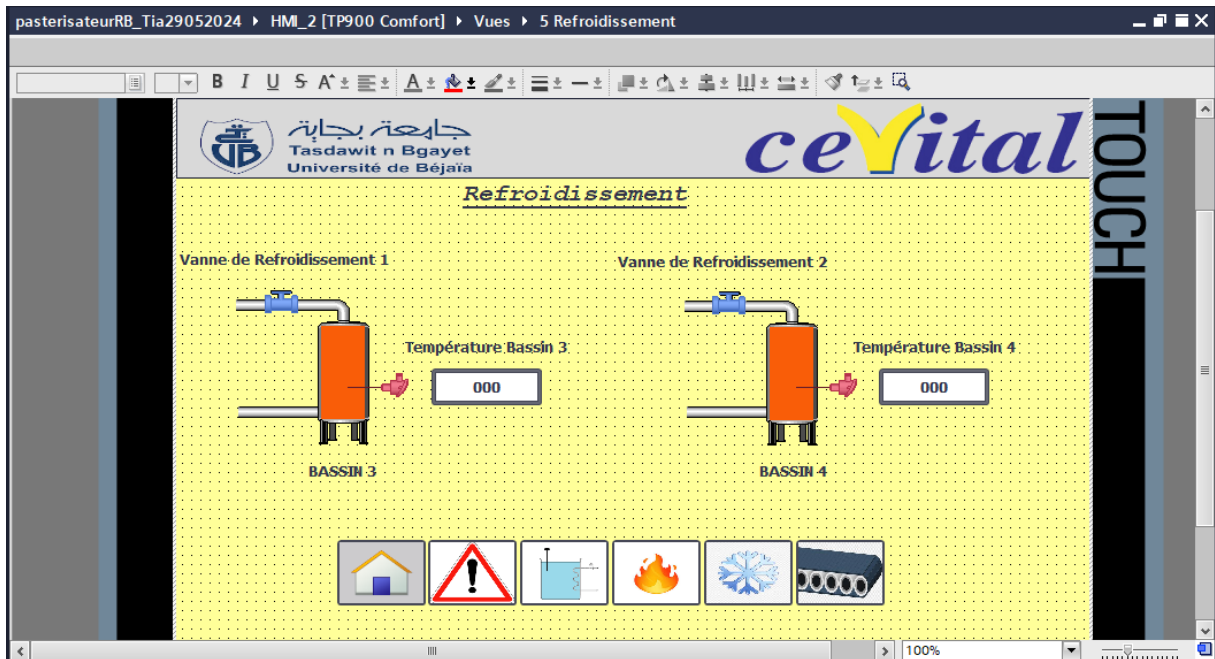


Figure IV- 8: Vue de premier et deuxième refroidissement.

IV.7.6 Vue de mise en marche des convoyeurs et du tapis roulant

La dernière vue (figure IV-9) représente celle de la production, où l'on peut activer les convoyeurs d'entrée et de sortie, ainsi que le tapis roulant du pasteurisateur. En outre, cette interface intègre la gestion du capteur de bourrage, qui détecte tout blocage et arrête automatiquement le convoyeur d'entrée et le tapis roulant afin d'éviter la saturation en bouteilles du pasteurisateur. Cela garantit un fonctionnement fluide et sécurisé de l'ensemble du processus de production.

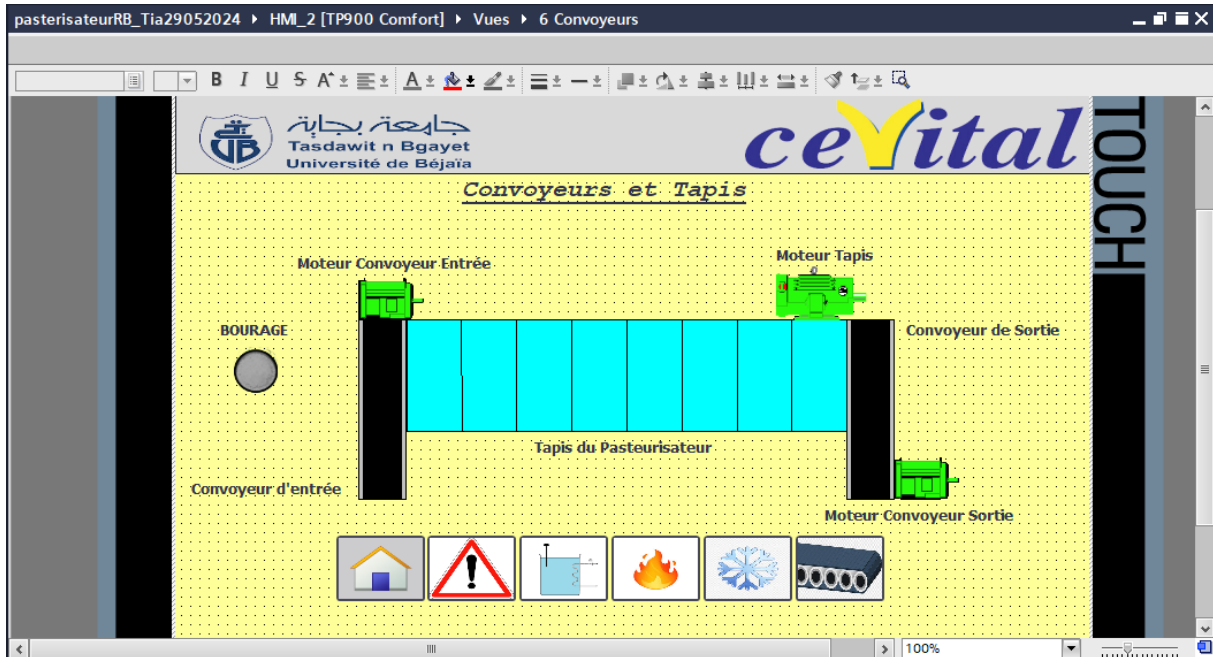


Figure IV- 9: Vue de mise en marche des convoyeurs et de tapis

IV.8 Simulation de processus

La simulation avec l'application « PLCSIM » du logiciel TIA Portal constitue une étape cruciale avant l'implémentation du programme sur une CPU physique. Cette phase vise à valider et optimiser le programme, tout en détectant les problèmes potentiels avant sa mise en service réelle. La simulation permet également de tester et de perfectionner l'interface homme-machine (IHM) associée. En fournissant un environnement virtuel sûr et réaliste. Elle permet d'évaluer les performances du système de manière exhaustive, réduisant ainsi les risques et les coûts associés à la mise en œuvre de ce projet d'automatisation innovant. Grâce à cette simulation, les ingénieurs peuvent identifier et résoudre les problèmes avant qu'ils ne surviennent dans un environnement de production réel.

IV.9 Mise en œuvre de la supervision

Dans cette section, on présente la simulation et la visualisation des vues des défauts, de remplissage des bassins, de régulation des températures, de refroidissement, et de mise en marche des convoyeurs. Chaque vue permet de surveiller et de contrôler efficacement les différents aspects du processus. Les figures IV-10 à IV-14 représente la manière de réaliser cette simulation.

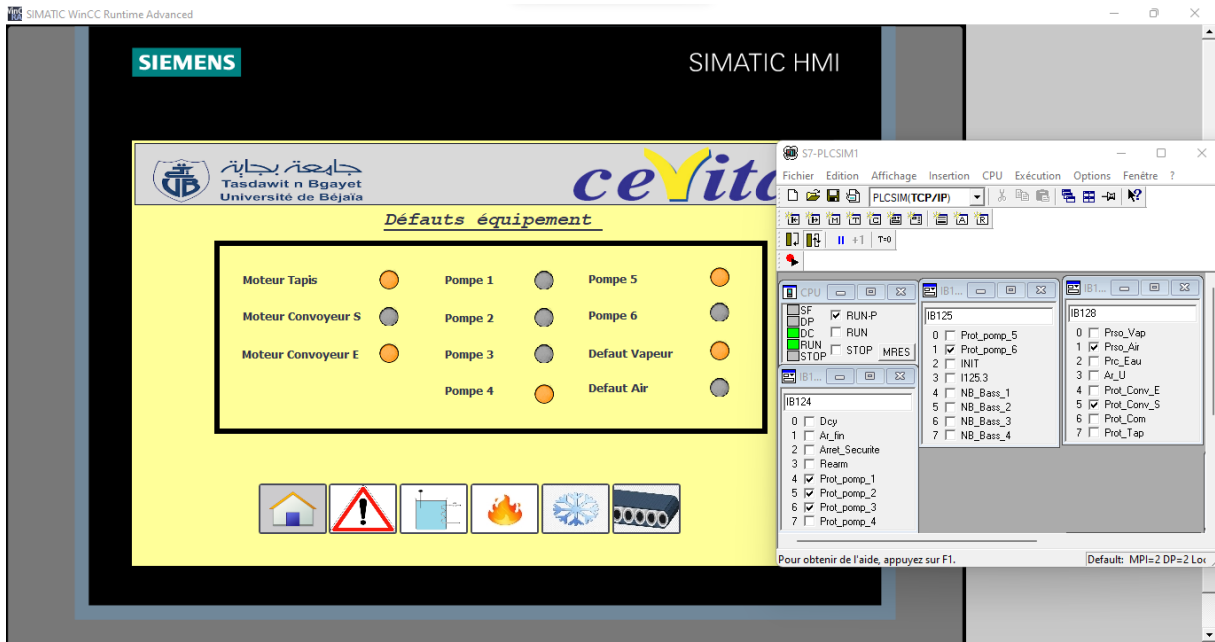


Figure IV- 10: Simulation et supervision des défauts.

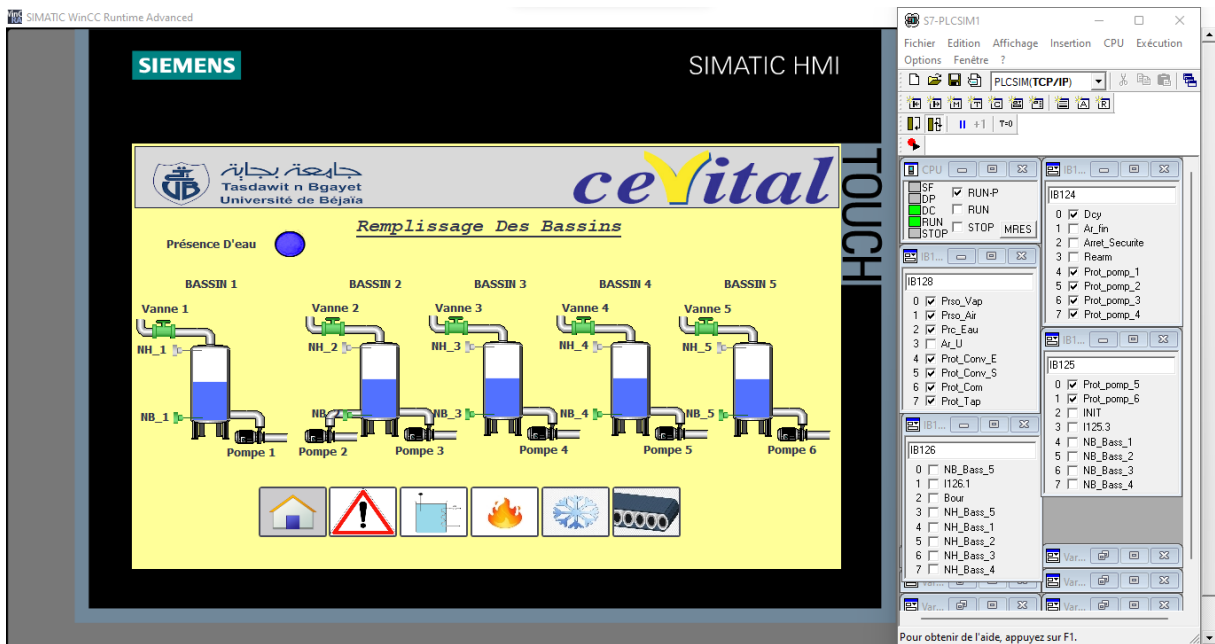


Figure IV- 11: Simulation et supervision de remplissage des bassins.

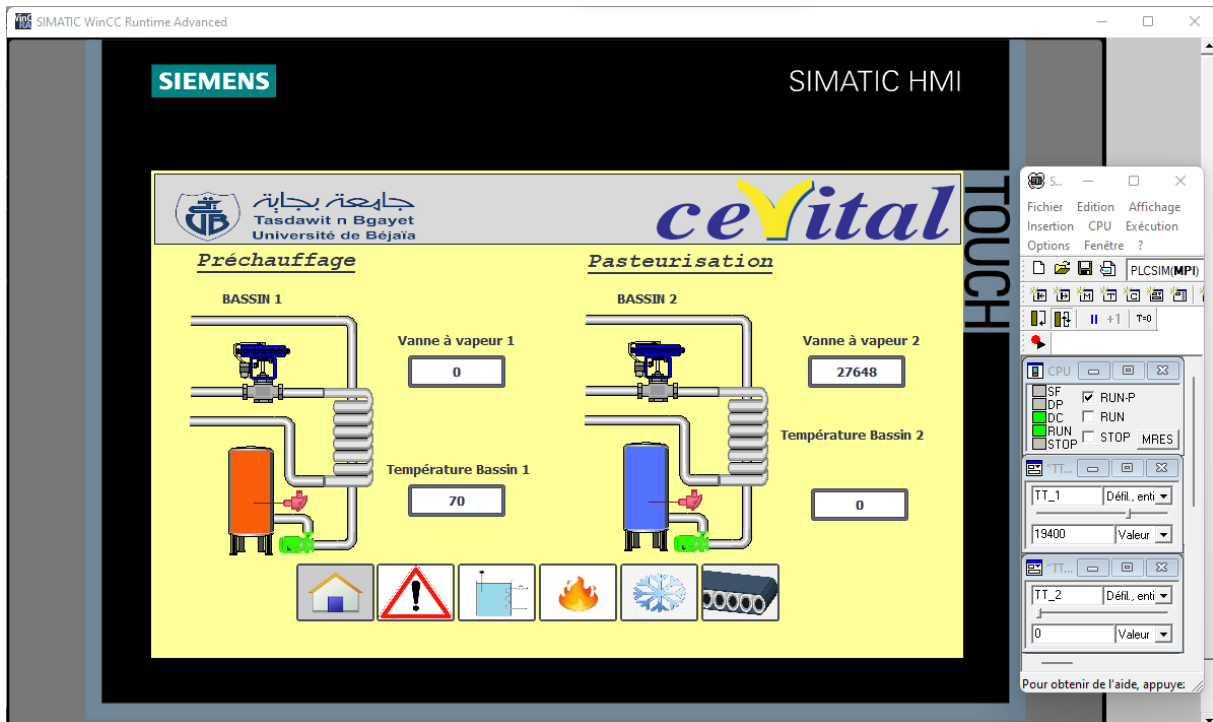


Figure IV- 12: Simulation et supervision de la régulation des températures.

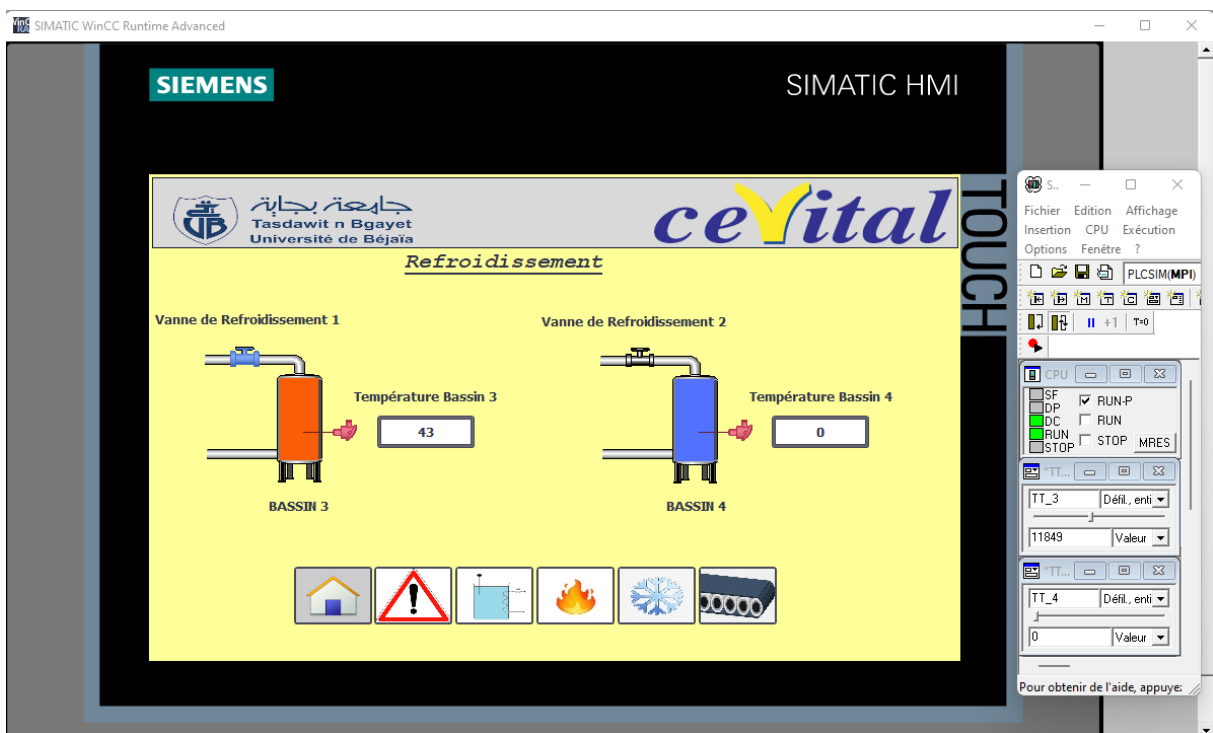


Figure IV- 13: Simulation et supervision du refroidissement.

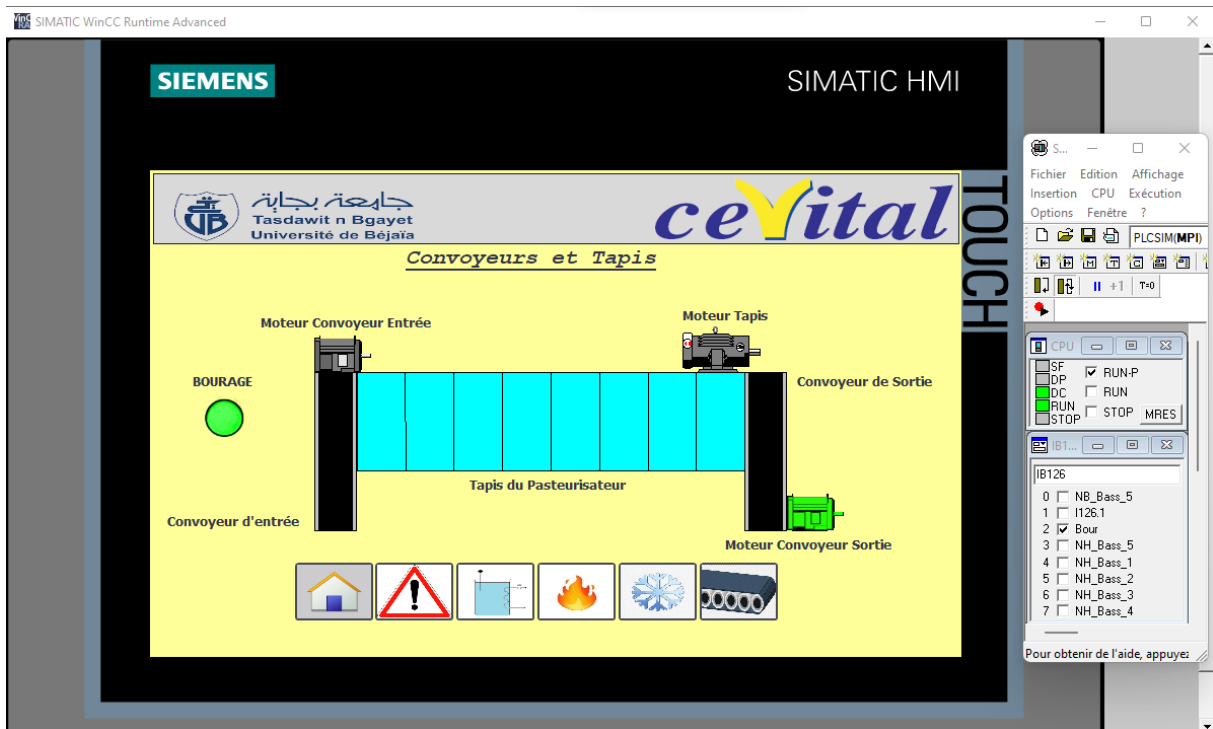


Figure IV- 14: Simulation et supervision des convoyeurs et du tapis roulant.

IV.10 Conclusion

On a utilisé le logiciel de supervision WinCC intégré au TIA Portal pour la configuration et la visualisation du pupitre SIMATIC « TP900 Comfort tactile ». La création des vues distinctes a amélioré la supervision et le contrôle du pasteurisateur étudié et automatisé. La simulation avec l'application PLCSIM du logiciel TIA Portal a permis de valider et d'optimiser le programme, de détecter les problèmes potentiels et de tester l'IHM dans un environnement sûr. Cela a réduit les risques et les coûts, garantissant une transition fluide vers l'exploitation opérationnelle du projet d'automatisation.

Conclusion générale

La pasteurisation est une tâche importante et cruciale dans l'industrie agroalimentaire pour assurer la sécurité et la qualité des produits alimentaires. En explorant le fonctionnement du pasteurisateur, l'intégration du GRAFCET, et l'utilisation du contrôleur S7-300 avec le logiciel TIA Portal, nous avons mis en lumière des solutions pour l'automatisation du pasteurisateur. La migration d'un API de marque « Omron » verrouillé vers l'API S7-300 représente une tâche essentielle et nécessaire pour CEVITAL, permettant de surmonter les défis d'automatisation et de maintenance, et garantissant la conformité aux normes de sécurité alimentaire tout en améliorant l'efficacité opérationnelle.

L'utilisation du GRAFCET a prouvé son efficacité en offrant une représentation claire et structurée des étapes du processus automatisé, facilitant ainsi la conception, la mise en service et la maintenance. De plus, l'intégration du logiciel de supervision WinCC pour la configuration et la visualisation des systèmes a permis une supervision optimale et une réduction des risques opérationnels grâce à la simulation avec PLCSIM.

Cependant, la méthodologie employée présente certaines limites, notamment en termes de complexité de la mise en œuvre initiale et des besoins en formation pour les équipes techniques. Ces aspects devront être considérés pour garantir une adoption réussie et durable de ces technologies.

Pour de futures recherches, il serait pertinent d'explorer l'impact de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique sur l'optimisation des processus de pasteurisation, ainsi que l'intégration de solutions de maintenance prédictive pour anticiper et prévenir les pannes des équipements. Cette ouverture permettrait de continuer à améliorer la qualité, l'efficacité et la rentabilité des opérations industrielles dans un contexte de plus en plus exigeant.

Liste des références bibliographiques

- [1] C. P, "La pasteurisation", CRDP d'Aquitaine : Bordeaux-Paris, France, 2011.
- [2] BENYOUB M.A et ITTOHO T.A, "Etude et réalisation d'une carte électronique à base de PIC microcontrôleur de mesure de température (-100 à+ 250° C) à base de PT100" (Doctoral dissertation), Université ibn Khaldoun, Tunis, Tunisie, 2023.
- [3] I. CIRA, "Capteurs de pression", Saint-Etienne, France, 2006 2007.
- [4] K. L, "Etude paramétrique d'une tour de refroidissement d'eau", Tizi-Ouzou, Algérie 2012.
- [5] B. REEB, "Développement des grafcets-Automatismes-Niveau B", Paris, France, 2011.
- [6] Simatic Systeme d'Automatisation S7-300 Installation et Configuration, 2017.
- [7] Hui Henry et Kieran McLaughlin, "Investigating current PLC security issues regarding simens S7 communications and TIA Portal", BCS Learning & Development : Royaume-Uni, 2018.
- [8] Manuels SIEMENS, "WinCC Flexible 2008", SIMATIC HMI, Munich, Allemagne, 2008.