

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique industrielle

Présenté par
Younés RABHI
Sarah SAYAH

Thème

Automatisation d'une conditionneuse de pâte pressée avec S7-1200 sous TIA Portal au sein de l'entreprise STLD à DBK.

Mémoire soutenu publiquement le 26/ 06/ 2024 Devant le jury composé de :

M Boualem SALHI

MCB, UMMTO, Président

Mme Ouiza BOUKENDOUR

MAA, UMMTO, Encadrant

Mlle Ouardia CHILLALI

MCB, UMMTO, Examineur

Mme Karima HOUACINE

MCB, UMMTO, Examineur



Remerciemen

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements au Tout-Puissant, source de miséricorde, pour nous avoir accordé la santé, le courage et la volonté à la réalisation de ce travail.

*Tout d'abord, nous souhaitons témoigner notre plus sincère reconnaissance à notre promotrice, **Mme BOUKENDOUR Ouiza**, enseignante à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Nous la remercions vivement pour son accompagnement bienveillant et avisé, pour ses conseils judicieux et pour le temps précieux qu'elle a consacré à nous guider dans ce projet.*

*Nos remerciements vont également à **M. AZZOUG Malek**, notre encadrant à l'entreprise EURL STLD, ainsi qu'à tous les ingénieurs qui nous ont accueilli et soutenu durant notre stage.*

*Nous exprimons notre reconnaissance envers l'ensemble du corps enseignant de l'UMMTO qui a contribué à notre réussite dans nos études. Nous tenons particulièrement à remercier **M CHARIF Moussa**, enseignant à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour son soutien et le temps qu'il nous a consacré.*

Nous n'oublions pas de remercier les membres du jury qui examineront notre travail avec attention et impartialité.

A nos chers parents, qui ont généreusement partagé leur temps et leurs compétences pour nous aider à atteindre nos objectifs, et dont le soutien indéfectible a été une source d'inspiration et d'encouragement tout au long de ce parcours.

Sans oublier de remercier tous ceux qui nous ont aidé et soutenu tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Leur contribution a été indispensable à sa réalisation.



Dédicace

À ma chère famille, mes parents, mes sœurs « Sarah » et « Sabrina », mon frère « Yahia », merci pour votre amour inconditionnel, votre soutien constant et votre foi inébranlable en mes capacités. Vous avez été mon roc et ma source d'inspiration à chaque étape de ce voyage académique. Sans votre présence et votre encouragement, ce mémoire n'aurait pas vu le jour.

À mon binôme, « Sarah », pour votre collaboration exemplaire, votre dévouement sans faille et votre esprit de camaraderie. Ensemble, nous avons surmonté les défis et célébré les réussites. Votre partenariat a été essentiel à l'aboutissement de ce travail. Merci pour ces moments de partage et d'entraide.

À mes amis, merci pour votre compréhension, vos encouragements et votre soutien moral. Vous avez su m'apporter la légèreté nécessaire dans les moments de stress et la motivation indispensable pour persévérer. Vos mots et vos gestes ont été une source de réconfort et de force tout au long de ce parcours. Merci d'être à mes côtés.

RABHI Younès



Dédicace

À mes parents, qui m'ont enseigné la valeur du travail et de la persévérance, et qui ont toujours été là pour me soutenir et me guider, je dédie ce mémoire. Vos encouragements constants et votre amour indéfectible ont été le pilier de mon parcours académique, et vos sacrifices inconditionnels ont été la source de mon inspiration. Je vous en suis éternellement reconnaissante.

À mes sœurs «SABIHA », « AMEL », « FAZIA » et mon frère « MOHAMMED », qui ont partagé avec moi chaque moment de doute et de réussite, je vous adresse ma plus profonde gratitude. Votre soutien moral et votre présence ont rendu ce chemin plus significatif.

À mon binôme, YOUNES, dont la collaboration et l'amitié ont enrichi cette expérience académique, je vous remercie pour votre travail acharné et notre complicité tout au long de ce projet.

À mes amis, qui ont été mes compagnons de route, mes confidentes et mes sources de joie, je vous dédie ce mémoire en signe de reconnaissance pour votre soutien indéfectible et votre amitié précieuse.

Que cette dédicace soit le témoignage de ma gratitude envers vous tous, pour avoir illuminé mon parcours d'études de votre présence et de votre affection.

"L'avenir appartient à ceux qui sont capables de rêver grand" (Albert Einstein). Cette citation me rappelle que le succès n'est pas simplement une question de travail et de détermination, mais également de croyance en soi et de vision pour le futur.

SAYAH Sarah

Résumé

Le mémoire traite de l'automatisation d'une conditionneuse MULTIVAC R105 à l'aide d'un automate Siemens S7-1200 et du logiciel TIA Portal à l'entreprise STLD « Société de Transformation de Lait et Dérivés » à DBK. Il décrit les étapes de la compréhension des composants de la machine, la modélisation avec GRAFCET, le développement de solutions programmables, et la supervision du processus automatisé avec WinCC flexible. Des améliorations sont proposées pour optimiser la productivité et la fiabilité du processus de conditionnement en fournissant une vue d'ensemble et en facilitant le suivi et l'identification des problèmes.

Mots-clés

conditionneuse MULTIVAC R105, automate, Siemens S7-1200, TIA Portal, GRAFCET, WinCC flexible

Abréviations

- ✓ **IHM** : Interface Homme-Machine
- ✓ **HTL** : High Threshold Logic
- ✓ **VDC** : Voltage Direct Current (Tension en courant continu)
- ✓ **AC** : Alternating Current (Courant alternatif)
- ✓ **BK** : Black (Noir)
- ✓ **RD** : Red (Rouge)
- ✓ **WH** : White (Blanc)
- ✓ **GN** : Green (Vert)
- ✓ **S7** : Siemens Series 7
- ✓ **P.O** : Partie Opérative
- ✓ **P.C** : Partie Commande
- ✓ **API** : Automate Programmable Industriel
- ✓ **PID** : Proportionnel Intégral Dérivé (un type de régulateur)
- ✓ **TOR** : Tout ou Rien
- ✓ **ROM** : Read-Only Memory (Mémoire morte)
- ✓ **RAM** : Random Access Memory (Mémoire vive)
- ✓ **VCC** : Voltage Common Collector (Tension de collecteur commun)
- ✓ **CPU** : Central Processing Unit (Unité centrale de traitement)
- ✓ **LED** : Light Emitting Diode (Diode électroluminescente)
- ✓ **DI** : Digital Input (Entrée numérique)
- ✓ **DQ** : Digital Output (Sortie numérique)
- ✓ **AI** : Analog Input (Entrée analogique)
- ✓ **SM** : Signal Module

- ✓ **SB** : Signal Board
- ✓ **CM** : Communication Module
- ✓ **TC** : Thermocouple
- ✓ **TIA** : Totally Integrated Automation
- ✓ **OB** : Organisation Block (Bloc d'organisation)
- ✓ **FB** : Function Block (Bloc de fonction)
- ✓ **FC** : Function (Fonction)
- ✓ **DB** : Data Block (Bloc de données)
- ✓ **TP 1200** : Touch Panel 1200 (Panneau tactile 1200)
- ✓ **MPI** : Multi-Point Interface (protocole de communication)
- ✓ **PROFIBUS** : Process Field Bus (protocole de communication)
- ✓ **PROFINET** : Process Field Network (protocole de communication)
- ✓ **TFT** : Thin Film Transistor
- ✓ **MRP**: Media Redundancy Protocol
- ✓ **RT/IRT** : Real-Time/ Isochronous Real-Time
- ✓ **PLC** : Programmable Logic Controller (Automate Programmable)

Liste des figures

Chapitre I :

| | |
|---|-----|
| Figure 1 : Localisation géographique de l'entreprise. | I |
| Figure 2 : structure générale de l'unité..... | II |
| Figure 3 : Les principaux produits. | III |
| Figure I.1 : Schéma de la machine MULTIVAC R105. | 6 |
| Figure I.2 : Dispositif d'enroulement du film supérieur. | 7 |
| Figure I.3 : Dispositif d'enroulement du film inférieur. | 7 |
| Figure I.4 : Interrupteur principal. | 8 |
| Figure I.5 : Arrêt d'urgence. | 8 |
| Figure I.6 : Commande par spot du film supérieur. | 9 |
| Figure I.7 : Zone d'insertion. | 9 |
| Figure I.8 : Station fromage. | 10 |
| Figure I.9 : Mécanisme de levage d'outil de fromage. | 10 |
| Figure I.10 : Dispositif de coupe transversale..... | 11 |
| Figure I.11 : Dispositif de coupe longitudinale..... | 11 |
| Figure I.12 : Schéma fonctionnel d'un capteur. | 13 |
| Figure I.13 : Capteur de vide d'emballage. | 14 |
| Figure I.14 : Capteur de proximité..... | 14 |
| Figure I.15 : Schéma fonctionnel d'un capteur magnétique. | 15 |
| Figure I.16 : Schéma fonctionnel d'un encodeur optique incrémental. | 16 |
| Figure I.17 : Détecteur de proximité photoélectrique. | 16 |
| Figure I.18 : La constitution d'un moteur asynchrone..... | 18 |
| Figure I.19 : Moteur de coupe longitudinale..... | 18 |
| Figure I.20 : Moteur de la station de fromage..... | 19 |
| Figure I.21 : Moteur des deux enrouleurs. | 20 |
| Figure I.22 : La pompe à vide R5 RA..... | 21 |
| Figure I.23 : Les composants d'un vérin pneumatique..... | 22 |
| Figure I.24 : Schéma fonctionnel d'un préactionneur. | 22 |
| Figure I.25 : Un distributeur 3/2. | 23 |
| Figure I.26 : Les constituants d'une électrovanne. | 23 |
| Figure I.27 : Un convertisseur de fréquence. | 24 |
| Figure I.28 : Contacteur à courant continu. | 25 |
| Figure I.29 : Un sectionneur de puissance. | 25 |
| Figure I.30 : Terminal de commande..... | 26 |

Chapitre II :

| | |
|---|----|
| Figure II.1 : Architecture générale des systèmes automatisés. | 30 |
| Figure II.2 : Principe de fonctionnement d'un API. | 33 |
| Figure II.3 : Architecture intérieure d'un API..... | 35 |
| Figure II.4 : Interfaces d'entrées/sorties. | 36 |
| Figure II.5 : La CPU 1214C de S7-1200. | 39 |
| Figure II.6 : Module de Signal Boards SB de la CPU 1214C..... | 40 |
| Figure II.7 : Modules signaux SM de la CPU 1214C..... | 40 |
| Figure II.8 : Modules de communication CM. | 41 |
| Figure II.9 : Cartes mémoires SIMATIC..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Figure II.10 : Modules d'extensions de la CPU 1214C..... | 41 |
| Figure II.11 : Module d'entrée TOR..... | 42 |
| Figure II.12 : Module de sortie TOR..... | 42 |
| Figure II.13 : Module d'entrée analogique..... | 42 |
| Figure II.14 : Module d'alimentation de SIEMENS..... | 43 |
| Figure II.15 : Vue du portail..... | 44 |
| Figure II.16 : Vue du projet..... | 44 |
| Figure II.17 : Création du projet..... | 45 |

Chapitre III :

| | |
|---|----|
| Figure III.1 : Exemple d'un grafcet niveau 1..... | 49 |
| Figure III.2 : Exemple d'un grafcet niveau 2..... | 49 |
| Figure III.03 : Exemple d'un grafcet niveau 3..... | 50 |
| Figure III.4 : Symbolisation d'un grafcet..... | 50 |
| Figure III.5 : Les différents symboles d'une étape..... | 51 |
| Figure III.6 : Exemple de liaison orientée..... | 52 |
| Figure III.7 : Franchissement d'une transition..... | 53 |
| Figure III.8 : L'évolution des étapes actives..... | 53 |
| Figure III.9 : Partie d'un grafcet à séquence unique..... | 54 |
| Figure III.10 : Partie d'un grafcet à séquence simultanée..... | 54 |
| Figure III.11 : Choix de séquence..... | 55 |

Chapitre IV :

| | |
|---|----|
| Figure IV.1 : Schéma synoptique d'un système de supervision..... | 69 |
| Figure IV.2 : Pupitre SIEMENS TP 1200..... | 70 |
| Figure IV.3 : Liaison IHM/PLC..... | 71 |
| Figure IV.4 : Table des variables du projet..... | 71 |
| Figure IV.5 : Blocs utilisés pour notre programme..... | 72 |
| Figure IV.6 : Programmation de la température dans la station soudage..... | 73 |
| Figure IV.7 : Programmation de l'encodeur pour le comptage de nombre de pas..... | 73 |
| Figure IV.8 : Vue d'accueil..... | 74 |
| Figure IV.9 : Vue des modes de fonctionnement..... | 75 |
| Figure IV.10 : Vue du mode automatique..... | 76 |
| Figure IV.11 : Vue du mode semi-automatique..... | 76 |
| Figure IV.12 : Vue des alarmes..... | 77 |
| Figure IV.13 : Programmation des alarmes TOR..... | 78 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : données techniques de l'eau de refroidissement..... | 4 |
| Tableau I.2 : données techniques de l'air comprimé de la machine..... | 5 |
| Tableau I.3 : données techniques pour le dispositif d'enroulement de film..... | 5 |
| Tableau II.1 : Exemple de gammes d'API non-modulaires..... | 34 |
| Tableau II.2 : Exemple de gammes d'API modulaires..... | 34 |
| Tableau II.3 : des exemples sur les modules d'entrées/sorties TOR et analogiques..... | 37 |

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | I |
| Présentation de l'entreprise | I |
| Localisation géographique | I |
| Les compartiments de l'unité | II |
| Les principaux produits | III |
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Etude fonctionnelle et technologique de la conditionneuse MULTIVAC R105 | |
| Introduction | 4 |
| I.1. Société MULTIVAC | 4 |
| I.2. Présentation de la conditionneuse MULTIVAC R105 | 4 |
| I.2.1. Données techniques | 4 |
| I.3. Description de la machine | 5 |
| I.4. Déroulement du processus | 12 |
| I. 4.1. Alimenter en film inférieur | 12 |
| I. 4.2. Formage de film | 12 |
| I.4.3. Alimentation en produit | 13 |
| I.4.4. Alimentation en film supérieur | 13 |
| I.4.5. Evacuer | 13 |
| I. 4.6. soudé | 13 |
| I. 4.7. Coupes | 13 |
| I. 4.8. Décharger les emballages | 13 |
| I.5. Instrumentation de la machine | 14 |
| I.5.1. Capteurs | 14 |
| I. 5.2. Les actionneurs | 17 |

| | |
|--|----|
| I. 5.2.1. Moteurs asynchrones | 18 |
| I. 5.2.2. Moteurs engrenage à vis sans fin | 19 |
| I. 5.2.3. Pompe à vide R5 RA..... | 21 |
| I. 5.2.4. Les vérins pneumatiques..... | 21 |
| I. 5.3. Les préactionneurs | 22 |
| I. 5.3.1. Les distributeurs..... | 23 |
| I. 5.3.2. Les électrovannes..... | 23 |
| I. 5.3.3. Vanne d'étranglement..... | 24 |
| I. 5.3.4. Convertisseur de fréquence..... | 24 |
| I. 5.3.5. Les contacteurs..... | 24 |
| I. 5.3.6. Sectionneur de puissance | 25 |
| I. 5.3.7. Relais..... | 26 |
| I. 5.4. Terminal de commande..... | 26 |
| Conclusion..... | 26 |
| Chapitre II : Généralités sur les API et les systèmes automatisés | |
| Introduction | 29 |
| II. 1. L'automatisme | 29 |
| II. 2. Systèmes automatisés | 29 |
| II. 2.1. Définition..... | 29 |
| II. 2.2. Objectif de l'automatisation | 29 |
| II. 2.3. Architecture générale des systèmes automatisés | 30 |
| II. 2.3.1. Partie opérative (P.O) | 31 |
| II. 2.3.2. Partie commande (P.C)..... | 31 |
| II. 2.3.3. Partie dialogue | 31 |
| II.2.4. Avantages et inconvénients de l'automatisation | 31 |
| II.3. Automates programmables industriels (API) | 32 |
| II. 3.1. Définition..... | 32 |

| | |
|--|----|
| II. 3.2. Principe de fonctionnement d'un API | 32 |
| II. 3.3. Architecture des automates..... | 33 |
| II. 3.3.1. Aspect extérieur..... | 33 |
| II. 3.3.1.1. Automate non-modulaire (compact)..... | 33 |
| II. 3.3.1.2. Automate modulaire | 34 |
| II. 3.3.2. Aspect intérieur..... | 34 |
| II. 3.3.2.1. L'unité centrale..... | 35 |
| II. 3.3.2.2. Interfaces d'entrées /sorties | 36 |
| II. 3.3.2.3. Bloc d'alimentation | 37 |
| II. 3.3.2.4. Périphérique de programmation | 37 |
| 1.3.3.2.5. L'interface de communication | 37 |
| 1.3.4. Critère de choix d'un Api..... | 37 |
| II. 4. Problématique et solution proposée..... | 38 |
| II. 5. Présentation de l'automate SIMATIC S7-1200..... | 38 |
| II. 6. Caractéristiques de la SIMATIC S7-1200..... | 39 |
| II. 7. Structure matérielle de s7-1200..... | 39 |
| II. 7.1. Choix de la CPU | 39 |
| II. 7.1.1. Modules d'extensions | 41 |
| II. 7.2. Modules d'entrées /sorties | 41 |
| II. 7.2.1. Modules d'entrées /sorties TOR (Tout ou rien)..... | 41 |
| II. 7.2.2. Modules d'entrées/sorties analogiques | 42 |
| II. 7.3. Choix du module d'alimentation | 42 |
| II. 8. Description du logiciel TIA Portal | 43 |
| II.8.1. Vue du portail et vue du projet | 43 |
| II. 8.2. Conception d'une structure de programme complète..... | 44 |
| Conclusion..... | 46 |

Chapitre III : Modélisation par GRAFCET et développement de la solution Programmable

| | |
|---|----|
| Introduction | 48 |
| III. 1. Outil de modélisation GRAFCET | 48 |
| III. 1.1. Définition du GRAFCET | 48 |
| III. 1.2. L'objectif du GRAFCET | 48 |
| III. 1.3. Les niveaux d'un GRAFCET | 48 |
| III. 1.3.1. GRAFCET de niveau 1 / fonctionnel | 49 |
| III. 1.3.2. GRAFCET de niveau 2 /partie opérative | 49 |
| III. 1.3.3. GAFcET de niveau 3 / partie commande | 49 |
| III. 1.4. Conception de base d'un GRAFCET | 50 |
| III. 1.4.1. Etapes..... | 50 |
| III. 1.4.2. Actions associées à l'étape | 51 |
| III. 1.4.3. Transitions | 51 |
| III. 1.4.4. Les liaisons orientées..... | 52 |
| III. 1.5. Les règles d'évolution du GRAFCET | 52 |
| III. 1.6. La structure de base d'un GRAFCET | 54 |
| III. 1.6.1. Séquence unique | 54 |
| III. 1.6.2. Séquences simultanées | 54 |
| III. 1.6.3. Choix de séquence | 55 |
| III. 1.6.4. Macro étape | 56 |
| III. 2. Cahier des charges | 56 |
| III. 2.1. Définition..... | 56 |
| III. 2.2. Cahier des charges de notre système | 56 |
| III. 3. Modélisation par GRAFCET..... | 59 |
| Conclusion..... | 64 |
| Chapitre IV : Supervision | |
| Introduction | 66 |
| IV. 1. Généralités sur la supervision..... | 66 |

| | |
|---|-----------|
| IV. 1.1. Définition..... | 66 |
| IV. 1.2. L'objectif de la supervision..... | 66 |
| IV. 1.3. Les avantages de la supervision | 66 |
| IV. 1.4. Fonctionnalités d'un système de Supervision | 67 |
| IV. 1.5. Constitution d'un système de supervision..... | 68 |
| IV. 2. Choix de l'interface homme machine | 69 |
| IV. 3. Le logiciel SIMATIC WINCC | 70 |
| IV. 4. Création du projet sous WinCC | 70 |
| IV. 4.1. Liaison entre HMI et PLC | 70 |
| IV. 4.2. Table des variables | 71 |
| IV. 4.3. Programmation | 72 |
| IV. 4.4. Plateforme de supervision de la conditionneuse | 73 |
| IV. 4.4.1. Les différentes vues du projet | 74 |
| Conclusion..... | 78 |
| Conclusion Générale | 80 |
| Références bibliographiques | |

Annexe

Introduction

Nous avons effectué un stage au sein de l'entreprise **EURL STLD** « Unipersonnelle à Responsabilité Limitée Société de Transformation du Lait et Dérivés » aussi connue sous le nom de « Le Fermier » plus précisément dans le service de production de pâte pressée, située à la zone d'activité Draa Ben Khedda. Au cours de ce stage on s'est intéressé à l'étude de la conditionneuse MULTIVAC R105 pour au final effectuer une solution de commande automatique.

1. Présentation de l'entreprise

La laiterie **STLD** « Société de Transformation de Lait et Dérivés » est une entreprise unipersonnelle limitée « **EURL** » qui est active dans le secteur laitier. Elle est impliquée dans la production de fromages, le ramassage et la livraison de lait, la fabrication de produits laitiers frais, de laits secs et concentrés, de lait aromatisé, et de boissons lactières acides. Elle a été créée le 16 avril 2004 à la nouvelle ville rue « des frères Beggaz » (Tizi-Ouzou) et transformée à la zone d'activité Draa Ben Khedda « **DBK** » le 10 janvier 2018. La société regroupe 140 employés permanents qui sont divisée par 7 compartiments, tous sous la direction du Président-directeur général « PDG » M Smail A.

2. Localisation géographique

L'entreprise est localisée à l'adresse N°91 et 92 entre Est, Draa Ben Khedda, dans la commune de Draa Ben Khedda, à TiziOuzou, en Algérie (Figure 1).



Figure 1 : Localisation géographique de l'entreprise.

3. Compartiments de l'unité

L'unité compte un effectif de 104 employés compétents, ambitieux et qualifiés et bien formés aux pratiques indispensables dans une industrie agro-alimentaire qui est composée de 7 compartiments :

- ✓ Le service administratif.
- ✓ Le service commercial.
- ✓ La salle de réception des collectes de lait.
- ✓ Laboratoire d'analyse microbiologique et physico-chimique.
- ✓ La salle pasteurisation.
- ✓ Le magasin de stockage.
- ✓ La cantine.

Et possède la structure suivante :

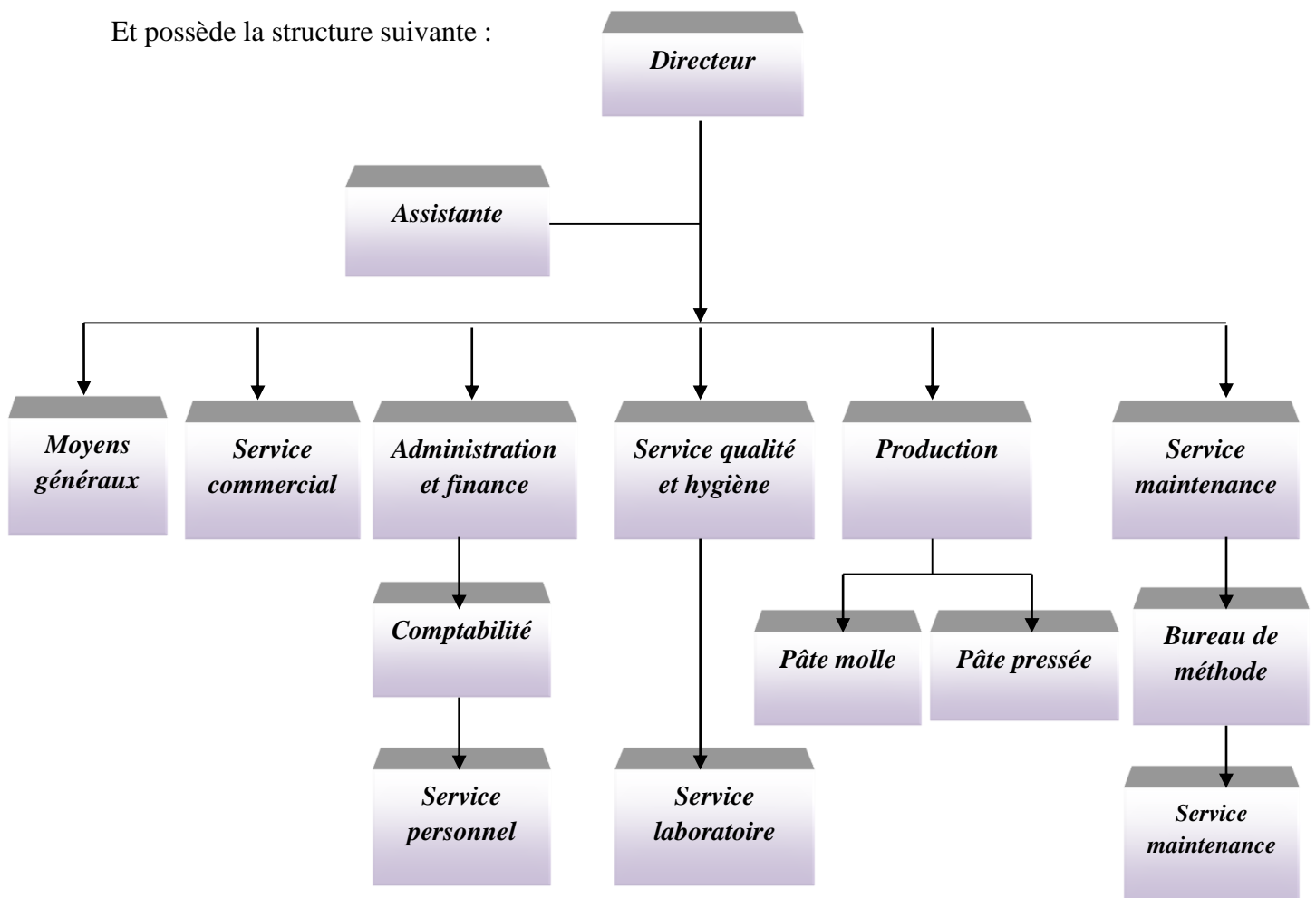


Figure 2 : structure générale de l'unité.

4. Principaux produits

La laiterie a pour fonction de produire une large gamme de produits à partir de lait cru collecté par des éleveurs locaux. Environ 70000 litres sont transformés par jour en des produits (Figure 3):

- ✓ Fromage à pâte molle de type camembert à base.
- ✓ Fromage à pâte molle de type camembert à chèvre.
- ✓ Fromage à pâte pressée non cuite.
- ✓ Lait pasteurisé conditionné à 0% de matière grasse.
- ✓ Lait pasteurisé conditionné (L'ben, Raib).
- ✓ Beurre.



Figure 3 : Les principaux produits.



Introduction générale

Introduction générale

L'automatisation des processus industriels est devenue un enjeu majeur pour les entreprises cherchant à améliorer leur productivité, leur efficacité et leur rentabilité. Dans ce contexte, ce mémoire de master en automatique se propose d'étudier l'automatisation d'une conditionneuse de pâte pressée en utilisant le logiciel TIA Portal de SIEMENS. Cette conditionneuse est essentielle dans l'industrie agroalimentaire, et une automatisation efficace est nécessaire pour améliorer sa productivité et sa fiabilité.

Le recours à TIA Portal, une plateforme intégrée de développement d'automatismes, offre des possibilités étendues pour la programmation et le contrôle des équipements. TIA Portal est un outil puissant pour les professionnels de l'automatisation industrielle qui cherchent à contrôler et automatiser les processus industriels dans les applications de contrôle de processus en automatisation comme la régulation de température, de pression et de débit dans les industries chimique, pétrolière, pharmaceutique, alimentaire et de l'eau.

Le stage a été réalisé au sein de l'entreprise EURL STLD, où l'automatisation de la conditionneuse de pâte pressée a été mise en œuvre.

La conditionneuse de pâte pressée MULTIVAC R105 est commandée par un automate programmable industriel de la gamme BECHKOFF ce qui n'était pas bénéfique pour l'entreprise. Par conséquent, l'entreprise a décidé de faire une transition vers l'automate programmable industriel SIEMENS S7-1200.

Cette transition nécessite une adaptation des programmes d'automatisation et une intégration des nouveaux équipements dans le système de contrôle. Le TIA Portal offre des fonctionnalités pour faciliter cette transition, notamment en permettant l'automatisation des tâches et l'intégration de bibliothèques personnalisées.

Ce mémoire abordera donc les aspects théoriques et pratiques de l'automatisation, en mettant l'accent sur l'intégration de TIA Portal dans le processus.

Le plan de travail de ce mémoire est constitué de quatre chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré à l'étude théorique de la conditionneuse, en présentant les principes de fonctionnement et les caractéristiques techniques de la machine.
- Le deuxième chapitre portera sur les généralités sur les API et les systèmes automatisés, en présentant les concepts de base de l'automatisation industrielle, les différents types de capteurs et d'actionneurs, ainsi que les architectures de contrôle-commande.

- Le troisième chapitre sera consacré à la modélisation par GRAFCET de notre machine, en présentant les principes de base de cette méthode de modélisation et en l'appliquant à la conditionneuse de pâte pressée.
- Dans le quatrième chapitre la supervision de la conditionneuse de pâte pressée à l'aide du logiciel WinCC intégré dans TIA Portal sera abordée. La mise en place d'une interface homme-machine (IHM) permettra de visualiser et de contrôler le fonctionnement de la machine de manière intuitive.
- Enfin le mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre I :

***Etude fonctionnelle et technologique de la
conditionneuse MULTIVAC R105***

Introduction

Pour bien comprendre le fonctionnement de la conditionneuse sous vide **MULTIVAC R105**, ce premier chapitre sera consacré entièrement à son étude, et ce en faisant une présentation détaillée de la machine et ses différentes stations et son mode de fonctionnement, puis on finira par son instrumentation.

I. 1. Société MULTIVAC

Est un leader mondial dans la conception de solution de conditionnement pour une large gamme de produits. Avec plus de 80 filiales et 7000 collaborateurs à travers le monde, MULTIVAC est associé aux normes de qualité, de performance et de productivité les plus strictes. La société propose des machines pour le traitement, la découpe, le marquage, l'inspection et le conditionnement de produits [1].

I. 2. Présentation de la conditionneuse MULTIVAC R105

La machine de conditionnement MULTIVAC R105 est une thermo-formeuse datant de 2015 conçue pour l'emballage de divers produits alimentaires et non alimentaires. Elle offre une haute flexibilité et une productivité élevée, tout en assurant une qualité d'emballage optimale [2].

I. 2.1. Données techniques

➤ **Matières consommables**

Tableau I.1 : données techniques de l'eau de refroidissement

| Eau de refroidissement | |
|--|---------|
| Pression d'entrée min | 1.5 bar |
| Pression d'entrée max | 4.5 bar |
| Différence de pression entre arrivée et écoulement d'eau min | 1.5 bar |
| Température d'entrée max | 15°C |

Tableau I.2 : données techniques de l'air comprimé de la machine.

| Air comprimé de la machine | |
|---|-------------------|
| Pression d'entrée min | 7 bars |
| Pression d'entrée max | 10 bars |
| Pression de système | 7 bars |
| Pression de service de chauffe de film | De 1 bar à 2 bars |
| Pression de service formage | De 1 bar à 2 bars |
| Pression de service soudure | 6 bars |

Tableau I.3 : données techniques pour le dispositif d'enroulement de film.

| L'alimentation | |
|-------------------------------------|---------------|
| Tension de secteur | 400/230V 50Hz |
| Phases | 3/N/PE AC |
| Puissance nominale | 5.5 KW |
| Courant nominal | 16A |
| Fusible amant maximum | 50A |
| Courant de court-circuit max | 5KA |

I. 3. Description de la machine

Les différentes parties de la machine sont représentées sur le schéma suivant (Figure I.1) :

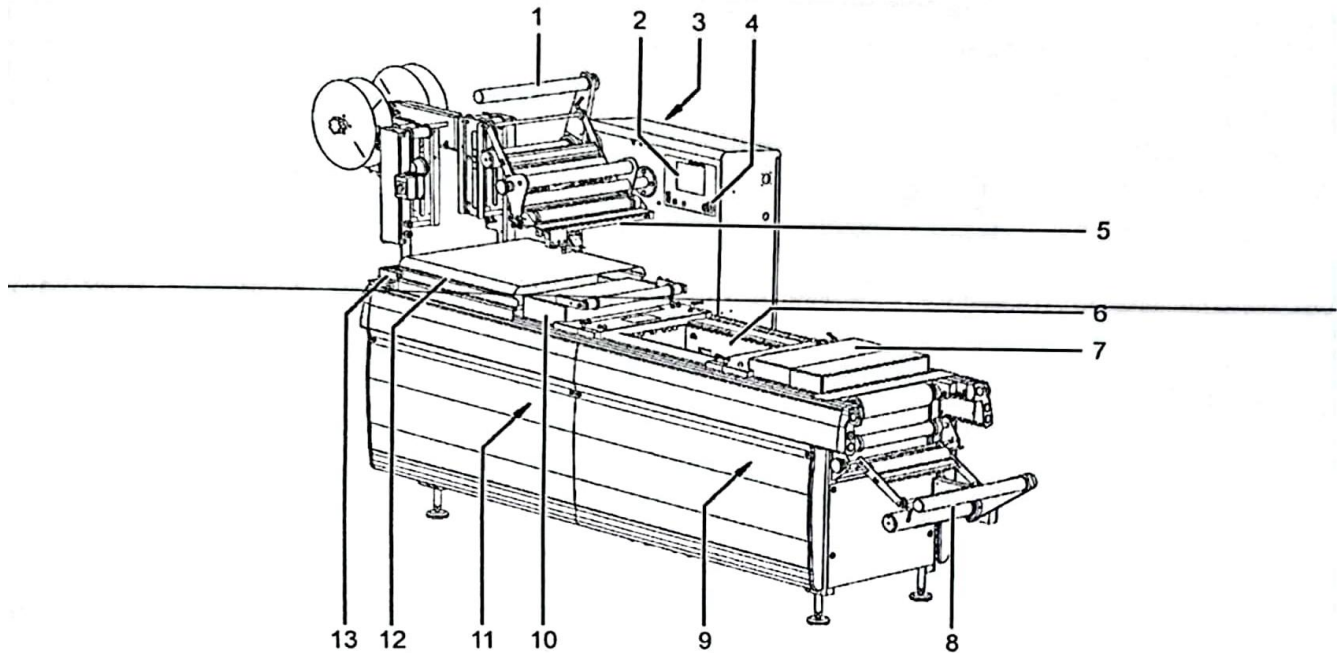


Figure I.1 : Schéma de la machine MULTIVAC R105.

- 1 . Dispositif d'enroulement du film supérieur
- 2 . Terminal de commande
- 3 . Interrupteur principal
- 4 . ARRET D'URGENCE
- 5 . Commande par spots de film supérieur
- 6 . Zone d'insertion
- 7 . Station de formage
- 8 . Dispositif d'enroulement du film inférieur
- 9 . Mécanisme de levage d'outil de formage
- 10 . Station de soudure
- 11 . Mécanisme de levage d'outil de soudure
- 12 . Dispositif de coupe transversale
- 13 . Dispositif de coupe longitudinale

1 Dispositif d'enroulement du film supérieur et inférieur

Il est conçu pour enrouler le film de manière précise et contrôlée lors du processus d'emballage (Figure I.2) et (Figure I.3).

1. Bras oscillant
2. Molette avec disque de guidage
3. Rouleau de parcours de film
4. Molette de parcours de film
5. Guidage
6. Mandrin support

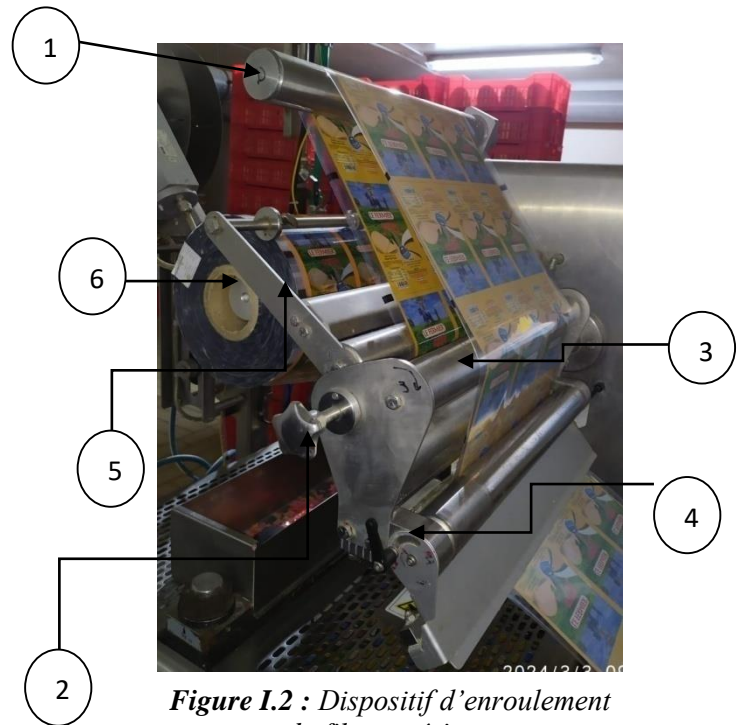


Figure I.2 : Dispositif d'enroulement du film supérieur.

- A. Bras oscillant.
- B. Rouleau de sens de marche.
- C. Guidage.
- D. Mandarin support.

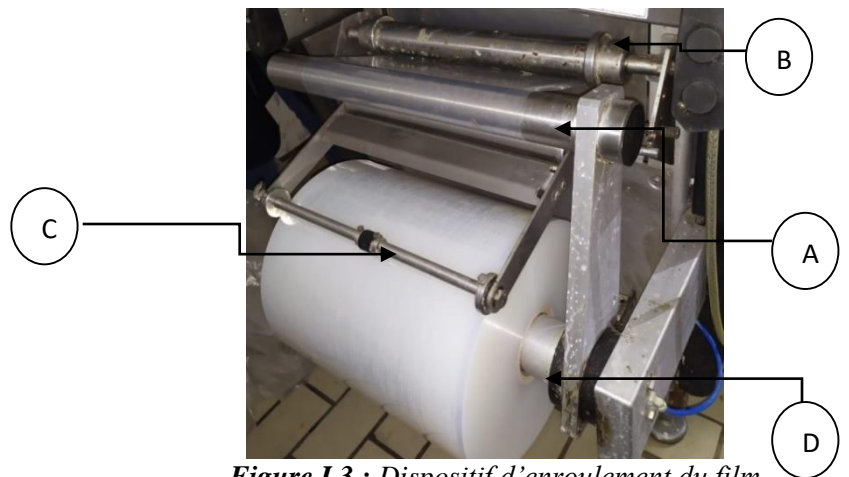


Figure I.3 : Dispositif d'enroulement du film inférieur.

2 Terminal de commande

Le panneau de commande nous permet de contrôler et de visualiser l'état de fonctionnement de la machine.

3 Interrupteur principal

C'est un dispositif de commutation qui permet d'allumer ou d'éteindre le système électrique en toute sécurité (Figure I.4).

I/ON : Mise en marche de la machine

- ❖ Enclencher l'interrupteur principal :
 - l'écran « Production » apparaît.
 - la machine est opérationnelle

O/OFF : Mise à l'arrêt de la machine

- ❖ Déclencher l'interrupteur principal
 - la machine s'arrête et les outils s'ouvrent.
 - les alimentations en courant électrique, air comprimé et eau de refroidissement sont coupés.



Figure I.4 : Interrupteur principal.

4 Arrêt d'urgence

C'est un dispositif conçu pour arrêter rapidement une machine ou un équipement en cas de danger imminent pour la sécurité (Figure I.5).

Dans notre cas, ce dispositif nous permet de :

- Arrêter le processus d'emballage
- Arrêter les mécanismes de levage électriques.
- Eteindre les chauffages.



Figure I.5 : Arrêt d'urgence.

5 Commande par spots de film supérieur

La commande par spots est une méthode pour positionner le film supérieur imprimé sur l'emballage (Figure I.6).



Figure I.6 : Commande par spot du film supérieur.

6 Zone d'insertion

Fait référence à l'endroit où les produits sont introduits dans la machine pour être conditionnés (Figure I.7).



Figure I.7 : Zone d'insertion.

7 Station de formage

Est un élément de la machine à conditionner qui prépare et façonne les emballages avant de les avoir remplis (Figure I.8).

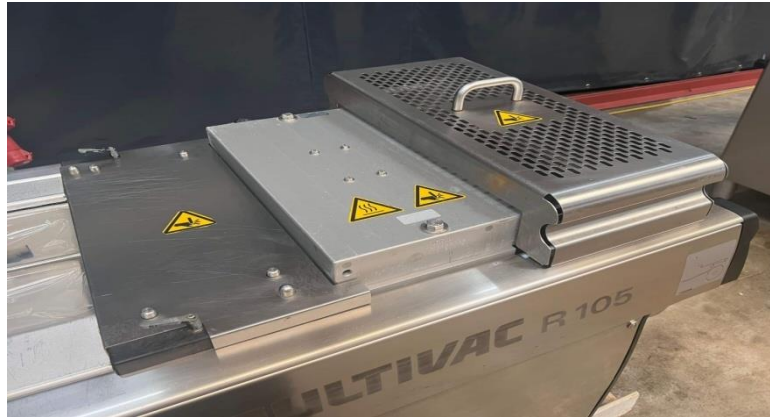


Figure I.8 : Station formage.

8 Mécanisme de levage d'outil de formage

Le mécanisme de levage d'outil de formage (Figure I.9), est conçu pour soulever et positionner l'outil de formage en contact avec la matière à former.

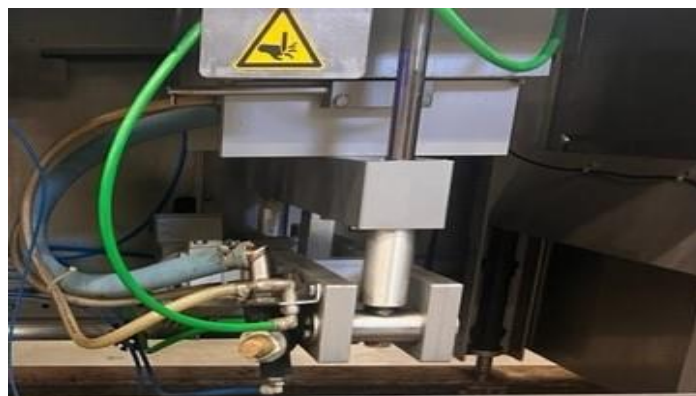


Figure I.9 : Mécanisme de levage d'outil de formage.

9 Station de soudure

La station de soudure est utilisée pour souder les joints des emballages plastiques lors du processus de conditionnement. Elle permet de créer une barrière hermétique entre les produits et l'extérieur.

10 Mécanisme de levage d'outil de soudure

Le mécanisme de levage d'outil de soudure sur une conditionneuse MULTIVAC R105 est conçu afin de garantir une soudure de qualité.

11 Dispositif de coupe transversale

Le système de coupe transversale (Figure I.10), coupe le film perpendiculairement au sens de marche de la machine.



Figure I.10 : Dispositif de coupe transversale.

12 Dispositif de coupe longitudinale

La coupe longitudinale (Figure I.11) sépare les lisières tendues par les chaînes de transport. Elle s'effectue pendant l'avance.



Figure I.11 : Dispositif de coupe longitudinale.

I. 4. Déroulement du processus

MULTIVAC R105, est une thermo-formeuse et conditionneuse sous vide. Elle implique la formation, le remplissage et la scelle d'emballage.

I. 4.1. Alimenter en film inférieur

Le film inférieur passe dans les chaînes de transport par le dispositif d'enroulement. Celle-ci saisissent le film inférieur et le transportent de manière cyclique dans l'outil de formage. La longueur d'avance par cycle de machine se nomme Pas d'avance. Elle résulte du format d'emballage.

I. 4.2. Formage de film

L'outil de formage se ferme.

La plaque de chauffe de l'outil de formage chauffe le film durant la phase de chauffe.

Le film chauffé est placé dans le moule refroidit à l'aide du vide et/ou d'air comprimé. Il y reste pendant le temps de formage et s'y refroidit.

Cela permet la formation d'une alvéole d'emballage.

L'outil de formage s'ouvre.

I. 4.3 Alimentation en produit

Le film continue d'être transporté (avance) et l'alvéole d'emballage sort de l'outil de formage pour entrer dans la zone d'insertion. Le produit se trouvant dans la zone d'insertion est amené dans l'alvéole d'emballage soit manuellement soit à l'aide de dispositifs automatiques.

I. 4.4 Alimentation en film supérieur

Après un certain nombre de cycle de machine, l'alvéole d'emballage remplie atteint le film supérieur. Celui-ci passe au-dessus du dispositif d'enroulement de film supérieur et le rouleau de sens de marche, au-dessus de l'alvéole d'emballage, et couvre le produit. Après une avance supplémentaire, l'alvéole d'emballage, le produit et le film supérieur se trouvent dans l'outil de soudure.

I. 4.5 Evacuer

L'outil de soudage se ferme.

Ce faisant, il ferme le produit logé entre les deux films le protégeant hermétiquement de l'air. Lors de l'évacuation, l'air est aspiré tout autour du produit et de l'outil.

I. 4.6 soudé

Pendant la procédure de soudage, les films supérieurs et inférieurs entourant le produit subissent la pression de soudage et la chaleur de la plaque de soudage. Les couches sur les côtés intérieurs du film commencent à couler. Les films inférieur et supérieur forment une enveloppe uniforme

et étanche (un emballage) pour le produit. L'outil de soudage s'ouvre. Les emballages sont transportés hors de l'outil de soudage lors de l'avance suivante.

I. 4.7 Coupes

Les emballages sont encore reliés ; on les sépare par la coupe.

❖ Coupe transversale

La coupe transversale sépare les rangées d'emballage perpendiculairement au sens de déroulement du film et coupe lorsque la bande d'emballage et à l'arrêt. La rangée d'emballages séparée reste dans les chaînes de transport après la coupe transversale.

❖ Coupe longitudinale

La coupe longitudinale sépare les lisières tendues par les chaînes de transport. Il y a également une coupe des emballages dans le sens de la longueur lorsque les bandes sont à deux ou plusieurs voies. La coupe longitudinale s'effectue pendant l'avance.

I. 4.8 Décharger les emballages

Les emballages sont déchargés de la machine.

I. 5. Instrumentation de la machine

La machine est composée de en trois parties :

- Le corps qui contient les capteurs et les actionneurs.
- Le terminal de commande (interface Homme-Machine **IHM**).
- Le tableau électrique ou les préactionneurs et l'automate.

I. 5.1. Capteurs

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique observée en une grandeur électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande (Figure I.12).

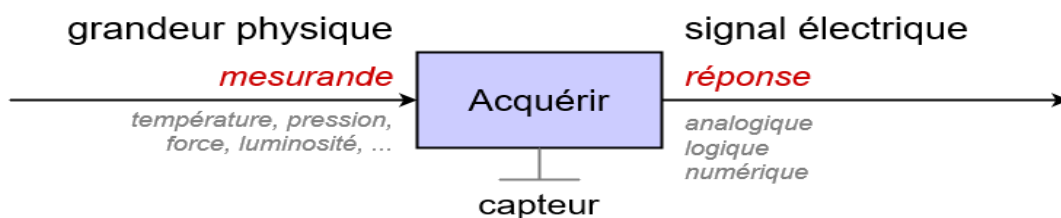


Figure I.12 : Schéma fonctionnel d'un capteur.

Dans la machine MULTIVAC R105 ; principalement, on peut compter les capteurs suivants :

➤ **Capteur de vide d'emballage**

Les capteurs de vide d'emballage sont des dispositifs utilisés pour mesurer le niveau de vide dans une chambre d'emballage sous vide pour garantir des résultats uniformes et contrôlés.

Le contrôle de la présence du vide se fait de manière différentielle : le capteur délivre l'information lorsque l'écart entre la pression appliquée et la pression de référence (pression atmosphérique) dépasse un seuil réglé, le capteur peut détecter une dépression [3]. Ce capteur est destiné à mesurer le niveau de vide atteint dans la chambre d'emballage dans la station de soudure et de formage. Lorsque le vide est atteint (la pression à l'intérieur de la chambre doit être nettement inférieure à la pression atmosphérique), le capteur envoie un signal pour arrêter la pompe à vide (Figure I.13).



Figure I.13 : Capteur de vide d'emballage.

✚ **Caractéristiques techniques**

- Pression : de 0 à 1 bar.
- Sortie de signal : de 0.02 à 5V.
- Alimentation : de 8 à 30V.

➤ **Capteur à proximité**

C'est des capteurs à proximité inductifs ou détecteurs inductif fonctionnent grâce la variation d'un champ électromagnétique perturbé par la proximité d'un objet métallique (Figure I.14). Lorsque l'objet, s'approche à la bobine, cela modifie son impédance. Lorsque cette modification dépasse un seuil prédéfini, elle génère un signal indiquant la présence de l'objet ciblé [3]. La machine contient 12 capteurs de proximité utilisés pour les fonctions suivantes :



Figure I.14 : Capteur de proximité.

- Enrouleur gauche en bas et enrouleur gauche en haut.
- Enrouleur droite en bas Enrouleur droite en haut.
- Outillage de formage (ouverture et fermeture).
- Outillage de soudure (ouverture et fermeture)

- Ouverture et fermeture des Coulisses de protection outillage de formage et de soudure.

➤ **Capteur magnétique (de sécurité)**

Est un capteur de proximité avec aimant ou capteur magnétique (Figure I.15). Son fonctionnement est lorsque l'aimant s'éloigne du capteur, le contact s'ouvre et le circuit n'est plus établi et l'information disparaît. Ils sont installés sur la machine à des endroits jugés dangereux pour protéger les opérateurs. Ces capteurs détectent l'ouverture des carters ou des capots et déclenchent des mesures de sécurité, telles que l'arrêt de la machine, pour éviter tout accident.



Figure I.15 : Schéma fonctionnel d'un capteur magnétique.

➤ **Capteur de température**

C'est un dispositif conçu pour mesurer les variations de température dans son environnement. Ce capteur permet de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement en signal électrique. Il est utilisé pour surveiller la température dans les 2 stations formage et soudage.

➤ **Encodeur optique incrémental**

Est un dispositif qui mesure le déplacement angulaire d'un axe rotatif en générant un signal électrique sous forme d'impulsions. Il fonctionne en utilisant un disque gradué avec une structure à réseau qui permet de laisser passer ou de bloquer la lumière, et qui délivre une information de déplacement angulaire sous forme d'un train d'impulsions. (Figure I.16) [4]. Il est responsable de l'encodage des mouvements de l'arbre rotatif, notamment pour le positionnement du convoyeur.

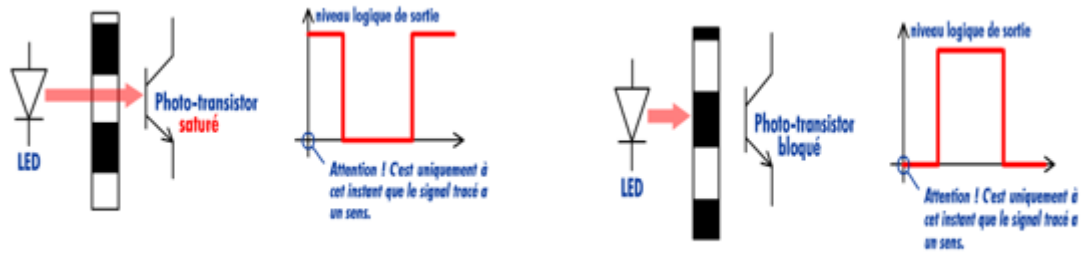


Figure I.16 : Schéma fonctionnel d'un encodeur optique incrémental.

✚ Caractéristiques techniques

- Plage de tension de fonctionnement : 8-32 VDC.
- Type de sortie: HTL (High Threshold Logic).
- Les couleurs des fils pour les connexions de l'encodeur :
 - ✓ 0V: Noir (BK).
 - ✓ +UB: Rouge (RD).
 - ✓ A: Blanc (WH).
 - ✓ B: Vert (GN).

➤ Détecteur de proximité photoélectrique

Un détecteur de proximité photoélectrique ou capteur de spot (Figure I.17) est un dispositif utilisé pour détecter la présence ou l'absence d'objet en se basant sur la lumière. Ils fonctionnent en émettant un faisceau de lumière et en détectant les changements dans ce faisceau lorsqu'un objet est présent [6]. Destiné au positionnement précis du film supérieur.

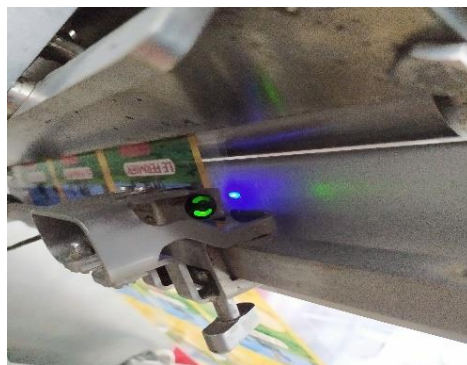


Figure I.17 : Détecteur de proximité photoélectrique.

➤ **Capteur à galet (fin de course)**

Le capteur à galet est un capteur fin de course fréquemment employé pour détecter la fin de course d'un vérin. Est utilisé pour commander les distributeurs, les relais, ou pour communiquer avec des automates. Ce capteur est utilisé pour la détection des positions limites dans les dispositifs d'enroulement du film inférieur et supérieur.

➤ **Commutateur cylindrique**

Est un dispositif utiliser pour la détection de position des pistons dans les vérins pneumatiques. Il y a deux commutateurs conçus pour la détection de la position du piston des vérins pneumatiques dans la coupe transversale.

I. 5.2. Actionneurs

Un actionneur est un élément technique dans une machine ou un système de commande qui transforme l'énergie reçue en un phénomène physique tel qu'un travail utile, permettant de modifier le comportement ou l'état d'un système [5].

I. 5.2.1. Moteurs asynchrones

On peut distinguer deux types qui sont :

- ✓ Les moteurs asynchrones monophasés
- ✓ Les moteurs asynchrones triphasés

Mais le plus utilisé dans les équipements automatiques est le moteur asynchrone triphasé qui sont disponibles en plusieurs tensions d'alimentation aux bornes des enroulements du moteur, telles que 230/400V, 400/690V, etc. Ils peuvent être couplés en étoile ou en triangle [7].

❖ **Constitution du moteur** (Figure I.18)

- **Le stator** : C'est la **partie fixe** du moteur, il supporte trois enroulements, décalés de 120° , alimentés par une tension alternative triphasée.
- **Le rotor** : C'est la **partie tournante** du moteur sur lequel on récupère l'énergie mécanique pour l'entraînement d'un système [8].

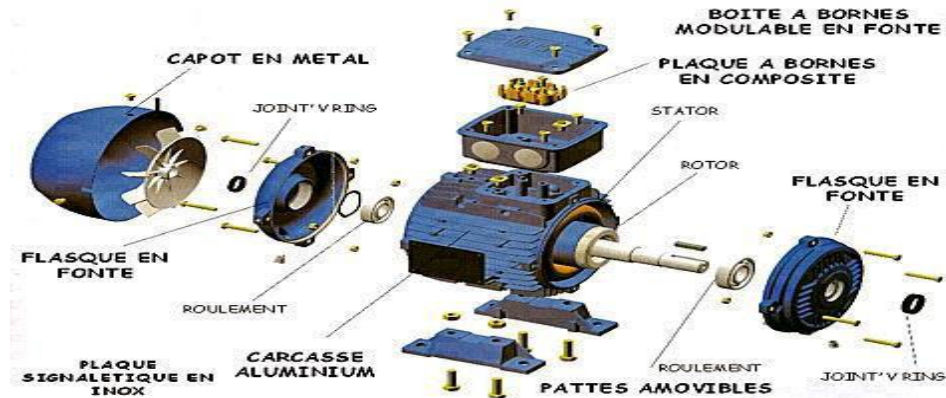


Figure I.18 : La constitution d'un moteur asynchrone.

La conditionneuse MULTIVAC R105 possède plusieurs moteurs utilisés pour des différentes applications :

➤ **Moteur de coupe longitudinale**

C'est un moteur à cage d'écureuil (Figure I.19), il fait tourner les lames longitudinales qui coupent le film d'une manière horizontale.

✚ **Caractéristiques du moteur**

- Alimentation : en triangle 230V ou en étoile à 400V.
- Courant de 1.8A en triangle ou 1.05A en étoile
- Puissance de 0.37KW.
- Fréquence de 50Hz.
- Vitesse de rotation $N_1=1340\text{tr/min}$.



Figure I.19 : Moteur de coupe longitudinale.

I. 5.2.2. Moteurs engrenage à vis sans fin

Les moteurs engrenages à vis sans fin utilisent une alimentation AC et intègre un moteur électrique avec un mécanisme d'engrenage à vis sans fin pour réguler la vitesse et le couple du système. Ces moteurs offrent la précision, la fiabilité et la capacité de contrôler la vitesse.

➤ Moteur pour le formage de film

Le moteur sert à lever ou descendre le support inférieur de la station de formage pour produire un emballage identique à celui du modèle. (Figure I.20).

✚ Caractéristiques du moteur

- Alimentation : en triangle 380V ou en étoile 420V.
- Fréquence de 50Hz.
- Puissance de 0.37Kw.
- Courant de 1.2A.
- Facteur de puissance de 0.71.
- Vitesse de rotation $N_1=1380\text{tr/min}$ et $N_2=40.0\text{tr/min}$.

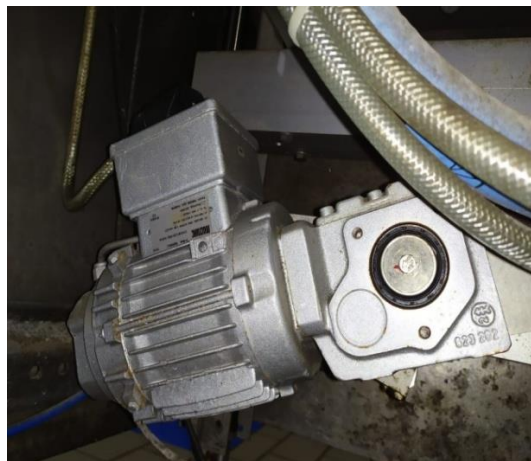


Figure I.20 : Moteur de la station de formage.

➤ Moteur pour la station de soudage

C'est le même moteur que celui de la station de formage. Il est utilisé pour lever ou abaisser le support inférieur de la station de soudure, appliquant ainsi une pression qui permet de souder ensemble les deux films, inférieur et supérieur.

➤ Moteur pour les 2 enrouleurs gauche et droite

Ces deux enrouleurs sont destinés à éliminer les déchets des emballages (Figure I.21).

✚ **Caractéristiques du moteur**

- Alimentation : en triangle 230V ou en étoile 400V.
- Fréquence de 50Hz.
- Puissance de 0.1Kw.
- Courant de 0.76A en triangle ou 0.44A en étoile.
- Facteur de puissance de 0.58.
- Vitesse de rotation $N1=2660\text{tr/min}$.



Figure I.21 : Moteur des deux enrouleurs.

➤ **Moteur de translation de la chaîne**

Ce moteur est utilisé pour faire avancer la chaîne qui entraîne le film à travers les différentes stations de la machine. Il a les mêmes caractéristiques avec les deux enrouleurs gauche et droite.

I. 5.2.3. Pompe à vide R5 RA

La pompe à vide R5 RA est une pompe à vide à palettes lubrifiées conçue pour une utilisation continue dans les machines d'emballage sous vide (Figure I.22). Elle présente des vitesses de pompage élevées, même dans des plages de basse pression, et des temps d'évacuation court.



Figure I.22 : La pompe à vide R5 RA.

Elle est utilisée pour les deux stations formage et soudage.

✚ Caractéristiques de la pompe

- Réf : RS RA0100F 503.
- Pression absolue : 0.1 mbar.
- N max : 1500 tr/ min.
- Poids : 73kg

I. 5.2.4. Vérins pneumatiques

Le vérin pneumatique fait partie des actionneurs pneumatiques. L'énergie mécanique est produite sous forme d'un mouvement permettant de provoquer un déplacement ou de créer une force.

- Quel que soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le piston est solidaire de la tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps. Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation en air comprimé. Les espaces vides qui peuvent être remplis à l'air comprimé s'appellent les chambres (Figure I.23).

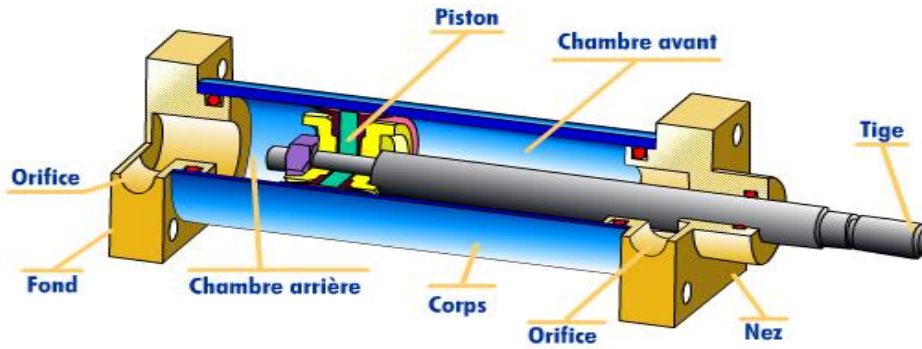


Figure I.23 : Les composants d'un vérin pneumatique.

MULTIVAC R105 contient 9 vérins :

- 2 Vérins utilisés pour le dispositif d'enroulement du film supérieur et inférieur.
- 2 Vérins destinés pour fermer les coulisses de protection dans les deux stations formage et soudure.
- 2 Vérins pour serrer et freiner le film supérieur.
- Un vérin pour le mécanisme de coupage longitudinal.
- 2 vérins pour le mécanisme de coupage transversal.

I. 5.3. Préactionneurs

Un pré-actionneur est un constituant dont le rôle est de distribuer l'énergie nécessaire aux actionneurs. La principale fonction d'un « Pré-actionneurs » est de transmettre l'énergie à un actionneur (Figure I.24).

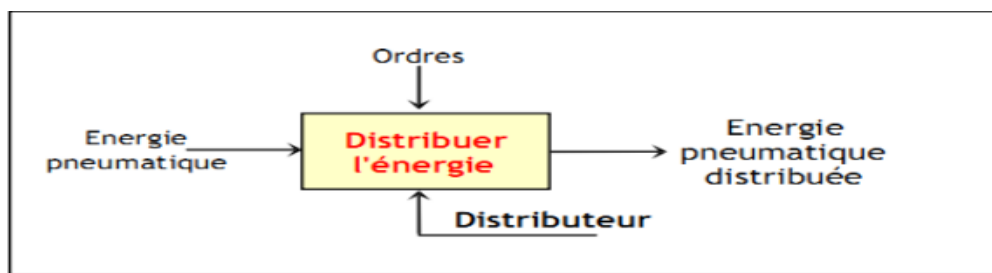


Figure I.24 : Schéma fonctionnel d'un préactionneur.

I. 5.3.1. Distributeurs

Les distributeurs pneumatiques sont des éléments de la chaîne d'énergie. Ils distribuent de l'air comprimé aux actionneurs pneumatiques (vérins, générateurs de vide, moteurs) à partir d'un signal de commande (pilotage).

Exemple d'un distributeur (Figure I.25).



Figure I.25 : Un distributeur 3/2.

I. 5.3.2. Electrovanes

Electrovanne (Figure I.26) est une vanne commandée électriquement. Elle convertit l'énergie électrique en énergie mécanique pour contrôler le flux du fluide dans un système [9].

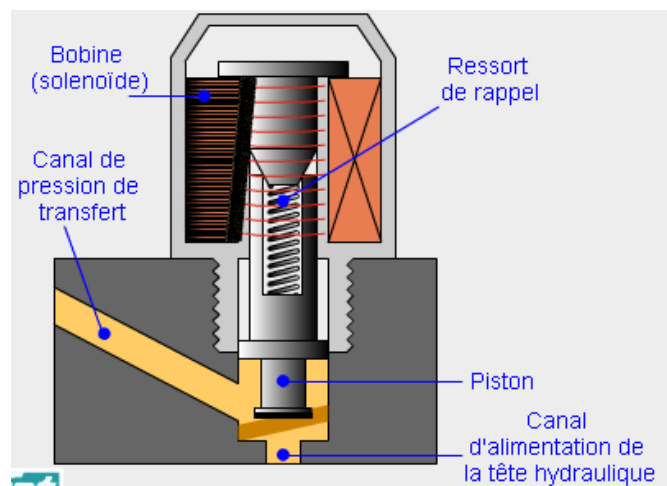


Figure I.26 : Les constituants d'une électrovanne.

La conditionneuse est équipée de plusieurs électrovannes.

- ✓ La Fermeture des coulisses de protection.
- ✓ Electrovanne pour abaisser la plaque de soudage.
- ✓ Electrovanne pour ventiler la station de soudage haut et bas.

- ✓ Electrovanne pour le vide outil de soudure en haut et en bas.
- ✓ Electrovanne pour le frein de film supérieur « déverrouillage ».

I. 5.3.3. Vanne d'étranglement

Une vanne d'étranglement est un type de vanne utilisée pour réguler le débit d'un fluide dans un système. Elle est conçue pour restreindre partiellement le passage du fluide, permettant ainsi de contrôler la vitesse et la pression du fluide circulant dans le système [10].

I. 5.3.4. Convertisseur de fréquence

Les convertisseurs de fréquence, également connus sous le nom de variateurs de vitesses, sont des dispositifs électroniques complexes qui convertissent l'alimentation électrique alternative en courant continu, puis régulent la fréquence et la tension pour contrôler la vitesse des moteurs électriques. Ces équipements permettent d'ajuster la vitesse de rotation des moteurs de manière précise. La machine utilise un seul variateur de vitesse de la gamme MOTIVAC SEW, (Figure I.27).



Figure I.27 : Un convertisseur de fréquence.

I. 5.3.5. Contacteurs

Sont des appareils électrotechniques utilisés pour commander à distance des circuits électriques. Ils fonctionnent comme un interrupteur à l'intérieur d'un circuit en établissant ou en interrompant le passage du courant. La machine qu'on étudie utilise un seul contacteur qui est le contacteur à courant continu de la gamme SIEMENS.

➤ Contacteurs à courant continu

Sont des dispositifs électromécaniques qui permettent de contrôler la circulation d'un courant continu à forte intensité (Figure I.28).

Ils sont composés d'un ensemble de contacts actionnés par un électroaimant. Lorsqu'un courant passe dans l'électroaimant, il crée un champ magnétique qui actionne les contacts, permettant de fermer ou d'ouvrir le circuit électrique [11]. Ce contacteur est utilisé pour plusieurs tâches comme :

- ✓ La commande de la pompe à vide pour la station soudure.
- ✓ La commande d'un entraînement de frein ouvert pour la station formage.
- ✓ La commande d'un relais de sécurité et d'un arrêt d'urgence.
- ✓ La commande d'enrouleur gauche et droite pour les deux moteurs enrouleurs de bobine.



Figure I.28 : Contacteur à courant continu.

I. 5.3.6. Sectionneur de puissance

Un sectionneur de puissance (Figure I.29) est un appareil électromécanique utilisé pour séparer mécaniquement un circuit électrique de son alimentation, assurant ainsi une coupure totale de la puissance. La machine est équipée d'un seul sectionneur de puissance de la gamme SIEMENS qui permet de contrôler la puissance fournie à la pompe à vide en fonction de la pression.



Figure I.29 : Un sectionneur de puissance.

I. 5.3.7. Relais

Un relais est un dispositif électrique permettant la commutation à distance d'un circuit électrique. Il est conçu pour ouvrir et fermer un circuit de puissance en réponse à un ordre émis par la partie commande, assurant ainsi le contrôle de divers équipements électriques [12].

L'utilisation de ce relais dans :

- ✓ L'activation de la pompe à chaque fois qu'une zone est activée.
- ✓ Chauffage en marche.

I. 5.4. Terminal de commande

Le panneau de commande sert à contrôler et surveiller l'état de fonctionnement de la machine.



Figure I.30 : Terminal de commande.

- 1 Arrêt d'urgence.
- 2 Port USB.
- 3 Touche <I>.
- 4 Touche <O>.

Il contient :

➤ Interface Homme-Machine (IHM)

L'Interface Homme-Machine (IHM) est un tableau de bord permettant la communication entre une personne et une machine ou un programme. En milieu industriel, elle sert à contrôler et surveiller les machines de production. L'IHM inclut des composants pour afficher des informations et interagir avec des automates programmables industriels (API).

Conclusion

Ce chapitre est dédié à l'étude théorique de la conditionneuse MULTIVAC R105 nous avons exploré en détails sa description son principe de fonctionnement ainsi que son instrumentation qui nous a permis de comprendre sa structure, ses composants ainsi que les outils et les capteurs

clés qui garantissent un contrôle précis du processus. Le chapitre à venir sera consacré aux automates programmables industriels et systèmes automatisés où nous allons présenter spécifiquement l'automate S7-1200.



Chapitre II :

Généralités sur les API et les systèmes automatisés

Introduction

L'humain a toujours recherché le bonheur, et cette réflexion alliée à la notion de besoins peut paraître très éloignée des cours de sciences industrielles, mais elle est à la base du développement de la science en général et de l'automatisation en particulier. L'humanité commence par penser, concevoir et créer. Lorsqu'il est nécessaire d'augmenter le nombre d'objets fabriqués et de produire davantage de produits, l'automatisation des tâches semble remplacer les mouvements humains douloureux, subtils ou répétitifs.

En effet, dans ce deuxième chapitre, on va définir quelques notions de base sur les systèmes automatisés, ensuite on va présenter le moyen fondamental pour la commande de ces systèmes qui est l'automate programmable industriel plus précisément **S7-1200**.

II. 1. L'automatisme

L'automatisation est un système qui, par le moyen de dispositifs mécaniques, pneumatiques, hydrauliques ou électriques est capable de remplacer l'être humain pour certaines tâches [13].

Les systèmes automatisés simples ou complexes font partie de l'environnement de l'être humain. Ils continuent de se développer et jouent un rôle de plus en plus central dans le fonctionnement de la production industrielle et des services.

II. 2. Systèmes automatisés

II. 2.1. Définition

Un système est un ensemble d'éléments qui répondent aux besoins de nécessité ou de désir éprouvés par l'utilisateur.

Un système automatisé est un système qui effectue des opérations dans lesquelles les humains sont uniquement impliqués dans la programmation et le réglage du système. L'objectif des systèmes automatisés est d'effectuer des tâches complexes ou dangereuses pour les humains, d'effectuer des tâches difficiles ou répétitives, voire d'augmenter l'efficacité et la précision.

II. 2.2. Objectif de l'automatisation

- ✓ Accroître la productivité du système (quantité de produits élaborés pendant une durée donnée).

- ✓ Améliorer la flexibilité de production ce qui permet une adaptation rapide aux changements de production et aux demandes variées du marché.
- ✓ Améliorer la qualité du produit
- ✓ S'adapter à des contextes particuliers :
 - Environnement hostile pour l'homme.
 - Tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme
- ✓ Augmenter la sécurité [15].

II. 2.3. Architecture générale des systèmes automatisés

Un système automatisé est composé de trois parties principales (Figure II.1) :

Partie opérative : le procédé à contrôler.

Partie commande : le système de contrôle.

Partie dialogue : l'opérateur (surveillance, marche / arrêt).



Figure II.1 : Architecture générale des systèmes automatisés.

II. 2.3.1. Partie opérative (P.O)

Il s'agit de la partie qui effectue le travail. Elle reçoit les ordres de la Partie Commande (P.C.). Dans la P.O c'est les actionneurs (des vérins ou des moteurs) qui exécutent les ordres reçus. Elle consomme de l'énergie électrique, pneumatique (air) ou hydraulique (eau ou huile).

II. 2.3.2. Partie commande (P.C)

La partie commande se compose des éléments suivants :

- **Interface d'entrée** : Convertit les informations des capteurs placés dans la partie commande ou la partie dialogue en informations de nature et d'amplitude adaptées aux caractéristiques techniques du système.
- **Interface de sortie** : D'une part, elle convertit les informations générées par l'unité de traitement en informations dont la nature et l'amplitude sont compatibles avec les caractéristiques techniques du pré-actionneur, et d'autre part, elle affiche et déclenche des alarmes.
- **Unité de traitement** : (automate programmable industriel, ordinateur, microprocesseur) formule les commandes de l'actionneur en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

II. 2.3.3. Partie dialogue

Cette partie est une suite de la partie Commande elle est composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM) [16].

II. 2.4. Avantages et inconvénients de l'automatisation

Les systèmes automatisés offrent plusieurs avantages et inconvénients pour les entreprises et les domaines variés où ils sont mis en œuvre. Voici une synthèse des deux aspects :

Avantages

- ✓ Réduction des coûts d'exploitation et de main d'œuvre.
- ✓ Amélioration de la productivité.
- ✓ Amélioration de la qualité des produits et des services.

- ✓ La fiabilité et l'exécution des tâches de façon uniforme et sans erreurs.
- ✓ Satisfaction de la demande en temps voulu.

Inconvénients

- ✓ Coûts initiaux élevés : l'implémentation d'un système automatisé demande une importante somme d'argent.
- ✓ Perte d'emploi : la disparition de certains emplois, particulièrement ceux occupés par des personnes pour effectuer des tâches qui seraient ensuite automatisées.
- ✓ Des risques environnementaux qui peuvent être dus à une mauvaise conception des machines ou à une utilisation inappropriée tels que la pollution et une consommation excessive de ressources.

II. 3. Automates programmables industriels (API)



Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande [15].

II. 3.1. Définition

Un Automate Programmable Industriel (API) est une forme spéciale de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker des instructions et mettre en œuvre diverses fonctions telles que des fonctions logiques, séquentielles, de synchronisation, de comptage et arithmétiques pour contrôler les machines et processus.

Il est conçu pour être utilisé par ingénieurs ayant des connaissances limitées en informatique ou en langages de programmation [17].

II. 3.2. Principe de fonctionnement d'un API

-  **Traitement interne** : L'automate effectue des opérations de contrôle et ajuste des paramètres spécifiques du système, tels que l'identification des transitions entre les états RUN et STOP et la mise à jour des valeurs d'horodatage.
-  **Lecture des entrées** : Les entrées sont lues par l'automate de manière synchrone puis copiées rapidement dans la mémoire image des entrées.

- ✚ **Exécution du programme** : Les instructions du programme sont exécutées par le l'automate étape par étape, les sorties résultantes étant écrites dans la mémoire d'image de sortie.
- ✚ **Ecriture des sorties** : L'automate effectue en continu quatre opérations, commutant de manière synchrone les différentes sorties vers les positions spécifiées dans la mémoire d'image de sortie.

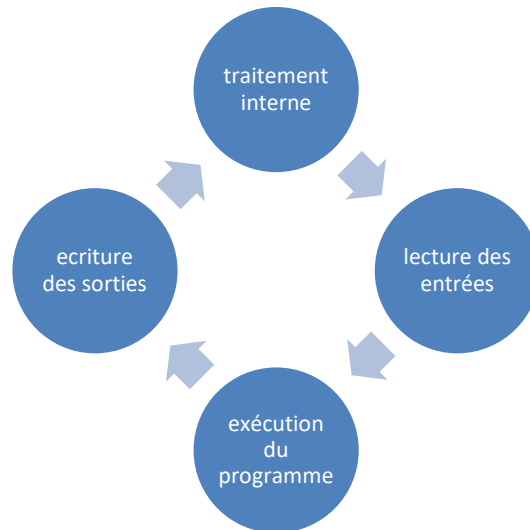


Figure II.2 : Principe de fonctionnement d'un API.

II. 3.3. Architecture des automates

II. 3.3.1. Aspect extérieur




Les automates peuvent être de type :

- Compact.
- Modulaire [15].

II. 3.3.1.1. Automate non-modulaire (compact)

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties en une seule unité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

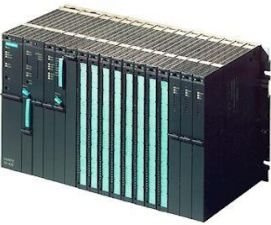

Tableau II.1 : Exemple de gammes d'API non-modulaires.

| SIEMENS | OMRON CP2E | CROUZET MILLENIUM | SCHNEIDER ZELIO |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

II. 3.3.1.2. Automate modulaire

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées /sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks.

Tableau II.2 : Exemple de gammes d'API modulaires.

| SIEMENS SIMATIC S7-400 | BOSCH rack-E6 |
|---|--|
|  |  |

II. 3.3.2. Aspect intérieur

L'API est composée de plusieurs composants (Figure II.3) :

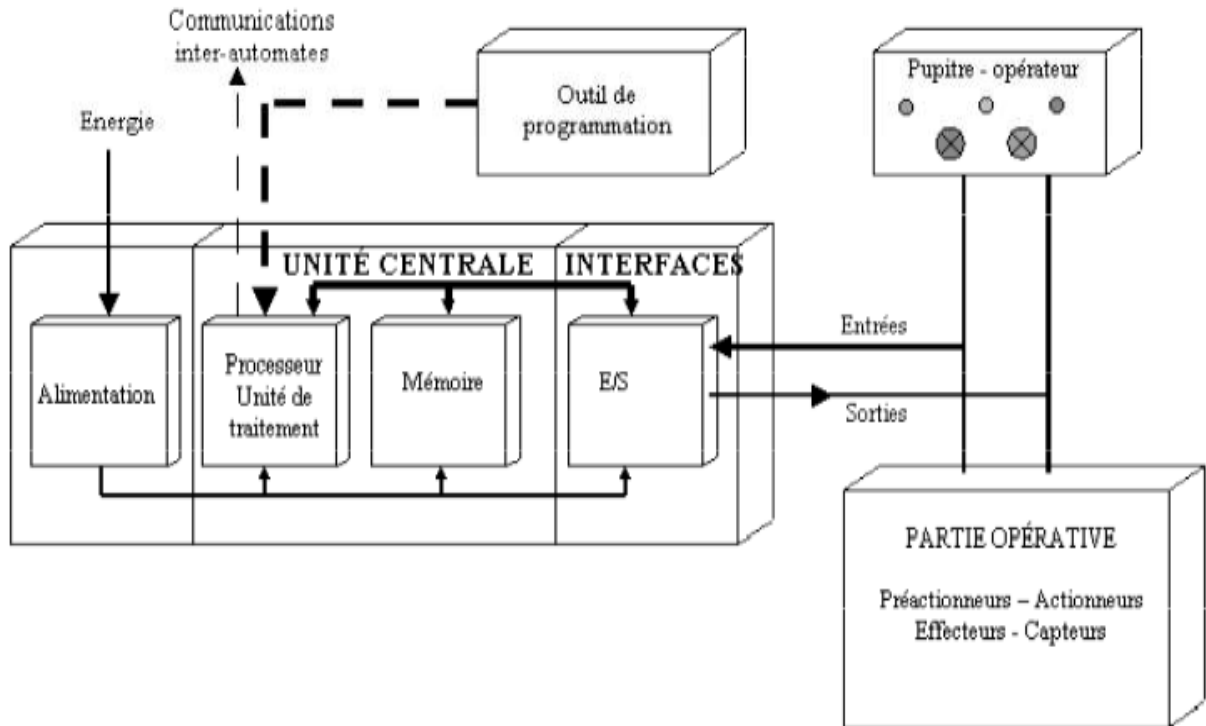


Figure II.3 : Architecture intérieure d'un API.

De manière générale, un API est structuré autour de plusieurs composants de base qui sont le processeur, la mémoire, l'alimentation, l'interface d'entrée-sortie, l'interface de communication et le dispositif de programmation (Figure II.3) [17].

II. 3.3.2.1. L'unité centrale

L'unité centrale représente le cerveau de l'API, et comprend le regroupement du processeur et de la mémoire centrale. La CPU interprète les signaux d'entrée et effectue les actions de commande conformément au programme stocké en mémoire, en communiquant aux sorties les décisions sous forme de signaux d'action.

a. Processeur

A base de microprocesseur ou de microcontrôleur, le processeur est le cœur de l'unité centrale, chargé de traiter les données et d'exécuter les instructions du programme.

✚ Fonctions

- ✓ La lecture des informations d'entrées.
- ✓ Exécution de la totalité des instructions du programme en mémoire.

- ✓ L'écriture des actions en sortie (logique, arithmétique, transfert de mémoire, comptage, temporisation, contrôle P.I.D.)

b. Mémoire

La mémoire centrale est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, stocker et restituer des informations.

Deux types de mémoires coexistent :

- **La mémoire Programme** : qui contient le langage de programmation et est généralement figée, c'est-à-dire en lecture seule (ROM : mémoire morte).
- **La mémoire de données** : utilisable en lecture et écriture pendant le fonctionnement, est la RAM (mémoire vive). Elle fait partie du système d'entrées-sorties. Elle fige les valeurs (0 ou 1) présentes sur les lignes d'entrées et mémorise les valeurs calculées à placer sur les sorties à chaque prise en compte cyclique.

II. 3.3.2.2. Interfaces d'entrées /sorties

Permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs. Une interface d'entrée à une adresse d'entrée, chaque capteur est connecté à l'une de ces adresses (Figure II.4). Les interfaces de sortie ont également une adresse de sortie, chaque préactionneur est connecté à l'une de ces adresses. Le nombre de ces entrées et sorties varie selon le type de l'API. Les cartes d'E/S sont disponibles en formats modulaires à 8, 16 ou 32 canaux. Les tensions disponibles sont standardisées (tension 24, 48, 110 ou 230 V DC ou AC).

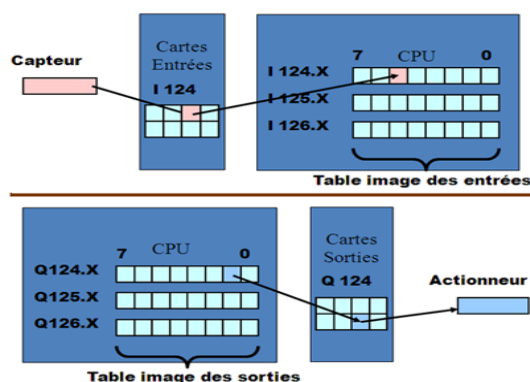


Figure II.4 : Interfaces d'entrées/sorties.

✚ Modules TOR (tout ou rien)

L'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux ,0 ou 1...)

✚ Modules analogiques

Ils créent des signaux dont l'amplitude est proportionnelle à la grandeur de la variable surveillée. Par exemple, un capteur de température peut produire une tension proportionnelle à la température.

Tableau II.3 : des exemples sur les modules d'entrées/sorties TOR et analogiques.

| Module TOR | | Module analogique | |
|-----------------------------------|--|--|----------------------------|
| Les entrées | Les sorties | Les entrées | Les sorties |
| -Bouton poussoir -Interrupteur | -Relais -Led -Afficheur -Contacteur | -Capteur de température -Capteur de pression -Capteur de vitesse -Capteur de distance | -Régulateur de température |

II. 3.3.2.3. Bloc d'alimentation

Tous les automates actuels utilisent un bloc d'alimentation alimenté en 240Vac (alternative) et délivrant une tension de 24 Vcc (continu).

II. 3.3.2.4. Périphérique de programmation

Est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API.

II. 3.3.2.5. L'interface de communication

Elle est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relient l'API à d'autres API distants. Elle est impliquée dans des opérations telles que la vérification d'un périphérique, l'acquisition de données, la synchronisation entre des applications et la gestion de la connexion.

II. 3.4. Critère de choix d'un Api

- ✓ Le nombre et la nature des entrées/sorties.
- ✓ L'intégration avec d'autres systèmes.

- ✓ Type de processeur et sa capacité (taille mémoire, vitesse de traitement...).
- ✓ Fiabilité, flexibilité et robustesse.
- ✓ Critère de familiarité : tendance à choisir un automate qu'on connaît et qu'on maîtrise déjà.
- ✓ La documentation et la qualité du service après-vente.

En considérant les critères de sélection d'API mentionnés précédemment, le choix s'est porté sur le S7-1200, qui répond parfaitement à ces critères.

II. 4. Problématique et solution proposée

La machine de conditionnement MULTIVAC R105 est équipée d'un automate Bechhoff qui est une interface de programmation conçue pour permettre aux développeurs de contrôler et d'interagir avec les produits et technologies de Beckhoff, notamment le système TwinCAT. L'automate utilise principalement le langage Structured Text. Elle supporte également d'autres langages comme Ladder Diagram, Fonction Block Diagram, et Instruction List.

Ce dernier présente certaines caractéristiques indésirables pour l'entreprise. Afin de remédier à cela, il nous a été demandé de remplacer cet automate par un autre modèle, le S7-1200, pour diverses raisons.

- ✓ Le S7-1200 offre une puissance de traitement et une capacité de mémoire supérieure à celle des automates Bechhoff ce qui permet un traitement plus rapide et gérer des tâches d'automatisation plus complexes.
- ✓ S7-1200 est moins cher que les API Bechhoff ce qui entraîne des économies de coûts.
- ✓ S7-1200 dispose d'un logiciel de programmation et d'une interface facile à utiliser, ce qui facilite son apprentissage et son utilisation par le personnel, contrairement aux API Bechhoff qui disposent des logiciels de programmation plus complexes comme TWINCAT.
- ✓ Le S7-1200 est plus évolutif que Bechhoff ce qui permet de l'étendre facilement pour répondre aux besoins croissants d'automatisation de l'entreprise.

II. 5. Présentation de l'automate SIMATIC S7-1200

L'automate SIMATIC S7-1200 est un microcontrôleur modulaire utilisé pour la plage de performance inférieur.

Le contrôleur S7 est composé d'une alimentation, d'une CPU avec des entrées et sorties intégrées ou de modules d'entrées/sorties supplémentaires pour les signaux numériques et analogiques. Idéal pour des solutions d'automatisation compactes, offrant des fonctions de communication intégrées et des performances technologiques avancées doté d'une architecture à la fois compacte et modulaire [18].

II. 6. Caractéristiques de la SIMATIC S7-1200

- Idéal pour des applications autonomes avec des interfaces Ethernet/Profinet intégrées.
- Fournit des entrées/sorties numériques et analogiques, ainsi que des fonctionnalités avancées telles que le comptage, le PID...
- 4 types de CPU (1211C, 1212C, 1214C, 1215C et 1217C) avec des versions d'alimentation en 24 VDC et 230 VAC.

II. 7. Structure matérielle de s7-1200

II. 7.1. Choix de la CPU

L'API S7-1200 dispose d'un large choix de CPU, y compris la **1214C 6ES7 214-1AG40-0XB0** utilisé dans notre projet (Figure II.5).

Cette CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée/sortie, un PROFINET intégré, des E/S de contrôle de mouvement haute vitesse et des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact, offrant la flexibilité et les performances nécessaires pour contrôler une large gamme d'appareils.

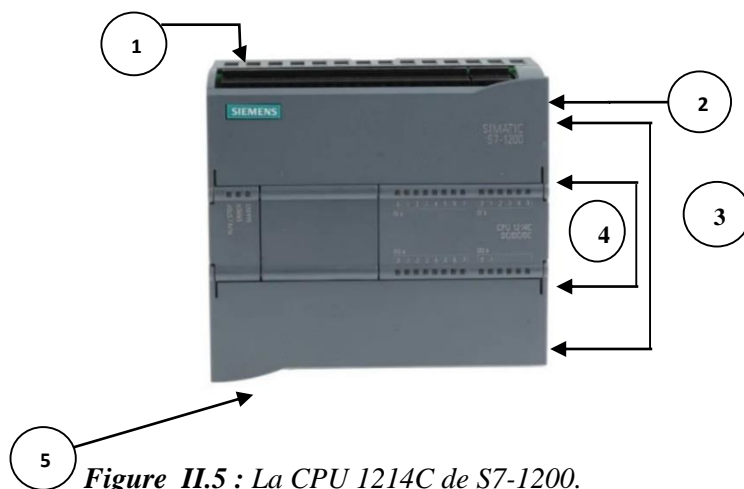


Figure II.5 : La CPU 1214C de S7-1200.

1. Prise d'alimentation DC 24V.

2. Logement pour carte mémoire sous le volet supérieur.
 3. Connecteurs amovibles pour le câblage utilisateur (derrière les volets).
 4. LED d'état pour les E/S intégrées.
 5. Connecteur PROFINET (sur la face inférieure de la CPU).
- **Signal Boards SB** : permet d'ajouter des entrées ou des sorties analogiques ou TOR sans pour autant modifier la taille de la CPU (Les Signal Boards peuvent être intégrés dans les CPU 1211C/1212C et 1214C) (Figure II.6).



Figure II.6 : Module de Signal Boards SB de la CPU 1214C.

- **Les modules signaux SM** : pour les entrées et sortie digitales et analogiques (2 SM max. possible pour les CPU 1212C et 8 SM max. pour la 1214C) (Figure II.7).



Figure II.7 : Modules signaux SM de la CPU 1214C.

- **Modules de communication CM** : pour une communication série RS 232 / RS 485 (jusqu'à 3 CM sont possible pour les CPU 1211C/1212C et 1214C) (Figure II.8).



Figure II.8 : Modules de communication CM.

- **Cartes mémoires SIMATIC** : 2 Mo jusqu'à 32 Mo pour enregistrer les données du programme et pour le remplacement aisé des CPU en cas de maintenance (Figure II.9).



Figure II.9 : Cartes mémoires SIMATIC.

II. 7.1.1. Modules d'extensions

La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication (Figure II.10).

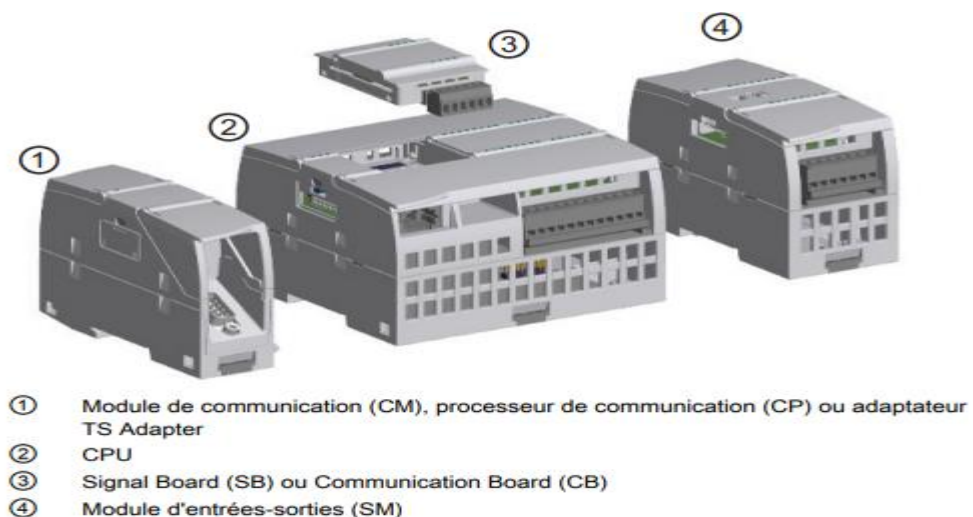


Figure II.10 : Modules d'extensions de la CPU 1214C.

II. 7.2. Modules d'entrées /sorties

II. 7.2.1. Modules d'entrées /sorties TOR (Tout ou rien)

- ❖ **Module d'entrée TOR** : Dans notre travail nous avons utilisé le module

DI 16x24VDC_1 6ES7 221-1BH32-0XB0 (Figure II.11).



Figure II.11 : Module d'entrée TOR.

- ❖ **Module de sortie TOR** : Nous avons utilisé le module DQ 16x24VDC _1 6ES7 222-1BH32-0XB0 (Figure II.12).



Figure II.12 : Module de sortie TOR.

II. 7.2.2. Modules d'entrées/sorties analogiques

- ❖ **Module d'entrée analogique**

AI 8xTC_1 6ES7 231-5QF32-0XB0 (Figure II.13).



Figure II.13 : Module d'entrée analogique.

II. 7.3. Choix du module d'alimentation

SITOP PSU100S DC24V de SIEMENS est une alimentation électrique monophasée conçue pour fournir une tension, une fréquence et un courant stables aux machines industrielles. Il offre une tension de sortie ajustable (22,8-28V) (Figure II.14).



Figure II.14 : Module d'alimentation de SIEMENS.

II. 8. Description du logiciel TIA PORTAL

Le TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal) est une plateforme logicielle développée par SIEMENS pour l'ingénierie de l'automatisation, offrant une large gamme de fonctionnalités et d'outils pour faciliter le développement des systèmes d'automatisation industriels, comprenant les logiciels SIMATIC STEP7 et WinCC, Il permet la programmation de PLC et d'IHM et de contrôleurs. La plateforme est conçue pour être efficace et facile à utiliser, aussi bien pour les débutants que pour les utilisateurs expérimentés [19].

II. 8.1. Vue du portail et vue du projet

TIA Portal possède deux vues principales. La vue du portail s'affiche par défaut au démarrage et facilite la mise en route, notamment pour les débutants.

a) Vue du portail

La vue du portail (Figure II.15) fournit une vue d'ensemble du projet et un accès aux outils qui permettent de de le constituer. On trouvera rapidement ce qu'on souhaite faire et d'appeler l'outil qui servira à accomplir la tâche désirée. Si cela est souhaité, un changement vers la vue du projet s'effectuera automatiquement pour la tâche sélectionnée.

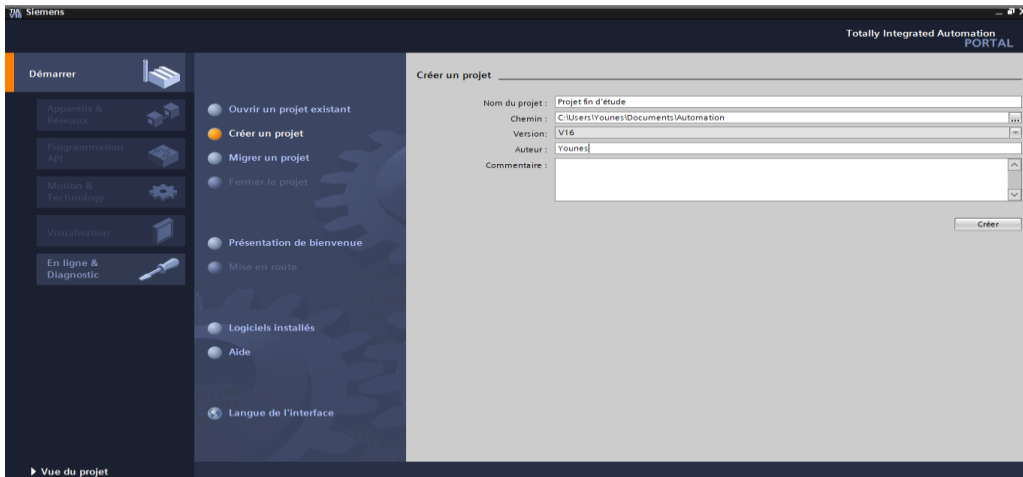


Figure II.15 : Vue du portail.

b) Vue du projet

La vue du projet (Figure II.16), est utilisée pour la configuration matérielle, la programmation, la création de la visualisation et pour nombre d'autres tâches avancées.

La barre de menu avec les barres de fonction est située en haut de la fenêtre, le navigateur du projet et tous les éléments du projet sont sur la gauche, et les menus associés aux différentes tâches (avec les instructions et les bibliothèques, par exemple) sur la droite.

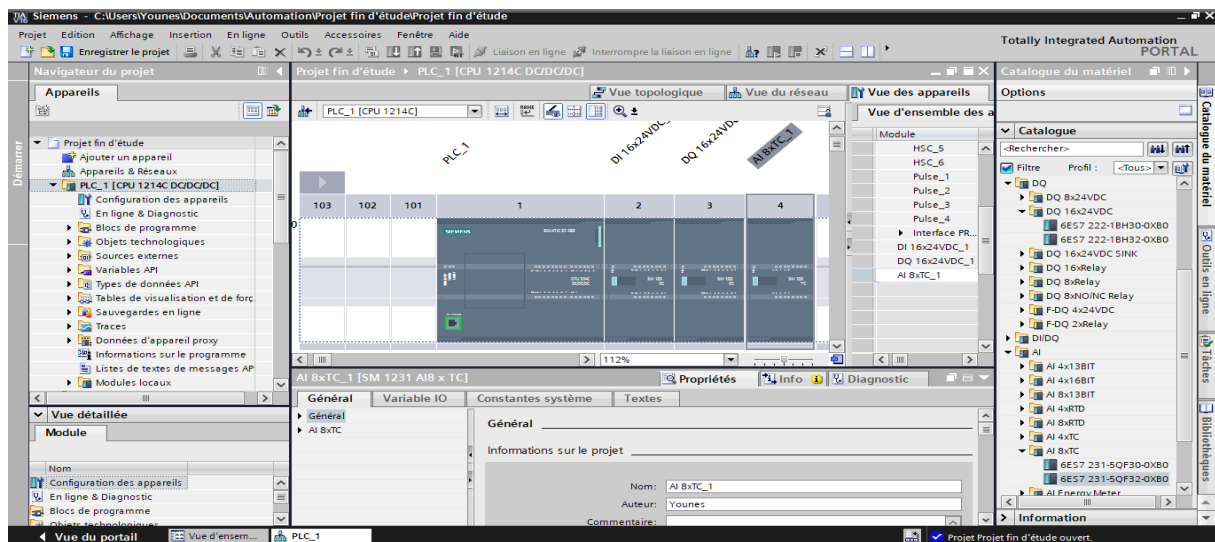


Figure II.16 : Vue du projet

II. 8.2. Conception d'une structure de programme complète

➤ Création d'un projet SIMATIC STEP7

Pour créer un projet dans la vue du portail (Figure II.17), il faut sélectionner « **Créer un projet** ». On peut donner un nom au projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un

commentaire ou encore définir l'auteur du projet. Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer ».

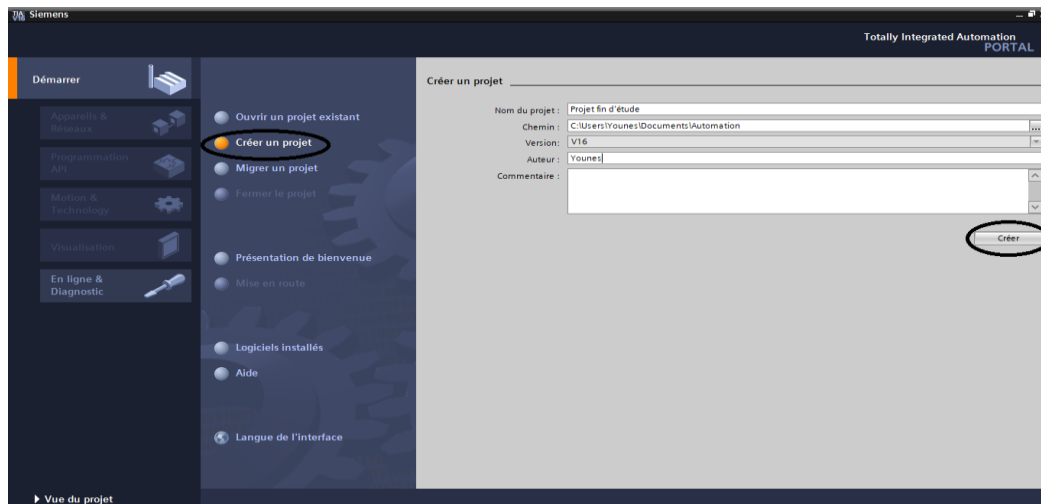


Figure II.17 : Création du projet.

➤ Configuration matérielle

La configuration matérielle comprend la configuration des appareils, c'est-à-dire le matériel du système d'automatisation, les appareils du terrain intelligents et le matériel de visualisation. La configuration des réseaux définit la communication entre les différents composants matériels. Le matériel des systèmes d'automatisation se compose de la CPU, de modules de signaux pour les entrées/sorties (SM) et de module d'interface (CP, IM). Les modules sont alimentés par des modules de courant et de tension (PS, PM).

➤ Structure de programme par blocs existant sous TIA portal

La programmation structurée la rédaction claire et transparente de programmes permet de créer un programme complet en utilisant des blocs qui peuvent être échangés et modifiés à volonté. Pour assurer une programmation structurée aisée, il est nécessaire de prévoir divers types de blocs.

a) Blocs d'organisation (OB)

Les blocs d'organisation (OB) structurent le programme et réagissent à des événements comme des alarmes ou des intervalles de temps. Certains OB ont des déclencheurs et des comportements prédéfinis.

b) Blocs fonctionnels (FC)

Le FC est associé à un bloc de données (DB) lors de son appel, ce qui permet d'accéder aux données de cette instance. Un FB peut être lié à plusieurs DB et appeler d'autres FB ou FC dans le bloc de fonction.

c) Blocs fonctionnels (FB)

Le FB est un sous-programme créé par l'utilisateur, lié à un bloc de données d'instance qui stocke ses paramètres. Il est idéal pour programmer des fonctionnalités récurrentes, notamment pour des tâches complexes comme les opérations de régulation.

d) Blocs de données (DB)

Les blocs de données fournissent un espace mémoire pour les variables. Ils se divisent en deux catégories : les DB globaux, accessibles par tous les OB, FB et FC, et les instances DB, attribuées à un FB spécifique.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré les principes des systèmes automatisés de façon générale, en incluant les API. Ensuite, nous avons présenté le logiciel de programmation TIA Portal et l'automate S7-1200, en mettant en lumière leurs caractéristiques techniques pour une utilisation optimale lors de la programmation.



Chapitre III :

***Modélisation par GRAFCET et développement de la solution
Programmable.***

Introduction

Les systèmes automatisés fonctionnent de manière autonome, réduisant ainsi la nécessité d'interventions humaines. Pour contrôler efficacement ces systèmes, il est essentiel de disposer d'un outil de modélisation simple et compréhensible. Le GRAFCET, un langage graphique largement utilisé en automatisme industriel, permet de représenter de manière claire et précise le comportement des systèmes automatisés. En répondant aux exigences de l'industrie pour les automatismes séquentiels, le GRAFCET facilite la description des spécifications de la machine et la visualisation de l'évolution du système.

III. 1. Outil de modélisation GRAFCET

III. 1.1. Définition du GRAFCET

GRAFCET est un schéma fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements d'évolution séquentielle des automatismes selon un cahier des charges. A la fois simple d'utilisation et rigoureux dans sa forme, il constitue un outil unique de dialogue entre tous les acteurs impliqués dans la conception, l'utilisation ou la maintenance des machines automatisées [15].

Le mot grafcet est construit à partir des premières lettres de « **G**raphe **f**onctionnel de **c**ommande **é**tapes / **t**ransitions ».

III. 1.2. L'objectif du GRAFCET

- Définir de manière détaillée et précise le comportement d'un système automatisé.
- Modéliser les étapes, les transitions, les actions et les réceptivités d'un système.
- Décrire les conditions d'évolution entre les étapes, établir les règles d'évolution et à détailler toutes les actions et informations nécessaires pour le bon fonctionnement d'un automate.

III. 1.3. Les niveaux d'un GRAFCET

Le GRAFCET comporte 3 niveaux qui définissent les différents points de vue dans la modélisation des systèmes automatisés.

III. 1.3.1. Grafcet de niveau 1 / fonctionnel

Le grafcet de niveau 1 est un grafcet de coordination des données et des actions (Figure III.1). Il est basé sur la représentation de toutes les parties du système automatisé avant sa mise en place. Les réceptivités sont décrites en mots.

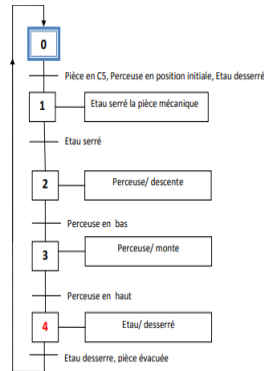


Figure III.1 : Exemple d'un grafcet niveau 1.

III. 1.3.2. Grafcet de niveau 2 /partie opérative

Il est basé sur la technologie des actionneurs et capteurs. La représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviations et non en mots (Figure III.2).

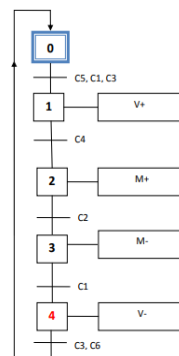


Figure III.2 : Exemple d'un grafcet niveau 2.

III. 1.3.3. Grafcet de niveau 3 / partie commande

Ce type de grafcet prend le matériel existant (API, capteurs, contacteurs) pour réaliser la partie commande (Figure III.3). Ce type de grafcet est basé sur la programmation des API en utilisant par exemple le langage ladder dont les entrées (%I0.0) et les sorties (%Q0.0) [20].

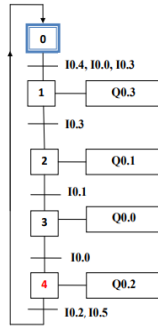


Figure III. Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.3 : Exemple d'un grafcet niveau 3.

III. 1.4. Conception de base d'un grafcet

La composition du grafcet implique plusieurs éléments essentiels pour modéliser le fonctionnement d'un système automatisé de manière séquentielle (Figure III.4). Voici les principaux aspects de la conception d'un grafcet [15].

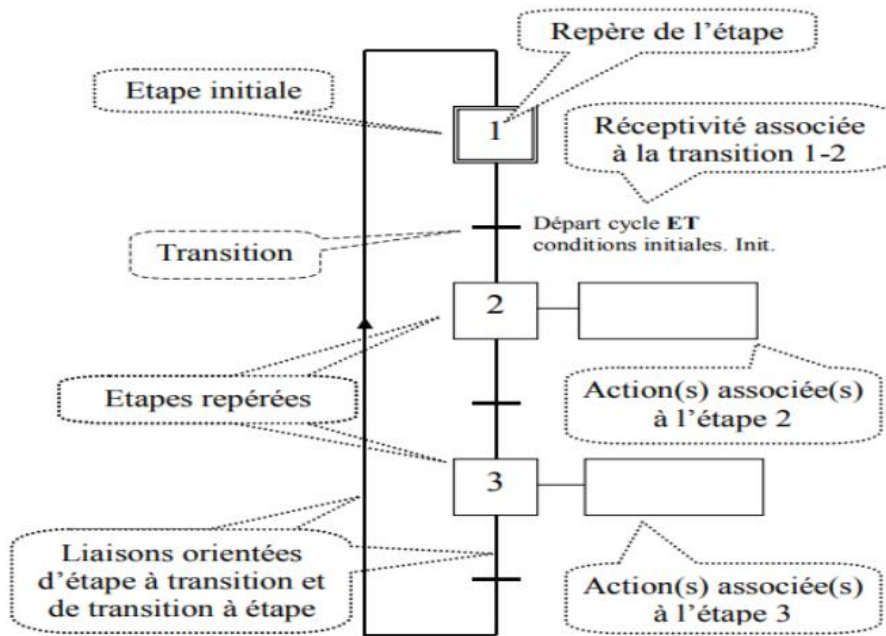


Figure III.4 : Symbolisation d'un grafcet.

III. 1.4.1. Etapes

Correspond à une situation élémentaire ayant un comportement stable : les organes de commande et les capteurs ne changent pas d'état au cours d'une étape.

L'étape se représente par un carré numéroté, placé dans la moitié supérieure (Figure III.5). Chaque étape peut être active ou inactive. Lorsqu'une étape est active, toutes les actions qui lui sont associées seront exécutées. En revanche, si une étape est inactive, les actions liées à cette étape ne pourront en aucun cas être déclenchées.

Il est commode de montrer les étapes actives à un instant bien précis en plaçant un point dans la partie inférieure des symboles correspondants.



Figure III.5 : Les différents symboles d'une étape.

III. 1.4.2. Actions associées à l'étape

Les actions sont les opérations à réaliser à chaque étape du GRAFCET. Elles décrivent les tâches à exécuter lorsque le système se trouve dans une étape spécifique.

On peut rencontrer une même étape associée à plusieurs actions décrites de façon littérale ou symbolique à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles reliés à la partie droite de l'étape, ou une étape vide (sans action).

III. 1.4.3. Transitions

Les transitions indiquent les possibilités d'évolution d'une étape à l'étape suivante.

A chaque transition, on associe une condition logique qui traduit la notion de **réceptivité**.

Les réceptivités

Sont les conditions logiques nécessaires pour que les transitions s'effectuent.

Si une réceptivité est vraie, la transition associée est activée, permettant ainsi à l'automatisme de progresser.

III. 1.4.4. Les liaisons orientées

Sont des traits verticaux qui relient les étapes et les transitions en indiquant les voies d'évolution du grafcet.

Le sens général du parcours est du haut vers le bas. Lorsque le parcours est différent des flèches sont nécessaires.

Exemple de liaison orienté (Figure III.11).

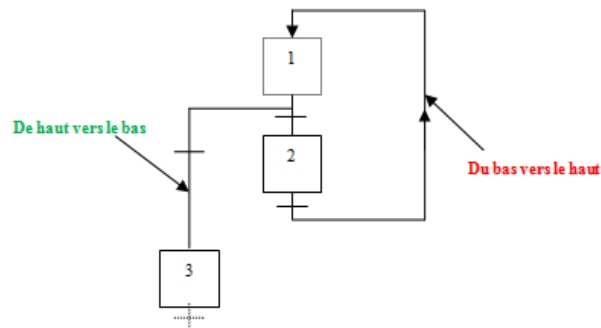


Figure III.6 : Exemple de liaison orientée.

III. 1.5. Les règles d'évolution du GRAFCET

Aux règles d'écriture s'ajoutent les règles d'évolution afin de préciser les conditions pour lesquelles les étapes sont actives ou inactives.

✓ Règle 1

Le début de l'opération est indiqué par le doublement des bords des symboles concernés, ce qui signifie l'initialisation selon la règle 1. Dans un grafcet, il peut y avoir plusieurs étapes initiales, qui sont activées de manière inconditionnelle au début du cycle.

✓ Règle 2

Pour qu'une transition soit considérée comme valide, toutes les étapes qui la précèdent doivent être actives. Une transition ne peut être franchie que dans ces circonstances (Figure III.12) :

- Une fois sa validité confirmée.
- **ET** la véracité de la réceptivité qui y est liée.

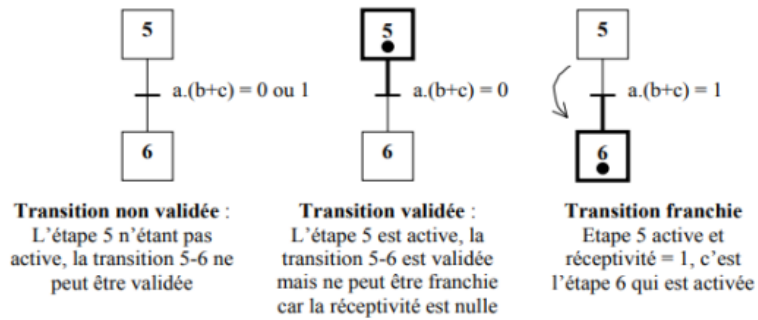


Figure III.7 : Franchissement d'une transition.

✓ **Règle 3**

Lorsqu'une transition est franchie en même temps, la règle 3 stipule que toutes les étapes suivantes seront activées tandis que toutes les étapes précédentes seront désactivées (Figure III.13).

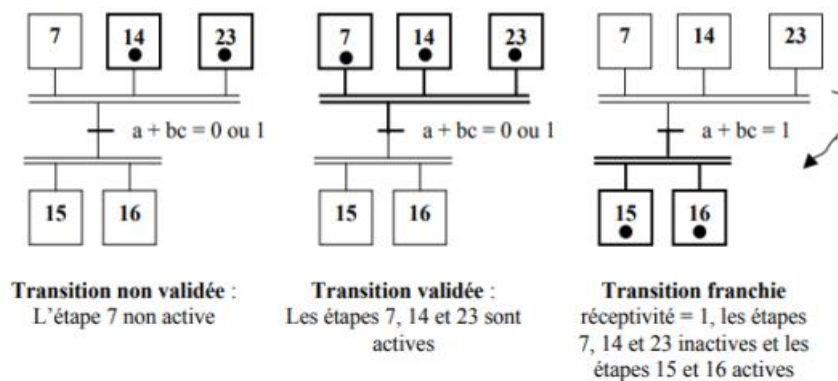


Figure III.8 : L'évolution des étapes actives.

✓ **Règle 4**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

✓ **Règle 5**

Si, au cours du fonctionnement, une étape est à la fois activée et désactivée, elle reste active [15] [22].

III. 1.6. La structure de base d'un GRAFCET

III. 1.6.1. Séquence unique

Elle est composée d'une suite d'étapes qui peuvent être activées les unes après les autres. Chaque étape ne comporte qu'une seule transition AMONT et une transition AVAL (Figure III.14).

La séquence est dite active si au moins une des étapes est active. Elle est dite inactive si toutes les étapes sont inactives [23].

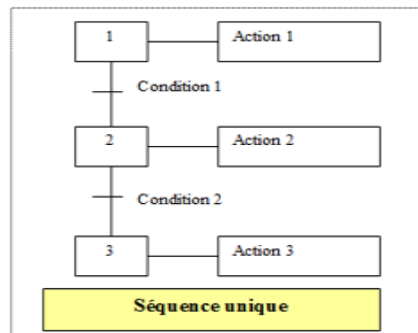


Figure III.9 : Partie d'un grafcet à séquence unique.

III. 1.6.2. Séquences simultanées

Lors du passage d'une transition, plusieurs séquences différentes sont activées simultanément, ces séquences sont appelées séquences simultanées (Figure III.15). Après l'activation simultanée de ces séquences, l'évolution des étapes actives dans chacune des séquences devient indépendante [24].

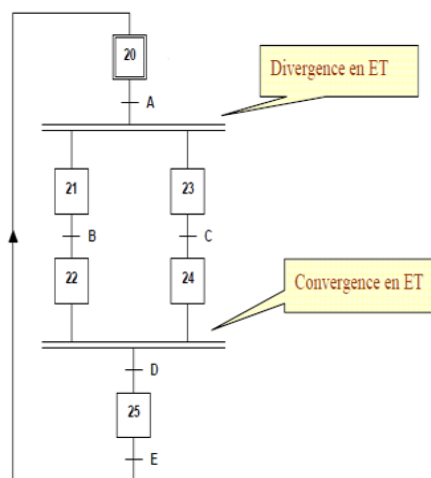


Figure III.10 : Partie d'un grafcet à séquence simultanée.

✚ Divergence en ET

Représentée par 2 traits identiques et parallèles, la divergence en ET se produit lorsqu'une transition est franchie, ce qui active plusieurs étapes en parallèle. La figure montre que lorsque la transition A est franchie les étapes 21 et 23 sont actives simultanément.

✚ Convergence en ET

La convergence en ET se produit lorsque plusieurs étapes doivent être actives pour qu'une transition puisse être franchie. Cela signifie que la transition ne peut être validée que lorsque toutes les étapes requises sont actives en même temps

La figure montre que la transition D devient active lorsque les étapes 22 et 24 sont actives, si la réceptivité associée à la transition D est vraie alors elle est franchie entraînant l'activation de l'étape 25 et la désactivation des étapes 22 et 24.

Après divergence en ET, on retrouve une convergence en ET [15].

III. 1.6.3. Choix de séquence

Un grafcet avec sélection de séquence est un grafcet qui peut franchir deux ou plusieurs transitions après une étape.

Le franchissement de chaque transition complète la séquence ou l'action qui suit cette transition (Figure III.16).

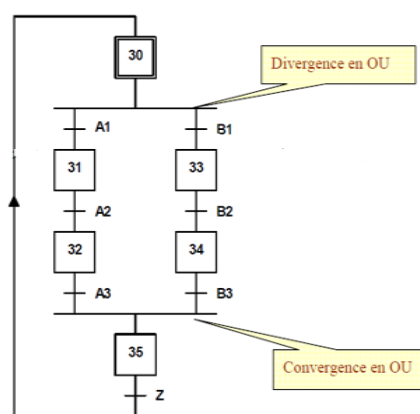


Figure III.11 : Choix de séquence.

✚ Divergence en OU

Le développement du système se poursuit vers l'une des branches selon réceptivités A1, B1 et leurs transitions associées.

Convergence en OU

Après une divergence en OU on trouve une convergence en OU vers une étape commune dans la figure l'étape 35.

Le nombre de branche peut être supérieur à 2. Les réceptivités ne sont jamais vraies simultanément, c'est soit l'une soit l'autre.

III. 1.6.4. Macro étape

Une macro étape dans un GRAFCET est une structure de représentation qui regroupe plusieurs étapes et transitions en une seule, appelée expansion de la macro étape, facilitant ainsi la compréhension du fonctionnement détaillé du processus et permettant une meilleure gestion de la complexité en évitant d'avoir un seul graphe surchargé.

Elle est identifiée par un carreau à deux lignes, généralement précédé d'un numéro commençant par le symbole M, et comprend une étape d'entrée « Ei » et une étape de sortie « Si ».

III. 2. Cahier des charges

III. 2.1. Définition

Un cahier des charges GRAFCET est un document détaillé qui définit les spécifications et les exigences d'un système de contrôle-commande. Il décrit les fonctionnalités attendues, les performances, les interfaces, les contraintes et les délais.

III. 2.2. Cahier des charges de notre station

La machine à conditionner comporte quatre stations opérant simultanément pour le formage, le soudage, coupe transversal, collection déchets du film.

En appuyant sur le bouton poussoir "BP on", la machine passe en mode "on", ce qui déclenche ensuite simultanément l'exécution des trois tâches suivantes.

- ✓ **Tâche 1** : Soit on appuie sur BOUTON 1 et le voyant vert 1 s'allume. Après, si le capteur proximité bas 1 est activé cela implique le démarrage de l'enrouleur de bande de bordure gauche jusqu'au capteur de proximité haut 1, puis il se désactive, sinon on passe à la troisième tâche.

- ✓ **Tâche 2** : Soit on appuie sur BOUTON 2 et le voyant vert 2 s'allume. Après, si le capteur de proximité bas 2 est activé cela implique le démarrage de l'enrouleur de bande de bordure droit jusqu'au capteur de proximité haut 2, puis il se désactive, sinon on passe à la troisième tâche.
- ✓ **Tâche 3** : Alors que les vérins de coupe transversale sont rentrés, et que l'outil de formage et de soudage est ouvert, les vérins V1 et V2, qui bloquent le film inférieur et supérieur respectivement, sont sortis. De plus, les vérins qui bloquent le film supérieur à l'entrée de la station de soudage, commandés par EV2, sont également sortis, Tous les capteurs de sécurité sont activés et les bobines de film inférieur et supérieur sont en place ce qui entraîne :
 - L'insertion des 2 films inférieur et supérieur dans les différentes stations de la machine manuellement.
 - Allumage des résistances R1 et R2 jusqu'à ce que leur température dans les chambres de formage et de soudage atteigne respectivement 95°C et 125°C.
 - Activation de l'électrovanne EV1 entraînant la sortie des deux vérins responsables de la fermeture des coulisses de protection détectée par les 2 capteurs de proximité haut 1 et 2, puis EV1 se désactive après l'activation des 3 stations formage, soudage et coupe transversale en 8 secondes.

Puis les 3 stations seront activées simultanément.

- **Cycle de formage**

- Le moteur de la station formage démarre, entraînant la fermeture de l'outil de formage jusqu'à ce qu'il atteigne le capteur de proximité haut de la station de formage, puis le moteur s'arrête.
- Si la température dans la station est inférieure à 95°C, la résistance R1 s'allume jusqu'à ce qu'elle atteigne 95°C. Sinon, si la température est égale ou supérieure à 95°C, on passe à l'étape suivante.
- L'électrovanne (EV6) est activée pour chauffer le film avec l'air chauffé par R1, et simultanément, la pompe à vide démarre jusqu'à ce que la pression dans la station atteigne 100 mbar (sous vide moyen).
- L'électrovanne EV4 est activée pour le refroidissement de la partie inférieure du moule pendant 2 secondes.
- Le même moteur redémarre, entraînant l'ouverture de l'outil de formage jusqu'à ce qu'il atteigne le capteur de proximité bas, puis le moteur s'arrête.

- **Cycle de soudage**

- Le moteur de la station soudage démarre, entraînant la fermeture de l'outil de soudage jusqu'à ce qu'il atteigne le capteur de proximité haut de la station de soudage, puis le moteur s'arrête.
- La pompe démarre jusqu'à ce que la pression atteigne les 100mbar (sous vide moyen) dans la station.
- Si la température dans la station est inférieure à 125°C, la résistance R2 s'allume jusqu'à ce qu'elle atteigne 125°C. Sinon, si la température est égale ou supérieure à 125°C, on passe à l'étape suivante.
- Activation d'EV5 pour abaisser la plaque de soudage pendant 3s.
- Activation d'EV7 et EV9 pour le refroidissement de la station soudure haut et bas pendant 1s.
- Le même moteur redémarre, entraînant l'ouverture de l'outil de soudure jusqu'à ce qu'il atteigne le capteur de proximité bas, puis le moteur s'arrête.

- **Cycle de découpage**

- Lorsqu'EV10 est activé, deux vérins se déploient pour déplacer une plaque métallique vers les deux films, où elle entre en contact avec une lame fixée dans la station de coupe. Cela assure une découpe précise des films au niveau de la partie collée, détectée par les deux commutateurs puis désactive d'EV10.

Une fois que les 3 cycles sont terminés :

- Activation de l'électrovanne EV3 pour le retour des 2 vérins initialement en sortie qui freinent le film supérieur cela se fait en même temps avec la désactivation de EV1 donc le retour à ressort des 2 vérins pour l'ouverture des coulisses de protection jusqu'à l'activation des 2 capteurs de proximité bas 1 et 2.
- Le moteur de coupe longitudinale est déclenché après une période de 1 seconde.
- Le tapis avance, activant ainsi les fins de course C1 et C2, ce qui annule le blocage des bobines de film.
- Après que le tapis ait avancé de 150 mm, les moteurs de coupe et d'avance s'arrêtent, et les vérins reviennent pour bloquer à nouveau les bobines de film supérieur et inférieur. Ensuite, EV2 est activé par le capteur de spot pour freiner le film supérieur, assurant ainsi le blocage de son entrée à la station de soudure par la sortie des deux vérins.
- Dans l'autre séquence, EV2 est d'abord activé par le capteur de spot pour freiner le film supérieur et bloquer son entrée à la station de soudure. Cela entraîne la sortie du vérin

bloquant la bobine supérieure. Ensuite, l'activation du pas d'avance de 150 mm, les moteurs d'avance et de coupe s'arrêtent, et le vérin bloquant la bobine inférieure se rétracte.

III. 3. Modélisation par GRAFCET

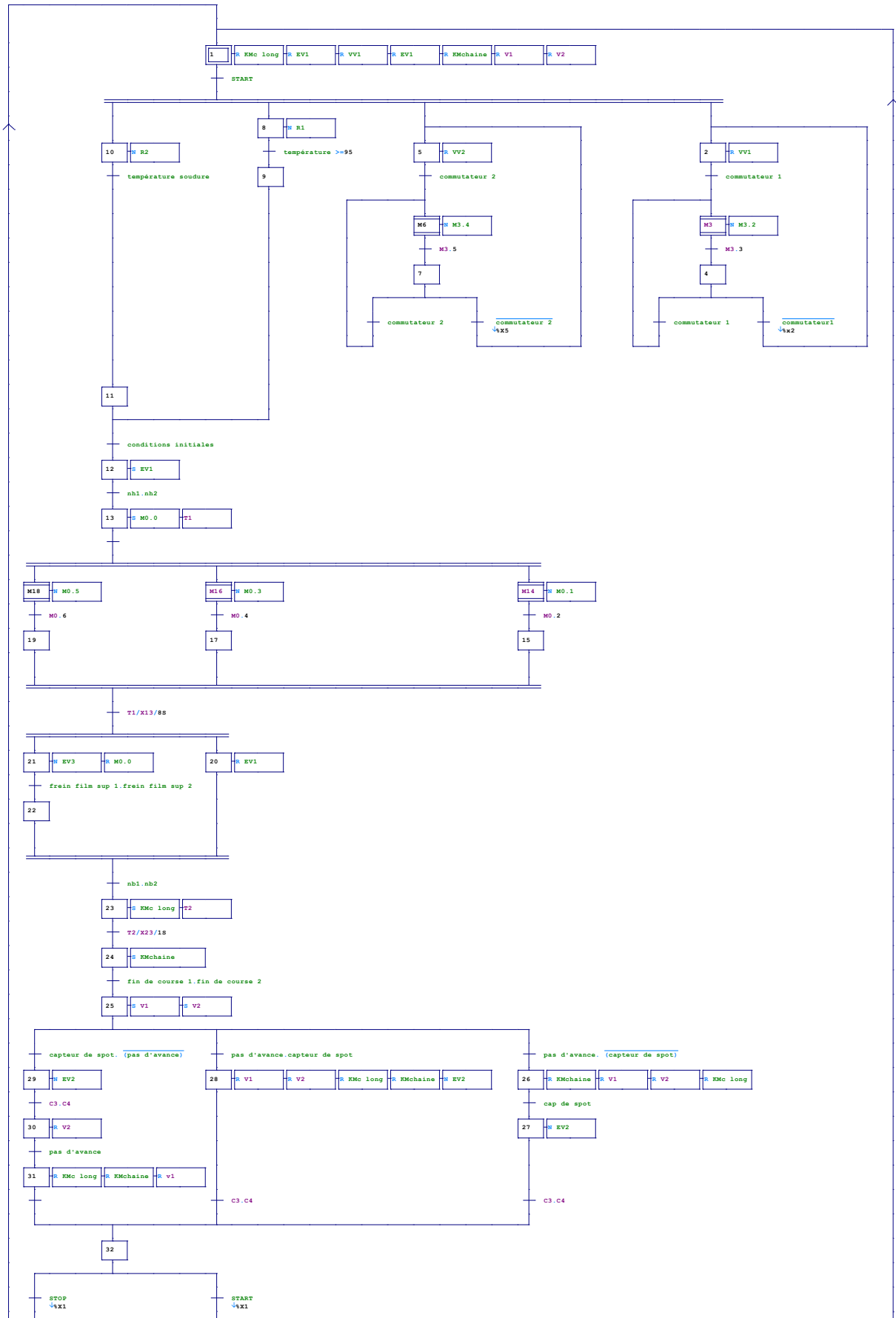
Afin de bien comprendre le fonctionnement détaillé du processus, nous avons créé un grafcet de niveau 2 structuré.

Ce grafcet de niveau 2 a été divisé en six graphes distincts pour faciliter la compréhension.

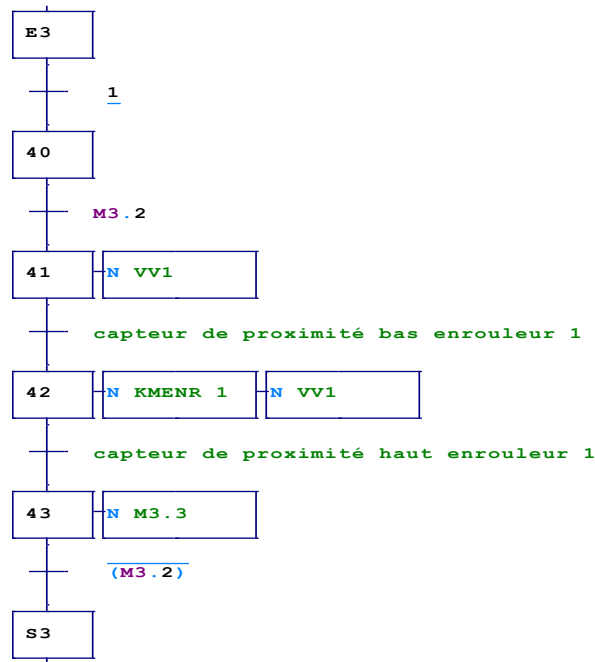
Le premier graphe du grafcet est le principal et se compose de cinq macro-étapes :

- La macro étape M3, représenté par son grafcet qui a comme entrée et sortie respectivement : E3 et S3, représente l'enrouleur de bande de bordure 1.
- La macro étape M6, avec son grafcet ayant comme entrée et sortie respectivement : E6 et S6, représente l'enrouleur de bande de bordure 2.
- La macro étape M14, avec son grafcet correspondant ayant comme entrée et sortie respectivement : E14 et S14, décrit le cycle de formage.
- La macro étape M16, représenté par son propre grafcet qui a comme entrée et sortie respectivement : E16 et S16, décrit le cycle de soudage.
- La macro étape M18, avec son grafcet associé qui a comme entrée et sortie respectivement : E18 et S18, illustre le cycle de découpage.

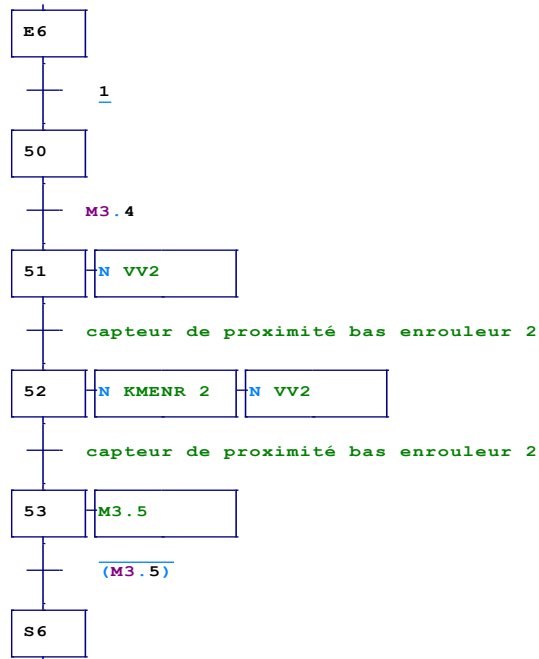
➤ Grafcet principal.



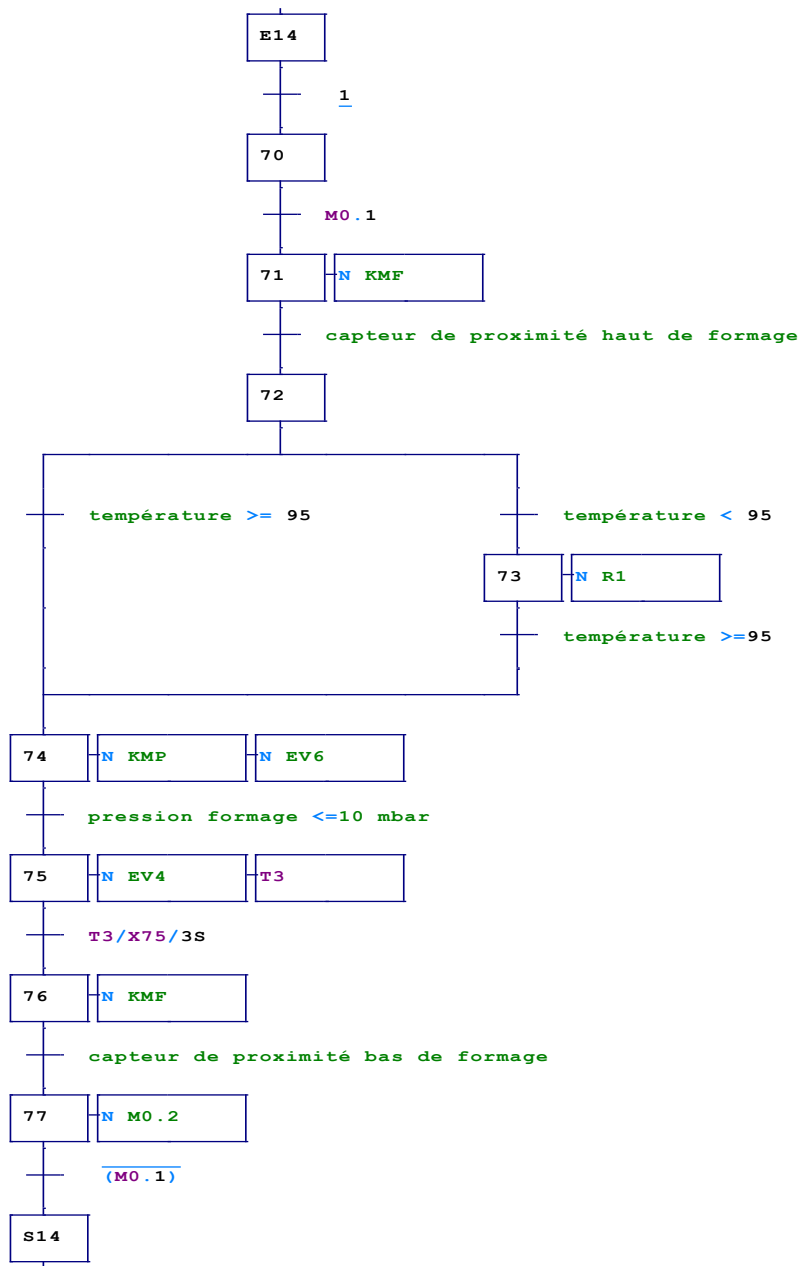
- Phase de démarrage de l'enrouleur de bande de bordure 1.



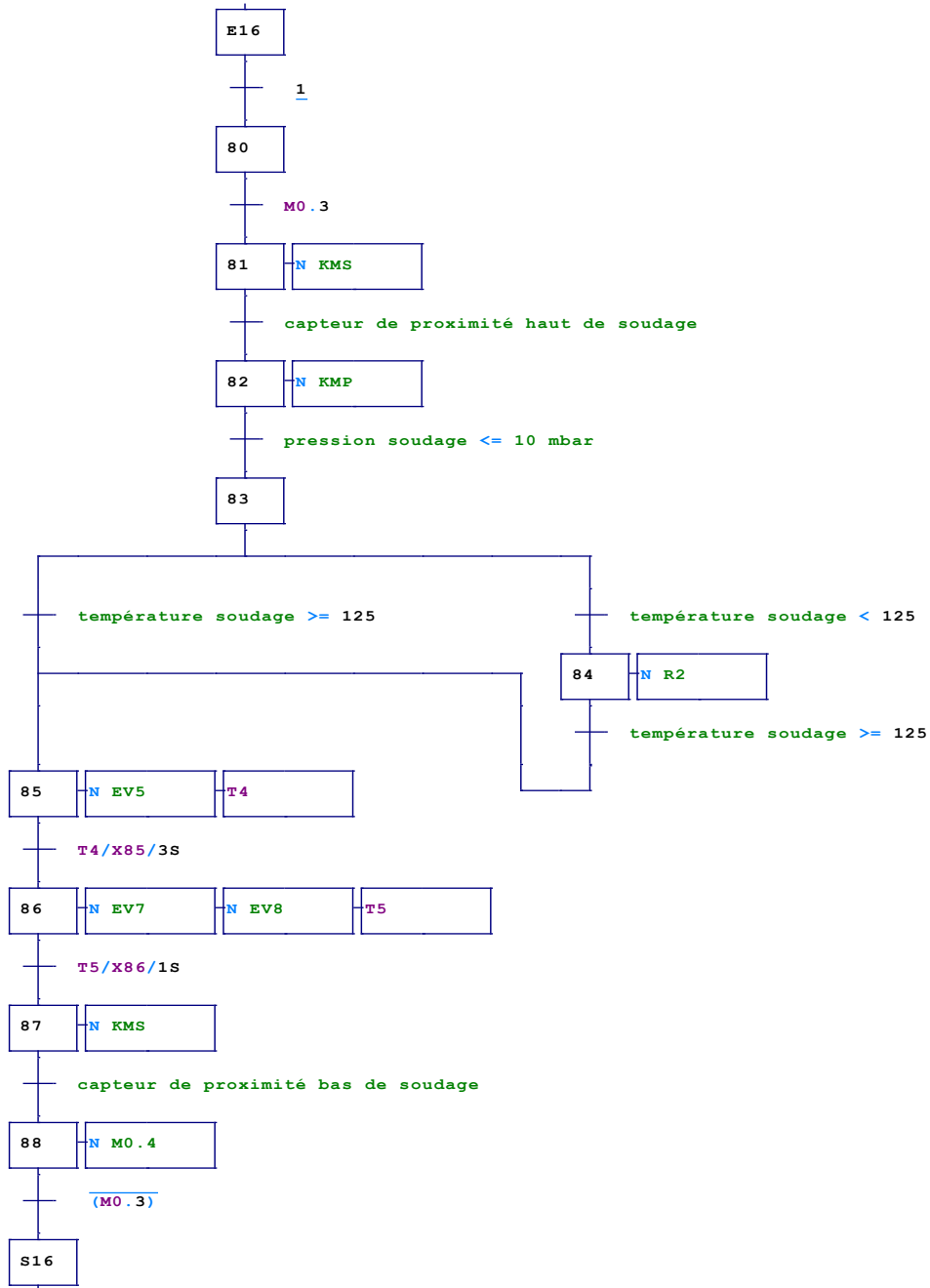
- Phase de démarrage de l'enrouleur de bande de bordure 2.



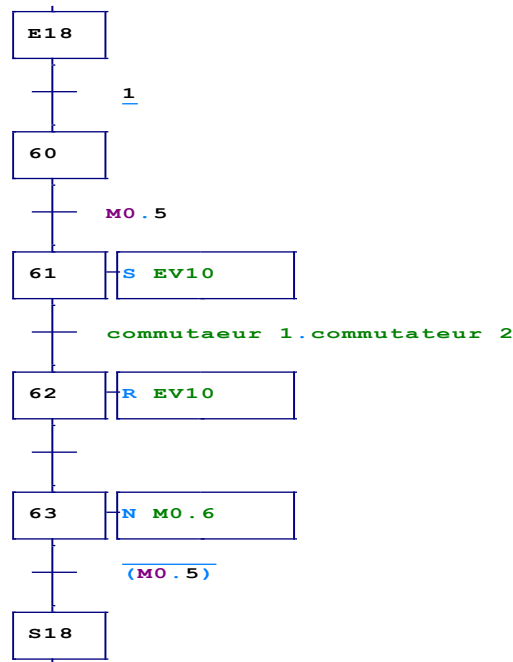
➤ Cycle de formage.



➤ Cycle de soudage.

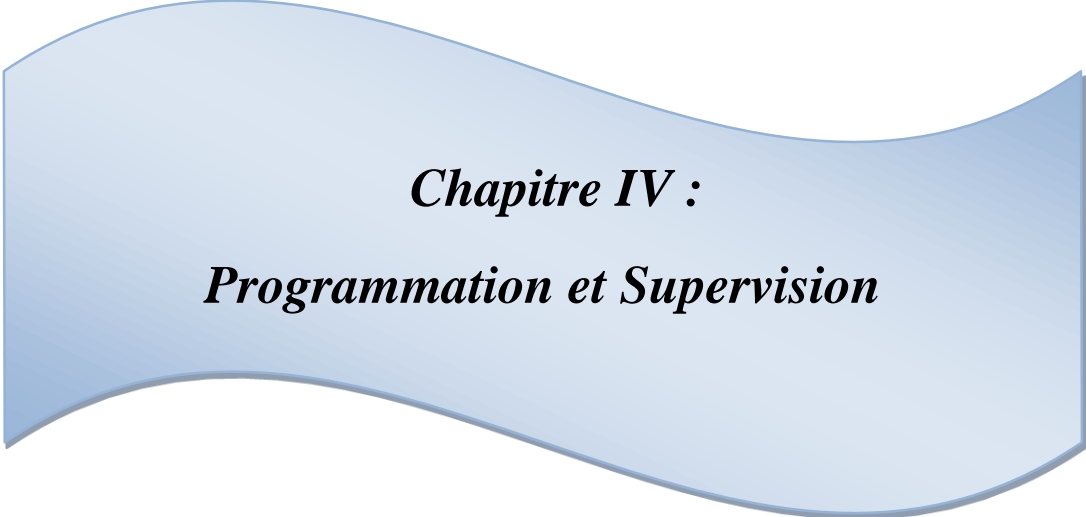


➤ Cycle de découpage.



Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploité l'outil GRAFCET pour modéliser notre conditionneuse, en le décomposant en différentes parties. Cette approche fragmentée simplifie le passage du cahier des charges à la programmation de notre système. En parallèle, nous avons tiré parti du logiciel Automgen pour formaliser notre modèle grafcet. Grâce à cette combinaison d'outils, nous avons pu élaborer une représentation précise et structurée de notre processus, offrant une base solide pour le développement ultérieur de notre programme de contrôle.



Chapitre IV :
Programmation et Supervision

Introduction

Le développement de solutions de supervision occupe une place cruciale dans le domaine de la technologie moderne. Ces solutions jouent un rôle essentiel en permettant la surveillance, le contrôle et la gestion efficace de systèmes complexes. Que ce soit dans le domaine de l'informatique, de l'ingénierie, de l'industrie ou même de la domotique, la supervision est devenue un pilier fondamental pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité des systèmes.

Dans ce chapitre, nous explorerons les différentes facettes du développement de solutions de supervision, en mettant en lumière le logiciel de simulation WinCC Comfort de SIEMENS.

IV. 1. Généralités sur la supervision

IV. 1.1. Définition

La supervision industrielle est une méthode de contrôle et de gestion informatique des processus de fabrication automatisés. Elle implique l'acquisition de données telles que les mesures, les alarmes, les retours d'état de fonctionnement, et la gestion des paramètres de commande des processus habituellement gérés par des automates programmables. La supervision industrielle sert à la surveillance en temps réel du fonctionnement normal des processus de production. Elle est également utilisée pour alerter en cas de non-conformité, dans le but de répondre à certaines préoccupations [31].

IV. 1.2. L'objectif de la supervision

- ✓ Assurer la disponibilité des services et des fonctions.
- ✓ Contrôler l'utilisation efficace des ressources.
- ✓ Vérifier en temps réel leur adéquation et leur dynamisme.
- ✓ Détecter et localiser les défauts potentiels.
- ✓ Diagnostiquer les pannes pour une intervention rapide.
- ✓ Prévenir les pannes, les défauts et les débordements éventuels.
- ✓ Anticiper les évolutions et les besoins futurs.
- ✓ Assurer un suivi précis des variables pour une gestion optimale [32].

IV. 1.3. Les avantages de la supervision

Les principaux avantages de la supervision sont :

- ✓ Détection précoce des problèmes potentiels, permettant une intervention rapide pour éviter les dysfonctionnements majeurs.
- ✓ Optimisation continue des performances des systèmes, garantissant une efficacité maximale.
- ✓ Prévention des pannes et des interruptions non planifiées, assurant la continuité des opérations.
- ✓ Approche proactive pour anticiper les problèmes et réactivité accrue en cas d'incident, minimisant les impacts sur l'activité.
- ✓ Réduction des coûts de maintenance et optimisation de l'utilisation du temps des équipes informatiques grâce à l'automatisation de la surveillance.
- ✓ Vision globale de l'état des équipements et rapports détaillés permettant une analyse approfondie pour une gestion efficace.

IV. 1.4. Fonctionnalités d'un système de Supervision

Un système de supervision industrielle comprend 2 sous-ensembles fonctionnels essentiels [28] :

a. La Commande

- ✚ **Envoi de Consignes** : Le sous-ensemble de commande envoie les consignes nécessaires au pilotage du procédé, telles que les valeurs de référence, les paramètres de fonctionnement, etc.
- ✚ **Acquisition de Mesures** : Il collecte en temps réel les mesures issues du procédé, comme les températures, les débits, les niveaux, etc.
- ✚ **Envoi d'Ordres Prioritaires** : En cas de situation critique, le sous-ensemble de commande peut transmettre des ordres prioritaires au procédé, comme un arrêt d'urgence.

b. La Surveillance

- ✚ **Détection du Fonctionnement Normal/Anormal** : Le sous-ensemble de surveillance analyse en permanence les signaux provenant du procédé et de la commande pour détecter tout fonctionnement anormal.
- ✚ **Acquisition Permanente des Signaux** : Il acquiert en continu tous les signaux en provenance du procédé et de la commande, assurant ainsi un suivi exhaustif.

- ✚ **Collaboration avec les Opérateurs** : En cas de situation nécessitant une prise de décision critique, le sous-ensemble de surveillance collabore étroitement avec les opérateurs humains pour une gestion optimale.

Ces deux sous-ensembles fonctionnels, la commande et la surveillance, interagissent de manière étroite pour assurer le pilotage, le contrôle et la supervision efficace du procédé industriel. Leur synergie permet de garantir la sécurité, la fiabilité et l'optimisation des performances du système dans son ensemble.

IV. 1.5. Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision industrielle (Figure IV.1) est généralement composé d'un logiciel central qui fait office de moteur. Ce logiciel central est relié aux données provenant des équipements automatisés, tels que les automates programmables, assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données. Ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

- ✚ **Module de visualisation (affichage)**

Ce module permet d'obtenir et de présenter à l'opérateur toutes les informations nécessaires sur l'évolution du procédé. Il offre une interface homme-machine (IHM) pour le contrôle et le suivi du système.

- ✚ **Module d'archivage**

Ce module mémorise les données (alarmes, événements, etc.) sur une longue période. Il permet l'exploitation des données dans des applications spécifiques pour les fins de maintenance ou de gestion de production.

- ✚ **Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

- ✚ **Module de communication**

Il assure l'acquisition et le transfert des données entre le système de supervision et les automates ou autres périphériques.

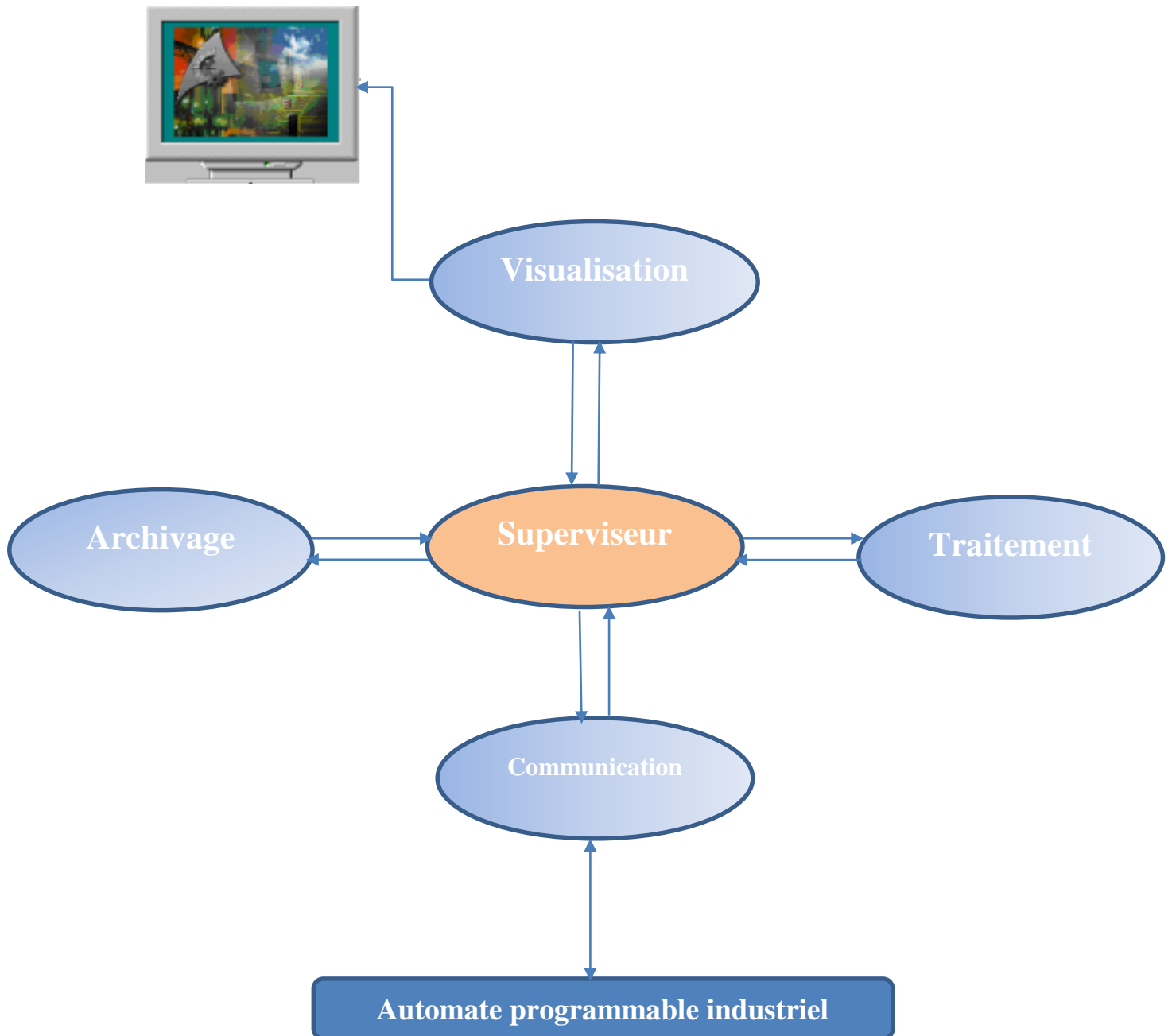


Figure IV.1 : Schéma synoptique d'un système de supervision.

IV. 2. Choix de l'interface homme machine

La gamme SIMATIC TP Comfort de Siemens est disponible dans différents formats d'écrans, allant de 7 à 22 pouces, tous dotés de fonctionnalités tactiles.

Pour le choix du pupitre, nous avons utilisé le TP 1200 Comfort de Siemens (Figure IV.2) en raison de sa similarité caractéristique avec l'ancien pupitre Beckhoff qui avait été installé sur cette machine. Pour mettre en place cette interface de supervision, il est nécessaire de développer des programmes à l'aide d'outils de programmation tels que WinCC Comfort.



Figure IV.2 : Pupitre SIEMENS TP 1200.

IV. 3. Le logiciel SIMATIC WINCC

SIMATIC WinCC TIA Portal est un logiciel de SIEMENS pour la création et la gestion de systèmes de visualisation industrielle. Intégré dans le cadre TIA (Totally Integrated Automation), il permet de concevoir des interfaces homme-machine (HMI). Compatible avec les contrôleurs Siemens comme les S7-1500 et S7-1200, WinCC TIA Portal offre des outils intuitifs pour configurer et gérer les panneaux d'opérateur et les systèmes de visualisation PC. [29]

IV. 4. Création du projet sous WinCC

IV. 4.1. Liaison entre HMI et PLC

A l'ouverture de WINCC, on enregistre le projet puis on l'intègre au projet de programmation conçu dans 'TIA portal' afin d'introduire les variables manipulées. Puis nous définissons la liaison entre le pupitre et l'automate (Figure IV.3).

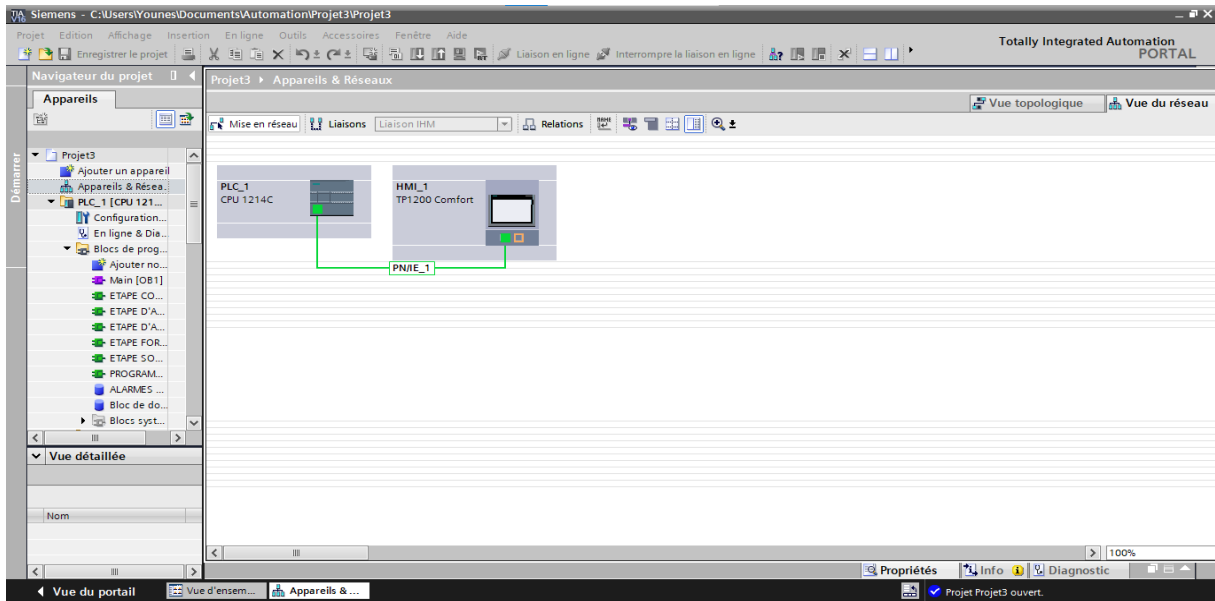


Figure IV.3 : Liaison IHM/PLC.

IV. 4.2. Table des variables

C'est un outil essentiel pour créer et gérer les noms symboliques utilisés dans un programme, rendant le code plus lisible et maintenable.

- ✓ La figure montre une séquence de la table des variables de notre projet (Figure IV.4) :

| Table de variables standard | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | Nom | Type de données | Adresse | Réma... | Acces... | Écritu... | Visibl... | Commentaire |
| 1 | ACTIVATON DE LA MACHINE | Bool | %M0.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2 | B ARRET | Bool | %I1.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | B ARRET D'URGENCE | Bool | %I1.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | CPTR PRXMT SOUDURE BAS | Bool | %I1.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | CPTR PRXMT SOUDURE HAUT | Bool | %I1.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | CPTR PRXMT FORMAGE BAS | Bool | %I1.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | CPTR PRXMT FORMAGE HAUT | Bool | %I1.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | NB1 | Bool | %I8.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | NB2 | Bool | %I8.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | NH1 | Bool | %I8.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | NH2 | Bool | %I8.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | C3 | Bool | %I8.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | C4 | Bool | %I8.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | CONDITIONS INITIALS | Bool | %M0.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | BP ON | Bool | %I8.6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 16 | EV1 | Bool | %Q0.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ELECTROVIVNE POUR FERME LES COULLISS... |
| 17 | T1 | Time | %MD134 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 18 | KMP | Bool | %Q0.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 19 | KMS | Bool | %Q0.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 20 | T3 | Time | %MD108 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 21 | R1 | Bool | %Q0.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 22 | KMP | Bool | %Q0.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 23 | EV4 REFROIDI LE MOULE INFER | Bool | %Q0.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 24 | TEMPERATUR FORMAGE | Word | %IW128 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 25 | CMP>= | Bool | %M0.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 26 | BOUTON 1 | Bool | %I2.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 27 | BOUTON 2 | Bool | %I2.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Figure IV.4 : Table des variables du projet.

IV. 4.3. Programmation

Nous avons conçu et mis en œuvre des programmes de commande en langage ladder pour réinitialiser la machine, garantissant ainsi une remise en marche efficace et fiable.

❖ Blocs utilisés pour la programmation

Dans notre projet de programmation TIA portal, nous avons utilisé différents types de blocs pour structurer et organiser notre programme. Ces blocs jouent un rôle essentiel dans la création d'un programme de commande efficace et modulaire (Figure IV.5).

- ✓ **Bloc OB1** : C'est le bloc principal qui contrôle l'exécution cyclique du programme. Il sert de point d'entrée et coordonne l'appel des autres blocs fonctionnels.
- ✓ **Bloc FC** : Il est utilisé pour décrire le fonctionnement détaillé des différentes stations du système, telles que la station de formage, de soudage et de coupe longitudinale, ainsi que pour les enrouleurs 1 et 2.
- ✓ **Bloc DB** : Il sert à stocker et à gérer les données utilisées par le programme. Dans notre projet, on a utilisé le bloc DB pour gérer les alarmes et le compteur de l'encodeur.

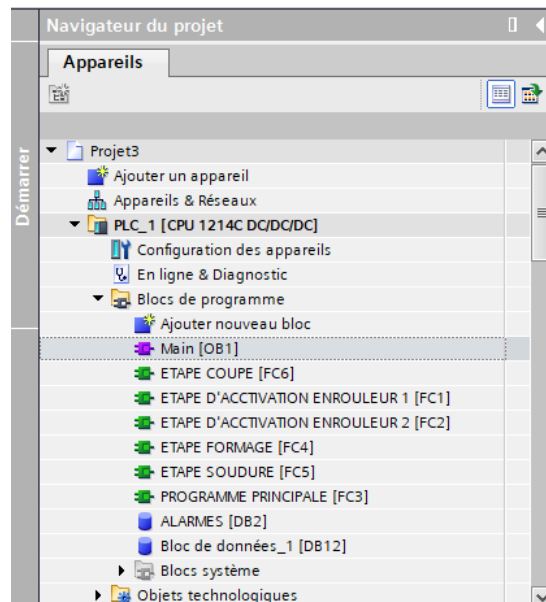


Figure IV.5 : Blocs utilisés pour notre programme.

❖ Exemple d'une section de notre programme

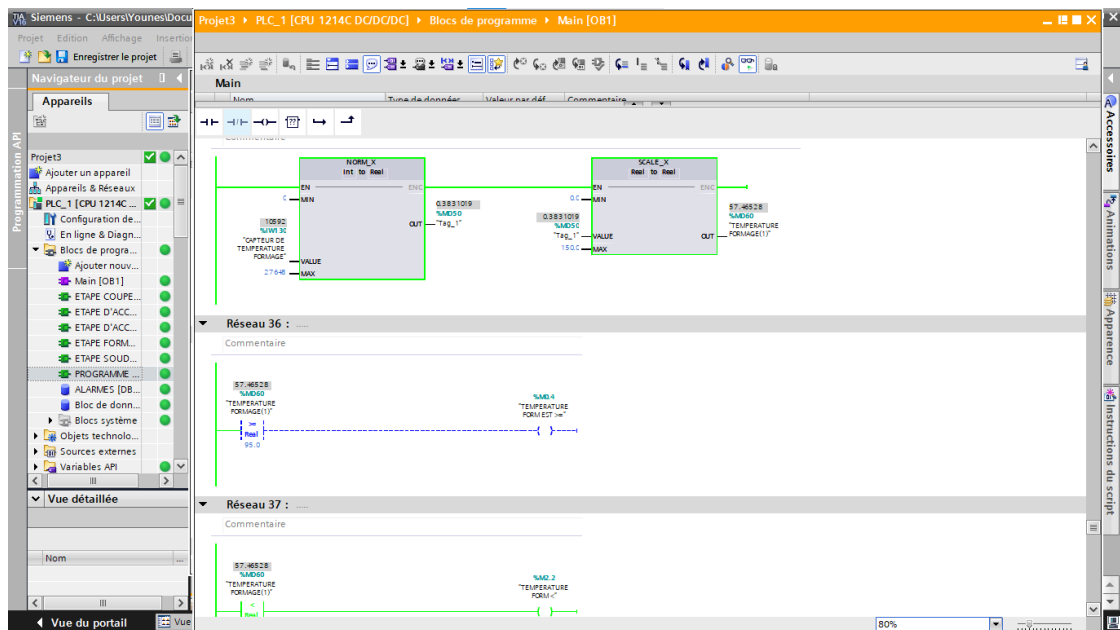


Figure IV.6 : Programmation de la température dans la station soudage.

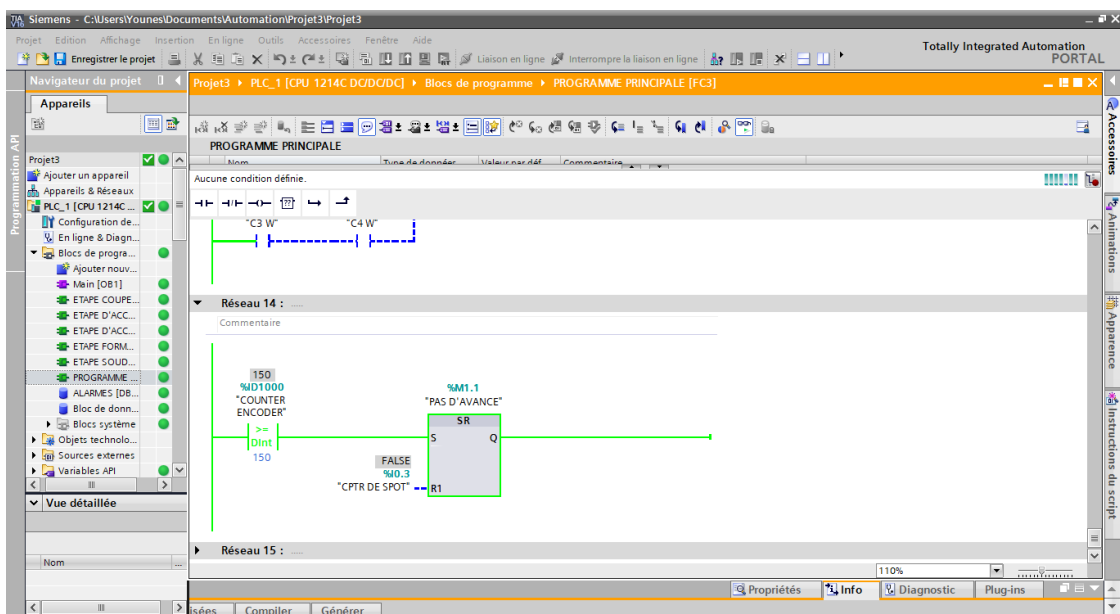


Figure IV.7 : Programmation de l'encodeur pour le comptage de nombre de pas.

IV. 3.4. Plateforme de supervision de la conditionneuse

Pour résoudre les tâches d'automatisation et de visualisation, le projet contient les données de configuration pour la configuration des appareils et la mise en réseau des appareils entre eux

que le programme et la configuration de la visualisation. Dans le projet, tous les éléments essentiels pour commander et contrôler la machine doivent être configurés.

Dans notre cas les objets nécessaires sont :

- ✚ Les vues pour la représentation et la commande de machine.
- ✚ Les variables qui transmettent les données entre la machine et le pupitre opérateur.

IV. 4.4.1. Les différentes vues du projet

Les vues de projet sont des éléments essentiels pour organiser et structurer le projet d'automatisation. Elles permettent de regrouper les éléments de l'interface utilisateur, tels que les écrans, les boutons, les alarmes, en fonction de leur fonctionnalité.

Dans notre projet, étant donné qu'il n'est pas possible d'activer directement les entrées de notre système via WinCC, nous avons ajouté un memento pour chaque entrée en parallèle dans notre programme afin de faciliter la simulation.

✚ Vue d'accueil (HOME)

C'est la vue d'entrée de notre projet (HOME). Elle comporte différents boutons de navigation permettant de passer aux autres vues (Figure IV.8).



Figure IV.8 : Vue d'accueil.

☛ Vue des modes de fonctionnement

Cette interface permet de choisir entre deux modes de fonctionnement (automatique ou semi-automatique) et démarrer la machine. Elle comprend des boutons pour des actions telles que l'allumage (ON), l'extinction (OFF), l'arrêt d'urgence (ARRÊT D'URGENCE), la réinitialisation (RESET), ainsi que des capteurs de sécurité (Figure IV.9).

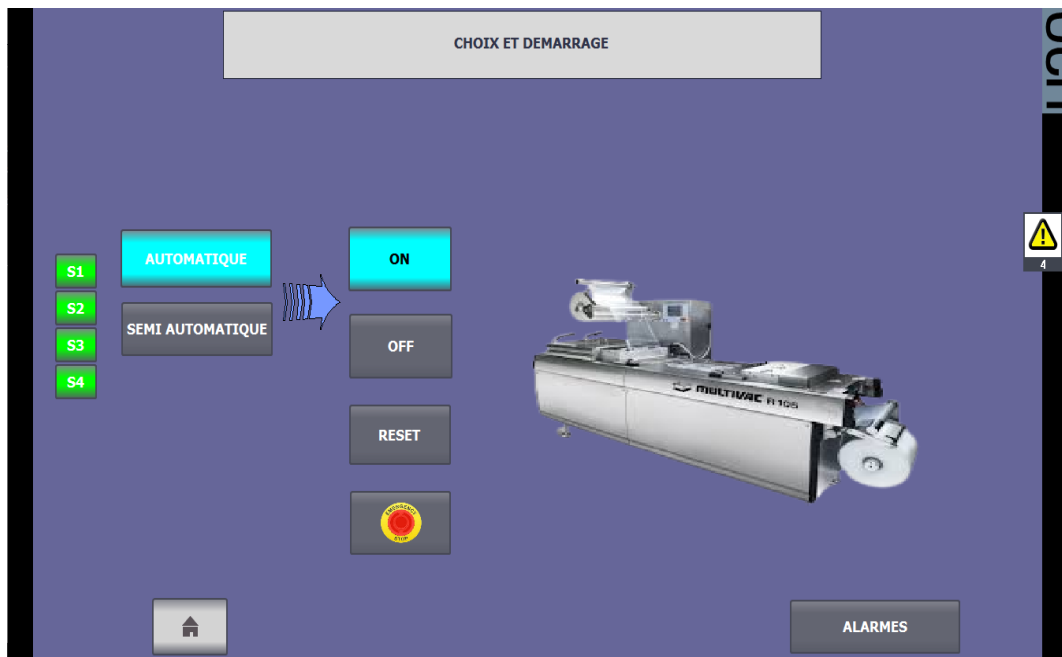


Figure IV.9 : Vue des modes de fonctionnement.

☛ Vue du mode automatique

Cette interface présente des boutons : "Activation mode automatique général" et "quatre bouton activation mode automatique pour chaque station". Elle affiche la machine en action dans son mode automatique, fournissant une représentation visuelle de ses opérations (Figure IV.10).

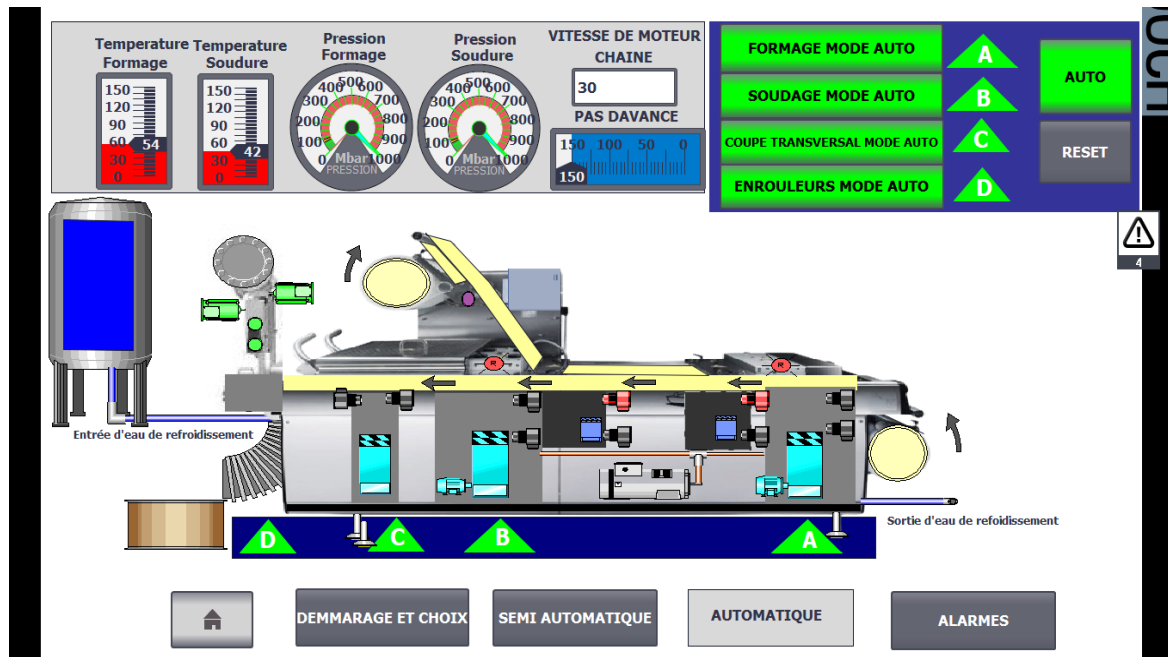


Figure IV.10 : Vue du mode automatique.

Vue du mode semi-automatique

Cette vue présente de manière détaillée la machine en cours de fonctionnement semi-automatique et pour chaque station (Figure IV.11).

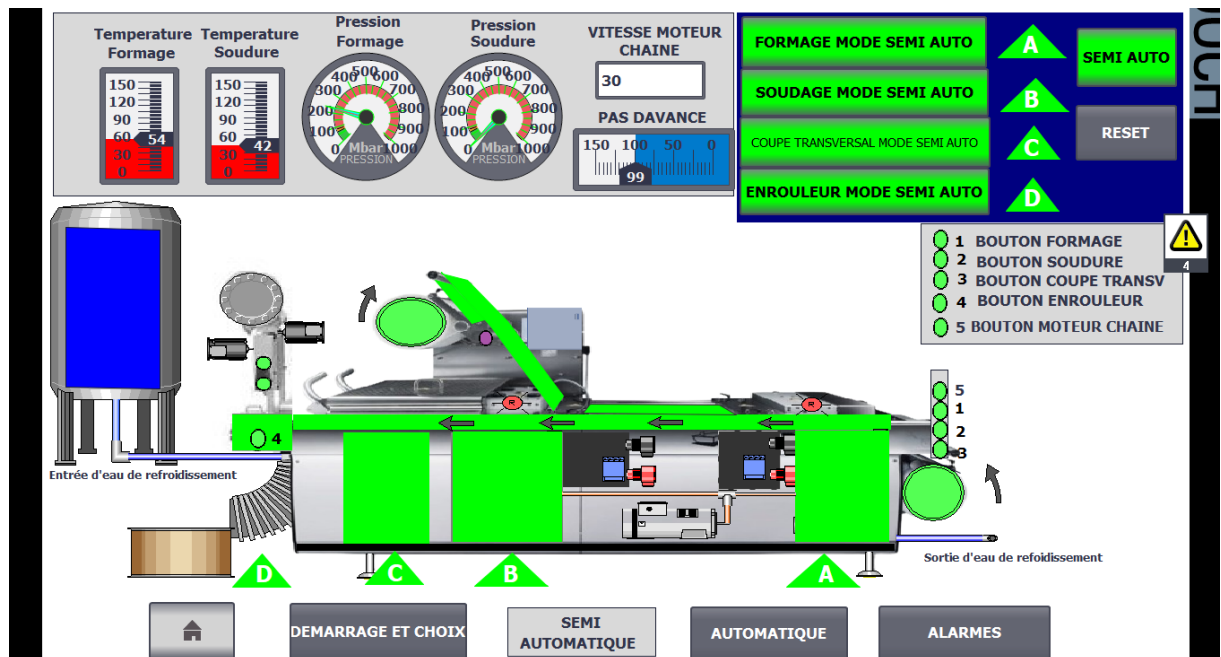


Figure IV.11 : Vue du mode semi-automatique.

 **Vue des alarmes**

La machine est équipée d'un système intelligent pour gérer et coordonner ses mouvements. Lorsqu'elle détecte une anomalie de fonctionnement, une description de l'anomalie s'affiche simultanément à l'écran (Figure IV.12).

Nous avons planifié neuf alarmes au total : quatre alarmes analogiques, deux pour signaler une température de formage trop basse (< 5°C) et trop élevée (> 110°C), et deux autres pour une température de soudure trop basse (< 5°C) et trop élevée (> 140°C). De plus, nous avons cinq alarmes TOR, une pour détecter l'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence et quatre autres pour surveiller les capteurs de sécurité.

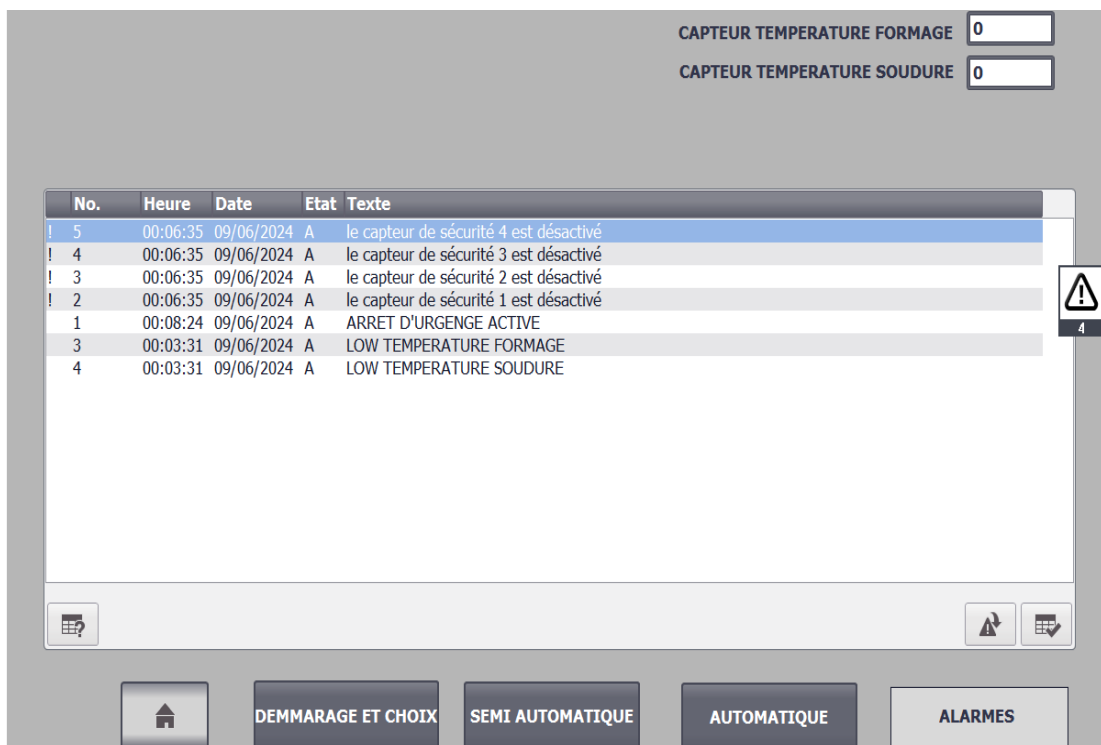


Figure IV.12 : Vue des alarmes.

- ✓ Voici un exemple pour la programmation des 4 alarmes TOR (Figure IV.13).

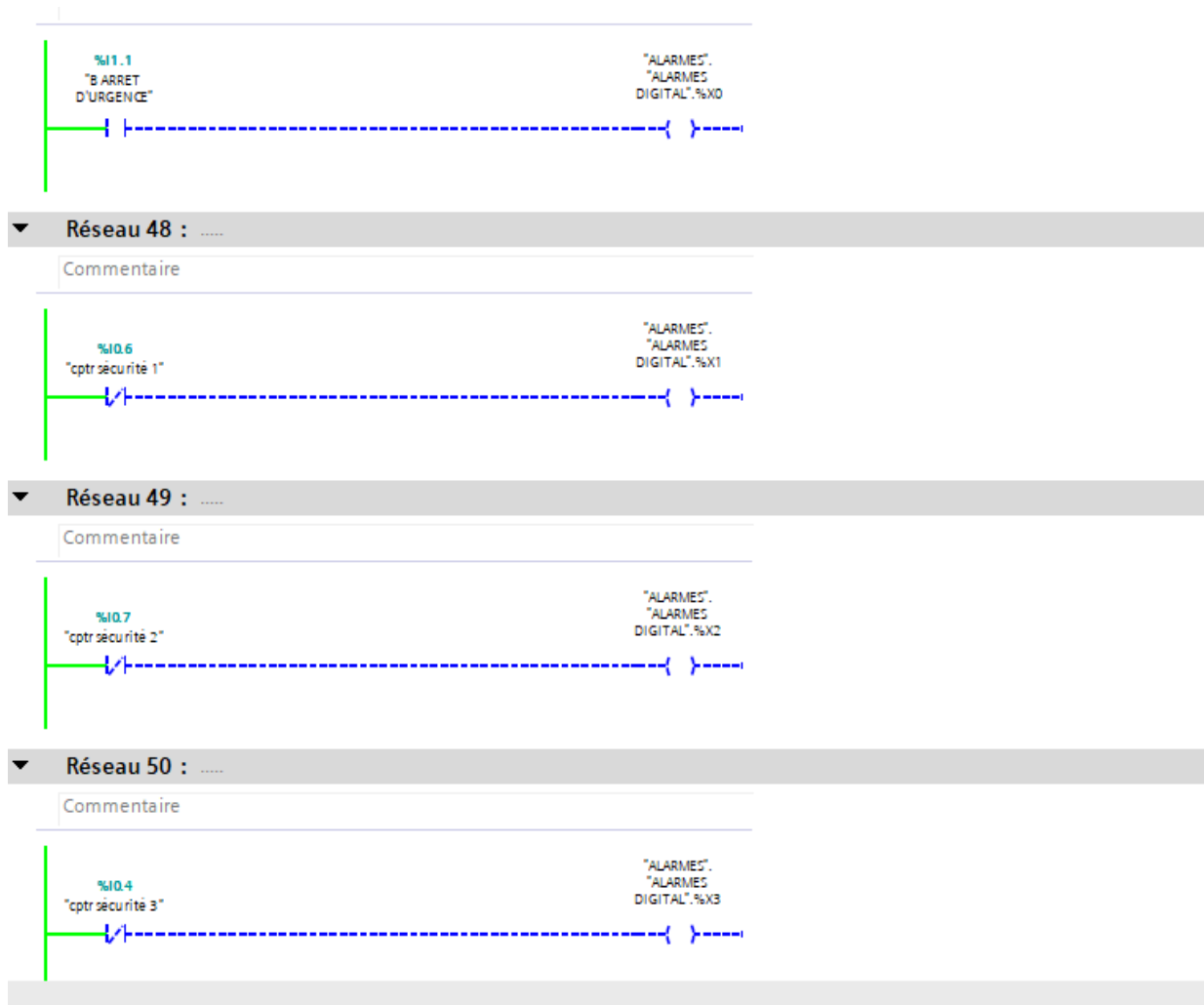


Figure IV.13 : Programmation des alarmes TOR.

Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons développé une plateforme de supervision pour la conditionneuse MULTIVAC R105 en utilisant le logiciel WinCC intégré dans TIA portal. L'interface fournit une vue d'ensemble du processus de conditionnement, permettant d'avoir une compréhension claire du fonctionnement de la machine avec les différentes vues configurées cela facilitera le suivi du processus et l'identification des zones problématiques.

Ce projet de supervision offre une solution complète pour surveiller et maintenir la conditionneuse MULTIVAC R105, améliorant ainsi la productivité et la fiabilité du processus de conditionnement.



Conclusion générale

Conclusion Générale

Ce mémoire présente le projet d'automatisation d'une conditionneuse MULTIVAC R105 de pâte pressée, réalisé à l'aide de l'automate Siemens S7-1200 sous TIA Portal. Nous avons effectué un stage pratique au niveau de l'entreprise STLD, Draa Ben Khedda, ce qui nous a permis d'explorer le monde de l'industrie et les différentes facettes de l'automatisation. Chaque étape a été une opportunité et un plus pour acquérir de nouvelles compétences et approfondir notre compréhension des défis qui accompagnent les transformations technologiques actuelles dans l'industrie.

Dans un premier temps, nous nous sommes attachés à la compréhension de différentes parties de la machine et son fonctionnement et l'identification des parties à automatiser. Puis nous avons fait un survol sur les API en mettant en lumière la puissance de la plateforme SIMATIC S7-1200 et de TIA Portal. Ensuite, nous avons abordé la modélisation par GRAFCET et le développement de la solution programmable, offrant ainsi une approche concrète et méthodique pour la mise en œuvre de l'automatisation. Enfin, nous avons abordé la phase de supervision du processus automatisé en utilisant le logiciel WinCC, apportant une perspective cruciale sur la visualisation et le contrôle du processus.

Cette expérience nous a offert l'opportunité de mettre en pratique nos compétences théoriques et de les affiner en concevant et en mettant en œuvre des systèmes de contrôle efficaces.

Nous avons pu concrétiser les notions d'automatisation, de programmation d'automates et de développement d'interfaces homme-machine. Cela nous a permis de nous confronter aux défis et contraintes d'un projet d'automatisation industrielle.

Nous espérons que le projet d'automatisation de la conditionneuse MULTIVAC R105 soit mis en œuvre sur le terrain et que la solution développée puisse être implémentée et utilisée de manière opérationnelle.

Au-delà de l'automatisation réalisée dans notre travail, pour l'avenir il serait intéressant d'explorer l'intégration des systèmes avancés permettant des changements rapides de moules, réduisant ainsi les temps d'arrêt et améliorant la flexibilité de production.

Cela permettra aux fabricants de passer rapidement d'une production à une autre sans de longs arrêts de production pour changer les moules.

Enfin, nous souhaitons que notre contribution serve de référence et d'inspiration pour les prochaines générations d'étudiants.

Références bibliographiques

- [1] : <https://multivac.com/> consulté le 03/2024.
- [2] : <https://www.kitmondo.com/fr/offre/multivac-r105-p21117120/> consulté en 03/2024.
- [3] : guide d'automatisme V7
- [4] : http://lgt.garnier.free.fr/espace_ee_fichiers/capteurs/capteurs.pdf consulté le 30/03/2024.
- [5] : <https://bpmei-prades.com/cours/chaine-dacquisition/lessons/le-detecteur-magnetique/> consulté en 03/2024.
- [6] : <https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/capteur-proximite-photoelectrique-149466.html> consulté le 04/2024.
- [7]:https://lefrancoisjj.fr/BTS_ET/Lemoteurasynchrone/Le%20moteur%20asynchronehelpndoc/Couplagedunmoteurasynchronetriph.html
- [8]:https://lefrancoisjj.fr/BTS_ET/Lemoteurasynchrone/Le%20moteur%20asynchronehelpndoc/Constitution.html
- [9] : Cours d'actionneur PDF par Guy Gauthier, Aout 2001
- [10]:https://www.tri-matic.ch/fr/pneumatique/accessoires-pneumatiques/vannes_étranglement/ consulté le 20/03/2024.
- [11] : R.MAZARI et M.MEKERRI Mémoire de fin d'étude Master AI, Thème : La mise en marche et perfectionnement d'une ligne de conditionnement de farine d'AGRODIV de Tadmaït.
- [12] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Relais_%C3%A9lectrom%C3%A9canique consulté le 04/2024.
- [13] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Automatisme> consulté le 04/2024.
- [15] : Hamri, « cours API », M2 AI
- [16]:<http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/11598/1/MS.ELN.Khenine%2BSeddiki.PDF> consulté le 05/2024.
- [17] : Ouvrage Automates programmables industriels 2^e édition par WILLIAM BOLTON p15
- [18] : SIMATIC S7 Automate programmable S7-1200 Manuel système
- [19] : Support d'apprentissage/de formation | Module 011-101 TIA Portal, édition 2018 | Digital Factory, DF FA
- [20] : CHAPITRE 4 : GRAFCET ET PROGRAMMATION DES API. (2024). sfac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/chapitre-4.pdf
- [21] : Actions.(2024). depuis www.grafcetview.com consulté le 27/05/2024.
- [22]:<http://www.ingveh.ulg.ac.be/uploads/education/meca0504/AP%20tome%201%20version%202005.pdf> consulté le 05/2024.
- [23] : http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_17.html page 17 consulté le 30/05/2024.

[24] : http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_44.html page 44 consulté le 30/05/2024.

[25]: elearning.univ-msila.dz consulté le 05/2024.

[26]:[https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_\(informatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_(informatique)) consulté le 06/2024.

[27]:https://elearn.univtlemcen.dz/pluginfile.php/106806/mod_resource/content/1/chapitre1.pdf consulté le 06/2024.

[28] : Système SCADA Pour une Conduite Supervisée UMMTO. Dép. Automatique M. CHARIF

[29] : <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/simatic-wincc-tia-portal.html>. consulté le 06/2024.

[30] : Cours grafcet : Les notions de base www.technologuepro.com

[31] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_\(informatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Supervision_(informatique)) consulté le 06/2024.

[32]:https://elearn.univtlemcen.dz/pluginfile.php/106806/mod_resource/content/1/chapitre1.pdf

Annexe

➤ Table des variables complète de notre programme :

| Nom | Type de données | Adresse | Commentaire |
|---------------------------------------|-----------------|---------|--|
| 1 ACTIVATON DE LA MACHINE | Bool | %M0.0 | |
| 2 B OFF | Bool | %I1.0 | BOUTON OFF |
| 3 B ARRET D'URGENCE | Bool | %I1.1 | |
| 4 CPTR PRXMT SOUDURE BAS | Bool | %I1.2 | Capteur proximité mécanisme de levage soudure bas |
| 5 CPTR PRXMT SOUDURE HAUT | Bool | %I1.3 | Capteur proximité mécanisme de levage soudure haut |
| 6 CPTR PRXMT FORMAGE BAS | Bool | %I1.4 | Capteur proximité mécanisme de levage formage bas |
| 7 CPTR PRXMT FORMAGE HAUT | Bool | %I1.5 | Capteur proximité mécanisme de levage formage haut |
| 8 NB1 | Bool | %I8.0 | Capteur proximité coulisse de protection 1 bas |
| 9 NB2 | Bool | %I8.1 | Capteur proximité coulisse de protection 2 bas |
| 10 NH1 | Bool | %I8.2 | Capteur proximité coulisse de protection 1 haut |
| 11 NH2 | Bool | %I8.3 | Capteur proximité coulisse de protection 2 haut |
| 12 C3 | Bool | %I8.4 | capteur qui détecte la sortie de vérin 2 qui freine film supérieur |
| 13 C4 | Bool | %I8.5 | capteur qui détecte la sortie de vérin 2 qui freine film supérieur |
| 14 BP ON | Bool | %I8.6 | BOUTON poussoir ON |
| 15 EV1 | Bool | %Q0.0 | électrovanne pour fermer les coulisses de protection |
| 16 T1 | Time | %MD134 | Temporisateur pour le retour d'EV1 |
| 17 KMF | Bool | %Q0.1 | contacteur moteur formage |
| 18 KMS | Bool | %Q0.2 | contacteur moteur soudure |
| 19 T3 | Time | %MD108 | |
| 20 R1 | Bool | %Q0.3 | résistance 1 |
| 21 KMP | Bool | %Q0.4 | Contacteur moteur pompe |
| 22 EV4 REFROIDI LE MOULE INFER | Bool | %Q0.5 | Electrovanne pour refroidir le moule inferieur de station la formage |
| 23 TEMPERATUR FORMAGE | Word | %IW128 | |
| 24 CMP>= | Bool | %M0.2 | |
| 25 BOUTON 1 | Bool | %I1.6 | BOUTON 1 pour la station de l'enrouleur de bande de bordure 1 |
| 26 BOUTON 2 | Bool | %I1.7 | BOUTON 2 pour la station de l'enrouleur de bande de bordure 2 |

| | | | |
|------------------------------------|------|--------|---|
| 27 CPTR PRXM ENRL 1 HAUT | Bool | %I8.7 | capteur proximité 1 haut |
| 28 CPTR PRXM ENRL 1 BAS | Bool | %I9.0 | capteur proximité 1 bas |
| 29 CPTR PRXM ENRL 2 HAUT | Bool | %I9.1 | capteur proximité 2 haut |
| 30 CPTR PRXM ENRL 2 BAS | Bool | %I9.2 | capteur proximité 2 bas |
| 31 VV1 | Bool | %Q0.6 | voyant vert 1 |
| 32 KMENR1 | Bool | %Q0.7 | contacteur moteur enrrouleur de bande de bordure 1 |
| 33 KMENR2 | Bool | %Q1.0 | contacteur moteur enrrouleur de bande de bordure 2 |
| 34 ACTIVATION ETAPE ENRLR 1 | Bool | %M0.3 | |
| 35 R2 | Bool | %Q1.1 | Résistance 2 |
| 36 EV BAISSÉE LA PLAQUE DE SOUDAGE | Bool | %Q12.0 | Electrovanne pour abaisser la plaque de soudage |
| 37 TEMPERATURE FORM EST >= | Bool | %M0.4 | |
| 38 VV2 | Bool | %Q12.1 | voyant vert 2 |
| 39 PRESSION FORM <= | Bool | %M0.5 | |
| 40 Tag_1 | Real | %MD50 | |
| 41 CAPTEUR DE TEMPERATURE FORMAGE | Int | %IW130 | Capteur de température de la station formage |
| 42 CAPTEUR TEMPERATURE SOUDAGE | Int | %IW132 | capteur de température de la station soudure |
| 43 CAPTEUR PRESSION FORMAGE | Int | %IW134 | capteur de pression de la station formage |
| 44 CAPTEUR PRESSION SOUDAGE | Int | %IW136 | capteur de pression de la station soudure |
| 45 TEMPERATURE FORMAGE | Real | %MD60 | |
| 46 Tag_3 | Real | %MD70 | |
| 47 PRESSION FOMAGE | Real | %MD80 | |
| 48 Tag_2 | Real | %MD90 | |
| 49 TEMPERATURE SOUDURE | Real | %MD100 | |
| 50 TEMPERATURE SOUDURE >= | Bool | %M0.6 | |
| 51 Tag_4 | Real | %MD110 | |
| 52 PRESSION SOUDURE | Real | %MD120 | |
| 53 PRESSION SOUDURE<= | Bool | %M0.7 | |
| 54 T4 | Time | %MD112 | |
| 55 T5 | Time | %MD116 | |
| 56 EV7 VENTLLATION | Bool | %Q12.3 | électrovanne 7 pour la ventilation |
| 57 EV9 VENTILLATION | Bool | %Q12.4 | électrovanne 9 pour la ventilation |
| 58 T6 | Time | %MD130 | |
| 59 EV10 COUPE | Bool | %Q12.5 | Electrovanne 10 pour lever le mécanisme de coupage longitudinal |

| | | | |
|---|------|--------|--|
| 60 COMMUTATEUR CYLINDRIQUE1 | Bool | %I9.3 | |
| 61 COMMUTATEUR CYLINDRIQUE 2 | Bool | %I9.4 | |
| 62 EV3 AVANCEMENT FILM SUPERIEUR | Bool | %Q12.6 | Electrovanne pour le retour des deux vérins qui freinent le film supérieur |
| 63 KMCOUPE tr | Bool | %Q12.7 | contacteur moteur coupe longitudinale |
| 64 KMCH | Bool | %Q13.0 | contacteur moteur chaine |
| 65 T7 | Time | %MD124 | |
| 66 V1 (ENTREE DE V1) | Bool | %Q13.1 | vérin 1 qui bloque la bobine inférieure |
| 67 V2 (ENTREE DE V2) | Bool | %Q13.2 | vérin 2 qui bloque la bobine supérieure |
| 68 CPTR FIN DE COURSE 1 | Bool | %I9.5 | capteur fin de course 1 |
| 69 CPTR FIN DE COURSE 2 | Bool | %I9.6 | capteur fin de course 2 |
| 70 Tag_5 | Bool | %M1.0 | |
| 71 EV2 RETOUR VEREIN FREIN FILM SUPERIEUR | Bool | %Q13.3 | Electrovanne 2 pour frein film supérieur |
| 72 CPTR DE SPOT | Bool | %I0.3 | capteur de spot |
| 73 C1 | Bool | %I9.7 | capteur tige de vérin 1 est entré |
| 74 C2 | Bool | %I0.5 | capteur tige de vérin 2 est entré |
| 75 PAS D'AVANCE | Bool | %M1.1 | |
| 76 START | Bool | %M1.2 | |
| 77 STOP | Bool | %M1.3 | |
| 78 START 1 | Bool | %M1.4 | |
| 79 STOP1 | Bool | %M1.5 | |
| 80 START 2 | Bool | %M1.6 | |
| 81 STOP 2 | Bool | %M1.7 | |
| 82 activation ENROULEUR 1 | Bool | %M2.0 | |
| 83 ACCTIVATION ENROULEUR 2 | Bool | %M2.1 | |
| 84 TEMPERATURE FORM < | Bool | %M2.2 | |
| 85 PRESSION FORM > | Bool | %M2.3 | |
| 86 TEMPERATURE SOUDURE < | Bool | %M2.4 | |
| 87 PRESSION SOUDURE > | Bool | %M2.5 | |
| 88 ACTIVE T1 | Bool | %M2.6 | |
| 89 T2 | Time | %MD104 | |
| 90 T8 | Time | %MD128 | |
| 91 T9 | Time | %MD136 | |
| 92 ACCTIVE T8 APRES DECLANHEMENT DE KMCO L | Bool | %M4.0 | |
| 93 ACTIVATION SEMI AUTO | Bool | %M3.4 | |
| 94 ACTIVATION AUTO | Bool | %M4.1 | |

| | | | |
|---|------|---------|---------------------|
| 95 AUTO | Bool | %M9.0 | |
| 96 SEMI AUTO | Bool | %M9.1 | |
| 97 AUTO ENROULEUR | Bool | %M9.2 | |
| 98 ACTIVATION AUTO ENROULEUR | Bool | %M4.5 | |
| 99 ACTIVATION SEMI AUTO ENROULEUR 1 | Bool | %M4.6 | |
| 100 SEMI AUTO ENROULEUR | Bool | %M9.3 | |
| 101 AUTO COUPE LONGITUDINAL | Bool | %M9.4 | |
| 102 ACTIVATION AUTO ENROULEUR 2 | Bool | %M5.1 | |
| 103 ACCTIVATION SEMI AUTO ENROULEUR 2 | Bool | %M5.2 | |
| 104 SEMI AUTO COUPE LONGITUDINAL | Bool | %M9.5 | |
| 105 AUTO FORMAGE | Bool | %M4.2 | |
| 106 ACCTIVATION FORMAGE AUTO | Bool | %M4.3 | |
| 107 AUTO SOUDAGE | Bool | %M4.4 | |
| 108 ACTIVATION SOUDAGE AUTO | Bool | %M4.7 | |
| 109 ACTIVATION AUTO COUPE | Bool | %M5.0 | |
| 110 signal A | Bool | %I0.0 | |
| 111 SIGNAL B | Bool | %I0.1 | |
| 112 COUNTER ENCODER | DInt | %ID1000 | comptage d'encodeur |
| 113 FONCTIONNEMENT AUTO | Bool | %M5.3 | |
| 114 FONCTIONNEMENT ENROULEUR AUTO | Bool | %M5.4 | |
| 115 FONCTIONNEMENT FORMAGE AUTO | Bool | %M5.5 | |
| 116 FONCTIONNEMENT SOUDURE AUTO | Bool | %M5.6 | |
| 117 FONCTIONNEMENT COUPE LONGITUDINAL AUTO | Bool | %M5.7 | |
| 118 FONCTIONNEMENT SEMI AUTO | Bool | %M6.0 | |
| 119 FONCTIONNEMENT ENROULEUR SEMI AUTO | Bool | %M6.1 | |
| 120 SEMI AUTO FORMAGE | Bool | %M6.2 | |
| 121 FONCTIONNEMENT FORMAGE SEMI AUTO | Bool | %M6.3 | |
| 122 SEMI AUTO SOUDAGE | Bool | %M6.4 | |
| 123 FONCTIONNEMENT SOUDURE SEMI AUTO | Bool | %M6.5 | |

| | | | | |
|-----|--|------|--------|---|
| 124 | FONCTIONNEMENT COUPE LONGITUDINAL SEMI AUTO | Bool | %M6.6 | |
| 125 | COMMUTATEUR FRMAGE | Bool | %M6.7 | commutateur pour activer la station formage mode semi auto |
| 126 | STATION FORMAGE | Bool | %M7.0 | |
| 127 | STATION SOUDURE | Bool | %M7.1 | |
| 128 | COMMUTATEUR COUPE LONG | Bool | %M7.3 | commutateur pour activer la station coupe long mode semi auto |
| 129 | STATION COUPE LONG | Bool | %M7.4 | |
| 130 | STATION ENROULEUR | Bool | %M7.5 | |
| 131 | COMMUTATEUR ENROULEUR | Bool | %M7.6 | commutateur pour activé la station enrouleur mode semi auto |
| 132 | RESET | Bool | %M7.7 | |
| 133 | EV CHAUFFE FILM | Bool | %Q13.5 | Electrovanne pour chauffer le film |
| 134 | cptr sécurité 1 | Bool | %I0.6 | capteur sécurité 1 |
| 135 | cptr sécurité 2 | Bool | %I0.7 | capteur sécurité 2 |
| 136 | cptr sécurité 3 | Bool | %I0.4 | capteur sécurité 3 |
| 137 | cptr sécurité 4 | Bool | %I0.2 | capteur sécurité 4 |
| 138 | BP ON W | Bool | %M8.0 | |
| 139 | B ARRET W | Bool | %M8.1 | |
| 140 | B ARRET D'URGENCE W | Bool | %M8.2 | |
| 141 | BOUTON 1 W | Bool | %M8.4 | |
| 142 | BOUTON 2 W | Bool | %M8.5 | |
| 143 | S1 | Bool | %M8.6 | |
| 144 | S2 | Bool | %M9.6 | |
| 145 | S3 | Bool | %M9.7 | |
| 146 | S4 | Bool | %M10.0 | |
| 147 | NH1 W | Bool | %M10.1 | |
| 148 | NH2 W | Bool | %M10.2 | |
| 149 | COMMUTATEUR CYL 1 W | Bool | %M10.3 | |
| 150 | COMMUTATEUR CYL 2 | Bool | %M10.4 | |
| 151 | NB1 W | Bool | %M10.5 | |
| 152 | NB2 W | Bool | %M10.6 | |
| 153 | C1 W | Bool | %M10.7 | |
| 154 | C2 W | Bool | %M11.0 | |
| 155 | CPTR FIN DE COURSE 1 W | Bool | %M11.1 | |
| 156 | CPTR FIN DE COURSE 2 W | Bool | %M11.2 | |

| | | | | |
|-----|-----------------------------------|-------|--------|--|
| 157 | C3 W | Bool | %M11.3 | |
| 158 | C4 W | Bool | %M11.4 | |
| 159 | CPTR SOUDUR H W | Bool | %M11.5 | |
| 160 | CPTR SOUDUR B W | Bool | %M11.6 | |
| 161 | CPTR FORMAGE H W | Bool | %M11.7 | |
| 162 | CPTR FORMAGE B W | Bool | %M12.0 | |
| 163 | TAG1 | Bool | %M13.0 | |
| 164 | TAG2 | Bool | %M13.1 | |
| 165 | B AVANCE CHAINE MANUEL | Bool | %M0.1 | bouton manuel pour l'avancement de la chaine |
| 166 | COMMUTATEUR SOUDURE | Bool | %M2.7 | commutateur pour activer la station soudure mode semi auto |
| 167 | SORTIE VITESSE | Real | %MD14 | |
| 168 | TT | Int | %MW18 | |
| 169 | CONSIGNE VARIATEUR | Int | %QW20 | |
| 170 | Tag_6 | Int | %MW400 | |
| 171 | Tag_7 | DWord | %MD400 | |