

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté du génie électrique et d'informatique  
Département d'automatique

**Mémoire de Fin d'Etudes**

de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique industrielle

*Présenté par*  
**ARKAM Imene**  
**BEKHTAOUI Malia**

**Thème**

# Automatisation d'une station de banderolage avec un API S7 1500

*Mémoire soutenu le 03/10/2024 devant le jury composé de :*

**Mme. Nadia DJEGHALI**  
Professeur, UMMTO, Présidente

**M. Rabah MELLAH**  
Professeur, UMMTO, Encadrant

**Mme. Karima HOUACINE**  
MCB, UMMTO, Examinatrice

**Promotion : 2023/2024**

---

**Ce travail a été réalisé au sein de l'entreprise Lalla Khedidja de CEVITAL**

# Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions d'abord **DIEU** le tout puissant pour la patience, la santé et la foi qu'il nous a données.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches qui nous ont toujours soutenues et encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier en particulier notre co-encadreur **Monsieur HADID** pour son aide et sa serviabilité tout au long de notre stage pratique, ainsi le personnel de l'entreprise **CEVITAL**.

Nous souhaitons ensuite remercier **Monsieur MELLAH**, de nous avoir fait l'honneur d'assurer l'encadrement de notre travail, nous vous sommes très reconnaissantes.

Nous tenons à exprimer notre plus haute estime à **Monsieur KHATI**, **Monsieur TALEM**, **Monsieur TOUAT** et **Monsieur CHARIF**, pour la disponibilité, les encouragements, les orientations et le temps qu'ils nous accordent.

Merci aux membres de jury qui ont consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit, et d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de notre projet de fin d'étude.

# Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce modeste travail à ceux qui me sont chers,

## **A MES CHERS PARENTS**

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

## **A MA CHERE SŒUR WISSAM**

Merci énormément pour ton soutien plus que précieux, merci pour ton grand cœur. Toutes tes qualités qui seraient trop longues à énumérer. Ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence et ton amour.

## **A MES TRES CHERS FRERES MOUMOUH ET ISLAM**

Vous avez toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

## **A MON BEAU FRERE SAID ET MA BELLE SŒUR KAHINA**

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

## **A LA MEMOIRE DE MON ONCLE AMAR**

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de ta nièce qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse

Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

## **A MA BINÔME MALIA**

Pour ton soutien moral, ta patience et ta compréhension tout au long de ce projet.

*Imene*

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui me sont chers :

## **A MES CHERS PARENTS**

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

## **A MES CHERS FRERES SAMY ET MAYAS**

Vous avez toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

## **A LA MEMOIRE DE MA GRAND MERE YEMMA FA**

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de ta petite fille qui a toujours prié pour le salut de son âme.

Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

## **A MON CHER DOUDOU**

Merci énormément pour ton soutien plus que précieux, merci pour ton grand cœur.

Ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence.

## **A MA CHERE COUSINE SAMIA**

Merci d'avoir être toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

## **A MA BINÔME IMENE**

Pour ton soutien moral, ta patience et ta compréhension tout au long de ce projet.

Merci à tes parents de m'avoir accueillie.

***Malia***

# Table des matières

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale..... 1**

## ***Chapitre I : Présentation de l'unité***

I.1. Introduction.....	3
I.2. Présentation de Cevital.....	3
I.3. Présentation de l'unité Lalla Khedidja.....	4
I.3.1. Introduction.....	4
I.3.2. Structure hiérarchique de l'unité Lalla Khedidja.....	6
I.4. Description de la chaîne de production.....	8
I.5. Conclusion .....	11

## ***Chapitre II : Description et fonctionnement de la station de banderolage***

II.1. Introduction .....	12
II.2. Problématique.....	12
II.3. Objectif .....	12
II.4. Banderoleuse.....	12
II.4.1. Présentation de la banderoleuse.....	12
II.4.2. Types des banderoleuses et principe de fonctionnement.....	12
II.4.2.1. Banderoleuse semi-automatique .....	12
II.4.2.2. Banderoleuse automatique.....	13
II.4.3. La différence entre l'emballage avec une banderoleuse automatique et l'emballage manuel (avantages et inconvénients) .....	15
II.5. Description de la banderoleuse à réaliser .....	16
II.5.1. Définition de la banderoleuse .....	16
II.5.2. Organes principaux de la banderoleuse de type HELIX HS40 .....	17
II.5.3. Caractéristiques techniques de la banderoleuse.....	18

II.6. Description fonctionnelle de la station de banderolage.....	18
II.6.1. Etude électrique .....	18
II.6.1.1. Armoire électrique .....	18
II.6.1.1.1. L'extérieur de l'armoire électrique .....	19
II.6.1.1.2. À l'intérieur de l'armoire électrique .....	20
II.6.1.2. Les capteurs .....	25
II.6.1.2.1. Les capteurs inductifs .....	25
II.6.1.2.2. Les capteurs photoélectriques.....	25
II.6.2. Etude mécanique.....	26
II.6.2.1. Le vérin pneumatique .....	26
II.6.2.2. Les moteurs Asynchrone triphasé.....	26
II.6.2.3. Groupe des convoyeurs.....	27
II.6.2.4. Chariot porte bobine .....	27
II.6.2.4.1. Chaîne fonctionnelle de pré-étirage.....	28
II.6.2.4.2. Chaîne fonctionnelle d'entraînement du Bras et de levage du chariot .....	28
II.6.2.5. Pince de préhension .....	29
II.6.2.6. Groupe de coupe film .....	29
II.7. Le principe de fonctionnement de la banderoleuse .....	30
II.7.1. Liste des capteurs et actionneurs .....	30
II.7.1.1. Liste des capteurs.....	30
II.7.1.2. Liste des actionneurs.....	31
II.7.2. Cahier des charges .....	32
II.8. Conclusion .....	38

### ***Chapitre III : Modélisation de la station de banderolage par le Grafcet***

III.1. Introduction .....	39
III.2. Définition du GRAFCET .....	39
III.3. Structure graphique de GRAFCET .....	40
III.4. Structure de base du GRAFCET .....	42
III.4.1. Structure linéaire .....	42
III.4.2. Séquences alternatives (Convergence et divergence en OU).....	42
III.4.3. Séquences simultanées (convergence et divergence en ET) .....	43

III.4.4. Sauts d'étapes et reprise d'étapes .....	44
III.5. Les niveaux du GRAFCET .....	45
III.5.1. Grafcet de niveau 1.....	45
III.5.2. Grafcet de niveau 2.....	45
III.6. Règles de GRAFCET .....	46
III.6.1. Règles de syntaxe .....	46
III.6.2. Règle d'évolution .....	46
III.7. Avantages du Grafcet .....	47
III.8. Elaboration du GRAFCET de la station.....	47
III.9. Conclusion.....	57

## ***Chapitre IV : Généralités sur les systèmes automatisés***

IV.1. Introduction .....	58
IV.2. Généralités sur les systèmes automatisés de production.....	58
IV.2.1. Structure d'un système automatisé de production.....	58
IV.2.1.1 Partie commande.....	59
IV.2.1.2 Partie opérative.....	59
IV.2.1.3 Partie dialogue.....	60
IV.3. Le but de l'automatisme .....	60
IV.4. Généralités sur les automates programmables industriels .....	60
IV.4.1. Historique.....	60
IV.4.2. Définition de l'automate programmable industriel .....	61
IV.4.3. Structure des API .....	62
IV.4.3.1. Structure générale des API.....	62
IV.4.3.2. Structure interne d'un API.....	62
IV.4.4. Les catégories des automates Siemens.....	64
IV.4.5. Critère de choix de l'automate .....	65
IV.4.6. Protection de l'automate .....	65
IV.5. Automate programmable industriel S7-1500.....	66
IV.5.1. Définition .....	66
IV.5.2. Constitution de l'automate S7-1500.....	66
IV.5.2.1. Module d'alimentation (PS/PM) .....	67

IV.5.2.2. L'unité centrale (CPU) avec affichage intégré.....	68
IV.5.2.2.1. Les registres et les zones de mémoire d'une CPU S7-1500.....	68
IV.5.2.2.2. Modules de périphérie.....	70
IV.5.2.3. Module de d'entrées/sorties (SM).....	70
IV.5.2.3.1. Les modules entrées/sorties TOR.....	70
IV.5.2.3.2. Modules entrées/sorties analogiques.....	70
IV.5.2.4. Modules technologiques TM (Les cartes spécialisées).....	71
IV.5.2.5. Les Interfaces de communication - Protocoles et Ports de communication.....	71
IV.5.2.5.1. Les communications série.....	71
IV.5.2.5.2. Les communications MPI.....	71
IV.5.2.5.3. Les communications via Profibus DP.....	71
IV.5.2.5.4. Les communications via Profinet IO.....	72
IV.6. PROFIdrive (variateur de vitesse G12O).....	72
IV.6.1. La communication des données cycliques de la CPU avec le variateur G120 par PROFINET.....	72
IV.6.2. Structure de données utiles conformes aux PPO.....	73
IV.6.3. Description du type PPO3.....	74
IV.7. Conclusion.....	75

## ***Chapitre V : Programmation sur le logiciel TIA PORTAL***

V.1. Introduction.....	76
V.2. Présentation de logiciel TIA Portal.....	76
V.2.1. Définition de logiciel TIA Portal.....	76
V.2.2. Les blocs de programmation TIA Portal.....	77
V.2.2.1. Blocs d'organisation (OB).....	77
V.2.2.2. Bloc fonctionnel (FB).....	77
V.2.2.3. Fonction (FC).....	78
V.2.2.4. Blocs de données (DB).....	78
V.2.3. Les langages de programmation dans TIA Portal.....	79
V.2.4. Les avantages du logiciel TIA portal.....	80
V.3. Programmation du processus de fonctionnement.....	81
V.3.1. Vue portail/projet du logiciel TIA Portal.....	81
V.3.1.1. Vue du portail.....	81

V.3.1.2. Vue du projet .....	82
V.3.2. Création d'un projet sur TIA PORTAL.....	83
V.3.2.1. Configuration et paramétrage du matériel.....	84
V.3.2.2. Configuration matérielle.....	86
V.3.2.3. Compilation et chargement de la configuration matérielle .....	87
V.4. Programmation .....	89
V.4.1. Définition des variables.....	89
V.4.2. Création du tableau des variables API.....	90
V.4.3. Choix de bloc et de langage.....	91
V.4.3.1. Choix de bloc.....	91
V.4.3.2. Choix de langage .....	93
V.4.3.2.1. Définition.....	94
V.4.3.2.2. Construction d'une expression SCL .....	94
V.4.4. L'outil de simulation S7-PLCSIM .....	99
V.5. Structure de notre programme .....	99
V.6. Conclusion.....	101
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>102</b>

## **Références bibliographiques**

## **Résumé**

## *Liste des abréviations*

**TIA Portal** : Totally Integrated Automation Portal.

**WinCC** : Windows Control Central.

**GRAFCET** : Graphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition.

**CPU** : Centrale Processing Unit / unité centrale de traitement.

**PN** : Profinet.

**DP** : Profibus-DP (Decentralized Peripheral).

**API** : Automate Programmable Industriel.

**IHM** : Interface Homme Machine.

**PROFINET IO IRT** : Profinet In/Out Isochronous Real-Time.

**TOR** : Tout Ou Rien.

**MPI** : Message Passing Interface.

**SCL** : Structured control language.

**PLC** : Programmable Logic Controller.

**ETOR** : Entrée Tout ou Rien.

**STOR** : Sortie Tout ou Rien

**EAN** : Entrée Analogique.

**SANA** : Sortie Analogique.

**ETK** : Entreprise touristique de Kabylie

**PC** : Partie commande

**PO** : Partie opérative

**E/S** : Entrée/Sortie

**RAM** : Mémoire vive

**ROM** : Mémoire morte

**OB** : Bloc organisation

**FB** : Bloc fonctionnel

**DB** : Blocs de donnée

**CA** : Tension alternative

**CC** : Tension continue

## *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b> : Présentation de l'unité.....	5
<b>Figure I.2</b> : Structure de l'unité.....	6
<b>Figure I.3</b> : Schéma de l'unité.....	7
<b>Figure I.4</b> : Chaîne de production d'eau.....	8
<b>Figure II.1</b> : Les types des banderoleuses semi-automatique.....	13
<b>Figure II.2</b> : Banderoleuse de palettes automatique à plateau tournant modèle TRM500 ....	14
<b>Figure II.3</b> : Banderoleuse automatique à bras tournant HELIX 4 - HELIX 4/2.....	14
<b>Figure II.4</b> : Banderoleuse de la marque ROBOPAC de type HELIX HS40 .....	16
<b>Figure II.5</b> : Vu du ciel de la banderoleuse associée au convoyeur de charge et le bras rotatif.....	16
<b>Figure II.6</b> : Organes principaux de la banderoleuse HELIX HS40 .....	17
<b>Figure II.7</b> : Armoire électrique.....	19
<b>Figure II.8</b> : La façade du pupitre de commande d'une armoire électrique.....	20
<b>Figure II.9</b> : Disjoncteur.....	21
<b>Figure II.10</b> : Relais thermique.....	21
<b>Figure II.11</b> : Contacteur.....	22
<b>Figure II.12</b> : Automate S7-1500 de SIEMENS .....	22
<b>Figure II.13</b> : Codeur incrémental.....	23
<b>Figure II.14</b> : Disque du codeur incrémental .....	23
<b>Figure II.15</b> : Signaux carrés (A et B) et sens de rotation.....	24
<b>Figure II.16</b> : Les pistes de disque du codeur incrémental .....	24
<b>Figure II.17</b> : Variateur de vitesse SINAMICS G120 .....	25
<b>Figure II.18</b> : Capteur inductif .....	25
<b>Figure II.19</b> : Capteur photoélectrique.....	26
<b>Figure II.20</b> : Vérin pneumatique .....	26

<b>Figure II.21</b> : Moteur asynchrone triphasé.....	26
<b>Figure II.22</b> : Groupe de convoyeur de notre station.....	27
<b>Figure II.23</b> : Chariot porte bobine .....	27
<b>Figure II.24</b> : Représentation du chariot et de ses constituants.....	28
<b>Figure II.25</b> : Représentation du bras et de ses constituants .....	29
<b>Figure II.26</b> : La Pince de préhension.....	29
<b>Figure II.27</b> : Le groupe de coupe film.....	30
<b>Figure III.1</b> : Symbolisation du GRAFCET .....	40
<b>Figure III.2</b> : Temporisation .....	41
<b>Figure III.3</b> : Structure linéaire du grafcet.....	42
<b>Figure III.4</b> : Exemple de Grafcet type OU [3].....	43
<b>Figure III.5</b> : Exemple de Grafcet type ET .....	44
<b>Figure III.6</b> : Saut d'étape et reprise d'étapes.....	44
<b>Figure III.7</b> : Exemple de Grafcet niveau 1 .....	45
<b>Figure III.8</b> : Exemple de Grafcet niveau 2 .....	46
<b>Figure III.9</b> : GRAFCET du passage du palettiseur vers C1 .....	48
<b>Figure III.10</b> : GRAFCET du passage de C1 vers C2 .....	48
<b>Figure III.11</b> : GRAFCET du centreur (situé sur le convoyeur C2).....	48
<b>Figure III.12</b> : GRAFCET du HSC 1.....	49
<b>Figure III.13</b> : GRAFCET du HSC 2.....	49
<b>Figure III.14</b> : GRAFCET du passage de C2 vers C3 .....	50
<b>Figure III.15</b> : GRAFCET du passage de C3 vers C4 .....	50
<b>Figure III.16</b> : GRAFCET du compteur des tours.....	51
<b>Figure III.17</b> : GRAFCET de la machine banderoleuse .....	52
<b>Figure III.18</b> : GRAFCET des ciseaux .....	54
<b>Figure III.19</b> : GRAFCET de la soudeuse .....	55

<b>Figure III.21</b> : GRAFCET du passage de C4 vers C5 .....	55
<b>Figure III.21</b> : GRAFCET du passage de C5 vers C6 .....	55
<b>Figure III.22</b> : GRAFCET du passage de C6 vers C7 .....	56
<b>Figure III.23</b> : GRAFCET du passage de C7 vers C8 .....	56
<b>Figure III.24</b> : GRAFCET de la table .....	57
<b>Figure IV.1</b> : Structure d'un système automatisé.....	59
<b>Figure IV.2</b> : L'automate programmable industriel.....	61
<b>Figure IV.3</b> : Structure interne d'un API.....	62
<b>Figure IV.4</b> : Les interfaces d'entrées/sorties .....	64
<b>Figure IV.5</b> : Automate S7-1500 de SIEMENS .....	66
<b>Figure IV.6</b> : Constituants de l'API S7-1500.....	67
<b>Figure IV.7</b> : Registre et zones de mémoire d'une CPU S7 1500.....	68
<b>Figure IV.8</b> : Télégramme 1 du variateur .....	73
<b>Figure IV.9</b> : Explication des abréviations.....	73
<b>Figure IV.10</b> : Structure de mot de commande.....	74
<b>Figure IV.11</b> : Structure du mot d'état .....	75
<b>Figure V.1</b> : Exemple de programmation en langage CONT.....	79
<b>Figure V.2</b> : Exemple de programmation en langage LIST .....	79
<b>Figure V.3</b> : exemple de programmation en langage LOG .....	79
<b>Figure V.4</b> : Exemple de notre programmation en langage SCL.....	80
<b>Figure V.5</b> : Vue de lancement du logiciel TIA Portal .....	81
<b>Figure V.6</b> : Vue du portail .....	82
<b>Figure V.7</b> : Vue du projet .....	83
<b>Figure V.8</b> : Partie création du projet.....	84
<b>Figure V.9</b> : Vu du projet. ....	84
<b>Figure V.10</b> : Configuration de la CPU.....	85

<b>Figure V.11</b> : Structure de l'automate S7-1500 proposé.....	86
<b>Figure V.12</b> : Description de la CPU choisie .....	87
<b>Figure V.13</b> : Barre des taches de simulation.....	88
<b>Figure V.14</b> : Etape de compilation de la configuration matérielle du programme.....	88
<b>Figure V.15</b> : Etape de chargement de la configuration matérielle et du programme.....	89
<b>Figure V.16</b> : Table de variables standard.....	90
<b>Figure V.17</b> : Table de variables d'entrées .....	90
<b>Figure V.18</b> : Table des variables de sorties .....	91
<b>Figure V.19</b> : Création d'un bloc (Choix de bloc et de langage) .....	92
<b>Figure V.20</b> : Exemple d'un bloc FC de programmation.....	93
<b>Figure V.21</b> : Exemple de PEEK/POKE dans notre programme .....	98
<b>Figure V.22</b> : Ajout de commentaire.....	98
<b>Figure V.23</b> : Exemple de simulateur PLCSIM V16 .....	99
<b>Figure V.24</b> : Structure de notre programme .....	100

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau II.1</b> : Avantage et inconvénient d'une banderoleuse automatique et l'emballage manuel .....	15
<b>Tableau II.2</b> : Liste des capteurs .....	31
<b>Tableau II.3</b> : Liste des actionneurs.....	31
<b>Tableau V.1</b> : Opérateurs dans SCL.....	95



# **Introduction générale**

L'automatisation est une activité industrielle utilisant des matériels, dans le but de réduire la charge de travail de l'opérateur, tout en améliorant la productivité et la qualité du travail réalisé. Pour cela, des systèmes mécaniques, électroniques et informatiques assurent le fonctionnement d'une machine ou d'une ligne de production. Ces systèmes englobent toute la hiérarchie de contrôle-commande depuis les capteurs de mesure, en passant par les automates, les bus de communication, la visualisation, l'archivage jusqu'à la gestion de production et des ressources de l'entreprise. Dès lors, les conducteurs de machine ou de ligne sont responsables de la surveillance, du contrôle de la qualité et de la maintenance de premier niveau.

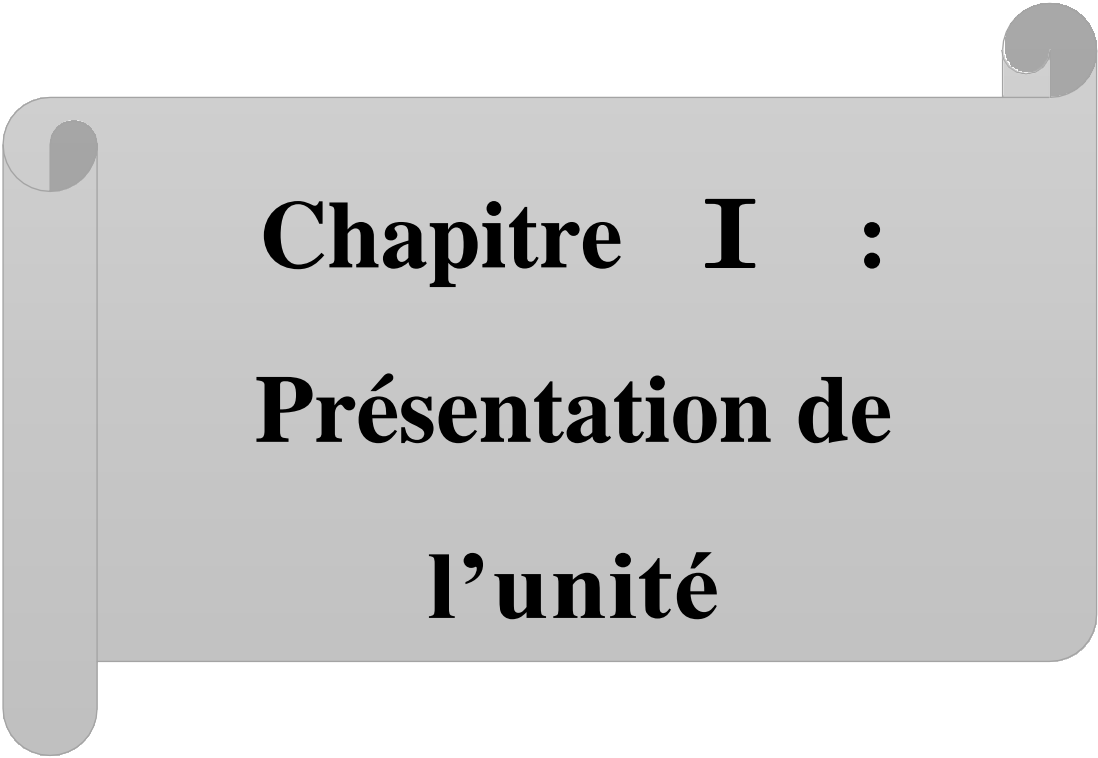
L'industrie aujourd'hui et notamment celle qui traite en continu les matières premières pour fabriquer des produits à des degrés divers de finition ont opté pour l'automatisation de leurs chaînes de production. L'unité d'eau minérale **Lalla Khedidja** qui fait partie du groupe industriel **CEVITAL** est l'une de ces entreprises qui a depuis sa remise en service investi dans toutes dernières innovations technologiques et elle a opté pour l'automatisation de tous ses ateliers pour :

- Obtenir des produits de qualité uniforme et optimiser les conditions de travail (sécurité du personnel, sécurité des produits, suppression des tâches pénibles et dangereuses) et faire face à une concurrence.
- Rendre les machines fiables et les lignes de production flexibles.
- Minimiser les pannes et avoir le maximum de production par jour pour s'assurer et garder une place de choix dans le marché commercial ainsi que la confiance de la clientèle avec une meilleure qualité.

Dans ce contexte, le sujet qui nous a été proposé consiste à réaliser une nouvelle machine banderoleuse automatique sous TIA Portal au sein de l'unité de production d'eau minérale LALLA KHEDIDJA. Pour cela nous devons d'abord connaître le principe de fonctionnement de cette machine en passant par sa modélisation, ensuite nous entamons une file de procédures d'études. Cette solution sera à base d'automate SIEMENS S7-1500 qui va gérer du point de vue contrôle des variateurs et diagnostic du système.

Pour se faire, nous avons structuré notre mémoire en cinq chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous procéderons à la présentation du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale LALLA KHEDIDJA.
- La première partie du deuxième chapitre a pour objectif de présenter la banderoleuse d'une manière générale et les types des banderoleuses existantes. La deuxième partie sera consacrée à la description et le fonctionnement de la banderoleuse à réaliser au sein de l'entreprise où on a décrit les différents instruments utilisés ainsi que le cahier des charges.
- Le troisième chapitre sera réservé à la modélisation de notre station à l'aide du Grafset.
- Nous consacrons la première partie du quatrième chapitre à la présentation des automates programmables industriels. Dans la deuxième partie nous discuterons sur l'automate « S7-1500 » utilisé dans le cadre de notre projet.
- Le cinquième chapitre sera dédié à la programmation de la solution proposée pour notre station à l'aide du logiciel TIA Portal V16 avec le langage SCL.
- Enfin le mémoire sera clôturé par une conclusion générale et quelques perspectives.



**Chapitre I :**  
**Présentation de**  
**l'unité**

**I.1. Introduction**

Généralement, tout système de purification de l'eau dans l'industrie comprend une première étape de filtration. Même lorsqu'il n'y a pas d'exigence, quant à l'absence de particules dans le produit fini, une filtration est nécessaire pour protéger le matériel de purification de l'eau, qu'il s'agisse de pompe, de résines échangeuses d'ions ou de membranes d'osmose inverse.

Dans ce premier chapitre, nous avons donné un aperçu sur l'unité « Lalla Khedidja » pour le conditionnement de l'eau minérale, afin de faire connaissance et de donner une idée générale sur l'installation, ses différents locaux, son fonctionnement et surtout le mode d'alimentation en eau, chose qui nous conduit à conclure qu'une automatisation est plus que nécessaire pour assurer une alimentation d'eau continue, et comme premier pas : nous ferons le point sur l'ensemble des instruments nécessaires à la matérialisation de la station qui fera l'objet du prochain chapitre.

**I.2. Présentation de Cevital**

CEVITAL SPA (Société Par Actions) est un groupe familial bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée. Créé en 1971 avec des fonds privés par Issad REBRAB. Elle est la première société privée algérienne et le 1er acteur économique privé en Algérie à avoir investi dans plusieurs secteurs d'activités. Le Groupe réalise aujourd'hui 4Mds de dollars de chiffre d'affaires sur 3 continents (Afrique, Europe et Amérique Latine) avec une croissance moyenne de 30% par an sans oublier la mise sur plusieurs grands projets, aux synergies fortes avec ses activités.

Les activités de Cevital sont diversifiées et regroupées en 3 grands pôles :

- Agro-industrie & Distribution.
- Auto-motive, Services & Immobilier.
- Industrie.

Cevital est présent sur plus de dix types d'activités et d'emplois aujourd'hui plus de 18000 collaborateurs, contribuant ainsi à l'essor de l'économie algérienne et la promotion d'un savoir-faire propre à l'Algérie.

Le Groupe Cevital développe depuis de nombreuses années une ambitieuse stratégie d'acquisition à l'international, à la recherche de relais de croissance à l'horizon 2025. En lui permettant d'atteindre une taille critique, cette stratégie le fait changer d'échelle et jouer dans la cour des plus grandes entreprises mondiales. Sa méthode : acquérir le savoir-faire technologique, de la Recherche et Développement aux brevets, ainsi que les circuits de distribution internationaux pour lui permettre d'exporter.

En France et également en Espagne et en Italie, le groupe Cevital a inauguré un principe gagnant/gagnant d'investissement : la colocalisation. Celle-ci permet de conserver les activités rentables d'une entreprise dans les économies développées tout en créant d'autres activités en Algérie. Ce principe permet de valoriser les sociétés en difficulté, de les relancer et leur redonner une nouvelle vie. [1]

### **I.3. Présentation de l'unité LALLA KHEDIDJA**

#### **I.3.1. Introduction**

A l'origine, le LALLA KHEDIDJA « Lalla Khlidja » (TAMGUT) est le point culminant du massif du Djurdjura, un massif montagneux du nord de l'Algérie, sur la bordure méditerranéenne, constituant la plus longue chaîne montagneuse de la Kabylie, avec une altitude d'environ 2308 mètres.

L'unité d'eau minérale « LALLA KHEDIDJA » de Cevital située au pied du mont Djurdjura dans la commune d'Agouni Gueghrane, à environ 35 kms au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya TIZI OUZOU, puise son eau de la source THINZER située au flan du mont KOURIET. Exploitée par ETK (Entreprise Touristique Kabylie) depuis 1990 puis cédée au gérant de l'agro-alimentaire CEVITAL en 2004 dans le cadre de la cession des entreprises en difficulté.

L'eau minérale LALLA KHEDIDJA prend son origine dans les monts enneigés du Djurdjura. En s'infiltrant lentement au travers des roches, elle se charge naturellement en minéraux essentiels à la vie, tout en restant d'une légèreté incomparable. Elle est pure par nature, car elle est directement captée à la source. C'est une eau de montagne, oligo-minérale non gazeuse, dont le parcours géologique est protégé contre toute pollution. Elle est ainsi directement embouteillée sans subir traitement chimique.

Deux forages d'eau ont été réalisés récemment à une distance d'environ 3km afin d'augmenter la production et faire face au problème de manque d'eau. En plus du conditionnement de l'eau minérale l'unité produit des jus et des boissons gazeuses.

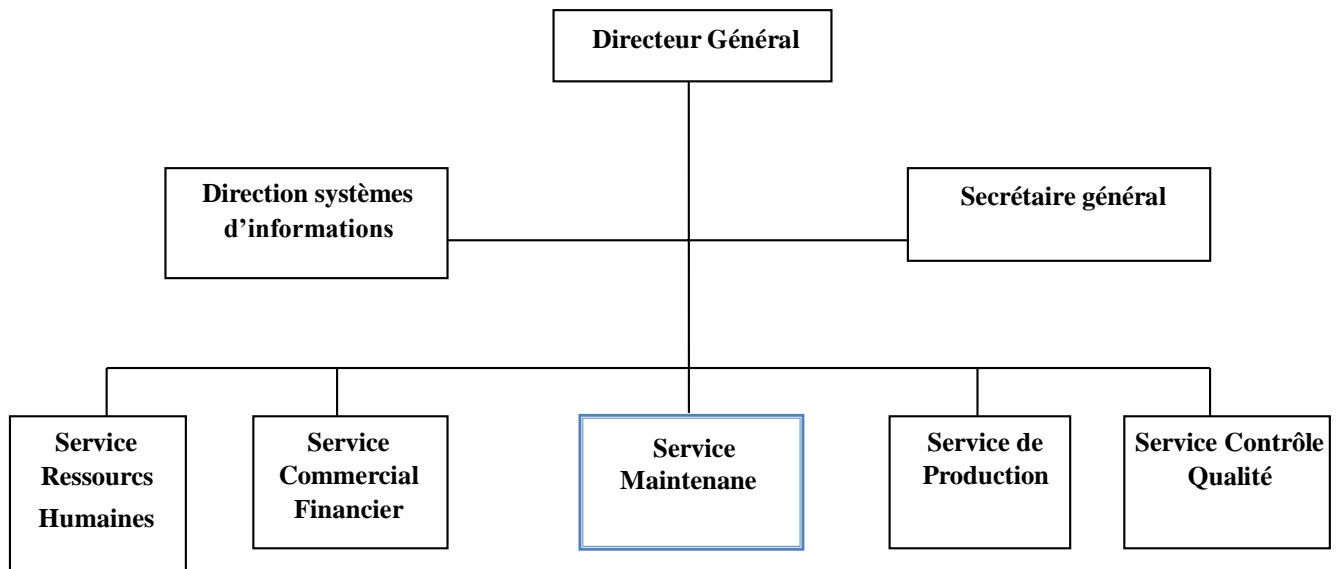
L'usine s'étend sur 25000 m<sup>2</sup> de bâtiments, comprend principalement plusieurs locaux.

La capacité de production de l'unité s'élève à 1.5 millions de bouteilles par jour. Chaque ligne dispose d'une capacité de production de 32000 bouteilles par heure, soit une production quotidienne de 768.000 bouteilles.



**Figure I.1** : Présentation de l'unité.

## I.3.2. Structure hiérarchique de l'unité LALLA KHEDIDJA



**Figure I.2 :** Structure de l'unité.

- C'est au service Maintenance que nous avons effectué notre stage. Ce service veille sur le bon fonctionnement des machines pour une production dans de bonnes conditions de qualité et de sécurité.

Schéma de l'unité :

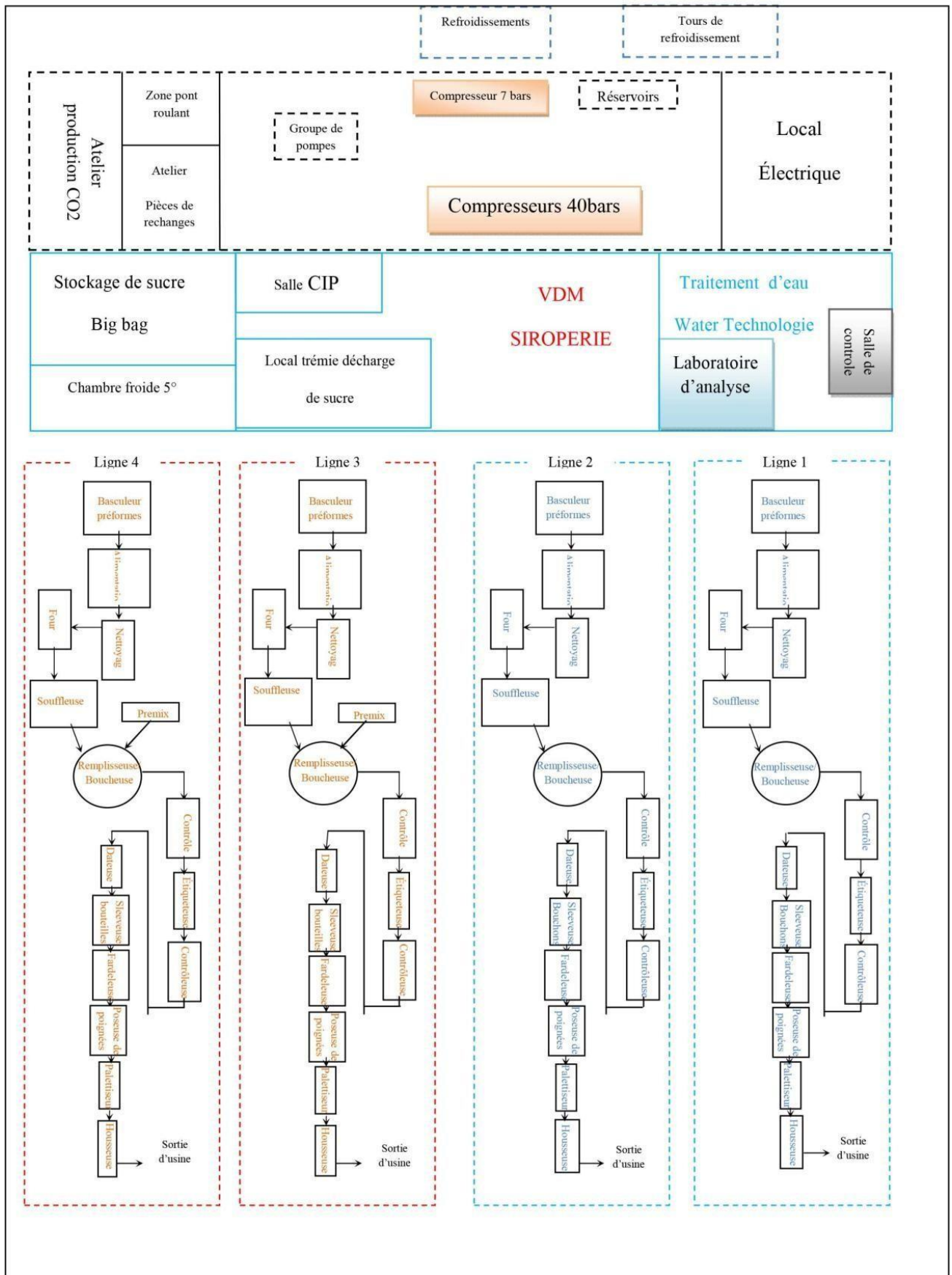
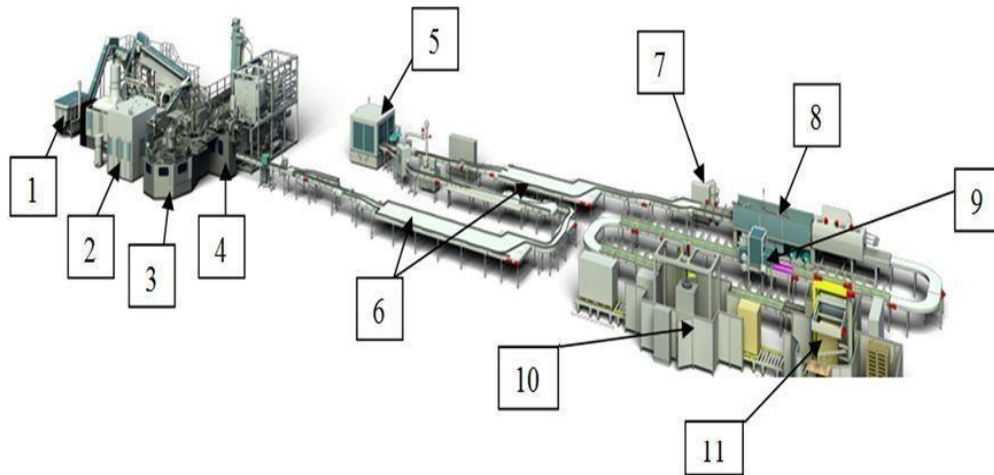


Figure I.3 : Schéma de l'unité.

## I.4. Description de la chaîne de production

La figure suivante montre les différentes parties de la chaîne de production :



**Figure I.4 :** Chaîne de production d'eau.

- 1) Distributeur de préformes
- 2) Souffleuse
- 3) Remplisseuse
- 4) Capsuleuse
- 5) Etiqueteuse
- 6) Convoyeurs
- 7) Dateuse
- 8) Fardeuse
- 9) Twin-pack
- 10) Palettiseur
- 11) Banderoleuse

**1) Distributeur de préformes**

Le distributeur de préformes a pour fonction d'alimenter de façon continue une machine de production (spécialement la souffleuse) avec des préformes col en haut.

Les préformes sont déversées en vrac dans le distributeur. Elles sont ensuite transportées par petit lot pour être positionnées et orientées col en haut et alignées en file indienne. Elles se déplacent ensuite par gravité vers le rail d'alimentation.

La gestion du flux des préformes dans le rail d'alimentation permet de compenser un manque de préformes dans le rail d'alimentation pour éviter des niveaux bas.

Pour éviter le blocage des préformes dans le rail d'alimentation, les préformes emboîtées ou mal orientées sont éjectées lors de leur passage sur le rail de stabilisation.

**2) Souffleuse**

Fabrication de bouteilles à partir de préformes. Cette dernière passe dans un four composé de deux parties : une partie pour la chauffer, une autre pour répartir la température. Une fois la température répartie elle passe au poste de soufflage de la souffleuse bi-orientée où elle subira les trois actions : étirage, pré-soufflage et soufflage pour prendre la forme du moule puis refroidi pour être prêt au remplissage.

**3) Remplisseuse**

La bouteille après sa sortie de la souffleuse, elle passe au poste de remplissage où elle sera remplie soit 1,5L pour le grand format, soit 0.5L pour le petit format.

**4) Capsuleuse (Bouchonneuse)**

Après le remplissage, la bouteille est capsulée ou bouchonnée.

La bouchonneuse contient aussi un distributeur orienteur de bouchons, les bouchons se déposent de façon désordonnée dans les tasseaux au fond de la trémie et commencent à être convoyés jusqu'au « dos d'âne ».

La sélection des bouchons à ce niveau s'effectue par l'intermédiaire de la gravité : en réglant l'angle de façon optimale, seul les bouchons orientés correctement passent l'obstacle.

Une cellule de niveau bas détecte un manque d'approvisionnement en bouchons dans la trémie. Une alarme lumineuse (couleur bleue à la colonne) prévient l'opérateur de ce manque.

### **5) Etiqueteuse**

L'étiquetage se fait par colle à chaud qui donne une meilleure présentation en plus d'assurer une plus grande fiabilité dans le système d'étiquetage. Sa cadence devra être légèrement supérieure à celle du groupe de remplissage.

### **6) Convoyeurs**

Toutes les machines sont reliées entre elles par des convoyeurs en acier inoxydable.

Tous ces convoyeurs devront être commandés automatiquement et tenir compte des demandes des machines en aval pour régler leur flux, ainsi que des éventuels incidents pour communiquer les informations en amont de la fardeleuse afin d'informer les automatismes qui commandent la synchronisation de la ligne.

### **7) Dateuse**

Elle a pour fonction de mettre la date et l'heure à la sortie des bouteilles.

### **8) Fardeleuse**

La fardeleuse regroupe les bouteilles en lots, six bouteilles généralement. Ces lots sont entourés d'un film en plastique qui est ensuite thermo-rétracté.

### **9) Twin-pack**

Machine automatique pour l'application des poignées autoadhésives sur les fardeaux.

### **10) Palettiseur**

Les fardeaux sont alors regroupés en palettes, une feuille de carton intercalaire est placée entre chaque couche constituant la palette.

**11) Banderoleuse**

La banderoleuse est une machine réservée au domaine de l'emballage et du conditionnement permettant de banderoler des palettes, grâce à un film étirable conduit par des composants mécaniques, pneumatiques et électriques suivant un cycle automatisable.

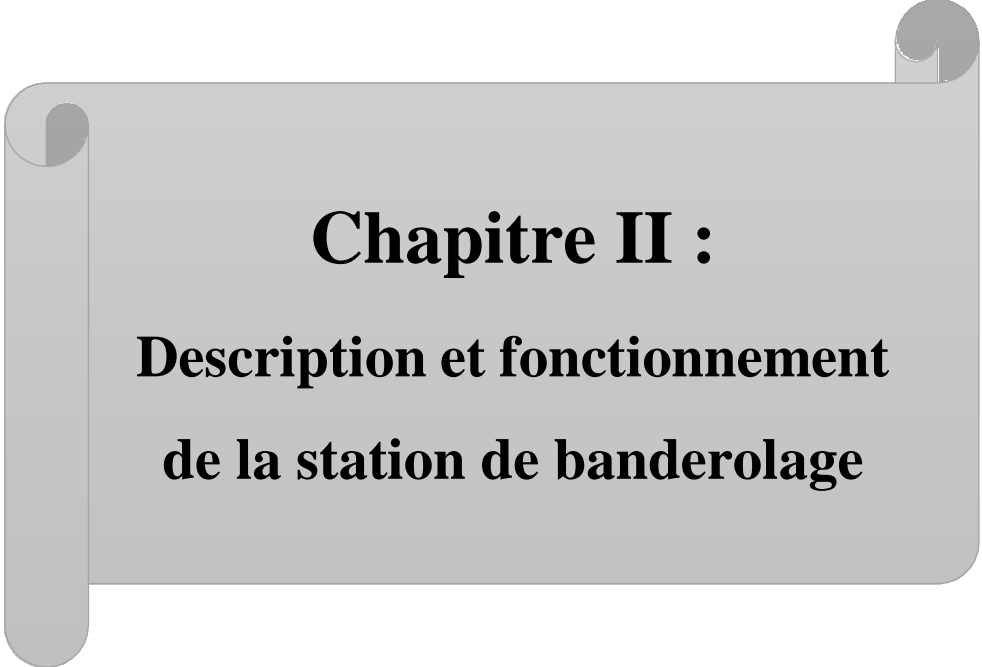
Il existe divers types de banderoleuse, dans notre projet on s'intéresse à une banderoleuse automatique horizontale à bras tournant de la marque ROBOPAC de type HELIX HS40 qui sont depuis toujours d'une grande fiabilité, simplicité d'utilisation, facilité d'entretien et accroissement de productivité.

**I.5. Conclusion**

L'unité de conditionnement d'eau minérale du groupe Cevital est dotée de plusieurs systèmes automatisés où l'intervention de l'homme est réduite. La commande de différentes machines est assurée par des automates programmables. Ces derniers sont équipés de pupitres opérationnels garantissant l'interface homme-machine.

Les technologies les plus récentes utilisées dans l'unité nous ont permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine de l'automatisation et de toucher également à d'autres disciplines.

Du point de vue méthodologique, la collecte de données techniques et la compréhension des méthodes de réalisation des systèmes de commande nous ont beaucoup aidés à aborder notre travail.



**Chapitre II :**  
**Description et fonctionnement**  
**de la station de banderolage**

### **II.1. Introduction**

De nos jours, l'automatisation a fait une révolution dans le domaine industriel et les machines automatisées sont devenues indispensables dans les usines à cause de leurs nombreux avantages. Une de ces machines est la banderoleuse qui est utilisée pour envelopper des charges palettisées. Nous introduisons, dans ce chapitre, une description générale de la machine à réaliser et nous donnons son principe de fonctionnement.

### **II.2. Problématique**

Après avoir reçu les commandes des clients, leur produit final doit être posé sur des palettes et emballé pour les protéger. Les trois seules machines banderoleuses existantes dans la ligne de conditionnement ne permettent pas de satisfaire, dans des délais raisonnables, au nombre important des commandes qui arrivent à l'entreprise. D'où l'acquisition ou la réalisation de nouvelles machines banderoleuses s'avère nécessaire pour accélérer le processus de fabrication.

### **II.3. Objectif**

L'objectif de ce projet, est d'essayer de pallier au problème cité ci-dessus, en faisant l'étude et la conception d'une nouvelle machine banderoleuse, pour éliminer la surcharge sur les autres machines et accélérer la production.

### **II.4. Banderoleuse**

#### **II.4.1. Présentation de la banderoleuse**

Une banderoleuse est une machine utilisée pour le conditionnement des palettes dans l'industrie. Le principe est d'appliquer un film plastique très fin (13 à 30 $\mu$ m) autour des charges palettisées de différentes formes et tailles pour assurer une flexibilité totale de l'emballage paquets, les protéger et les stabiliser avant son stockage et son transport. Elle est adaptée à l'usinage en ligne pour usage industriel.

#### **II.4.2. Types des banderoleuses et principe de fonctionnement**

Il existe deux modes de fonctionnement d'une banderoleuse : automatique et semi-automatique. Pour chaque mode on trouve plusieurs types :

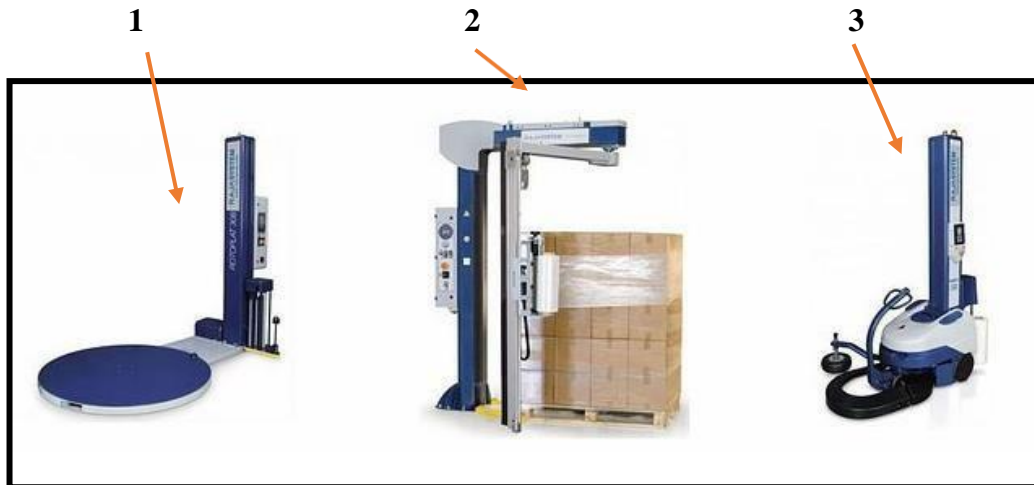
##### **II.4.2.1. Banderoleuse semi-automatique**

Ici, l'intervention d'un agent est nécessaire, mais le fonctionnement est globalement le même que celui des banderoleuses automatiques.

## **Chapitre II Description et fonctionnement de la station de banderolage**

La figure II.1 illustre trois types de banderoleuses semi-automatiques :

1. Banderoleuse à plateau tournant.
2. Banderoleuse à bras tournant.
3. Robot à banderole.



**Figure II.1 :** Les types de banderoleuses semi-automatiques.

Son mode de fonctionnement est comme suit :

- L'agent amène la palette dans la zone de filmage.
- L'agent accroche le film sur la palette, puis lance son programme de banderolage.
- L'opérateur coupe le film et retire la palette.

Les banderoleuses semi-automatiques peuvent supporter une trentaine de palettes à l'heure.

### **II.4.2.2. Banderoleuse automatique**

Ce modèle de banderoleuse n'implique pas l'intervention d'un agent.

Il existe deux types :

1. Banderoleuse à plateau tournant.
2. Banderoleuse à bras tournant.



**Figure II.2 :** Banderoleuse de palettes automatique à plateau tournant modèle TRM500.



**Figure II.3 :** Banderoleuse automatique à bras tournant HELIX 4 - HELIX 4/2.

Son mode de fonctionnement est comme suit :

- La palette avance sur un convoyeur en direction de la banderoleuse.
- La banderoleuse détecte la présence de la palette et arrête son avancée.
- Le film se dépose, s'enroule et se coupe automatiquement.
- Une fois le banderolage est terminé, le convoyeur se remet en route pour sortir la palette.

## Chapitre II Description et fonctionnement de la station de banderolage

Cette machine d'emballage est très volumineuse et s'intègre généralement dans une chaîne de production entièrement automatisée. Elle est capable d'assurer l'emballage dans certains cas jusqu'à plus de 160 palettes / heure.

### II.4.3. La différence entre l'emballage avec une banderoleuse automatique et l'emballage manuel (avantages et inconvénients)

Les avantages et les inconvénients de chaque machine sont résumés dans le tableau suivant :

Type de banderoleuse	Avantages	Inconvénients
<b>Automatique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Moins de manutention.</li><li>• Moins de temps de réglage.</li><li>• Adaptée à toute situation, toute palette et à tout produit.</li><li>• Encombrement au sol réduit de 100%.</li><li>• L'assurance de pouvoir sécuriser la charge pour son transport ou son stockage.</li><li>• L'économie réelle de consommable (film).</li><li>• L'abaissement du cout unitaire a palette.</li><li>• Augmenter la cadence de palettisation.</li><li>• Dégager le préparateur qui va pouvoir s'atteler à une autre tâche.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le coût : environ 40 000 euros.</li><li>• L'encombrement : prend un grand espace dans l'usine.</li><li>• Consommation un peu grande de l'électricité.</li></ul>
<b>Manuelle</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mobile et portable.</li><li>• Taux de panne ou d'indisponibilité quasi nuls.</li><li>• 90% d'économies par rapport à une banderoleuse automatique (électricité).</li><li>• L'assurance de pouvoir sécurisé la charge pour son transport ou son stockage.</li><li>• Une véritable réponse aux problématiques de pénibilité et TMS auquel les entrepôts sont parfois concernés.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Forte consommation de film étirable.</li><li>• L'usure de l'homme.</li><li>• La pénibilité du filmage à la main réside dans la tension du film et dans les positions que doit prendre un opérateur tout au long du filmage.</li><li>• Prend du temps pour banderoler.</li></ul>

**Tableau II.1 :** Avantage et inconvénient d'une banderoleuse automatique et l'emballage manuel.

### II.5. Description de la banderoleuse à réaliser

#### II.5.1. Description de la banderoleuse

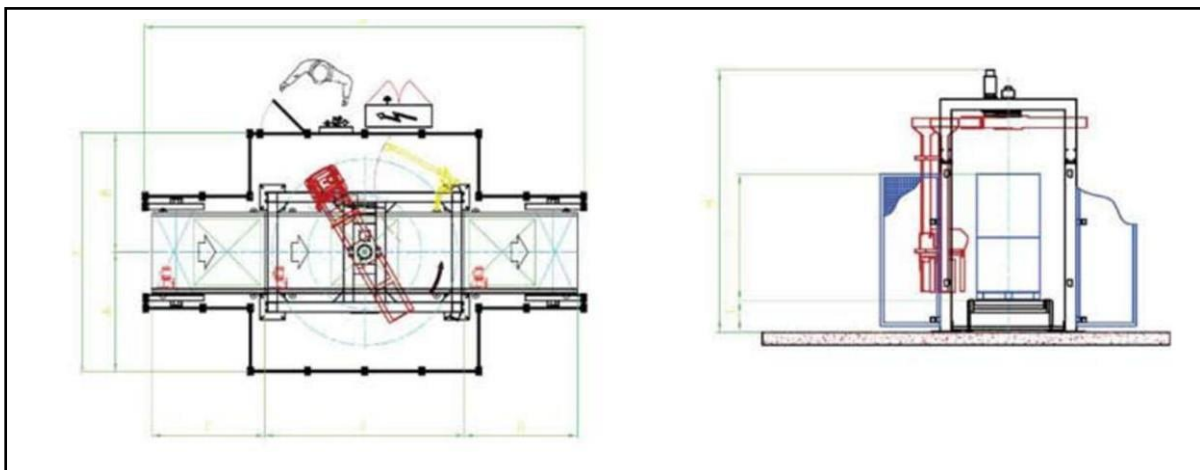
Ce projet s'intéresse à une banderoleuse automatique horizontale à bras tournant de la marque ROBOPAC de type HELIX HS40. Ce type de machine est très répandu dans le domaine de l'industrie à forte production où un opérateur ne peut pas suivre la cadence à la main.

Le système de pré-étirage du chariot porte-bobine permet de faire des économies d'exploitations considérables, grâce aux consommations réduites de film et à une constance absolue du poids de film utilisé pour chaque palette.



**Figure II.4 :** Banderoleuse de la marque ROBOPAC de type HELIX HS40.

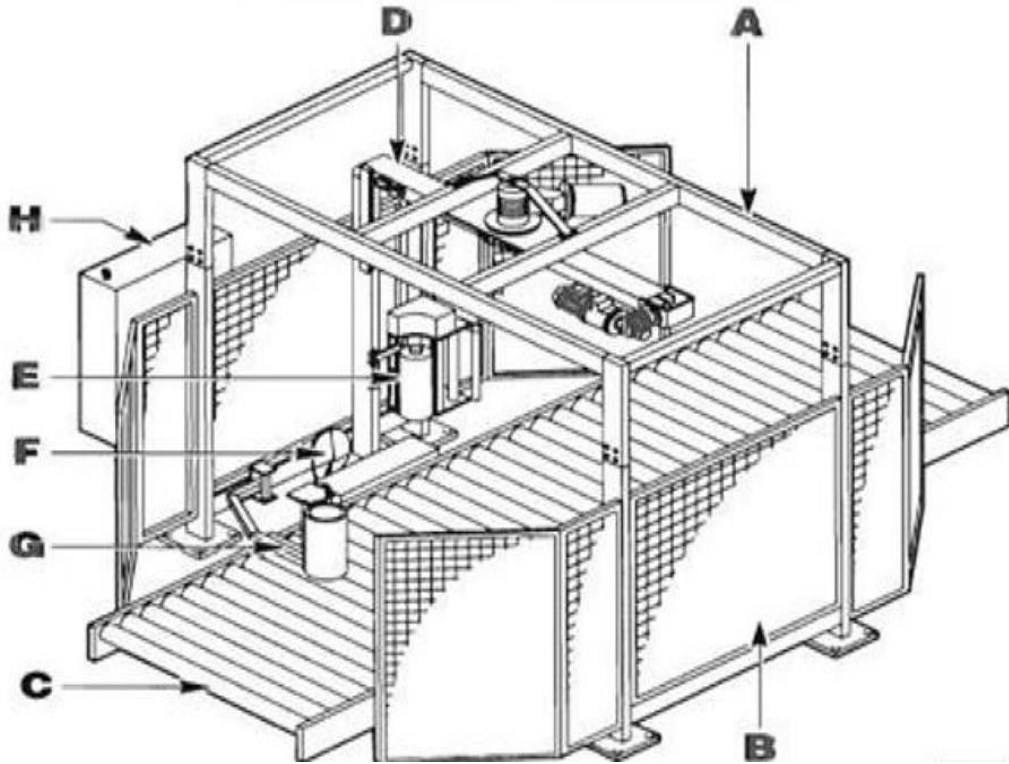
La figure ci-dessous montre la vue du ciel de la banderoleuse associée au convoyeur de charge et le bras rotatif :



**Figure II.5 :** Vu du ciel de la banderoleuse associée au convoyeur de charge et le bras rotatif.

### II.5.2. Organes principaux de la banderoleuse de type HELIX HS40

Les organes principaux de la banderoleuse sont représentés sur la figure suivante :



**Figure II.6 :** Organes principaux de la banderoleuse HELIX HS40.

- A. Structure portante.
- B. Protection péricentrale.
- C. Transporteur à rouleaux centre machine (convoyeur machine).
- D. Bras tournant.
- E. Chariot porte-Bobine avec soulèvement à variation manuelle et pré-étirage.
- F. Groupe pince pour blocage du film.
- G. Groupe de coupe du film à chaud.
- H. Armoire électrique positionné à proximité de la machine.

### **II.5.3. Caractéristiques techniques de la banderoleuse**

- Vitesse rotation bras ..... 36 tr/mn
- Tension d'alimentation..... 380/400 V - 50 Hz
- Puissance totale installée .....5,4kW
- Pression de l'air comprimé..... 6 bar
- Consommation d'air......35ml
- Poids total......1500kg
- Dimension min/max de la palette......24\*32 / 48\*48
- Hauteur min/max de la palette .....500-2000 mm
- Dimension min/max de la machine......600\*800/1200\*1200

### **II.6. Description fonctionnelle de la station de banderolage**

Nous allons faire une étude électrique et mécanique de la station de banderolage afin de mieux comprendre son principe de fonctionnement.

#### **II.6.1. Etude électrique**

Le circuit électrique de la banderoleuse est constitué des composants suivants :

##### **II.6.1.1. Armoire électrique**

L'armoire électrique est séparée de la structure de la machine, à laquelle elle est raccordée par un système de chemins de câbles. L'armoire est équipée de portes ouvrables à l'aide d'une clé. Sur une des portes se trouve la commande de l'interrupteur général. Le degré de protection de l'armoire est conforme au milieu ou doit être installée la machine.



**Figure II.7 :** Armoire électrique.

L'armoire électrique est composée de plusieurs composants :

### II.6.1.1.1. L'extérieur de l'armoire électrique

- **Pupitre électrique de commande**

Le rôle principal d'un pupitre de commande est de contrôler le fonctionnement d'un équipement électrique, afin de pouvoir choisir les actions d'une machine, le sens de marche, réguler la vitesse, régler le temps, l'allumer, l'éteindre et effectuer un arrêt en urgence en cas d'incident ou défaut.

- **Lampes de signalisation**

Les lampes de signalisation servent à informer les utilisateurs de l'état d'un élément, tels que :

- ✚ **Voyant blanc** : indiquant la mise sous tension de la machine.
- ✚ **Voyant rouge** : indiquant que la machine est en urgence.
- ✚ **Voyant orange** : indiquant un défaut dans l'un des variateurs.
- ✚ **Voyant vert** : indiquant la machine est en mode automatique.

## **Chapitre II Description et fonctionnement de la station de banderolage**

Sur la façade de l'armoire électrique, il est aussi possible de mettre plusieurs composants :

- **Un interrupteur industriel** : il va permettre d'informer l'utilisateur d'un problème, d'un défaut, d'une action en cours, de la position marche ou de la position arrêt du système.
- **Un bouton commande rotatif** : il permet de sélectionner plusieurs actions, par exemple une marche avant et une marche arrière.
- **Un bouton d'arrêt d'urgence** : c'est un actionneur important pour la sécurité, il est utilisé pour interrompre et couper l'alimentation d'un équipement électrique dans une situation de danger imminent pour la protection des utilisateurs.



**Figure II.8** : La façade du pupitre de commande d'une armoire électrique.

### **II.6.1.1.2. À l'intérieur de l'armoire électrique**

À l'intérieur de l'armoire sont installés beaucoup d'éléments électromécaniques et électroniques assurant le correct fonctionnement de la machine et un système de refroidissement pour éliminer la chaleur produite par ces composants.

Nous citons dans cette partie les plus importants :

- **Disjoncteur**

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique de protection, sa fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Selon sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique.



**Figure II.9 :** Disjoncteur.

- **Relais thermique**

Le relais thermique est un appareil qui protège le récepteur placé en aval contre la surcharge et les coupures de phase. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur. En cas de surcharge, le relais thermique n'agit pas directement sur le circuit de puissance. Un contact du relais thermique ouvre le circuit de commande d'un contacteur est le contacteur qui coupe le courant dans le récepteur.

Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents. Il s'incurve lorsque sa température augmente.



**Figure II.10 :** Relais thermique.

- **Contacteur**

Le contacteur assure la même fonction que le relais, mais il possède un pouvoir de coupure encore plus important grâce à des dispositifs d'extinction de l'arc électrique.

Le pouvoir de coupure est particulièrement important pour la commande des charges fortement inductives, comme les moteurs et les résistances de puissance (chauffage).



Figure II.11 : Contacteur.

- **Transformateur**

Un transformateur électrique est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.

- **Un automate (API)**

C'est le constituant de base de système automatisé. Il gère tout le processus (le mouvement des portiques, le cycle de travail, les alarmes, l'arrêt d'urgence...). Il est constitué d'une unité centrale et les modules d'entrée et de sortie et le module d'alimentation.



Figure II.12 : Automate S7-1500 de SIEMENS.

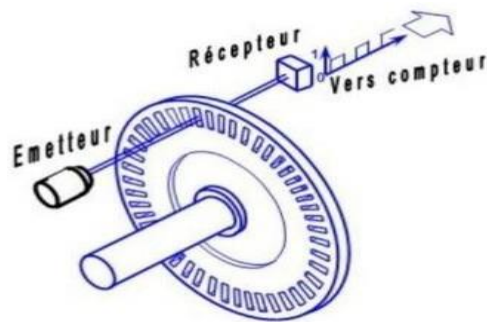
- **Codeurs incrémentaux**

Le codeur incrémental est un capteur de position angulaire ou linéaire. Il est placé sur la pièce dont on veut connaître la position.



**Figure II.13 :** Codeur incrémental.

Dans le codeur incrémental optique, un flux lumineux traverse un disque percé de Nb fentes réparties régulièrement sur son contour.



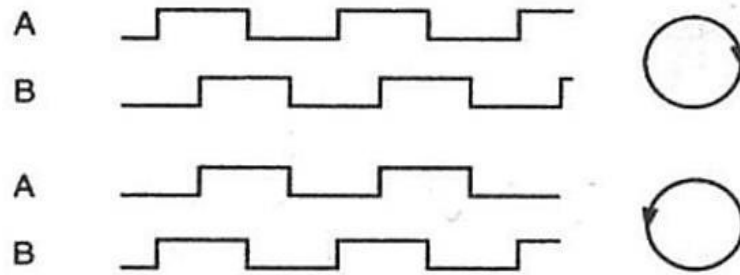
**Figure II.14 :** Disque du codeur incrémental.

Le disque comporte au maximum 3 pistes. Une ou deux pistes extérieures divisées en Nb intervalles d'angles égaux alternativement opaques et transparents.

Pour un tour complet du codeur, le faisceau lumineux est interrompu Nb fois et délivre Nb signaux carrés A et B.

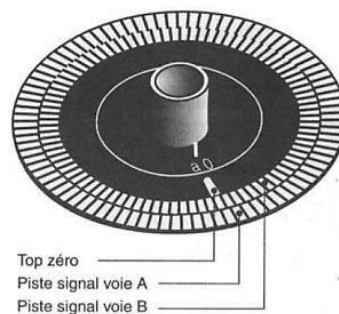
Le déphasage de  $90^\circ$  électrique des signaux A et B permet de déterminer le sens de rotation :

- Dans un sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à zéro.
- Dans l'autre sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à un.



**Figure II.15 :** Signaux carrés (A et B) et sens de rotation.

La piste intérieure (top zéro) comporte une fenêtre transparente et délivre un seul signal par tour.



**Figure II.16 :** Les pistes de disque du codeur incrémental.

Le comptage/décomptage des impulsions par l'unité de traitement permet de définir la position du mobile.

- **Variateur de vitesse**

C'est un équipement conçu pour commander les moteurs à des vitesses bien spécifiées, il est indispensable dans toutes les industries.

Un variateur de vitesse redresse la tension alternative réseau (CA) en une tension continue (CC), ensuite il convertit cette tension en une tension alternative d'amplitude et de fréquence variable.

La tension et la fréquence variable offrent ainsi des possibilités de régulation infinies de vitesse pour les moteurs standards triphasés à courant alternatif.



**Figure II.17 :** Variateur de vitesse SINAMICS G120.

- **Ventilateur**

C'est un appareil destiné, comme son nom l'indique, à créer un courant d'air afin de refroidir les composants de l'armoire électrique de la machine.

### **II.6.1.2. Les capteurs**

#### **II.6.1.2.1. Les capteurs inductifs**

Les capteurs inductifs sont des capteurs produisant un champ magnétique à leur extrémité, et qui permettent de détecter n'importe quel objet conducteur situé à une distance dépendante du type du capteur. Si un matériau conducteur se trouve dans la zone d'action du capteur, celui-ci sera automatiquement détecté.



**Figure II.18 :** Capteur inductif.

#### **II.6.1.2.2. Les capteurs photoélectriques**

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité, il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur, la détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux.

Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande, les récepteurs ont comme élément de base des dispositifs sensible au rayonnement infrarouge.

La détection est réalisée selon deux procédés :

- ✓ Blocage du faisceau par la cible.
- ✓ Renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.



Figure II.19 : Capteur photoélectrique.

### II.6.2. Etude mécanique

Le circuit mécanique de la station de banderolage est constitué des composants suivants :

#### II.6.2.1. Le vérin pneumatique

Un vérin pneumatique (figure II.20) est un actionneur linéaire dans lequel l'énergie de l'air comprimé est transformée en travail mécanique.



Figure II.20 : Vérin pneumatique.

#### II.6.2.2. Le moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone triphasé (figure II.21) est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor qui est bobiné ou à cage d'écurieul.

Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation de courants de Foucault.



Figure II.21 : Moteur asynchrone triphasé.

### II.6.2.3. Groupe des convoyeurs

Le convoyeur de palette est spécialement adapté pour la manutention des palettes et autre charges lourdes à fond plat, il est de conception fiable et robuste.

Le transport de la palette dans notre station est garanti par une série de huit convoyeurs (figure II.22) qui sont à l'ordre suivant :

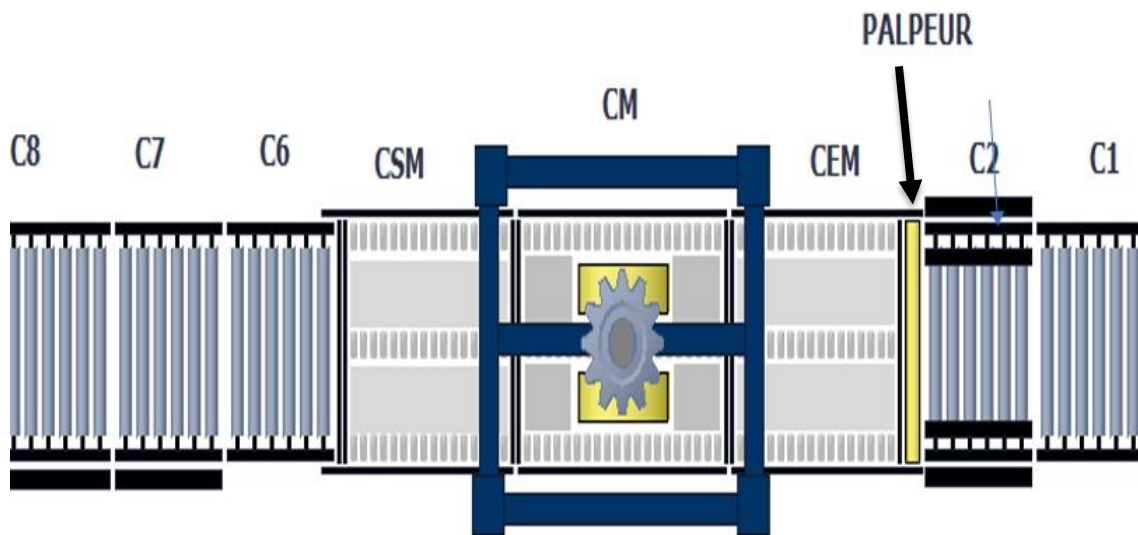


Figure II.22 : Groupe de convoyeur de notre station.

Tels que :

- Les convoyeurs C1, C2, C6, C7 et C8 sont des convoyeurs à rouleaux motorisés.
- Les convoyeurs CEM (convoyeur entrée machine), CM (convoyeur machine : banderoleuse) et CSM (convoyeur sortie machine) sont des tapis roulants.

### IV.2.4 Chariot porte bobine

C'est un système effectuant un mouvement de translation vertical alternatif tout au long du bras rotatif, portant avec lui la bobine du film, comme le montre la figure suivante :

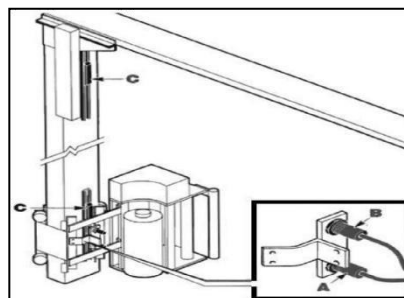


Figure II.23 : Chariot porte bobine.

### II.6.2.4.1. Chaîne fonctionnelle de pré-étirage

Le sous-ensemble est constitué d'un chariot qui supporte :

- Deux rouleaux d'entrainements et de pré-étirage (1) ;
- Un moteur asynchrone triphasé qui entraine les rouleaux (2) ;
- Un moteur à courant continue qui permet de contrôler la tension du film (3) ;
- Un bras de détection du film (4).

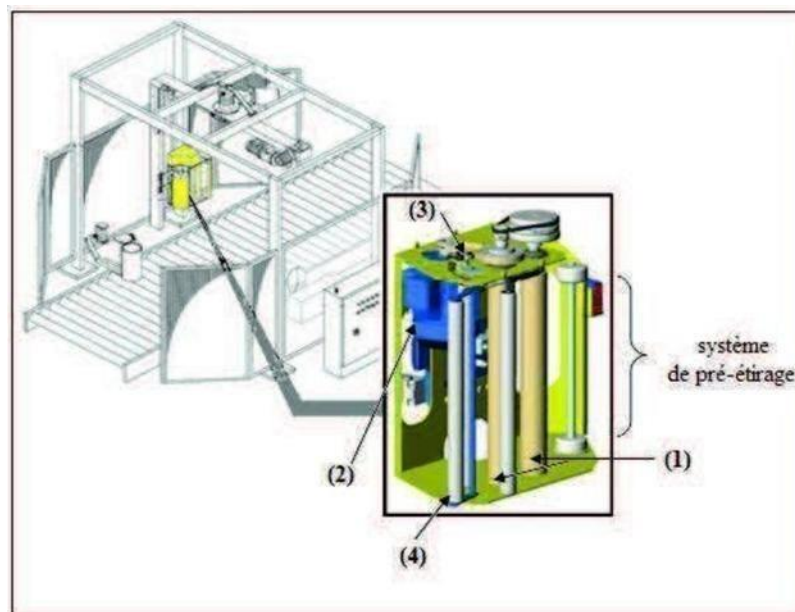


Figure II.24 : Représentation du chariot et de ses constituants.

### II.6.2.4.2. Chaîne fonctionnelle d'entraînement du Bras et de levage du chariot

Le sous-ensemble est constitué d'un bras tournant qui supporte :

- Un moteur asynchrone triphasé qui fait tourner le bras (1) ;
- Une transmission par pignons entre le moteur et le bras (2) ;
- Un moteur asynchrone triphasé de levage chariot (3).

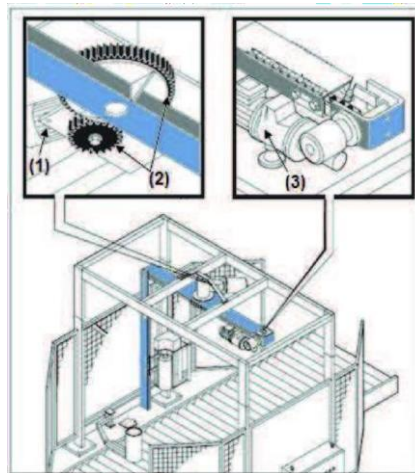


Figure II.25 : Représentation du bras et de ses constituants.

### II.6.2.5. Pince de préhension

La pince de préhension sert à bloquer le film pour qu'il soit coupé par le groupe de coupe. Elle est représentée dans la figure suivante :

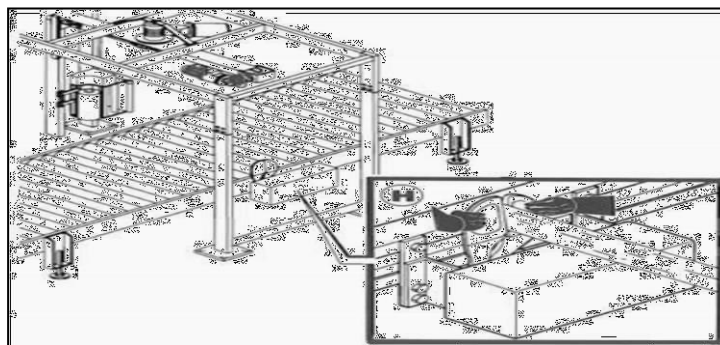


Figure II.26 : La Pince de préhension.

### II.6.2.6. Groupe de coupe film

Le groupe de coupe est constitué principalement des éléments suivants :

#### ❖ Résistance de coupe film

C'est une Résistance électrique qui va chauffer le film jusqu' à ce qu'il se coupe, par effet de chaleur.

#### ❖ Tampon

C'est une plaque en caoutchouc qui va presser le bord du film libre, après la coupure pour qu'il reste collé à la charge.

La figure II.27 illustre ce système :

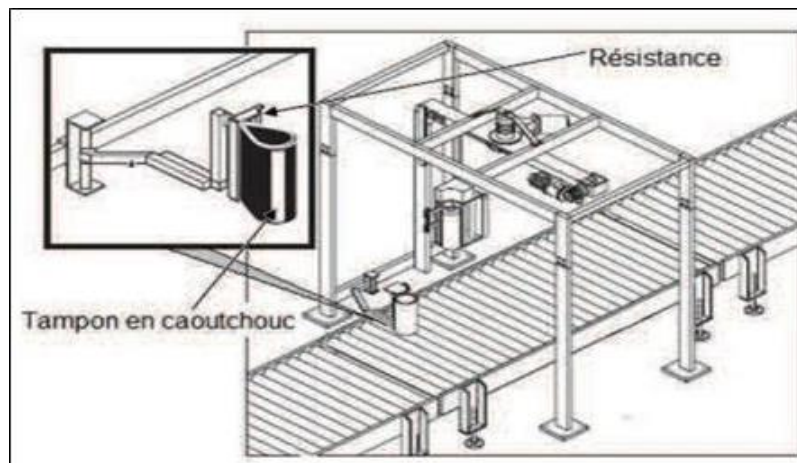


Figure II.27 : Le groupe de coupe film.

### II.7. Le principe de fonctionnement de la banderoleuse

#### II.7.1. Liste des capteurs et actionneurs

##### II.7.1.1. Liste des capteurs

Capteurs	Rôles
SP	Signal palettiseur indique présence palette sur le convoyeur palettiseur
CP1	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C1
CP2	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C2
CP5	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C5
CP6	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C6
CP7	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C7
CP8	Capteur de présence de la palette sur le convoyeur C8
Crecul	Capteur qui indique que le vérin du centreur est en arrière
pal	Capteur de présence du palpeur
mph	Capteur de présence indiquant la machine en phase
SD	Capteur de présence indiquant la soudeuse
C bas	Capteur de présence indiquant le chariot en bas
C haut	Capteur de présence indiquant le chariot en haut
Pb	Capteur de présence de la bobine
CO	Capteur inductif indiquant les ciseaux ouverts
CF	Capteur inductif indiquant les ciseaux fermés

FB	Fin de banderolage
lp	Longueur palette
da	Distance arrêt palette
ds	Distance sortie palette
X	½ longueur convoyeur
Y	½ longueur palette
table 1	Capteur de présence du niveau bas de la table
table 2	Capteur de présence du niveau haut de la table

**Tableau II.2 :** Liste des capteurs.

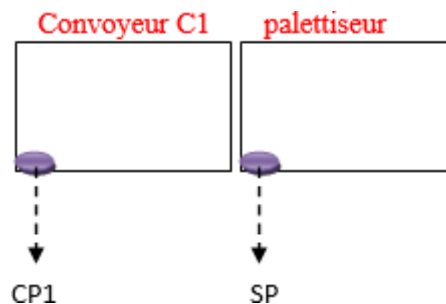
### II.7.1.2. Liste des actionneurs

V1+	Electrovanne qui commande la sortie du vérin centreur V1
V1-	Electrovanne qui commande la rentrée du vérin centreur V1
V2+	Electrovanne qui commande la sortie du vérin centreur V2
V2-	Electrovanne qui commande la rentrée du vérin centreur V2
V+	Electrovanne qui commande la sortie du vérin soudeuse V
V-	Electrovanne qui commande la rentrée du vérin soudeuse V
MC1	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C1
MC2	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C2
MC3	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C3
MC4	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C4
MC5	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C5
MC6	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C6
MC7	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C7
MC8	Moteur asynchrone triphasé du convoyeur C8
Mch h	Moteur asynchrone triphasé du chariot en position haute
Mch b	Moteur asynchrone triphasé du chariot en position basse
MA	Moteur asynchrone triphasé de l'anneau
MB	Moteur asynchrone triphasé de la bobine
R1	Résistance chauffante N° 1 de la soudeuse
R2	Résistance chauffante N° 2 de la soudeuse
OUV	Ouverture des ciseaux
FERM	Fermeture des ciseaux

**Tableau II.3 :** Liste des actionneurs.

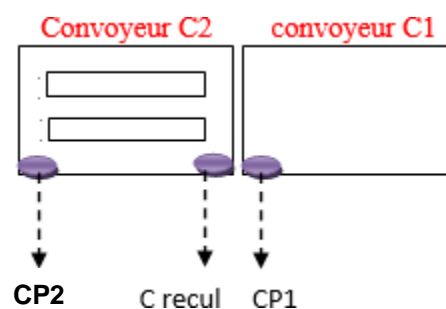
### II.7.2. Cahier des charges

Le transport entrée palette est assuré par un convoyeur palettiseur (partie non étudiée dans notre projet) qui possède un capteur de présence palette **SP** (signal palettiseur) qui sert à détecter la présence palette sur ce convoyeur, qui actionnera le moteur de charge **MC1** pour déplacer la palette vers le convoyeur **C1** ; si le capteur de présence **CP1** du convoyeur **C1** n'a rien détecté.



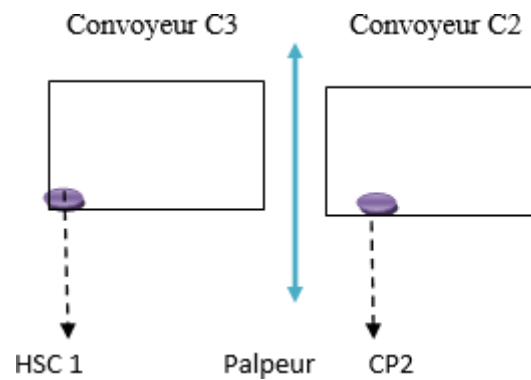
Le convoyeur **C1** possède un capteur de présence palette **CP1** qui sert à détecter la présence palette, qui actionnera les moteurs de charge **MC1** et **MC2**, si le capteur **CP2** n'a pas détecté de palette et le capteur de présence **Crecul** détecte le retour des vérins **V1** et **V2** à leurs positions initiales, pour déplacer la palette vers le convoyeur **C2** (convoyeur centreur).

Une fois que la palette est présente sur le convoyeur **C2** et que le capteur inductif **CP2** détecte la présence de cette palette, le moteur **MC2** s'arrête directement.



À ce niveau la palette sera centrée à l'aide de deux vérins **V1** et **V2** pendant **3 secondes**.

Et s'il n'y a pas déjà présence de palette sur le convoyeur **C3** (convoyeur entrée machine), les moteurs **MC2** et **MC3** se mettent en marche pour la déplacer du convoyeur **C2** vers le convoyeur suivant (**C3**).



Lors de son déplacement, dès qu'elle touche le palpeur (qui se situe entre **C2** et **C3**) il descend grâce à son poids (environs une tonne), et après une durée de **5 secondes** un encodeur **HSC1**, (qui est placé sur le convoyeur **C3**, qu'on considère comme un capteur imaginaire qui nous indique l'absence ou la présence de la palette), commence le comptage des impulsions pour déduire la longueur de la palette qui sera enregistrée dans une mémoire, jusqu'au moment où la palette ne touche plus le palpeur (c-à-d qu'elle est complètement sur le convoyeur **C3**).

Cette longueur est calculée par la règle de trois suivante :

1 impulsion  $\rightarrow$  0.75 mm

Nombre total d'impulsions  $\rightarrow$  longueur palette (mm)



Longueur palette (mm) = nombre total d'impulsions \* 0.75 mm

Pour une palette existante à l'unité de production d'eau Lalla khedidja qui a une longueur de 120cm, il faut 1600 impulsions pour un positionnement parfait de cette palette sur ce convoyeur.

Pour notre cas, on souhaite réaliser une solution programmable qui sera valide pour n'importe quelle palette à emballer.

La montée du palpeur vers sa position initiale provoque l'arrêt du premier comptage (longueur palette **lp**).

L'arrêt de la palette sur le convoyeur **C3** se fait automatiquement par calcul d'impulsions par le **HSC1** qui fait convertir ces informations informatiques à des distances calculées par l'équation suivante :

$$da = df - lp$$

Distance arrêt = 140 cm – longueur palette calculée précédemment ;

Avec :

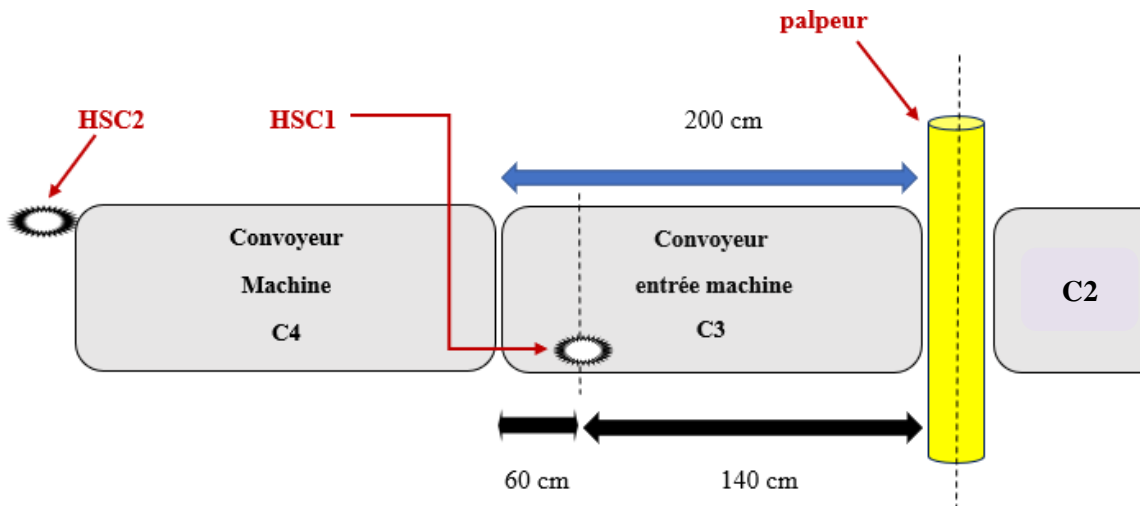
**da** = distance arrêt ;

**df** (distance fixe) = 140 cm ;

**lp** = longueur palette calculée précédemment ;

longueur convoyeur = 200 cm ;

distance sortie palette = 60 cm.



Pour que la palette passe au convoyeur machine (**C4**), la condition d'absence palette sur ce convoyeur doit être vérifiée, cette dernière est assurée par un autre encodeur **HSC2** qui fonctionne de la même manière que le premier encodeur (**HSC1**).

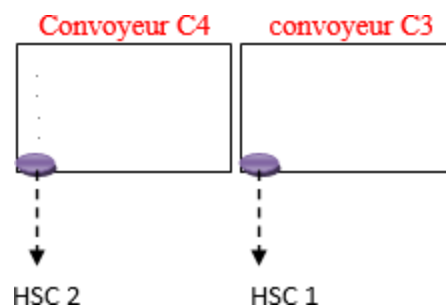
Une fois la condition est vérifiée et la machine banderoleuse se positionne dans les conditions de début de cycle :

- Le bras vertical de rotation en position synchronisée, noté **mph** ;
- Le chariot porte-bobine en bas en position de départ, noté **CB** ;
- Le groupe de coupe doit être en arrière, noté **SD** (soudeuse), **PB** (présence bobine), **CF** (ciseaux fermé).

On a ensuite la mise en marche de ces 2 tapis roulants (**C3** et **C4**) simultanément qui se fait par :

## Chapitre II Description et fonctionnement de la station de banderolage

- L'activation du comptage rapide **HSC1** qui va convertir la distance fixe **ds (60 cm)** en nombre d'impulsions nécessaire. Une fois cette distance exigée est atteinte, le convoyeur **C3** se met à l'arrêt automatiquement ainsi le **HSC1**.
- L'activation du comptage rapide **HSC2** (se fait automatiquement dès que la palette rentre au convoyeur **C4**) qui a deux rôles principaux :
  - ✓ Le premier consiste à positionner la palette au centre du convoyeur **CM** (convoyeur machine **C4**) par un ensemble de calculs :
    - ✚ Le **HSC2** convertit la distance fixe **X** qui représente la moitié de la longueur du convoyeur **C4** (1 mètre) en nombre d'impulsions nécessaire.
    - ✚ De la même manière, il convertit cette fois-ci la distance **Y** qui représente la moitié de la longueur palette qui a été déjà enregistrée dans une mémoire.
  - ✓ Le deuxième joue le rôle d'un capteur imaginaire, au lieu de placer un capteur de présence pour détecter la palette sur **C4**, l'activation de **HSC2** l'indique. C'est-à-dire lors de l'actionnement de **HSC2**, le convoyeur **C4** reçoit un signal indiquant l'autorisation de la rentrée de la palette.



L'arrêt de la palette au centre de la machine fait arrêter le moteur **MC4** et monter la table pour commencer le banderolage.

Le bras commence sa rotation à vitesse lente, la vitesse de régime est atteinte après un tour complet.

L'ouverture de la pince de blocage du film se fait automatiquement. Le bord du film laissé libre par la pince est bloqué par des ciseaux.

## Chapitre II Description et fonctionnement de la station de banderolage

Lorsque le nombre de tours programmé à la base de la palette est effectué, le chariot porte bobine, commence son mouvement vertical vers le haut. Il s'arrêtera automatiquement sur commande de la photocellule de détection de la palette, noté capteur chariot haut **C haut**.

Lorsque le nombre de tours programmé à l'extrémité supérieure de la palette est effectué, le chariot commence sa course vers le bas dont l'arrêt sera commandé par le capteur chariot bas **C bas**.

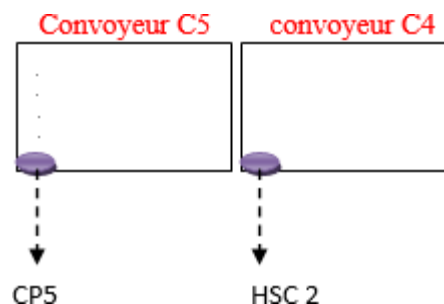
Au terme de l'avant dernier tour ; le groupe de coupe effectue la coupe du film en aval de la pince par une soudeuse qui a deux résistances chauffantes (**R1** et **R2**).

Le bord de film libre pressé par le tampon reste collé à la charge par adhésivité naturelle.

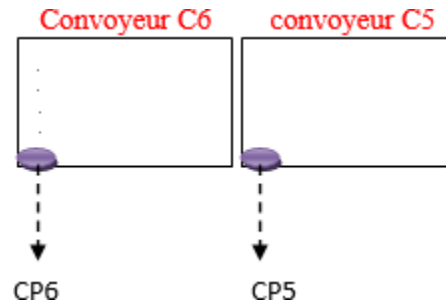
La fermeture de la pince de blocage du film se fait automatiquement par la fermeture des ciseaux.

Lorsque le bras atteint la limite inférieure de sa course qui est commandée par le capteur **mph**, il arrête son mouvement rotationnel et la table descend.

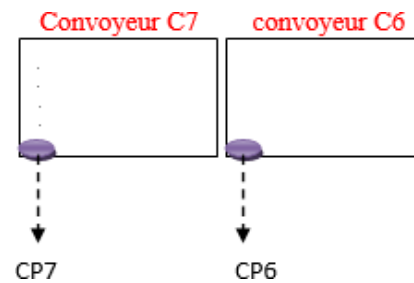
La machine envoie un signal **FB** (fin de banderolage) au convoyeur **C4** pour l'évacuation de la palette filmée au convoyeur prochain (**C5**), qui actionnera les moteurs de charge **MC4** et **MC5**, si le capteur **CP5** n'a rien détecté.



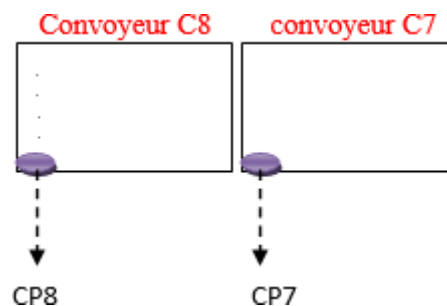
Une fois que la palette est présente sur le convoyeur **C5** et que le capteur de présence **CP6** n'a pas détecté la présence de la palette sur le convoyeur **C6**, les moteurs de charge **MC5** et **MC6** se mettent en marche pour déplacer cette palette.



Une fois que la palette est présente sur le convoyeur **C6** et que le capteur de présence **CP7** n'a pas détecté la présence de la palette sur le convoyeur **C7**, les moteurs de charge **MC6** et **MC7** se mettent en marche pour déplacer cette palette.



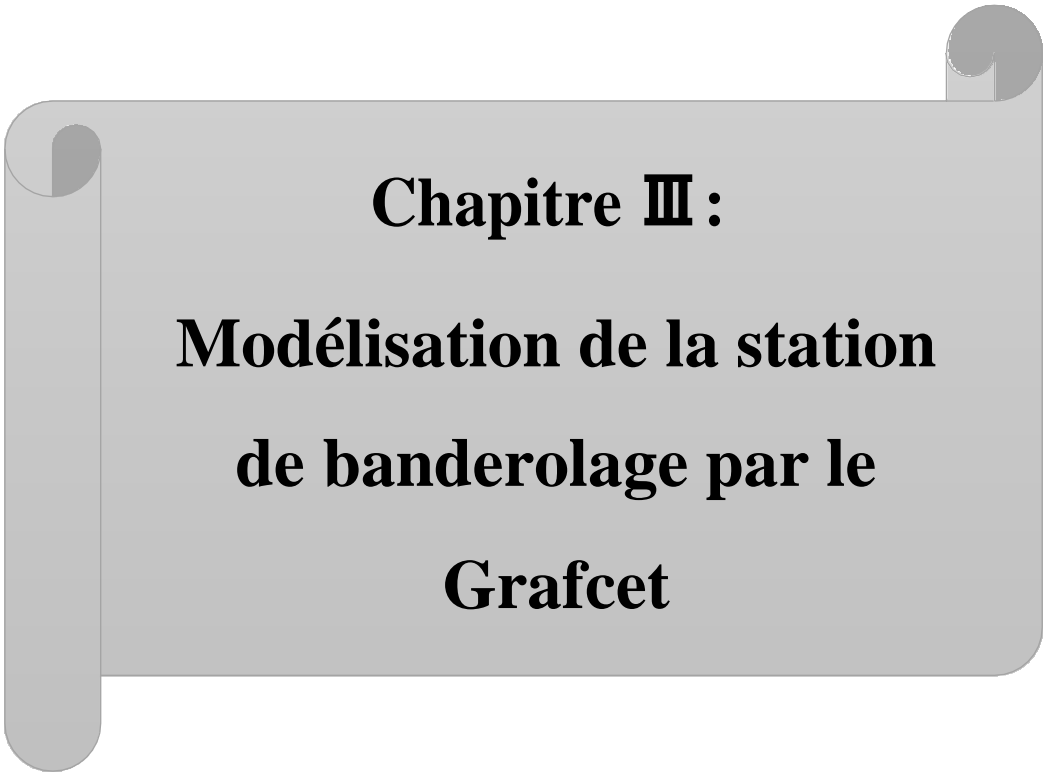
Une fois que la palette est présente sur le convoyeur **C7** et que le capteur de présence **CP8** n'a pas détecté la présence de la palette sur le convoyeur **C8**, les moteurs de charge **MC7** et **MC8** se mettent en marche pour déplacer cette palette.



**Remarque :** Il existe deux capteurs de sécurité fixés au début et à la fin du convoyeur **C4** pour protéger les employés. Le passage de n'importe quel objet déclenche une alarme et désactive la machine.

### **II.8. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit la station de banderolage, ensuite nous avons fait sa description fonctionnelle détaillée et ses différents composants. Par la suite nous avons expliqué son mode de fonctionnement qui sera une base pour la modélisation de cette station dans le chapitre suivant.



**Chapitre III :**  
**Modélisation de la station**  
**de banderolage par le**  
**Grafcet**

### **III.1. Introduction**

Les systèmes industriels étant de nature complexe, il est nécessaire de décomposer le système en sous-systèmes plus modélisables. Par assemblage des différents modèles, il sera possible de déduire le comportement global du système complexe.

Donc pour un automaticien, la modélisation est une phase importante dans le processus de conception des automatismes industriels pour représenter le système sous une forme mathématique ou graphique en tenant compte des contraintes physiques et logiques de fonctionnement.

Le développement des ateliers flexibles et la robotisation ont imposé un outil graphique simple qui permet à partir d'un cahier des charges, qui comporte des instructions reliant la partie commande à la partie opérative ainsi que le dialogue avec l'opérateur, de résoudre un problème d'automatisation et d'établir le cycle de fonctionnement du système, qui est le GRAFCET.

### **III.2. Définition du GRAFCET**

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions) ou SFC (Séquentiel Fonction Chart) a été conçu par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie). [1]

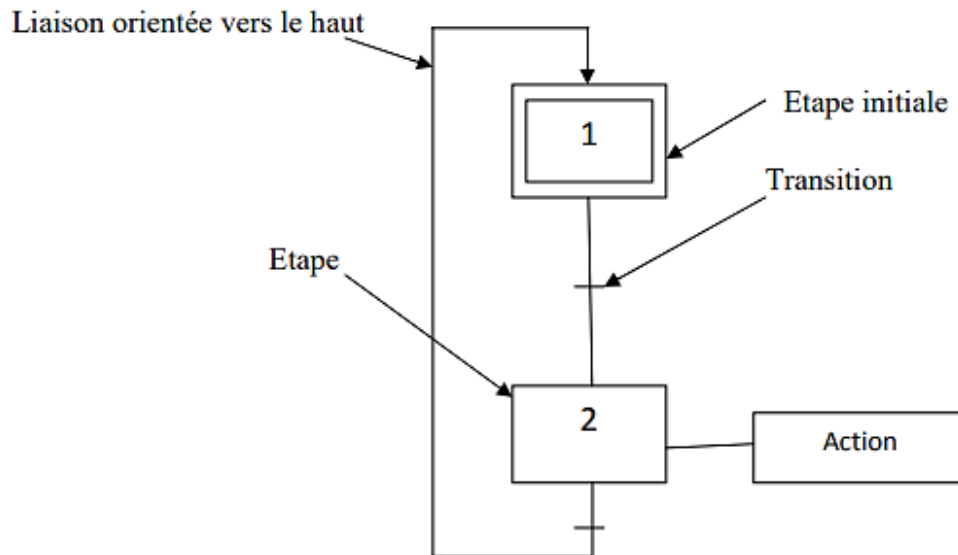
C'est une méthode de représentation graphique qui décrit, suivant un cahier des charges, les différents comportements successifs de la partie commande d'un système automatisé (ordres à émettre, actions à effectuer, événements à surveiller) en tenant compte des conditions de son fonctionnement, il apporte aussi une aide appréciable lors de l'exploitation de la machine pour les dépannages et les modifications. C'est à dire son diagramme fonctionnel peut être affiné, corrigé ou modifié sans nécessiter la remise en cause des parties déjà étudiées.

Il est parfois simple à utiliser sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

### III.3. Structure graphique de GRAFCET

Le GRAFCET utilise une succession alternée d'étapes, auxquelles sont associées des actions, des transitions avec leurs réceptivités et des liaisons orientées [9].

Sa symbolisation est représentée par la figure suivante :

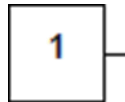


**Figure III.1** : Symbolisation du GRAFCET.

- **Etape initiale** : Elle caractérise l'état du système au début du fonctionnement.



- **Etape** : Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée. Une étape est soit active, soit inactive.

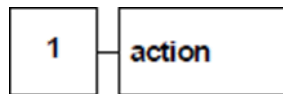


- **Etape active** : L'activité d'une étape est matérialisée par un jeton.



- **Action** : L'action est associée à une étape, elle est active lorsque le cycle est arrivé à cette étape. L'action doit être stable pendant toute la durée de l'étape.

Il est possible de définir les actions conditionnelles, temporisé. (Électrovanne, enclenchement d'un contacteur...).



- **Transition** : Une transition correspond à une condition de passage d'une étape vers une autre. Une seule transition doit séparer deux étapes.

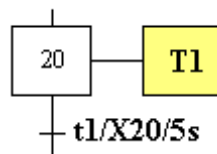


- **Réceptivité** : A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité, qui est une fonction booléenne écrite, de façon symbolique ou littérale, à droite du symbole de la transition.



- **Temporisation** : Dans certains cas, les automatismes nécessitent des temps d'attente, des temporisations. Ces évènements (fin de temporisation) sont associés à des transitions. L'écriture peut varier selon le compilateur utilisé. La norme adopte cette écriture :

- t1 : numéro de la temporisation ;
- X20 : évènement qui déclenche la temporisation ;
- 5s : durée de la temporisation.



**Figure III.2** : Temporisation.

- **Liaison orientée** : Une liaison est un arc orienté, ne pouvant être parcouru que d'un sens, reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. À une extrémité d'une liaison il y a une étape, à l'autre une transition.



### III.4. Structure de base du GRAFCET

Pour un grafcet, on distingue quatre structures :

#### III.4.1. Structure linéaire

Le début du grafcet est constitué d'une suite d'étapes qui peuvent être activées les unes après les autres. Cette suite d'étape est appelée une séquence unique.

Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chacune d'elle n'est validée que par une seule étape.

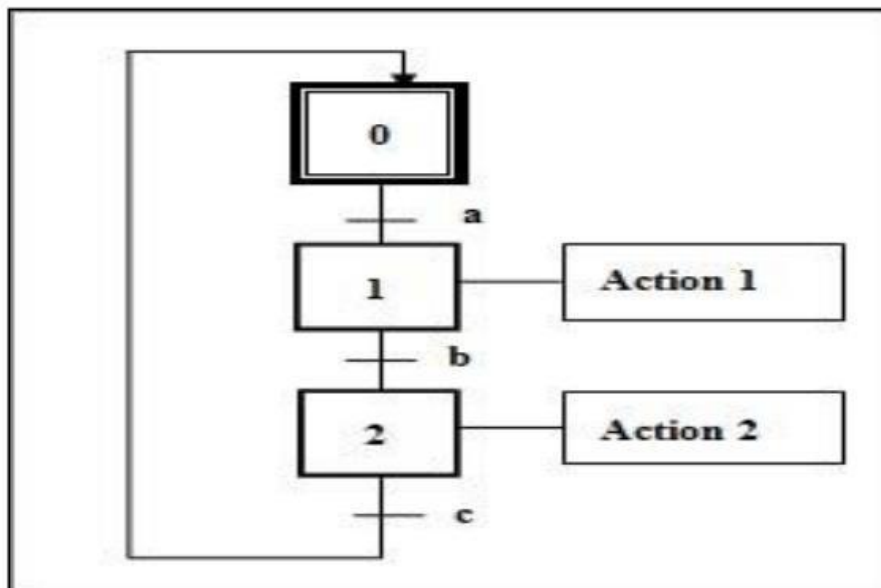


Figure III.3 : Structure linéaire du grafcet.

#### III.4.2. Séquences alternatives (Convergence et divergence en OU)

Une divergence est une liaison multiple d'un symbole Grafcet (étape ou transition) vers plusieurs autres symboles Grafcet.

La convergence est une liaison multiple de plusieurs symboles Grafcet vers le même symbole. Une distinction est faite entre divergence et convergence simple ou double.

- **Divergence** : est une liaison multiple depuis une étape vers plusieurs transitions. Elle représente plusieurs possibilités dans le séquençage du procédé.
- **Convergence** : est une liaison multiple depuis plusieurs transitions vers la même étape. Elle est utilisée pour regrouper les branches ouvertes sur une divergence simple.

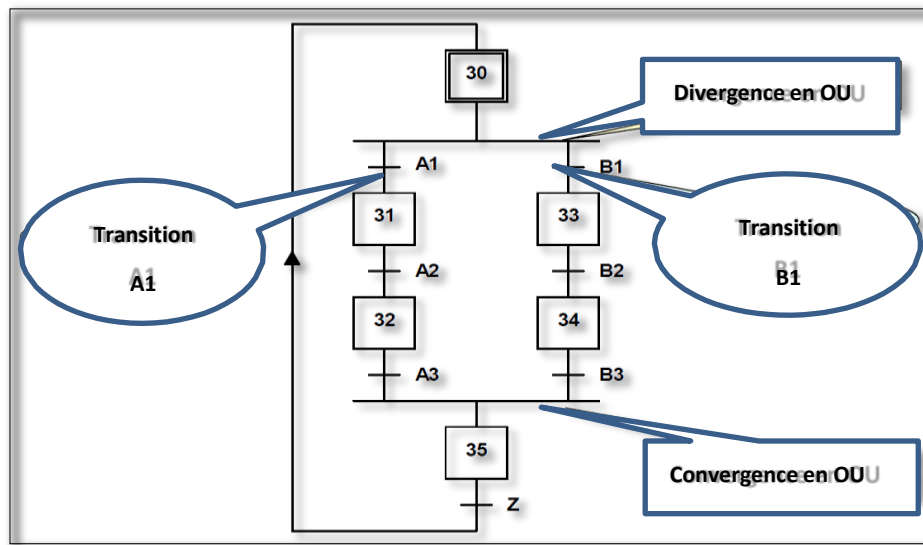


Figure III.4 : Exemple de Grafcet type OU.

### III.4.3. Séquences simultanées (convergence et divergence en ET)

- **Divergence** : est une liaison multiple depuis une transition vers plusieurs étapes. Elle représente généralement des opérations parallèles dans le séquençage du procédé.
- **Convergence** : est une liaison multiple depuis plusieurs étapes vers la même transition. Elle est généralement utilisée pour regrouper les branches ouvertes sur une divergence double. On les représente par des lignes horizontales doubles.

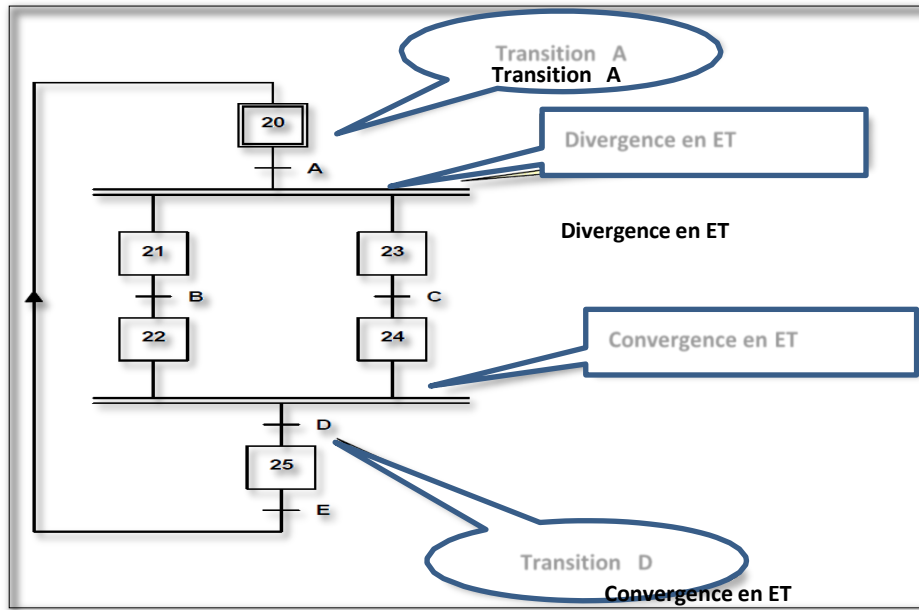


Figure III.5 : Exemple de Grafcet type ET.

#### III.4.4. Sauts d'étapes et reprise d'étapes

Saut d'étapes et reprise d'étapes sont deux formes particulières de séquences alternatives.

Le saut d'étape permet d'éviter l'exécution de certaines étapes.

La reprise d'étape permet d'exécuter à nouveau un ensemble d'actions.

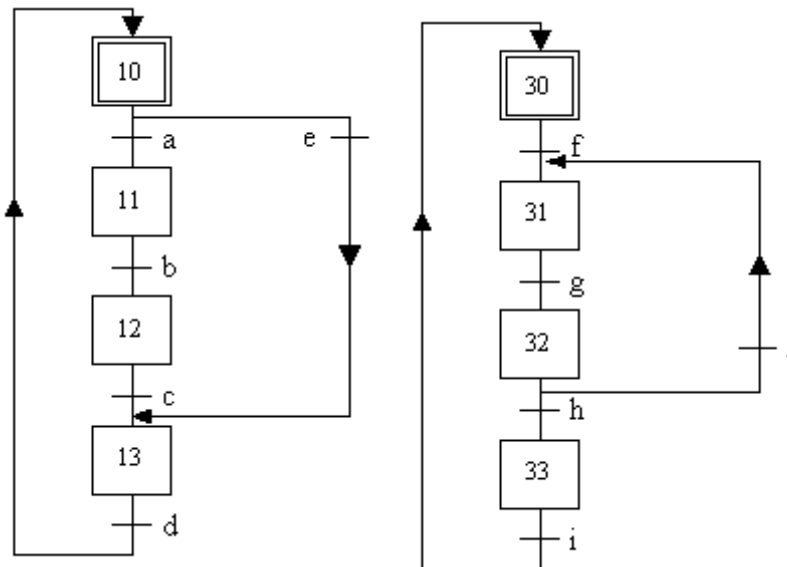


Figure III.6 : Saut d'étape et reprise d'étapes.

### III.5. Les niveaux du GRAFCET

Pour aborder de façon progressive l'étude d'un automatisme, le Grafcet a deux niveaux. Le premier prend en compte les spécifications fonctionnelles quant aux spécifications technologiques, elles font l'objet du niveau 2 [4].

#### III.5.1. Grafcet de niveau 1

Il définit d'une manière explicite le fonctionnement de la machine et permet une compréhension globale du système. On l'appelle aussi le niveau de la partie commande, car il décrit l'aspect fonctionnel du système et des actions à faire, par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée.

Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

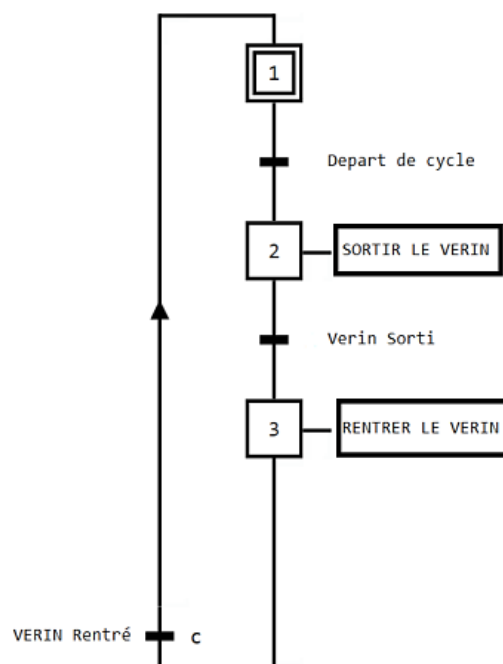


Figure III.7 : Exemple de Grafcet niveau 1.

#### III.5.2. Grafcet de niveau 2

Grafcet niveau 2 appelé aussi le niveau de la partie opérative, car il définit les spécifications fonctionnelles et les spécifications technologiques. A ce niveau, ils doivent intervenir les renseignements sur la nature des actionneurs, des prés-actionneurs et des capteurs employés.

La représentation des actions et réceptivités est écrite en abrégations, non en mots et en une lettre majuscule.

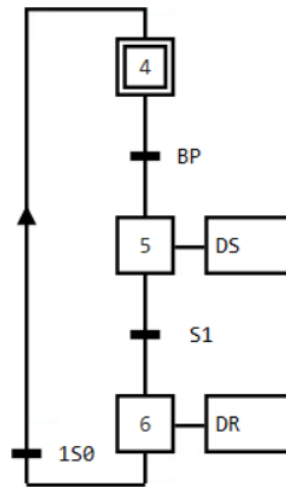


Figure III.8 : Exemple de Grafcet niveau 2.

## III.6. Règles de GRAFCET

### III.6.1. Règles de syntaxe

- ✓ L'alternance étape-transition doit être respectée.
- ✓ Deux étapes ne doivent jamais être reliées directement.
- ✓ Deux transitions ne doivent jamais être reliées directement.

### III.6.2. Règle d'évolution

L'évolution de la situation d'un automate doit toujours satisfaire aux cinq règles suivantes :

- **Règle 1 (Situation initiale)** : l'étape initiale est représentée par un carré double, l'initialisation précise les étapes actives au début de fonctionnement. Elles sont activées inconditionnellement.
- **Règle 2 (Franchissement d'une transition)** : une transition est soit validée soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont activées. Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée, et que la réceptivité associée à la transition est vraie. Une transition validée est obligatoirement franchie.

- **Règle 3 (Evolution des étapes actives)** : le franchissement d'une transition provoque simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.
- **Règle 4 (Transitions simultanées)** : plusieurs transitions simultanément franchissables, sont simultanément franchies. Cette règle de franchissement simultané permet de décomposer un GRAFCET en plusieurs parties.
- **Règle 5 (Activation et désactivation simultanées)** : si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée. L'activation doit être prioritaire sur la désactivation au niveau d'une même étape.

### III.7. Avantages du Grafcet

Ce mode présente un certain nombre d'avantage par rapport aux descriptions utilisées antérieurement :

- Il est indépendant de la matérialisation technologique de l'automatisme, que celle-ci soit câblée (en électromécanique, en pneumatique ou en électronique) ou programmée (Automate programmable, microsysteme).
- Il permet d'effectuer un choix rationnel des variables d'état et du codage de vecteur (mot d'état).
- Il traduit de façon cohérente le cahier des charges de l'automatisme, en obligeant même parfois celui-ci à être précisé.
- Il peut prendre en compte des évolutions simultanées ou des choix de plusieurs séquences.
- Il est bien adapté aux systèmes automatisés. [5]

### III.8. Elaboration du GRAFCET de la station

Pour notre programme nous avons utilisé le grafcet niveau 2. Dans la réalisation nous avons utilisé les outils de base comme les transitions et les étapes, aussi nous avons utilisé des compteurs pour calculer le nombre de tours, les divergences-convergence en ET, des sauts et des retours.

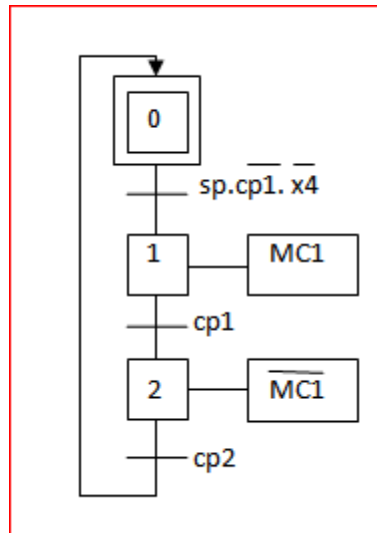


Figure III.9 : GRAFCET du passage du palettiseur vers C1.

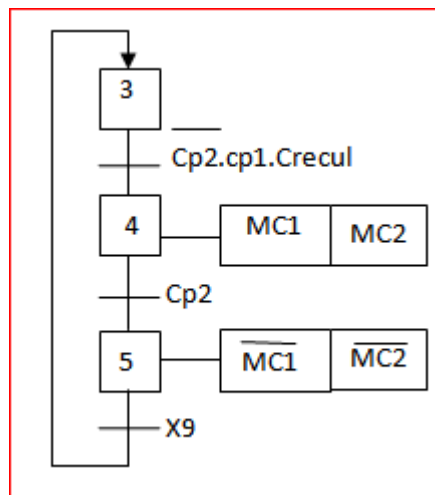


Figure III.10 : GRAFCET du passage de C1 vers C2.

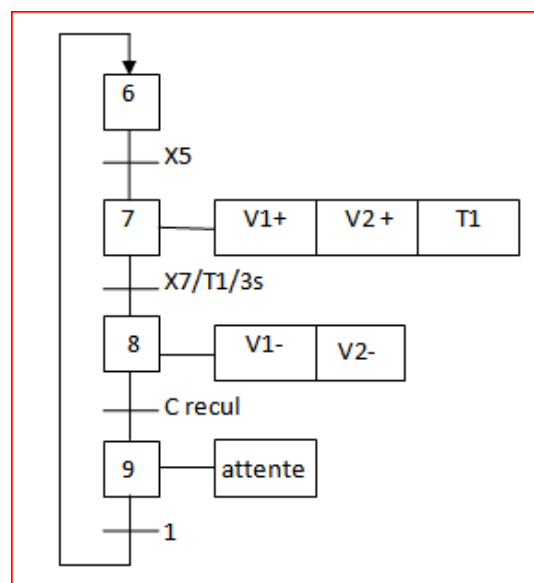


Figure III.11 : GRAFCET du centreur (situé sur le convoyeur C2).

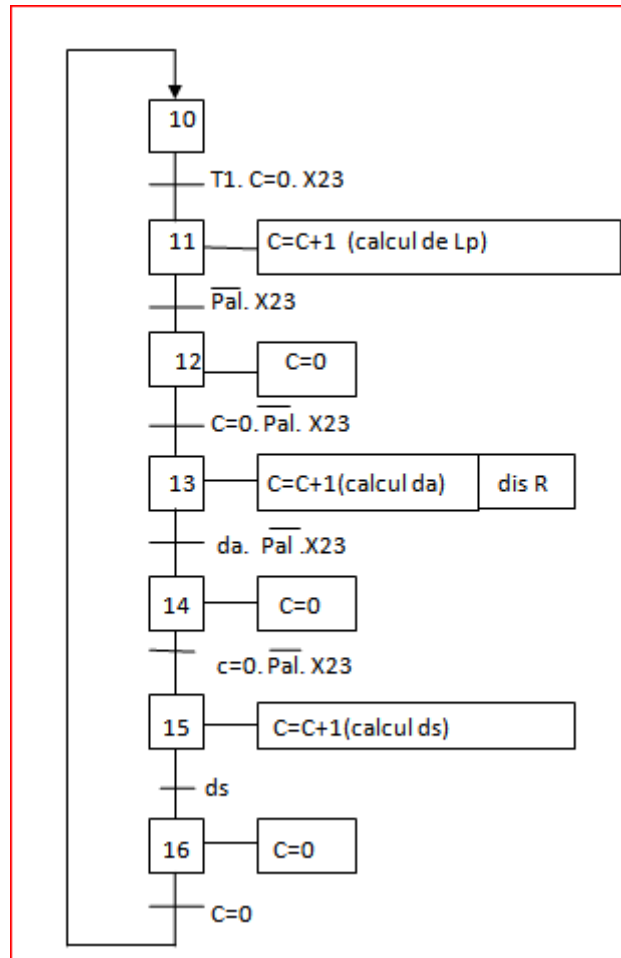


Figure III.12 : GRAFCET du HSC 1.

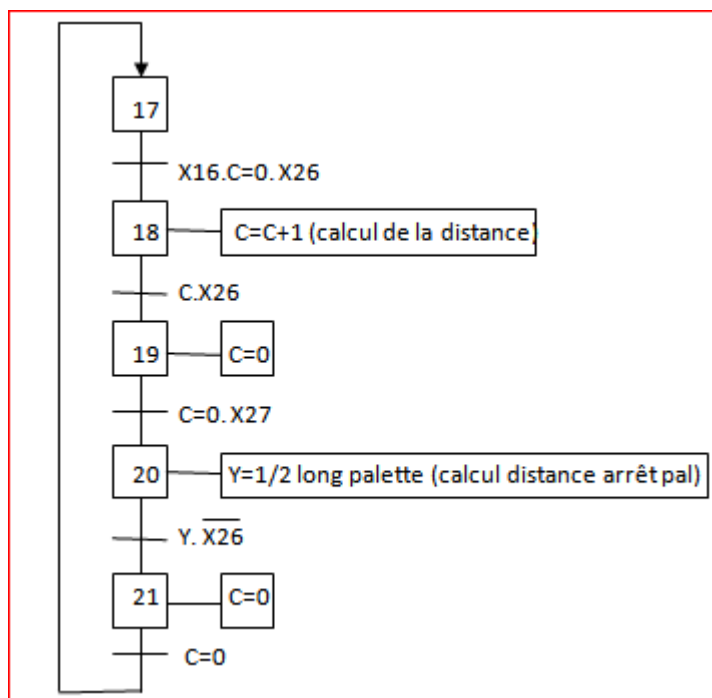


Figure III.13 : GRAFCET du HSC 2.

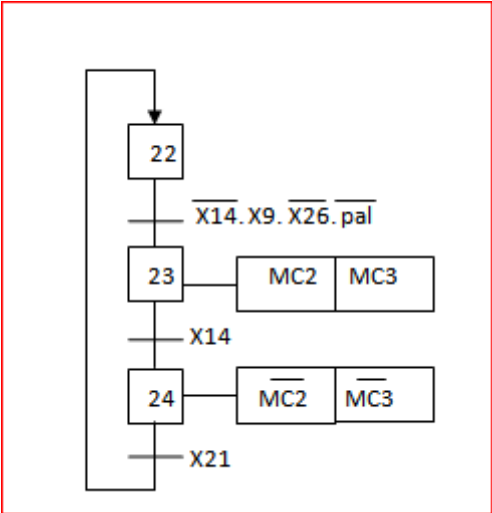


Figure III.14 : GRAFCET du passage de C2 vers C3.

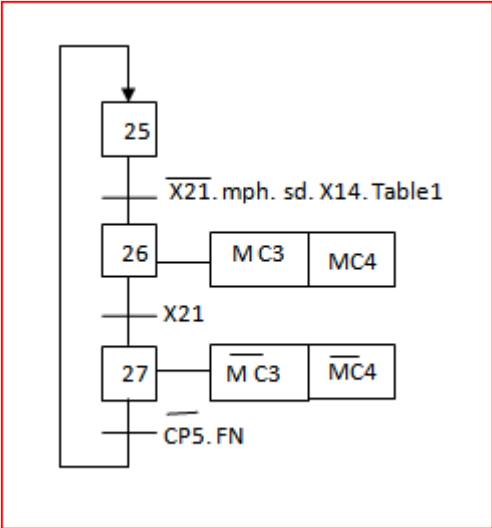


Figure III.15 : GRAFCET du passage de C3 vers C4.

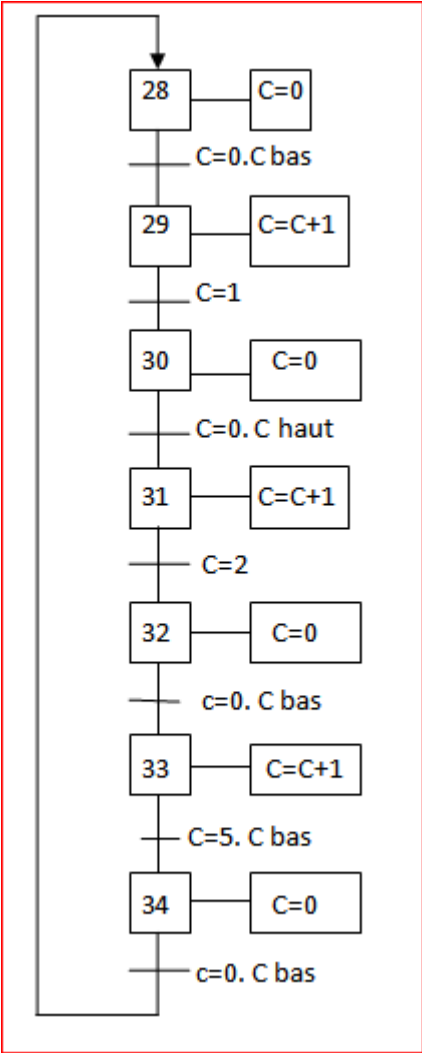


Figure III.16 : GRAFCET du compteur des tours.

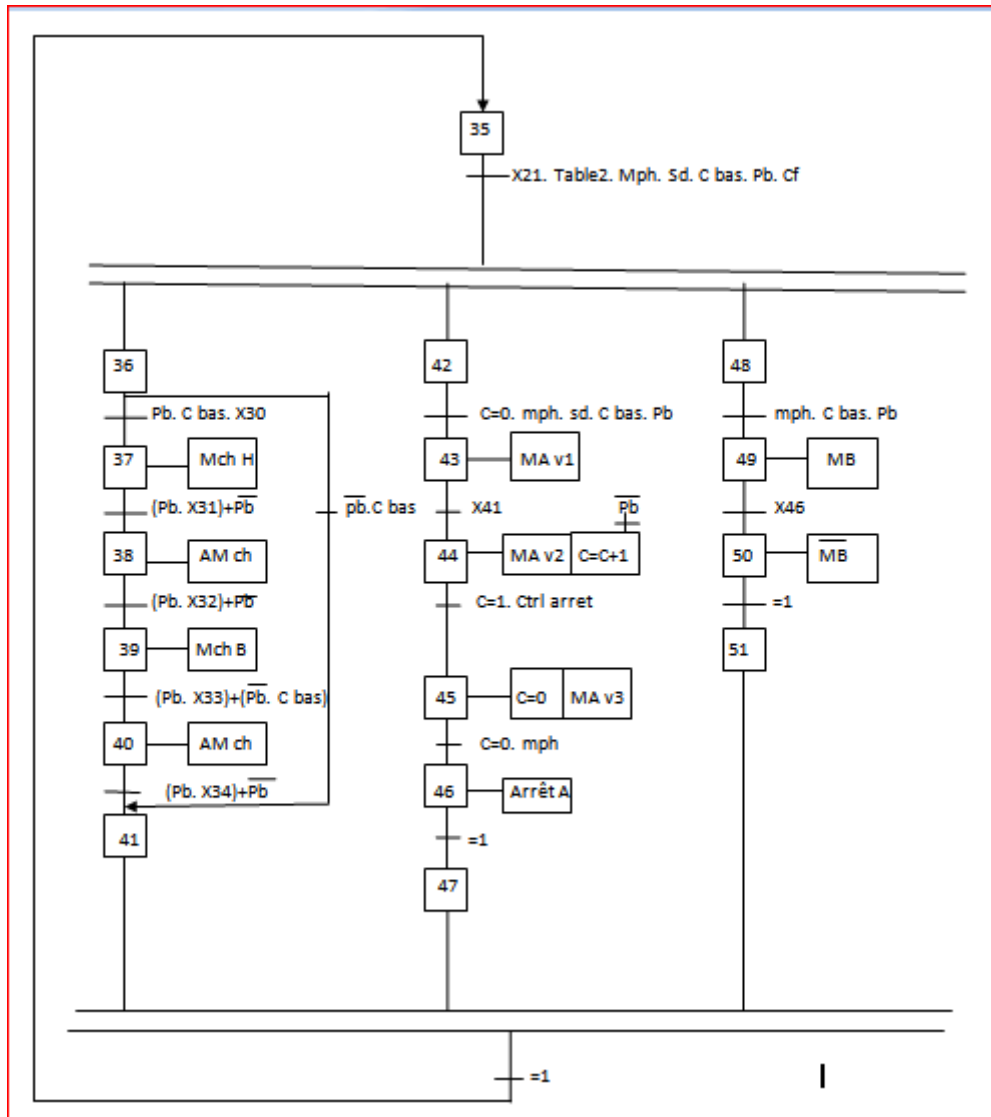


Figure III.17 : GRAFCET de la machine banderoleuse.

- **Bras en rotation**

Si la palette est en position, et toutes les conditions sont vérifiées, la table monte jusqu'à atteindre le niveau **table2**, le bras entame la rotation grâce à un moteur MA piloté par un variateur de vitesse G120. Le démarrage se fait par une première vitesse et après un tour complet, Le bras passe à la deuxième vitesse pour faire le nombre (n-1) tours programmés. Une fois qu'il est compté par un compteur, le bras revient à la première vitesse pour faire le dernier tour.

Après le passage par la position initiale **mph**, elle continue son dernier tour pour faire couper le film et elle continue avec la première vitesse avant l'arrêt total de la machine.

Pour la rotation du bras, certaines conditions doivent être satisfaites comme :

- Machine en position initiale (**mph**) ;
- Soudeuse en position arrière (**Sd**) ;
- Chariot en bas (**C bas**) ;
- Ciseaux fermés (**CF**) ;
- Présence film (**Pb**).

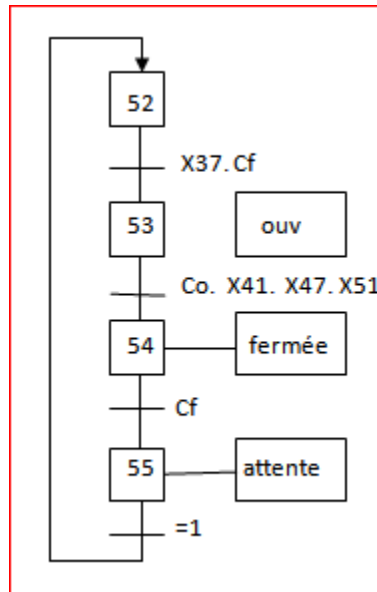
- **Le chariot**

Au départ le chariot est statique pendant quelques tours de la table. Il commence la montée pendant un certain nombre de tours programmés selon la hauteur de la palette. Une fois en haut, il redevient statique grâce à un capteur **Mch h** pour faire 2 tours. Puis il descend pour poser les cinq dernières couches et s'arrêter tout en bas par un capteur **Mch b**.

- **Moteur bobine**

Il permet de préétirer le film de la bobine grâce à un moteur **MB** piloté par un capteur analogique qui gère la tension du film. Pour le fonctionnement du moteur **MB**, il faut satisfaire certaines conditions comme :

- Présence film (**Pb**) ;
- Présence palette ;
- Rotation du bras tournant.



**Figure III.18 :** GRAFCET des ciseaux.

Les ciseaux sont composés de deux lames qui permettent de bien tenir le film.

Ils s'ouvrent et se ferment grâce à un distributeur d'air avec deux capteurs inductifs pour fermeture (CF) et ouverture (CO).

Elle fonctionne sous certaines conditions à donner :

- Présence film ;
- Sécurité non enclenchée ;
- Présence palette.

L'opération d'ouverture et fermeture des ciseaux (ou bien la pince) se fait selon le processus suivant :

Au départ le film est accroché manuellement à la pince qui est fermée, puis elle s'ouvre juste au démarrage de la rotation du bras tournant qui est détectée par un capteur CO.

Elle se ferme au dernier tour à une durée programmable avant l'arrêt total de la rotation du bras.

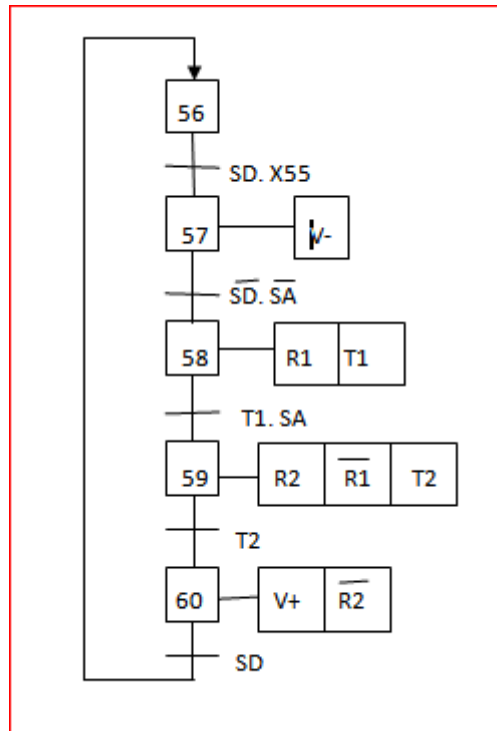


Figure III.19 : GRAFCET de la soudeuse.

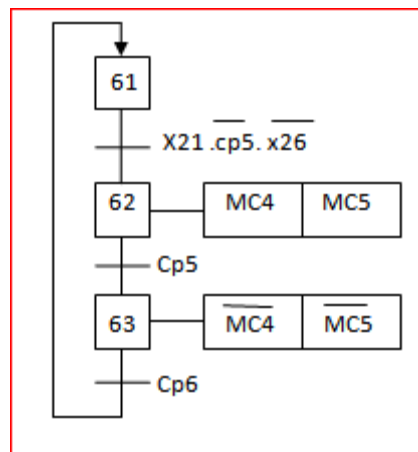


Figure III.20 : GRAFCET du passage de C4 vers C5.

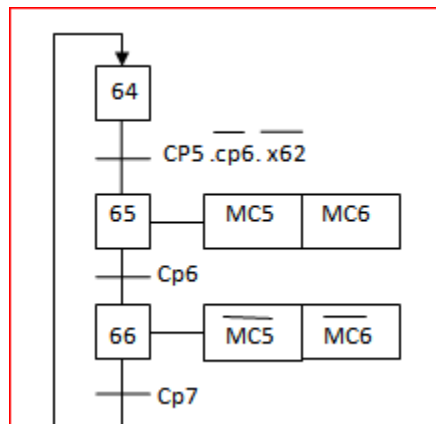


Figure III.21 : GRAFCET du passage de C5 vers C6.

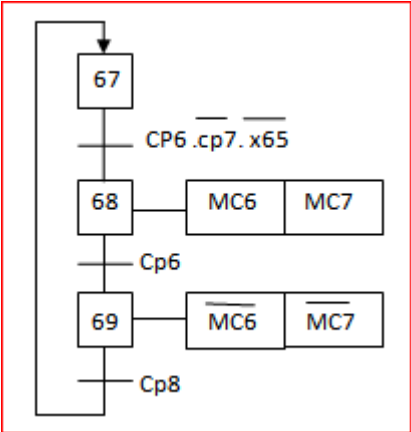


Figure III.22 : GRAFCET du passage de C6 vers C7.

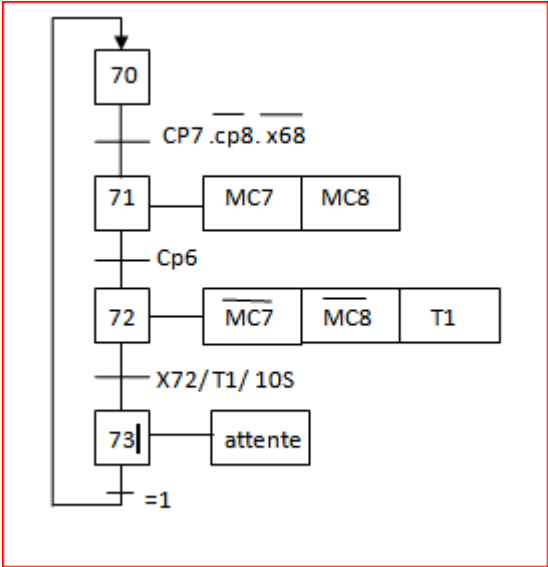


Figure III.23 : GRAFCET du passage de C7 vers C8.

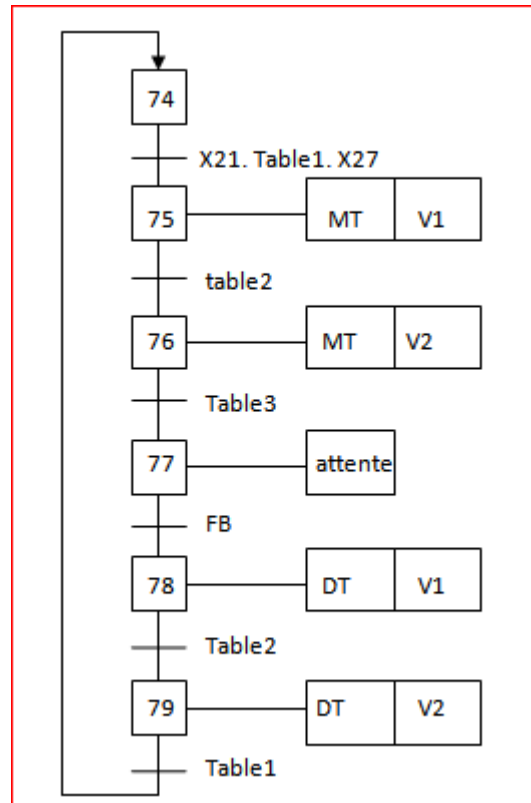


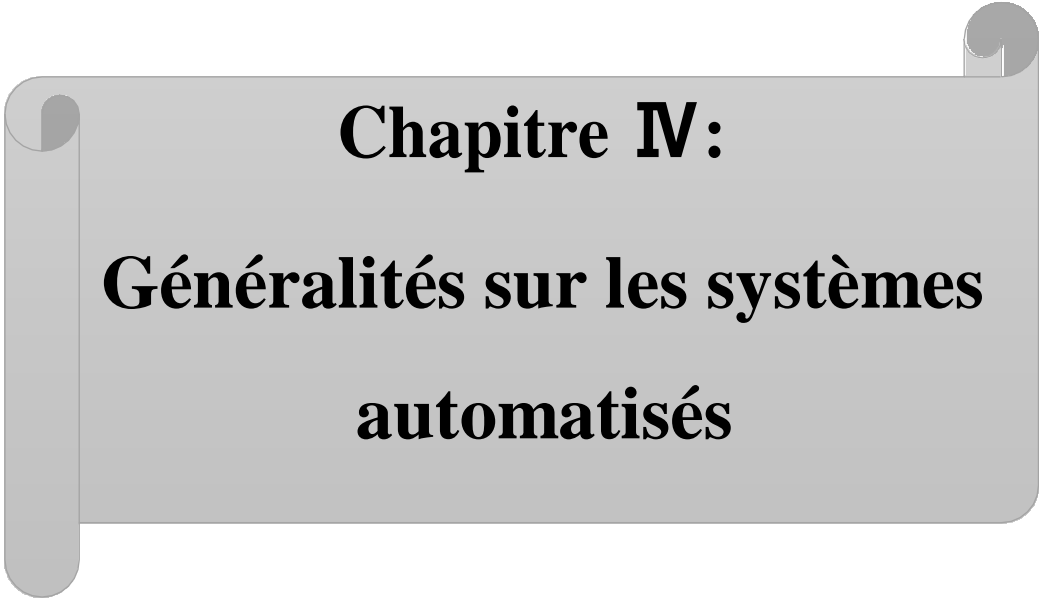
Figure III.24 : GRAFCET de la table.

### III.9. Conclusion

L'automatisation de tous systèmes nécessite une bonne modélisation assurant le bon fonctionnement de ce système. Dans ce chapitre, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide de l'outil Grafcet, nous avons élaboré le modèle en Grafcet niveau 2.

Au terme de ce chapitre, nous concluons que le GRAFCET est un outil important de modélisation et de transmission d'information, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation opérationnel, il permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet aussi de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi que, le GRAFCET facilite considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au chapitre suivant d'aborder la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé à l'aide du TIA PORTAL V16.



**Chapitre IV:**  
**Généralités sur les systèmes**  
**automatisés**

**IV.1. Introduction**

Situé au cœur de l'automatisme des systèmes, les automates programmables industriels (API) deviennent de véritables objets communicants contribuant à la montée en puissance de la télégestion. Caractérisés par des procédés complexes et de plus en plus distribués. Pour élaborer un programme de l'automate, il est impératif en premier lieu d'équiper la station du matériel nécessaire.

Un automate programmable industriel est aujourd'hui le constituant le plus répondu des automatismes, on le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services comme gestion de parkings, domotique.... Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombreuses activités économiques.

Dans notre travail, nous optons pour la gamme SIMATIC S7-1500 de Siemens vu ses diverses performances et nous utilisons pour la programmation le logiciel TIA PORTAL V16 de Siemens qui représente la nouvelle génération de logiciels d'automatisation.

Ce chapitre sera consacré à la description des systèmes automatisés ainsi que l'automate programmable industriel S7-1500.

**IV.2. Généralités sur les systèmes automatisés de production**

Un système est dit **automatisé** lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait sans intervention humaine, et que ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont vérifiées. [6]

**IV.2.1. Structure d'un système automatisé de production**

Tout système automatisé est composé de trois parties principales : partie opérative, partie commande et partie Interface Homme Machine (Supervision ou contrôle).

Selon le schéma ci-dessous, on peut voir ces différentes parties :

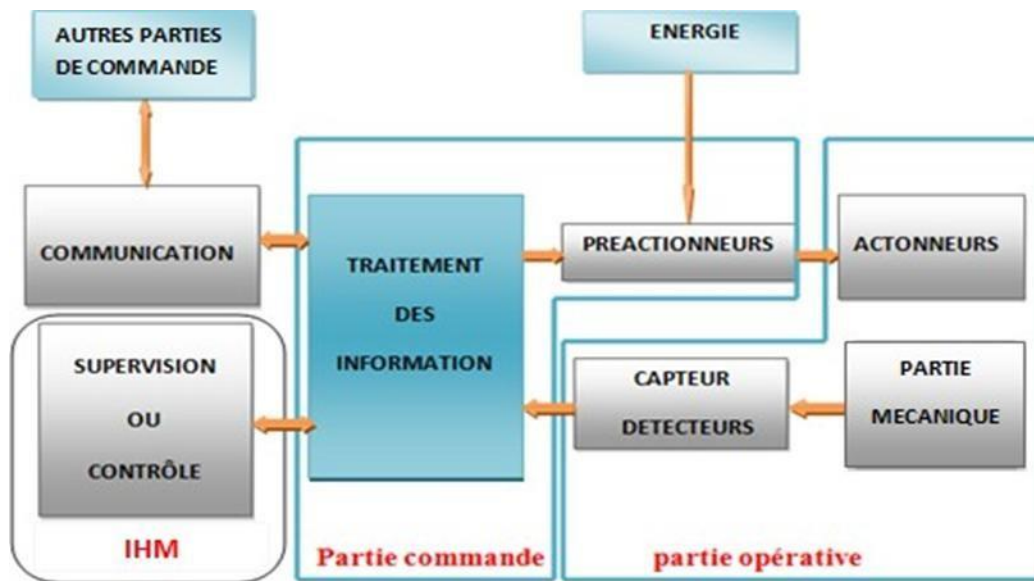


Figure IV.1 : Structure d'un système automatisé.

#### IV.2.1.1 Partie commande

Elle est en général composée d'un automate qui contient un programme qui gère le fonctionnement du système. Elle sélectionne les ordres nécessaires au fonctionnement de la partie opérative en fonction des consignes qu'elle reçoit du dialogue homme-machine par l'opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) ou par acquisition des données (les informations reçues par des capteurs).

#### IV.2.1.2 Partie opérative

C'est la partie qui gère le fonctionnement du système automatisé, elle est en général composée d'un ordinateur qui contient dans ses mémoires un programme. Elle transmet les ordres aux actionneurs de la partie opérative à partir :

- Du programme qu'elle contient ;
- Des informations reçues par les capteurs ;
- Des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

Une fois les ordres accomplis, la partie opérative va le signaler à la partie commande (compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur, ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

**IV.2.1.3 Partie dialogue**

Elle représente le pupitre de commande homme-machine équipé des organes de commande qui permet à l'opérateur de commander, contrôler et superviser le système (la mise en/hors énergie de l'installation, la sélection des modes de marche, la commande manuelle des actionneurs, la mise en référence, le départ des cycles, l'arrêt d'urgence, etc...).

Il permet également de visualiser les différents états qui proviennent de la partie commande.

**IV.3. Le but de l'automatisme [7]**

- ✓ Effectuer une production qualitative (pas d'erreur humaine : zéro défaut.)
- ✓ Effectuer une production quantitative (rapidité).
- ✓ Suppression des tâches ou actions physiques peu ou pas gratifiantes pour l'homme.
- ✓ Pouvoir accéder à des milieux de travail hostiles (chimique, nucléaires ...) ou des sites inaccessibles à l'homme (mer, espace).
- ✓ Augmenter la sécurité.
- ✓ Superviser les installations, les machines et les processus de production.

**IV.4. Généralités sur les automates programmables industriels [8]****IV.4.1. Historique**

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (General Motors) qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande. Les ingénieurs américains ont résolu le problème en créant un nouveau type de produit nommé automates programmables.

Ils n'étaient rentables que pour des installations d'une certaine complexité, mais la situation a très vite changé, ce qui a rendu les systèmes câblés obsolètes. De nombreux modèles d'automates sont aujourd'hui disponibles, depuis les nano automates bien adaptés aux machines et aux installations simples avec un petit nombre d'entrées/sorties, jusqu'aux automates multifonctions capables de gérer plusieurs milliers d'entrées/sorties et destinés au pilotage de processus complexes.

#### IV.4.2. Définition de l'automate programmable industriel

Un automate programmable industriel (A.P.I) est un système électronique fonctionne de manière numérique, destiné à être utiliser dans un environnement industriel. Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions utilisées au fin de la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que : les fonctions logiques, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander au moyen des entrées/sorties (de type tout/rien ou analogiques), de divers types de machines ou de processus.

L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisé dans toutes leurs fonctions prévues.

On distingue trois caractéristiques fondamentales d'un API qui sont :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, micro coupures de la tension d'alimentation, parasites...etc..).
- Sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.



**Figure IV.2 :** L'automate programmable industriel.

### IV.4.3. Structure des API

#### IV.4.3.1. Structure générale des API

Les composants principaux d'un automate programmable industriel (API) sont :

- Coffret, rack, baie ou cartes ;
- Compact ou modulaire ;
- L'alimentation ;
- Mémoire ;
- Sauvegarde (EPROM, EEPROM, pile, ...) ;
- Nombre d'entrées / sorties ;
- Modules complémentaires (analogique, communication...) ;
- Langage de programmation.

#### IV.4.3.2. Structure interne d'un API

Les API comportent principalement les parties suivantes :

- Une unité de traitement (un processeur CPU) ;
- Une mémoire ;
- Des modules d'entrées-sorties ;
- Des interfaces d'entrées-sorties ;
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) ; 24 V (DC).

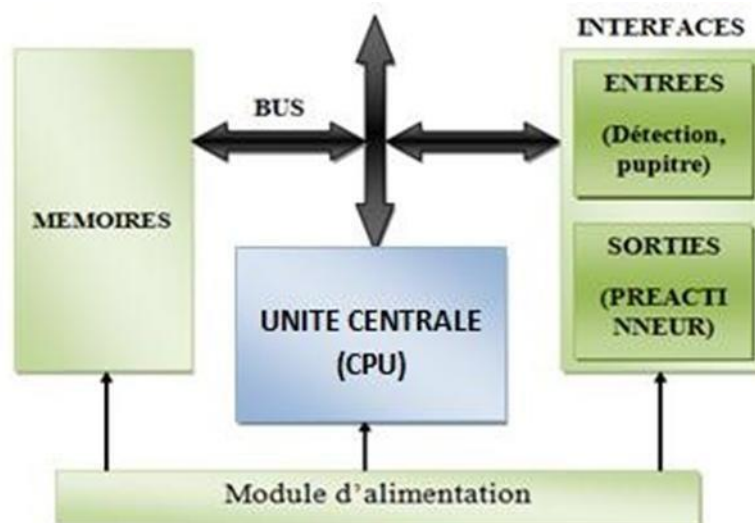


Figure IV.3 : Structure interne d'un API.

- **Module d'alimentation** : Permet de fournir à l'automate la tension nécessaire à son fonctionnement. Il délivre, à partir du 220V alternatif, des sources de tension nécessaires à l'automate de 24V en continu.
- **La mémoire** : La mémoire de l'API est un circuit électronique et l'élément fonctionnel qui peut stocker des instructions à exécuter par l'API ainsi l'état des E/S et des variables internes.

Il existe dans les automates deux types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes :

➤ **La mémoire Langage**

Où est stocké le langage de programmation. Elle est en général figée, c'est à dire en lecture seulement.

➤ **La mémoire Travail**

Utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (mémoire vive). Elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'automate.

- **Un processeur**

Processus ou unité centrale est à base de micro-processeur. Il réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation) à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

- **Les interfaces d'Entrées / Sorties**

L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque pré-actionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées et sorties varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies. Les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif ...).

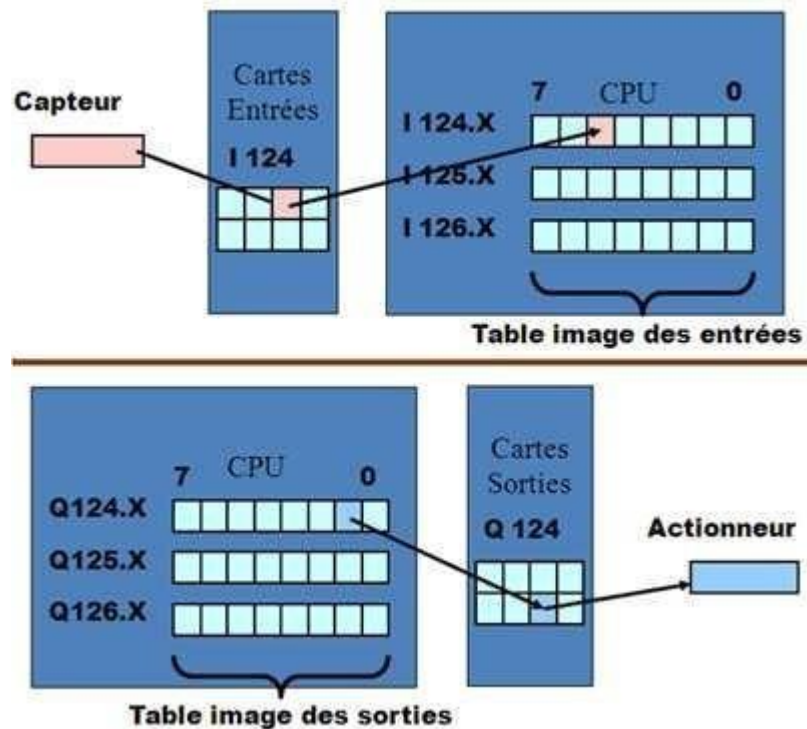


Figure IV.4 : Les interfaces d'entrées/sorties.

#### IV.4.4. Les catégories des automates Siemens

On peut catégoriser les automates Siemens par gammes. Le portefeuille des automates Siemens est libellé sous le nom SIMATIC. Cela englobe non seulement les petits automates servants à réaliser des tâches logiques simples aux automates destinés aux systèmes plus complexes. On peut ainsi classer les automates Siemens suivant les gammes Logo qui sont plutôt des modules logiques :

- ✓ Les gammes S7-200 qui se programment avec le logiciel microWin ;
- ✓ Les gammes S7-1200 qui sont des automates très compacts et qui seront les futurs successeurs des S7-200 ;
- ✓ Les gammes S7-300 pour des applications de grande taille ;
- ✓ Les gammes S7-400 pour dans la plupart du temps commander les industries de process à haut taux de disponibilité ;
- ✓ Les gammes S7-1500 qui sont les dernières générations d'automates de la marque Siemens.

Outre ces gammes d'automates Siemens, dispose d'autres contrôleurs comme les PC industriels (gamme Microbox) ou les automates logiciels comme WinCC. [9]

#### **IV.4.5. Critère de choix de l'automate**

Ce choix revient aux exigences du cahier des charges de notre système et de regarder sur le marché l'automate le mieux adapté, en considérant les critères importants suivants :

- Le nombre d'entrées et de sorties (il est primordial de connaître le nombre d'entrées et de sorties de notre système, afin d'adapter l'automate ; pour les entrées, tous ce qui est capteurs, interrupteurs, boutons poussoirs, pour les sorties, tous ce qui est actionneurs, comme : les moteurs, les vérins) ;
- La nature des entrées et des sorties (numérique, analogique) ;
- La taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur (temporisation, comptage, etc) ;
- La communication avec les autres systèmes de commande (API, supervision,) ;
- La possibilité de communication avec des standards normalisés (Profibus, Profinet, ...) ;
- La fiabilité et la robustesse ;
- L'immunité aux parasites et aux bruits ;
- Le service après-vente et la durée de garantie ;
- La formation et la documentation.

En tenant compte des critères et points soulignés précédemment, nous avons utilisé comme système de traitement l'automate programmable industriel SIEMENS S7-1500 qui a été proposé par le bureau technique de CEVITAL.

#### **IV.4.6. Protection de l'automate**

La protection des circuits d'entrée d'un automate contre les parasites électriques est souvent résolue par découplage optoélectronique. Le passage des signaux par un stade de faisceau lumineux assure en effet une séparation entre les circuits internes et externes. D'une autre façon, pour les sorties on doit assurer le même type de protection, mais aussi une amplification de puissance.

## IV.5. Automate programmable industriel S7-1500 [10]

### IV.5.1. Définition

L'automate SIMATIC S7-1500 est un système de commande modulaire utilisé pour les moyennes et grandes performances. Il existe un éventail complet de modules pour une adaptation optimisée à la tâche d'automatisation.



**Figure IV.5 :** Automate S7-1500 de SIEMENS.

SIMATIC S7-1500 est un perfectionnement des systèmes d'automatisation SIMATIC S7-300 et S7-400 avec les nouvelles performances suivantes :

- Performance système accrue ;
- Deux accumulateurs de 64 bits ;
- Fonctionnalité Motion Control intégrée ;
- PROFINET IO IRT ;
- Ecran intégré pour commande et diagnostic près de la machine ;
- Innovations linguistiques STEP 7 sous réserve de fonctions éprouvées ;
- Web serveur pour commande et diagnostic avec des navigateurs internet.

### IV.5.2. Constitution de l'automate S7-1500

L'automate S7-1500 est composé d'une alimentation électrique, d'une CPU avec écran intégré et de modules d'entrées/sorties pour les signaux numériques et analogiques.

Les modules sont montés sur un profilé-support avec un rail DIN (Institut Allemand de Normalisation) symétrique intégré.

Le cas échéant, des processeurs de communication et des modules fonctionnels sont ajoutés pour des tâches spéciales comme la commande de moteur pas à pas.

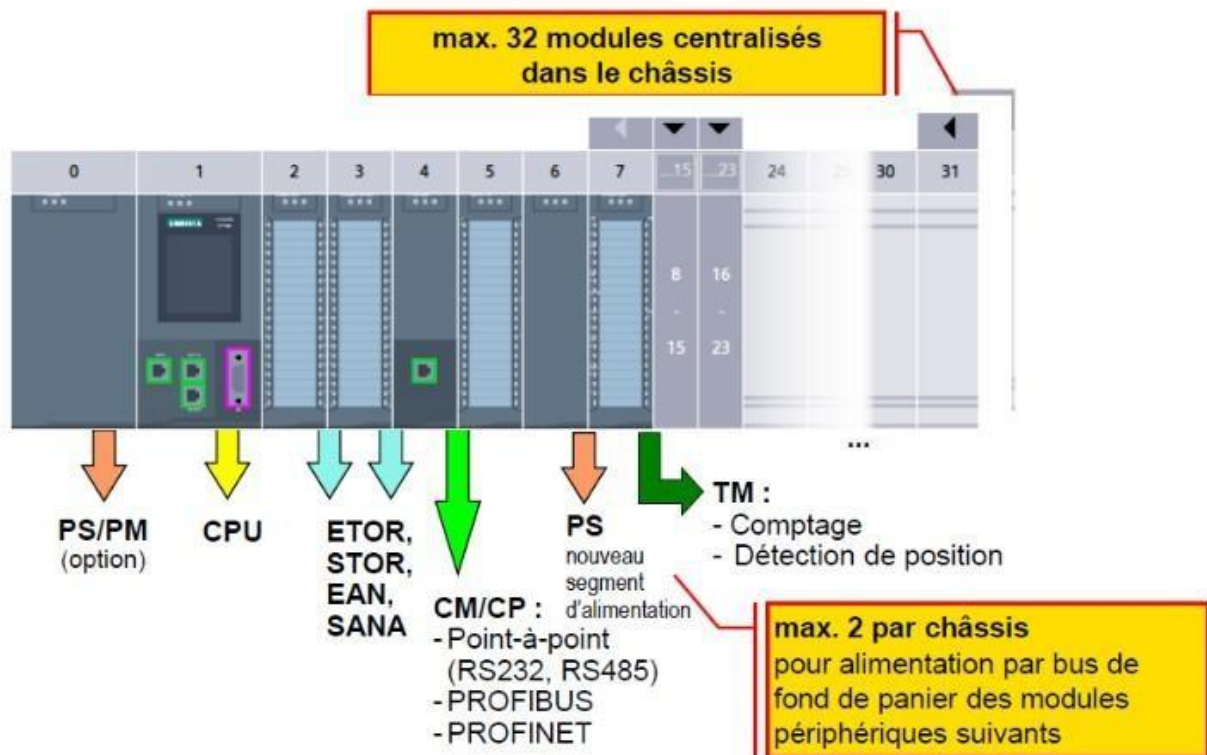


Figure IV.6 : Constituants de l'API S7-1500.

#### IV.5.2.1. Module d'alimentation (PS/PM)

Pour assurer la distribution d'énergie aux différents modules :

- **Les modules d'alimentation système PS (tensions nominales d'entrée 24 V CC à 230V CA/CC) :** Avec raccordement au bus de fond de panier fournissent la tension d'alimentation interne aux modules configurés.
- **Les modules d'alimentation externes PM (tensions nominales d'entrée 120/230V CA) :** Ne sont pas raccordés au bus de fond de panier du système d'automatisation S7-1500.

L'alimentation système de la CPU, les circuits électriques d'entrée et de sortie des modules de périphérie, les capteurs et les actionneurs sont alimentés en 24V CC par l'alimentation externe.

IV.5.2.2. L'unité centrale (CPU) avec affichage intégré

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit l'état des entrées, en suite, elle exécute le programme utilisateur qui se trouve en mémoire et enfin, donne une commande aux sorties. Elle comporte une unité de commande et de calcul, des mémoires, un programme système et des interfaces de communication. Elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisateur...)

La structure matérielle interne d'une CPU obéit au schéma donné sur la figure IV.7 :

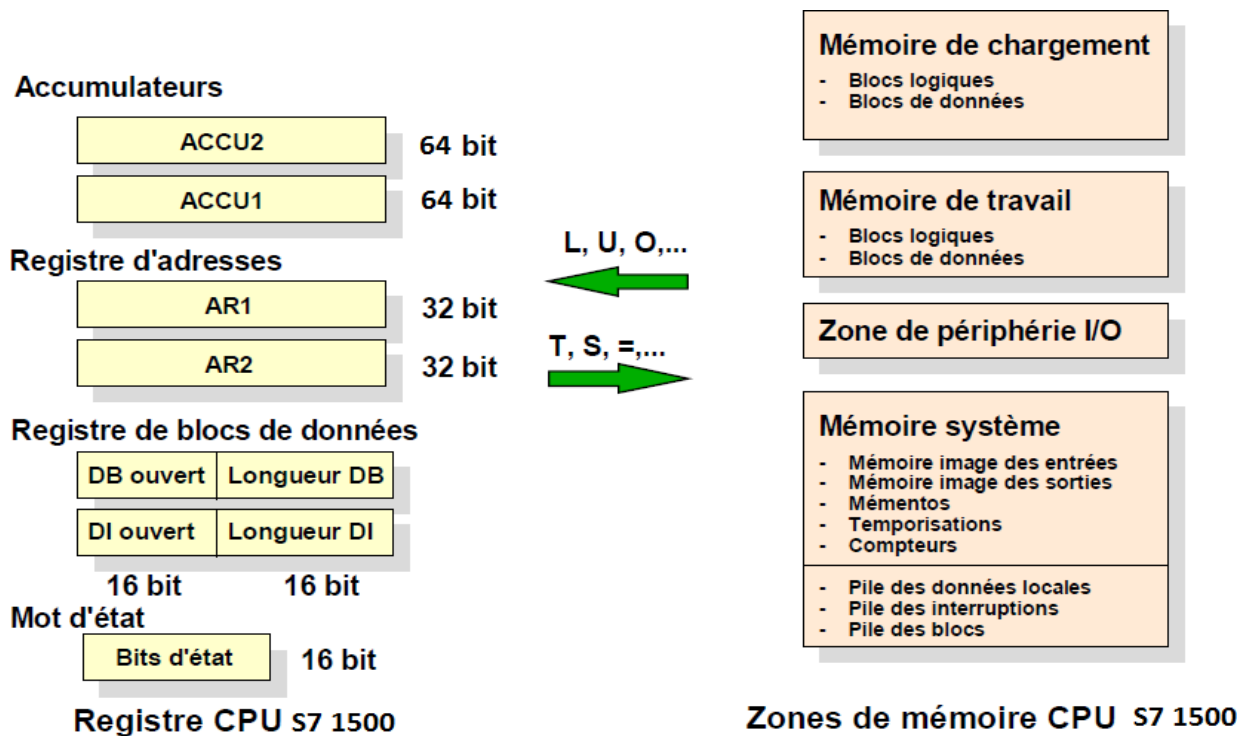


Figure IV.7 : Registre et zones de mémoire d'une CPU S7 1500.

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur le schéma ci-dessus :

IV.5.2.2.1. Les registres et les zones de mémoire d'une CPU S7-1500

Les registres d'une CPU servent à l'adressage, le traitement des données. Les données peuvent être échangées entre les zones mémoire de la CPU et les registres au moyen des instructions correspondantes (L, T, ...).

- **Accumulateurs** : Ils sont aux nombres de deux dans le S7-1500. Ils sont utilisés pour les opérations arithmétiques, de comparaison, et les opérations sur octets, mots ou doubles mots.
- **Registre d'adresses** : Deux registres d'adresses sont utilisés comme pointeur pour l'adressage indirect en mémoire.
- **Registres des blocs de données** : Ils contiennent les numéros des blocs de données ouverts. Ainsi, deux blocs de données peuvent être ouverts simultanément :
  - ✓ L'un avec le registre DB et l'autre via le registre DI.
  - ✓ Lors de l'ouverture d'un bloc de données, la longueur (en octets) de celui-ci est chargée automatiquement dans le DB système du registre.
- **Mot d'état** : Le mot d'état contient différents bits reflétant le résultat et l'état des différentes instructions en cours dans le traitement du programme, ainsi que sur des erreurs survenues.
- **La mémoire de chargement MMC** : La mémoire de chargement est une mémoire non volatile pour blocs de code, blocs de données, objets technologiques et configuration matérielle. Lors du chargement de ces objets dans la CPU, ceux-ci sont dans un premier temps stockés dans une mémoire de chargement, cette mémoire se trouve sur la carte mémoire SIMATIC.  
Pour que la CPU fonctionne, la MMC doit être enfichée, car les CPU ne disposent pas de mémoire de chargement intégrée.
- **La mémoire de travail (RAM intégrée)** : La mémoire de travail est une mémoire volatile qui contient les blocs de code et de données. La mémoire de travail est intégrée à la CPU et ne peut pas être étendue.  
Dans les CPU S7-1500, la mémoire de travail est subdivisée dans deux zones :
  - ✓ **La zone de périphérie** : La zone de périphérie permet un accès direct aux entrées et sorties des modules de signaux raccordés.
  - ✓ **La mémoire système (RAM)** : La mémoire système contient des zones, comme par exemple la mémoire image des entrées et sorties, les mémentos, les temporisations et les compteurs. En plus, elle comprend les piles des données locales, des interruptions et des blocs.

**IV.5.2.2.2. Modules de périphérie**

Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions.

Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée :

- **Modules TOR (Tout Ou Rien) :** L'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...).
- **Modules analogiques :** L'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre...etc.).
- **Modules spécialisés :** L'information traitée est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

**VI.5.2.3. Module de d'entrées/sorties (SM) :**

Le module E/S assure le rôle d'interface pour la partie commande, qui distingue une partie opérative (les sorties), où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie d'acquisitions (les entrées) récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes).

Il existe deux types d'interface E/S :

**VI.5.2.3.1. Les modules entrées/sorties TOR**

Permet de raccorder l'automate à des capteurs TOR (boutons poussoirs, fins de course, capteurs de proximité, capteurs photoélectriques ...) ou à des pré-actionneurs (vannes, contacteurs, voyant pneumatique, électrovannes, relais de puissance, LED...). L'état de chaque entrée ou sortie est visualisé par une diode électroluminescente.

**VI.5.2.3.2. Modules entrées/sorties analogiques**

C'est l'interface de l'automate destinée pour les signaux analogiques, ils seront raccordés aux capteurs et aux actionneurs analogiques. Un signal analogique évolue dans le temps, parmi ces grandeurs on peut citer la pression, le niveau, la température, le débit, la vitesse.... Ce signal analogique sera converti en un signal numérique afin qu'il soit exploitable par la CPU.

**VI.5.2.4. Modules technologiques TM (Les cartes spécialisées)**

Le module technologique est un module additionnel ou des cartes spécialisées peuvent être connectées. Ces cartes comportent un processeur spécifique ou une carte électronique spécialisée, elles assurent non seulement la liaison avec le monde extérieur mais aussi une partie du traitement pour soulager le processeur. On peut citer : les cartes d'axe, les cartes de comptage rapide, les cartes de régulations PID...

**VI.5.2.5. Les Interfaces de communication - Protocoles et Ports de communication**

Il existe plusieurs manières pour accéder aux données d'un automate Siemens. Ces différentes manières ou méthodes varient en fonction du modèle ou de la gamme de l'automate en question.

Les sections suivantes décrivent les interfaces de communication que vous pouvez trouver sur un automate programmable Siemens :

**VI.5.2.5.1. Les communications série**

Sauf pour un ou deux modèles, les communications série sont disponibles par le biais d'un module d'extension pour tous les contrôleurs Siemens. Le port série permet de relier le contrôleur aux lecteurs de codes à barres, imprimantes, interfaces opérateur et autres contrôleurs SIMATIC. Les interfaces de communication RS232, RS422 et EIA-485, anciennement RS-485 peuvent être utilisées pour accéder aux données des automates Siemens via les communications série. Les appareils peuvent être accessibles en utilisant une variété de protocoles, y compris le Modbus ASCII et le Modbus RTU en configuration maître / esclave.

**VI.5.2.5.2. Les communications MPI**

Le MPI est un réseau multi-nœud utilisé pour la programmation ou pour communiquer avec des contrôleurs SIMATIC. Une interface MPI est intégrée sur les processeurs des automates SIMATIC modulaires. Il n'y a cependant pas d'interface MPI en natif sur le S7-1200 et S7-1500, elle est remplacée par un port profinet.

**VI.5.2.5.3. Les communications via Profibus DP**

Profibus définit une couche physique serial via RS485 avec des pilotes spéciaux permettant d'obtenir des vitesses avoisinant les 12Mbits. Un système standard de câblage à paire torsadée est typique, mais le Profibus peut également être mis en œuvre avec la fibre optique et

d'autres médias physiques. Le Profibus permet d'interconnecter plusieurs capteurs intelligents sur un même bus de données. Un dispositif maître permet d'interroger des périphériques esclaves afin de recueillir des données ou bien de vérifier l'état des dispositifs. Le Profibus a deux énormes avantages par rapport à d'autres technologies de bus de capteur, la première est la vitesse et la seconde est la taille des données.

#### **VI.5.2.5.4. Les communications via Profinet IO**

Le Profinet IO est très similaire au Profibus, mais ce n'est pas vraiment du Profibus sur Ethernet, le Profinet IO utilise le transfert de données cyclique pour échanger des données avec des automates programmables Simatic sur Ethernet. Comme pour le Profibus, l'automate programmable et le dispositif avec lequel celui-ci doit communiquer doivent tous deux avoir une compréhension préalable de la structure des données.

Le Profinet IO utilise trois canaux de communication différents pour échanger des données avec les automates programmables et autres dispositifs. Le canal standard TCP / IP est utilisé pour le paramétrage, la configuration et les opérations de lecture / écriture acycliques. Le canal RT ou en temps réel est utilisé pour le transfert de données cycliques standard et alarmes. Le RT communication contourne l'interface TCP / IP standard pour accélérer l'échange de données avec des automates programmables. Le troisième canal, l'isochronous real time (IRT) est un canal à vitesse très élevée utilisée pour les applications de Motion Control.

### **IV.6. PROFIdrive (variateur de vitesse G120)**

C'est le profil standard pour les systèmes d'entraînement en association avec les systèmes de communications PROFIBUS et PROFINET. « Profil d'application » ouvert pour le couplage des variateurs et d'automates de différents constructeurs via des systèmes de communication. Il permet de réaliser des commandes d'entraînements très rapides et iso synchrones pour les applications.

#### **VI.6.1. La communication des données cycliques de la CPU avec le variateur G120 par PROFINET**

La commande du variateur s'effectue sur le canal cyclique de PROFINET, il est également possible d'échanger des paramètres par cette voie. La structure des données utiles pour le canal cyclique est définie dans le profil **PROFIdrive** appelée **PPO** (Objet Paramètres Données processus).

Le profil PROFIDrive définit la structure des données utiles pour les entraînements, ce qui permet au contrôleur d’avoir accès aux entraînements esclaves par un échange de données cycliques.

**VI.6.2. Structure de données utiles conformes aux PPO**

La structure des données utiles dans la transmission cyclique se subdivise en deux parties pouvant être transmises dans chaque télégramme.

Dans notre application pour le variateur de vitesse, on a utilisé pour l’échange de données commande/état le type PPO3 (télégramme 1).

Le télégramme 1 de transmission cyclique des données process présente la structure de base suivante :

Type de télégramme (p0922)	Données process (PZD) - Mots de commande et d'état, consignes et mesures							
	PZD01 STW1 ZSW1	PZD02 HSW HIW	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06	PZD 07	PZD 08
<b>Télégramme 1</b> Régulation de vitesse PZD 2/2	STW1	NSOLL_A	⇐ Le variateur reçoit ces données de la commande					
	ZSW1	NIST_A	⇒ Le variateur envoie ces données à la commande					

**Figure IV.8 :** Télégramme 1 du variateur.

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
STW1/2	Mot de commande 1/2
ZSW1/2	Mot d'état 1/2
NSOLL_A	Consigne de vitesse
NIST_A_GLATT	Mesure de vitesse lissée

**Figure IV.9 :** Explication des abréviations.

VI.6.3. Description du type PPO3

C'est le type de PPO le plus répandu pour sa simplicité. Il intègre toutes les fonctionnalités nécessaires dans les entraînements, avec les données de processus, les mots de commande et les valeurs théoriques Maître-Variateur, ainsi que les mots d'état et les valeurs pratiques Variateurs-Maître.

- **Mot de commande**

Le mot de commande (bits 0-10) est conforme au profil standard PROFIdrive. Les bits 11-15 sont spécifiques aux variateurs.

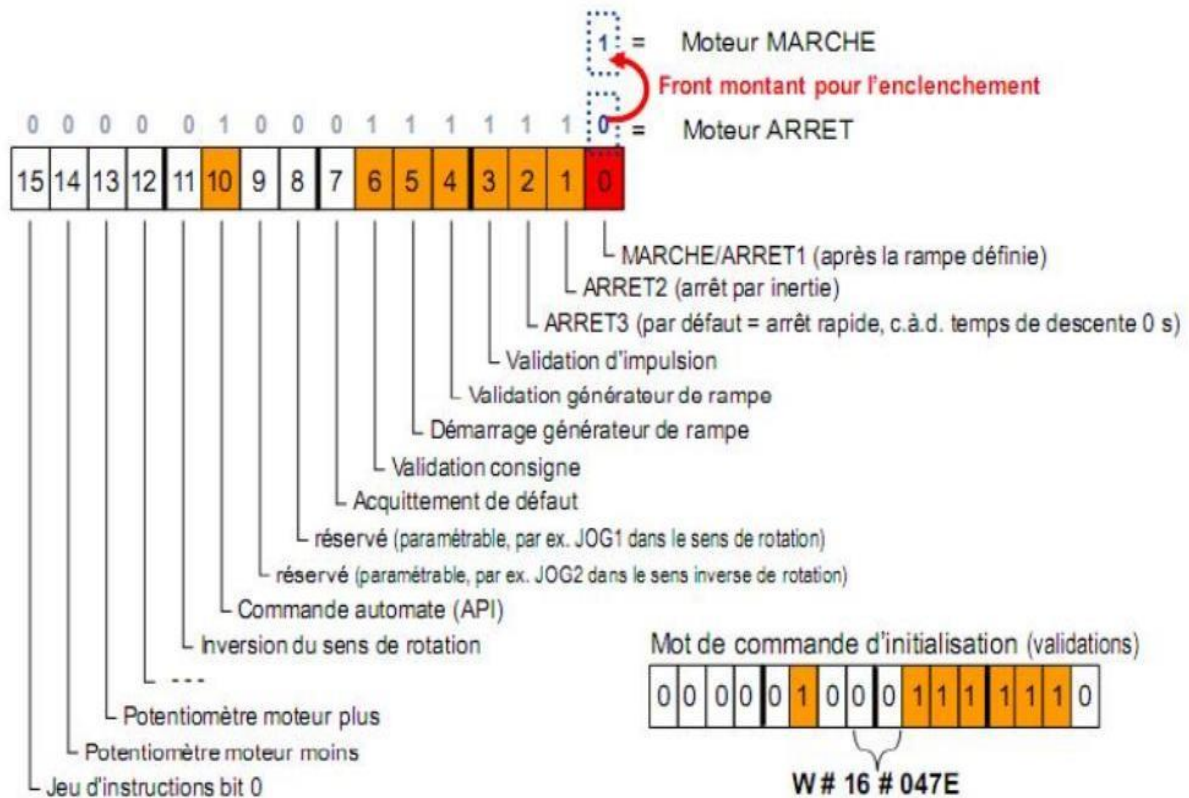


Figure IV.10 : Structure de mot de commande.

- **Mot d'état**

Le mot d'état (bits 0-10) est conforme au profil standard PROFIdrive. Les bits 11-15 sont spécifiques aux variateurs.

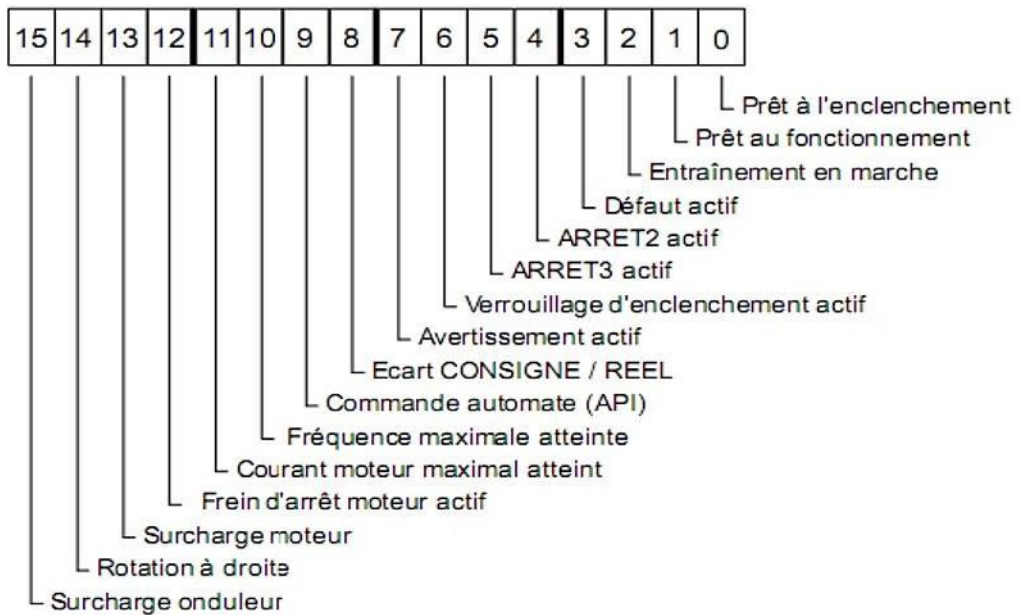


Figure IV.11 : Structure du mot d'état.

### VI.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté d'une façon détaillée les caractéristiques de l'automate programmable industriel et son application dans l'industrie.

Ensuite on a exposé en détails l'automate que nous avons utilisé et tous les modules accessoires.



**Chapitre V :**  
**Programmation sur le**  
**logiciel TIA PORTAL**

## V.1. Introduction

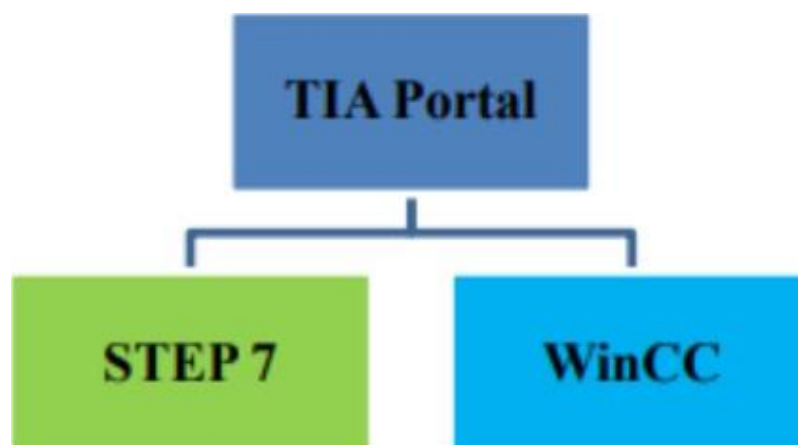
Après avoir bien étudié la ligne concernant le fonctionnement et l'instrumentation. Nous avons opté à réaliser des nouveaux programmes qui vont être implantés dans l'automate, en tenant compte du cahier des charges actuel et en gardant le même fonctionnement, à l'aide du logiciel de conception de programme de Siemens **TIA PORTAL V16** (STEP 7 Professional V16).

Dans ce chapitre, nous allons décrire l'implantation du programme d'automatisation.

## V.2. Présentation de logiciel TIA Portal [11]

### V.2.1. Définition de logiciel TIA Portal

La plateforme Totally Integrated Automation Portal est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC STEP7 et SIMATIC WinCC.



- **SIMATIC STEP 7**

Intégré dans TIA Portal, SIMATIC STEP 7 est le logiciel de configuration, de programmation, de contrôle et de diagnostic de tous les automates SIMATIC. Avec un grand nombre de fonctions conviviales, SIMATIC STEP 7 garantit une augmentation significative de l'efficacité de toutes les tâches d'automatisation, qu'il s'agisse de programmation, de simulation, de mise en service ou de maintenance.

- **SIMATIC WinCC**

WinCC (TIA Portal) est le logiciel pour toutes les applications IHM, allant des solutions d'exploitation les plus simples avec des panneaux de base aux applications SCADA sur des systèmes multi utilisateurs basés sur PC.

**V.2.2. Les blocs de programmation TIA Portal**

Le système d'automatisation utilise différents types de bloc qui contiennent le code du programme utilisateur et les données correspondantes. Le programme peut être structuré en différents blocs selon les exigences du processus à automatiser.

Les blocs que l'on doit charger dans la CPU pour réaliser la tâche d'automatisation, englobe :

- Les blocs de code (OB, FB, FC) qui contiennent les programmes ;
- Les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.

**V.2.2.1. Blocs d'organisation (OB)**

Les blocs d'organisation constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur qui commandent le traitement du programme.

L'ensemble du programme peut être concaténé dans un seul bloc d'organisation OB1 (programme linéaire), traité de manière cyclique par le système d'exploitation, ou être structuré en plusieurs blocs (programme structuré).

On distingue plusieurs types d'OB :

- Ceux qui gèrent le traitement de programme cyclique ;
- Ceux qui sont déclenchés par un évènement ;
- Ceux qui traitent les erreurs.

Il est possible par l'intermédiaire des OB de réagir aux événements cycliques, temporisés ou déclenchés par des alarmes durant l'exécution du programme.

**V.2.2.2. Bloc fonctionnel (FB)**

Le FB est un sous-programme écrit par l'utilisateur et exécuté par des blocs de code. On lui associe un bloc de données d'instance relatif (DB d'instance) à sa mémoire et contenant ses paramètres.

Les blocs fonctionnels conviennent donc pour la programmation de fonctionnalités récurrentes encore plus complexes, par exemple pour des opérations de régulation.

**V.2.2.3. Fonction (FC)**

Une fonction (FC) assure une fonctionnalité spécifique dans une séquence de programme. Les fonctions peuvent être paramétrables. Dans ce cas, les paramètres requis sont transmis à la fonction lorsqu'elle est appelée. Les fonctions conviennent donc pour la programmation de fonctionnalités récurrentes et complexes, par exemple pour des opérations de calcul. Le FC contient des routines pour les fonctions fréquemment utilisées. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction.

Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant elle peut faire appel à des blocs de données globaux (DB) pour la sauvegarde de ses données.

Comme une fonction ne dispose pas de mémoire associée, nous devons toujours indiquer des paramètres effectifs pour elle.

**V.2.2.4. Blocs de données (DB)**

Les blocs de données servent à enregistrer des données utilisateur. Comme les blocs de code, ils occupent de l'espace dans la mémoire utilisateur. Les blocs de données contiennent des variables (par exemple des valeurs numériques) nécessaires à l'exécution du programme utilisateur.

Les blocs de données peuvent, selon leur contenu, être employés de différentes manières par l'utilisateur. On distingue :

- Les blocs de données globaux : ils nous donnent accès à un endroit où on peut mémoriser des recettes de production dont les données peuvent être utilisées par tous les autres blocs logiques du programme utilisateur.

Nous allons utiliser ce type des blocs tels que chaque fonction (FC) soit associée à un bloc de donnée (DB).

- Les blocs de données d'instance : ils sont toujours associés à des blocs fonctionnels (FB).

### V.2.3. Les langages de programmation dans TIA Portal

Les langages de programmation sous TIA PORTAL les plus utilisés dans l'industrie sont :

- **Le schéma à contacts (CONT)** est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques, ce qui permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.

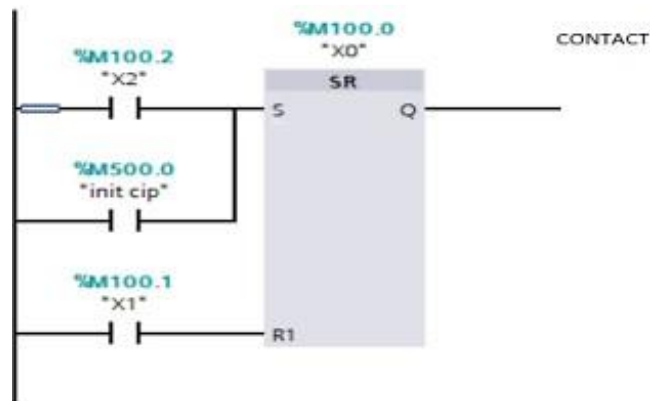


Figure V.1 : Exemple de programmation en langage CONT.

- **La liste d'instructions (LIST)** est un langage de programmation textuel de bas niveau, il est utilisé dans les applications de petites tailles.

Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par les quelles la CPU traite le programme.

1	L	#Pr2	// CHARGER PR2 DANS ACC1	
2	L	#Pr1	// CHARGER PR1 DANS ACC2	LIST
3	-R		// PR2-PR1 SOUSTRACTION ENTRE DEUX REELS	

Figure V.2 : Exemple de programmation en langage LIST.

- **Le logigramme (LOG)** est un langage de programmation graphique, il permet la construction d'équations complexes à partir des opérations standards de fonctions ou bloc.

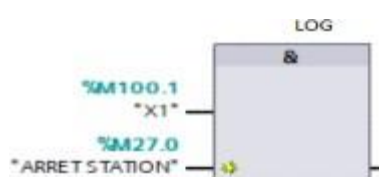


Figure V.3 : Exemple de programmation en langage LOG.

- SCL est un langage de programmation évolué apparenté au langage PASCAL.

```
CASE "DB7_données_C6"."ETAPE GRAFCET C6".ETAPE OF
  0:
    IF NOT "CP6" AND "CP5" AND NOT "DB6_données_C5"."ETAPES GRAFCET C5".X1 THEN
      "DB7_données_C6"."ETAPE GRAFCET C6".ETAPE := 1;
    ;
    END_IF;

  1:
    IF "CP6" THEN
      "DB7_données_C6"."ETAPE GRAFCET C6".ETAPE := 2;
    END_IF;

  2:
    IF "CP7" THEN
      "DB7_données_C6"."ETAPE GRAFCET C6".ETAPE := 0;
    END_IF;

ELSE
  "DB7_données_C6"."ETAPE GRAFCET C6".ETAPE := 0;

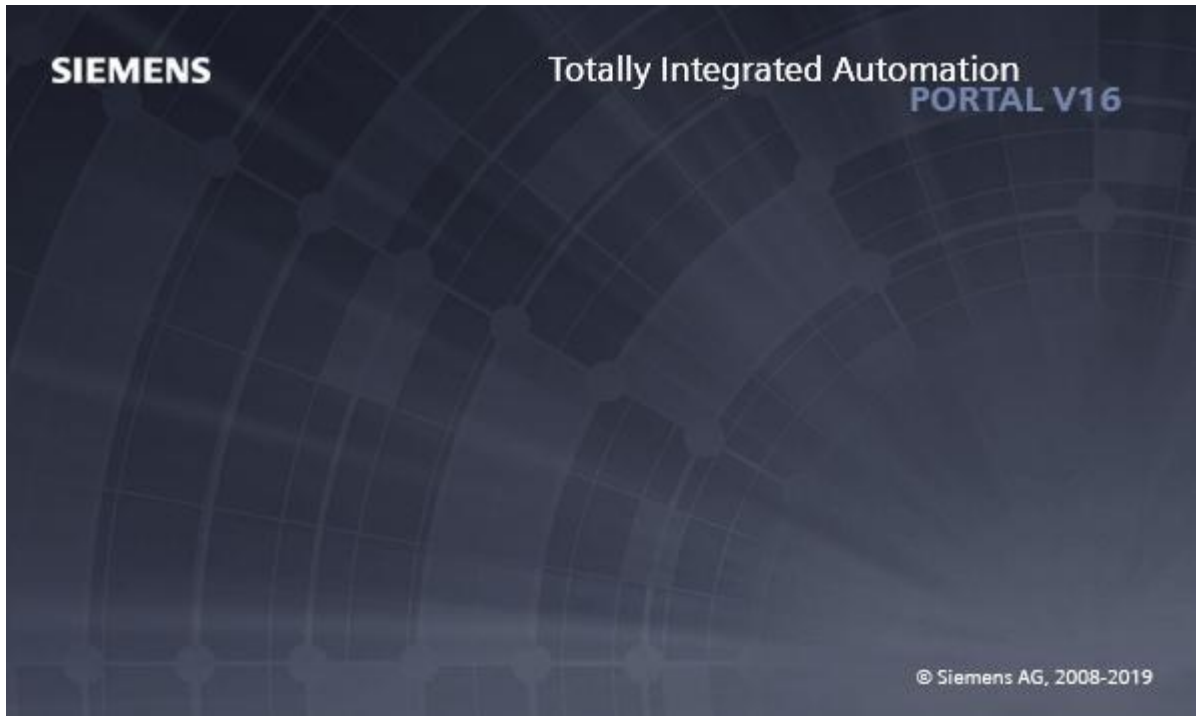
END_CASE;
```

**Figure V.4 :** Exemple de notre programmation en langage SCL.

#### V.2.4. Les avantages du logiciel TIA portal

- Programmation intuitive et rapide : avec des éditeurs de programmation nouvellement développés SCL, CONT, LOG, LISTE et GRAPH ;
- Efficacité accrue grâce aux innovations linguistiques de Step 7 : programmation symbolique uniforme, Calculate Box, ajout de blocs durant le fonctionnement, et bien plus encore ;
- Performance augmentée grâce à des fonctions intégrées : simulation avec PLCSIM, télémaintenance avec Télé Service et diagnostic système cohérent ;
- Technologie flexible : Fonctionnalité motion control évolutive et efficace pour les automates S7-1500 et S7-1200 ;
- Sécurité accrue avec Security Integrated : protection du savoir-faire, protection contre la copie, protection d'accès et protection contre la falsification ;
- Environnement de configuration commun avec pupitres IHM et entraînements dans l'environnement d'ingénierie TIA Portal.

### V.3. Programmation du processus de fonctionnement



**Figure V.5 :** Vue de lancement du logiciel TIA Portal.

#### V.3.1. Vue portail/projet du logiciel TIA Portal

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en deux types de vue :

- La vue du portail : elle est l'axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide ;
- La vue du projet : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet.

Les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue.

##### V.3.1.1. Vue du portail

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâches (action). La fenêtre affiche la liste des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée.

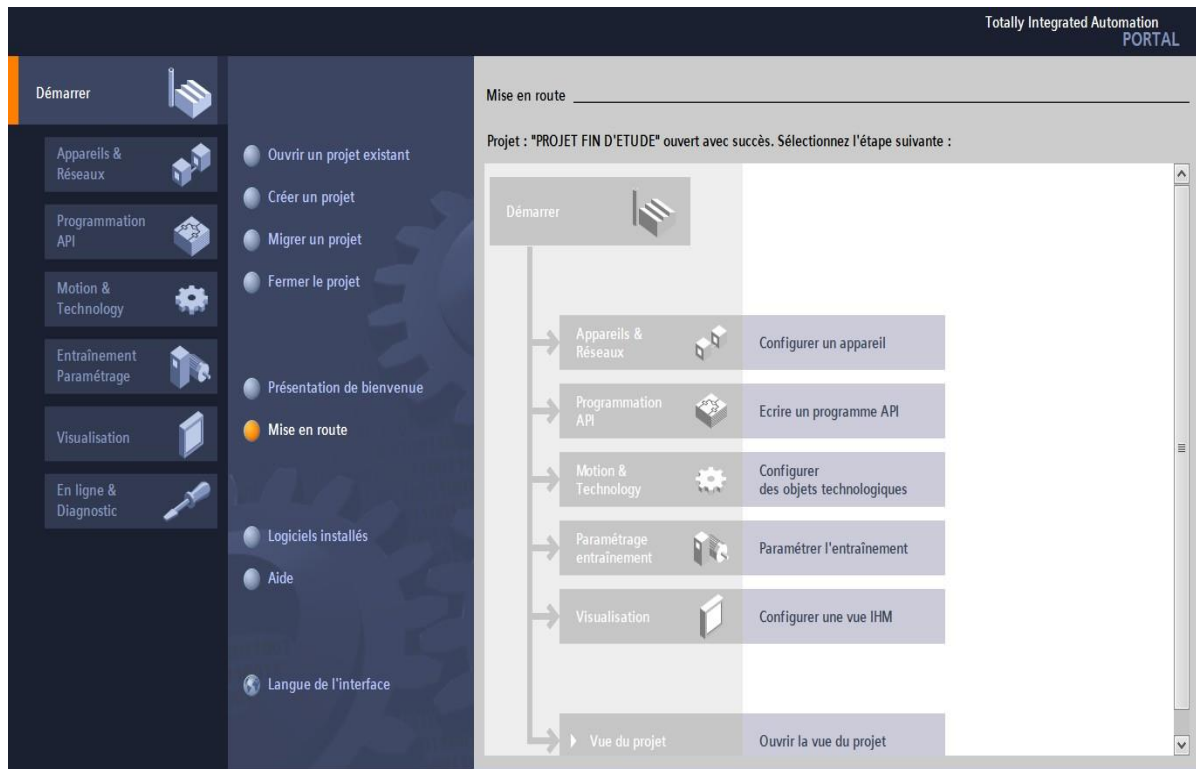


Figure V.6 : Vue du portail.

### V.3.1.2. Vue du projet

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

- La fenêtre de travail : permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI, ...
- La fenêtre d'inspection : permet de visualiser des informations complémentaires sur un objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution (propriété du matériel sélectionné, message d'erreurs lors de la compilation des blocs de programme...)
- Les onglets de sélection de tâches : ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle, bibliothèques des composants, bloc de programme, instruction de programmation).

Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces fenêtres lorsque l'on ne les pas.

Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres.

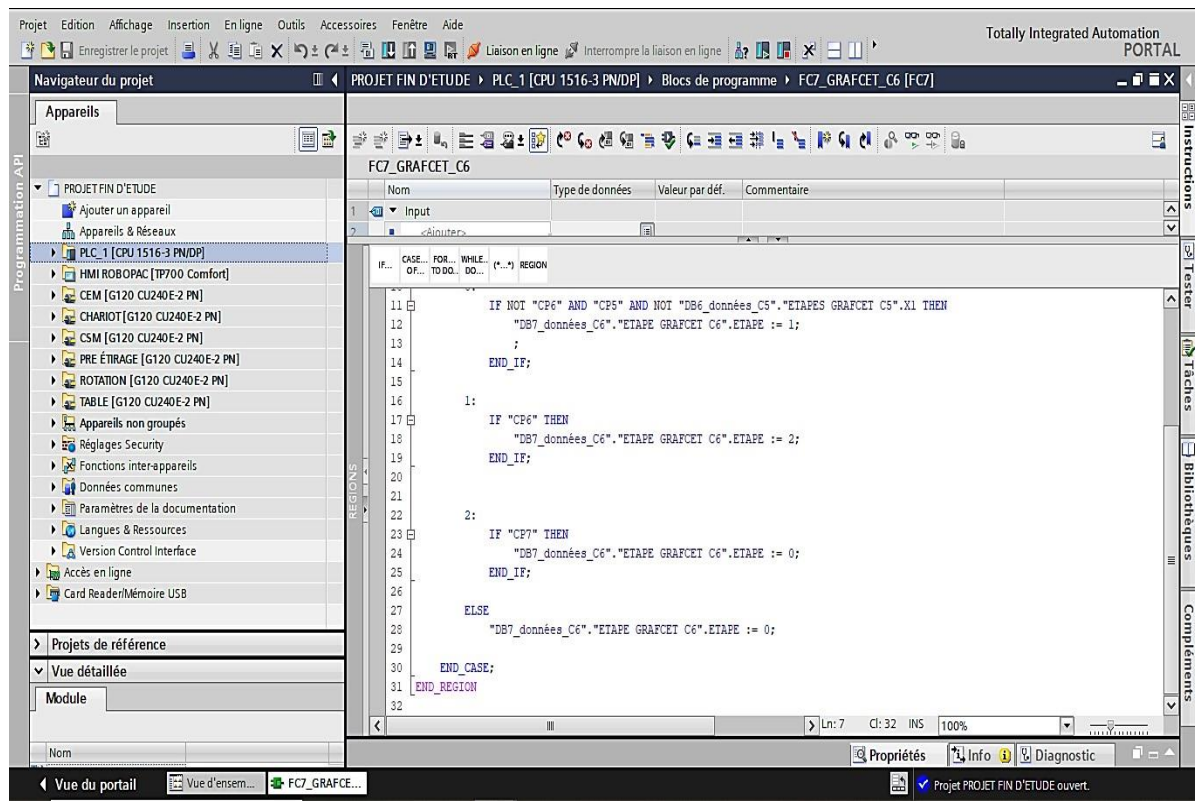


Figure V.7 : Vue du projet.

### V.3.2. Création d'un projet sur TIA PORTAL

Pour créer un projet sur Tia portal, il suffit d'appuyer sur « Créer un projet » après avoir lancé le logiciel, une vue s'affiche ou on peut donner un nom au projet. Choisir l'emplacement d'enregistrement, mettre des commentaires ou bien définir l'auteur. Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer ».

On illustre dans la figure ci-dessous la partie création du projet :

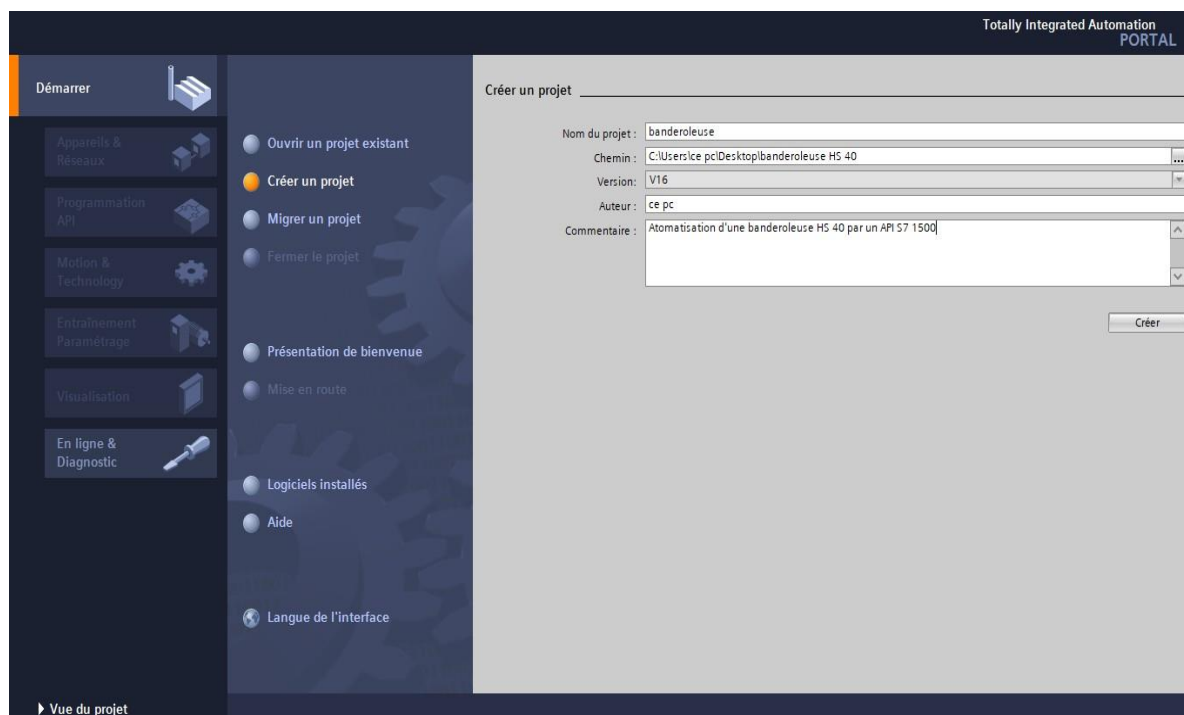


Figure V.8 : Partie création du projet.

### V.3.2.1. Configuration et paramétrage du matériel

Une fois le projet créé, on passe à la configuration de la station de travail, pour cela on passe par la vue du projet.

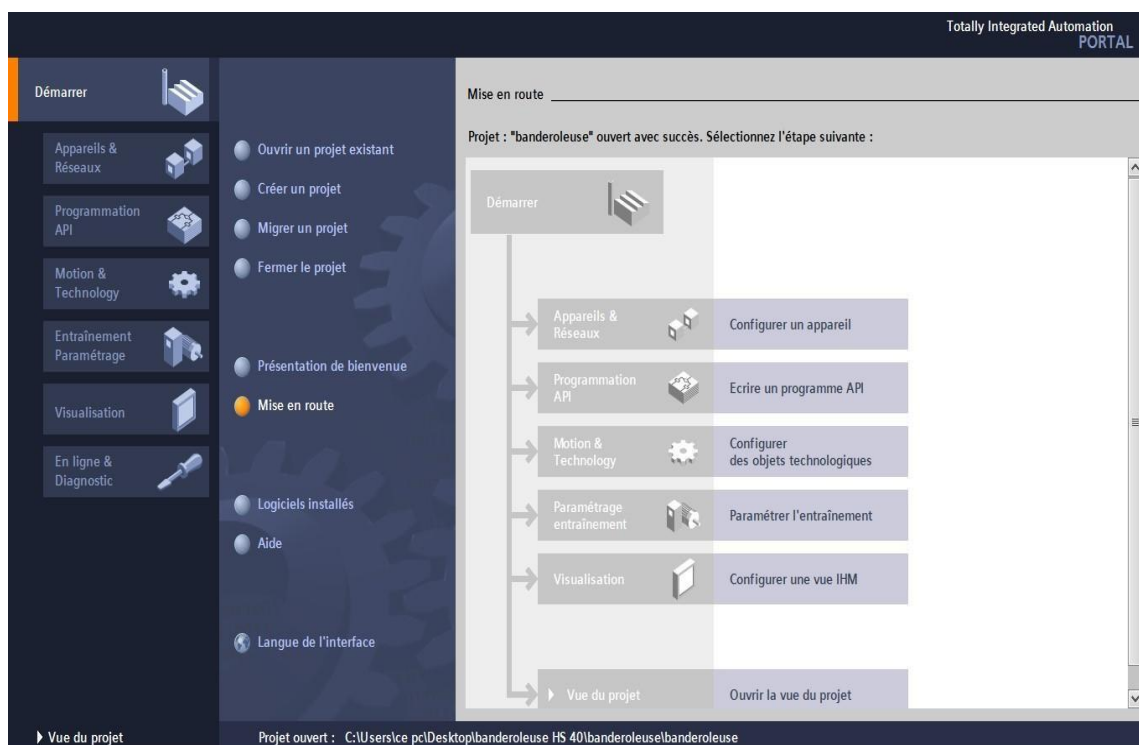


Figure V.9 : Vu du projet.

La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour cela on peut passer par la vue projet et cliquer sur « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet. Une liste de quatre éléments apparaît (Contrôleur, IHM, Système Pc, entraînements), pour commencer on sélectionne le Contrôleur afin de choisir notre CPU et ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR et Analogique, module de communication...).

Les modules complémentaires de l'API peuvent être ajoutés en utilisant le catalogue.

Si on veut ajouter un écran ou un autre API, il faut repasser par la commande « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.

Lorsqu'on sélectionne un élément à insérer dans le projet, une description est proposée dans l'onglet information.

On sélectionne la CPU puis à l'aide des deux petites flèches, on fait apparaître l'onglet « Vue d'ensemble des appareils ». Les adresses des entrées et sorties apparaissent.

On peut les modifier en entrant une nouvelle valeur dans la case correspondante.

- ✓ Dans le cas de notre station, on a opté à l'utilisation de la CPU 1516-3 PN/DP qui répond à nos besoins.

On illustre cette étape avec la figure suivante :

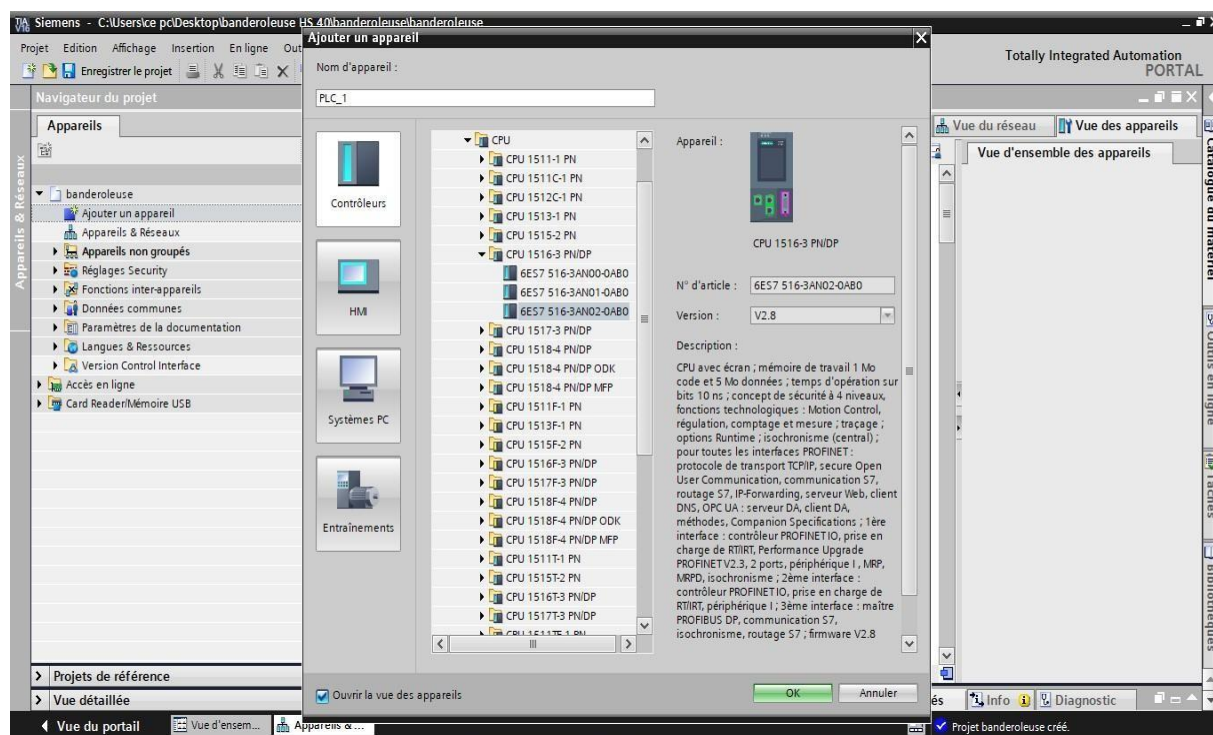


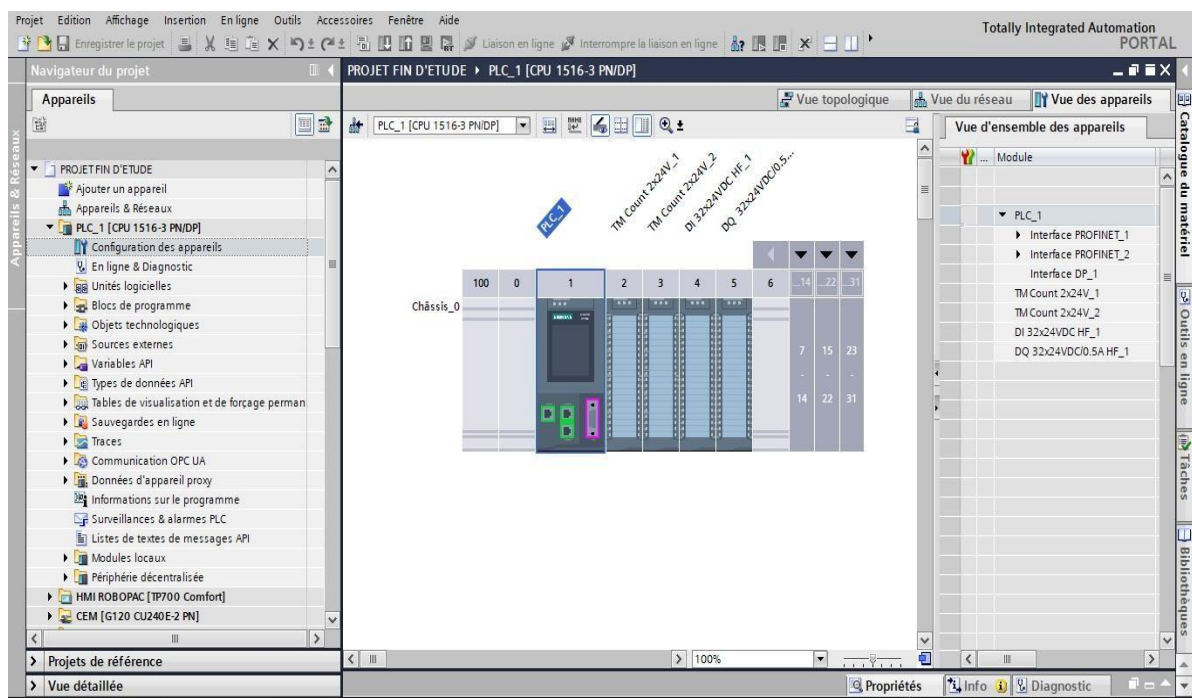
Figure V.10 : Configuration de la CPU.

### V.3.2.2. Configuration matérielle

La configuration matérielle est une étape indispensable pour la réalisation du projet, elle consiste à configurer le matériel dans la plateforme de programmation en fonction du matériel réel dont nous disposons (CPU, modules d'entre et sorties, module d'alimentation...).

Ce choix est justifié par rapport au nombre d'entrées/sorties que possède notre système.

Dans notre système on a partagé notre station en plusieurs parties. La figure V.11 illustre la configuration matérielle des modules de l'automate :



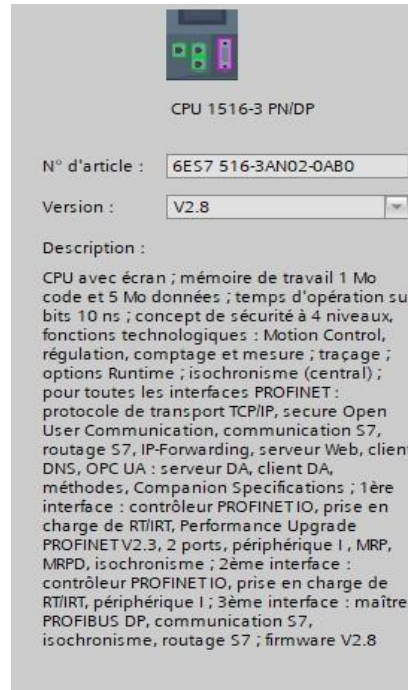
**Figure V.11** : Structure de l'automate S7-1500 proposé.

Cette vue (figure ci-dessus) nous permet de :

- Enregistrement en mémoire temporaire et réutilisable des modules matériels configurés ;
- A partir d'un agrandissement du zoom de 200%, les E/S s'affichent avec leurs noms symboliques ou leurs adresses ;
- Affichage hiérarchique et contextuel de tous les paramètres et données de configuration ;
- Enregistrement intermédiaire des modules matériels configurés et leur réutilisation dans un autre automate .

L'automate choisi est le S7-1500 de SIEMENS et ses modules complémentaires, il est doté des éléments suivants :

- **Unité centrale**



**Figure V.12 :** Description de la CPU choisie.

- **Module d'entrée :**

Un module d'entrée TOR DI 32 x DC24V HF de référence 6ES7 521-1BL00-0BA0.

- **Module de sorties :**

Module de sortie TOR DQ 32 x DC24V /0.5A HF de référence 6ES7 522-1BL01-0BA0.

### V.3.2.3. Compilation et chargement de la configuration matérielle

Une fois la configuration matérielle réalisée, il faut la compiler et la charger dans l'automate.

La compilation se fait à l'aide de l'icône « compiler » de la barre de tâche.

On sélectionne l'API dans le projet puis cliquer sur l'icône « compiler ».

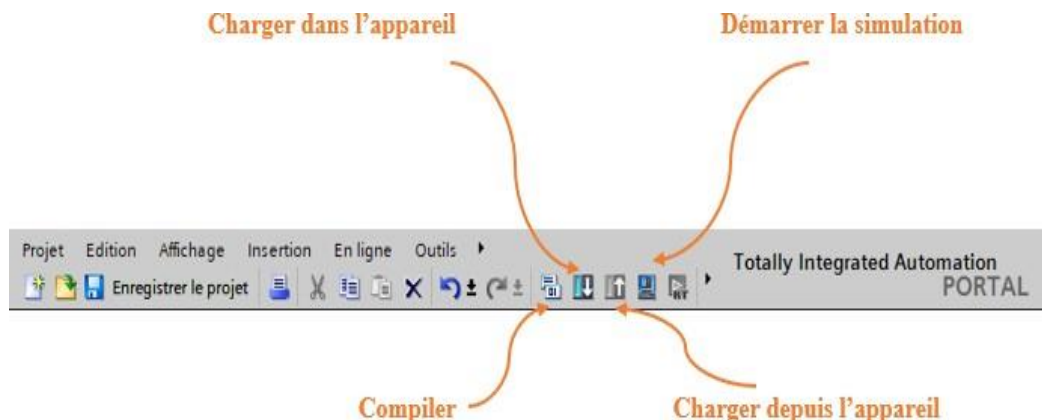


Figure V.13 : Barre des taches de simulation.

En utilisant cette manière, on effectue une compilation matérielle et logicielle.

La figure V.14 représente l'étape de compilation et chargement de la configuration matérielle :

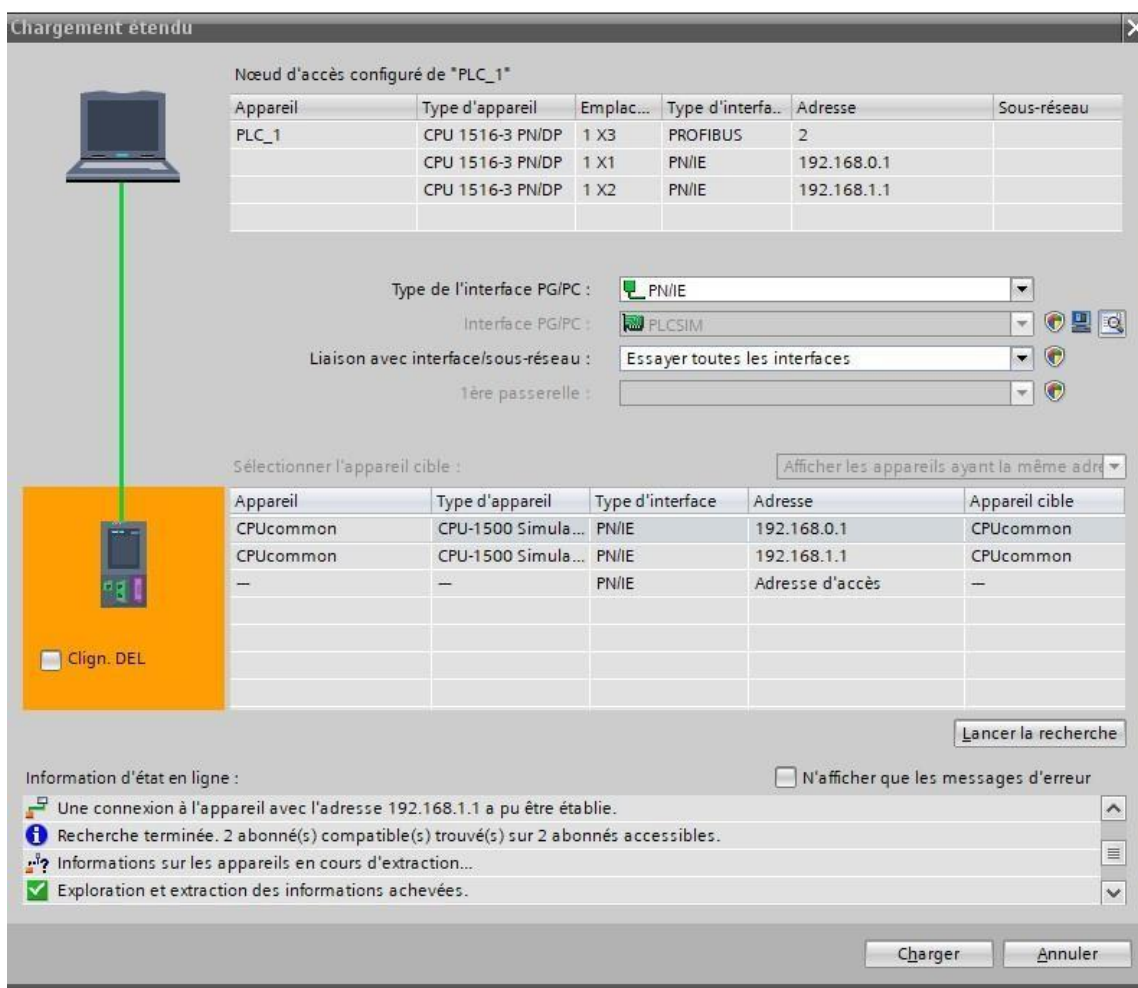
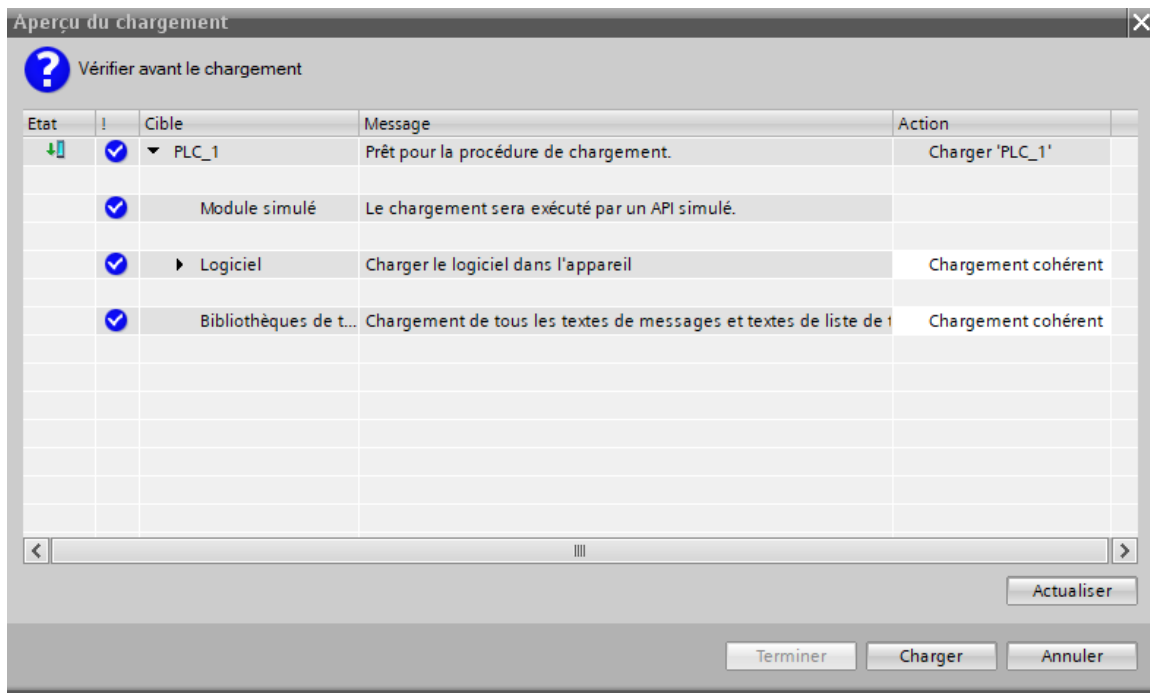


Figure V.14 : Etape de compilation de la configuration matérielle du programme.

Afin de charger le programme on clique sur « charger » et une vue comme celle-ci s'affiche :



**Figure V.15 :** Etape de chargement de la configuration matérielle et du programme.

**Remarque :** Dans cette fenêtre (figure V.15) des erreurs de programmation ou de configuration s'affichent, le programme ne peut se charger si une erreur apparaît.

## V.4. Programmation

### V.4.1. Définition des variables

Avant de commencer la programmation, nous déclarons d'abord toutes les variables de l'API.

Lors de la définition des variables d'API, vous devez définir :

- Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable ;
- Le type de donnée : BOOL, IN, Word ;
- L'adresse absolue : par exemple Q1.3 ;
- Commentaire : l'insertion des commentaires aide et facilite à distinguer les variables dans chaque réseau.

V.4.2. Création du tableau des variables API

La table des variables API nous permet de définir la liste des variables des entrées et sorties utilisée dans le programme ainsi que leurs adresses, mais aussi les fins de courses, les mémoires, les défauts, ouverture et fermeture des vannes....

**Remarque :** Pour une meilleure organisation on peut créer plusieurs tables de variables, exemple : table de variables des entrées, table de variable des sorties....

La figure suivante représente une partie de la table de variables standard utilisée dans notre programme :

Table de variables standard									
	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Surveilla...	Commentaire
1	Tag_1	Counter	%Z3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	BITDISTANCE SORTIE PALETTE CONVOYEUR MACHINE	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	pal convoyeur entrée machine	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	BITDISTANCE POSITION PALETTE CONVOYEUR ENTREE MACHINE	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	BITPETITE VITESSE CONVOYEUR ENTRÉE MACHINE	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	INTRODUCTION ENTREE MACHINE	Bool	%M30.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figure V.16 : Table de variables standard.

La figure V.17 représente une partie de la table de variables des entrées de type booléen utilisée dans notre programme :

Table de variables_ENTREES									
	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Surveilla...	Commentaire
1	CP1	Bool	%E70.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	CP2	Bool	%E70.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	CRECUL	Bool	%E70.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	SP	Bool	%E70.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	PALPEUR	Bool	%E70.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	MPH	Bool	%E70.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	SD	Bool	%E70.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	TABLE 1	Bool	%E70.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	TABLE 2	Bool	%E71.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	TABLE 3	Bool	%E71.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	CP5	Bool	%E71.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	CP6	Bool	%E71.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	CP7	Bool	%E71.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	CP8	Bool	%E71.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	PB	Bool	%E71.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	CB	Bool	%E71.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	CF	Bool	%E72.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	SA	Bool	%E72.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	SD(1)	Bool	%E72.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	CONTROL ARRET	Bool	%E72.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	CISEAU O	Bool	%E72.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	CISEAU F	Bool	%E72.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	<Ajouter>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figure V.17 : Table de variables d'entrées.

La figure suivante représente une partie de la table de variables des sorties utilisée dans notre programme :

Table de variables_SORTIES									
	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Surveilla...	Commentaire
1	M C1	Bool	%A70.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C1
2	M C2	Bool	%A70.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C2
3	C EM	Bool	%A70.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C3 (entrée machine)
4	C M	Bool	%A70.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C4 (machine)
5	M C5	Bool	%A70.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C5 (sortie machine)
6	M C6	Bool	%A70.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C6
7	M C7	Bool	%A70.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C7
8	M C8	Bool	%A70.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur du convoyeur C8
9	V1 CENTREUR	Bool	%A71.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		vérin N° 1 centreur (V1)
10	V2 CENTREUR	Bool	%A71.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		vérin N° 2 centreur (V2)
11	M CH	Bool	%A71.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur chariot
12	M A	Bool	%A71.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur anneaux
13	M BOBINE	Bool	%A71.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		moteur bobine
14	CISEAU F (1)	Bool	%A71.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ciseaux fermé
15	CISEAU O(1)	Bool	%A71.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ciseaux ouvert
16	V3 SOUDEUSE	Bool	%A71.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		vérin N° 3 soudeuse (V3)
17	V4 SOUDEUSE	Bool	%A72.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		vérin N° 4 soudeuse (V4)
18	R1 SOUDEUSE	Bool	%A72.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		résistance N°1 de la soudeuse (R1)
19	R2 SOUDEUSE	Bool	%A72.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		résistance N°2 de la soudeuse (R2)
20	<Ajouter>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figure V.18 : Table des variables de sorties.

### V.4.3. Choix de bloc et de langage

#### V.4.3.1. Choix de bloc

Une fois la configuration matérielle chargée, nous pouvons programmer notre premier bloc en sélectionnant **PLC\_1 [CPU 1516-3 PN/DP]** ensuite **Blocs de programme** puis en cliquant deux fois sur **Ajouter nouveau bloc** dans la vue de navigation du projet au niveau de l'arborescence de gauche, qui contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires, pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

L'automate fournit différents types de blocs qui contiennent des programmes et des données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, le programme peut être construit en différents blocs :

- Blocs d'organisation (OB) ;
- Blocs fonctionnels (FB) ;
- Fonctions (FC) ;
- Blocs de données (DB).

La fenêtre suivante s'affichera, puis l'ajout de bloc et de langage se fait comme suit :

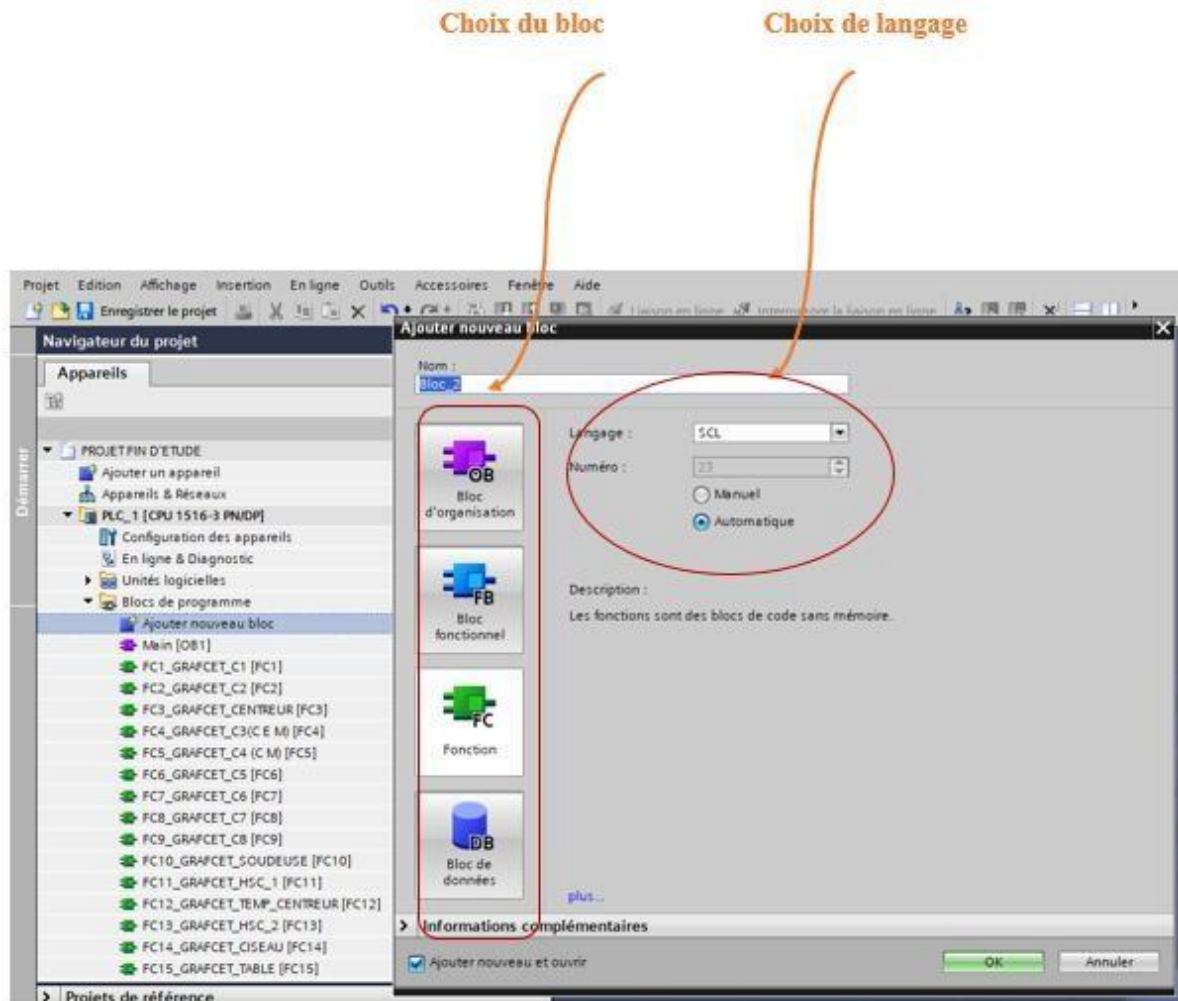


Figure V.19 : Création d'un bloc (Choix de bloc et de langage).

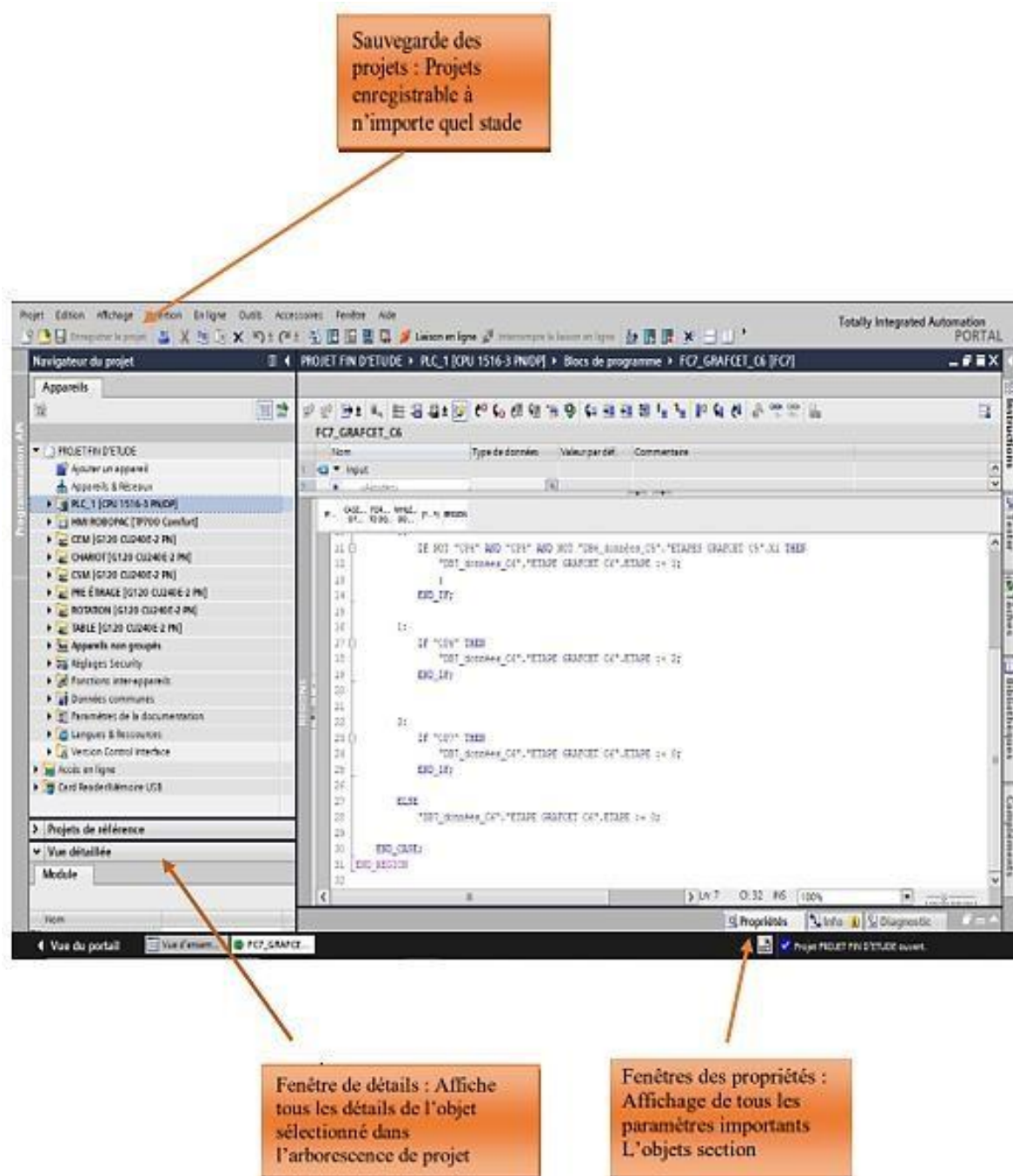


Figure V.20 : Exemple d'un bloc FC de programmation.

### V.4.3.2. Choix de langage

Pour le langage de programmation nous avons choisi le langage SCL pour décrire le fonctionnement séquentiel des actions.

**V.4.3.2.1. Définition**

SCL (Structured Control Language) est un langage de programmation évolué basé sur PASCAL pour les CPU SIMATIC S7. SCL prend en charge la structure de blocs de STEP 7. Un projet peut contenir des blocs de programme dans l'un quelconque des trois langages de programmation suivants : SCL, CONT et LOG.

Les instructions SCL utilisent des opérateurs de programmation standard, par exemple pour l'affectation (:=) et les fonctions mathématiques (+ pour l'addition, - pour la soustraction, \* pour la multiplication et / pour la division). SCL utilise également des opérations de gestion de programme PASCAL standard, telles que : IF-THEN-ELSE, CASE, REPEAT-UNTIL, GOTO et RETURN.

Vous pouvez utiliser n'importe quelle référence PASCAL pour les éléments syntaxiques du langage de programmation SCL. Un grand nombre des autres instructions pour SCL, comme les temporisations et les compteurs, correspondent aux instructions CONT et LOG.

Vous pouvez spécifier, lors de la création de n'importe quel type de bloc (OB, FB ou FC), que ce bloc utilise le langage de programmation SCL. STEP 7 fournit un éditeur de programmes SCL qui inclut les éléments suivants :

- Section d'interface pour définir les paramètres du bloc de code ;
- Section de code pour le code de programme ;
- Arborescence d'instructions contenant les instructions SCL prises en charge par la CPU.

Vous entrez le code SCL pour votre instruction directement dans la section de code. L'éditeur comprend des boutons pour les structures de code usuelles et les commentaires. Pour des instructions plus complexes, faites simplement glisser les instructions SCL depuis l'arborescence d'instructions et déposez-les dans votre programme. Vous pouvez également utiliser un éditeur de texte quelconque pour créer un programme SCL et importer ensuite ce fichier dans STEP 7

**V.4.3.2.2. Construction d'une expression SCL**

Une expression SCL est une formule permettant de calculer une valeur. Cette expression est composée d'opérandes et d'opérateurs (tels que \*, /, + ou -). Les opérandes peuvent être des variables, des constantes ou des expressions.

L'évaluation de l'expression se fait dans un certain ordre qui est défini par les facteurs suivants :

- Chaque opérateur a une priorité prédéfinie, l'opération de priorité la plus haute étant exécutée en premier.
- Si les opérateurs sont d'égale priorité, ils sont traités de gauche à droite.
- Vous utilisez des parenthèses pour désigner une série d'opérateurs devant être évalués ensemble.

Le résultat d'une expression peut être utilisé pour affecter une valeur à une variable utilisée par votre programme, comme condition devant être utilisée par une instruction de contrôle ou en tant que paramètres pour une autre instruction SCL ou pour appeler un bloc de code.

Type	Opération	Opérateur	Priorité
<b>Parenthèses</b>	<i>(expression)</i>	(,)	1
<b>Mathématiques</b>	Puissance	**	2
	Signe (plus unaire)	+	3
	Signe (moins unaire)	-	3
	Multiplication	*	4
	Division	/	4
	Modulo	MOD	4
	Addition	+	5
	Soustraction	-	5
<b>Comparaison</b>	Inférieur à	<	6
	Inférieur ou égale à	<=	6
	Supérieur à	>	6
	Supérieur ou égale à	>=	6
	Egale à	=	7
	Différent de	<>	7
<b>Instructions logiques sur bits</b>	Négation (unaire)	NOT	3
	ET logique	AND ou &	8
	OU exclusif logique	XOR	9
	OU logique	OR	10
<b>Affectation</b>	Affectation	:=	11

**Tableau V.1 : Opérateurs dans SCL.**

En tant que langage de programmation évolué, SCL utilise des instructions standard pour les tâches de base :

- Instruction d'affectation : :=
- Fonctions mathématiques : +, -, \* et /
- Adressage de variables globales : "<nom variable>" (nom de la variable ou du bloc de données entre guillemets)
- Adressage de variables locales : #<nom variable> (nom de la variable précédé du symbole "#")

Les exemples suivants montrent différentes expressions pour divers usages :

- "C" := #A + #B;

Affecte la somme de deux variables locales à une variable globale.

- "Data\_block\_1".Tag := #A ;

Affectation à une variable de bloc de données

- IF #A > #B THEN "C" := #A;

Condition pour l'instruction IF-THEN

- "C" := SQRT (SQR (#A) + SQR (#B));

Paramètres pour l'instruction SQRT

- **Instructions de contrôle**

Une instruction de contrôle est un type spécifique d'expression SCL qui exécute les tâches suivantes :

- Aiguillage dans un programme.
- Sections de répétition du code de programme SCL.
- Saut à d'autres parties du programme SCL.
- Exécution conditionnelle.

Parmi les instructions de contrôle SCL, on trouve IF-THEN, CASE-OF, FOR-TO-DO, WHILE-DO, REPEAT-UNTIL, CONTINUE, GOTO et RETURN.

Une seule instruction occupe typiquement une ligne de code. Vous pouvez entrer plusieurs instructions sur une ligne ou vous pouvez subdiviser une instruction en plusieurs lignes de code pour la rendre plus facile à lire. Les séparateurs (tels que tabulations, sauts de ligne et espaces supplémentaires) ne sont pas pris en compte lors du contrôle de syntaxe. Une instruction END met fin à l'instruction de contrôle.

- **Conditions**

Une condition est une expression de comparaison ou une expression logique dont le résultat est de type BOOL (avec la valeur TRUE ou FALSE). L'exemple suivant montre différents types de conditions.

Expression de relation :

#Température > 50

#Compteur <= 100

#CHAR1 < 'S'

Expression de comparaison et expression logique :

(#Alpha <> 12) AND NOT #Beta

Expression arithmétique:

5 + #Alpha

Une condition peut utiliser des expressions arithmétiques :

- La condition de l'expression est TRUE si le résultat est une valeur quelconque différente de zéro.
- La condition de l'expression est FALSE si le résultat est égal à zéro.

- **Adressage**

Comme CONT et LOG, SCL permet l'utilisation de variables (adressage symbolique) ou d'adresses absolues dans le programme utilisateur. SCL permet également d'utiliser une variable comme indice de tableau.

➤ **Adressage absolu**

Faire précéder les adresses absolues du symbole "%". Si "%" manque, STEP 7 génère une erreur variable non définie au moment de la compilation. Exemple :  
%I0.0 ; %MB100

➤ **Adressage symbolique**

- ❖ Variable dans la table de variables API : "PLC\_Tag\_1"
- ❖ Variable dans un bloc de données : "Data\_block\_1".Tag\_1
- ❖ Élément de tableau dans un tableau bloc de données : "Data\_block\_1".MyArray[#i]

• **Adressage indexé avec les instructions PEEK et POKE**

SCL fournit les instructions PEEK et POKE qui vous permettent de lire et d'écrire dans les blocs de données, les E/S ou la mémoire. Vous indiquez des paramètres pour les décalages d'octet ou de bit spécifiques pour l'opération.

```
IF (BYTE_TO_USINT(PEEK_BYTE(area := 16#84, dbNumber := 1, byteOffset := 0) = 0) OR (PEEK_WORD(area := 16#84, dbNumber := 1, byteOffset := 1) = 0) THEN

    POKE(area := 16#84,
          dbNumber := 1,
          byteOffset := 1,
          value := W#16#0100);

END_IF;
```

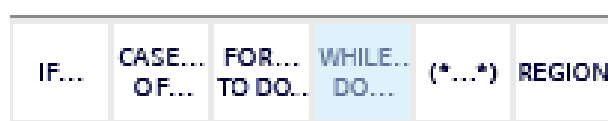
**Figure V.21** : Exemple de PEEK/POKE dans notre programme.

• **Appel d'autres blocs de code depuis votre programme SCL**

Pour appeler un autre bloc de code dans votre programme utilisateur, il vous suffit d'entrer le nom (ou l'adresse absolue) du FB ou de la FC concernée avec ses paramètres. Pour un FB, vous devez indiquer le DB d'instance à appeler avec le FB.

• **Ajout de commentaires de bloc au code SCL**

Vous pouvez inclure un commentaire de bloc dans votre code SCL en écrivant le texte du commentaire entre (\* et \*). Vous pouvez insérer autant de lignes de commentaire que vous le désirez entre le (\* et le \*). Votre bloc de programme SCL peut contenir de nombreux commentaires. Pour faciliter la programmation, l'éditeur SCL propose un bouton de commentaire de bloc avec les instructions de contrôle usuelles :



**Figure V.22** : Ajout de commentaire.

#### V.4.4. L'outil de simulation S7-PLCSIM

Le logiciel TIA Portal fournit un outil de simulation appelé PLCSIM qui permet d'exécuter et de tester les programmes dans un automate d'un projet sur un ordinateur ou une console de programmation avant de le charger dans un véritable automate programmable.

Le S7-PLCSIM V16 dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser et de modifier les différents paramètres utilisés par le programme. Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel TIA PORTAL comme par exemple, le test de bloc afin de visualiser les variables d'entrées et de sorties.

Puisque la simulation est entièrement réalisée dans le logiciel TIA portal, il n'est donc pas nécessaire d'interagir avec le matériel S7. L'avantage de cet outil, est que toutes les erreurs peuvent être détectées et remédiées.



Figure V.23 : Exemple de simulateur PLCSIM V16.

#### V.5. Structure de notre programme

L'écriture du programme utilisateur complet peut se faire dans le bloc d'organisation OB1, néanmoins cela n'est pas recommandé pour des automatismes complexes tels que le nôtre. C'est pour cela qu'une subdivision du programme en parties plus petites est recommandée afin d'obtenir une programmation plus simple.

Ces petites parties correspondent aux fonctions technologiques du processus et sont nommés blocs.

Cette structure offre les avantages suivants :

- Ecriture des programmes importants ;
- Simplification de l'organisation du programme ;
- Modification facile du programme ;
- Simplifier le test du programme en l'exécutant section par section ;
- Standardisation de certaines parties du programme.

Pour la programmation de notre processus, les blocs fonctions FC sont utilisés car ne possèdent pas de zones mémoires, contrairement aux blocs fonctionnels FB.

Le bloc OB1 est une structure importante du programme, il constitue l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation.

La figure suivante représente la méthode la plus efficace pour une bonne organisation du projet en créant des fonctions et en attribuant à chacune des tâches particulières à exécuter.

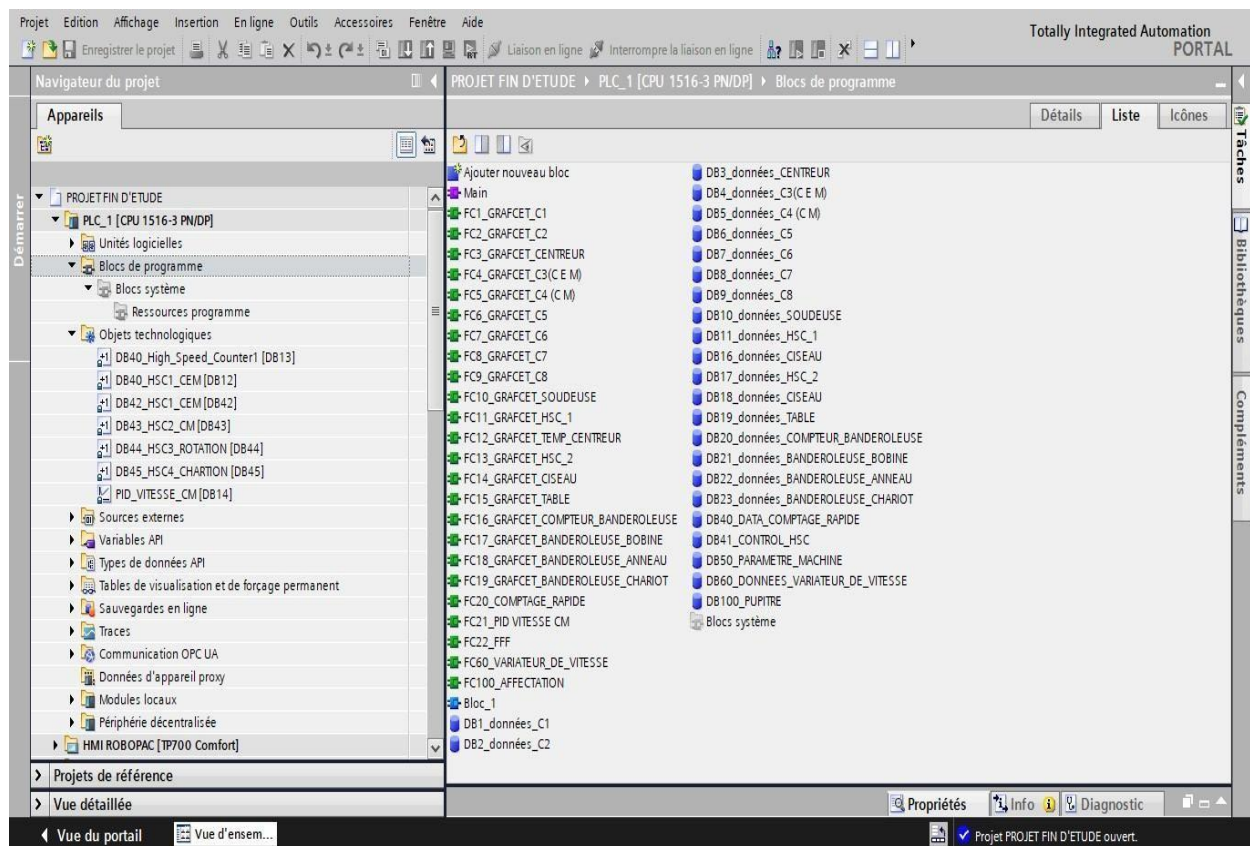
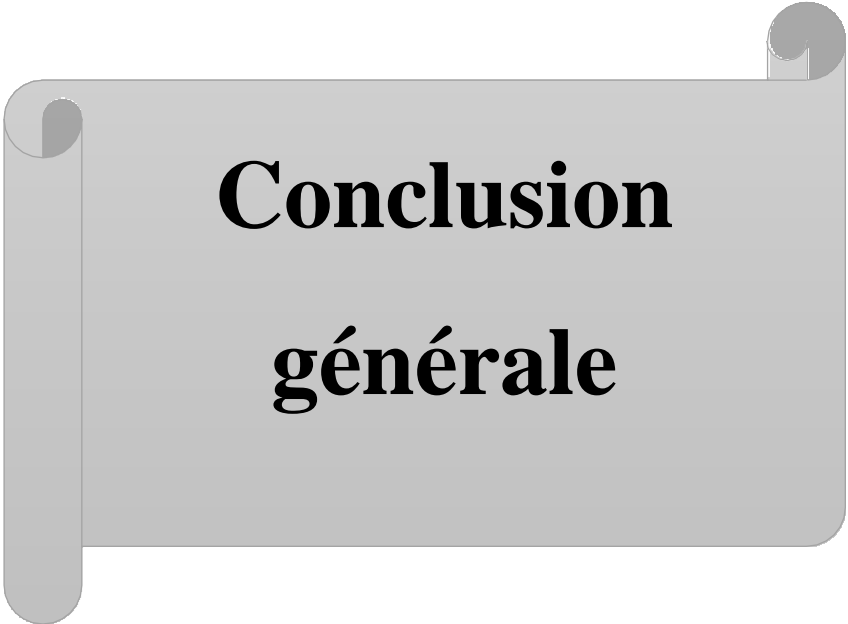


Figure V.24 : Structure de notre programme.

**V.6. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté le logiciel de programmation TIA PORTAL V16 et les différentes étapes à suivre afin de réussir à la réalisation d'un projet, ainsi que la structure de notre programme qu'on a conçu pour assurer le bon fonctionnement du système cité dans le cahier des charges détaillé qu'on a établie toute en illustrant des parties du programme.



**Conclusion  
générale**

L'automatisation correspond à l'utilisation de technologie pour effectuer certaines tâches avec une intervention humaine réduite. L'automatisation de notre système de production est une tâche qui demande d'avoir de bonnes connaissances de l'automatique en générale et règles à respecter pour une production agroalimentaire en particulier, pour cela nous avons essayé de prendre en considération tous ces aspects pour réaliser notre travail.

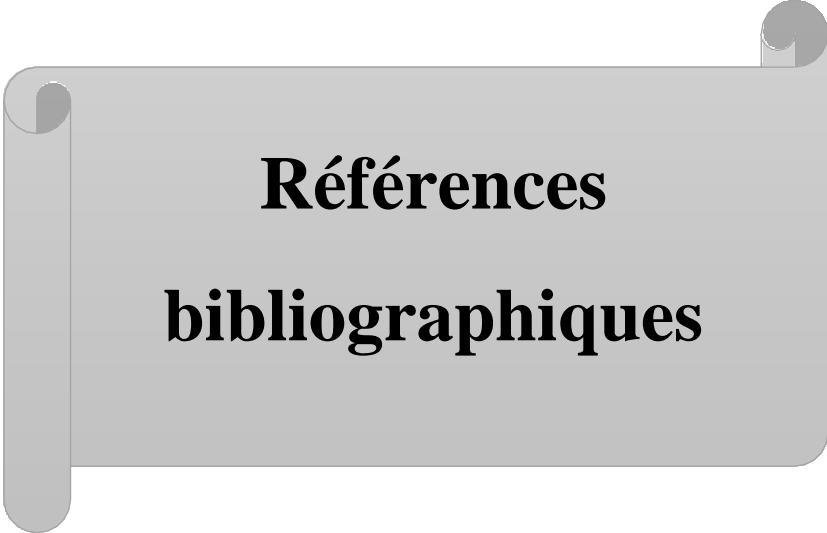
Notre projet de fin d'étude, qui a été réalisé au sein de l'unité de production d'eau minérale Lalla Khedidja, nous a été bénéfique à plus d'un titre, compte tenu des nombreux avantages qu'il présente : la découverte du monde industriel en général et l'industrie agroalimentaire en particulier, la mise en application de la théorie acquise lors de notre cursus universitaire, la maîtrise d'un nouveau logiciel de programmation et l'expérience engrangée lors de notre collaboration avec l'équipe d'ingénieur. D'autre part, il nous a permis d'apprendre les différentes étapes à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation.

Le choix de l'automate programmable comme organe de commande nous a permis de découvrir un outil performant et très compact qui permet de remplacer des commandes très complexes et surtout volumineuses. Cela nécessite néanmoins la maîtrise du langage spécifique à l'API S7-1500.

Dans la partie programmation de notre automate, on a utilisé le logiciel TIA PORTAL V16.

A l'issu de ce travail, on peut conclure que l'utilisation de GRAFCET a permis de faciliter la compréhension du fonctionnement du système ainsi que sa modélisation, puis la mise au point de la programmation pour l'automatiser.

Enfin, nous espérons que ce modeste travail servira de base de départ pour notre vie professionnelle et puisse apporter aussi un plus ainsi être bénéfique aux promotions à venir.



**Références  
bibliographiques**

[1] L. Bergougnoux " A.P.I. AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS". Polythèque Marseille, 2004/2005.

[2] J.C Bossy, P.Faugere, C.Merlaud. « Le GRAFCET sa pratique et ses applications », édition CASTEILLA, 1985, France

[3] Siemens, « CPU 1513-1 PN (6ES7513-1AL01-0AB0) », s71500\_cpu1513\_1\_pn\_manual\_fr-FR\_fr-FR.pdf, 2016.

[4] J.C Bossy, P. Faugere, C. Merlaud. « Le GRAFCET sa pratique et ses applications », édition CASTEILLA, 1985, FRANCE.

[5] A. Hassan & D. René. , « De Grafcet au réseau de pétri », Edition HERMES 14 rue Lautiez 75017, Paris ISBN2-86601-325-5, ISSN 0989-3571.

[6] S. Mellali L. Yousfi «Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé delavage de filtres Niagara à CEVITAL» Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.

[7] C.Vrignon et M.Thenaisie, «l'automatisation », ISTIA, 17 octobre 2005.

[8] Document API: [www.SIEMENS.fr](http://www.SIEMENS.fr), [google.fr/les automates programmable industriels](http://google.fr/les%20automates%20programmable%20industriels).

[9] Les gammes s7 de Schneider : [www.automation-sense.com](http://www.automation-sense.com) . Consulté le10/09/2021.

[10] SIMATIC TIA PORTAL -Programmation Niveau 1« SIMATIC S7-1500 », documentsde Cevital.

[11] document siemens « TIA PRO 2-05 Mesure analogique et calcul », « TIA PRO 2-03 Méthode de programmation structuré ».

## Résumé

---

Notre projet de fin d'étude qui a été réalisé au sein de l'unité de production d'eau minérale « Lalla Khedidja », située dans les hauteurs de la Kabylie, a pour but d'élaborer une solution avec programme d'une partie de cette unité.

Ce mémoire présente une méthodologie générale pour l'automatisation d'un système industriel. Il a été question d'une étude détaillée pour la réalisation d'une nouvelle banderoleuse automatique à bras tournant de la marque ROBOPAC de type HELIX HS40.

La solution proposée dans ce mémoire ne pourra être réellement validée qu'une fois le programme est implémenté dans l'automate S7-1500, mais les résultats de simulation sous S7PLCSIM nous rendent optimiste à ce sujet.

Cette étude a permis de modéliser son fonctionnement, par la suite un programme a été élaboré sur le logiciel TIA Portal V16 qui, une fois transféré dans l'automate S7-1500, va gérer le fonctionnement automatique de cette machine.

Vous trouverez également une description détaillée sur les automates programmables industriels et plus précisément le S7-1500 de la firme SIEMENS.

Une partie est consacrée à la description du logiciel TIA Portal V16 en mettant en avant les étapes à suivre pour la création d'un projet d'automatisation, la configuration matérielle, l'élaboration du programme et sa simulation.

**Mots clés :** CEVITAL, automate programmable industriel S7-1500, banderoleuse, TIA Portal V16, SCL, Siemens.