N° Ordre ...../Faculté/UMBB/2024.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'Hamed BOUGARA de Boumerdes
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par :
BOUKHELIFI Mohamed el Amine
HAMMAL Yasser

Filière : Hydrocarbures
Option : Instrumentation dans l'industrie pétrochimique.

Thème

Automatisation d'un système de ramonage de chaudière par automate programmable siemens

S7-300

Soutenue le : 23 / Juin /2024

Devant le jury :

BOUMEDINE Mohand Said	Professeur	UMBB	Examinateur
MENDILE Chafia	Professeur	UMBB	Examinateur
KHELASSI Abdelmadjid	Professeur	UMBB	Encadreur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **Dieu**, le Tout-Puissant, qui nous a accordé de la force, la sagesse et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire. Sa bienveillance et sa miséricorde nous ont accompagnés tout au long de ce parcours, et nous lui sommes profondément reconnaissants.

Nous tenons également à dresser nos sincères remerciements à **Monsieur KHELASSI Abdelmadjid** pour son encadrement précieux et son soutien indéfectible. Ses conseils avisés, sa disponibilité constante et le temps qu'elle nous a généreusement consacré ont été une source d'inspiration et ont grandement contribué à la réussite de ce travail et **Monsieur Mustapha HEDIMI** et **ZEBBOUJ Omar** qui nous ont grandement assisté durant la période de notre stage pratique.

.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance à l'ensemble du personnel de la raffinerie d'Alger où nous avons eu l'opportunité d'effectuer notre stage pratique. Leur accueil chaleureux et leur professionnalisme ont été déterminants dans l'acquisition de nouvelles compétences. Un remerciement tout.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail et pour le temps précieux qu'ils nous ont consacré

Enfin, nous souhaitons exprimer notre gratitude à nos collègues d'études pour les échanges fructueux que nous avons partagés et qui ont rendu ce parcours académique plus enrichissant et agréable.

Nous exprimons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail. Nous leur sommes profondément reconnaissants pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants.

Dédicace

En premier lieu, à **Dieu** le tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste travaille à :

A ma très chère Mère qui à sacrifiée pour mon bien être, en souhaitant de tout mon cœur le bon dieu de me la garder et mon très cher Père qui m'a toujours soutenu dans les moments difficiles et pour ce sacrifice et ces encouragements qui m'ont soutenu tout au long de ma vie scolaire et universitaire, je demande à dieu de le garder pour moi.

À ma famille, mes frères et mes sœurs

À tous mes amis avec eux j'ai passé mes meilleurs moments.

À mes camarades de la FHC, surtout mes chers amis de la promo H19,

À tous les enseignants de notre département.

À tous ceux, qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette mémoire de fin d'études.

HAMMAL Yasser

Dédicace

En premier lieu, à **Dieu** le tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste travaille à :

A ma très chère Mère qui à sacrifiée pour mon bien être, en souhaitant de tout mon cœur le bon dieu de me la garder et mon très cher Père qui m'a toujours soutenu dans les moments difficiles et pour ce sacrifice et ces encouragements qui m'ont soutenu tout au long de ma vie scolaire et universitaire, je demande à dieu de le garder pour moi.

À ma famille, mes frères et mes sœurs

À tous mes amis avec eux j'ai passé mes meilleurs moments.

À mes camarades de la FHC, surtout mes chers amis de la promo H19,

À tous les enseignants de notre département.

À tous ceux, qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette mémoire de fin d'études.

BOUKHLIFI MOHAMED Amine

Table des matières :

Introduction générale.....1

Parie A : partie théorique

CHAPITRE I : Généralités sur l'instrumentation

I.1 Introduction générale sur la raffinerie d'Alger.....4
I.2 L'instrumentation.....5
I.2.1 Définition de l'instrumentation.....5
I.2.2 Le rôle de l'instrumentation.....5
I.3 La régulation.....5
I.3.1 Définition de régulation.....5
I.3.2 Objectif de régulation.....5
I.3.3 Les types de la régulation.....6
I.3.4 Les instruments de constituons une boucle de régulation.....7
I.3.4.1 Régulateur industriel.....7
I.3.4.2 Capteur.....7
I.3.4.3 Transmetteur.....8
I.3.4.4 Le capteur-transmetteur.....10
I.4 Les instruments de mesure de chaudière.....11
I.4.1 Les instruments de mesure de pression.....11
II.4.1.1. Indicateurs de pression.....11
I.4.1.1 Transmetteurs de pression.....12
I.4.2 Les instruments de mesure des débits.....13
I.4.2.1 Débitmètre.....13
I.4.2.2 le débitmètre et leur fonctionnement.....13
I.4.3 Les instruments de mesure de températures.....14
I.4.3.1 Transmetteur de température.....14
I.4.3.2 Capteurs de température les plus courants.....15
I.5 Actionneurs.....16
I.5.1 Les vannes.....16
I.5.1.1 Structure de vanne.....16
I.5.1.2 Différents types de vannes.....17
I.5.1.3 Choix de la vanne.....19
I.6.Conclusion.....19

CHAPITRE II : Système de ramonage

II.1 Introduction à l'étude du système de ramonage 21
II.2 Chaudière 21
II.3 Définition de ramonage 23
II.4 L'importance du ramonage 23
II.5 les types des ramoneurs 24
II.5.1 Ramoneur de suie longs et rétractables 24
II.5.2 Souffleur de suie rétractable Rack 26
II.5.3 le ramoneur rotatif 27
II.6 Materiels utilises dans le système 28
II.7 La fonctionnement de la séquence de ramonage 29
II.7.1 Mode automatique / manuel 29
II.7.2 Commandes locales SLP 29
II.7.3 Séquence de préchauffage 29
II.7.4 Début de la séquence 31
II.7.5 Arrêt de la séquence 32
II.7.6 Séquence de ramonage en mode manuel 33
II.7.7 Début de la séquence 33
II.7.8 Arrêt de la séquence 35
II.7.9 Séquence de ramonage en mode automatique 35
II.7.10 Début de la séquence 35
II.7.11 Arrêt de la séquence 36
II.7.12 Échec de la séquence 37
II.8 Conclusion 37

CHAPITRE III : Automate programmable

III.1 Introduction 39
III.2 Définition 39
III.3 Structure d'un système automatisé 40
III.3.1 Section opérationnelle 40
III.3.2 Section de commande 40
III.3.3 Poste de contrôle 41
III.4 Domaines d'emploi des automates 41
III.5 Nature des informations traitées par l'automate 41

III.6 Architecture des automates 41
III.6.1 Aspect extérieur 41
III.6.2 Structure interne 42
III.6.3 Fonctions réalisées 43
III.7 Choix d'un automate programmable industriel 44
III.8 Câblage des entrées/sorties d'un automate 45
III.8.1 Alimentation des entrées de l'automate 45
III.8.2 Alimentation des sorties de l'automate 45
III.9 Traitement du programme automate 45
III.10 Les langages graphiques 46
III.10.1 Ladder Diagram (Diagrammes échelle) 46
III.10.2 The Function Block Diagram (FBD) 48
III.10.3 GRAFCET 49
III.11 Les langages textuels 50
III.11.1 Instruction List (Liste d'instructions) 50
III.11.2 Le texte structuré 50
III.12 Adressage des entrées/sorties 51
III.13 Choix de langage 52
III.14 Conclusion 52

Partie B :partie pratique

CHAPITRE IV : Programmation et simulation

IV.1. Introduction 54
IV.2. Programmation STEP7 54
IV.2.1. Définitions du logiciel STEP7 54
IV.2.2. Création d'un nouveau projet 54
IV.2.3. Configuration matérielle 58
IV.2.4. Câblage d'entrée 59
IV.2.5. Câblage des sorties 59
IV.2.6. Table des Mnémoniques 59
IV.2.7. La programmation sur STEP7 60
IV.2.8. Blocs du programme utilisateur 60
IV.2.9. Simulateur PLCSIM 61
IV.3. Simulation 62

IV.3.1. Simulation de block IN_BCD 63
IV.3.2. Simulation de block rack / rétractable..... 64
IV.3.3. Simulation de block rotative.....65
IV.3.4. Simulation de block AI_FB.....66
IV.3.5. Simulation de block AI_HH_TRIP.....67
IV.3.6. Simulation de block AI_LL_TRIP.....68
IV.4. WinCC Flexible.....69
IV.4.1. WinCC Flexible runtime.....69
IV.4.2. Intégrer WinCC avec Step 7 69
IV.4.3. Configuration du panel de supervision.....70
IV.4.1. Interfaces de système.....70
IV.4.1.1. La première fenêtre. 70
IV.4.1.2. La deuxième fenêtre.....71
IV.4.1.3. La troisième fenêtre 72
IV.5. Conclusion.....73

Conclusion générale.....74

Listes des figures

Figure I. 1:la vue de la raffinerie d'Alger 4
Figure I. 2:représentation d'une régulation de boucle fermée 6
Figure I. 3:Régulateur industriel 7
Figure I. 4:schema descriptive d'un capteur 7
Figure I. 5:schéma présentative d'un transmetteur 9
FigureI. 6: Capteur transmetteur 10
Figure I. 7: Manomètre à tube de Bourdon 11
Figure I. 8:transmetteur de pression 12
Figure I. 9:Débitmètres à pression différentielle 14
Figure I. 10: Thermocouple 15
Figure I. 11:Détecteur de température de la résistance 15
Figure I. 12: La vane régulatrice 17
Figure I. 13: Vanne Tout Ou Rien (TOR) 18
Figure I. 14:vanne motorisée 18
Figure II. 1: La Chaudière 22
Figure II. 1: La Chaudière 22
Figure II. 2: Principe de fonctionnement de ramonage 24
Figure II. 2: Principe de fonctionnement de ramonage 24
Figure II. 3: Ramoneur rétractable 25
Figure II. 3: Ramoneur rétractable 25
Figure II. 4: Ramoneur type rack 26
Figure II. 4: Ramoneur type rack 26
Figure II. 5: Ramonage type rotative 27
Figure II. 5: Ramonage type rotative 27
FigureII. 6:organigramme de la séquence de préchauffage 30
FigureII. 6:organigramme de la séquence de préchauffage 30
FigureII. 7: Fonctionnement Manuel 34
Figure III. 1: Architecture d'un système automatisé. 40
Figure III. 2: Automate modulaire (SIEMENS) 42
Figure III. 3: Structure interne d'un API. 42
Figure III. 4: Architecture réelle d'un API S7-300. 43
Figure III. 5:example de function block 48
Figure III. 6: Représentation simplifiée et détaillée d'un Grafcet 50
Figure IV. 1: Assistant de STEP7 48
Figure IV. 2: Choix de la CPU 48
Figure IV. 4: Choix du nom et conception du projet 50
Figure IV. 5:MANAGER SIMATIC FENETRE D'UN PROJET 50
Figure IV. 6: Configuration du matériel 51
Figure IV. 7: Table de mnémonique 52
Figure IV. 8: Simulateur PLCSIM 54
Figure IV. 9: Barre de configuration du step 7 55
Figure IV. 10:bouton charger 55
Figure IV. 11:exemple de forcement dune entrée 55

Figure IV. 12:exemple de variation de valeur de température.....55
Figure IV. 13:simulation de block IN_BCD 56
Figure IV. 14: Simulation de block rack / rétractable.....57
Figure IV. 15: Simulation de block rotative 58
Figure IV. 16:simulation de block AI_FB 59
Figure IV. 17:simulation de block HH_TRIP 60
Figure IV. 18:simulation de block LL_trip.....61
Figure IV. 19:panel de supervision 63
Figure IV. 20:premiere fenetre (HOME) 63
Figure IV. 21:la fenetre de (Supervision).....64
Figure IV. 22:la fenêtre de (démarrage mode manuel).....65

listes des tableau

Tableau II. 1:présente les caractéristiques des deux chaumiers situés dans la raffinerie d'Alger.....22
Tableau III. 1: Table de variables mnémoniques. 51

ملخص:
هدف هذه الاطروحة هو تطوير نظام آلي لتنظيف المداخن يعتمد على وحدة تحكم لتحسين التشغيل و مردود الغلاية التي تعتبر من أهم العناصر في مصفاة الجزائر العاصمة هذا النظام يمنح إمكانية تنظيف مكونات الغلاية و يزيل الرواسب و الرماد للحصول على حل أكثر اقتصادي و فعالية.

Abstract :

Our project's goal is to create a soot blower system for a boiler that uses a Siemens $7-300 programmable controller in order to increase the boiler's efficiency and operation. The boiler is currently in use at the refinery's utility unit in Algiers. For a more cost-effective and efficient solution, this system automatically eliminates ash and sediment from flue gases and cleans boiler components.

Résumé :

Nous visons à créer un système de ramonage automatique d'une chaudière en utilisant un automate programmable Siemens S7-300 afin d'optimiser le fonctionnement et d'améliorer le rendement de celle-ci, dans le cadre de notre projet réalisé dans la raffinerie d'Alger. Ce système offre la possibilité de nettoyer les composants de la chaudière et de retirer automatiquement les dépôts de résidus et de cendres des gaz de combustion, ce qui permet d'obtenir une solution plus économe et plus performante.

Symboles – Abréviations

TOR : Tout ou rien

RTD : Résistor Thermomètre Detector

API : automate programmable industriel

PT100 : Platinum Resistance Thermometer

RAR : Réchauffeur d'air rotative

MOV : Motorised valves

SLP : Sootblowers Local Panel

SLC : Sootblowers Logic Cabinet

SPC : Sootblowers Power Cabinet

SPBS : Système de Protection du Moteur contre les Surintensités

MCR : Maximum Continuous Rating

MVSC : Vanne Motorisée de Vapeur Sous Contrôle

MP : Moyenne Pression

PAL : Pression d'Alarme

XSC : Extraction Souffleurs Condensates

UA : Unité d'Alarme

UL: Unité Lumineuse

HS : Hand Switch

XV : Vanne d'Extraction (X) de Vapeur (V)

MP : Moyenne Pression

TLH : Temperature Limit High

US : Unité de Surveillance

MCR : Maximum Continuous Rating

MIR : Moniteur d'Indication de Fonctionnement

Bp: bouton poussoir

DCS : Distributed Control System

Ram : ramoneur

MXHS : Multiplex Heating System

IHM : interfaces homme-machine

E/S : entrée sortie

MPI : Interface multipoint

ROM :Read-Only Memory

PROM : Programmable Read-Only Memory

EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

PCMCIA : Personal Computer Memory Card International Association.

RAM : Random Access Memory

SAP :Système d'Administration et de Planification

CAN : Controller Area Network

KM1 : Contacteur Moteur 1

OV : Over Vold

RC : Résistance-Condensateur

TRT : Temps de Réponse Total

CEI : Commission Électrotechnique Internationale

CPU : Central Processing Unit

SFC : Sequential Function Chart

POU: Program Organization Unit

IL : Instruction List

XML : Xtensible Markup Language

DOC: Disk Operating System

Introduction générale

L'une des responsabilités de la raffinerie d'Alger est de favoriser et de développer les industries de raffinage du pétrole en Algérie. Effectivement, l'usine de raffinage d'Alger dispose de divers ateliers, y compris l'atelier "instrumentation." Celui-ci s'occupe de divers problèmes demandés par de nombreuses unités, dont l'une est l'unité "utilité".

Pendant la combustion, la production d'hydrocarbures (suies) à l'intérieur de la chaudière a un impact sur son rendement, ce qui entraîne une baisse de la production de vapeur. Cela pose un problème majeur car la vapeur est l'une des principales sources d'alimentation des différentes installations de la raffinerie.

Nous sommes particulièrement intéressés par cette thématique de recherche, car elle nous permet d'approfondir nos connaissances en instrumentation industrielle. De plus, elle met en évidence les principes de contrôle et d'automatisation qui : augmentent la productivité, diminuent les dépenses et augmentent la souplesse pour répondre aux exigences des industries. Nous avons opté pour ce sujet, justement, car il est extrêmement captivant.

Dans cette dissertation de fin d'études, nous allons mettre en place un système de ramonage automatisé pour les chaudières de la raffinerie d'Alger.

Il est essentiel de réaliser des préparatifs pour automatiser le système de ramonage d'une chaudière. Effectivement, une telle étude nécessite une compréhension globale du fonctionnement du processus et une étude de sources plus directes, telles que les manuels techniques et les sites web sur le sujet. En outre, l'utilisation de ses sources permet de répondre à une série d'interrogations qui recouvrent la problématique : est-ce que la solution proposée est appropriée? Est-ce que les modifications effectuées par l'automatisation sont optimisées? Est-ce que ce nouveau système de ramonage automatique d'une chaudière installée répond aux exigences de l'entreprise?
La structure du mémoire est la suivante:

Chapitre I : Le document offre une analyse approfondie de la raffinerie d'Alger, ainsi que des concepts essentiels en instrumentation et régulation industrielle, tels que les différents types de capteurs, de transmetteurs et de vannes utilisés pour réguler des paramètres tels que la pression, la température et le débit.

Chapitre II : Ce document présente de manière approfondie le système de ramonage employé dans les chaudières industrielles, soulignant son importance pour assurer l'efficacité et la sécurité en éliminant les dépôts de suie et de cendres. Il expose diverses catégories de ramoneurs ainsi que leurs schémas de fonctionnement automatisés.

Chapitre III : Dans ce chapitre, nous abordons les automates programmables industriels (API), leur structure, leurs rôles et leur utilisation dans différents secteurs industriels. Il traite aussi des divers langages de programmation employés pour les API, comme le Ladder Diagram, le Function Block Diagram, le GRAFCET, ainsi que des langages textuels tels que l'Instruction List et le Structured Textus.

Chapitre IV : La programmation d'un système de ramonage industriel avec STEP 7 de Siemens est expliquée en détail dans ce chapitre, ainsi que sa supervision via WinCC flexible. Son domaine d'expertise englobe la conception, la simulation et la mise en place du programme automate, ainsi que la conception d'interfaces homme-machine pour le contrôle et la surveillance en direct.

.

Chapitre I :
Généralité sur l'instrumentation

I.1 Introduction générale sur la raffinerie d'Alger

La raffinerie d'Alger est une des principales raffineries de pétrole d'Algérie. Située dans la capitale, elle a été construite dans les années 1960 et reste l'un des fleurons industriels du pays.

D'une capacité de raffinage d'environ 4,7 millions de tonnes par an, elle produit une large gamme de produits pétroliers indispensables à l'économie algérienne : essences, gazoles, fiouls lourds, gaz de pétrole liquéfié, etc. Ces produits raffinés alimentent le marché national et font également l'objet d'exportations.

La raffinerie s'étend sur un vaste complexe industriel de plusieurs centaines d'hectares au coeur de la zone industrielle d'Alger. Elle emploie un millier de personnes hautement qualifiées pour faire fonctionner en continu ses nombreuses unités de production, d'utilités et de traitement des effluents.

Outre les unités classiques de distillation atmosphérique et sous vide, l'outil de raffinage comprend des unités de conversion profonde (craquage catalytique, hydrocraquage, etc) permettant de valoriser au maximum le pétrole brut algérien. D'importants investissements ont été réalisés ces dernières années pour moderniser et accroître les capacités de la raffinerie.

Connectée aux gisements pétroliers du Sahara par des oléoducs, cette raffinerie de premier plan contribue à la sécurité énergétique de l'Algérie et joue un rôle majeur dans son industrie pétrochimique. Sa gestion optimale représente donc un enjeu économique et stratégique clé pour le pays [1].

Figure I. 1: La vue de la raffinerie d'Alge

I.2 L'instrumentation

La majorité des processus industriels nécessitent le contrôle d'un certain nombre de paramètres : température, pression, niveau et débit.

Ils appartiennent à la chaine de régulation et généralement a la chaine d'asservissement qui est de maintenir des niveaux prédéterminés les paramètres qui régissent le fonctionnement du processus.

I.2.1 Définition de l'instrumentation

L'instrumentation est un domaine comprenant les méthodes d'implantation, de réglages et d'exploitation de tous les appareils de mesure, de calcul et d'action nécessaires à la maîtrise du processus industriel, y compris les aspects de protection et de sécurité [2].

I.2.2 Le rôle de l'instrumentation

Dans le domaine de l'automatisation industrielle, l'instrumentation joue un rôle crucial en surveillant et en contrôlant les variables physiques telles que la température, la pression, le débit et le niveau. Ces données sont utilisées pour réguler les processus afin de maintenir des conditions optimales. De plus, l'instrumentation fournit un feedback aux systèmes de contrôle en boucle fermée, ajuste automatiquement les paramètres du processus pour maintenir les valeurs cibles. Elle permet également d'automatiser diverses tâches, d'assurer la sécurité des opérations industrielles en détectant les conditions dangereuses et en déclenchant des alarmes, et d'optimiser les performances des processus en analysant les données recueillies. En somme, l'instrumentation contribue à améliorer l'efficacité, la sécurité et la fiabilité des opérations industrielles [2].

I.3 La régulation

I.3.1 Définition de régulation

La régulation automatique englobe tous les moyens matériels et techniques utilisés pour maintenir automatiquement (sans intervention manuelle) une grandeur physique parmi les grandeurs de sortie du procédé (grandeur réglée), équivalente à une valeur souhaitée appelée consigne, quelles que soient les entrées du procédé non commandables ou perturbées.

Quand il y a des perturbations ou un changement de consigne, la régulation automatique effectue une action correctrice sur une autre grandeur physique, parmi les grandeurs d'entrée du procédé (grandeur réglant). Cela permet de ramener la grandeur réglée à sa consigne initiale (en cas de perturbations) et d'ouvrir sa nouvelle consigne (en cas de changement de consigne, c'est-à-dire un changement de point de consigne) [3].

I.3.2 Objectif de régulation

Maintenir la stabilité des systèmes instables
Améliorer la précision
Améliorer la productivité du matériel
Maîtriser la qualité de production
Améliorer l'hygiène (moins de personnel)
Réduire les conséquences de la variabilité des produits [3].

I.3.3 Les types de la régulation

- **Régulation de Boucle ouverte**

En mode manuel, le régulateur ne reçoit pas de retour d'information de la grandeur à réguler, ce qui signifie que la grandeur de correction n'est pas liée à la grandeur de mesure en temps réel. Dans ce cas, la boucle est ouverte et la précision de la régulation dépend entièrement de l'expertise et de l'expérience de l'opérateur. Ce mode est souvent utilisé pour des tâches de contrôle simples et ne nécessitant pas une grande précision [3].

- **Régulation en boucle fermée**

Dans une boucle fermée, la grandeur mesurée est comparée à la valeur de consigne et l'écart est utilisé pour calculer une commande de correction qui est envoyée à l'actionneur. La grandeur de la correction est donc dépendante de la grandeur de la mesure, ce qui permet de maintenir la grandeur mesurée à sa valeur de consigne malgré les perturbations. La boucle fermée est également appelée boucle de rétroaction, car elle utilise l'information de la mesure pour ajuster la commande[3].

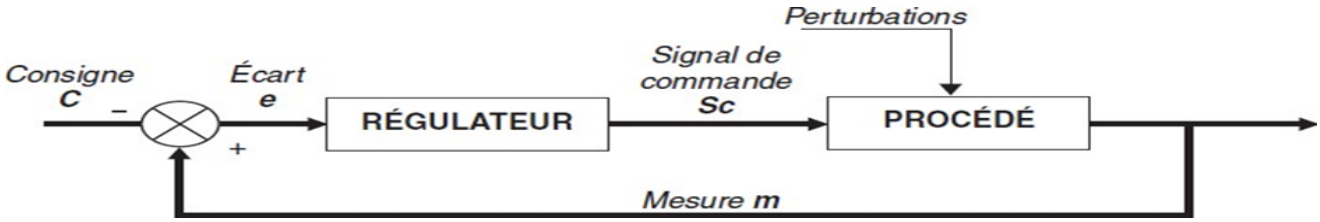


Figure I. 2: Représentation d'une régulation en boucle fermée

- **Régulation en cascade**

La méthode de contrôle avancée appelée boucle de régulation en cascade utilise plusieurs boucles interconnectées afin d'améliorer les performances d'un système. Elle est composée d'une boucle primordiale qui gouverne une variable de processus critique et de boucles secondaires qui gouvernent des variables moins importantes mais qui ont un impact direct sur la variable principale. La boucle principale est utilisée comme référence pour les boucles secondaires, ce qui permet un ajustement précis afin de maintenir la variable principale à sa valeur cible. Grâce à la boucle de régulation en cascade, la réactivité aux perturbations est améliorée, les interactions entre les variables sont réduites et le système obtient une meilleure performance globale [3].

I.3.4 Les instruments de constituons une boucle de régulation

I.3.4.1 Régulateur industriel

Le régulateur industriel est un dispositif dont la fonction principale est de superviser le processus, c'est-à-dire d'assurer que les comportements dynamiques et statiques du procédé respectent les exigences spécifiées. Cela se fait en ajustant et en adaptant les paramètres de sa fonction de transfert à la méthode à contrôler [4].

Figure I. 3: Régulateur industriel

I.3.4.2 Capteur

Un capteur est un dispositif de collecte de données qui crée, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (généralement électrique). Il est possible d'utiliser cette grandeur représentative de la grandeur prélevée pour des mesures ou des commandes [5].

Entrée

Grandeur physique : La grandeur d'entrée du capteur (position, pression, température, niveau, déplacement,) fournit une information précieuse à l'unité d'acquisition et de traitement en fonction de son état ou de ses variations.

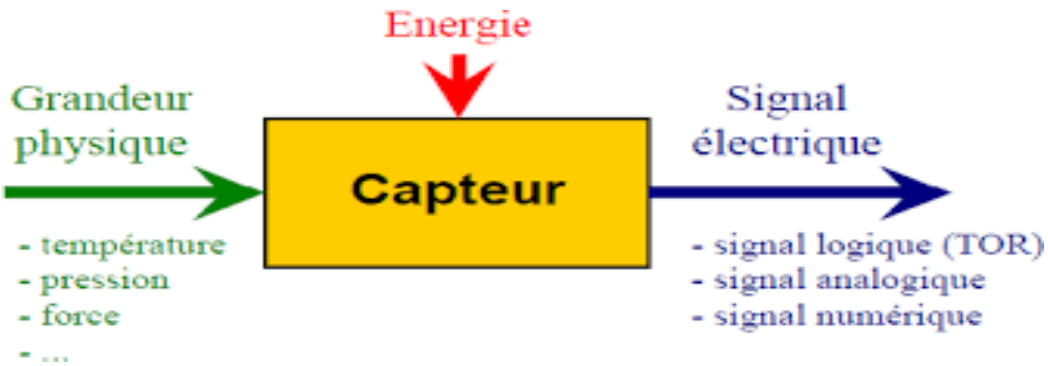


Figure I. 4 : Schema descriptive d'un capteur

Sortie

Grandeur électrique : La sortie du capteur, plus précisément de la chaîne de mesure, est la grandeur de sortie. Ce signal électrique de sortie, appelé exploitable, peut-être de différentes natures :

- Analogique : continu dans le temps
- Logique : binaire 0 ou 1, ou TOR
- Numérique : valeur à deux êtas

- **Les types de capteur**

En ce qui concerne les phénomènes physiques qui se déroulent dans les capteurs, on peut les classer en deux catégories :
Capteurs actifs
Capteurs passifs

- **Un capteur actif**

En règle générale, il repose sur le principe de l'effet physique qui garantit la transformation en énergie électrique de la forme d'énergie à la grandeur physique à prélever, qu'il s'agisse d'énergie thermique, mécanique ou rayonnante [5].

- **Capteurs passifs**

En général, il s'agit d'une impédance dont l'un des facteurs déterminants est influencé par la grandeur mesurée. Il en découle une variation d'impédance :
Le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteurs de position, de potentiomètres, d'inductances à noyaux mobiles et de condensateurs à armature mobile varie en fonction de la taille du capteur.
Il peut s'agir d'une déformation causée par une force ou une grandeur qui y est associée, ainsi que d'une accélération de la pression (par exemple, une armature de condensateur soumise à une variation de pression, ou une jauge d'extensomètre liée à une structure déformable) [5].

I.3.4.3 Transmetteur

Les appareils intelligents tels que les transmetteurs numériques sont des dispositifs électroniques qui reposent sur un microprocesseur. Le signal de sortie du capteur est converti en un signal de mesure standard, ce qui permet de relier le capteur au système de commande [6].

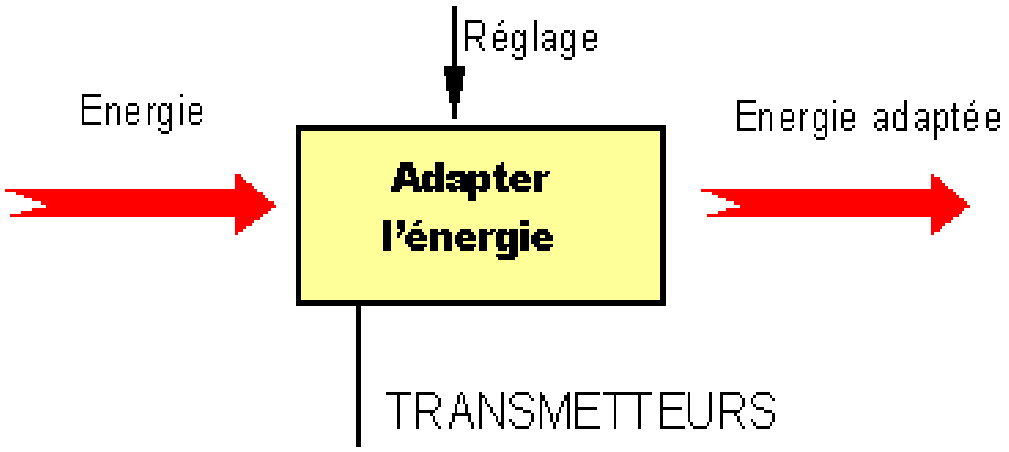


Figure I. 5 : Schéma présentative d'un transmetteur

- **Signaux universels**

Un signal de faible intensité est produit par un capteur, appelé « signal bas niveau ». Pour mesurer l'étendue du capteur, les signaux de "bas niveau" comprennent : le potentiomètre, le thermocouple, le RTD (Résistor Thermomètre Detector), la tension (par exemple : -20 mV à + 20mV, 0 à 100 mV) ou le courant.

L'énergie d'un transmetteur est connue sous le nom de « signal haut niveau », car elle permet de transmettre la mesure à une distance importante (plusieurs centaines de mètres) du point de mesure. Il existe différents signaux de "haut niveau" tels que (0-5) V, (1-5) V, (0-10) V, (0-20) mA et (4 - 20) mA.

Un capteur peut être connecté à l'entrée de mesure d'un dispositif de contrôle comme un automate programmable industriel (API) ou un régulateur, même si le signal est de "bas niveau".

Dans cette situation, la carte d'entrée remplace le transmetteur manquant et effectue, par exemple, l'amplification et le traitement de linéarisation du signal émis par un thermocouple [6].

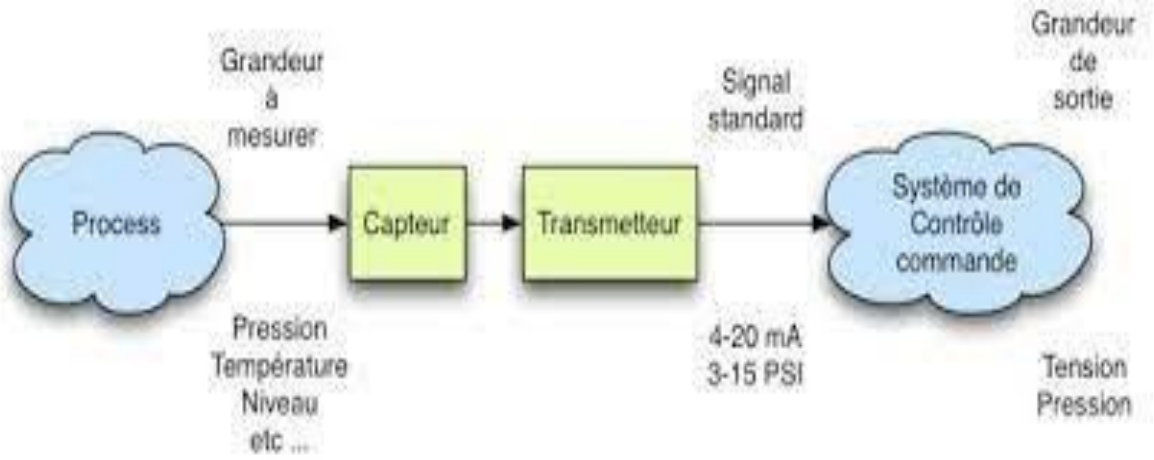
- **Le standard 4-20 mA**

Le signal analogique présente des bénéfices en courant de 4-20 mA :

Il n'est pas impacté par les fluctuations de tension ohmiques.

I.3.4.4 Le capteur-transmetteur

C'est l'un des éléments indispensables pour assurer le bon déroulement du processus de l'automatisation du système. Son objectif est de collecter les données (débit, température, pression) et de les transmettre au système de traitement d'information à travers un transmetteur [6].



FigureI. 6: Capteur transmetteur

Les bornes de sortie du signal se trouvent dans un compartiment distinct du boîtier. Les bornes supérieures sont des bornes de signal et les bornes inférieures sont des bornes de test où le signal est le même (4-20 mA). Le transmetteur reçoit son alimentation électrique grâce au raccordement électrique du signal.

I.4 Les instruments de mesure de chaudière

I.4.1 Les instruments de mesure de pression

I.4.1.1 . Indicateurs de pression

On utilise des indicateurs de pression pour mesurer la pression des liquides et des gaz lorsqu'ils ne sont pas très visqueux ou cristallisés. Le fonctionnement d'un indicateur de pression peut être résumé de la manière suivante :

Le tube du bourbon est directement affecté par la pression du milieu, ce qui fait tourner l'indicateur à son extrémité libre. Par exemple

- **Manomètre à tube de Bourdon**

Le tube bourdon est le mètre de pression le plus couramment utilisé. Il s'agit d'un outil mécanique qui mesure la pression sans avoir besoin d'une alimentation électrique. Fait d'acier pour résister à la rouille et à la corrosion. A bourdon tube gauge peut mesurer une pression allant de 0,6 à 7000 bar (8 à 10000 psi). Il convient à des médias liquides ou gazeux pour le vacuum, ainsi qu'à des applications à basse et à haute pression. Il s'agit d'un instrument compact parfait pour des applications à fortes vibrations et des charges de pression dynamiques. The gauge de tension du tube Bourdon est présenté ci-dessous [7].

Figure I. 7 : Manomètre à tube de Bourdon

I.4.1.2 Transmetteurs de pression

La pression est une donnée extrêmement précieuse pour de nombreuses utilisations industrielles. En effet, il est possible de mesurer la pression dans certaines situations afin de mesurer le niveau d'un liquide, la température d'une chaudière thermique, le débit, la densité ou la viscosité de certains gaz ou liquides.

Un capteur de pression est un appareil qui permet d'évaluer la pression exercée. La pression physique est convertie en un signal électrique par le capteur de pression. Un capteur de pression, également connu sous le nom de transducteur ou de transmetteur de pression, est un appareil qui permet de mesurer et de convertir une pression mécanique ou hydraulique en un signal électrique. La mesure de la pression peut être affichée sur un afficheur ou transmise à un régulateur, un automate ou à un système d'acquisition de données pour un traitement ultérieur [8].

Figure I. 8 : Transmetteur de pression

- **Principales catégories de transmetteurs industriels de pression**

Même si les capteurs de pression possèdent de nombreux principes de mesure, il y a quatre types de transmetteurs de pression industriels couramment utilisés sur le marché. Ils diffèrent en fonction de la nature de la pression [7].

- **Les transmetteurs de pression standard** sont des dispositifs compacts à usage général destinés à être employés dans pratiquement toutes les applications industrielles, avec pour objectif principal de mesurer des niveaux de pression.
- **Transmetteur hydrostatique** est souvent désigné comme un transmetteur de niveau de liquide. Le fonctionnement des capteurs de pression hydrostatiques repose sur le principe

selon lequel la pression augmente en fonction de la profondeur. Ces dispositifs peuvent être immergés et utilisés avec des liquides et des gaz.

- **Le transmetteur de pression absolue** est utilisé lorsqu'il s'agit d'isoler la pression d'un gaz ou d'un liquide des variations de pression atmosphérique. On utilise ces transmetteurs de pression lorsqu'il n'y a pas de changement dans la pression mesurée, comme la température.
- **Le transmetteur de pression différentielle** il est équipé de deux diaphragmes de détection qui évaluent la variation entre deux pressions différentes. Ainsi, le dispositif de pression différentielle génèrera un signal de sortie qui correspond à la plage de pression spécifiée. Ces dispositifs sont largement employés afin de surveiller différents processus industriels.

➢ **Les avantages du transmetteur de pression**

Les jauges de pression offrent de nombreux avantages significatifs que les autres types de jauges ne possèdent pas. Les transmetteurs de pression permettent, par exemple, de mesurer directement les niveaux de pression et les variations de pression. Les capteurs de pression ont la capacité de faire face à presque tous les types d'environnements et peuvent même être totalement immergés. Ce sont des matériaux piézoélectriques, qui ne sont pas affectés par les radiations et les champs électromagnétiques. Il est également possible de relier les transmetteurs de pression à d'autres systèmes, comme des circuits électriques, et de les calibrer afin de mesurer la pression par rapport à la pression atmosphérique [14].

➢ **Les inconvénients des transmetteurs de pression**

Même si les transmetteurs de pression peuvent offrir des bénéfices, ils présentent également plusieurs désavantages. Par exemple, les dispositifs de transmission de pression sont souvent coûteux, même si cela peut varier en fonction des versions, et sont généralement difficiles à trouver [14].

I.4.2 Les instruments de mesure des débits

I.4.2.1 Le débitmètre

Un débitmètre est un dispositif qui évalue le volume de liquide ou de gaz qui se déplace dans un pipeline pendant une période spécifique.
Les débitmètres, grâce à leur mesure des débits, permettent d'avoir une vision essentielle de ce qui s'écoule et où, dans les canalisations, les systèmes de drainage et d'autres infrastructures.

I.4.2.2 Le débitmètre et leur fonctionnement

Le travail de base de tous les débitmètres est le même : ils évaluent le débit en mesurant la quantité de liquide ou de gaz qui traverse un appareil pendant une période de temps spécifique. Toutefois, il y a différents types de débitmètres, chacun adoptant une méthode distincte pour surveiller le débit.

- **Les débitmètres à pression différentielle**

L'utilisation d'un débitmètre à pression différentielle consiste à faire passer l'eau à travers un étranglement spécifique, comme un orifice ou une buse, et à mesurer la pression de l'eau des deux côtés. Une baisse de pression élevée témoigne d'un fort débit d'eau. Ce type de débitmètre présente un inconvénient clair : il diminue la pression et peut ralentir le débit d'eau, ce qui entraîne une perte de pression permanente. Les applications qui exigent une pression maximale dans tout le système ne sont pas recommandées avec ces types de débitmètres[7].

Figure I. 9: Débitmètres à pression différentielle

I.4.3 Les instruments de mesure de températures

I.4.3.1 Le transmetteur de température

Un transmetteur de température est un dispositif électronique qui transforme le signal produit par un capteur de température comme un thermocouple, un RTD ou une thermistance en un signal d'instrumentation convenable. La température du processus mesuré et contrôlé est indiquée par ce signal. Dans les transmetteurs de température, le signal de sortie d'instrumentation le plus fréquent se situe entre 4 et 20 mA ou 0-10 V CC. Par exemple, 4 mA peut représenter une température de 0°C tandis que 20 mA représente une température de 100°C. Le contrôleur reçoit le signal de température mesuré par le transmetteur de température. Le contrôleur commande l'instrument approprié pour effectuer l'action nécessaire au processus, comme l'abaissement ou l'augmentation de la température [7].

I.4.3.2 Capteurs de température les plus courants

- **Le thermocouple**

Les thermocouples sont des capteurs de température composés de deux métaux de natures différentes reliés à une extrémité. Lorsque la jonction des métaux est chauffée ou réfrigérée, une tension variable est générée, qui peut être transcrite en température. Les alliages thermocouple sont généralement en fils [9].

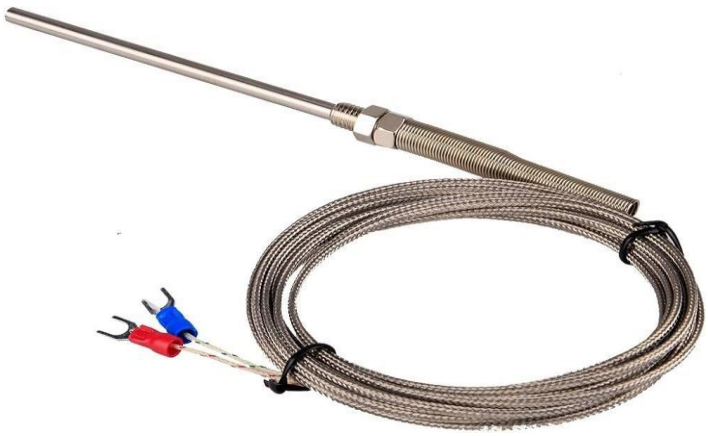


Figure I. 10: Thermocouple

- **Le détecteur de température de la résistance « RTD »**

Il est essentiel de saisir pleinement la méthode utilisée par les RTD (sondes à résistance) pour mesurer les variations de température en observant la variation de la résistance électrique dans les fils en métal. On connaît les valeurs de résistance des fils métalliques, donc les variations de valeur de résistance sont une représentation précise des variations de température [9].

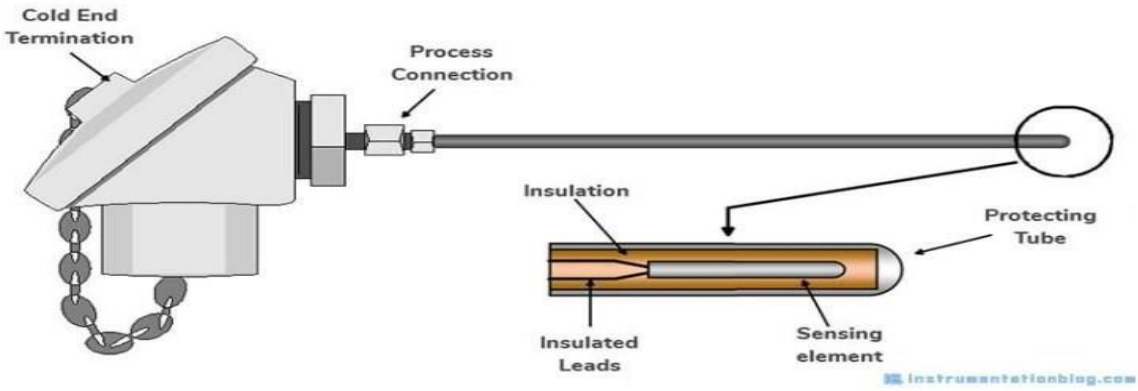


Figure I. 11:Détecteur de température de la résistance

La différence entre les deux (RTD et Thermocouple)

- Plage de température il est préférable d'utiliser des thermocouples pour les applications à haute température. La gamme de mesures des sondes RTD a été améliorée grâce à de nouvelles techniques de fabrication, cependant plus de 90 % des sondes RTD sont spécialement conçues pour des températures inférieures à 400 °C. Certains thermocouples peuvent cependant être employés jusqu'à une température de 2 500 °C.
- Coût En général, les thermocouples sont plus abordables que les RTD. Un thermocouple de même type et pour la même température est souvent deux ou trois fois plus cher qu'un RTD.
- Sensibilité Malgré la réactivité des deux types de capteurs face aux fluctuations de température, les thermocouples sont plus rapides. La réponse d'un thermocouple placé à la terre est pratiquement trois fois plus rapide qu'un RTD PT100.
- Le thermocouple à pointe exposée est le capteur de température le plus rapide. Cependant, les progrès dans la production ont également grandement amélioré les temps de réponse des sondes PT100 à couche mince.
- Précision En général, les RTD sont davantage précis que les thermocouples. En général, les RTD ont une précision de 0,1 °C, tandis que la plupart des applications ont une précision de 1 °C. Toutefois, on peut trouver la précision du RTD sur certains modèles de thermocouple. La précision du capteur peut être influencée par de nombreux facteurs tels que la linéarité, la répétabilité ou la stabilité.
- Linéarité Le RTD présente une relation quasi linéaire entre la température et la résistance dans la plage du capteur, tandis qu'un thermocouple présente un tracé de type « S ».
- Stabilité Les résultats des sondes RTD demeurent constants et reproductibles pendant une durée prolongée. Les mesures du thermocouple sont susceptibles de se déplacer en raison de modifications chimiques du capteur (oxydation par exemple). Les RTD sont plus stables à long terme en raison de leur linéarité et de leur absence de dérive [9].

I.5 Les actionneurs

Dans un système automatisé, un actionneur est un élément de la partie opérative qui, à la demande de la partie commande, transforme l'énergie en une forme utile pour les tâches programmées du système automatisé grâce au pré-actionneur lui-même.

I.5.1 Les vannes

Comme tout actionneur, elle fonctionne sur une grandeur qui sera toujours utilisée pour une vanne à deux voies. La grandeur réglée peut être une pression, un débit, un niveau, une température ou un rapport de concentration.

I.5.1.1 La structure de vanne

Un actionneur de vanne est un appareil mécanique qui permet de faire fonctionner une vanne en utilisant une source d'énergie. Il est possible de choisir entre cette source d'énergie électrique, pneumatique (air comprimé) ou hydraulique (flux d'huile).

Il est toujours possible de décomposer technologiquement une vanne en deux parties :
• La vanne (corps de vanne, siège, clapet).
• Le moteur d'action (Arcade, servomoteur) [10].

I.5.1.2 Les différents types de vannes

- **La vanne régulatrice**

Un vanne de régulation de débit est un appareil destiné à réguler le débit de différents fluides (liquides ou gaz) dans un système de production.
Un régulateur commande la vanne en utilisant l'air comme fluide d'asservissement. Ainsi, les fluctuations de pression de sortie d'un instrument de mesure et de contrôle entraînent l'ouverture, la fermeture ou l'action modulée de la vanne. La vanne fonctionne de manière mécanique. La vanne est connectée à un actionneur qui peut modifier la position d'un organe de fermeture. Une énergie pneumatique, électrique, hydraulique ou toute combinaison de ces énergies peut être utilisée pour faire fonctionner l'actionneur [10].

Figure I. 12: La vane régulatrice

- **La vanne Tout Ou Rien (TOR)**

On utilise souvent les vannes « Tout Ou Rien » en cas d'urgence ou de sécurité, où il est nécessaire de les fermer rapidement. Ou pour assurer une excellente isolation des équipements. Elle effectue une action discontinue où elle peut prendre deux positions ou états 0 et 1 (ou 0 et 100%), c'est-à-dire ouverte ou close. Ils peuvent être activés à distance par un opérateur ou déclenchés automatiquement par des facteurs tels qu'une pression importante, un niveau élevé, un débit élevé ou une température élevée. Ou en réalisant une série d'ouvertures et de fermetures de vannes d'isolation en alternance [10].

Figure I. 13: Vanne Tout Ou Rien (TOR)

- **La vanne motorisée**

Les vannes motorisées sont des vannes proportionnelles utilisées lorsque le débit de sortie doit être contrôlé avec précision ou ajusté en continu.

les avantages des vannes motorisées

Contrôle précis
Faible consommation d'énergie
Plaques rotatives en céramique résistantes à l'usure
Conception compacte
Adaptées aux applications à haute température

Figure I. 14: Vanne motorisée

La fonctionnent de cette vanne

La vanne est conçue avec deux disques céramiques résistants à l'usure avec des ouvertures d'écoulement triangulaires opposées (une version de vanne à bille est également proposée). En fonction du signal électrique fourni, les disques tournent sur un angle de 90 ,˚ ouvrant l'orifice d'écoulement. Différents volumes d'écoulement peuvent être obtenus en ajustant l'angle d'ouverture des disques. La géométrie adaptée de la paire de disques permet d'obtenir une caractéristique de débit pratiquement linéaire.

La servocommande électrique sans entretien se compose de puissants moteurs réversibles ; il est possible de choisir entre des moteurs à courant continu, synchrones ou pas à pas pour s'adapter au type de système de contrôle disponible[11].

I.5.1.3 Le choix de la vanne

La composition du fluide traité.
Le fluide présente une agressivité mécanique et/ou chimique.
La plage de température utilisée.
La force exercée par le fluide en amont et en aval.
Les appareils contre la cavitation.
Les appareils de réduction du bruit.
Le degré d'étanchéité souhaité entre le siège et le clapet.
Le fluide circule dans un seul sens ou deux sens.
La capacité ou le temps nécessaire pour déplacer le clapet.
Le poids, la charge.
L'entretien (marchandise de montage).
Le coût [11].

I.6 Conclusion

.

La régulation automatique est une technique qui fournit les méthodes et les outils requis pour superviser un processus

Le contrôle est réalisé en utilisant certains signaux et des instruments, dont la grandeur physique est nécessaire pour déterminer l'action à entreprendre sur le système des calculateurs numériques. Cela permet de réguler efficacement le système automatique

Chapitre II :

Système de ramonage

II.1 Introduction à l'étude du système de ramonage

Ce chapitre traite en détail le système de ramonage utilisé dans les grandes chaudières industrielles, en particulier celles fonctionnant avec des combustibles fossiles comme le charbon ou le fioul.

Après avoir défini ce qu'est le ramonage et son importance pour le maintien des performances des chaudières, le chapitre décrit les différents types de ramoneurs existants : les ramoneurs longs rétractables, les ramoneurs rétractables de type râteau, et les ramoneurs rotatifs. Ces équipements projettent de la vapeur ou de l'air comprimé à haute pression pour nettoyer périodiquement les dépôts de suie et de cendres accumulés.

Le chapitre détaille ensuite la séquence de fonctionnement du système de ramonage, contrôlé par un automate programmable. Les séquences de préchauffage, de ramonage en modes manuel et automatique, ainsi que les conditions d'arrêt, sont expliquées étape par étape.

L'introduction souligne que ce chapitre technique met en lumière l'importance capitale des systèmes de ramonage pour l'exploitation optimale, sûre et respectueuse de l'environnement des grandes installations de chaudières dans les raffineries.

II.2 La chaudière

Deux chaudières à vapeur « Macchi TITAN M » de type (751-G-001A et 751-G-001B) sont installées dans la raffinerie.

- **Définition**

Les chaudières sont des installations employées afin de chauffer l'eau et générer de la vapeur indispensable au bon fonctionnement des procédés (comme le tournage de la turbine). On peut obtenir de la chaleur en utilisant différents types de combustible tels que le gaz, le fioul ou le charbon.
Il y a deux catégories de chaudières, la chaudière à tube de fumée et la chaudière à tube d'eau.. Nous nous concentrons sur le deuxième type dans notre situation.

En moyenne, la chaudière à tube d'eau produit un débit de vapeur saturée de plus de 20 tonnes/heure, à une pression élevée. On utilise du gaz ou du fioul comme combustible [13].

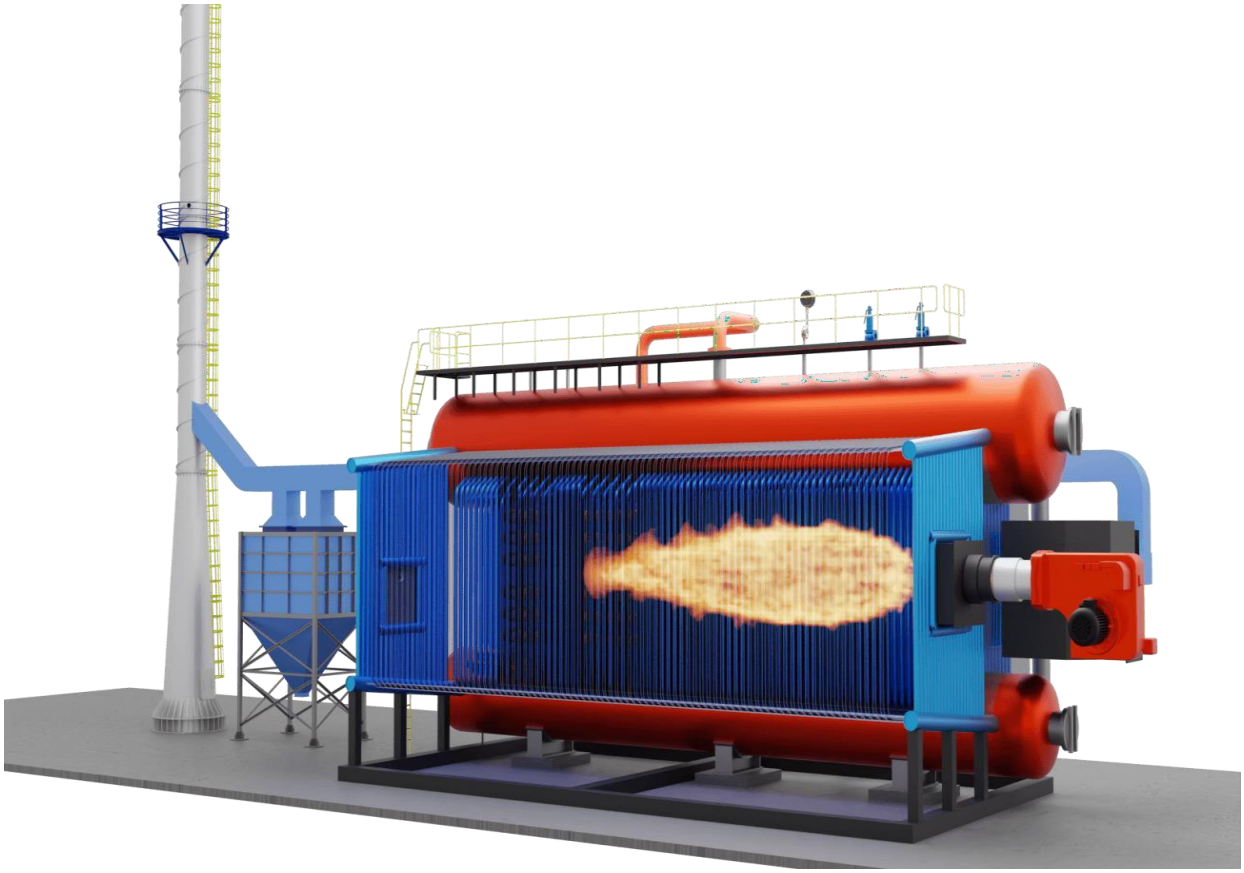


Figure II. 1: La Chaudière

- **Caractéristique**

.

Tableau II. 1: Présente les caractéristiques des deux chaumiers situés dans la raffinerie d'Alger

.

Capacite de vapeur	100 % MCR 81 500 Kg/h
Température de la vapeur	B/L 405 ◦C
La pression de vapeur	B/L 36Kg/cm^2g
Bruleur	4 (Four)
Fuel	Gaz / Fioul
Pilotes	(Classe 3-un pour chaque bruleur) Gaz Naturel

- **Le rendement de Chaudière**

Les chaudières sont parmi les utilisateurs les plus importants de l'énergie provenant de la raffinerie, il est donc essentiel de garantir une efficacité optimale de leur fonctionnement. Différents facteurs majeurs ont un impact sur le rendement des chaudières, dont le dépôt de suie dans les tubes est l'un d'entre eux. Après cela, il est essentiel de surveiller régulièrement les performances d'une chaudière afin de détecter les variations de rendement par rapport à certaines conditions de fonctionnement, afin de déterminer le moment idéal pour nettoyer les tubes.
Afin de procéder à un nettoyage régulier de ces dépôts sans perturber le fonctionnement de la chaudière, il est nécessaire d'utiliser un système de ramonage automatique avec un automate programmable afin d'améliorer les performances de la chaudière et d'obtenir un rendement optimal [13].

II.3 La définition de ramonage

Un système de ramonage est un ensemble de dispositifs et de méthodes qui permettent de nettoyer régulièrement les circuits de combustion et d'évacuation des fumées dans les établissements industriels qui utilisent des chaudières, des fours, des incinérateurs ou d'autres équipements utilisant des combustibles fossiles.

L'évacuation régulière des cendres, des suies et autres dépôts qui se forment inévitablement lors de la combustion est essentielle pour maintenir les performances, la fiabilité et la sécurité des installations concernées [12].

II.4 L'importance du ramonage

L'un des systèmes auxiliaires indispensables pour l'exploitation des chaudières au fuel ou à charbon est le système de ramonage.

Effectivement, le charbon ou le fuel envoyé dans la chaudière contient environ 10 à 12 % de cendres, dont environ 85 % sont transportées par les fumées qui ne participent pas à la combustion. Les 15 % restants se déversent dans le foyer sous forme de mâchefers qui sont évacués et ne causent pas de problèmes majeurs.

D'où l'importance d'un système de ramonage efficace pour les parois du foyer, des surchauffeurs et resurchauffeurs, ainsi que pour le RAR (Réchauffeur d'air rotatif) pour les deux chaudières à fuel.L'action mécanique d'un jet de fluide à haute pression permet de réaliser cette opération de ramonage, grâce à des dispositifs tels que les RAMONEURS ou les SOUFFLEURS.

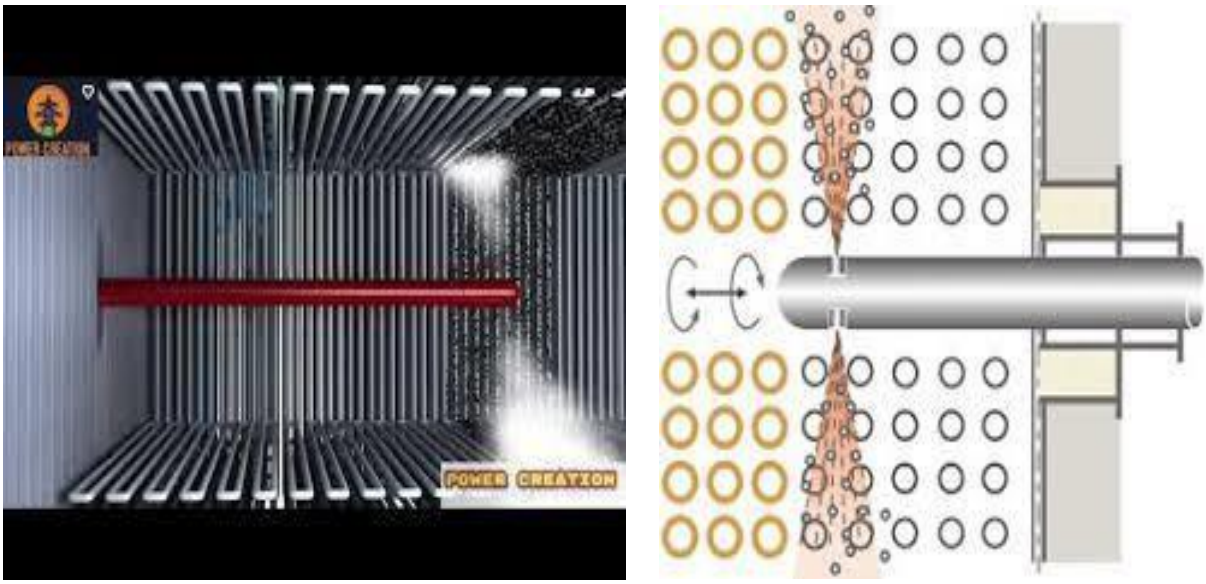


Figure II. 3: Principe de fonctionnement de ramonage

Un ramoneur est un équipement de chaudière qui permet d'éliminer les dépôts de suie à l'intérieur de la chaudière à vapeur afin d'assurer son fonctionnement en toute sécurité et sans interruption. Différents souffleurs de suie sont utilisés dans les différents composants de la chaudière industrielle, chacun présentant des avantages uniques. Les deux principaux moyens d'élimination de la suie sont l'air comprimé et la vapeur, cette dernière étant privilégiée en raison de son coût inférieur à celui des compresseurs, des moteurs et des systèmes de contrôle de l'air. Une fois la suie éliminée, elle traverse le système par les gaz de combustion et est acheminée vers un dépoussiéreur ou expulsée par la cheminée [13].

II.5 les types des ramoneurs

II.5.1 le ramoneur de suie longs et rétractables

Un long ramoneur rétractable déploie une longue lance ou buse dans la chaudière. Le long ramoneur rétractable commence au début de la chaudière à vapeur et se déplace progressivement à travers celle-ci, en tournant à 360 degrés pour éliminer la suie de toutes les surfaces. Le principal avantage de cette application est qu'un seul appareil est capable de nettoyer une surface beaucoup plus grande qu'un souffleur à paroi. Le fait de couvrir une grande surface réduit le nombre total de souffleurs nécessaires pour éliminer la suie dans votre chaudière, ce qui simplifie le système. Cependant, un long ramoneur rétractable doit stocker la longue lance et prend généralement beaucoup plus de place qu'un souffleur mural [15].

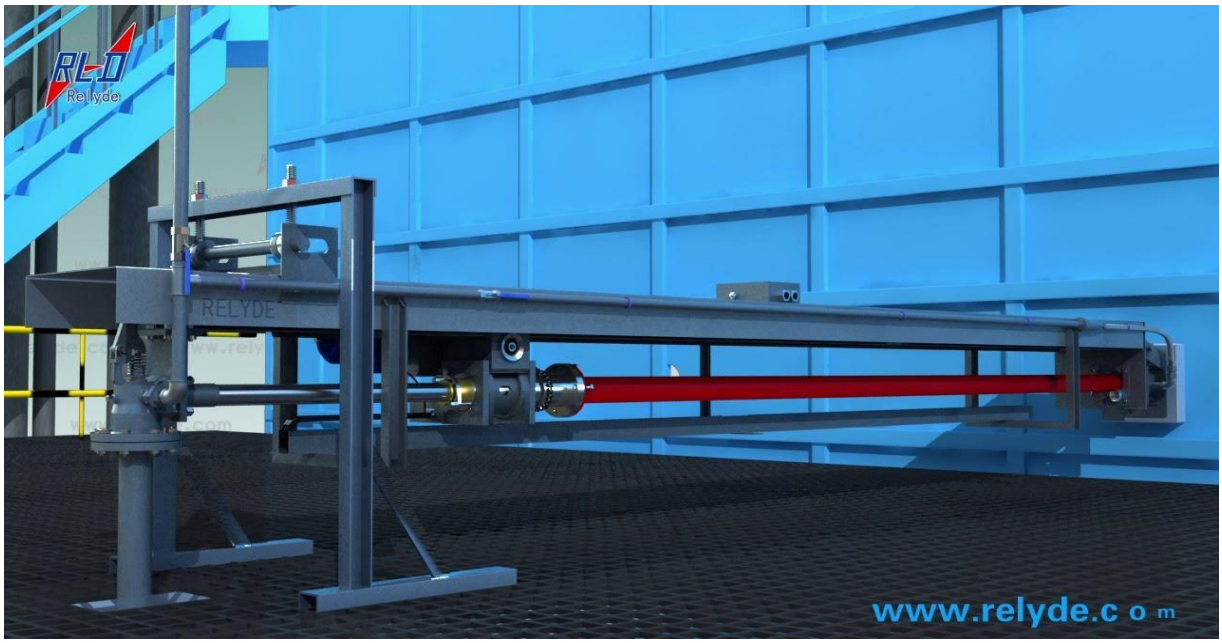


Figure II. 5: Ramoneur rétractable

➢ Les caractéristiques

- Entièrement rétracté à l'extérieur du four en fonctionnement normal

- Se déploie à l'intérieur du four pour un nettoyage périodique

- La lance rotative projette un jet d'air comprimé ou de vapeur sur les surfaces encrassées.

- Différents types de lances en fonction de la configuration des surfaces à nettoyer

- Contrôle automatisé ou manuel de la lance rotative et du déploiement [15].

➢ Les avantages

- Nettoyage efficace des surfaces de transfert de chaleur sans arrêter l'équipement

- Maintien des performances optimales en service

- Accès aux zones difficiles à atteindre

- Réduction des interventions manuelles et amélioration de la sécurité

- Durée de vie généralement plus longue que les lances de ramonage fixes [15].

II.5.2 Le souffleur de suie rétractable Rack

Le ramoneur est principalement composé de deux parties, le tube de ramonage et le tube de soufflage extérieur. Au démarrage, le tube de soufflage (à l'extérieur du four) est poussé vers l'avant ou vers l'arrière par l'entraînement mécanique de la crémaillère et ne tourne pas. Étant donné que le tuyau central du souffleur de suie dans le four est relié au tuyau de soufflage à l'extérieur du four, plusieurs tuyaux de dérivation avec plusieurs buses spéciales sont disposés sur le tuyau central, et le flux d'air provenant de la buse est avancé ou reculé à travers le tuyau de soufflage de suie à l'extérieur du four. Le ramonage de l'espace couvert sans laisser de coins permet d'augmenter l'efficacité thermique.[13].

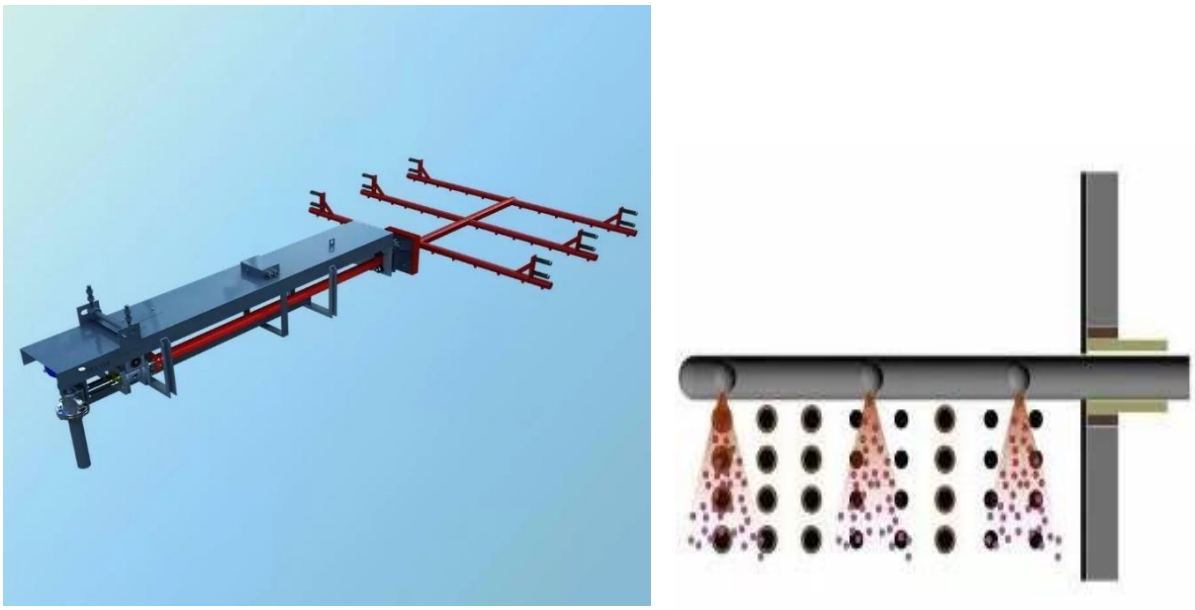


Figure II. 7: Ramoneur type rack

- **Les caractéristiques**

- Boîtier d'engrenage à plusieurs vitesses pour répondre aux besoins de soufflage à différentes vitesses.

- Lorsque le commutateur de déplacement est hors service, le dispositif de transmission mécanique peut être protégé.

- La conception spéciale de la double valve permet de répondre à des pressions plus élevées.

- la structure spéciale du four doit être conçue pour répondre aux différents besoins de soutien du four.

- La distance de déplacement est généralement inférieure à 5 mètres [15].

- **Les avantages**

-La structure est compacte, fiable et facile à réparer.

-Conception professionnelle pour maximiser la satisfaction du client.

-L'effet de soufflage est évident, ce qui permet d'éviter le blocage de la surface de chauffe de manière efficace [15].

II.5.3 Le ramoneur rotatif

Le tube de soufflage à buses multiples est placé dans le four selon la disposition de la rangée de tubes. Au démarrage, le réducteur entraîne le tube de soufflage pour qu'il effectue une rotation complète pendant un ou plusieurs cycles. Il existe deux types de purge de tube et de purge de groupe de tubes [15].

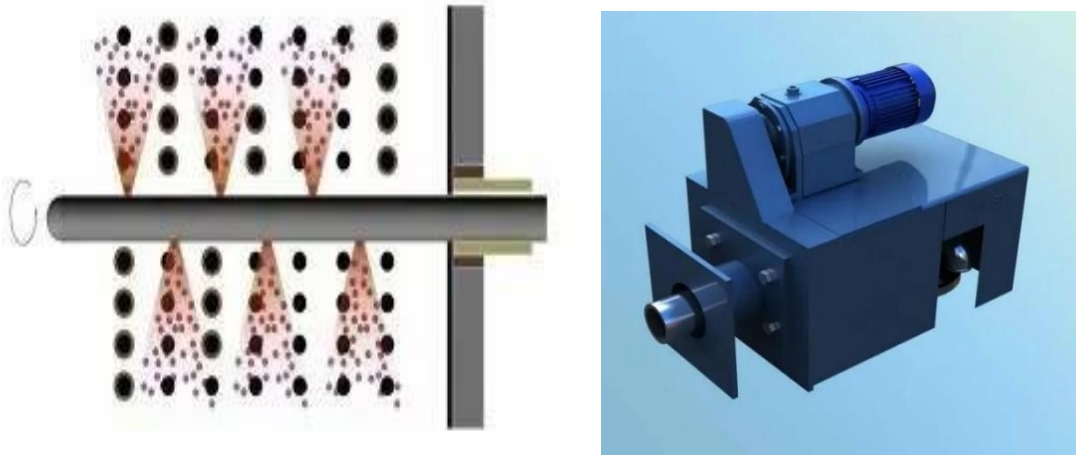


Figure II. 9: Ramonage type rotative

- **Les caractéristiques**

Structure simple, pas besoin de plate-forme, faible encombrement et faible coût.

-Peu de pièces de rechange et entretien facile.

-Conception professionnelle en fonction des besoins du client, optimisation de l'efficacité du nettoyage, augmentation de l'efficacité thermique.

-Convient pour les trajets inférieurs à T < 6 m.

➢ Les avantages

-Convient pour le soufflage de différents angles de 30° à 360°.

-Le câblage du moteur n'est pas affecté, les rotations positives et négatives peuvent fonctionner sans endommager les composants mécaniques.

-Le produit est utilisé de manière fiable et son taux de défaillance est faible [15].

II.6 Les matériels utilisés dans le système

- Quatre (4) ramoneurs de type rotatif .
- Deux (2) ramoneurs de type rétractable.
- Deux (2) ramoneurs de type râteau .
- Vanne motorisée de vapeur MP vers les ramoneurs (MOV-1020)
- Vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs (XV-1020)
- Panneau local des ramoneurs (SLP) " 751-LP-1001"
- Armoire logique des ramoneurs (SLC) "R41-UCP-0033"
- Armoire de puissance des ramoneurs (SPC) "751-G-001-A-SW" [13].

II.7 La fonctionnement de la séquence de ramonage

Avant de commencer la séquence de ramonage, l'opérateur doit choisir comment (mode manuel ou automatique) et d'où (à partir du SLP) effectuer le ramonage.

II.7.1 Le mode automatique / manuel

La séquence de soufflage de suie peut être utilisée de deux manières :

- Mode automatique
- Mode manuel

Le mode automatique est utilisé comme mode de fonctionnement normal du soufflage de suie et doit être exécuté selon la séquence de soufflage de suie définie. La séquence automatique peut être démarrée à partir du SLP.

Le mode manuel est utilisé comme mode de fonctionnement lorsque l'opérateur souhaite effectuer un cycle de ramonage sans séquence prédéfinie en utilisant les commandes fournies par le SLP.

Quel que soit le mode de fonctionnement, le soufflage de suie ne doit être effectué que si la séquence de préchauffage a été effectuée avec succès .

Les SPBS, situés sur le terrain à proximité de chaque moteur de souffleur de suie, sont utilisés pour tester les moteurs électriques [13].

II.7.2 Les commandes locales SLP :

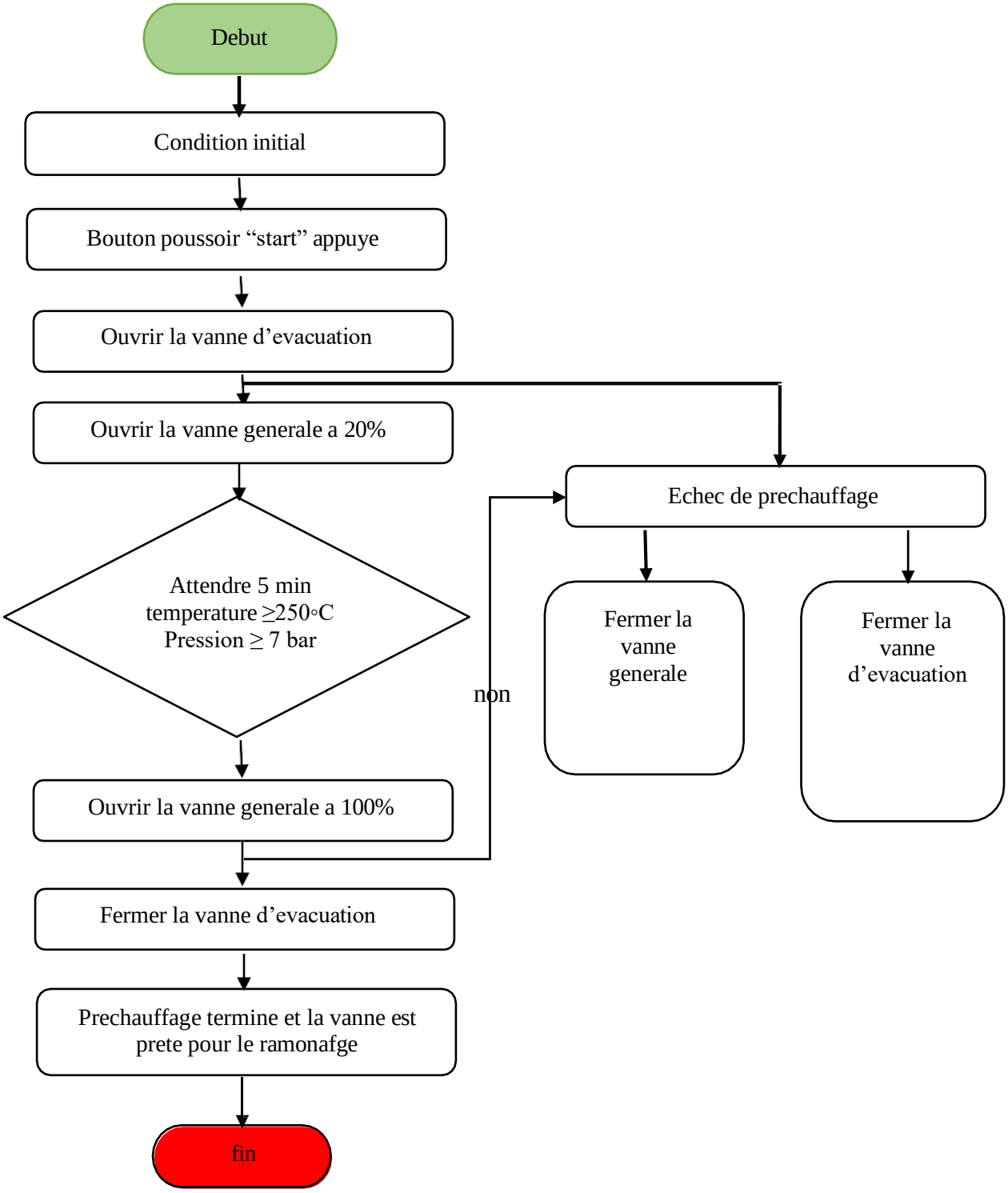
A partir du panneau local des ramoneurs "SLP", l'opérateur peut contrôler la séquence en mode automatique ou manuel de tous les ramoneurs, comme décrit dans les paragraphes suivants.

Toutes les indications d'état, les alarmes et les boutons-poussoirs d'urgence sont toujours activés, quelle que soit la sélection effectuée.

II.7.3 Le séquence de préchauffage

La séquence de préchauffage est toujours exécutée automatiquement avant d'entamer la séquence de ramonage.

La réussite de la séquence de préchauffage permet de démarrer la séquence de ramonage dans tous les modes de fonctionnement [13].



FigureII. 11: Organigramme de la séquence de préchauffage

II.7.4 Le début de la séquence

Les conditions permissives de ramonage suivantes doivent être satisfaites avant d'initier la séquence de préchauffage :

- Chaudière en marche (US-1064 - charge de la chaudière ≥ 40% MCR)
- Vanne motorisée de vapeur MP vers les ramoneurs fermée (MVSC-1020)
- Pression de vapeur MP supérieure à 7 bar (PAL-1014)
- Tous les ramoneurs en mode à distance
- Tous les ramoneurs en position de repos
- Vanne pneumatique d'évacuation des condensats des souffleurs de suie fermée (XSC-1020)
- Pas de "Défauts électriques" présents
- Pas d'alarme "Sootblowing failure" présente et réinitialisée (UA-1056A/B)
- Pas d'alarme "Travelling time out" présente et réinitialisée

Lorsque toutes les conditions ci-dessus sont remplies, l'indication " Ramonage permissif " (UL1050A/B) s'allume.

La séquence de préchauffage doit être initiée au moyen du bouton-poussoir "Sootblowing start" (HS-1060B) sur le SLP.

Dès que la séquence est lancée, les étapes suivantes sont exécutées automatiquement :

- Ouverture automatique de la vanne pneumatique d'évacuation des condensats du ramoneur (XV-1020)
- Ouverture automatique à 20% de la vapeur MP vers la vanne motorisée des ramoneurs (MOV1020)
- Après cinq minutes ou lorsque la température de la tuyauterie de vapeur des ramoneurs aatteint la température préfixée (TLH-1020/ TLH-1021/ TLH-1022/ TLH-1023/ - 250°C à confirmer), l'ouverture automatique de la vanne motorisée des ramoneurs à 20 % de la vapeur MP s'effectue en fonction de la température de la tuyauterie des ramoneurs. (MOV-1020)
- Fermeture automatique de la vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs (XV-1020)

- Lorsque la vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs est fermée (XSC-1020), la séquence de préchauffage est terminée (UL-1020). séquence de préchauffage est terminée (UL-1052A/B).

- La séquence se déroulera automatiquement si le sélecteur " Ramonage auto / manuel " (HS-1020) est activé.

Manuel" (HS-1058) est placé en position "Auto" ,tandis que dans le cas où la position "Manuel" a été sélectionnée, la séquence sera en attente de l'action de l'opérateur SLP [13].

II.7.5 Arrêt de la séquence

La séquence de préchauffage est arrêtée lorsque l'une des conditions suivantes se produit :

- Bouton-poussoir "Arrêt des souffles de suie" (HS-1061B) activé par l'opérateur depuis le SLP

- Bouton-poussoir "Arrêt d'urgence ramonage" (HS-1063A) activé par l'opérateur à partir de SPC

- Bouton-poussoir "Arrêt d'urgence ramonage" (HS-1063B) activé par l'opérateur

à partir de SLP

- Pas de fonctionnement de la chaudière (US-1064 - charge de la chaudière < 25% MCR)

- La vanne motorisée (MOV-1020) de la vapeur MP vers les ramoneurs ne s'ouvre pas complètement.

- La vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs (XV-1020) ne se ferme pas.

Si l'une des conditions ci-dessus se produit, les étapes suivantes seront automatiquement exécutées :

- Fermeture automatique de la vanne motorisée vapeur MP vers les ramoneurs (MOV-1020)

- Fermeture automatique de la vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs (XV-1020)

En cas de défaillance de MOV-1020 et XV-1020, les alarmes "Pre-heating failure" (UA1053A/B) seront activées[13].

II.7.6 Séquence de ramonage en mode manuel

La séquence de ramonage en "mode manuel" prend en compte un démarrage manuel demandé par l'opérateur pour effectuer le ramonage.

Le démarrage de chaque ramoneur n'est pas chronologique, mais dépend du choix de l'opérateur.

II.7.7 Début de la séquence

Dès que la séquence de préchauffage s'est achevée avec succès (signaux UL-1052A/B allumés), l'opérateur doit utiliser les commandes du SLP.

Les signaux " Ramonage en cours " (UL-1054A/B) s'allument pour indiquer que la séquence de ramonage est prête à démarrer.

Démarrage à partir du SLP

A partir du SLP, l'opérateur peut choisir le ramoneur à mettre en service à l'aide du sélecteur "Sélection ramoneur".

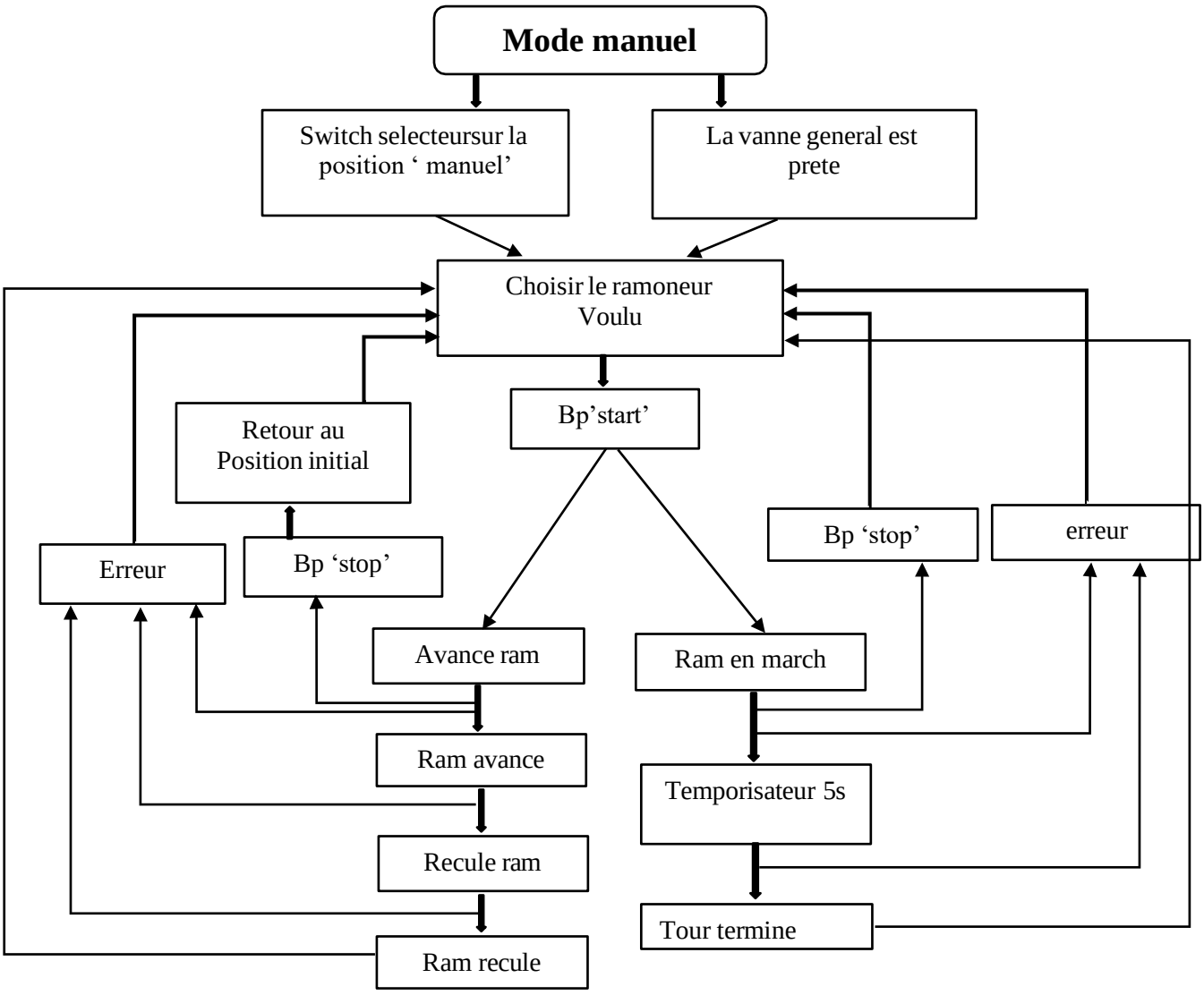
sélecteur "Sootblower Selection" (HS-1065) et peut être démarré en appuyant sur le bouton-poussoir "Start" (HS-1066).

Quel que soit le lieu de fonctionnement, les signaux "Running" (MIR-10xxxA/B) sont allumés, indiquant que le ramoneur est en marche.

Le ramoneur demandé en fonctionnement terminera son propre cycle et s'arrêtera automatiquement lorsqu'il atteindra sa position de repos ou qu'il aura atteint sa position de repos.

automatiquement arrêté lorsqu'il atteint sa position de repos ou lorsque l'opérateur appuie sur le bouton-poussoir "Stop Reverse" (HS-1067) du SLP.

L'opérateur peut décider d'effectuer plusieurs cycles de ramonage sur le même ramoneur sans limitation de quantité de cycles [13].



FigureII. 13: Fonctionnement Manuel

II.7.8 Arrêt de la séquence

La séquence de ramonage est arrêtée lorsque l'une des conditions suivantes se produit :

- Au moins une condition d'arrêt du préchauffage activée

Si l'une des conditions susmentionnées se produit, l'étape suivante est automatiquement arrêtée.

Les étapes suivantes sont automatiquement exécutées :

- Arrêt du ramoneur en marche en position de repos
- Fermeture automatique de la vanne motorisée vapeur MP vers les ramoneurs (MOV-1020)
- Fermeture automatique de la vanne pneumatique d'évacuation des condensats des ramoneurs (XV-1020)
- Les signaux de "fin de ramonage" (UL-1055A/B) sont activés [13].

II.7.9 Séquence de ramonage en mode automatique

La séquence de ramonage en "Mode automatique" permet d'effectuer le ramonage de la chaudière selon une séquence automatique définie.

II.7.10 Début de la séquence

Dès que la séquence de préchauffage s'est achevée avec succès (signaux UL1052A/B activés), les signaux "Ramonage en cours" (UL-1054A/B) sont activés. Indiquant que la séquence de ramonage est prête à démarrer.

La logique programmée du PLC mettra en service un ramoneur à la fois selon la séquence définie suivante :

- Ramoneur sur eco 751-G-001-A-X04A
- Ramoneur sur eco 751-G-001-A-X04B
- Ramoneur rétractable sur SH 751-G-001-A-X02A
- Ramoneur rétractable sur SH 751-G-001-A-X02B
- Ramoneur rétractable sur évaporateur 751-G-001-A-X03A S

- Ramoneur rétractable sur évaporateur 751-G-001-A-X03B
- Ramoneur rétractable sur évaporateur 751-G-001-A-X03C
- Ramoneur rétractable sur évaporateur 751-G-001-A-X03D
- Ramoneur sur éco 751-G-001-A-X04A
- Ramoneur sur eco 751-G-001-A-X04B

Avant de démarrer la séquence automatique, il est possible d'exclure un ramoneur de la séquence au moyen du sélecteur "Inclure / Exclure" (MXHS-10xxB) prévu sur le SLP [13].

II.7.11 Arrêt de la séquence

La séquence s'arrête automatiquement après que le dernier ramoneur sélectionné a terminé son cycle de soufflage de suie sélectionné a terminé son cycle de ramonage et les étapes suivantes seront automatiquement exécutées :

- Fermeture automatique de la vanne motorisée de vapeur MP vers les souffleurs de suie (MOV-1020)
- Les signaux "Fin du ramonage" (UL-1055A/B) sont activés.
- Les signaux " Ramonage en cours " (UL-1054A/B) sont désactivés.
- Minuterie de démarrage "temps d'attente pour le cycle suivant".
- Les signaux "Temps d'attente pour le cycle suivant" (UL-1070A/B) sont activés.

La séquence de ramonage automatique est également arrêtée si au moins une condition d'arrêt du préchauffage est activée.

Lorsque la séquence de ramonage automatique est terminée, la minuterie du temps d'attente du cycle suivant est activée.

Cette minuterie est réglée sur 8 heures et lorsqu'elle est expirée, la séquence de ramonage automatique s'arrête automatiquement.

La séquence de ramonage automatique sera automatiquement activée à nouveau si toutes les conditions de sont respectées.

L'opérateur peut choisir de relancer un cycle de ramonage automatique en appuyant sur le bouton-poussoir "Démarrage ramonage" (HS-1060B) [13].

II.7.12 Échec de la séquence

Si l'une des alarmes de ramonage suivantes se produit, la séquence de ramonage automatique est interrompue est interrompue :

- Échec du démarrage du ramoneur
- Temps de déplacement du ramoneur dépassé
- Défaut électrique du ramoneur (surcharge du moteur électrique)

Dès que l'opérateur doit rétablir la panne, par exemple en rétractant manuellement le et réinitialiser l'alarme correspondante, la séquence continuera à sauter sur le prochain ramoneur d'une taille définie. Sur le ramoneur suivant de la séquence définie [13].

II.8 Conclusion

Le système de ramonage joue un rôle essentiel dans l'exploitation efficace et sûre des grandes chaudières utilisées dans les raffineries de pétrole. L'accumulation de dépôts tels que les suies et les cendres lors de la combustion des combustibles fossiles réduit considérablement les performances thermiques des chaudières si celles-ci ne sont pas nettoyées régulièrement.

Ce chapitre nous a permis de détailler le fonctionnement du système de ramonage comportant différents types de ramoneurs comme les ramoneurs rotatifs, rétractables ou de type râteau. Les séquences automatiques et manuelles contrôlées par un automate programmable permettent d'effectuer périodiquement les cycles de nettoyage selon des procédures bien définies, en envoyant de la vapeur à haute pression au travers des buses des ramoneurs.

Un système de ramonage efficace et bien entretenu permet d'optimiser le rendement énergétique des chaudières, de réduire la consommation de combustible, de limiter l'usure prématurée des équipements, et de se conformer aux réglementations en vigueur en matière d'émissions atmosphériques. C'est donc un élément clé pour le fonctionnement pérenne et rentable d'une raffinerie moderne.

La conception, le paramétrage et la maintenance des systèmes de ramonage industriels représentent un défi technique important, qui requiert une expertise pointue de la part des automaticiens et des opérateurs. Une parfaite maîtrise de ces systèmes auxiliaires critiques reste indispensable pour garantir la sécurité, la fiabilité et les performances des procédés de raffinage.

CHAPITRE III :
Automate programmable

III.1 Introduction

En 1969, les États-Unis ont introduit les premiers automates programmables (Programmable Contrôler, PC) afin de substituer les armoires à relais dans l'industrie automobile. Depuis lors, ils ont rapidement réagi dans le domaine industriel. Ce succès est principalement attribuable à leur prix abordable et à leur facilité d'utilisation.

Les automates programmables sont des micro-ordinateurs simplifiés (machine électronique programmable) destinés à gérer par programme des problèmes de logique séquentielle, pour substituer les commandes d'automatismes en logique câblée.

L'avantage réside dans l'utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour réaliser les parties de commande (Logique câblée).

_ Résolution : l'emploi de systèmes basés sur des microprocesseurs qui facilitent la modification des systèmes automatisés (Logique programmée).

Dans ce chapitre, nous allons exposer la structure interne et décrire les différents éléments d'un automate programmable industriel, les interfaces d'entrées-sorties.

III.2 Définition

Un automate programmable est une machine ou un processus industriel qui est contrôlé par des composants électroniques et qui possède une mémoire programmable par un utilisateur non informaticien, à l'aide d'un langage approprié. Autrement dit, un automate programmable est un ordinateur, ou calculateur logique, qui utilise volontairement un jeu d'instructions réduit pour gérer et surveiller en temps réel des processus industriels. L'Automate Programmable Industriel (API) présente trois caractéristiques essentielles qui le distinguent complètement des ordinateurs (PC industriels ou autres) :

_ Grâce à ses entrées/sorties industrielles, il est possible de le connecter directement aux capteurs et pré-actionneurs.

_ Il est spécialement conçu pour fonctionner dans des conditions industrielles exigeantes telles que la température, les vibrations, les microcoupures de la tension d'alimentation, les parasites, etc.

_Sa programmation utilise des langages spécialement conçus pour le traitement de fonctions d'automatisme, ce qui facilite sa mise en place et son exploitation sans nécessiter de connaissances en informatique [16].

III.3 Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

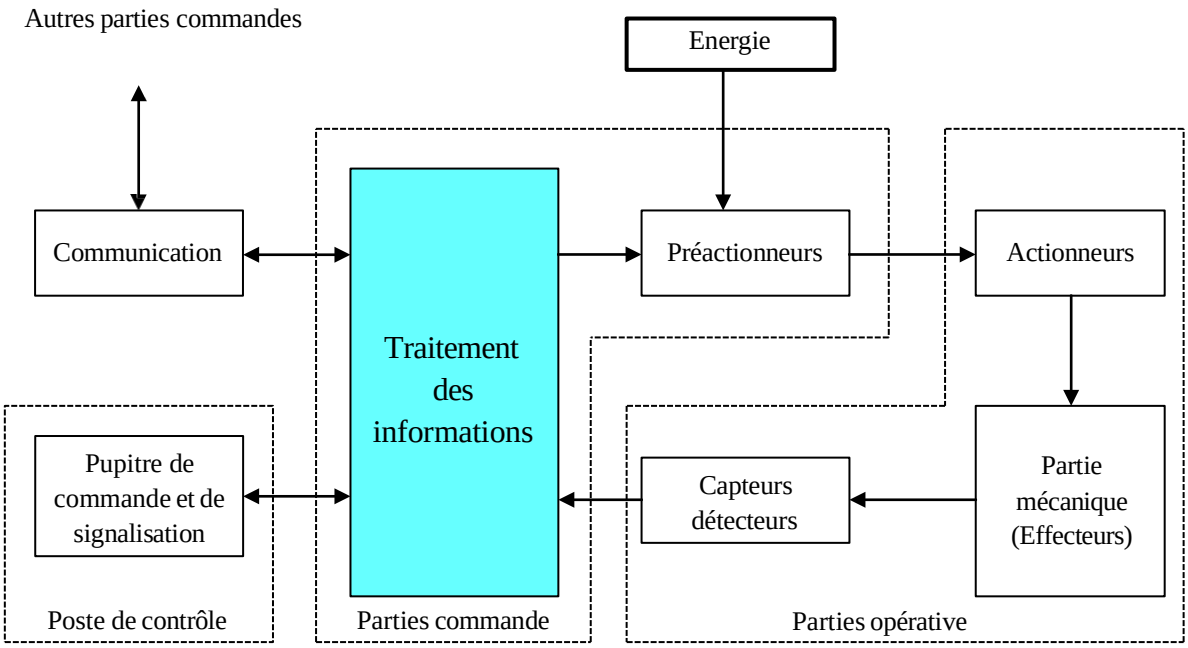


Figure III. 1: Architecture d'un système automatisé.

III.3.1 Section opérationnelle

Elle intervient sur la matière d'œuvre pour lui apporter sa valeur ajoutée. Les actionneurs, tels que les moteurs et les vérins, influencent la partie mécanique du système, ce qui a un impact sur la matière d'œuvre. Les capteurs / détecteurs offrent la possibilité d'obtenir les différents états du système [16.]

III.3.2 Section de commande

Elle transmet les instructions de fonctionnement à la section opérationnelle. Les pré actionneurs jouent un rôle essentiel dans la contrôle des actionneurs, car ils garantissent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique...) et les actionneurs. Exemple : téléphone, distributeur...

Le bloc de traitement des informations commande ensuite ces pré actionneurs. Le pupitre de commande (opérateur) lui transmet les instructions et les données de la partie opérative transmises par les capteurs/détecteurs.

Selon ces instructions et son programme de gestion des tâches (installé dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée)), elle va gérer les pré actionneurs et transmettre des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication [16].

III.3.3 Poste de contrôle

Construit à partir de pupitres de commande et de signalisation, il offre à l'opérateur la possibilité de contrôler le système (marche, arrêt, départ cycle...). Il permet aussi de voir les images.
Il est possible de gérer divers états du système en utilisant des voyants, des terminaux de dialogue ou des interfaces homme-machine (IHM) [16].

III.4 Domaines d'emploi des automates

Les API sont utilisées dans tous les domaines industriels pour contrôler des machines (convoyage, emballage...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire...) ou pour réguler des processus (métallurgie, chimie...).

On l'emploie de plus en plus dans le bâtiment (tertiaire et industriel) pour le chauffage, l'éclairage, la sécurité ou les alarmes.

III.5 Nature des informations traitées par l'automate

Les données peuvent être de diverses natures :

♣ Tout ou rien (T.O.R.) : l'information n'a que deux états possibles (vrai/faux, 0 ou 1...). Cela correspond à la nature des informations fournies par un détecteur, un bouton poussoir...

♣ Analogique : les données sont constantes et peuvent prendre une valeur dans une plage spécifique. Les données transmises par un capteur (pression, température...).

♣ En ce qui concerne le numérique, les informations sont stockées dans des mots codés sous forme binaire ou hexadécimale. Il s'agit de la nature des informations fournies par un ordinateur ou un module intelligent [19].

III.6 Architecture des automates

III.6.1 Aspect extérieur

Les automates sont soit compacts, soit modulaires.Les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet...) seront séparés des micro automates grâce à l'API de type compact. Le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties sont intégrés. Il pourra effectuer des fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques...) et recevoir des extensions en nombre restreint, selon les modèles et les fabricants. En général, ces automates, qui ont un fonctionnement simple, sont conçus pour contrôler de petits automatismes.

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrée/sortie sont installés dans des unités distinctes (modules) et fixés sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus et connecteurs). Ces automates font partie des automatismes complexes qui requièrent de la puissance, de la capacité de traitement et de la flexibilité [19].

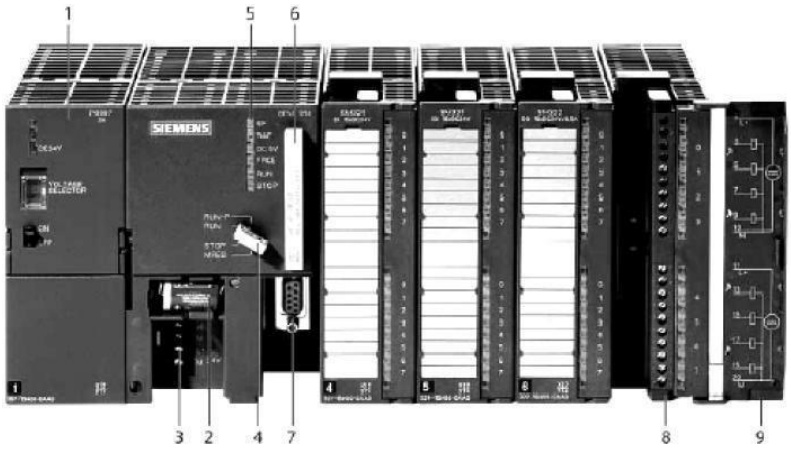


Figure III. 2: Automate modulaire (SIEMENS).

1-Module d'alimentation

2-Pile de sauvegarde

3-Connexion au 24V cc

4-Commutateur de mode (à clé)

5-LED de signalisation d'état et de défauts

6-Carte mémoire

7-Interface multipoint (MPI)

8-Connecteur frontal

9-Volet en face avant

III.6.2 Structure interne

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

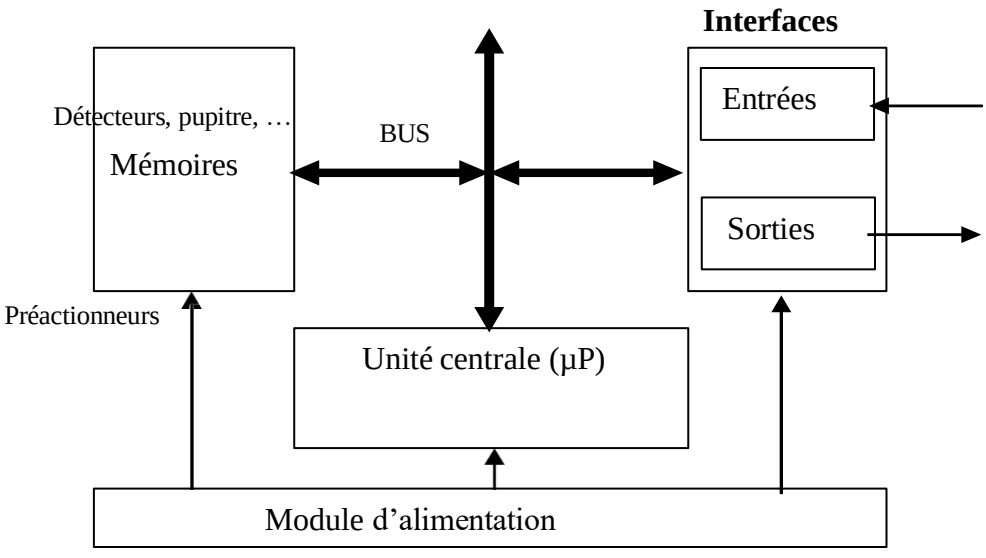


Figure III. 3: Structure interne d'un API.

– Le module d'alimentation est chargé de fournir de l'énergie aux divers modules. En utilisant un microprocesseur, l'unité centrale effectue toutes les tâches logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).

Le bus interne facilite la transmission de tous les éléments de l'automate ainsi que des éventuelles extensions.

Le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système sont stockés dans les mémoires lors du fonctionnement (RAM). En général, cette dernière est soutenue par une pile ou une batterie. En général, il est possible d'accroître la capacité de mémoire en ajoutant des barrettes mémoires de type PCMCIA.

– Interfaces d'entrée/sortie :

♣ Interface d'entrée : elle permet de recevoir les données du S.A.P (Système d'Administration et de Planification). ou du pupitre et de transformer ce signal en un signal électrique (filtrage,...) tout en l'isolant.

♣ La sortie de l'interface permet de contrôler les différents pré actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P(Système d'Administration et de Planification). tout en garantissant l'isolation électrique [17].

III.6.3 Fonctions réalisées

Les automates compacts offrent la possibilité de gérer des sorties en T.O.R et peuvent parfois gérer des fonctions de comptage et de traitement analogique.

Grâce à des modules intelligents disposés sur un ou plusieurs racks, les automates modulaires peuvent accomplir de nombreuses autres fonctions. L'avantage de ces modules est de ne pas surcharger le processeur car ils ont souvent leur propre processeur.

Figure III. 4: Architecture réelle d'un API S7-300.

Principales fonctions

 Les cartes d'entrées/sorties, qu'elles soient de 4, 8, 16 ou 32, peuvent être utilisées pour effectuer des fonctions d'entrées, de sorties ou les deux.

Les tensions disponibles sont normalisées et sont les plus couramment utilisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif...).

 Les chemins peuvent être autonomes ou avoir des "communs".

Les cartes d'entrées offrent la possibilité de collecter les données des capteurs, boutons... qui sont connectés à elles et de les représenter graphiquement par une image de l'état du capteur.

Deux types de technologies sont disponibles sur les cartes de sorties : les sorties électromagnétiques à relais (avec une bobine et un contact) et les sorties statiques (avec des transistors ou des triacs).

 Les cartes de comptage rapides offrent la possibilité d'obtenir des données à haute fréquence qui ne sont pas compatibles avec le temps de traitement de l'automate.

 Les cartes de commande d'axe sont utilisées pour garantir la position précise d'un élément mécanique selon un ou plusieurs axes. Par exemple, la carte offre la possibilité de contrôler un servomoteur et de recevoir les données de positionnement grâce à un codeur. Il est possible de réaliser l'asservissement de position en boucle fermée.

Les cartes d'entrées/sorties analogiques offrent la possibilité d'obtenir un signal analogique et de le convertir en un signal numérique (CAN), ce qui est essentiel pour assurer un traitement par le microprocesseur.

♣ On effectue également la fonction inverse (sortie analogique).
♣ On standardise les grandeurs analogiques : 0-10V ou 4-20mA.

– D'autres cartes :

♣ Équipements de régulation PID ♣ Équipements de mesure ♣ Équipements de communication (Ethernet...)
♣ Cartes de déportation d'entrée/sortie [17].

III.7 Choix d’un automate programmable industriel

La sélection d'un API correspond aux exigences après la création du cahier des charges. Il est nécessaire de prendre en considération divers critères tels que : - Le nombre et la nature des entrées/sorties intégrées ; - La nature du traitement (temporisation, comptage,...) ; - Les moyens de communication et le langage de programmation ; - La communication avec les autres systèmes ; - Les moyens de sauvegarde du programme ; - La fiabilité, la solidité et l'immunité aux parasites ; - La capacité de mémoire ; - La documentation, le service après-vente, la durée de la garantie et la formation.

III.8 Câblage des entrées/sorties d'un automate

En général, l'automate est alimenté par le réseau monophasé 230V/50Hz, mais il est également possible d'utiliser d'autres alimentations (110V,..., etc.).

La protection sera magnéto-thermique (consultez les spécifications de l'automate et les recommandations du fabricant).

L'alimentation de l'automate doit être assurée par un circuit de commande spécifique (contacteur KM1). De la même manière, les sorties seront supervisées par le circuit de commande et alimentées une fois que le chien de garde aura validé [19].

III.8.1 Alimentation des entrées de l'automate

L'automate est pourvu généralement d'une alimentation pour les capteurs/détecteurs (attention au type de logique utilisée : logique positive ou négative).

Les entrées sont connectées au OV (commun) de cette alimentation. Les informations des capteurs/détecteurs sont traitées par les interfaces d'entrées.

III.8.2 Alimentation des sorties de l'automate

Les différents préactionneurs peuvent être alimentés grâce aux interfaces de sorties. Chaque préactionneur devrait être équipé de relais de circuits RC (non représentés).

III.9 Traitement du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

 Traitement interne : L'automate réalise des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres du système (détection des opérations RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur,...).

Les entrées sont lues par l'automate (de manière synchrone) et copiées dans la mémoire image des entrées.L'automate exécute le programme en suivant les instructions et enregistre les résultats dans la mémoire image des résultats.

 Écriture des sorties : L'automate déplace les différentes sorties (en temps réel) vers les positions spécifiées dans la mémoire image des sorties correspondantes.

L'automate effectue en permanence ces quatre opérations (fonctionnement cyclique). L'ensemble des quatre opérations effectuées par l'automate est appelé scrutation, et le temps de scrutation correspond au temps que l'automate met à traiter la même partie du programme.

Il s'agit d'une dizaine de millisecondes pour les applications classiques, tandis que le temps de réponse total (TRT) correspond au temps écoulé entre le changement d'état d'une entrée et le changement d'état de la sortie correspondante [19].

III.10 Les langages graphiques

Plusieurs techniques permettent de concevoir un programme d'automatisation. Le choix repose principalement sur les individus qui sont amenés à le créer. Parmi cette approche :

III.10.1 Ladder Diagram (Diagrammes échelle)

Ladder Diagram (LD) ou Langage Ladder ou schéma à contacts est un langage graphique très populaire auprès des automaticiens pour programmer les automates programmables industriels. Il ressemble aux schémas électriques, et est facilement compréhensible. Ladder est le mot anglais pour échelle.

Origine

L'idée initiale du Ladder est la représentation de fonctions logiques sous la forme de schémas électriques. Cette représentation est originellement matérielle : quand l'automate programmable industriel n'existait pas, les fonctions étaient réalisées par des câblages. Par exemple, pour réaliser un ET logique avec des interrupteurs, il suffit de les mettre en série. Pour réaliser un OU logique, il faut les mettre en parallèle.

Le Ladder a été créé et normalisé dans la norme CEI 61131-3. Il est encore aujourd'hui souvent utilisé dans la programmation des automates programmables industriels, bien qu'ayant tendance à être délaissé en faveur de langages plus évolués, et plus adaptés aux techniques modernes de programmation, tels que le Grafcet, plus adapté à la programmation de séquences.

Principe

Un programme Ladder se lit de haut en bas et l'évaluation des valeurs se fait de gauche à droite. Les valeurs correspondent en fait, si on le compare à un schéma électrique, à la présence ou non d'un potentiel électrique à chaque nœud de connexion.

En effet, le Ladder est basé sur le principe d'une alimentation en tension représentée par deux traits verticaux reliés horizontalement par des bobines, des contacts et des blocs fonctionnels, d'où le nom 'Ladder' (échelle).

C'est un langage volontairement simple et graphique pour être compréhensible. Cela a permis, dans les années 1990, son utilisation sans formation lourde par les électriciens. Il est aujourd'hui un peu dépassé.

La puissance de calcul des CPU actuelles permettent de travailler directement en langage objets avec des notions de classe et d'héritage.

Les composants du langage

Il existe 3 types d'élément de langage :

les entrées (ou contact), qui permettent de lire la valeur d'une variable booléenne ;

les sorties (ou bobines) qui permettent d'écrire la valeur d'une variable booléenne ;

les blocs fonctionnels qui permettent de réaliser des fonctions avancées.

Il existe deux types de contact

- Le contact normalement ouvert (NO) (en anglais : NO, normally open) :

X

--| |--

Ce contact est fermé lorsque la variable booléenne associée (X ici) est vraie, sinon, il est ouvert.

- Le contact normalement fermé (NF) (en anglais : NC, normally closed) :

X

--|/|--

Ce contact est ouvert lorsque la variable booléenne associée (X ici) est vraie, sinon il est fermé.

Les sorties (ou bobines)

Il existe, de même que pour les contacts, deux types de bobines :

- la bobine normalement ouverte (NO) (en anglais : NO, normally open) :

X

--( )--

Si cette bobine est soumise à un potentiel, c'est-à-dire qu'il existe un circuit fermé reliant cette bobine des deux côtés du potentiel, alors la variable booléenne associée (X ici) est mémorisée à 'vraie', sinon elle est mémorisée à 'fausse'.

- la bobine normalement fermée(NF) (en anglais : NC, normally closed) :

X

--(/)--

Si cette bobine est soumise à un potentiel, c'est-à-dire qu'il existe un circuit fermé reliant cette bobine des deux côtés du potentiel, alors la variable booléenne associée (X ici) est mémorisée à 'fausse', sinon elle est mémorisée à 'vraie'.

III.10.2 Le diagramme fonctionnel (FBD)

Le diagramme fonctionnel (FBD) est un langage graphique pour la conception d'automates programmables, qui permet de décrire la fonction entre les variables d'entrée et les variables de sortie. Une fonction est décrite comme un ensemble de blocs élémentaires. Les variables d'entrée et de sortie sont reliées aux blocs par des lignes de connexion.

Les entrées et les sorties des blocs sont reliées entre elles par des lignes de connexion ou des liens. Des lignes simples peuvent être utilisées pour relier deux points logiques du diagramme :

- une variable d'entrée et une entrée d'un bloc

- une sortie d'un bloc et une entrée d'un autre bloc

- une sortie d'un bloc et une variable de sortie

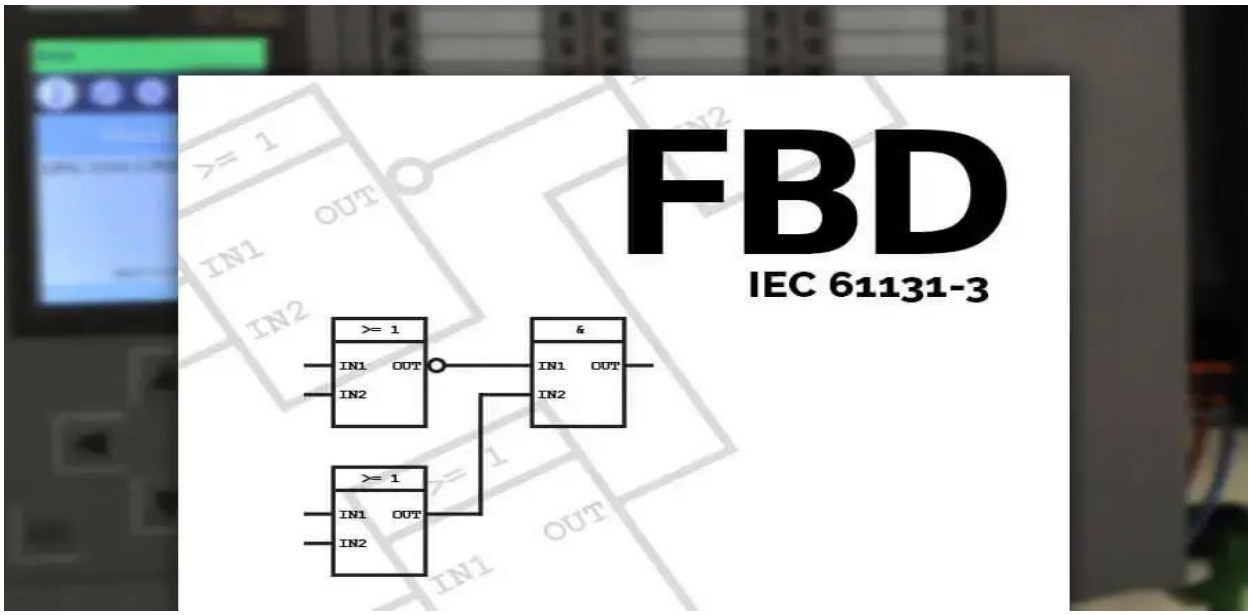


Figure III. 5: Example de fonction block

La connexion est orientée, ce qui signifie que la ligne transporte les données associées de l'extrémité gauche à l'extrémité droite. Les extrémités gauche et droite de la ligne de connexion doivent être du même type.

La connexion droite multiple, également appelée divergence, peut être utilisée pour diffuser des informations de son extrémité gauche vers chacune de ses extrémités droites. Toutes les extrémités de la connexion doivent être du même type.

Le diagramme fonctionnel est l'un des cinq langages de configuration de la logique ou du contrôle pris en charge par la norme CEI 61131-3 pour un système de contrôle tel qu'un contrôleur logique programmable (PLC) ou un système de contrôle distribué (DCS). Les autres langages pris en charge sont la logique en échelle, le diagramme fonctionnel séquentiel, le texte structuré et la liste d'instructions [20].

III.1.1 GRAFCET

Le diagramme de fonction équentielle (SFC) est un langage de programmation visuel utilisé pour les automates programmables industriels (API). C'est l'un des cinq langages définis par la norme IEC 61131-3. La norme SFC est définie comme la préparation de diagrammes de fonctions pour les systèmes de contrôle, et a été basée sur GRAFCET [en] (lui-même basé sur les réseaux de Petri binaires).Elle peut être utilisée pour programmer des processus qui peuvent être divisés en étapes.

SFC par lots de base, avec les éléments importants étiquetés

Les principaux éléments du SFC sont les suivants

- Les étapes avec les actions associées ;
- Transitions avec conditions logiques associées ;
- Liens dirigés entre les étapes et les transitions.
- Les étapes d'un diagramme SFC peuvent être actives ou inactives. Les actions ne sont exécutées que pour les étapes actives. Une étape peut être active pour l'une des deux raisons suivantes :
- Il s'agit d'une étape initiale telle que spécifiée par le programmeur.
- Elle a été activée au cours d'un cycle de balayage et n'a pas été désactivée depuis.

Les étapes sont activées lorsque toutes les étapes qui leur sont supérieures sont actives et que la transition de connexion est franchissable (c'est-à-dire que la condition qui lui est associée est vraie). Lorsqu'une transition est franchie, toutes les étapes supérieures sont désactivées en même temps et toutes les étapes inférieures sont activées en même temps.

Les actions associées aux étapes peuvent être de plusieurs types, les plus pertinentes étant Continu (N), Définir (S) et Réinitialiser (R). Outre la signification évidente de Set et Reset, une action N garantit que sa variable cible est fixée à 1 tant que l'étape est active. Une règle SFC stipule que si deux étapes ont une action N sur la même cible, la variable ne doit jamais être remise à 0. Il est également possible d'insérer des actions LD (Ladder Diagram) dans un programme SFC (et c'est la méthode standard, par exemple, pour travailler sur des variables entières) [19].

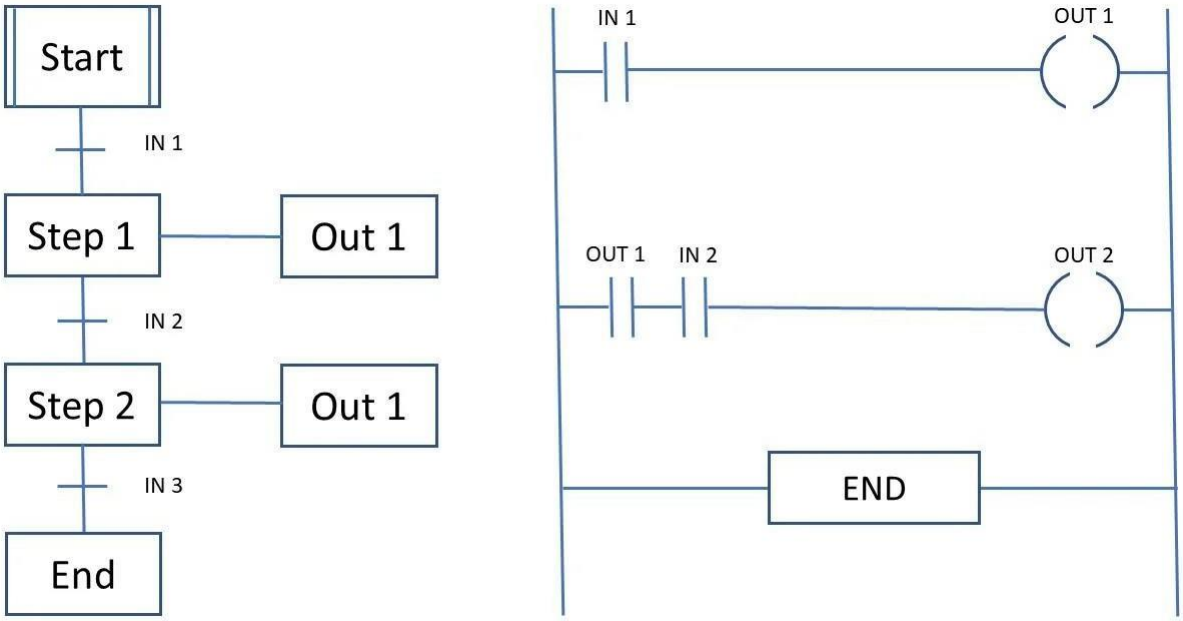


Figure III. 6: Représentation simplifiée et détaillée d'un Grafcet

SFC est un langage de programmation intrinsèquement parallèle, en ce sens que plusieurs flux de contrôle - unités d'organisation de programme (POU) dans le langage de la norme - peuvent être actifs simultanément.

Les extensions non standard du langage incluent les macroactions : c'est-à-dire les actions à l'intérieur d'une unité de programme qui influencent l'état d'une autre unité de programme. La macroaction la plus pertinente est le « forçage », dans lequel un POU peut décider des étapes actives d'un autre POU[3] [19]

III.2 Les langages textuels

III.2.1 Instruction List (Liste d'instructions)

La liste d'instructions (IL) est l'un des cinq langages pris en charge par les versions initiales de la norme CEI 61131-3, avant d'être supprimée dans la troisième édition.

Il est conçu pour les contrôleurs logiques programmables (PLC). Il s'agit d'un langage de bas niveau qui ressemble à l'assemblage. Tous les langages partagent les éléments communs de la norme IEC61131. Les variables et les appels de fonction sont définis par les éléments communs, de sorte que différents langages peuvent être utilisés dans le même programme.

Le contrôle du programme (flux de contrôle) est réalisé par des instructions de saut et des appels de fonction (sous-programmes avec des paramètres optionnels).

Le format de fichier a été normalisé en XML par PLCopen.

III.2.2 Le texte structuré

Le texte structuré, ou Structured Text (ST) en anglais, est un des cinq langages de programmation pour automates programmables industriels (API) définis par la norme CEI 61131-3. C'est un langage de haut niveau et sa structure rappelle les langages Ada et Pascal.

III.3 Adressage des entrées/sorties

L'adressage est le terme utilisé pour décrire une entrée ou une sortie spécifique à l'intérieur d'un programme. Les modules d'entrées ou de sorties numériques regroupent généralement les entrées et sorties des API en groupes de huit. On nomme octet cette unité de huit. Chaque groupe est attribué un numéro qu'on nomme l'adresse d'octet.

Chaque octet est divisé en huit bits pour permettre l'adressage d'une entrée ou d'une sortie à l'intérieur d'un octet. Les numéros de ces derniers vont de 0 à 7. Ainsi, l'adresse du bit est obtenue. Les octets d'entrée 0 et 1 de l'API représentée ici sont les octets de sortie 0 et 1.

Prenons l'exemple de l'adresse suivante pour l'adresse de la 5e entrée du DCY en partant de la gauche : – I0.4 : I représente une adresse d'entrée, 0, l'adresse d'octet et 4, l'adresse de bit. Les adresses d'octet et de bit sont toujours séparées par un point. Pour adresser la troisième sortie, par exemple, on définit l'adresse suivante : Q0.2 : Q représente une adresse de type Sortie, 0, l'adresse d'octet et 2, l'adresse de bit, les adresses d'octet et de bit étant séparées par un point.

Nom	Type de données	Adresse
ETAPE 1	Bool	M0.1
ETAPE 2	Bool	M0.2
ETAPE 3	Bool	M0.3
ETAPE 4	Bool	M0.4
C1	Bool	I0.0
C2	Bool	I0.1
C3	Bool	I0.2
C4	Bool	I0.3
DCY	Bool	I0.4
RO	Bool	Q0.0
DE	Bool	Q0.1
MO	Bool	Q0.2

⬅ Etape 1 de type logique (Bool) affecté à la mémoire M0.1

⬅ Le capteur C1 est de type logique et affecté à l'adresse I0.0

⬅ La sortie DE est de type logique et affecté à l'adresse Q0.0

Tableau III. 1: Table de variables mnémoniques.

Remarque : L'adresse du bit de la dixième sortie est un 1 car la numérotation commence à zéro.

III.4 Choix de langage

Les fabricants d'automates programmables et les entreprises spécialisées dans le domaine des automatismes offrent une variété de langages de programmation. Ces programmes opèrent sur des plateformes matérielles spécifiquement conçues pour les diverses applications. Dans les bureaux d'étude, les programmes peuvent être réalisés sur un ordinateur. Des consoles de programmation très fiables ont été développées pour les ateliers aux ambiances plus rigoureuses, en fonction des besoins spécifiques. Cependant, dans certaines situations d'applications, de simples ordinateurs portables peuvent accomplir ces tâches avec succès.

Le temps de développement du programme est l'un des principaux problèmes de l'automaticien, il n'est donc pas surprenant que l'on utilise des sous-programmes pour traiter les fonctions répétitives.

. Siemens a été le premier à adopter cette approche grâce à son logiciel Step 5, qui propose une "programmation structurée". C'est une combinaison de modules opérationnels (fournis par le fournisseur). La qualité du programme est assurée grâce à la possibilité de tester progressivement les modules avant leur mise en place. Sa simplicité permet d'économiser du temps. De nos jours, tous les fabricants offrent ce genre de programmation.

III.5 Conclusion

Au cours des dernières années, les progrès technologiques ont entraîné le développement des automates programmables industriels (API) et une révolution majeure dans l'automatique. Ce chapitre présente les automates programmables industriels (API) dans leur ensemble, leur fonction générale, leurs formes matérielles et leur architecture interne. Les API sont utilisés dans de nombreuses tâches d'automatisation diverses, telles que les processus de fabrication industriels

CHAPITRE IV : Programmation et simulation

IV.1. Introduction

Pour réaliser le lavage automatique des trois filtres et superviser l'installation mentionnée dans les chapitres précédents, il est nécessaire de créer un programme qui correspond aux différentes étapes du procès. Mais également surveillé cette installation ainsi que ses différentes parties.

Dans ce chapitre, nous allons commencer à planifier et superviser notre procédé. Il est composé de deux parties distinctes : la partie programme et la partie supervision.

Tout notre travail réalisé à ce stade sera détaillé, en exposant les différents blocs de programme, ainsi que les différentes vues conçues pour la supervision.

En utilisant le simulateur "S7-PLCSIM" et le logiciel de supervision "WinCC flexible"

IV.2. Programmation STEP7

Les automates programmables industriels réalisent des tâches d'automatisation qui sont exprimées sous forme de programme d'application qui définit la façon dont l'automate doit gérer le système en suivant une série d'instructions. Le programme doit être écrit dans un langage spécifique avec des règles définies afin que l'automate puisse l'exécuter. Les automates de la famille SIEMENS sont programmés avec le logiciel STEP7 via une console de programmation ou un PC, et dans un environnement WINDOWS [21].

IV.2.1. Définitions du logiciel STEP7

Le logiciel Step7 est essentiel pour configurer et programmer les systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fonctionne sous Windows, à partir d'une console de programmation ou d'un ordinateur.

STEP 7 est disponible dans différentes versions : • STEP 7-Micro/DOS et STEP 7-Micro/Win pour des applications autonomes basiques sur SIMATIC S7 300.

Le logiciel STEP7 propose les différentes options suivantes :

- Construire et gérer des projets.
- Configuration et configuration du matériel et des moyens de communication.
- La conception de logiciels, comme pour les systèmes cible S7.
- L'installation de logiciels dans des systèmes spécifiques.
- Le déploiement de l'automatisation est testé.
- La détection des perturbations de l'installation [21].

IV.2.2. Création d'un nouveau projet

Dans le but de créer un nouveau projet sur STEP7, nous devons suivre les étapes suivantes :

1- Cliquez deux fois sur l'icône SIMATIC MANAGER située dans le bureau ,Figure IV.1.

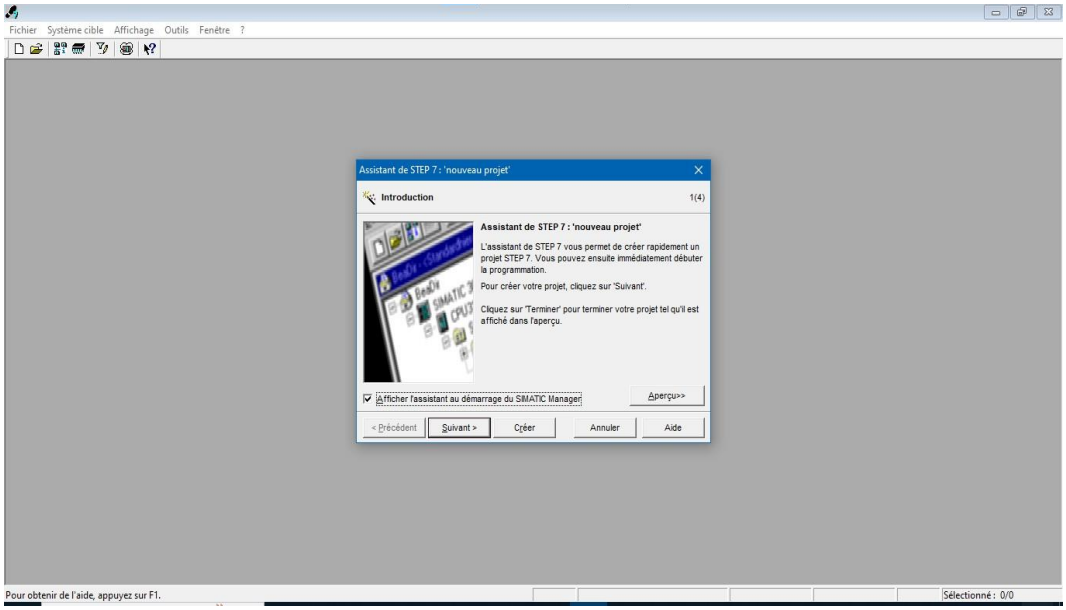


Figure IV. 1: Assistant de STEP7

2- En appuyant sur l'icône « suivant », une fenêtre s'ouvrira pour que nous puissions sélectionner la puissance de calcul avec laquelle nous souhaitons travailler. (Pour notre situation, nous avons opté pour la CPU 315-2 DP),Figure IV.2.

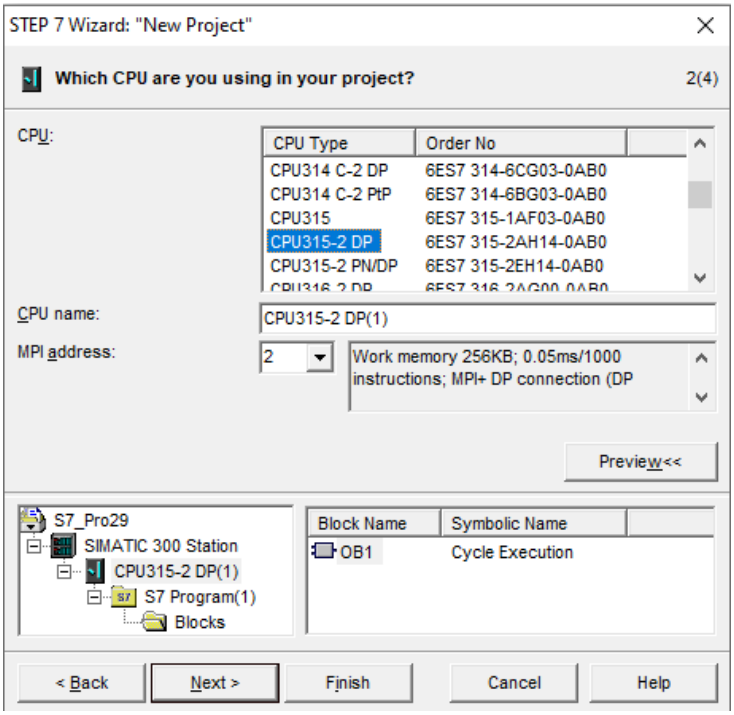


Figure IV. 2: Choix de la CPU

Une fois que la CPU qui nous convient a été sélectionnée, la fenêtre qui se présente nous donnera la possibilité de sélectionner les blocs à insérer, ainsi que de sélectionner le langage de programmation (LIST, LOG ou CONT).

Nous avons opté pour le bloc OB1 (bloc d'organisation) et le langage à contact (CONT) comme langage de programmation dans notre situation.

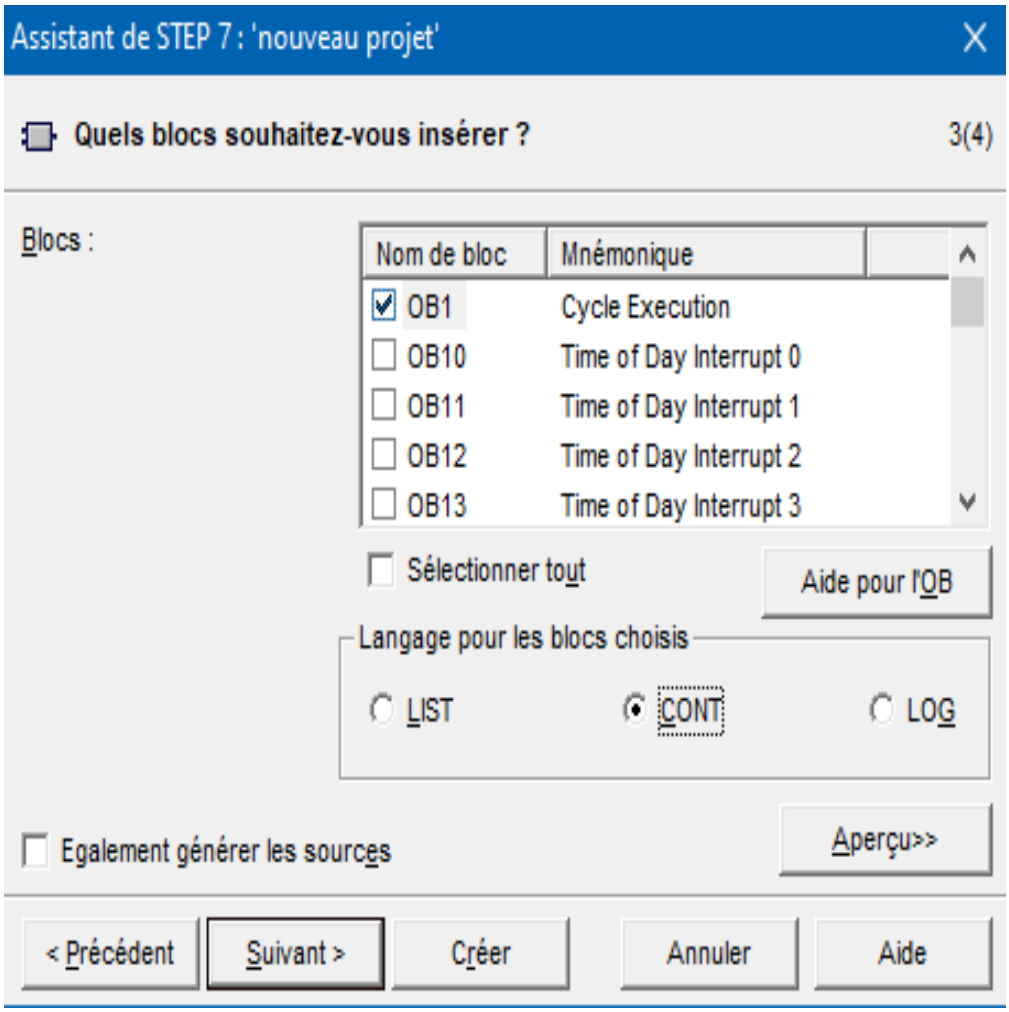


Figure IV. 3: Afin de choisir le bloc à insérer et le langage de programmation employé.

3- En appuyant sur le bouton suivant, on peut voir l'icône de création de projet .

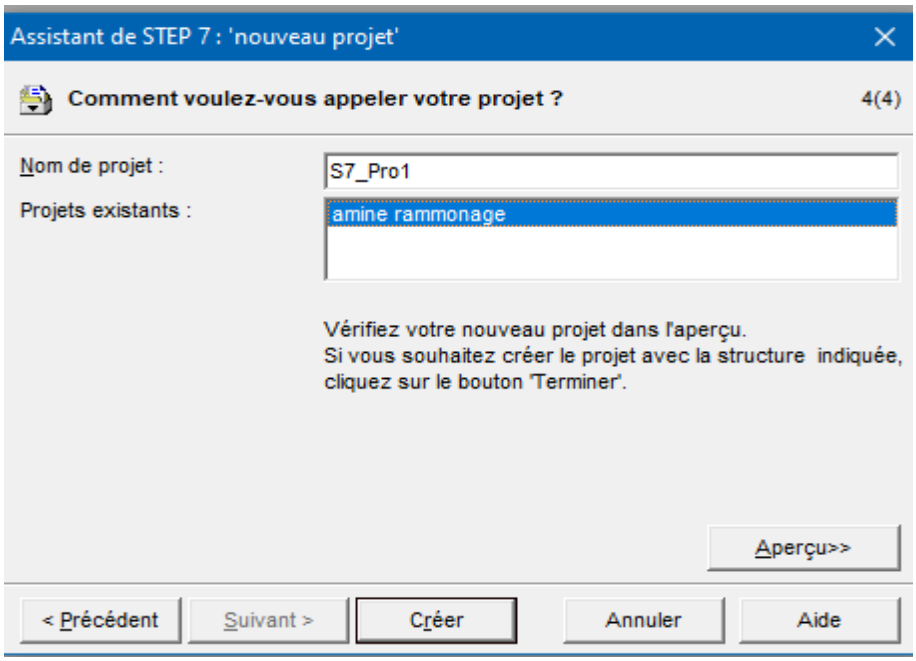


Figure IV. 4: Choix du nom et conception du projet

En appuyant sur le bouton créer, la fenêtre suivante s'affiche.

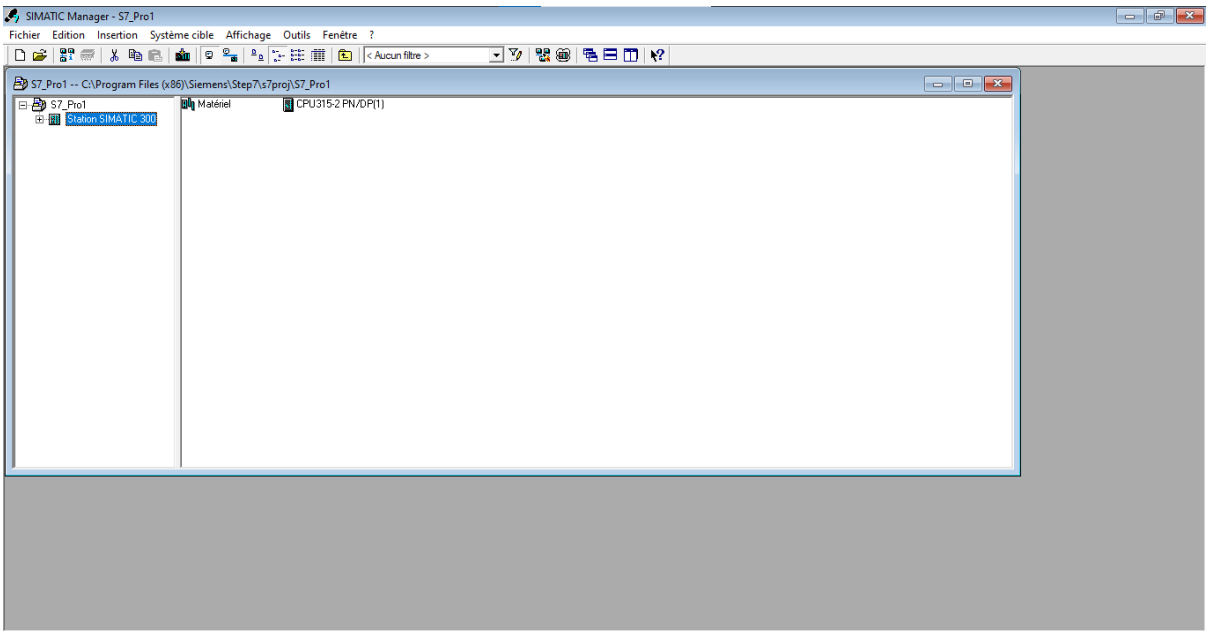
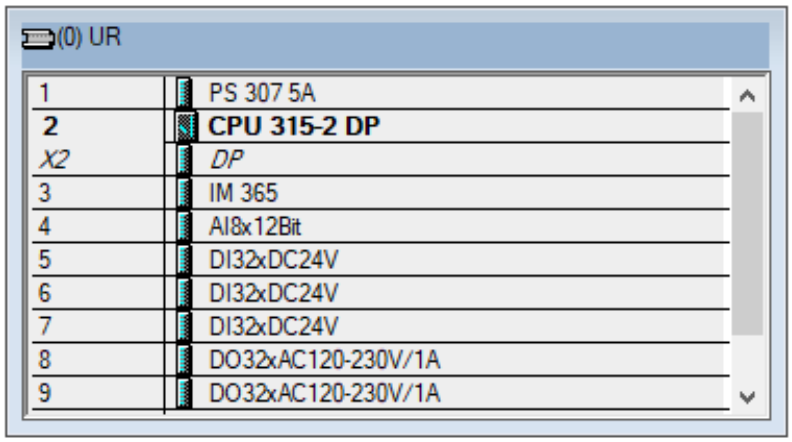


Figure IV. 5: Manager simatic fenêtre d'un projet

IV.2.3. Configuration matérielle

La mise en place du matériel est une étape cruciale. Son objectif est de mettre en place les châssis (rack), les modules et les appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont symbolisés par une table de configuration où un nombre défini de modules peut être placé, tout comme dans les châssis réels.

Pour notre configuration de matériel, nous avons opté pour une alimentation PS 307 5A, la CPU 315-2DP et un module d'entrée/sortie TOR. Il est nécessaire de sélectionner le nombre d'entrées/sorties en fonction des exigences de notre projet.



(0) UR

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA01-0AA0				
2	**CPU 315-2 DP**	**6ES7 315-2AH14-0AB0**	**V3.0**	**2**		
X2	*DP*				*2047**	
3	IM 365	6ES7 365-0BA01-0AA0			2000	
4	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			256...271	
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			4...7	
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			8...11	
7	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			12...15	
8	DO32xAC120-230V/1A	6ES7 322-1FL00-0AA0				16...19
9	DO32xAC120-230V/1A	6ES7 322-1FL00-0AA0				20...23

Figure IV. 6: Configuration du matériel

IV.2.4. Câblage d'entrée

L'information doit être transmise aux entrées de l'automate programmable sous forme de potentiel électrique, dans notre situation, c'est 24V. Après avoir reçu les 24V de la sortie, elle se met en marche. De plus, la mise en marche d'une ou de plusieurs entrées peut entraîner l'exécution d'une tâche au niveau du programme [21].

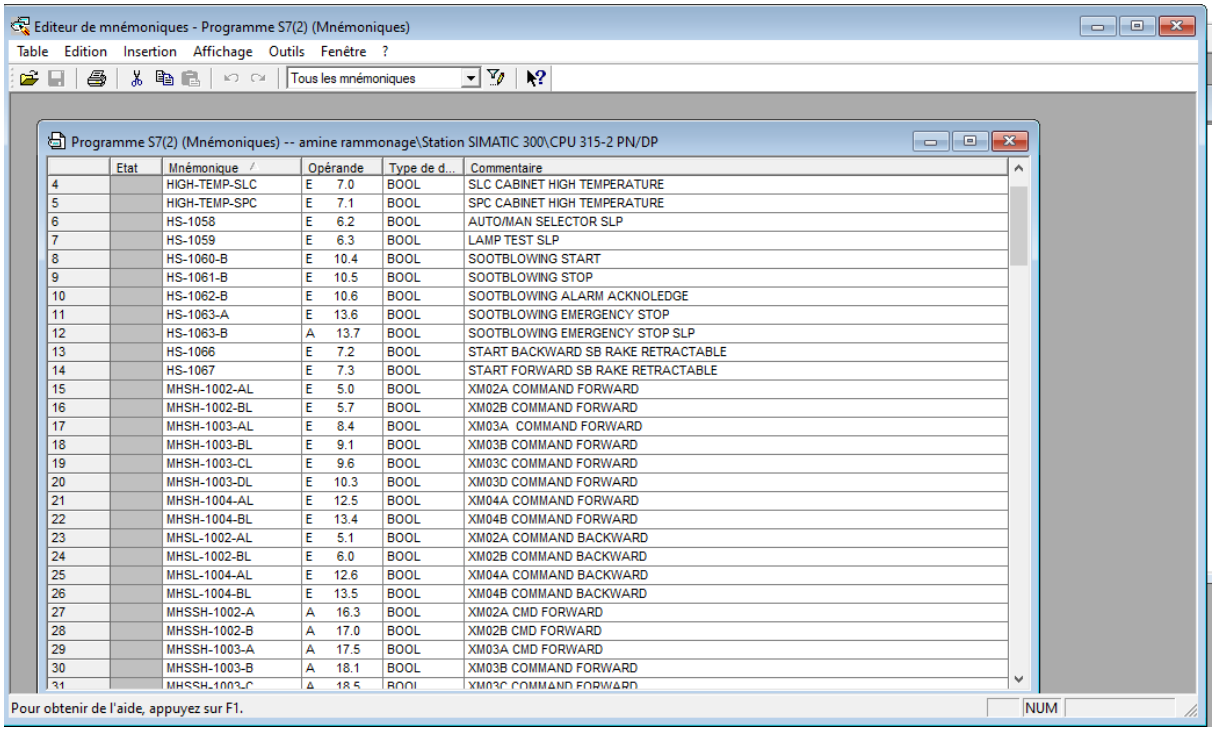
IV.2.5. Câblage des sorties

Chaque sortie de l'automate est composée d'un voyant de signalisation dont le contact est fermé en fonction de la consigne opérative élaborée par le programme. Grâce à la fermeture du contact, les voyants seront alimentés [21].

IV.2.6. Table des Mnémoniques

Une mnémonique est un nom donné par l'utilisateur en suivant les règles de la syntaxe imposée. Il vise à faciliter la lecture du programme et facilite ainsi la gestion des nombreuses variables fréquemment rencontrées dans ce type de programme. Une fois les affectations terminées, le nom donné à l'adresse pourra être directement utilisé dans le programme.

La figure ci-dessous. représente un exemple de la table de mnémoniques de notre projet.



	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d...	Commentaire
4		HIGH-TEMP-SLC	E 7.0	BOOL	SLC CABINET HIGH TEMPERATURE
5		HIGH-TEMP-SPC	E 7.1	BOOL	SPC CABINET HIGH TEMPERATURE
6		HS-1058	E 6.2	BOOL	AUTO/MAN SELECTOR SLP
7		HS-1059	E 6.3	BOOL	LAMP TEST SLP
8		HS-1060-B	E 10.4	BOOL	SOOTBLOWING START
9		HS-1061-B	E 10.5	BOOL	SOOTBLOWING STOP
10		HS-1062-B	E 10.6	BOOL	SOOTBLOWING ALARM ACKNOLEDGE
11		HS-1063-A	E 13.6	BOOL	SOOTBLOWING EMERGENCY STOP
12		HS-1063-B	A 13.7	BOOL	SOOTBLOWING EMERGENCY STOP SLP
13		HS-1066	E 7.2	BOOL	START BACKWARD SB RAKE RETRACTABLE
14		HS-1067	E 7.3	BOOL	START FORWARD SB RAKE RETRACTABLE
15		MHSH-1002-AL	E 5.0	BOOL	XM02A COMMAND FORWARD
16		MHSH-1002-BL	E 5.7	BOOL	XM02B COMMAND FORWARD
17		MHSH-1003-AL	E 8.4	BOOL	XM03A COMMAND FORWARD
18		MHSH-1003-BL	E 9.1	BOOL	XM03B COMMAND FORWARD
19		MHSH-1003-CL	E 9.6	BOOL	XM03C COMMAND FORWARD
20		MHSH-1003-DL	E 10.3	BOOL	XM03D COMMAND FORWARD
21		MHSH-1004-AL	E 12.5	BOOL	XM04A COMMAND FORWARD
22		MHSH-1004-BL	E 13.4	BOOL	XM04B COMMAND FORWARD
23		MHSL-1002-AL	E 5.1	BOOL	XM02A COMMAND BACKWARD
24		MHSL-1002-BL	E 6.0	BOOL	XM02B COMMAND BACKWARD
25		MHSL-1004-AL	E 12.6	BOOL	XM04A COMMAND BACKWARD
26		MHSL-1004-BL	E 13.5	BOOL	XM04B COMMAND BACKWARD
27		MHSSH-1002-A	A 16.3	BOOL	XM02A CMD FORWARD
28		MHSSH-1002-B	A 17.0	BOOL	XM02B CMD FORWARD
29		MHSSH-1003-A	A 17.5	BOOL	XM03A CMD FORWARD
30		MHSSH-1003-B	A 18.1	BOOL	XM03B COMMAND FORWARD
31		MHSSH-1003-C	A 18.5	BOOL	XM03C COMMAND FORWARD

Figure IV. 7: Table de mnémonique

IV.2.7. La programmation sur STEP7

- **Langage liste (LIST)**

Le langage de programmation en liste d'instructions permet une programmation proche du langage du processeur. Il s'agit du langage le plus performant pour exploiter la mémoire de l'automate et diminuer la durée du cycle. Contrairement aux deux précédentes, il offre la possibilité d'utiliser toutes les ressources de STEP7. Cependant, dans les entreprises, il est fréquent de programmer en CONT les blocs de code qui pourraient être entretenus par des programmeurs occasionnels [22].

- **Langage logigramme (LOG)**

Les symboles de l'électronique numérique (portes logiques) sont utilisés dans le langage graphique [22].

- **Langage contact (CONT)**

Une série de réseaux parcourus de manière successive, avec des interrupteurs représentant les entrées et des bobines représentant les sorties [22].

IV.2.8. Blocs du programme utilisateur

Grâce à Step7, il est envisageable de classer le programme en deux catégories :
Programmation linéaire : Dans cette situation, le programme est écrit dans la section principale de l'OBI.
Programme structuré : La division du programme en sous-programmes programmés dans les blocs (à l'exception de OB 1) et appelés dans OB1 ou autres blocs est appelée l'imbrication. Les applications créées à l'aide de Step7 sont structurées en blocs. On peut observer :

- Les programmes sont contenus dans les blocs de code (OB, FB, FC).
- Les données de base de données d'instance et de base de données globales qui renferment les réglages du programme [22].

- **Bloc d'organisation (OB)**

Dans notre projet, nous incluons les éléments à charger dans la CPU afin de réaliser la tâche d'automatisation. Il comprend :

- Les programmes sont contenus dans les blocs de code (OB, FB, FC, SFB, SFC).
- Les paramètres du programme sont stockés dans les blocs de données DB d'instance et DB globaux.

OBI (Bloc d'Organisation N°1) est le bloc programme principal. La CPU de l'automate l'exécute de manière cyclique. Il est important que ce programme ne contienne que des opérations permanentes, peu importe le mode de fonctionnement, car l'OB1 est constamment vérifié. Il est également chargé de gérer l'appel des sous-programmes [22].

- **Blocs fonctionnelles (FB)**

L'utilisateur crée un sous-programme appelé FB qui est exécuté par des blocs de code. Il est associé à un bloc de données d'instance DB qui concerne sa mémoire et contient ses paramètres. Pour cette initiative [22].

- **Bloc fonction (FC)**

La FC comprend des méthodes pour les fonctions couramment employées. Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Néanmoins, elle peut utiliser des ensembles de données globaux pour protéger ses données [22].

- **Blocs de données (DB)**

Ces blocs de données ne sont utilisés qu'à l'enregistrement d'informations et de données, sans fournir d'instructions. D'autres blocs utiliseront ensuite les données utilisateurs stockés [22].

IV.2.9. Simulateur PLCSIM

- Un logiciel complémentaire de STEP7, appelé PLCSIM, a été utilisé pour simuler un automate de la famille SIEMENS avec tous ces modules. Le simulateur offre une interface conviviale et facile à utiliser. En effet, pour modifier l'état d'une entrée, il vous suffit de cocher la case appropriée. Les états des sorties se modifient également.
- En fonction de l'évolution du programme. Dans la fenêtre de programmation (CONT) lors de la simulation, chaque contact qui représente une variable active est représenté en vert (les contacts non actifs sont représentés en pointillé). Cela offre la possibilité de suivre en détail l'évolution du programme. Grâce à la simulation, nous avons pu évaluer les diverses situations auxquelles le système peut faire face.
- Finalement, nous arrivons à la conclusion que notre programme satisfait parfaitement aux exigences du cahier des charges et qu'il peut donc être transféré de l'ordinateur vers l'automate qui lui convient [21].

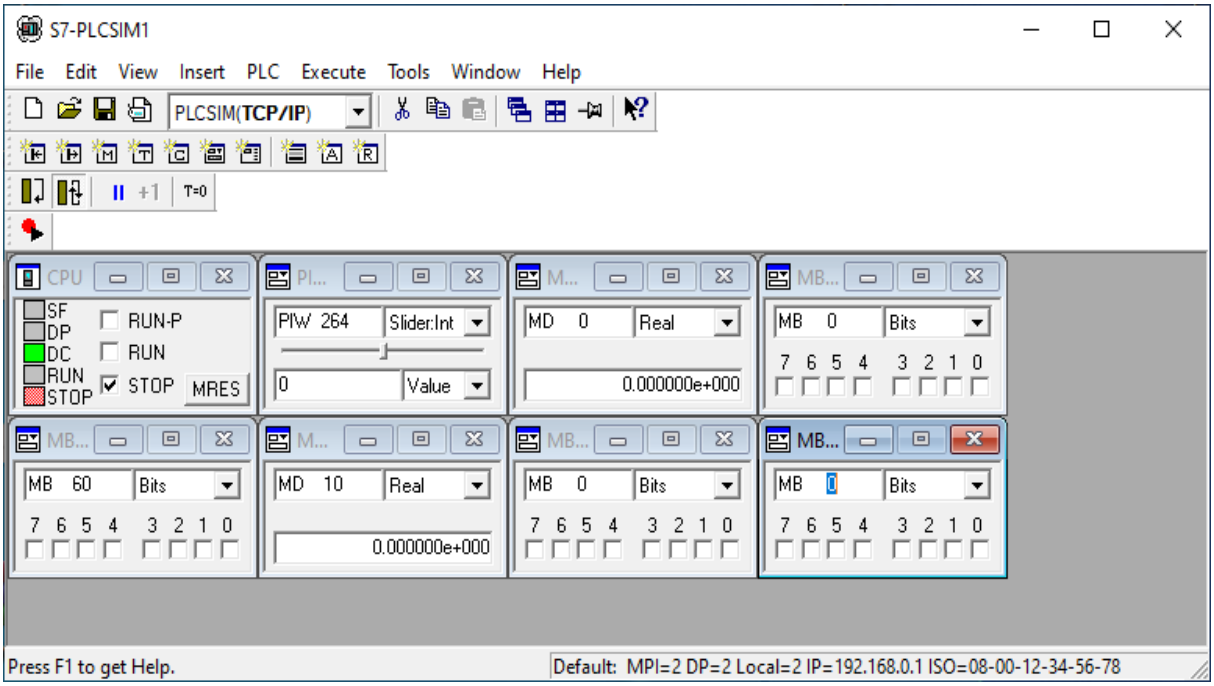


Figure IV. 8: Simulateur PLCSIM

IV.3. Simulation

Il est nécessaire de débuter la simulation en ouvrant le simulateur PLCSIM dans la barre de configuration du logiciel Step 7 en appuyant sur le bouton représenté dans la figure IV.9

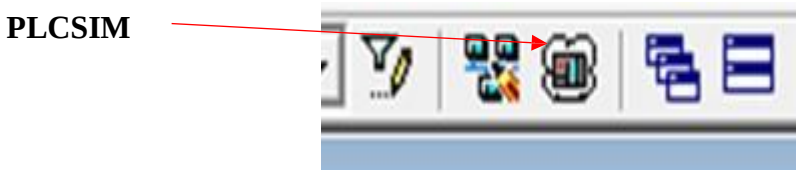


Figure IV. 9: Barre de configuration du step 7

Par la suite, le programme est chargé dans le processeur en appuyant sur le bouton "charger" illustrer dans la figure suivante.

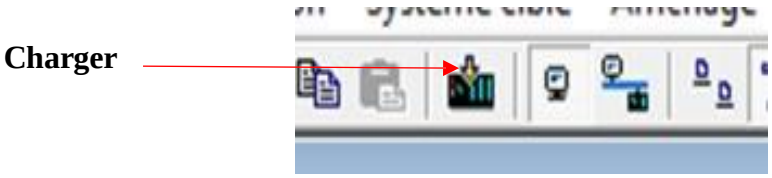


Figure IV. 10: Bouton charger

Par la suite, nous décochons le bouton « RUN » afin de mettre le CPU en marche. Pour forcer les entrées à l'état 1 ou 0, nous pouvons coucher les bits désirés, par exemple.

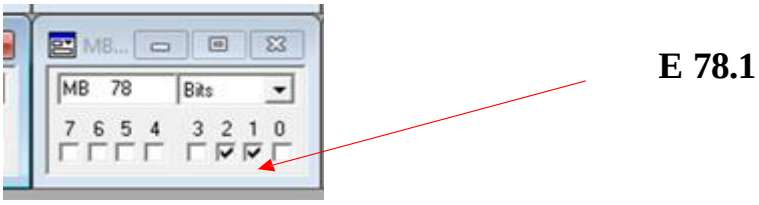


Figure IV. 11: Exemple de forcement d'une entrée

On peut modifier les valeurs des entrées analogiques en déplaçant le curseur associé à la variable souhaitée. Par exemple, pour modifier la valeur de température reçue par le transmetteur de température, il suffit de déplacer la valeur du curseur de la variable PIW264.

Figure IV. 12 : Exemple de variation de valeur de

IV.3.1. Simulation de block IN_BCD

Ce block représente la programmation de sélecteur des ramoneurs

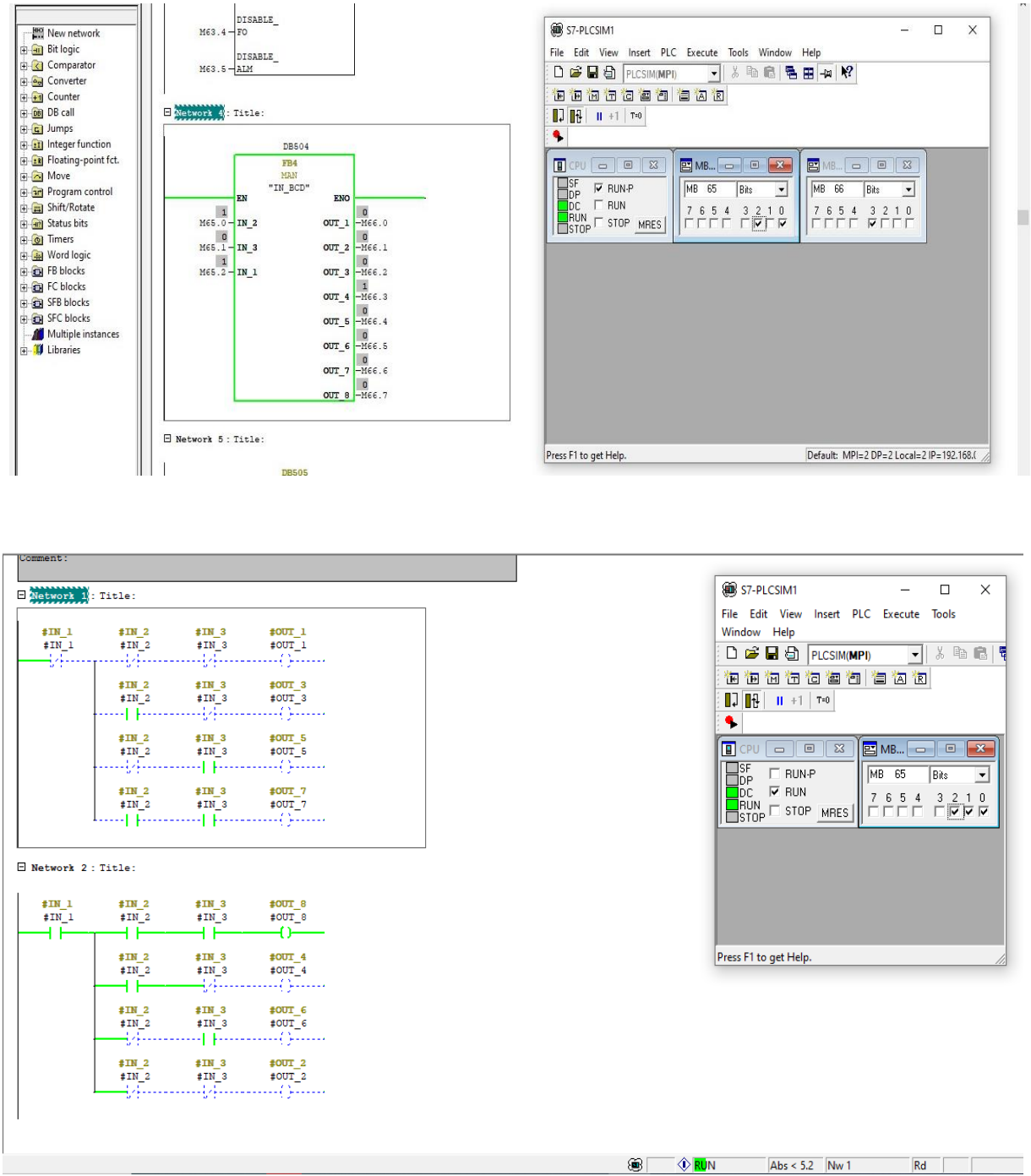


Figure IV. 13:simulation de block IN_BCD

IV.3.2. Simulation de block rack / rétractable

Ce block représente la programmation de ramoneur de type rake /rétractable

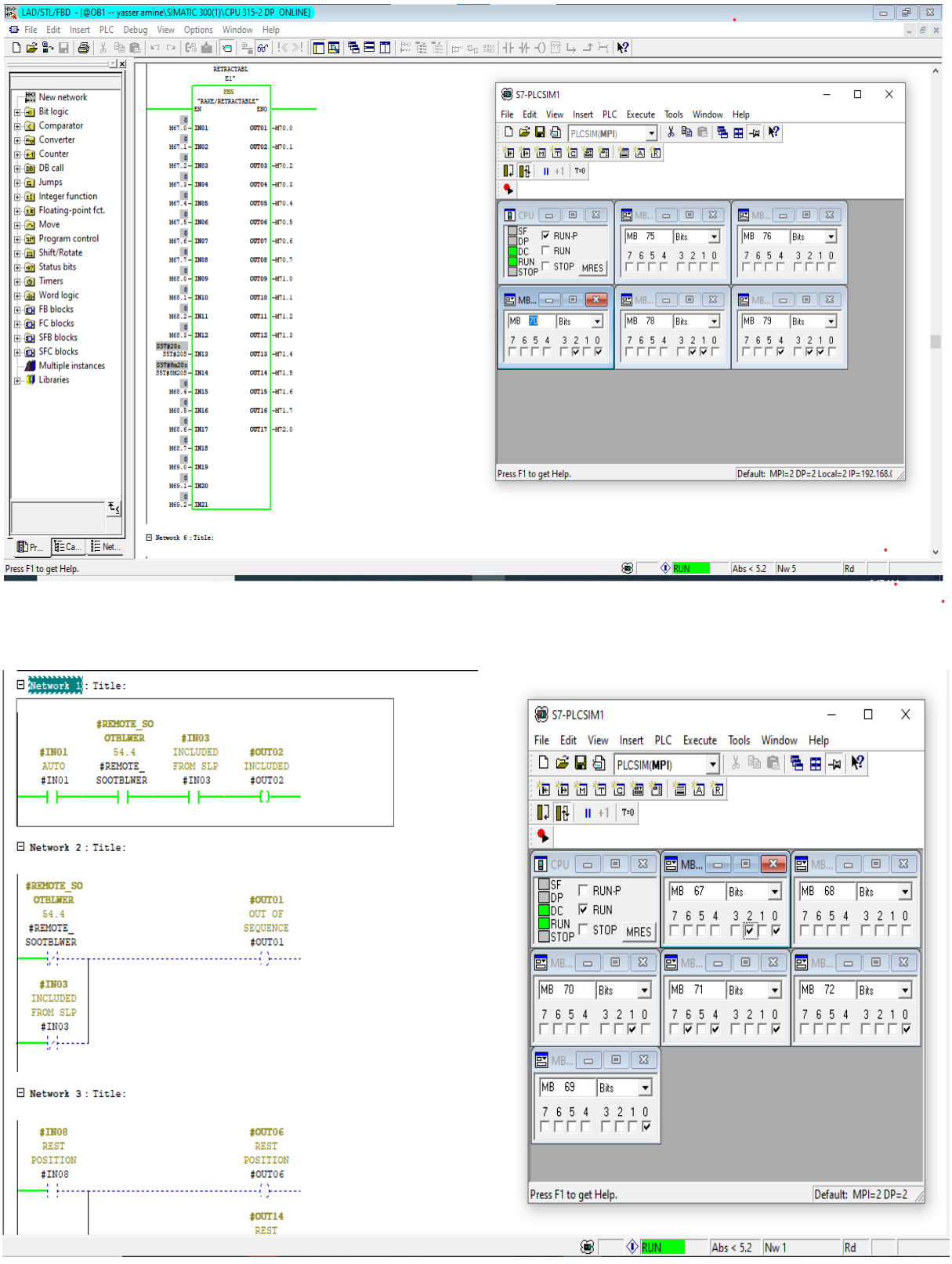


Figure IV. 14: Simulation de block rack / rétractable

IV.3.3. Simulation de block rotative

Ce block représente la programmation de ramoneur de type rotative

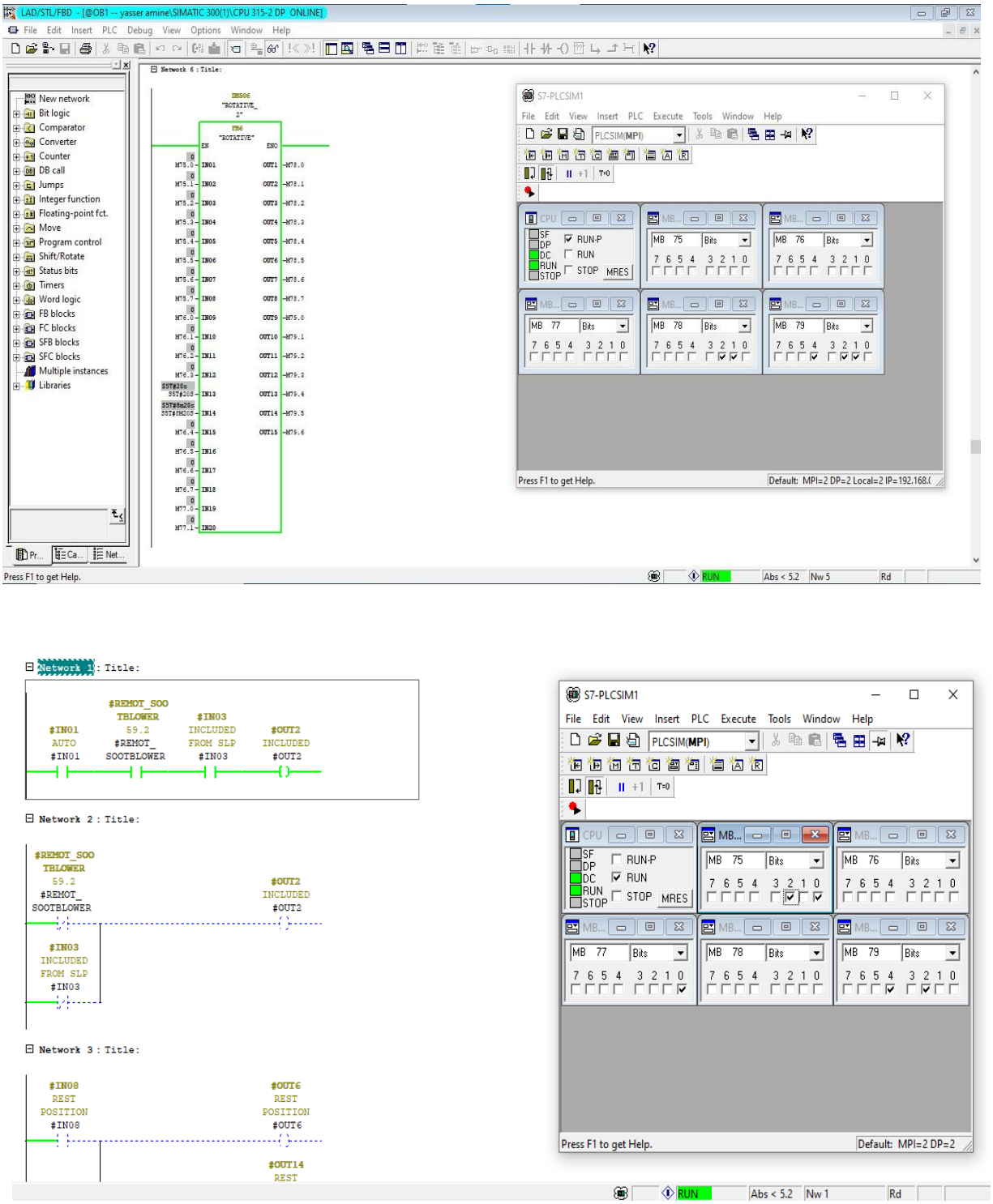


Figure IV. 15: Simulation de block rotative

IV.3.4. Simulation de block AI_FB

Ce block représente la programmation pour les capteurs analogiques

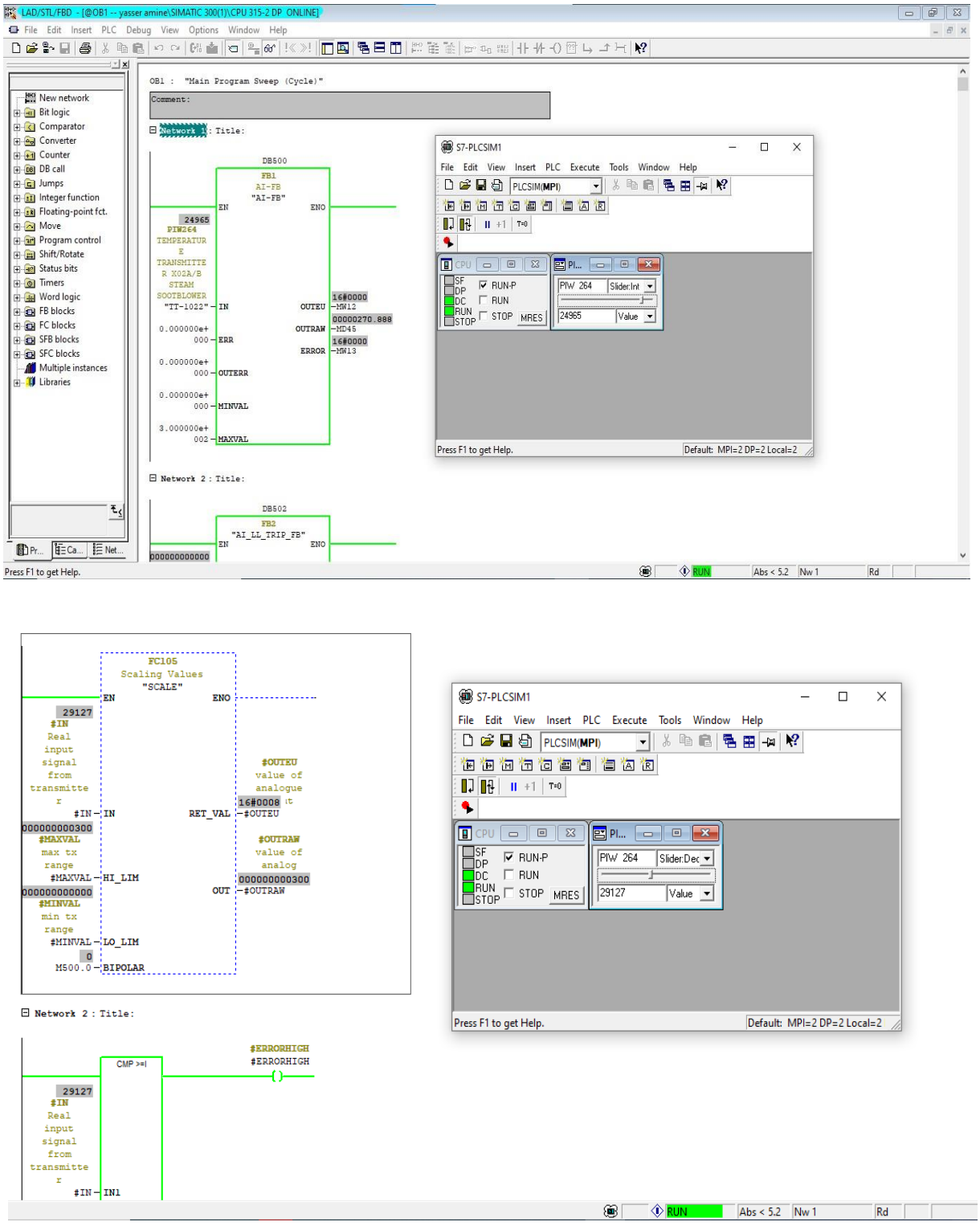


Figure IV. 16:simulation de block AI_FB

IV.3.5. Simulation de block AI_HH_TRIP

Ce block représente la programmation (hight alarme) pour les transmetteurs

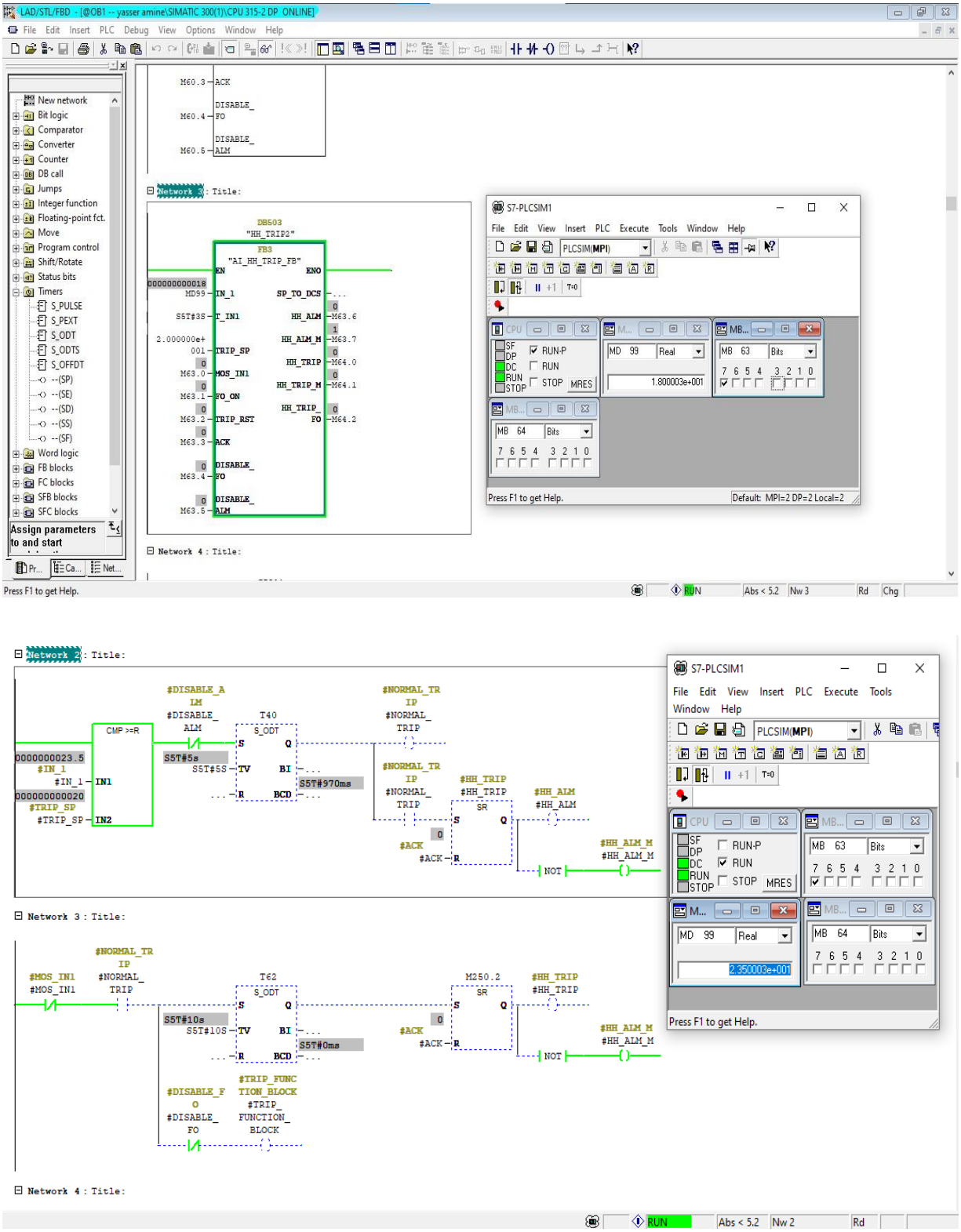
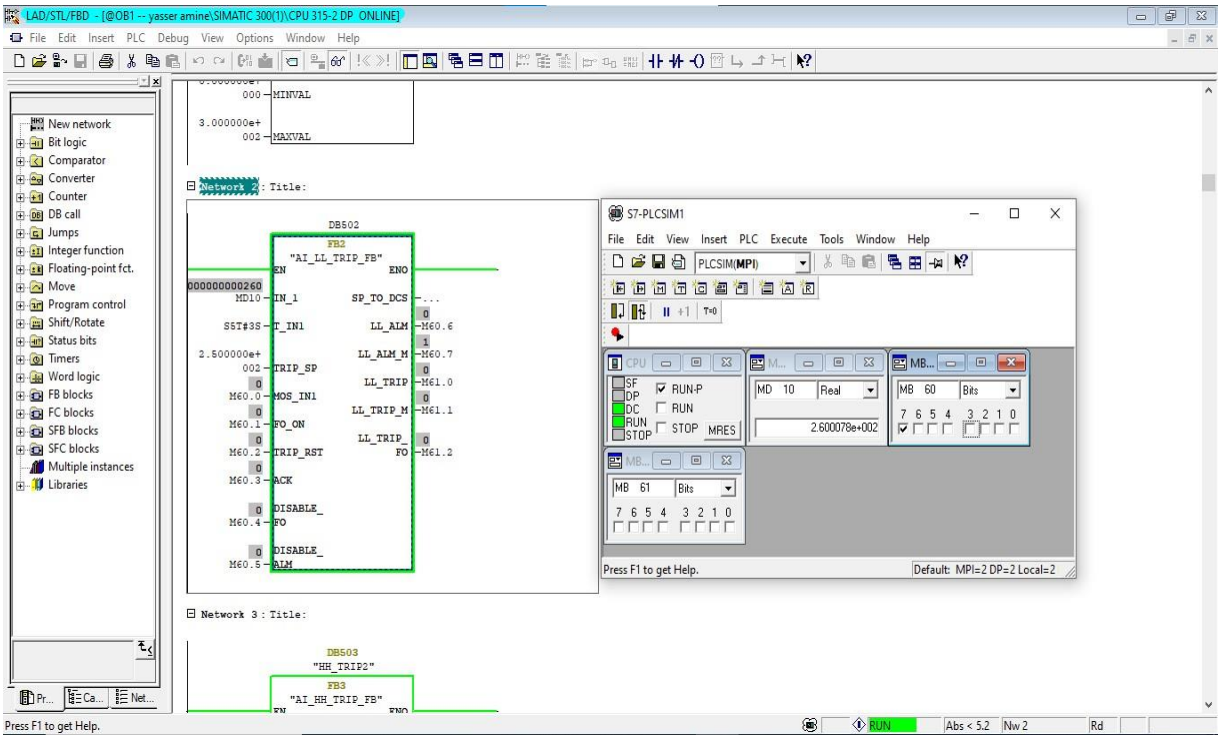


Figure IV. 17:simulation de block HH_TRIP

IV.3.6. Simulation de block AI_LL_TRIP

Ce block représente la programmation (low alarme) pour les transmetteurs



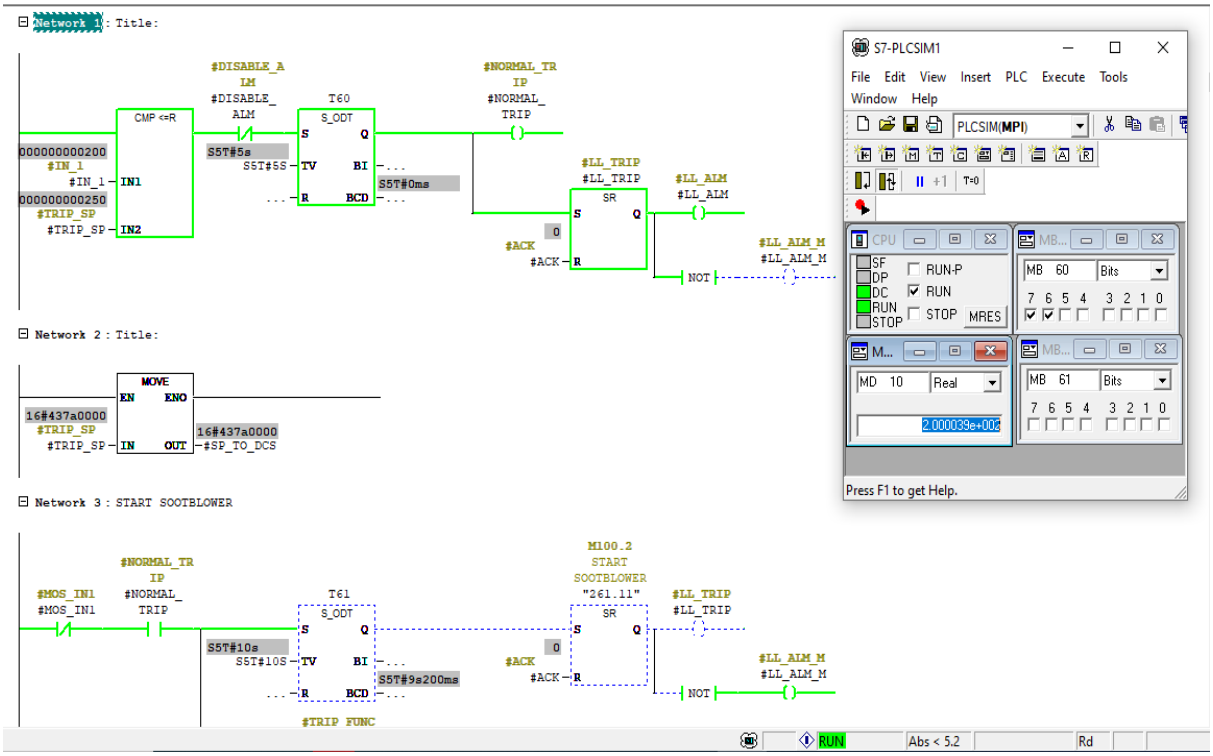


Figure IV. 18:simulation de block LL_trip

IV.4. WinCC Flexible

Avec l'augmentation de la complexité des processus et la nécessité pour les machines de toujours satisfaire à des spécifications de fonctionnalité complexes, il est nécessaire d'avoir un moyen de surveiller en temps réel les processus de ces systèmes, connu sous le nom d'Interface Homme-Machine (IHM), qui est disponible dans le logiciel "WinCC Flexible".

WinCC Flexible est un logiciel de Siemens qui offre la possibilité de concevoir des interfaces entre l'homme et la machine sur un ordinateur tactile ou un écran.

L'interface entre l'homme (l'opérateur) et le processus (l'installation de la machine) est un système IHM.

La supervision est le rôle principal d'un système IHM. Il est responsable de diverses responsabilités telles que la représentation et la gestion du processus, le contrôle des alarmes, l'enregistrement des valeurs du processus et des alarmes [23].

IV.4.1. WinCC Flexible runtime

Dans son interface, WinCC flexible intègre un simulateur runtime qui ressemble à un pupitre réel, permettant ainsi d'interagir pour superviser et contrôler le système.

Grâce au simulateur de runtime, l'opérateur a la possibilité de gérer le contrôle-commande et de superviser le processus. On effectue ensuite les taches suivantes :

- Interaction avec les machines automatiques.
- Afficher les images à l'écran.
- La gestion du processus, telle que l'ouverture et la fermeture des vannes.
- Archivage des informations de runtime actuelles, telles que les valeurs processus (température, pression...) et les événements d'alarme [23.]

IV.4.2. Intégrer WinCC avec Step 7

Une fois que nous avons sélectionné le pupitre opérateur, il est essentiel de l'intégrer dans le projet intitulé "Yasser Amine" sur la plateforme Step7. Afin d'accomplir cela, il est possible de créer directement un projet WinCC à partir du projet de ramonage à l'aide du logiciel Step7, ce qui permettra une intégration automatique.

Lors de la création du projet WinCC, les paramètres de communication de l'automate sont sélectionnés par défaut. En effectuant une modification dans step7, les paramètres de communication sous WinCC sont mis à jour.

Les changements de mnémoniques effectués dans Step7 seront ajustés dans WinCC. Pour pouvoir les utiliser sous Step7 et WinCC, il vous suffit de définir les mnémoniques une seule fois [23].

IV.4.3. Configuration du panel de supervision

Afin d'installer l'interface utilisateur du système de ramonage développé, nous avons opté pour un pupitre operateur de type MP 277 10 Touch. Ce panel est conçu pour les tâches de commande et de supervision.

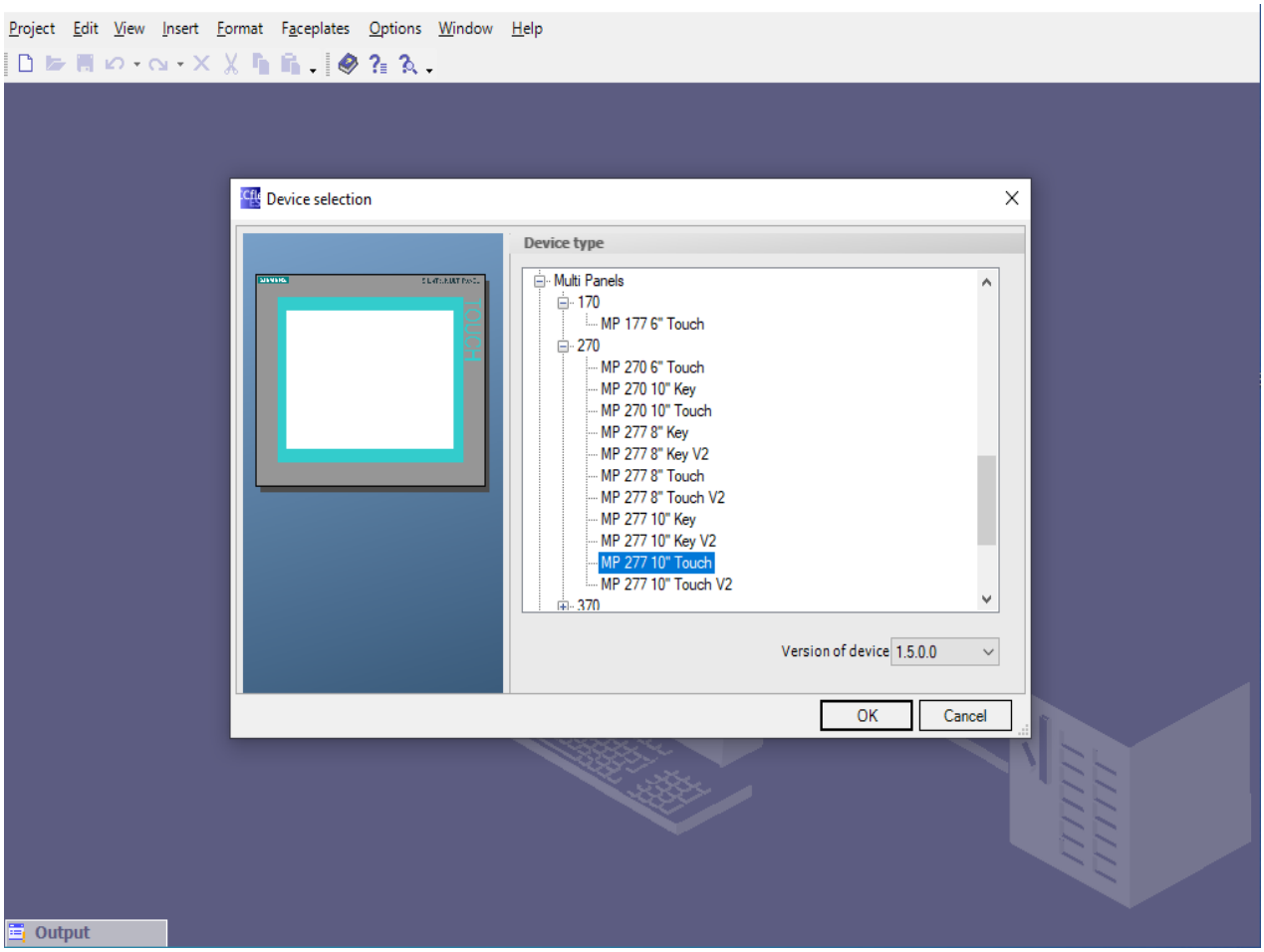


Figure IV. 19: Panel de supervision

IV.4.1. Interfaces de système

Les étapes suivantes sont organisées dans l'IHM de l'automatisation du système de ramonage développé.

IV.4.1.1. La première fenêtre.

On l'appelle "Home" et on la configure comme une interface d'accueil. Elle permit l'ouverture des autres fenêtres voir la figure IV.20.

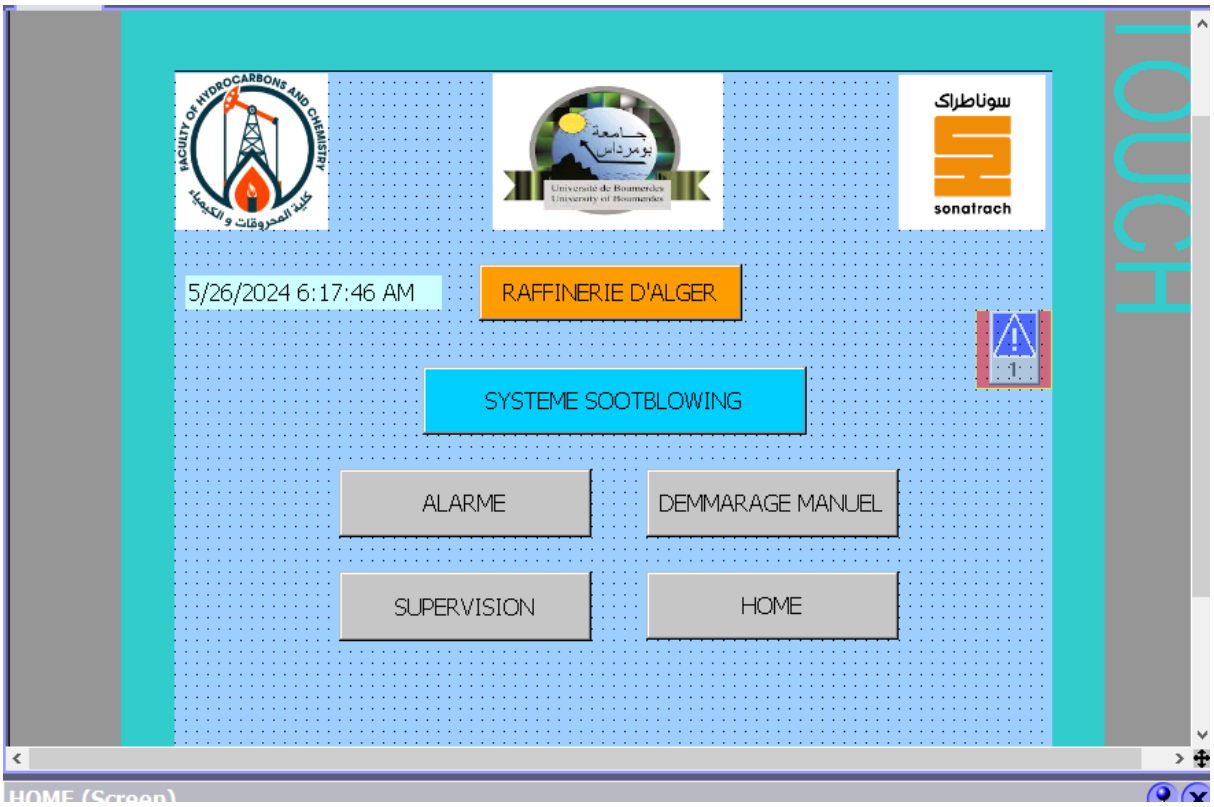


Figure IV. 20: Premiere fenetre (HOME)

IV.4.1.2. La deuxième fenêtre

Elle porte le nom de « Supervision » et est principalement dédiée à la surveillance du système. Elle donne des informations sur l'état actuel de : la vanne générale, la vanne d'évacuation et les transmetteurs de températures et transmetteur de pression voire figure IV.21.

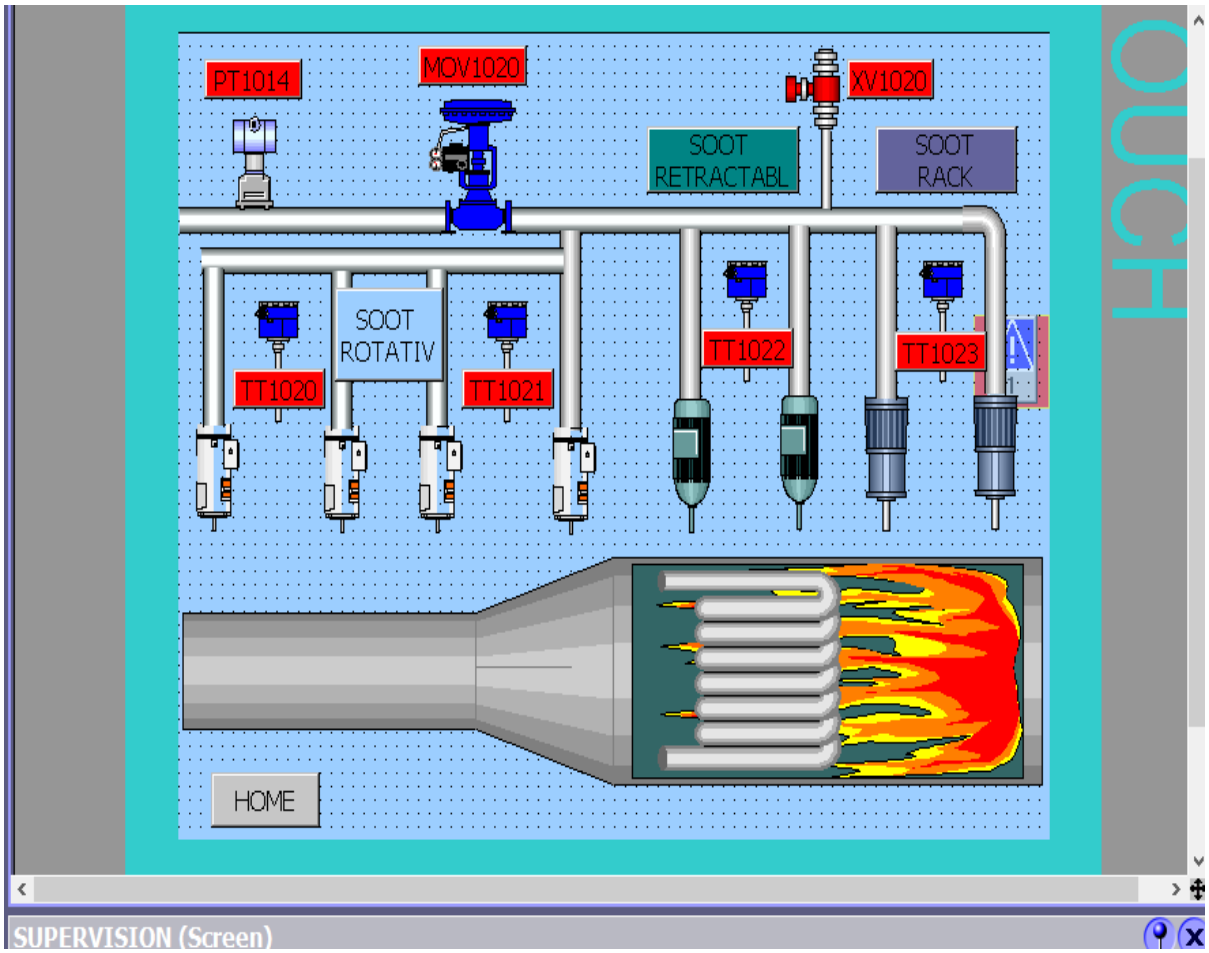


Figure IV. 21: La fenêtre de (Supervision)

IV.4.1.3. La troisième fenêtre

Elle mentionne la situation actuelle des huit ramoneurs. Les huit ramoneurs peuvent également être contrôlés. De plus, elle comprend toutes les options nécessaires pour démarrer le système de manière manuelle. On note l'état actuel des huit ramoneurs, voir la figure IV.22.

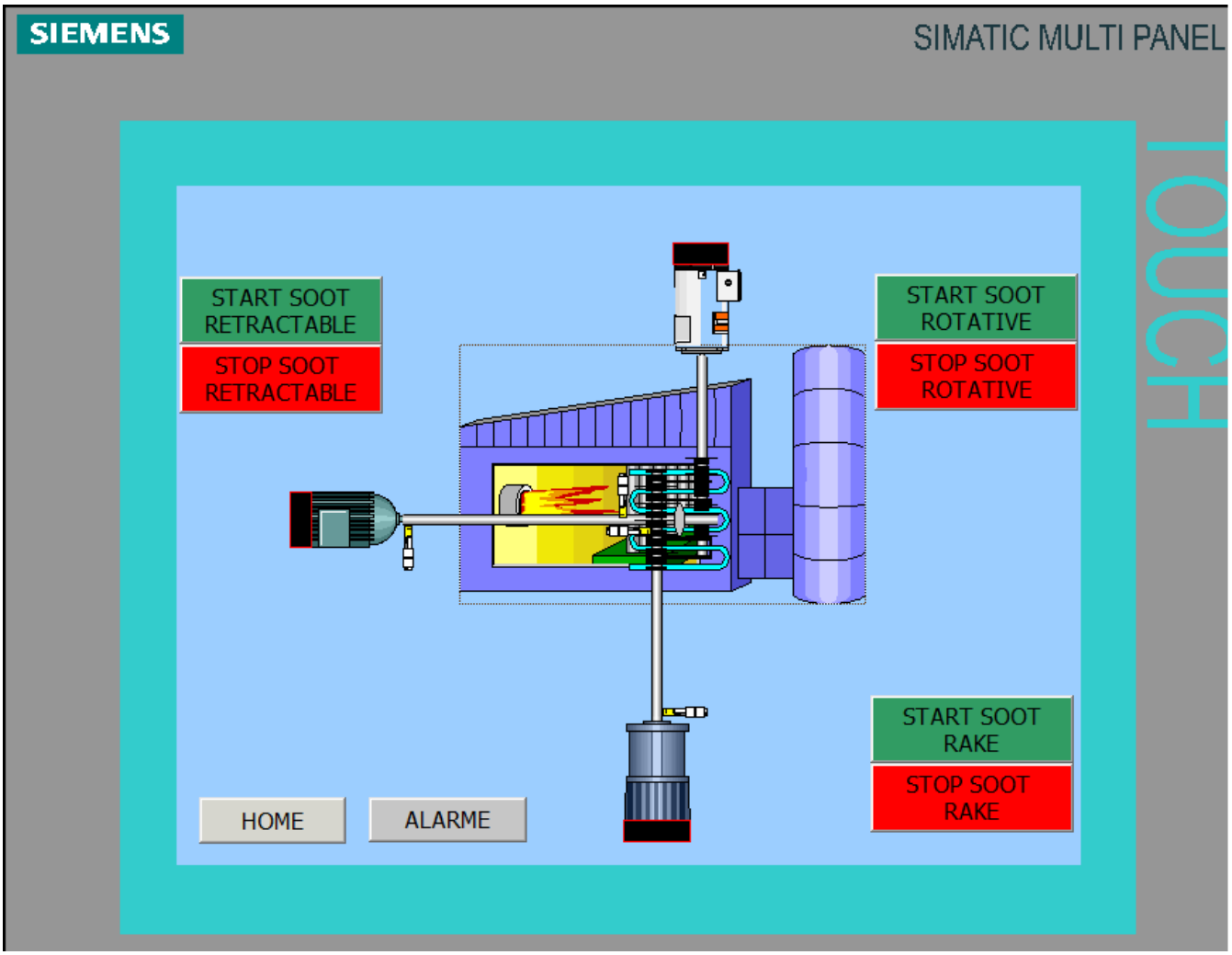


Figure IV. 22: La fenêtre de (démarrage mode

IV.5. Conclusion

Ce chapitre expose en détail la programmation et la supervision du système de ramonage industriel en utilisant les logiciels STEP 7 et WinCC flexible de Siemens. La partie programmation avec STEP 7 présente les blocs utilisés (OB, FB, FC, DB) ainsi que les langages de programmation disponibles (LIST, LOG, CONT). Une fois que le projet créé et le matériel configuré, les différents blocs de programme nécessaires au fonctionnement séquentiel automatique et manuel du ramonage ont été développés en langage à contacts. Des simulations ont permis de vérifier le bon déroulement des séquences avant de les transférer sur l'automate réel.

Dans la section de supervision, on explique comment intégrer WinCC flexible avec le projet STEP 7 de manière transparente. Différentes interfaces entre les utilisateurs et les machines ont été développées, offrant la possibilité de visualiser en temps réel l'état du procédé (vannes, transmetteurs), de contrôler les divers ramoneurs, ainsi que de démarrer les cycles automatiques et manuels depuis des écrans tactiles ergonomiques.

Conclusion Générale

.

Dans ce projet de fin d'études, un automatisme monté sur un automate programmable a été utilisé pour automatiser le système de ramonage des chaudières de l'unité « centrale » et « utilité ». L'intérêt de ce projet réside dans le fait de supprimer les déchets qui se déplacent sur les parois des tubes de la chaudière en raison de la combustion. Ces déchets ont une influence significative sur le rendement de la chaudière, ce qui entraîne une baisse de la production et donc du rendement en soi. Nous avons pour mission de trouver une solution à ce problème et de concevoir un système qui améliore le rendement de la chaudière.

Avant de commencer à automatiser, nous avons effectué une analyse de l'instrumentation et du fonctionnement du système de chaudière. En cherchant à saisir de manière approfondie le processus de ramonage, il est essentiel de concevoir un programme complet qui prendra en considération tous les défauts potentiels qui peuvent survenir lors du fonctionnement du système.

En conclusion, comme dans tout travail, on offre quelques perspectives bénéfiques pour la poursuite de ce petit travail de la manière suivante :
-Créer un automate programmable réel pour mettre en œuvre notre programme développé et l'appliquer à l'ensemble du système, y compris la chaudière.
Une occupation quotidienne au sein de la raffinerie.

-L'API actuel Siemens S7-300 est toujours proposé pour être remplacé par un autre API S7-1200, plus utilisé dans l'industrie des hydrocarbures et qui possède un CPU tout puissant.
- Afin de préparer les étudiants au monde professionnel et industriel, il est recommandé d'organiser des stages pratiques aux unités industrielles pendant leur cursus universitaire avant leur projet de fin d'études.

En résumé, nous souhaitons souligner l'importance de ce stage qui nous a donné l'opportunité, en tant qu'instrumentistes, de développer nos compétences et d'approfondir nos connaissances en automatique et en industrie en général. Nous avons également eu l'opportunité de visiter la raffinerie d'Alger, de la découvrir de près et de découvrir ses diverses unités grâce à ce projet de fin d’études.

Une perspective :

L’intégration de l’intelligence artificielle (IA) dans le contrôle des systèmes de ramonage révolutionne l’entretien des chaudières. En utilisant des caméras dotées d’algorithmes d’IA, il est possible de détecter avec précision les obstructions, les accumulations de suie et les dommages structurels invisibles à l’œil nu. Cette technologie permet une inspection plus rapide et plus précise, réduisant les risques d’incendie et améliorant l’efficacité énergétique. De plus, l’automatisation des diagnostics via l’IA optimise les interventions de maintenance, rendant le processus non seulement plus sûr, mais aussi plus économique.

La bibliographie

[1] Site officiel de raffiner d'Alger

[2] https://www.cmr-group.com/automatisation-instrumentation-industrielle

[3] Louis Maret, Régulation automatique, Lausanne, PPUR, 1987 (OCLC 18620629)

[4] https://www.dunod.com/sites/default/files/atoms/files/Feuilletage_708.pdf

[5] Georges Asch, Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod (ISBN 2100057774)

[6] Dunn, W. C. (2018). Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control. Artech House

[7] Bela G. Liptak. (2003). Instrument Engineers' Handbook, Volume *One*: Process Measurement and Analysis, Fourth Edition. *CRC Press*.

[8] https://realpars.com/differential-pressure-transmitter

[9] Asch, J. (2015). Les capteurs de température : Principes et applications. Paris, France: Dunod.

[10] manuel de la vanne de régulation control valve handbook 2017

[11] Groupe Latty. "Critères de sélection d'une vanne." Latty.com,

[12] Association française de normalisation. (2019). NF DTU 24.1 : Travaux de fumisterie - Systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils. AFNOR.

[13] Manuel Description of (sootblowers system operation) fournis par la raffinerie d'Alger.

[14] https://www.processparameters.co.uk/what-is-a-pressure-transmitter/

[15] https://www.soot-blower.com

[16] https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-automate-programmable-10525/#principe-et-fonctionnement-de-lautomate-programmab

[17] https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm

[18] https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/les-criteres-de-choix-d-un-automate-programmable.html

[19] Pr. BERTRAND, M. Cour d'automates programmables industriel

[20] R. W Lewis (2001) Modelling Distributed Control Systems Using IEC 61499. p. 9

[21] Documentation technique Siemens sur S7 programme

[22] SIEMENS, "WinCC flexible 2008", SIMATIC HMI, 2008